

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret–

Faculté Sciences de la Nature et de la Vie

Département Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Ecologie fondamentale et appliquée

Présenté par :

M^{me} : MERABET Fatima Zohra

Thème

**Effet des facteurs environnementaux sur la variation de quelques
métabolites secondaires chez deux espèces médicinales *Rosmarinus
Officinalis* et *Artemisia campestris* .L dans la région de Tiaret**

Soutenu le :

Jury:

Présidente : M^{me} Omar Amina

Encadrante : M^{me} Abderrabi Khadidja

Examinatrice : M^{me} Mokhfi Fatima Zohra

Grade

MCA

MCB

MCB

Année universitaire 2022-2023

Remerciement

Nous remercions dieu le miséricordieux, de nous avoir donné le courage et la volonté nécessaires à l'accomplissement de ce travail.

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à ma promotrice, Madame **ABDERRABI khadidja**, de m'avoir guidé tout au long du parcours, pour ses précieux conseils et son soutien moral ... Encore une fois, mille mercis pour tout.*

*Mes vifs remerciements s'adressent à Madame **OMAR Amina**, d'avoir accepté de Présider le jury de ce mémoire.*

*Je remercie vivement Madame **MOKHFI Fatima Zohra**, pour l'honneur qu'elle ma fait en acceptant d'examiner ce travail.*

Mes remerciements vont à l'équipe de «Laboratoire de biochimie et microbiologie laboratoire B de SNV » pour leur aide.

Je serai jamais assez remercier ma famille, pour les sacrifices et l'amour qu'ils ont témoignés à nos égards.

Enfin, nous n'oublierons pas par nos remerciements, Tous ceux qui nous ont aidés dans la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A :

- *Mes très chers parents Hadj et Zohra*
- *Mon mari*
- *Mes petites filles : Tasnim, Chahd et Raghad*
- *Mes frères : Mohamed et sa femme : Djamila, Yassine et Ahmed*
- *Mes sœurs : Nour El Imen et Ines*
- *Mon neveu : Adam et ma nièce : Djinane.*
- *Mes grands parents et tout les membres des familles : Merabet et Senouci*
- *Ma belle famille et surtout Hanane.*
- *Mes collègues de travail.*
- *Tous ceux qui me sont chers.*

Table Des Matieres

Remerciement

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

Partie Bibliographie

Chapitre 01 : Les plantes médicinales

Les plantes médicinales	5
Historique	5
1. Les plantes médicinales	5
1-1. Définition	5
.L'importance de l'utilisation les plantes médicinales.....	6
Domaines d'application des plantes médicinales.....	6
Définition de la phytothérapie	6
2. Généralités sur les plantes médicinales sélectionnées	7
La famille des Astéracées.....	7
➤ Le Genre <i>Artemisia</i>	7
<i>Artemisia campestris</i> L (Armoise rouge)	8
b. Nom vernaculaire	9
Description botanique.....	10
Répartition géographique	11
Composition chimique.....	12
Usages traditionnels et médicaux	13
Activités biologiques.....	13
a.. Activité antioxydante.....	14
b.Activité antibactérienne.....	14
c. Activité anti-inflammatoire	14
d. Activité anti-hyperlipidémique	15
Activité hypoglycémiant:	15
Effets insecticide	15
Autre Utilisation.....	15

2.2 Famille des Lamiacées	15
2.2 .1. <i>Rosmarinus officinalis</i>	16
Classification	18
Répartition géographique.....	19
Composition chimique.....	19
a. L'huile essentielle	19
b. Les acides phénoliques	19
c. Les flavonoïdes.....	20
Autres composants	22
Propriétés pharmacologiques	23
Utilisation	24
a. Usage en parfumerie.....	24
b. Usage alimentaire.....	25
c. Aspect économique	26

Chapitre 02 : Les métabolites Secondaires

I .Les métabolites secondaires des plantes médicinales.....	27
Les huiles essentielles	27
Définition des huiles essentielles.....	27
La qualité des huiles essentielles.....	28
Répartition Botanique.....	28
Localisation au niveau de la plante	29
I.1.5 Rôle des huiles essentielles dans la plante	29
Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles	30
Composition Chimique des huiles essentielles.....	31
Propriétés pharmacologiques des huiles essentielles	34
Pouvoir antiseptique	35
Propriétés spasmolytiques et sédatives.....	35
I.1.8.3 Propriétés irritantes.....	35
Utilisation des huiles essentielles	36
En pharmacie.....	36

En parfumerie	36
Dans les industries agro-alimentaires	36
Méthodes d'extraction.....	37
I.1.10.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau.....	37
Extraction par hydro distillation d'huile essentielle.....	37
Expression à froid.....	38
Extraction par micro-ondes.....	38
Extraction par solvant.....	39
Méthodes d'identification des composés des huiles essentielles.....	39
Chromatographie en phase gazeuse(CPG)	39
Le couplage Chromatographie phase gazeuse/Spectrométrie de masse (CG/SM)	
.....	39
Les composés phénoliques ou les polyphénols	40
Définition.....	40
Structure.....	40
Localisation	40
Classification des composés phénoliques	40
- La classification des composés phénoliques selon les auteurs	42
- Classification des polyphénols selon La voie de la biosynthèse.....	42
a- Les shikimates.....	42
b. Les phénols.....	42
c. Les coumarines.....	43
d. Les lignanes et composés apparentés	43
e. Les dérivés d'extension du phénylpropane.....	43
Les éléments phénoliques actifs des plantes.....	44
Les flavonoïdes.....	44
Présentation	44

Localisation.....	44
Structure.....	44
Propriétés des flavonoïdes	45
a .Propriétés pharmacologiques	45
b. Propriétés alimentaires.....	45
c. Emplois en thérapeutique	46
I.3.1.5. Classification.....	46
Les anthocyanes	47
Tanins	47
Saponosides	48
I.3.4 Les alcaloïdes.....	49
II -Facteurs de variabilité des métabolites secondaires.....	49
II.1- Influence des pratiques culturelles	49
II.2- Influence du cycle végétatif.....	50
II.3- Influence des procédés d'obtention	51
II.4- La récolte.....	51
II.5- L'organe végétal.....	51
II.6- Le séchage.....	52
II.7- La durée de la distillation	53
Influence des facteurs environnementaux	53
Les facteurs géographiques.....	54
L'origine géographique.....	54
L'altitude.....	54
Les facteurs édaphiques	55
Classification des plantes selon le type de sol.....	55
L'effet du sol sur les plantes médicinales	55
Les facteurs climatiques.....	56

Les facteurs influencent le climat.....	57
La latitude.....	57
L'altitude.....	57
Les étendues d'eau	57
La végétation.....	57
La topographie	57
Relations des plantes médicinales avec les éléments du climat	58
La température.....	58
a. Classification des plantes selon leurs réponses aux degrés de température	59
Plantes psychrophiles.....	59
Plantes mésophiles.....	59
Plantes thermophiles.....	59
b. L'effet de la température sur les plantes médicinales	59
L'eau 60	
a. Classification des plantes selon leurs exigences hydriques.....	61
Hydrophytes ou hygrophytes	61
Mésophytes.....	61
Xérophytes.....	61
b. L'effet de l'eau sur les plantes médicinales	61
La lumière.....	62
a. L'effet de la lumière sur les plantes médicinales	62

Partie Expérimentale

Chapitre 03 : Présentation de la zone d'étude

1. Présentation de la zone d'étude.....	63
2. Dairas et Communes.....	64
3. Relief	64
4. Zone d'étude.....	65

Description du milieu physique	66
Occupation des sols	66
Les formations végétales steppiques	66
Aspect climatique.....	66
Evolution climatique dans la région de Tiaret	67
Etude des précipitations	67
Précipitation mensuelle	67
Etude de la température	68
Température moyenne annuelle	68
Température moyenne mensuelle.....	68
Le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	70
Etude du vent	70
Etude d'humidité.....	72

Chapitre 04: Matériels et méthodes

Objectif du travail	73
Lieu et durée du travail	73
Extraction des huiles essentielles par hydro distillation	73
Le Protocole expérimental suivi lors de notre recherche est comme suit	74
1 Matériels	74
Matériel végétal	74
Matériels de laboratoire	74
2. Méthodes	75
Extraction des huiles essentielles (HE):	75
Calcul du rendement d'extraction:.....	77
Méthode d'identification des H.E (Chromatographie sur couche mince).....	77
Mode opératoire.....	77
Extraction des flavonoïdes.....	78
Principe.....	78
Mode opératoire.....	78

Méthode de calcul du rendement	83
--------------------------------------	----

Chapitre 05: Résultats & Discussio

1. Le rendement des huiles essentielles.....	84
<i>a. Artemisia Campetris .L.....</i>	<i>84</i>
<i>b. Rosmarinus officinalis</i>	<i>85</i>
2. Analyse chromatographique des huiles essentielles.....	88
3. Extraction des flavonoïdes.....	90
a. Le rendement des extraits méthanoliques.....	90
b. Le rendement d'extraction par les solvants.....	92
Conclusion.....	101
Références bibliographiques	105

Annexes

Résumé

L I S T E D E S A B R E V I A T I O N S

% :	Pourcentage
AcOEt :	acétate d'éthyle
AFNOR :	Association française de normalisation
ART:	<i>Artemisia campestis.L</i>
ROMA:	<i>Rosmarinus officinalis</i>
CCM :	chromatographie par couche mince
C° :	Degré Celsius
CH₂CL₂ :	dichlorométhane
g :	Gramme
h:	heure
ha :	hectare
HE :	huile essentielle
mg :	Milligramme
min :	minute
ml :	Millilitre
mm :	millimètres
p/p :	pois/pois

LISTE DES FIGURES

Figure 1: <i>Artemisia campestris</i> L.....	8
Figure 2. Planche d'illustration d' <i>A. campestris</i> par Carl Axel Magnus Lindman	11
Figure.3: <i>Rosmarinus officinalis</i>	18
Figure 4: Les structures chimiques des composants de l'huile essentielle.....	22
Figure 5: L'isoprène	32
Figure 6 : Exemple des composants monoterpéniques	32
Figure 7 : Exemple des composants sesquiterpéniques	33
Figure 8 : Exemple des composants diterpéniques	33
Figure 9 : Exemple des composants triterpéniques.....	34
Figure10: La distillation par entraînement à la vapeur d'eau	37
Figure 11 : Schéma du procédé d'Hydrodistillation.....	38
Figure12: Extraction par micro-ondes.....	38
Figure 13 : Squelette de base des flavonoïdes	45
Figure 14 : Structure chimique du Rutoside.....	46
Figure 15 : Situation géographique et limites de la wilaya de TIARET	63
Figure 16 : carte de situation géographique de la zone d'étude.....	65
Figure 17 : Evolution des précipitations mensuelles (mm) dans wilaya de Tiaret durant la période (2010-2020).....	68
Figure 18 : Température moyenne mensuelle (2010-2020),.....	69
Figure 19: Le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	70
Figure 20 : Les plantes sont prêtes à l'utilisation	75
Figure 21 : Schéma Montage d'extraction des huiles essentielles (Clevenger).....	76
Figure 22 : Montage d'hydro distillation au niveau de laboratoire de biochimie.....	76
Figure 23 : Montage de Décantation.....	77
Figure.24: Montage des plaques CCM dans les cuves.....	78
Figure 25 : Macération à froid dans le méthanol 100% 24h.....	79
Figure 26a. Filtration à travers tissu	79
Figure 26 b. Filtration sur papier Watman	79
Figure 27: Evaporation des extraits par Rotavapor (Heidolph).....	80
Figure 28 : Extrait méthalonique (après l'évaporation).....	80

Figure 29 : Protocole d'extraction des flavonoïdes.....	81
Figure 30 : Extraction des flavonoïdes par solvants.....	82
Figure .31 : Le rendement d'HE d' <i>Artemisia campestris.L</i> et <i>Rosmarinus officinalis</i>	87
Figure 32 : les plaques de CCM obtenus	89
Figure 33 : les rendements des extraits méthanoliques obtenus d' <i>Artemisia campestris.L</i> et <i>Rosmarinus officinali</i>	92
Figure 34 : Répartition des différentes fractions flavonoides d' <i>Artemisia campestris.L</i> ...	94
Figure 35 : Les extraits obtenus d' <i>Artemisia campestris.L</i>	95
Figure 36 : Répartition des différentes fractions flavonoïdes de <i>Rosmarinus officinalis</i>	97
Figure 37 : Les extraits obtenus de <i>Rosmarinus officinalis</i>	97

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01. Noms vernaculaires d'armoise rouge dans certains pays.....	9
Tableau 02: Métabolites secondaire sont été dans la partie aérienne d' <i>Artemisa campestris</i>	12
Tableau 3 : Quelques composés de l'HE de <i>R. officinalis</i>	21
Tableau 4 : La quantité relative des éléments minéraux des feuilles fraîches ou séchées de <i>Rosmarinus officinalis</i>	23
Tableau 5 : Les principales classes de composées phénoliques.....	41
Tableau 6: différentes classes de flavonoïdes	48
Tableau 7 : Daïras et Communes.....	64
Tableau 8 : Evolution des précipitations moyenne annuelles (mm) dans wilaya de Tiaret durant la période (2010-2020).....	67
Tableau 9 : Evolution de la température moyenne annuelle dans la région de Tiaret durant la période (2010-2020).....	69
Tableau 10 : Evolution de la vitesse moyenne annuelle du vent dans la région de Tiaret durant la période (2010-2020).....	71
Tableau 11: Evolution de l'humidité moyenne annuelle dans la région de Tiaret durant la période (2010-2020).....	72
Tableau 12 : Matériel utilisé au cours de l'expérimentation.....	75
Tableau13: Description des deux huiles essentielles	84
Tableau 14 : le rendement d'HE d' <i>Artemisia campestris</i> .L.....	85
Tableau 15 : le rendement d'HE de <i>Rosmarinus officinalis</i>	86
Tableau 16 : les caractéristiques des deux extraits méthanoliques	90
Tableau 17: les rendements des extraits méthanoliques obtenus d' <i>Artemisia campestris</i> .L et <i>Rosmarinus officinalis</i>	91
Tableau18 : Résultats obtenus des extraits d' <i>Artemisia campestris</i> .L.....	93
Tableau19: Résultats obtenus des extraits de <i>Rosmarinus officinalis</i>	96

Introduction

Introduction

Depuis des millénaires, les êtres humains se sont appuyés sur les plantes pour répondre à leurs besoins essentiels tels que l'alimentation, les vêtements et les soins médicaux nécessaires. Les plantes, de véritables usines chimiques, continuent de nous impressionner par la diversité de leurs composants synthétisés et les multiples utilisations qu'elles trouvent dans notre vie quotidienne. L'humanité les considère comme des compagnons fidèles vers lesquels elle se tourne en raison des nombreux bienfaits qu'elles procurent et de leur utilité considérable. Elles sont de véritables panacées et pharmacies naturelles. **Beloued , 1998.**

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), environ 80% de la population mondiale dans les pays en développement, en raison de facteurs socio-économiques et culturels, dépendent principalement des plantes médicinales pour se soigner et traiter un large éventail de maladies, qu'elles soient bénignes comme un rhume ou des maux d'estomac, ou graves comme le cancer, le paludisme et le diabète (Chin et al., 2006). Toutefois, il est important de noter que bien que les plantes médicinales soient efficaces, elles ne sont pas exemptes d'effets indésirables (**Gurib, 2006**).

Au cours du XXe siècle, d'importantes recherches ont été menées pour identifier de nouvelles molécules bioactives à partir de ressources naturelles. Cette approche, connue sous le nom de criblage, a conduit à la découverte d'un grand nombre de médicaments bénéfiques pour le traitement de nombreuses maladies humaines.

En raison de sa position géographique et de ses divers facteurs de pédogenèse ainsi que de ses variations climatiques importantes, l'Algérie bénéficie d'excellentes conditions pour le développement de cultures intensives de plantes aromatiques et médicinales. De plus, le pays dispose de ressources hydriques favorables à ces cultures.

L'Algérie se distingue par sa remarquable richesse floristique parmi les pays méditerranéens. On estime que le nombre de taxons de sa flore atteint environ 4000, dont environ 90% sont présents dans la partie nord du pays (**Sassoui et al., 2020**). Cela démontre la grande diversité de plantes présentes en Algérie, offrant un potentiel important pour l'utilisation et la valorisation des plantes aromatiques et médicinales.

L'étude des facteurs environnementaux est une composante essentielle de l'écologie végétale, qui examine les interactions entre les plantes et leur milieu de vie. Les caractéristiques et la quantité des huiles essentielles et des polyphénols produits par les plantes dépendent de nombreux paramètres environnementaux, tels que les conditions géographiques et climatiques. Le climat, en tant que composante atmosphérique, joue un rôle

écologique déterminant dans la croissance et le développement des plantes. Il exerce une influence directe sur les processus physiologiques, métaboliques et sur la succession des stades phénologiques des plantes (**Ramade, 1984**).

La température et les précipitations jouent un rôle primordial en tant que facteurs climatiques, car ils régulent l'ensemble des processus métaboliques et influencent la répartition des espèces et des communautés vivantes dans la biosphère. Ces paramètres climatiques sont essentiels pour contrôler les activités métaboliques des organismes et déterminer la distribution des êtres vivants à travers les différents écosystèmes (**Ramade, 1984**).

L'étude de la chimie des plantes reste d'une actualité brûlante malgré sa longue histoire. Cela s'explique principalement par le fait que le règne végétal est une source importante d'une vaste gamme de molécules bioactives. Les plantes contiennent une multitude de molécules ayant des intérêts variés, utilisées dans l'industrie alimentaire, la cosmétologie et la pharmacie. Ces composés végétaux offrent de nombreuses possibilités d'application et d'utilisation dans différents domaines (**Bahorun et al., 1996**).

Les plantes utilisent divers composés secondaires tels que les huiles essentielles, les composés phénoliques, les flavonoïdes, les tannins et la lignine pour se défendre contre différentes menaces. Les facteurs environnementaux, tels que la disponibilité des nutriments, la température, l'éclairement et la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, peuvent influencer la présence de ces composés dans les tissus végétaux. Selon l'hypothèse de l'équilibre entre croissance et différenciation (Growth-Differentiation Balance), les variations dans les composés secondaires entre différentes plantes peuvent résulter d'un échange de ressources qui dépend de l'environnement dans lequel la plante a poussé. Selon cette hypothèse, tout facteur environnemental qui réduit la croissance plus que l'activité photosynthétique pourrait augmenter les ressources disponibles pour le métabolisme secondaire des plantes.

Les conditions climatiques méditerranéennes de l'Algérie sont propices à la croissance de plantes médicinales telles que *Artemisia campestris* L et *Rosmarinus officinalis*. Ces plantes prospèrent dans les régions bénéficiant d'un climat ensoleillé, d'étés chauds et secs, et d'hivers doux et pluvieux caractéristiques des régions méditerranéennes. Elles sont appréciées pour leurs propriétés médicinales et sont utilisées depuis longtemps dans la médecine traditionnelle pour leurs bienfaits thérapeutiques. La richesse de l'environnement méditerranéen en termes de ressources naturelles favorise la croissance et la qualité de ces plantes médicinales en Algérie.

Dans le but de mieux comprendre la diversité du matériel végétal local et d'évaluer la variabilité, plusieurs caractéristiques ont été étudiées pour ces deux espèces. La température et les précipitations, en tant que facteurs climatiques primordiaux, contrôlent l'ensemble des processus métaboliques et influencent la répartition des espèces et des communautés vivantes dans la biosphère (**Ramade, 1984**).

Cette étude se focalise sur l'extraction de substances bioactives spécifiques à partir de deux plantes algériennes, à savoir *Artemisia campestris* L. et *Rosmarinus officinalis*. Bien que ces plantes médicinales soient moins connues, elles possèdent un potentiel thérapeutique prometteur. Leur extraction permet d'obtenir des composés bioactifs qui peuvent être utilisés à des fins thérapeutiques. De plus, ces plantes ont un impact écologique important, contribuant à la biodiversité locale, et présentent également un intérêt économique, notamment en tant que sources potentielles de principes actifs pour l'industrie pharmaceutique ou cosmétique.

Artemisia campestris L communément appelée "tgouft", "alala" ou "tedjouq" est largement utilisée en médecine traditionnelle particulièrement comme décoction pour ses propriétés antivenineuses, anti-inflammatoires, antirhumatismales, pour le traitement des ulcères, des troubles digestifs des brûlures, de la diarrhée et d'autres maladies (**Boudjouef et al., 2018**).

Rosmarinus officinalis appartient à la famille des Lamiacées, connue sous le nom de Romarin, est très répandu dans la région méditerranéenne et réparti dans le monde entier. Les extraits du romarin présentent de nombreuses activités biologiques, notamment leurs effets antimicrobiennes et anti-mammaires, les antidépresseurs, les anti-ulcérogènes, les antiinflammatoires et les antioxydants. Les principaux composants du Romarin sont l'acide rosmarinique, qui aurait des activités anticarcinogènes, anti-allergiques, antimutagènes, antibactériennes et antioxydantes (**Wang et al., 2011**).

Notre travail s'inscrit dans le cadre d'une contribution à une meilleure connaissance de substances bioactives de deux espèces *Artemisia campestris*.L et *Rosmarinus officinalis*. plantes médicinales récoltés de deux régions en Tiaret (Algérie) qui présentent des étages bioclimatiques différents ; la région de Tiaret (ville), la région Ain d'heub, et de découvrir l'effet des variations climatiques à savoir les précipitations, l'humidité et la température sur la teneur et la composition chimique de certains métabolites secondaires.

Dans cette étude, notre objectif principal était d'évaluer le rendement en huiles essentielles extraites par hydrodistillation, ainsi que les teneurs en flavonoïdes, dans les deux espèces étudiées. De plus, nous avons cherché à déterminer l'impact du lieu de récolte sur ces paramètres.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons effectué des expériences d'hydrodistillation pour extraire les huiles essentielles, et nous avons réalisé des analyses spécifiques pour quantifier les flavonoïdes présents. En analysant les résultats en fonction du lieu de récolte, nous avons pu mieux comprendre l'influence des conditions environnementales sur la production des huiles essentielles et des flavonoïdes.

Afin d'atteindre nos objectifs, notre mémoire est structuré en deux parties principales : une partie dédiée à la recherche bibliographique et une partie consacrée à la partie expérimentale.

La première partie se compose de deux chapitres. Le premier chapitre examine en détail les plantes médicinales, en abordant des aspects tels que leur composition chimique, leur activité biologique, ainsi que les métabolites secondaires qu'elles contiennent. Le deuxième chapitre approfondit ces sujets et présente une analyse approfondie de la composition chimique des huiles essentielles et des métabolites secondaires des plantes étudiées.

La deuxième partie de notre mémoire est divisée en trois chapitres distincts. Le premier chapitre se concentre sur l'étude de la zone d'étude, en examinant les caractéristiques géographiques, climatiques et environnementales qui peuvent influencer la croissance et la production de plantes médicinales dans cette région. Le deuxième chapitre résume en détail le protocole expérimental que nous avons suivi lors de notre recherche, en décrivant les méthodes d'extraction, d'analyse et de mesure utilisées. Le troisième chapitre présente les résultats obtenus lors de nos expérimentations et les accompagne d'une discussion approfondie pour les interpréter et les mettre en perspective.

Enfin, nous concluons notre mémoire en résumant les principaux résultats de notre travail et en abordant certaines perspectives pour de futures recherches dans ce domaine. Cette conclusion permettra de synthétiser nos découvertes, de mettre en évidence l'importance de notre travail et d'identifier les avenues possibles pour de nouvelles études.

Partie Bibliographique

Chapitre 01 :

Les plantes médicinales

Les plantes médicinales

Historique :

Depuis les temps le plus reculés, la préoccupation de l'homme a été la satisfaction de ces besoins alimentaires, il a développé ainsi intime avec le milieu qui l'entourait. Pour se soigner, il apprit à ses dépens discerner les ressources végétales, animales nécessaires à se servir. Les animaux sont les premiers utilisateurs des plantes thérapeutiques. **(Barka S et Ben Attallah S, 2010)**

C'est seulement à partir de 4000 ans avant Jésus Christ que l'on retrouve des documents écrits ou sont mentionnés des drogues comme l'opium, la jusquiame, etc. Tandis que les civilisations babyloniennes, sumériennes et égyptiennes accumulent les connaissances empiriques concernant les plantes médicinales, les arbres diffusent ce savoir autour le bassin méditerranéen. **(Benarous k, 2009)**

Au cours des dernières années, plusieurs raisons ont mené au rétablissement de l'usage des plantes médicinales en Amérique du Nord. Elles sont d'abord d'un coût inférieur aux médicaments de synthèse, puis elles arrivent à un moment où le public est désillusionné devant la médecine moderne. **(Barka S et Ben Attallah S, 2010)**

1. Les plantes médicinales:

1-1. Définition :

On appelle plante médicinale toute plante renfermant un ou plusieurs principes actifs capables de prévenir, soulager ou guérir des maladies. Certaines plantes contenant toute une gamme de matières efficaces, peuvent avoir des actions très différentes suivant leur mode de préparation. **(Baba Arbi H, 2010)**

Depuis toujours les plantes ont constitué la source majeure de médicaments grâce à la richesse de ce qu'on appelle le métabolisme secondaire. Cependant, l'homme n'a découvert les vertus bénéfiques des plantes que par une approche progressive, facilitée par l'organisation des rapports sociaux, en particulier à partir du néolithique. **(Bahaz M et Rachdi H, 2010)**

Certaines plantes sont inoffensives, mais d'autres, dites nombreuses (digitale, belladone, colchique, etc.), sont toxiques et ne sont utilisées que sous des formes bien contrôlées, exclusivement commercialisées en pharmacie. L'emploi inconsidéré de plantes cueillies dans la nature peut aboutir à des intoxications graves, voir mortelles. **(Benarous k, 2009)**

.L'importance de l'utilisation les plantes médicinales :

Les plantes médicinales sont en mesure de soigner des maladies simples comme le rhume, ou d'en prévenir de plus importantes comme l'ulcère, la migraine, l'infarctus en plus de certaines allergies ou affections. Si l'on y ajoute leurs vertus réparatrices, tonifiantes, sédatives, revitalisantes ou immunologiques, on mesure mieux l'aide précieuse qu'elles sont susceptibles de nous apporter au quotidien. **(Bahaz M et Rachdi H, 2010)**

Domaines d'application des plantes médicinales :

Il y a un intérêt progressif dans l'utilisation des plantes médicinales dans les pays développés comme dans les pays en voie de développement, parce que les herbes fines guérissent sans effet secondaire défavorable. Ainsi, une recherche de nouvelles drogues est un choix normal. **(Bahaz M et Rachdi H, 2010)**

- Utilisation en médecine en tant que médicament pour l'homme; exemple: Réduisent le risque de nombreuses maladies chroniques comme le cancer, les accidents vasculaires cérébraux et les coronaropathies.
- Une action sur le système nerveux, la circulation sanguine, une action antibiotique,...etc. **(Barka S et Ben Attallah S, 2010)**
- En alimentation : Assaisonnements, des boissons, des colorants et des composés aromatiques. Les épices et les herbes aromatiques.
- En cosmétique : Des produits de beauté, parfums et articles de toilette, produits d'hygiène.
- Des suppléments diététiques. **(Bahaz M et Rachdi H, 2010)**

1-4 Définition de la phytothérapie

Etymologiquement le traitement par les plantes, vient du mot grec « python » qui veut dire plante, et « thérapia » traitement, est une méthode thérapeutique qui utilise l'action des plantes médicinales.

La phytothérapie est une discipline allopathique destinée à prévenir et à traiter certains troubles fonctionnels et /ou certains états pathologiques au moyen de plantes, de parties ou de préparation à base de plantes .ce n'est ni une thérapeutique spéciale ni une médecine alternative, car elle fait partie intégrante de la thérapeutique.

On peut distinguer deux types de phytothérapie :

- **phytothérapie classique** : une pratique traditionnelle, parfois très ancienne basée sur l'utilisation de plantes selon les vertus découvertes empiriquement .Selon L'OMS, cette

phytothérapie est considérée comme une « *médecine traditionnelle et encore massivement employée dans certains pays dont les pays émergents .c'est une médecine parallèle du fait de l'absence d'étude clinique* ».

- **phytothérapie rénovée** : une pratique basée sur les avancées scientifiques et la recherche des principes actifs des plantes .Cette phytothérapie est assimilée aux médicaments et selon les pays suit les mêmes réglementations. On parle alors à la Pharmacognosie (**Roland, 2002 ; Bruneton, 2003**)

2. Généralités sur les plantes médicinales sélectionnées

Dans cette étude, nous examinerons l'étude et la connaissance de quatre espèces de plantes médicinales, deux espèces de la famille Astéracées à savoir *Artemisia campestris L* et, l'autre de la famille Lamiaceae, qui est *Rosmarinus officinalis*

La famille des Astéracées

La famille des Astéracées (Asteraceae) ou Composées (Compositae) est la famille la plus large des plantes à fleurs qui comprend près de 13 000 espèces réparties en 1500 genres formant approximativement 10% de la flore du monde (**Pottier G., 1981**).

➤ Le Genre *Artemisia*

Le genre est principalement composé de plantes vivaces mais on sait que certaines d'entre elles (**Martín et al ,2003 ; Pierangeli, G., et al ,2009**), se comportent soit comme des annuelles ou biennales .Au sein du genre, il existe une certaine variabilité des biotypes, considérés principalement comme des herbes (*Artemisia annua L., Artemisia vulgaris L.*), arbustes (*Artemisia changaica Krasch., Artemisia crithmifoliaL.*) et des arbustes pouvant développer des tiges fortement lignifiées (*Artemisia tridentata Nutt*). (**Bouguerra A., 2012**).

La capacité de ce genre à habiter de nombreux écosystèmes et environnement aux différentes conditions sont évidentes, allant des déserts aux semi-déserts (steppes toundras et collines en pente), des forêts et des prairies profondément anthropisées zones, du niveau de la mer à la haute montagne. Le genre est distribué dans le monde entier, principalement dans les zones tempérées de l'hémisphère nord, certaines espèces atteignant l'Arctique. On trouve également des espèces dans l'hémisphère. (**Lahsissene H,2009**). L'origine d'*Artemisia*, basé sur des données fossiles, est située dans les steppes semi-arides des régions tempérées. En fait, l'Asie centrale est considérée comme son principal centre de spéciation et de diversification, d'où étendre vers les pays irano-touraniens, méditerranéens et 01 nord-américains les régions.

Le genre *Artemisia L* est l'un des genres les plus répandus de la famille des Asteracées et le plus grand genre de la tribu des Anthemidées. Le nombre de représentants pris en compte dans le genre varie en fonction sur les auteurs consultés et va d'environ 380 espèces

(Ling, 2006) à plus de 500 espèces par (Bruneton, J., 1993).

Certaines des révisions récentes de la famille par (Kubitzki ,2007et Funk, 2009) : parmi les principales espèces sont : *Artemisia campestris.*, *Artemisiaherba-alba asso*, ...etc. (Pottier G., 1981) .

Artemisia campestris L (Armoise rouge)

a. Nomenclature de la plante. (Chehma, 2006)

- **Nom Vernaculaire** : Dgouft ,Alala
- **Nom Anglais** : Field Wormwood
- **Nom Français** : Armoise Chempêtre
- **Nom Latin** :*Artemisia campestrisL*

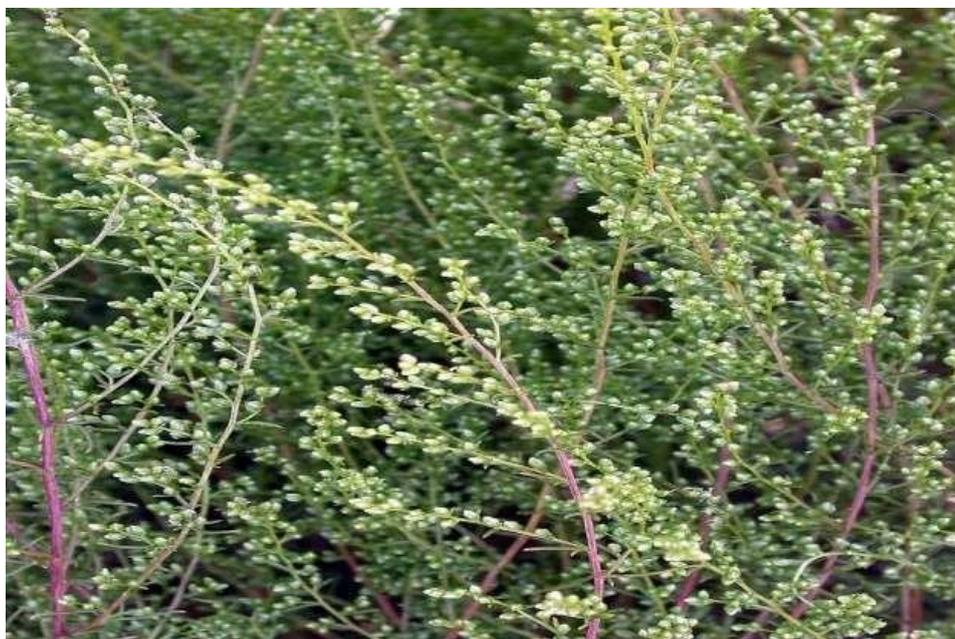


Fig.1: *Artemisia campestris L* (Chehma, 2006).

b. Nom vernaculaire

Cette plante est connue par plusieurs noms vernaculaires qui sont illustrés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 01. Noms vernaculaires d'armoise rouge dans certains pays. (Dib.I.et al., 2007).

Pays	Nom vernaculaire
Algérie	Taguq, Tguft, Degoufet, Tadjuq, Tedjok, Alala, Hellala, Tamemmayt, Um nefsa
Morocco	Allal, Chih lakhrissi
Tunisie	Dguft, Tgouft
Libye	Sc`ahâl, Togoft, Tegoft, Taghert, Tâghiat, Teghoch
Spain	Escoba de río, Mojariega, Tomillo, GranilloPegano Salsoletea
Italie	Tammarice

c. Taxonomie. (Chehna, 2006).

Selon Caratini en 1971 cité par Boudjouref, 2011, *Artemisia campestris* est classée suivant :

Règne: Plantae
Sous règne: Tracheobionta
Embranchement: Spermatophyta
Sous embranchement: Magnoliophyta
Classe: Magnoliopsida
Sous classe : Asteridae
Ordre: Asterales
Famille: Asteraceae
Sous famille :Asteroideae
Tribu :Anthemideae
Sous Tribu: Artemisiinae
Genre :*Artemisia*
Espèce : *Artemisia campestris* L

Description botanique

A. campastris L est un sous-arbrisseau vivace, que mon atteindre 30-150cm de hauteur, avec des tiges ramifiées et ascendantes qui d'une forme panicale, il est généralement brunâtre - rouge et glabre, et acquiert une forme lignifiée dans la partie inférieure et un en haut. (Chalchat *et al.*, 2003, Quezel et Santa, 1962).

Les feuilles sont vertes, sereines lorsqu'el es sont jeunes, souvent glabres à maturité les feuilles basales sont 2-3pétiolées ou même auriculées, les parties supérieures sont les plus simples (Chalchat *et al.*2003, Quezel et Santa, 1962) .La plante a une inflorescence composée : le capitulum, ovoïde et hétérogame, contenant 8 à 12 fleurs, organisées sur un réceptacle convexe et glabre, et entouré de bractées glabres involucales organisées en plusieurs rangs. Les fleurs du rayon sont femelles, pistillées et fertiles, tandis que les fleurs en disque sont stériles et fonctionnellement mâles avec des ovaires avortés réduits (Chalchat *et al.* , 2003; Ghanmi, M.,*et ,al* 2010; Okuda, T., 1983; Quezel et Santa,1962). Les fleurs mâles sont tubulaires, jaunâtres, dépourvues de calice, de pétales fuselés et d'étamines 5fusées, avec la présence de sacs sécrétoires sur les lobes de la corolle des fleurs du disque (Mucciarelli, M *et al.* , 2002). Le fruit est un akène ovoïde dépourvu de Pappus (Mansour S. 2014.).



Fig.2. Planche d'illustration d'*A. campestris* par Carl Axel Magnus Lindman

Répartition géographique

L'espèce *Artemisia campestris* est distribuée dans l'hémisphère nord, en particulier sur la côte méditerranéenne de l'Europe, sud-ouest de l'Asie et de l'Afrique. (Fleuriet A, et al. 2005), certaines en Afrique du Sud et dans l'Ouest de l'Amérique du Sud (Mahdaoui, R.2007). Dans le nord-ouest de l'Italie,

- **Répartition écologique**

L'espèce *A. campestris* Assez commune sur les sols siliceux et les bords des rivières jusqu'à 1500 m. (Le Floch, 1983) est commune dans les régions semi-arides et dans la steppe algérienne, sa résistance à la sécheresse lui permet de vivre dans les régions où il y a peu d'eau (Baba Aissa, 1991 et Chalchat et al., 2003).

Composition chimique :

Il a été rapporté que le genre *Artemisia* est riche en métabolites secondaires tels que les flavonoïdes, les acides cafféoylquinic, les coumarines, les huiles essentielles, les stérols et les acétylènes (**Kundan et Anupam ,2010**),

Selon **Derradji-heffaf (2013)**, l'analyse chimique des huiles essentielles de l'armoise rouge montre la dominance des mono terpènes avec une proportion de 62,11%, suivie par les sesquiterpènes avec 9,1% et les mono terpènes et les sesquiterpènes oxygénés avec 3 % pour chaque composé. Les huiles essentielles d'*Artemisia campestris L* ont l'objet de plusieurs travaux. Décrivant la composition très variée. Les premiers travaux effectués par **Gordon .W ,P(1982)** en Turquie rapportent que le composé majoritaire de l'huile essentielle est le a pinène (21 %) suivie par 0 pinène (12 %), 1,8-cineole (8 %), thujone (4%), Alcool thujyl (15 %), géraniol (13 %), et un composé non identifié (11 %).

Différentes classes des métabolites secondaires ont été mis en évidence dans la partie aérienne d'*Artemisa campestris*. Ces métabolites secondaires sont consignés dans le **tableau 02**

Tableau 02: Métabolites secondaire sont été dans la partie aérienne d'*Artemisa campestris*.

Métabolites secondaires	Molécule identifiée
Polyphénols	Flavonoïdes (flavones, flavanone) Polyphénols Tanins
Huiles essentielles	Mono terpènes, sesquiterpènes
Coumarines	Hydroxy coumarines, esculetin

Le criblage phytochimique de cette plante a révélé la présence des tanins, des polyphénols, des flavonoïdes, des saponosides et des huiles essentielles. (**Akrout et al., 2011**).

Les variations chimiques de l'huile essentielle des parties aériennes d'*Artemisia campestris* var. *glutinosa* ont été étudiées par la récolte du matériel végétal à chaque état phénologique (végétatif, avant anthèse, pleine floraison et portant des graines) qui est analysé par la

chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG-MS) ; ces huiles essentielles ont permis d'identifier 51 composants. (Juteau *et al.*, 2002).

Les huiles essentielles d'*Artemisia campestris* contiennent les mono terpènes (qui représentent 86.4% de H.E) et les sesquiterpènes (qui représentent 12.7% de H.E) ; les constituants de l'huile essentielle les plus abondants de cette espèce sont : β -pinene (41.1%), p-cymene (9.9%), α -terpinene (7.9%), qui représentent plus de 58% de l'huile essentielle. (Aicha *et al.*, 2008).

Les acides phénoliques qui contiennent dans l'*Artemisia campestris* sont : l'acide caféique et caféine-D-glucose. (Boukhalkhal *et al.*, 2020).

Les flavonoïdes identifiés chez *Artemisia campestris* sont: les flavones (l'apigénine, la lutéoline, la chrysin, la 6-hydroxylutéoline, eupatiline), les flavonols (quercétine, kaempférol, myricétine, kaempférol rhamnoside, rutine, rhamnetine, hyperoside, isorhamnetine), Les flavanones (naringénine, hespéridine, pinocembrine, sakuranétine, ériodictyol). (Dib I, El Alaoui-Faris ,2019).

Cinq coumarines ont été identifiées chez *Artemisia campestris* qui sont : hydroxycoumarine, esculetine , fraxidine, Scopoline et la scopolétine.(Megdiche-Ksouri *et al.* ,2013).

Usages traditionnels et médicaux :

Artemisa campestris est largement utilisée en médecine traditionnelle grâce à ses propriétés bactéricides, antifongiques, anti-inflammatoires, antihelminthiques, anti-venins et analgésiques (Ghlissi *et al.*, 2016).

La partie aérienne est utilisée dans le traitement de brûlures, de la diarrhée, les morsures de serpent, les piqûres de scorpions, l'eczéma, la gastroentérite, la dysenterie, le rhumatisme, elle est également utilisée pour traiter les infections urinaires, la fièvre la toux et les problèmes menstruels (Ben Sassi *et al.*, 2007 ; Dob *et al.*,2005).

Les fleurs d'*Artemisia campestris* ont été utilisées comme agent hypoglycémique, dépurative, anti lithiasique, ainsi que pour le traitement de l'obésité et pour diminuer le taux de cholestérol. (Soliman, M. M. M., 2006. Le Floc'h, 1983).

Activités biologiques

Artemisia campestris possède de nombreuses activités biologiques, parmi lesquelles on cite les plus importantes :

a.. Activité antioxydante:

La partie aérienne d'*Artemisia campestris* possède des activités antioxydants significatives. En effet cette plante est riche en composés doués d'activité antioxydant tels que : es flavonoïdes, les polyphénols et les tanins (**Bruneton, 1999**).

b.Activité antibactérienne:

Anti parasitaire et antivirale : *Artemisia campestris* est utilisée dans le traitement de nombreuses infections telles que les infections urinaire (**Naili et al. 2010**). Les plantes du genre *Artemisia* contiennent un sesquiterpène lactone appelé : Artemisinine, ce composant constitue le métabolite secondaire le plus important chez toutes les espèces *Artemisia*, il est considéré comme une drogue antimalariale très efficace contre le parasite qui cause la malaria le *Plasmodium falciparum*. (**Donrop et Day, 2007**).

L'activité antibactérienne de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris L* a été observée.

D'un effet remarquable avec *Pseudomonas* et *Escherichia coli* avec des zones d'inhibition de 23 mm et 20 mm respectivement (**Djekidel F. et Ben bahaz N., 2016**).

L'extrait de feuilles méthanoliques d'*A. campestris* a exercé une activité antibactérienne uniquement contre Gram positif sans aucun effet antagoniste contre les espèces bactériennes à Gram négatif µg/ ml

(**Brahmi, 2014**).

c. Activité anti-inflammatoire

L'administration de l'huile essentielle d'*A. campestris L*. aux souris injecté par voie sous-cutanée avec le venin ophidien *Cerastes cerastes* sur la patte droite, neutralisé l'effet inflammatoire dû à l'envenimation, et donc la réduction de l'effet oedémateux sur la patte (**23**).(**Jaouadi.I.et al.,2016**)

De plus, les flavones 2', 4', 5,7-tétrahydroxy-5', 6-diméthoxyflavone et cirsiol extraits des feuilles de *A. campestris L*. ont exprimé la plus forte activité anti-inflammatoire, révélée par l'activité anti-lipoxygénase respective de 46,85 et 48,51%, qui sont considérés comme activité modérée que l'acide nordihydroguaiarétique (NDGA) (54,0%) (**24**).(**Metoui R et al.,2017**).

d. Activité anti-hyperlipidémique

Des études antérieures ont rapporté l'effet antidiabétique de 200 mg / kg, intrapéritonéale de l'extrait aqueux, une fois administré aux rats diabétiques induit par l'alloxane. Cet effet a été évalué après 21 jours de traitement, par la réduction du glucose sérique (147 mg / dL), simultanément à une augmentation du taux d'insuline sérique (30%), en plus d'une baisse de 63% du taux de glucose après 2 heures du test de tolérance au glucose. (Sefi M *et al.*, 2012).

Activité hypoglycémiant:

Sefi *et al.* (2010) ont trouvé que l'extrait aqueux des feuilles d'*Artemisia campestris*, diminue le taux de glucose dans le plasma des rats. Ils ont trouvé également que la diminution de la concentration de glucose s'accompagne d'une part d'une diminution des taux de triglycérides et des lipoprotéines de faible densité (LDL), et d'autre part d'une augmentation du niveau de l'insuline.

Effets insecticide :

Une étude récente a été réalisée par (Pavela ,2009), où l'extrait méthanoïque de la partie aérienne d'*Artemisia campestris* a été testé pour son activité répulsive contre les femelles adultes d'une espèce de moustique Culex, cet extrait a montré un degré de répulsion très intéressant contre ces parasites vecteurs de plusieurs maladies comme la malaria.

Autre Utilisation

Les feuilles de cette plante sont largement utilisées dans la médecine traditionnelle comme anti-venin (morsures des serpents, piqûres des scorpions), anti-inflammatoire (Le Floc'h, 1983, Ben Sassi *et al.* 2007), brûlures, diarrhée, l'eczéma, la gastroentérite, la dysenterie, le rhumatisme, elle est utilisée également pour traiter les infections urinaires, la fièvre et la toux (Ben Sassi *et al.* 2007).

Artemisia campestris L a des propriétés allélo-chimiques inhibant la croissance et la germination de certaines plantes qui l'entourent (Naghibi, F, 2006).

2.2 Famille des Lamiacées

La famille des Lamiacées (Lamiaceae) ou Labiées (Labiatae) est une importante famille de plantes dicotylédones qui comprend environ 6000 espèces et près de 210 genres, répandus dans le monde entier, mais surtout dans la région méditerranéenne. Elles sont réparties en sept sous-familles (Ajugoïdeae, Chloanthoïdeae, Lamioïdeae, Nepetoïdeae,

Scutellarioïdeae, Teucrioïdeae, Viticoïdeae, Pogostemoïdeae). Ce sont le plus souvent des plantes herbacées, des arbustes et rarement des arbres ou des lianes, producteurs d'huiles essentielles (HE), largement répandus autour du monde et dans tout type de milieux. La forme de lèvre de la fleur et la présence d'huiles essentielles signent cette famille. Pour la plupart des genres, la section carrée de la tige et les feuilles opposées sont aussi des caractéristiques. De nombreuses espèces de cette famille sont des plantes mellifères, fréquentées par les abeilles (**Cuignard, 2001**).

Les plantes de cette famille sont rarement ligneuses, souvent velues, à tige généralement quadrangulaire. Les feuilles sont opposées et décussées (disposées en paire se croisant d'un nœud à l'autre), dépourvues de stipules, à limbe généralement denté. Les fleurs généralement sont hermaphrodites, à symétrie bilatérale ou parfois presque radiaire. Les sépales (calice) et les pétales (corolle) sont soudés en tubes comportant habituellement quatre ou cinq lobes, ou lèvres, de forme irrégulière (symétrie bilatérale). Les deux, quatre ou cinq étamines sont attachées à l'intérieur du tube corollaire. L'ovaire est supère, libre et possède deux carpelles (**Bonniere et Douin, 1992**). Les Lamiacées possèdent souvent des poils glanduleux et des glandes sousépidermiques à huiles essentielles les rendant très odorantes.

2.2 .1. *Rosmarinus officinalis*

Le genre *Rosmarinus* regroupe deux espèces de plantes de la famille des Lamiacées originaires du bassin méditerranéen le *Rosmarinus eriocalyx* et le *Rosmarinus officinalis* ;

Romarin, «*Klil* », «*Hassalhan* », «*Iazir* », appelé encensier, est une herbe aux couronnes ou romarin des troubadours, propre aux régions méditerranéennes. Le romarin peut atteindre jusqu'à 1,50 m de hauteur. Il possède des feuilles persistantes sans pétiole, coriaces, légèrement enroulés aux bords, vert sombre luisant sur le dessus, blanchâtres en dessous, avec une odeur très camphrée. Les fleurs varient du bleu pâle au violet (**figure 03**). (**Kahoul, 2010**)

Il habite les garrigues sur sol calcaire où il forme de grands massifs. Il est aussi cultivé en tant qu'herbe condimentaire, plante mellifère, plante phytothérapeutique ainsi que pour la parfumerie. Son nom signifie rosée de mer en Latin.

Comme de nombreuses labiées, le romarin est originaire du bassin méditerranéen où il est cultivé dès l'antiquité, plus pour son odeur que pour ses vertus médicinales.

Les régions de la méditerranée représentent une zone principale d'existence des différents types de romarin; cette plante occupe de vastes superficies du nord de l'Afrique et du sud de

l'Europe en plus de la Russie et la Roumanie. Les pays producteurs de cette catégorie de plante sont: l'Espagne, la France, l'Algérie, la Tunisie, le Maroc, l'Amérique du Nord, le Portugal, la Yougoslavie et l'Egypte.

Cette plante peut supporter les températures basses quand il neige et dure pour longtemps, elle résiste aux hauts degrés de salinité surtout quand elle passe près des régions littorales.

Actuellement, on le retrouve dans toutes les régions tempérées du globe.

Les gens ont longtemps cru que le romarin pouvait améliorer la mémoire. C'est aussi une herbe qui a été utilisée pour purifier l'air et éloigner les maladies contagieuses. Ajouté à l'eau d'un bain, le romarin stimule la circulation sanguine. Des recherches récentes ont démontré que l'huile de romarin avait certaines propriétés antibactériennes (**Kaloustian et al., 2008**).

Il existe trois variétés de romarin, de provenance différente: le camphré de France, le cinéole d'Afrique du Nord et le verbénone de Corse. Elles ont des vertus différentes et des odeurs différentes. Ainsi, l'huile essentielle de romarin, présente 3 Chémotypes différents et par la même, 3 indications thérapeutiques différentes :

Rosmarinus officinalis Camphre : Il est utilisé dans les pommades cicatrisantes à usage externe, pour parfumer l'eau des bains et bien sûr dans certains plats cuisinés. Elle a des propriétés anti-inflammatoires.

Rosmarinus officinalis Cinéole : Cette huile possède des propriétés phytothérapeutiques de la sphère ORL (otite, sinusites, bronchites...). Elle est anticatarrhale, expectorante et mucolytique. C'est aussi un fongicide assez efficace et un assez bon antibactérien.

Rosmarinus officinalis Verbénone: Cette huile est un excellent cicatrisant et un bon régénérant des tissus cellulaires, un lipolytique et un régulateur endocrinien, nerveux et cardiaque intéressant, a des propriétés antiseptiques pulmonaires et mucolytiques, a des propriétés cholagogues et hépatoprotectrices (**Touafek, 2010**).



Fig.3: *Rosmarinus officinalis*

Classification

Le romarin tient son nom du latin, *ros*, rosée, et *marinus*, de mer : allusion à son parfum et à son habitat sur les coteaux maritimes. Sa taxonomie botanique est comme suit :

- **Règne:** *Plantae*
- ☐ **Division:** *Magnoliophyta* (Angiospermes)
- **Classe:** *Magnoliopsida* (Dicotylédones)
- ☐ **Ordre:** *Lamiales*
- ☐ **Famille:** *Lamiaceae*
- ☐ **Genre:** *Rosmarinus*
- **Espèce:** *Rosmarinus officinalis* L.

- **Noms communs:** Romarin, Encensier, Herbe aux couronnes, Rose des marins, Rose de la mer, Rose-marine, Iklil el-jebel, âzir.
- **Période de floraison:** Février à Avril
- **Couleur des fleurs:** Bleu / mauve
- **Exposition:** Soleil
- **Hauteur:** 150 cm
- **Origine :** régions méditerranéennes

Répartition géographique

R. officinalis est une plante spontanée de tout le bassin méditerranéen et plus particulièrement du littoral qui demande un sol calcaire, de faible altitude, ensoleillé et modérément sec. De par ces exigences, elle est indigène des pays méditerranéens tels que, l'Italie, l'Espagne, la Tunisie, le Maroc, l'Ex-Yougoslavie, l'Albanie, l'Egypte, la Palestine, la Grèce, le Chypre et jusqu'en Asie mineure, au Portugal, au nord-ouest de l'Espagne (**Tutin et al., 1972 ; Davis, 1982 ; Greuter et al., 1986**).

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

Composition chimique :

a. L'huile essentielle

Les propriétés du romarin sont contenues dans les feuilles et les extrémités florales. On peut le prendre en infusion pour lutter contre les indigestions, digestions difficiles et les gripes, ou bien, pour des traitements de longue durée, on peut le prendre en gélules. Son huile essentielle possède de nombreuses actions traitantes, parmi lesquelles: stimuler le fonctionnement de la vésicule biliaire, aider à la digestion, apaiser les nerfs et agir en cas d'insuffisance hépatique et de douleurs musculaires.

L'huile essentielle est également utilisée pour calmer la toux et soigner les bronchites. Cette huile, tonique, astringente, sudorifique, stimulante, est connue comme un stomachique et nervin, capable de guérir de nombreux cas de maux de tête provoqués par une circulation faible (**Kahoul, 2010**). L'huile essentielle du romarin (1 à 2% dans la plante) contient : de l' α -pinène (7 à 80%), de la verbénone (1 à 37%), du camphre (1 à 38%), de l'eucalyptol (1 à 35%), du bornéol (4 à 19%), de l'acétate de bornyle (jusqu'à 10%) et du camphène (**tableau 03**). En plus de l'huile essentielle on trouve dans le romarin : 2 à 4% de dérivés triterpéniques tels que : l'acide ursolique, l'acide oléanolique, l'acétate de germanicol ; des lactones diterpéniques : picrosalvine, dérivés de l'acide carnosolique, rosmanol, rosmadial, des acides phénoliques, des acides gras hydroxylés surtout des dérivés de l'acide décanoïque, des acides gras organiques : l'acide citrique, glycolique et glycérique, des stérols, de la choline, du mucilage (**Bellakhdar, 1997**) et de la résine (**Beloued, 1998**).

b. Les acides phénoliques acide vanillique, acide caféique, acide p-coumarique (Ibañez *et al.*, 2003).

c. Les flavonoïdes genkwanine, cirsimaritrine, ériocitrine, hespéridine, diosmine, lutéoline, apigénine (Ibañez *et al.*, 2003 ; Okamura *et al.*, 1994 ; Yang *et al.*, 2008).

Le criblage phytochimique de l'extrait éthanolique des parties aériennes du romarin a indiqué la présence des flavonoïdes, des tannins et des saponines, et l'absence des alcaloïdes détecté dans l'extrait aqueux. Les flavonoïdes détectés par la chromatographie sur couche mince (CCM) sont la quercétine et le kaempférol (Gonzalez-Trujano *et al.*, 2007).

Tableau 3 : Quelques composés de l'HE de *R. officinalis*

Composé	Algérie (Djeddi et al., 2007)	Tunisie (Zaouli et Boussaid, 2008)	France (Kaloustian et al., 2008)	Serbie (Dimitrijevic et al., 2007)	Grec (Katerinopoulos et al., 2005)	Chine (Wang et al., 2008)	Afrique du Sud (Mangena et Muyima, 1999)	Turquie (Celiktas et al., 2007)	Iran (Gachkar et al., 2007)
α -pinène	5,4	-	20,8	-	-	19,43	18,18	9,4	14,9
Camphène	7,2	5,9	5,1	-	-	11,52	6,08	-	-
1,8-cinéole	12,2	33,1	3,69	52,20	1289	27,23	31,12	5,07	7,43
Camphre	14,6	18,0	3,42	10,08	22,24	14,26	30,12	5,9	4,94
Terpinen-4-ol	-	6,0	-	-	-	-	-	-	-
Bornéol	10,6	8,0	-	-	7,37			6,8	
Pipéritone	-	-	-	6,68	-	-	-	-	23,7
α -terpéniol	5,2	-	-	-	5,67	-	-	6,8	-
Caryophyllene oxyde	10,9	-	-	-	-	-	-	-	-
β -pinène	8,5	-	-	-	-	6,71	-	-	-
Camphrène	-	-	-	-	-	19,43	18,18	-	-
Linalol	-	-	-	-	-	-	-	-	14,9

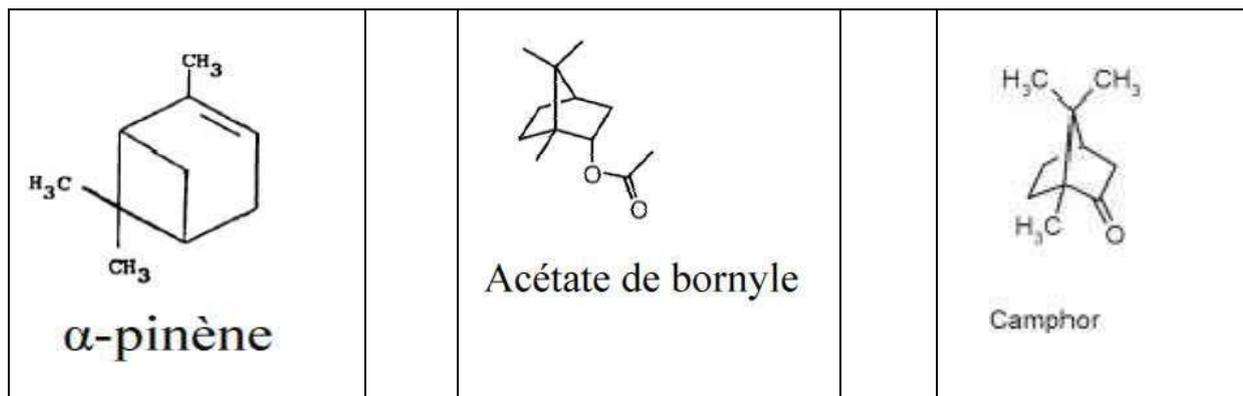


Fig. 4: Les structures chimiques des composants de l'huile essentielle

(Elhaddad, 2014; Mekonnen *et al.*, 2016 ; Selmi *et al.*, 2017).

Autres composants

- Composés phénoliques

Les polyphénols les plus courants chez la rose marine sont l'apigénine, la diosmine, la lutéoline, la genkwanine et les acides phénoliques (supérieur à 3%), en particulier l'acide rosmarinique, l'acide chlorogénique l'acide caféique (Wagstaff *et al.*, 1999 ; Samuelsson et Bohlin, 2010).

- Di et triterpènes

Les autres composés majeurs communs au romarin sont les terpènes, généralement présents dans les huiles essentielles et les résines qui comprennent plus de 10000 composés divisés en mono-, di-, tri- et sesquiterpènes. (Lovkova *et al.*, 2001 ; Doughari, 2012). On trouve principalement chez *Rosmarinus officinalis* des diterpènes tricycliques (le rosmanol, carnosol, l'acide carnosique), et des triterpènes (l'acide ursolique et l'acide oléanolique). (Samuelsson et Bohlin, 2010; Begum *et al.*, 2013).

L'acide carnosique est le constituant majoritaire dans cette fraction phénolique. Il représente une teneur supérieure à 0,35% des feuilles sèches de la plante. Il possède le pouvoir antioxydant le plus puissant par rapport aux autres diterpènes (Nakatani et Inatani, 1984 ; Schwarz et Ternes, 1992 ; Paris *et al.*, 1993).

Le carnosol se dégrade pour donner naissance à d'autres diterpènes phénoliques possédant la structure δ -lactone ou γ -lactone comme le rosmanol, l'epirosmanol,

l'epiisorosmanol, le rosmadial et le methyl carnosate mais présentant toujours activité antioxydante (Schwarz et Ternes. 1992 ; Almela *et al.*, 2006 ; Doolaege *et al.*, 2007).

• **Sels minéraux**

Cette plante s'avère très riche en sels minéraux, notamment le Zn, le Mn, le Cu, et le Ca. Dix-huit (18) éléments ont été identifiés dont les principaux sont L'aluminium (Al), le calcium (Ca), le fer (Fe), le potassium (K), le magnésium (Mg),

le sodium (Na), le phosphore (P), le chrome (Cr) et le strontium (Sr) (Arslan et Ozcan, 2008).

Tableau 4 : La quantité relative des éléments minéraux des feuilles fraîches ou séchées de *Rosmarinus officinalis* (Arslan et Ozcan, 2008).

Éléments minéraux	Quantité (mg/Kg)
Al	146.48
Ca	7791.80
Fe	330.16
K	14916.23
Mg	1634.55
Na	2711.87
P	1474.60
Cr	97.36
Sr	74.65

Propriétés pharmacologiques

Cette plante est utilisée en médecine en raison de ses différentes propriétés :

- Anti spasmodiques, diurétiques, hépatoprotectrices, soulagement des désordres respiratoires (Lemonica *et al.*, 1996 ; Souza *et al.*, 2008)
- Antibactériennes, antimutagéniques, antioxydantes, chémopréventives (Ibañez *et al.*, 2000 ; Wang *et al.*, 2008)
- Anti-inflammatoires, antimétastatiques (Cheung et Tai., 2007)

- Inhibition de la genèse des tumeurs mammaires et la prolifération des tumeurs cutanées (**Huang et al, 1994**)
- D'autres études montrent que les composants du romarin inhibent les phases d'initiation et de promotion de cancérogénèse (**Offord et al., 1995**)
- Carnosol du romarin possède une activité antivirale contre le virus du SIDA (HIV) (**Aruoma et al, 1996**) alors que l'acide carnosique a un effet inhibiteur très puissant contre la protéase de HIV-1 (**Paris et al., 1993**).

Pour les traitements externes (entorses, foulures, contusions, torticolis), on emploie les sommités infusées de la plante dans de l'alcool. L'extrait alcoolique lui-même agit sur les ulcères, les plaies, les dermatoses parasitaires. La décoction aqueuse s'utilise en gargarismes (angines) et bains de bouche (aphtes), ou elle est ajoutée à des bains stimulants.

L'huile essentielle de romarin soulage les troubles rhumatismaux et de la circulation sanguine, soigne les blessures, soulage les maux de tête, améliore la mémoire et la concentration, fortifie les convalescents, combat les effets du stress et de la fatigue, traite l'inflammation des voies respiratoires et de la sphère ORL (**Dias et al., 2000**).

Le romarin est un stimulant, antispasmodique, cholagogue. On l'indique pour ses qualités stimulantes dans les dyspepsies atoniques, les fermentations intestinales, les asthénies, le surmenage, les états adynamiques des fièvres typhoïdes ou muqueuses, de la grippe. En sa qualité d'antispasmodique, il est bénéfique dans la catarrhe chronique des bronches, la coqueluche, les vomissements nerveux ; c'est un bon cholagogue utilisé dans les cholécystites chroniques, certaines ascites et cirrhoses, les ictères ; c'est aussi un emménagogue (aménorrhée dysménorrhée) et un diurétique (hydropisies) (**Chang et al., 1977 ; Aqel, 1991 ; Leung et Foster, 1996 ; Haloui et al., 2000**), un anti-VIH (**Paris et al., 1993**) et anticarcinogénique (**Offord et al., 1995**).

Utilisation

L'huile essentielle de romarin est largement utilisée comme composant aromatique dans l'industrie des cosmétiques (savons, parfums, crèmes, etc...), mais aussi dans l'industrie alimentaire (boissons alcoolisées, desserts, bonbons, etc...).

a. Usage en parfumerie

L'utilisation du romarin en parfumerie est très ancienne. On connaît en particulier l'eau de la Reine de Hongrie, alcoolat fréquemment utilisé au XVIIème siècle et qui pourrait avoir

été conçu dès le XIV^{ème} siècle, dont le romarin était un des principaux composants. Le nom vient de la reine Elisabeth de Hongrie, qui l'aurait utilisé en 1378 à l'âge de 72 ans ; l'eau lui aurait rendu sa fraîcheur à tel point que le roi de Pologne l'aurait demandée en mariage (**Bousbia,2011**).

Le romarin entre dans la composition de parfums surtout masculins, hespéridés aromatiques (eaux de Cologne), boisés et fougères aromatiques, ainsi que dans la formulation des pommades dermiques. (**Calabres et al., 2000**), étudièrent la faculté des extraits de romarin a protégé la peau des lésions cutanées induites par les radicaux libres. Ils ont montré la validité réelle de la biotechnologie des antioxydants naturels dans la gestion de l'antivieillessement de la peau.

b. Usage alimentaire

Le romarin est une bonne source naturelle de composés antioxydants. Il est largement utilisé dans l'industrie alimentaire pour prévenir une éventuelle dégradation oxydative et microbienne des aliments (**Bousbia, 2011**). Il a été reporté qu'il contient y compris l'huile essentielle, des diterpènes phénoliques tels que l'acide carnosique, le carnosol, le rosmanol, l'epirosmanol, l'isorosmanol, le méthylcarnosate et l'acide rosmarinique, qui peuvent être quatre fois plus efficaces que l'action antioxydante de l'hydroxyanisole butylé (BHA) et égales à l'action de l'hydroxytoluène butylé (BHT). En outre, le BHA et le BHT ont été suspectés d'être cancérigènes et responsables des lésions hépatiques (**Wang et al., 2000**). De ce fait, il y a eu une tendance de sensibilisation des consommateurs et des organismes de santé pour limiter et éviter l'utilisation des additifs de synthèse dans les produits alimentaires. Cette tendance se reflète également dans l'Union européenne qui a récemment publié la directive 2006/52/CE se référant à la nécessité de réduire l'utilisation des BHA, BHT et de nitrites (**Union européenne, 2006**). Ces faits montrent la nécessité pour la recherche de mettre au point l'utilisation d'additifs naturels ou d'autres méthodes afin d'étendre la durée de conservation et/ou d'améliorer la sécurité alimentaire. En ce qui concerne la prévention de l'oxydation des lipides et la croissance microbienne, une telle solution pourrait être l'utilisation d'antioxydants naturels, puisque beaucoup d'entre eux présentent aussi une activité antimicrobienne.

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 chips et des frites françaises (**Bousbia, 2011**).

c. Aspect économique

Le romarin est la seule plante épice commercialement disponible pour une utilisation comme antioxydant naturel dans les différentes industries en Europe et aux Etats-Unis (**Bozin et al., 2007**). Les Etats-Unis sont l'un des principaux importateurs d'HE au monde. Parmi les HE importées, comme le romarin ne pousse pas naturellement sur son sol, ce pays s'approvisionne à partir des pays du bassin méditerranéen (Maroc, Espagne et Turquie).

Chapitre 02 :

Les métabolites Secondaires

I .Les métabolites secondaires des plantes médicinales

Une des originalités majeures des végétaux réside dans leur capacité à reproduire des substances naturelles très diversifiées. En effet, à côté des métabolites primaires classiques (glucides, protides, lipides, acides nucléiques), ils accumulent fréquemment des métabolites dits « secondaires » dont la fonction physiologique n'est pas toujours évidente mais qui représente une source importante de molécules utilisables par l'homme dans des domaines aussi différents que la pharmacologie ou l'agroalimentaire.

Les métabolites secondaires appartiennent à des groupes chimiques variés (alcaloïdes, tannés, composés phénoliques...) qui sont très inégalement répartis chez les végétaux mais dont le niveau d'accumulation peut quelquefois atteindre des valeurs élevées.

La notion de «métabolite secondaire» résulte initialement de trois groupes d'observations : d'abord une difficulté à attribuer à ces métabolites une fonction précise dans la physiologie même de la plante, ensuite une répartition très inégale selon les végétaux, quelquefois entre des espèces ou variétés à l'intérieur d'une même espèce, enfin une certaine « inertie biochimique » car ces substances sont rarement remobilisées dans la plante après qu'elles y ont été accumulées (**Macheix et al., 2005**).

Les huiles essentielles

Définition des huiles essentielles

Le terme « huile » s'explique par la propriété que présentent ces composés de se solubiliser dans les graisses et par leur caractère hydrophobe. Le terme « essentielle » fait référence au parfum, à l'odeur plus ou moins forte dégagée par la plante.

La norme **AFNOR NF T 75-006** définit l'huile essentielle comme: « un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par hydrodistillation. L'huile essentielle est séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques ». Ce sont des substances huileuses, volatiles, d'odeur et de saveur généralement forte, extraites à partir des différentes parties de certaines plantes aromatiques, par les méthodes de distillation, par enfleurage, par expression, par solvants ou par les techniques d'extractions récentes comme l'extraction par le procédé assisté par micro-ondes ou encore par extraction au fluide supercritique. Les huiles essentielles sont aussi connues sous les noms d'huiles volatiles, d'huiles entériques ou encore essences. Elles se différencient des huiles fixes par leurs caractères physiques et leurs compositions chimiques. (**Bruneton, 1993**)

Les huiles essentielles sont responsables de l'odeur caractéristique de la plante. Les produits obtenus par extraction avec d'autres procédés ne sont pas repris dans la définition d'huile essentielle donnée par la norme de l'Association Française de Normalisation (AFNOR) (Bruneton, 1993 ; AFNOR, 2000).

Contrairement à ce que le terme pourrait laisser penser, les huiles essentielles ne contiennent pas de corps gras comme les huiles végétales obtenues avec des pressoirs (huile de tournesol, de maïs, d'amande douce, etc.). Il s'agit de la sécrétion naturelle élaborée par le végétal et contenue dans les cellules de la plante, soit dans les fleurs (ylang-ylang, bergamotier, rosier), soit dans les sommités fleuries (tagète, lavande), soit dans les feuilles (citronnelle, eucalyptus), ou dans l'écorce (cannelier), ou dans les racines (vetiver), ou dans les fruits (vanillier), ou dans les graines (muscade) ou encore autre part dans la plante (Anton et Lobstein, 2005).

La qualité des huiles essentielles

La qualité est mesurée par sa conformité à des normes qui peuvent varier selon l'utilisation de l'huile essentielle. Par exemple, les normes AFNOR (Association Française pour la Normalisation) et ISO (Organisation Internationale de Standardisation) sont les barèmes utilisés pour juger la qualité des huiles essentielles dans le secteur des parfums. En phytothérapie, leur qualité peut être assurée par la présence d'une certaine quantité de substances biologiquement actives ; la qualité des huiles essentielles utilisées comme saveurs peut être considérée mauvaise en raison de la présence de constituants toxiques comme l' α -thujone dans l'huile de *Thuja occidentalis*. En pratique, la qualité des huiles essentielles est évaluée de deux façons : premièrement par des analyses chimiques et physico-chimiques et deuxièmement par les propriétés organoleptiques de l'huile essentielle. La première est effectuée par des laboratoires spécialisés et la deuxième par un panel de personnes expérimentées ou encore par un « nez artificiel ».

Répartition Botanique

Les HE sont sécrétées par plusieurs plantes connues sous le nom de plantes aromatiques, au nombre de 17500 espèces (Bruneton, 1999). Ces plantes sont regroupées selon Paris et Hurabeille (1981) et Bruneton (1999) dans un assez restreint nombre de familles botaniques ex: Myrtacées, Lauracées, Rutacées, lamiacées, Conifère, Astéracées, Apiacées, Cupressacées, Pipéracées ...etc.

Certaines familles ne comportent aucune plante aromatique. **Binet et Brunel(1968)** signalent que d'autres familles se caractérisent par un grand nombre d'espèces à essences, comme par exemple les Labiées (*Thymus vulgaris* L. *Lavandula officinalis* L. *Origanum campactum* L ...ect), les Apiécées (*Pimpinella anisum* L. *Cuminum cyminum* L.). De très nombreuses conifères sont riches en oléorésines d'où leur nom de résineux comme les genévriers.

Localisation au niveau de la plante

Les HE sont réparties dans tous les organes de certains végétaux, dans les fleurs ou sommités fleuries (*Lavandula officinalis* Chaix.) Les feuilles (*Eucalyptus globulus* L.), Les écorces (*Cinnamomum zeylanicum* L.), les bois, les racines, les rhizomes et les fruits (*Anthriscus cerefolium* L.) (**Paris et Hurabielle, 1981 ; Bruneton, 1999**).

Les huiles essentielles se trouvent accumulées dans des structures histologiques spécialisées; dans le cytoplasme de cellules isolées caractérisées par une teinte plus jaune et une paroi épaisse chez les Lauracées, sous forme de fine gouttelettes parsemant le protoplasme de cellules épidermiques des pétales de rose. Enfin, **Binet et Brunel (1968)** signalent que les huiles essentielles s'accumulent en forte quantité en dehors du cytoplasme, soit en repoussant la cuticule, soit en se déversant dans la lumière extracellulaire de canaux sécréteur (Apiécées et Conifères) ou de poches sécrétrices (Citrus). Ces canaux et ces poches sont dits schizogènes, s'ils se forment par écartement des cellules sécrétrices, et lysigènes, s'ils se forment grâce à lyse, mais il est fréquent que les deux modes de formation coexistent (canaux et poches schizolysigènes).(**Anton et Lobstein,2005**).

Il existe selon **Bruneton (1999) ; Belaiche (1979) et Paris et Hurabielle (1981)** plusieurs systèmes de sécrétion tels que les poches sécrétrices schizogènes (Myrtacées) ou les poches sécrétrices schizolysigènes et (Aurantiacées), les canaux sécréteurs (Conifère et Apiacées), les poils sécréteurs (Lamiacées et Astéracées), et les cellules sécrétrices (Lauracées et Pipéracées).

I.1.5 Rôle des huiles essentielles dans la plante

Les huiles essentielles sont des substances qu'élabore le végétal pour ses propres besoins et à de multiples fins. Le rôle exact que les huiles essentielles jouent est mal connu ; mais la volatilité et l'odeur marquées de ces huiles essentielles en font deux des éléments attractifs vis-à-vis des insectes pollinisateurs comme elles peuvent être insectifuges ou encore

un moyen de défense vis-à-vis des prédateurs (micro-organismes, champignons et herbivores) (**Deroin, 1988**).

Les rôles antibactériens et anti cryptogamique des huiles essentielles ont été prouvés par plusieurs auteurs notamment dans la prévision et la lutte contre les maladies des plantes (**Belaiche 1979 ; Bruneton, 1999**).

Les essences et en particulier, certains terpènes aromatiques pourraient avoir une fonction énergétique : « mis en réserve pendant le jour, ils seraient dégradés durant la nuit en acétyl-CoA » (Guignard et *al.*, 2000). Il leur est attribué également un rôle contre la sécheresse et ce par la préservation dans la plante d'une humidité indispensable, ceci ; dans un bulletin de l'UNESCO, qui signale que la formation des huiles essentielles par certaines plantes semble jouer un rôle dans leur protection contre la sécheresse.

Bruneton (1999) signale qu'ils pourraient, selon quelques auteurs, constituer des supports à une « communication » et ce d'autant mieux que leur variété structurale autorise le transfert de « messages biologiques » sélectifs. Par ailleurs, **Rosua et Granados (1987)** attribuent aux huiles essentielles un intérêt taxonomique car ils ont pu établir un rapport entre la composition des huiles essentielles et la taxonomie intra-spécifique de *Rosmarinus officinalis* L. dans l'île de la Sardaigne, **Benjilali et al. (1987)** ont également tenté d'établir des corrélations entre la composition et la taxonomie des huiles essentielles lors de deux études portées respectivement sur quelques chemotypes nouveaux d'*Artemisia herba alba* Asso et sur le polymorphisme chimique des huiles essentielles du Thym du Maroc.

Propriétés physico-chimiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont liquide en température ambiantes généralement incolores ou faiblement colorées lorsqu'elles sont fraîchement extraites, à l'exception des essences renfermant de l'azulène qui sont bleues (ex: *Matricaria chamomilla* L.) Elles se caractérisent par une odeur aromatique et une volatilité très remarquable et sont très réfringentes. Elles ont généralement une densité inférieure à celle de l'eau (0.85 à 0.95%) et sont entraînable à la vapeur d'eau. Seules deux huiles essentielles ont une densité supérieure à celle de l'eau (ex : *Cinnamomum zeylanicum* L. *Eugenia caryophyllata* L.). Elles possèdent un indice de réfraction souvent élevé et sont douées de pouvoir rotatoire (**Paris et Hurabeille, 1981**)

Elles s'oxydent facilement et donnent des produits résinifiés par fixation de l'oxygène de l'air sous l'action de la lumière en même temps que leur odeur se modifie, leur point

d'ébullition augmente, leur solubilité diminue. Aussi, devrait-on conserver les huiles essentielles dans des flacons bien bouchés, à l'abri de la lumière et à une température de l'ordre de 4°C. De nature lipophile et hydrophobe, les huiles essentielles sont solubles dans l'alcool, l'éther, les huiles fixes et elles dissolvent les graisses, l'iode, le soufre et le phosphore (Valnet, 1984). Elles sont très peu solubles dans l'eau ; elles le sont toutefois suffisamment pour communiquer à celle-ci une odeur nette appelée eau distillée florale (Bruneton, 1999).

Les huiles essentielles possèdent en commun un certain nombre de propriétés malgré leurs différences de constitution:

- Elles sont généralement liquides à température ordinaire.
- Elles sont volatiles et entraîmables à la vapeur d'eau.
- Elles sont solubles dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, les huiles fixes, les émulsifiants et dans la plupart des solvants organiques.
- Elles sont peu solubles dans l'eau mais lui communiquent leur odeur.
- Leur point d'ébullition varie de 160 à 240 C°.
- Leur densité est en général inférieure de l'eau, elle varie de 0,75 à 0,99 (les huiles essentielles de girofle ou de cannelle constituent des exceptions).
- Elles sont très altérables et sensibles à l'oxydation.

Elles sont généralement incolores ou jaunes pâles, il existe, cependant, quelques exceptions, exemple: huiles essentielles à azulène de coloration bleue. (Djermene et al ; 2013)

Composition Chimique des huiles essentielles

Les essentielles sont des mélanges complexes de constituants dont un ou plusieurs sont généralement majoritaires et donnent l'aspect odorant particulier à l'huile essentielle (Garnero et al, 1970). Les autres apportent en plus, selon Paris et Hurabielle (1981), une finesse plus au moins grande. Les constituants appartiennent, de façon quasi exclusive, à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes :

- Le groupe des terpénoïdes (les composés terpéniques)
- Le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane, beaucoup moins fréquents.

Elles peuvent également renfermer divers produits issus de processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils (**Bruneton, 1999**). Les Principales structures chimiques sont :

Les terpènes sont des composants hydrocarbonés formes d'un ensemble d'isoprène (C_5H_8) n. Ils représentent la partie majoritaire dans la composition des huiles essentielles sachant que seuls les terpènes les plus volatils : mono et sesquiterpènes sont rencontrés (**Chalchat et al., 1997 ; Bruneton, 1999**). En général, les terpènes sont constitués d'un mélange d'hydrocarbures et de composés oxygénés dérivés de ces hydrocarbures.

Les composés terpéniques sont issus d'une voie métabolique secondaire de l'acide mévalonique. Suivant le nombre entier d'unités pentacarbonés (C_5)n ramifiées, dérivées du 2-méthylbutadiène (isoprène), nous pouvons réaliser la classification suivante :

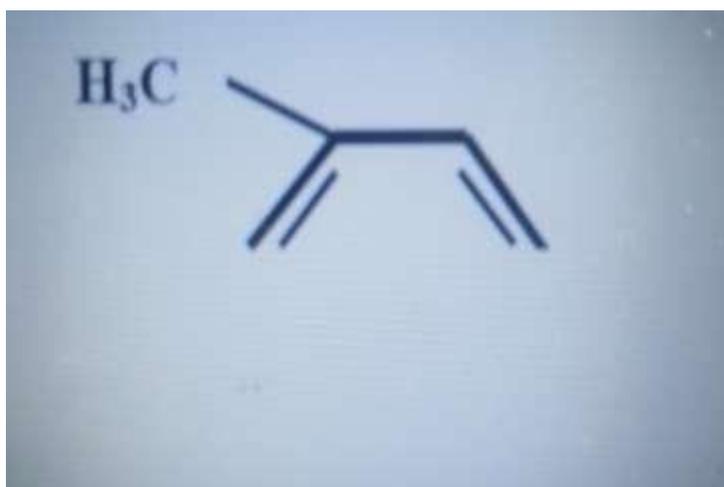


Fig. 5: L'isoprène.

➤ Pour $n = 2$: les **monoterpènes**. Ces terpènes proprement dits sont des hydrocarbures en C_{10} . Ils peuvent être acycliques, monocycliques ou bicycliques.

A ces terpènes se rattachent un certain nombre de produits naturels à fonctions chimiques spéciales, surtout alcool et aldéhyde.

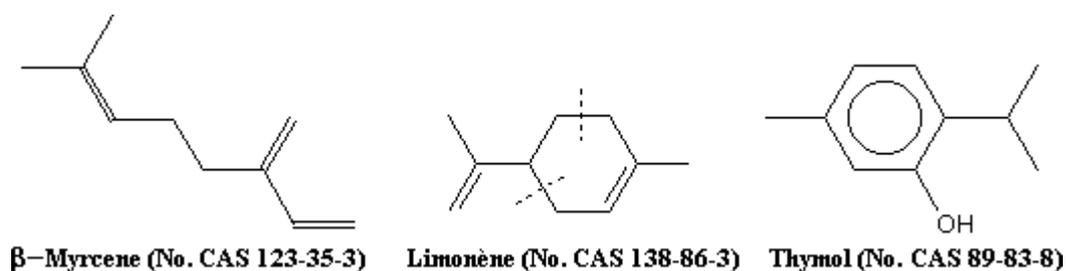


Fig. 6 : Exemple des composants monoterpéniques.

- Pour $n = 3$: les *sesquiterpènes*. Ce sont des hydrocarbures de formule C_{15} , soit une fois et demie (sesqui-) la molécule des terpènes (en $C_{10}H_{16}$). Un groupe particulier de sesquiterpènes est représenté par les azulènes, composés instables dont le nom vient de leur coloration bleue et qui sont importants en pharmacognosie en raison de leurs propriétés anti-inflammatoires. Ces composés, non saturés, sont constitués par deux cycles penta et hepta carbonés. Nous retrouvons dans ce groupe le chamazulène (des essences de camomille et de matricaire)

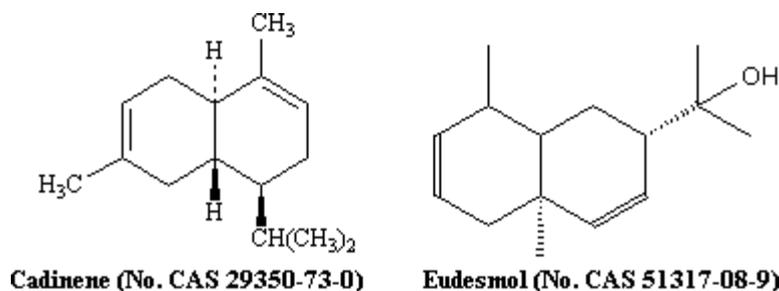


Fig. 7 : Exemple des composants sesquiterpéniques.

- Pour $n = 4$: les *diterpènes* qui sont des dérivés d'hydrocarbures en C_{20} . Ces composés, à point d'ébullition élevé, se rencontrent surtout dans les résines.

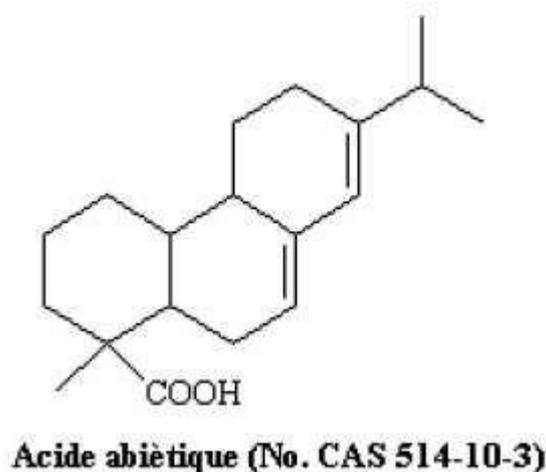
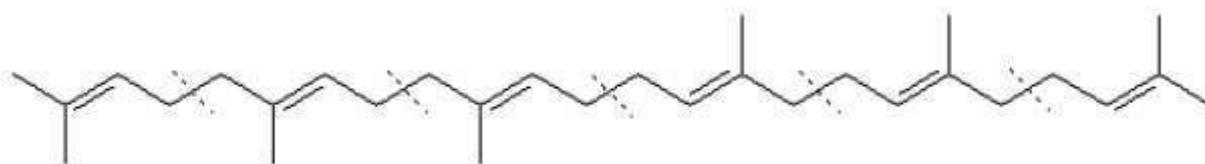


Fig.8 : Exemple des composants diterpéniques.

- Pour $n = 5$: les *sesterterpènes* Ce sont des dérivés d'hydrocarbures en C_{25} .
- Pour $n = 6$: les *triterpènes*. Ces composés en C_{30} sont très répandus, notamment dans les résines, à l'état libre, estérifiés, ou sous forme hétérosidique.



Squalène (No. CAS 7683-64-9)

Fig. 9 : Exemple des composants triterpéniques.

- Pour $n = 8$ et les polyterpènes le caoutchouc naturel est l'exemple plus nommé.

Le caoutchouc naturel est un polymère de l'isoprène. Il est produit par la coagulation par la chaleur de la sève. Les dérivés du phénylpropane sont moins abondants que les terpénoïdes, ce sont des arènes issues d'une voie métabolique secondaire dite de l'acide shikimique lui-même intermédiaire de la synthèse de la lignine à partir du phénylpropane.

Les composés sont néanmoins importants sur le plan qualitatif et quantitatif chez certaines espèces. Par exemple, le trans-anéthole qui est la molécule responsable en grande partie de l'arôme d'anis, constitue environ 80% de l'huile essentielle de fenouil (1-3% d'essence), et d'anis vrai (3% d'essence). Les dérivés phénylpropanoïques et les terpénoïdes sont associés en nombre et en proportions très variables de telle sorte que le produit est hétérogène et complexe sur le plan chimique. Ils sont biosynthétisés au sein des mêmes organes sécréteurs ou ils forment l'essence naturelle. (Djebaili ;2013).

Propriétés pharmacologiques des huiles essentielles

Il est possible de confondre l'activité d'une huile essentielle avec celle de la plante dont elle est issue. Une telle superposition n'est que rarement possible: ainsi l'huile essentielle de romarin est antibactérienne alors que l'infusé de la même espèce est traditionnellement utilisé pour le traitement symptomatique de troubles digestifs divers tels que: le ballonnement épigastrique; la lenteur à la digestion; les éructations; les flatulences, sur la base de propriétés antispasmodiques.

Elle est également utilisée comme traitement adjuvant de la composante douloureuse des colites spasmodiques ; pour faciliter les fonctions d'élimination rénales et digestives ; dans les troubles fonctionnels digestifs attribués à une origine hépatique et dans diverses indications locales (hygiène buccale, antalgique de l'oropharynx, adoucissant et antiprurigineux des affections dermatologiques.

Pouvoir antiseptique

Produites comme métabolites secondaires par les plantes aromatiques, les huiles essentielles sont toujours utilisées comme agents antimicrobiens en médecine populaire, en aromathérapie et en industrie alimentaire (**Baudoux, 2000**). Différentes études récentes ont confirmé, *in vitro*, l'activité antimicrobienne de certaines huiles essentielles (**Hammer et al., 1999; Cassella et al., 2002**).

Ce pouvoir antiseptique s'exerce à l'encontre de bactéries pathogènes variées, y compris des souches habituellement antibiorésistantes. Certaines huiles essentielles sont également actives sur des champignons responsables de mycoses et sur des levures. Les doses actives sont en générale faibles et celles qui sont déterminées par une expérimentation *in vitro* sont directement transposables pour une utilisation par voie externe ou, a fortiori, comme conservateur. Sarriette, cannelle, genévrier, thym, girofle, lavande, eucalyptus sont au nombre des huiles essentielles les plus antiseptiques. Des composés comme le citral, le géranol, le linalol ou le thymol sont respectivement 5,2 ; 7,1 ; 5 et 20 fois plus antiseptiques que le phénol.

Propriétés spasmolytiques et sédatives

De très nombreuses drogues à huiles essentielles (menthe, verveine...) sont réputées efficaces pour diminuer ou supprimer les spasmes gastro-intestinaux. Il est fréquent qu'elles stimulent la sécrétion gastrique d'où les qualificatifs de « digestives » et de « Stomachique » qui leur sont décernés, avec toutes les conséquences qui peuvent découler de cette «eupepsie»: amélioration de certaines insomnies et de troubles psychosomatiques divers, diminution de la nervosité, etc. Ces effets bénéfiques divers expliquent sans doute que les médecines populaires et les thérapeutiques douces fassent un très large usage de ces drogues.

In vitro, un grand nombre d'huiles essentielles (angélique, basilic, camomille, girofle, mélisse, menthe, thym...) exercent une activité spasmolytique marquée sur l'iléon de cobaye isolé (et, dans une moindre mesure, sur la trachée du même animal): dans quelques cas rares (anis, fenouil) c'est au contraire une augmentation des contractions phasiques de cet organe qui est observée.

D'après des travaux réalisés sur l'HE de schinus, il est possible que ce type d'activité soit lié à une inhibition de l'entrée du calcium dans les cellules.(**Djebaili ;2013**).

I.1.8.3 Propriétés irritantes

Utilisés par voie externe, des produits comme l'essence de térébenthine provoquent une augmentation de la microcirculation, une rubéfaction importante, une sensation de chaleur et, dans certains cas une légère action anesthésique locale. C'est ce que l'on recherchait autrefois dans les embrocations et les onguents. Aujourd'hui, encore nombreuses sont les pommades, les crèmes ou les gels à base d'huiles essentielles destinés à soulager entorses, courbatures, claquages et autres algies articulaires ou musculaires. Administrées par voie interne, les huiles essentielles déclenchent des phénomènes d'irritation à différents niveaux. Ainsi, celles d'eucalyptus, de pin, de niaouli stimuleraient les cellules à mucus et augmenteraient les mouvements de l'épithélium ciliaire au niveau de l'arbre bronchique; d'autres favoriseraient l'élimination rénale d'eau par effet local direct comme le genièvre, le faux poivrier. D'autres activités sont attribuées aux huiles essentielles (cholérétique, cicatrisante, neurosédative...)

(Bruneton, 1999).

Utilisation des huiles essentielles

L'usage commercial des menthes est dû à leurs teneurs élevées en HE. Actuellement, elles trouvent des emplois dans différents secteurs:

En pharmacie

Dans leur grande majorité, les huiles essentielles sont utilisées en nature, en particulier pour la préparation d'infusions (menthe, mélisse, verveine, fleurs d'orangers) et sous la forme de préparations galéniques simples.

En parfumerie

C'est le débouché principal des huiles essentielles, des concrètes, des absolues et autres résinoïdes. La cosmétologie et le secteur des produits d'hygiène sont également des consommateurs, surtout, les substances odorantes pour les produits de rasage ou autres. Les isolats sont également utilisés en parfumerie comme l'huile de *Schinus molle*, même si le coût souvent élevé des produits naturels conduit parfois à privilégier les produits synthétiques.

Dans les industries agro-alimentaires

Si certaines drogues sont utilisées en nature (épices et aromates), d'autres le sont sous forme d'huiles essentielles ou de résinoïdes et d'oléorésines dispersés, encapsulés, complexés. Le développement de nouvelles pratiques culinaires (plats préparés, préparations surgelées

industrielles, etc.), le goût pour l'exotisme, les qualités gustatives des produits d'une agriculture intensive et d'autres facteurs conduisent à une augmentation rapide de la consommation de ce type de produits.

Tous les segments alimentaires sont consommateurs : boissons non alcooliques, produits laitiers, produits carnés, soupes, sauces, snacks, boulangerie, sans oublier la nutrition animale et les recherches sur l'aromatisation de la viande. **(Djebaili ; 2013)**.

Méthodes d'extraction

Le procédé d'obtention des HE intervient d'une façon déterminante sur sa composition chimique **(Garnero, 1977)**. Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales, cette diversité est due à la variété des matières premières et à la sensibilité considérable de certains de leurs constituants.

I.1.10.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

Dans ce système d'extraction, le matériel végétal est soumis à l'action d'un courant de vapeur sans macération préalable. Les vapeurs saturées en composés volatils sont condensées puis décantées. L'injection de vapeur se fait à la base de l'alambic **(Richard et Peyron, 1992)**.

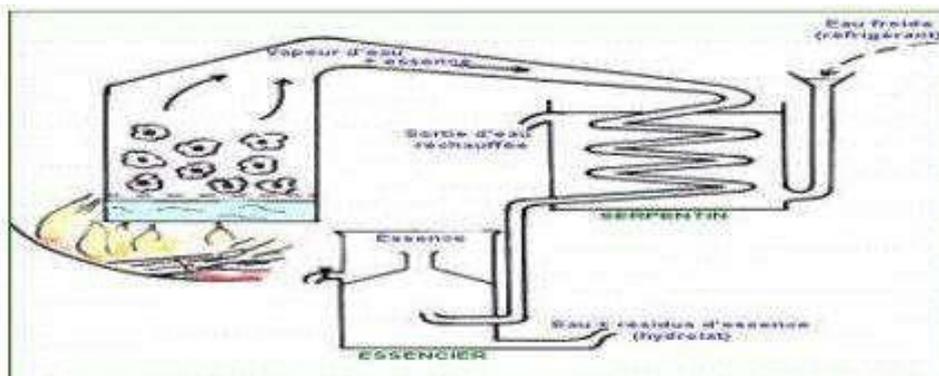


Fig.10:La distillation par entraînement à la vapeur d'eau

Extraction par hydro distillation d'huile essentielle

Ce mode d'extraction a été proposé par Garnier en 1891, c'est la méthode la plus utilisée pour extraire les HE et pouvoir les séparer à l'état pur mais aussi de fournir de meilleurs rendements. Le principe consiste à immerger directement la matière végétale à traiter dans un ballon rempli d'eau qui est ensuite portée à ébullition, les vapeurs hétérogènes vont se condenser sur une surface froide et l'HE sera alors séparée par différence de densité **(Bruneton, 1993)**.

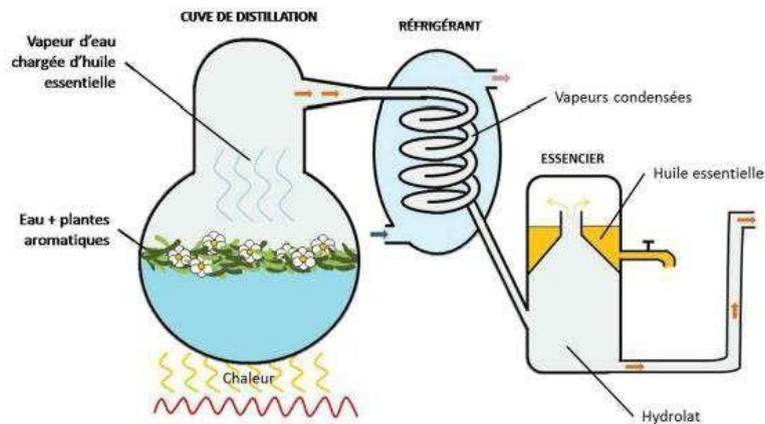


Fig. 11 : Schéma du procédé d'Hydrodistillation

Expression à froid

L'expression à froid est réservée à l'extraction des composés volatils dans les péricarpes. Il s'agit d'un traitement mécanique qui consiste à déchirer les péricarpes riches en cellules sécrétrices (**Basil et al., 1998**).

Extraction par micro-ondes

Dans ce procédé, la matrice végétale est chauffée par micro-ondes (Figure 13). Dans une enceinte fermée dans laquelle la pression est réduite de manière séquentielle. Les composés volatils sont entraînés par la vapeur d'eau formée à partir de l'eau propre à la plante. Ils sont ensuite récupérés à l'aide des procédés classiques de condensation, refroidissement et décantation. Ce procédé permet un gain de temps (temps d'extraction divisé par 5 à 10) et d'énergie (température plus basse) considérable (**Mengel; 1993**)

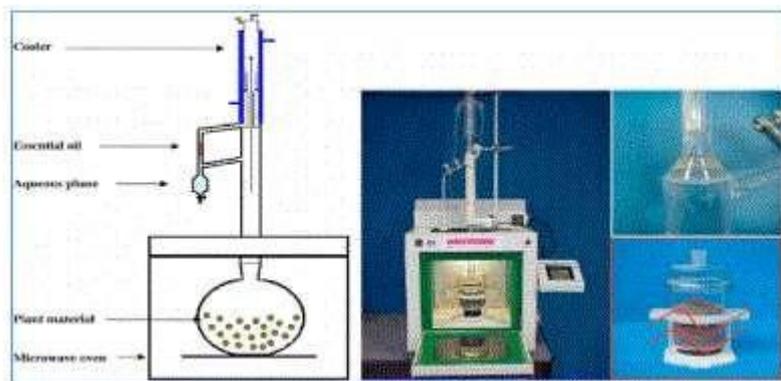


Fig.12: Extraction par micro-ondes

Extraction par solvant

Elle consiste à épuiser la matière végétale de ses constituants odorants au moyen d'un solvant, elle est ensuite dépouillée du solvant par évaporation sous vide à 40°C afin d'éviter la dégradation thermique des molécules odorantes. Cette extraction conduit à l'obtention d'essences, concrètes ou oléorésines, de rétinoides et d'absolues.

Méthodes d'identification des composés des huiles essentielles

Selon la Pharmacopée Française et Européenne, le contrôle des huiles essentielles s'effectue par différents essais, comme la miscibilité à l'éthanol et certaines mesures physiques : indice de réfraction, pouvoir rotatoire et densité relative. La couleur et l'odeur sont aussi des paramètres importants (**Pibiri, 2006**).

La meilleure carte d'identité quantitative et qualitative d'une huile essentielle reste cependant le profil chromatographique en phase gazeuse. Il permet de connaître très exactement la composition chimique.

Chromatographie en phase gazeuse(CPG)

La CPG s'est montrée une méthode appropriée pour la séparation et l'identification des composants d'une HE, elle réalise à la fois une analyse qualitative et quantitative (**Paris et Godon, 1979**). L'échantillon est vaporisé et injecté en tête de colonne. L'élution est assurée par un flux de gaz inerte qui sert de phase mobile. La CPG est basée sur le partage de produit analysé entre une phase gazeuse mobile et une phase (liquide ou solide) immobilisée sur la surface d'un support inerte (**Skoog et al, 2003**).

Les constituants des mélanges appelés généralement « solutés » sont inégalement retenus par la phase stationnaire lors du transit dans la colonne. De ce phénomène appelé « rétention », les solutés injectés se déplacent avec une vitesse inégale entre eux et inférieure à celle de la phase mobile, ceci les conduit à sortir de la colonne les uns après les autres. On enregistre d'abord un signal dit ligne de base en présence du gaz vecteur seul, puis un pic au passage de chaque soluté séparé (**Tranchant, 1995**).

Le couplage Chromatographie phase gazeuse/Spectrométrie de masse (CG/SM)

Dans le secteur particulier des huiles essentielles, le couplage CG/SM est, aujourd'hui,

La technique de référence (**Longevialle, 1981 ; Constantin, 1996**). Lorsqu'on soumet un composé moléculaire à cette analyse, on déclenche un processus à plusieurs étapes (**Pradeau et Cohen, 1992**).

Les composés phénoliques ou les polyphénols

Définition

Le terme « *polyphénols* » est fréquemment utilisé dans le langage courant et même dans des articles scientifiques ou de vulgarisation pour désigner l'ensemble des composés phénoliques des végétaux. En fait, il devrait être réservé aux seules molécules présentant plusieurs fonctions phénols. Ce qui exclurait alors les monophénols, pourtant abondants et importants chez les végétaux. Donc la désignation générale « composés phénoliques » concerne à la fois les mono-, di- et polyphénols dont les molécules contiennent respectivement une, deux ou plusieurs fonctions phénoliques (**Macheix et al, 2005**).

Structure :

Les polyphénols naturels regroupent un vaste ensemble de substances chimiques. L'élément fondamental qui les caractérise est la présence d'au moins un noyau benzénique (aromatique), auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction : éther, ester, ou hétéroside (**Laraoui., 2007**). Ils peuvent aller de molécules simples, comme les acides phénoliques, à des composés hautement polymérisés, de plus de 30000 Dalton, comme les tanins.

Localisation :

Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois) (**Charpentier et al., 2004**). Ils sont présents aussi dans diverses substances naturelles : dans les fruits rouges, le raisin. Parmi les composés phénolique, dont 8000 sont connus : les flavonoïdes, les quinones phénoliques, ligans, les xanthomes, les coumarines et d'autres classes existent en nombre considérable (**Laraoui, 2007**).

Classification des composés phénoliques

Plusieurs milliers de composés phénoliques ont été caractérisés jusqu'à aujourd'hui chez les végétaux. Bien qu'étant très diversifiés, ils ont tous en commun la présence d'un ou de plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles.

Les composés phénoliques peuvent être regroupés en de nombreuses classes (Tableau 5) qui se différencient d'abord par la complexité du squelette de base (allant d'un simple C6 a des formes très polymérisées) ensuite par le degré de modifications de ce squelette (degré d'oxydation, d'hydroxylation, de méthylation), enfin par les liaisons possibles de ces molécules de bases avec d'autres molécules (glucides, lipides, protéines, autres métabolites secondaires pouvant être ou non des composés phénoliques (Macheix *et al.*, 2005).

Tableau 5 : Les principales classes de composées phénoliques (Macheix *et al.*, 2005)

Squelette carboné	Classe	Exemple	Origine
C6	Phénols simples	Cathécol	Epices, fraise
C6 - C1	Acides hydroxybenzoïques	P - hydroxybenzoïque	Pomme de terre, pomme
C6 - C3	Acides hydroxycinamiques	Acides caféique, féruilique	Citrus
C6 - C4	Coumarines	Scopolétine, esculétine	Noix
C6 - C2- C6	Napthoquinones	Juglone	Vigne
C6 - C3- C6	Stilbènes	Resvératrol	Fruits, légumes, fleurs
(C6 - C3)2	Flavonoides	Kaemférol, quercétine	Fleurs, fruits rouges
(C6 - C3)n	Flavonols	Cyanidine, pélargonidine	Pomme, raisin
(C15)n	Anthocyanes Flavonols Flavonones Isoflavonoides Lignanes Lignines Tannins	Catéchine, Epicatéchine Narigénine Daidzéine pinorésinol	Citrus Soja, pois Pin Bois, noyau des fruits Raisin rouge, kaki

- La classification des composés phénoliques selon les auteurs :

Selon **Macheix et al. (2005)**, les composés phénoliques sont regroupés en de nombreuses classes qui se différencient par :

- ✓ La voie de la biosynthèse.
- ✓ La complexité du squelette de base (de simple C6 à des formes polymérisées).
- ✓ Les degrés de modification de son squelette (degré d'oxydation, d'hydroxylation, de méthylation).
- ✓ Liaison possible de ses molécules de base d'autres molécules (glucides, lipides, protéines et d'autres métabolites secondaires qui peuvent être des composés phénoliques).

Selon **Ribereau Gayon(1968)**, les composés phénoliques se regroupent en quatre groupes :

- ✓ Les acides benzoïques, les acides cinnamiques et coumarines.
- ✓ Les flavones, flavols et dérivés voisins.
- ✓ Les chalcones, dihydrochalcones et auronés.
- ✓ Les anthocyanes.

- Classification des polyphénols selon la voie de la biosynthèse

Les polyphénols peuvent être synthétisés soit par la voie des shikimates, soit par celle de l'acétate.

a- Les shikimates

Le 3-déhydroshikimate, formé à partir de la condensation du phosphoénolpyruvate avec l'érythrose-4-phosphate, est réduite en shikimate, puis la phosphorylation de ce dernier et sa condensation avec une autre molécule de phosphoénolpyruvate, conduit à la formation du chorismate. Le chorismate occupe une position-clé dans le métabolisme, en particulier dans la formation des acides aminés aromatiques. Les phénylpropanes, tel l'acide cinnamique, sont des métabolites du shikimate susceptibles de se cycliser et d'aboutir à la formation des coumarines, de se dimériser comme dans le cas des lignanes, ou de se polymériser formant alors des lignines. Les flavonoïdes et les stilbènes résultent d'un allongement de la chaîne latérale (**Kreif, 2003**).

b. Les phénols

Petites molécules constituées d'un noyau benzénique et au moins d'un groupe hydroxyle, elles peuvent être également estérifiées, étherifiées et liées à des sucres sous forme

d'hétérosides. Leur biosynthèse dérive de l'acide benzoïque et de l'acide cinnamique. Ayant tendance à s'isomériser et à se polymériser, ces phénols sont solubles dans les solvants polaires. Ce sont surtout des antiseptiques (arbutoside de la busserole), des antalgiques (dérivés salicylés de la reine des prés et du saule) et des anti-inflammatoires (**Makhloufi, 2010**).

La plupart de ces acides phénoliques se résume en cinq acides hydroxybenzoïques (l'acide salicylique, l'acide ρ -hydroxybenzoïque, l'acide protocatéchique, l'acide galique et l'acide vanilique) et quatre acides hydroxycinnamiques (l'acide cinnamique, l'acide ρ -coumarique, l'acide caféique et l'acide férulique). (**Michel, 2011**).

c. Les coumarines

Les coumarines dérivent des acides hydroxycinnamiques par cyclisation interne de la chaîne latérale et certaines formes complexes. Les aflatoxines peuvent être des contaminants très dangereux de denrées alimentaires (**Kebbabe, 2014**).

d. Les lignanes et composés apparentés

Les lignanes désignent des molécules qui résultent, le plus souvent, de l'établissement d'une liaison entre deux carbones de la chaîne latérale de deux acides hydroxycinnamiques. Ils interviennent dans les mécanismes de défense de la plante (**Michel, 2011**).

Quatre groupes peuvent être considérés :

- ✓ Les lignanes (liaison entre deux carbones β des chaînes latérales de deux unités dérivées du phénylpropane).
- ✓ Les néolignanes (un seul carbone β est en jeu).
- ✓ Les "oligomères", (condensation de 2 à 5 unités phénylpropaniques).
- ✓ Les norlignanes avec un squelette en C17 (**Kreif, 2003**).

e. Les dérivés d'extension du phénylpropane

L'addition successive d'unités dicarbonées sur des composés de type phénylpropane est à l'origine de la formation des stilbénoides, des flavonoïdes et des isoflavonoïdes. Ainsi, les xanthones comme la bellidifoline, les isoflavones comme la génistéine, les styrylpyrones comme la kawaïne (**Michel, 2012**).

Les éléments phénoliques actifs des plantes

Les flavonoïdes

Présentation

Les flavonoïdes (du latin *flavus*, jaune) sont des substances généralement colorées ré pondues chez les végétaux ; on les trouve dissoutes dans la vacuole à l'état d'hétérosides ou comme constituants de plastes particuliers, les chromoplastes (**Guignard, 2000**).

Le terme flavonoïdes rassemble une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols, possédant un certain nombre de phénols libre ou stabilisés par un sucre. Ce sont des hétérosides très ré pondus chez certaines dicotylédones (Astéraceae, Polygonaceae, Papillonaceae) (**Charpentier et al., 2004**).

Leur fonction principale semble être la coloration des plantes (au-delà de la chlorophylle, des caroténoïdes et des bétalaïnes), même si leur présence est parfois masquée par leur présence sous forme "leuco", ce qui explique leur intérêt commercial dans l'industrie alimentaire.

Localisation

Sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs: racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines, bois. Les formes hétérosidiques des flavonoïdes, hydrosolubles, s'accumulent dans les vacuoles et, selon les espèces, se concentrent dans l'épiderme des feuilles ou se répartissent entre l'épiderme et le mésophiles comme chez certaines céréales. Dans le cas des fleurs, elles sont concentrées dans les cellules épidermiques. Lorsque les flavonoïdes sont présents au niveau de la cuticule foliaire, il s'agit presque toujours de génines libres dont la lipophilie est accrue par la méthylation partielle ou totale des groupes hydroxyle. Cela concerne surtout des plantes de régions arides ou semi arides, souvent pourvues de structures sécrétrices (**Bruneton, 1999**).

Structure

Les flavonoïdes ont une origine biosynthétique commune et ils possèdent tous un même squelette de base à quinze atomes de carbone constitué de deux unités aromatiques, de cycle en C6 (A et B), reliés par une chaîne en C3 (figure 13) (**Bruneton, 1999**).

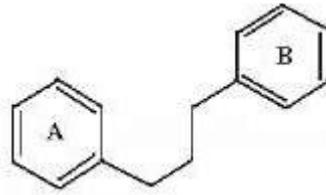


Fig.13 : Squelette de base des flavonoïdes (Bruneton, 1999).

Propriétés des flavonoïdes

Comme on a cité les flavonoïdes sont présents en toutes les parties des végétaux supérieurs. Certains, sont plus spécifiques de certains tissus, comme par exemple les anthocyanes sont plutôt localisés dans les parties externes des fruits, fleurs et feuilles. Les chalcones se retrouvent plus fréquemment dans les pétales des fleurs. Ce sont des pigments naturels au même titre que les chlorophylles (couleur verte) et les caroténoïdes (nuance jaunes et orangées).

a .Propriétés pharmacologiques

De nos jours, les propriétés les flavonoïdes sont largement étudiées dans le domaine médical où on leur reconnaît des activités antivirales, anti-tumorales, anti-allergiques et anticancéreuses (**Middleton et Kardasnam, 1993 ; Ghestem, 2001**)

Ils sont essentiellement des médicaments de l'insuffisance veineuse par action sur la microcirculation, ils diminuent la perméabilité des capillaires sanguins et augmentent leur résistance, cette action est appelée « vitaminique P ».

Différents mécanismes sont évoqués pour expliquer cette activité :

- ✓ Des propriétés antioxydantes, piègeurs de radicaux libres.
- ✓ Des propriétés inhibitrices d'enzymes.

A côté de cette action principale « vitaminique P », certains flavonoïdes présentent des activités particulières : diurétiques, anti-inflammatoires, antispasmodiques (**Ghestem et al, 2001**).

b. Propriétés alimentaires

Les flavonoïdes sont naturellement présents dans les fruits et légumes de notre alimentation. On les retrouve aussi dans de nombreuses boissons : vin, bière, lait de soja, thé et chocolat. Les études épidémiologiques suggèrent un effet protecteur des fruits et légumes contre les maladies cardiovasculaires et le cancer. Outre les flavonoïdes, de nombreux

constituants de ces fruits et légumes peuvent aussi concourir à expliquer cette association : fibres, vitamines et minéraux, glucosinolates, caroténoïdes etc. Les études épidémiologiques des effets sur la santé de la consommation de flavonoïdes concluent que « Les données à l'heure actuelle suggèrent des effets bénéfiques des flavonoïdes et des lignines sur les maladies cardiovasculaires mais pas sur le cancer, avec l'exception possible du cancer du poumon ».

c. Emplois en thérapeutique

Les flavonoïdes sont indiqués principalement dans le traitement des troubles de la fragilité capillaire au niveau de la peau (petechies, ecchymose) ainsi qu'au niveau des muqueuses ; dans le traitement des signes fonctionnelles de la crise hémorroïdaire, des troubles liés à la circulation rétinienne et/ou choroïdienne en association avec d'autres médicaments. Ils sont utilisés dans le traitement des symptômes en rapport avec l'insuffisance veinolymphatique ; œdèmes, paresthésies, crampes, jambes lourdes (**Charpentier et al., 2004**). Principale flavonoïde utilisé en thérapeutique : est le Rutoside

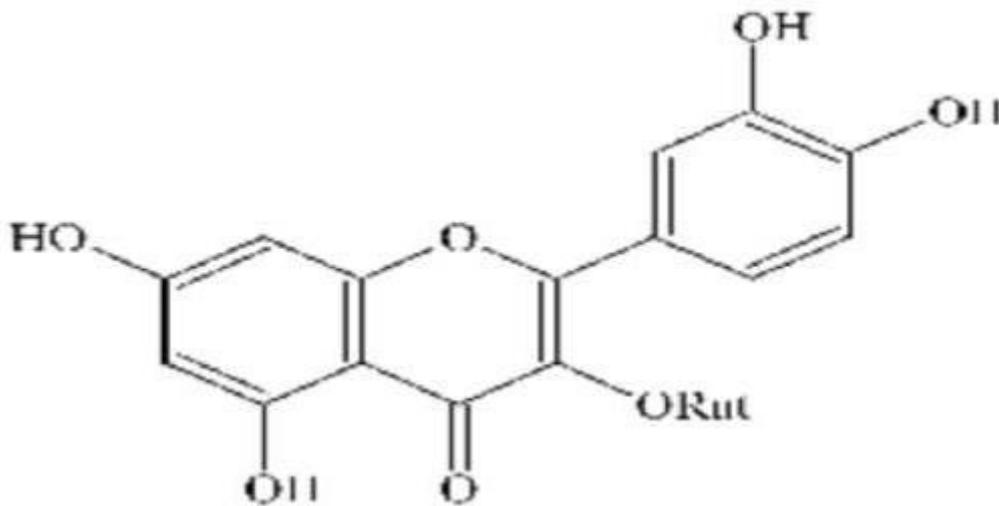


Fig.14 : Structure chimique du Rutoside (Ghestem et al, 2001).

I.3.1.5. Classification

La famille des flavonoïdes peut se diviser en sept classes qui diffèrent par leurs structures chimiques: flavones, flavonols, flavanones, isoflavones, chalcones, anthocyanidines. Parmi les nombreux pigments dérivants de cette structure, il convient de citer notamment dans le (**Tableau 6**).

Les anthocyanes

Les anthocyanes (du grec *anthos*, fleur et *Kuanos*, bleu violet) terme général qui regroupe les anthocyanidols et leurs dérivés glycosylés (**Guignard, 2000**). Ces molécules faisant partie de la famille des flavonoïdes et capables d'absorber la lumière visible, sont des pigments qui colorent les plantes en bleu, rouge, mauve, rose ou orange). Leur présence dans les plantes est donc détectable à l'œil nu. A l'origine de la couleur des fleurs, des fruits et des baies rouges ou bleues, elles sont généralement localisées dans les vacuoles des cellules épidermiques, qui sont de véritables poches remplies d'eau (**Guignard, 2000**)

Les anthocyanes s'emploient pour améliorer la circulation périphérique, dans la protection du système capillaire et pour éviter les dépôts de polyols dans le cristallin, qui sont un des effets secondaires du diabète insulino-dépendant (**Charpentier et al., 2004**).

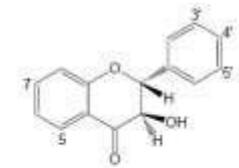
Tanins

Les tanins sont des composés polyphénoliques, hydrosolubles, ayant la propriété de tanner la peau, (**Bruneton, 1999**), c'est-à-dire ce sont des substances qui ont la propriété de coaguler les albumines des muqueuses ou des tissus en créant une barrière isolante et protectrice. La plupart des propriétés des tanins découlent de leur capacité à former des complexes avec les macromolécules, en particulier les protéines. Les tanins présentent des propriétés astringentes, antidiarrhéiques, antibactériennes et antifongiques (**Charpentier et al. 2004**).

Les tanins sont utilisés en thérapeutique, dans le traitement des maladies du système veineux et capillaire, comme antidiarrhéiques, comme contrepoisons en cas d'intoxication par les alcaloïdes ou les métaux lourds et en dermatopharmacie, comme toniques astringents.

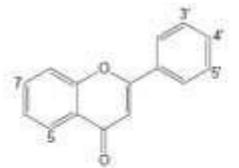
Tableau 6: différentes classes de flavonoïdes

FLAVONOIDES



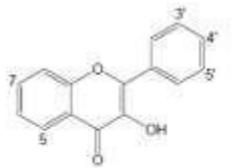
Dihydroflavonols

Flavonoïde	Substitution					
	2	6	7	3'	4'	5'
Taxifoline	OH		OH	OH	OH	
Fisetine			OH	OH	OH	



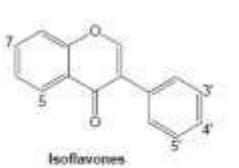
Flavones

Flavonoïde	Substitution					
	2	6	7	3'	4'	5'
Apigenine	OH			OH		OH
Chrysin				OH		OH
Luteoline	OH			OH	OH	OH



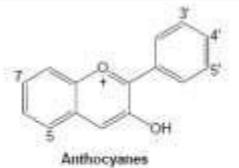
Flavonols

Flavonoïde	Substitution					
	2	6	7	3'	4'	5'
Kaempferol	OH			OH		OH
Myricetin	OH		OH	OH	OH	OH
Quercetin	OH			OH	OH	OH



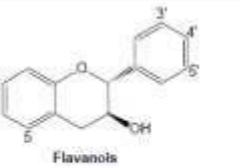
Isoflavones

Flavonoïde	Substitution					
	2	6	7	3'	4'	5'
Daidzeine				OH		OH
Genisteine	OH			OH		OH



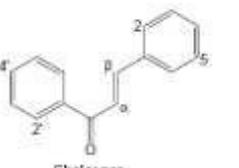
Anthocyanes

Flavonoïde	Substitution					
	2	6	7	3'	4'	5'
Pelargonidine	OH	OH	OH			OH
Cyanidine	OH	OH	OH	OH		OH
Delphinidine	OH	OH	OH	OH	OH	OH



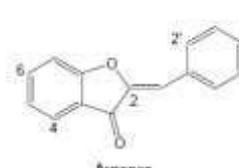
Flavanols

Flavonoïde	Substitution					
	2	6	7	3'	4'	5'
Catechine	OH			OH	OH	OH
Gallacacétine	OH			OH	OH	OH



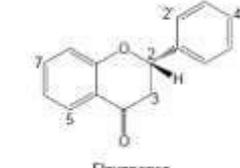
Chalcones

Flavonoïde	Substitution					
	2'	3'	4'	5'	6'	4
Baicaléine	OH		OH			OH
Auribacétine	OH		OMe			OH



Aurones

Flavonoïde	Substitution					
	4	6	7	2'	4'	6'
Leptocytine	OH		OMe	OH		OH
Maritaneine	OH	OH	OH	OH		OH



Flavanones

Flavonoïde	Substitution					
	2	6	7	3'	4'	5'
Eriodictyol	OH			OH	OH	OH
Hesperidine	OH			OH	OH	OMe
Naringine	OH			OH	OH	OH

Saponosides

Ce sont des hétérosides constitués d'oses banals et/ou d'acide uroniques et d'une genine ou aglycone (appelée saponine) d'origine stéroïdique ou triterpénique. Ils possèdent un pouvoir aphrogène (pouvoir moussant plus ou moins important), hémolytique, des propriétés tensio-actives (diminution de la tension superficielle), une toxicité cellulaire pour les animaux à sang froid (poison de pêche).

En thérapeutique, ils sont employés comme dépuratif, expectorant, diurétique, protecteur veineux (en association avec d'autres produits), anti-oedemateux. Dans le domaine industriel pharmaceutique, les sapogénines stéroïdiques sont utilisées pour l'hémi-synthèse de dérivés stéroïdiques progestatifs ou corticoïdes. (Djebaili, 2013).

I.3.4 Les alcaloïdes

Ce sont des substances organiques azotées basiques d'origine végétale, pouvant être préparées par synthèse. Elles sont douées d'une action physiologique notable donnant des réactions de précipitation avec certains réactifs dits « alcaloïdes réactifs ». C'est un groupe hétérogène de substances liées par leur propriété chimique commune : *la basicité*. Tous les alcaloïdes portent une terminaison en «ine», comme la codéine, la caféine, la morphine, etc (Bruneton, 1999).

Elles sont très variées. Ces substances agissent sur le SNC (système nerveux central) comme excitants ou dépresseurs (caféine, morphine) ; sur le SNA (système nerveux autonome). Les alcaloïdes sont actifs à faible dose, mais ils peuvent posséder une forte toxicité à très faible dose. D'autres alcaloïdes, comme l'atropine, présente dans la belladone (*Atropa belladonna*), ont une action directe sur le corps : activité sédatrice, effets sur les troubles nerveux (maladie de Parkinson) (Anton et Lobstein, 2005).

II -Facteurs de variabilité des métabolites secondaires

La teneur et la composition des huiles essentielles sont sujettes à plusieurs facteurs de variabilité, facteur externe et interne à la plante, entre autres, la température, l'altitude, la fumure du sol, la récolte, le séchage et la conservation du produit final. En outre, Granger et al. (1973), Fournier et al. (1989), Rosua et Granados (1987) ont évoqué les facteurs externes, l'origine géographique, les facteurs écologiques notamment climatiques, la conservation du matériel végétal et le mode de séparation. La race chimique, le stade de développement de la plante et l'organe choisi sont parmi les principaux facteurs qui influencent le plus souvent le contenu des huiles essentielles.

II.1- Influence des pratiques culturales

Les pratiques culturales sont également déterminantes sur le rendement et la qualité du produit final. L'apport d'engrais et l'influence des variations N, P, K ont été étudiés pour diverses espèces. L'expérience montre qu'en règles générales l'application de ces pratiques techniques de production (Bruneton, 1999).

Il est important de travailler sur du matériel végétal homogène obtenu dans des conditions de cultures les plus favorables (récolte du matériel végétal lorsque la teneur et la composition de l'huile essentielle sont optimales) (**Silou et Loubaki, 2003**).

La fertilisation azoté avec un régime hydrique convenable à la floraison influence positivement la production et donne des rendements élevés en matières sèches et HE (**Mitchell 1996; Usha et Patra, 2002**). Le phosphate joue un rôle de métabolite central et pivot et un rôle régulateur dans le procédés physiologique et biochimique des plantes, comme la photosynthèse, la conservation d'énergie et la coordination inter et intra-cellulaires du métabolisme des glucides (**Abel et al, 2002**). Le phospho-enol-pyruvate (P.E.P) occupe une position clé en servant de substrat isoprénogène pour les huiles volatiles dans les plastides (**Mahmoud et Croteau, 2002**).

Il faut noter que les plantes sauvages récoltées loin de régions polluées, donnent des produits généralement plus actifs, que les plantes cultivées, ces dernières devant être de culture naturelle ou biologique, car les produits organiques utilisés comme pesticides ou désherbants, tels DDT, lindane, passent à la distillation. Chez les Aurantiacées, les cellules sécrétrices des plantes à huiles essentielles sont très superficielles donc accessibles de subir des atteintes par les produits chimiques de traitements (**Viaud, 1993**).

II.2- Influence du cycle végétatif

Pour une espèce donnée, la proportion des différents constituants d'une huile essentielle peut varier tout au long du cycle de développement. Il découle des travaux de **Rasmussen et al. (1972) et Belgat (1987)**, que les constituants terpéniques (camphre, verbénone, acétate de bornyle et α -terpinéol) se trouvent en forte concentration dans les feuilles jeunes, puis diminuent avec l'âge de la plante.

Granger et al. (1973) indiquent que la quantité des huiles essentielles demeure relativement fixe, présentant seulement un léger maximum en période estivale et, par conséquent, c'est surtout de mars à juillet que s'effectuent les distillations d'essence. Ils ont indiqué aussi que la qualité des composants secondaires (bornéol, verbénone, linalol) reste toute l'année stable. Cependant, ils ont remarqué que celle du camphre et du 1,8-cinéole augmente en juillet. **Rasmussen et al. (1972)** ont indiqué qu'une différence notable dans la quantité des monoterpènes des feuilles est constatée au printemps.

II.3- Influence des procédés d'obtention

La labilité des constituants des huiles essentielles explique selon **Bruneton (1999)**, la composition du produit obtenu par hydrodistillation qui soit, le plus souvent, différente de celle du mélange initialement présent dans les organes sécréteurs du végétal. Au cours de l'hydrodistillation, l'eau, l'acidité et la température peuvent induire l'hydrolyse des esters mais aussi des rearrangements, des isomérisations, des oxydations ...etc.

Bruneton (1999) évoque qu'un produit obtenu par hydrodistillation sera rarement identique à celui qui résulte d'une extraction par les solvants volatils. Ceci découle de la labilité et de la réactivité importante des molécules constituant ces mélanges naturels, exemple: le caryophyllène présent dans l'huile essentielle hydrodistillée d'*Eugenia caryophyllata* L, n'existe pas dans la concrète obtenue par extraction. Les paramètres répertoriés qui influent sur le rendement de l'extraction de l'huile essentielle sont le temps, la température, le débit de condensation ; le facteur de division de la matière végétale, le rapport de matière végétale/ masse d'eau, la perte en eau par la matière végétale (**Denny, 1991; Goupy, 2001**).

II.4- La récolte

La teneur en huiles essentielles dépend aussi du moment de la récolte. Les sommités fleuries et les feuilles doivent être récoltées avant la floraison, car, selon **Salle et Pelletier (1991)**, après la floraison, 70 % des huiles essentielles s'évaporent dans l'air. Par contre, la plante entière est généralement récoltée pendant la floraison (**Fluck, 1942**).

La qualité des huiles essentielles est également influencée par la météorologie au moment de la récolte, l'heure de la récolte et la période de la végétation. Par exemple, Il ne faut pas récolter par temps couvert ou humide, sous peine de nuire à la qualité. Une huile essentielle de cade ne présente pas la même composition selon qu'elle soit extraite à partir des plantes récoltées le matin, au milieu ou en fin de journée

II.5- L'organe végétal

Le rendement et la composition des huiles essentielles varient selon les différents organes végétaux. Une étude effectuée sur *Juniperus communis* L. par **Fathy et al. (1965)** a révélé selon la partie analysée les pourcentages d'huiles essentielles suivants : 0,092 % dans les rameaux, 0,05 % dans les feuilles et 0,061 % dans la plante entière. Les feuilles et les rameaux représentent 70 % et 30 % de la plante.

Guenther (1972) insiste sur le fait que les différentes parties de la plante fournissent des huiles essentielles dont la quantité et la qualité diffèrent. Il a indiqué que les feuilles contiennent une huile essentielle riche en ester.

Dans une étude sur *Rosmarinus laxiflorus* de Noé dans l'Est Algérien, **Belgat (1987)** a signalé une élévation du pourcentage des composés en C13 (19,9 %) et en C14 (10,6 %) dans l'huile volatile extraite des tiges, et un faible pourcentage de ces composés dans l'huile obtenue de fruits, des feuilles et des fleurs. L'auteur a également remarqué que le taux du camphre est très élevé (2,2 %) dans les feuilles par rapport aux autres organes.

II.6- Le séchage

Fathy et al. (1965) ont étudié l'effet de diverses conditions de séchage sur la teneur en huile essentielle du *Juniperus communis* L. et d'autres plantes aromatiques. Il a conclu que le séchage direct au soleil provoque une perte des huiles essentielles supérieure à 20 %, alors que pour un séchage à l'ombre, cette perte ne varie que de 2 à 10 %. Fathy et al. (1965) signalent une perte de 1,64 % des huiles essentielles dans le cas de séchage à l'ombre pendant deux jours.

Cependant, **Granger et al. (1973)** croient plutôt que la dessiccation des tissus facilite l'extraction de l'essence et modifie à la longue la proportion relative des composés.

Belgat (1987) a montré dans une étude sur *Rosmarinus laxiflorus* de Noé que les différentes parties de la plante fraîche fournissent une plus grande quantité d'huile essentielle par rapport aux mêmes parties sèche. Dans le même but, on a intérêt à distiller des plantes fraîchement cueillies. Les Menthes, par contre, sont difficiles à distiller fraîches. Après 48 heures de séchage naturel, l'huile essentielle est obtenue bien plus facilement et la distillation est plus courte.

Les fleurs de *Canangium odoratum*, qui fournissent l'huile essentielle d'Ylang Ylang, doivent impérativement être distillées immédiatement après la cueillette pour éviter la fermentation et l'évaporation de l'huile essentielle, le séchage provoque une perte partielle des huiles essentielles, mais, ce taux est minimisé par le séchage à l'ombre. Etant donné que le séchage est le procédé le plus fréquemment utilisé pour conserver les plantes médicinales, ainsi que les semences qui conservent intacte pendant de longues années les cellules contenant les essences, alors que les huiles essentielles extraites sont plus difficiles à conserver, s'oxydant plus au moins vite selon les conditions de stockage.

Le séchage doit être fait soigneusement afin de préserver la qualité et la quantité d'huile essentielle contenue dans la plante. Ceci doit être effectué selon **Flück (1942)** immédiatement après la récolte, à l'ombre et dans un endroit aéré et à une température de 20 à 35 °C. Il est indispensable aussi d'étendre les plantes et ne jamais les superposer pendant le séchage. Enfin, les plantes séchées doivent être emmagasinées dans un endroit sec, dans des caisses ou dans des sacs ou encore dans des boîtes en fer blanc.

II.7- La durée de la distillation

Bruneton (1999) signale que la cinétique de distillation n'est pas la même pour tous les constituants d'une huile essentielle (carbures, alcools, cétones, etc.). La composition du distillât varie en fonction du temps de la distillation.

La durée de la distillation influe sur la quantité et la qualité des huiles essentielles. **Granger et al. (1973)** ont démontré que l'entraînement à la vapeur doit être suffisamment prolongé pour assurer l'extraction des substances de tension de vapeur réduite. Ils ont signalé aussi que l'épuisement de l'huile essentielle n'est total que pour un rapport donné entre le volume du distillât et le poids de matériel. **Fathy et al. (1965)** ont conclu qu'on peut avoir 62,9 % d'huile essentielle dans le premier litre de distillât, 31,81 % dans le deuxième litre et 5,25 % dans le troisième litre. **Belgat (1987)** signale que certains constituants de l'huile volatile sont influencés par la durée de distillation, ainsi le taux de cinéole est de 36,8 %, 38 %, 3,9 % et 1,2 % respectivement dans la 1ère, la 2ème, la 3ème et la 4ème heure de distillation, au même titre que le camphre qui est de 30,8 %, 29,8 %, 19,4 % et 10,3 %. Enfin, **Lawrence (1978)** a indiqué qu'on peut avoir la presque totalité des constituants des huiles essentielles dans une durée de deux heures.

Influence des facteurs environnementaux

Les facteurs environnementaux, en particulier climatiques et pédologiques sont parmi les facteurs qui influencent directement la production et la qualité des métabolites secondaires (**Rosua et Granados, 1987 ; Bruneton, 1999**).

Les exigences écologiques fondamentales des plantes sont de nature climatique, édaphique et géographique. Le bain bioclimatique répond à la première de ces exigences, le terreau nourricier à la seconde. Les écologies individuelles (autécologie) varient selon les espèces : chaque plante possède un profil écologique, qui contient les limites de tolérance et l'optimum pour chacun des facteurs écologiques (**Fluck, 1942**).

Les facteurs géographiques

➤ L'origine géographique

L'origine géographique doit être spécifiée avec toute la rigueur souhaitable car l'effet de l'origine géographique n'est plus à démontrer en génétique des populations et l'expression phénotypique des espèces est fonction de l'impact de l'environnement (Phénotype = Génotype + Environnement). L'environnement joue un rôle déterminant dans la spéciation des êtres vivants végétaux (**Kukreja et al., 2000**).

Il faut reconnaître les appellations traditionnelles pour lever toute ambiguïté. A titre d'exemple, on parle souvent d'origan et d'huile essentielle d'origan sans spécifier s'il s'agit de l'origan de Grèce *Origanum vulgare* L., de l'origan d'Espagne *Corydothymus capitatus* L., de l'origan du Mexique *Lippia graveolens* ou de l'origan de Turquie *Origanum onites* L. qui sont toutes différentes du point de vue botanique et composition chimique. Autre exemple, le bois de santal, *Santalum album* L. (Sapindaceae) et différent du bois de santal des Indes *Amyris balsamifera* L. (Rutaceae) et du bois de santal d'Australie *Santalum spicatum* (**Bruneton, 1993**).

➤ L'altitude

L'altitude est un facteur important dans la culture et la production de plantes médicinales et aromatiques, ainsi il affecte la quantité et la qualité de substances actives de ces plantes. Nous savons que la température décroît avec la hauteur au-dessus du niveau de la mer, ceci sera conduit à un changement des conditions environnementales malgré le lieu géographiquement n'a pas été changé, et cette diminution de la température entraîne une diminution de la croissance végétative de la plante et la réduction de cette période provoque souvent une accélération des fonctions biologiques. (**Djebaili, 2013**).

L'altitude qui convient le mieux pour la culture des plantes aromatiques est variable. La plupart des plantes aromatiques préfèrent, cependant, une altitude comprise entre 800 et 1300 m (**Fluck, 1942**). Il a été trouvé chez le genre *Mentha* que les basses altitudes (300 m d'altitude) produisent des herbes riches en HE (menthol, menthyle acétate et menthofurane) que celles poussant à haute altitude (1290 et 1900 m d'altitude), (**Shahi et al, 1999**).

Chez *Laurus nobilis*, la teneur en huile essentielle des feuilles exposées au sud est plus importante que celle des feuilles exposées au nord.

Les facteurs édaphiques

Le sol est le produit de l'altération du remaniement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestent. Les végétaux ancrent leurs racines dans le sol dans lequel ils trouvent l'eau et les minéraux nécessaires à leur synthèse de matière organique (**Baldy et Stigter 1993 ; Ghestem et al., 2001**). Les facteurs édaphiques sont les suivants:

- La texture (argile, sable, limon) :

➤ **Texture sableuse** : sol bien aéré, facile à travailler, pauvre en réserve d'eau, pauvre en éléments nutritifs, faible capacité d'échange anionique et cationique.

➤ **Texture limoneuse** : l'excès de limon et l'insuffisance d'argile peuvent provoquer la formation d'une structure massive, accompagnée de mauvaises propriétés physiques.

Cette tendance est corrigée par une teneur suffisante en humus et calcium.

➤ **Texture argileuse** : sol chimiquement riche, mais à piètres propriétés physiques; milieu imperméable et mal aéré, formant obstacle à la pénétration des racines ; travail du sol difficile, en raison de la forte plasticité (état humide), ou de la compacité (sol sec). Une bonne structure favorisée par l'humification corrige en partie ces propriétés défavorables.

➤ **Texture équilibrée** : elle correspond à l'optimum, dans la mesure où elle présente la plupart des qualités des trois types précédents, sans en avoir les défauts (**Moeys, 2009**).

Classification des plantes selon le type de sol

➤ **Oxylophytes** : les plantes qui s'installent sur les sols acides (*Camellia japonica* L.)

➤ **Halophytes** : les plantes qui s'installent sur les sols salins (*Suaeda*).

➤ **Psammophytes** : les plantes qui s'installent sur les sols sablonneux (*Panicum turgidum* L.).

➤ **Lithophytes** : les plantes qui s'installent sur les roches (*Asplenium ceterach* L.)

➤ **Chasmophytes** : les plantes qui s'installent sur les fissures des roches (*Polypodium*) (**Djebaili, 2013**).

L'effet du sol sur les plantes médicinales

Le sol est considéré comme le support des plantes à racine, cultivées ou non, ainsi il fonctionne comme un réservoir d'eau qui alimente les racines et en tant que fournisseur de matières alimentaires nécessaires à la croissance des plantes, il constitue une zone d'échanges d'ions, de compétition pour l'eau, l'oxygène (**Lemanceau et Heulin, 1998**) ou l'activité

microbienne est stimulée par la libération de composés organiques. Et c'est ainsi que le sol est considéré comme un facteur important pour la croissance et la détermination de type de végétation.

L'obtention d'une grande quantité de métabolites secondaires demande une bonne terre nutritive (**Fluck, 1942**), mais pour garantir une qualité tout à fait naturelle des huiles, il faut éviter toute utilisation d'engrais chimiques (**Salle et Pelletier, 1991**).

Les sols se diffèrent selon leurs structure et leurs texture, ils peuvent être de gravier, de sable, d'argile ou d'aluviale, tous sont différents également dans leur contenu en matière organique et minérales, et leurs propriétés physico-chimiques surtout la capacité d'échange cationique, le pH et la teneur en eau (**Djebaili, 2013**). Chaque plante médicinale favorise un type de sol pour leur croissance. Dans ce cas, on peut citer des exemples sur quelques plantes médicinales :

- *Cassia Angustifolia* L., *Aloe vera* L. et *Urginea maritima* L. Favorisent les sols sablonneux.
- *Apium Graveolens* L., *Pimpinella anisum* L. et *Carum carvi* L. Favorisent les terres jaunes légères et limoneuses.
- *Datura stramonium* L. Favorise les terres calcaires riches en calcium Ca^{2+} (**Djebaili, 2013**) (**Vilain, 1987**).

Les facteurs climatiques

Le bioclimat ou bain bioclimatique, défini comme la ressource que le climat offre aux plantes, aux formations végétales et aux biocénoses. Les variables climatiques y sont considérées dans la mesure où elles agissent sur le développement végétal (**Baldy et Stigter 1993**). La température, l'humidité relative, la durée totale d'insolation et le régime des vents exercent une influence directe, surtout chez les espèces qui possèdent des structures histologiques de stockage superficielles (ex. : poils sécréteurs des *Lamiaceae*), lorsque la localisation est plus profonde la qualité est beaucoup plus constante.

Le climat se caractérise par ses éléments climatiques, dans une région déterminée. Ces éléments climatiques sont mesurables (pression, précipitations, humidité, vents, température,...). A leur tour, les éléments climatiques sont influencés par plusieurs facteurs qui regroupent les caractéristiques géographiques locales. (**Vilain, 1989**).

Les facteurs influencent le climat**➤ La latitude**

Les météorologues ont divisé la terre en 5 parties. Chacune de ces parties ont une durée de jour et des températures assez semblables pour toutes les régions qui en font partie.

➤ L'altitude

L'altitude, c'est la hauteur d'un lieu précis par rapport au niveau de la mer. Plus on monte, plus la température et la pression atmosphérique baissent et influencent les précipitations. Les températures moyennes décroissent régulièrement avec l'altitude selon un gradient moyen de l'ordre de $-0,55\text{ °C}/100\text{ m}$. Pour ce qui est de la quantité de précipitations reçues, l'élévation des masses d'air humide au contact du relief favorise la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique (**Belgat, 2001**).

➤ Les étendues d'eau

Les étendues d'eau plus ou moins grandes ont une grande influence sur le climat, car l'eau absorbe et dégage de la chaleur bien plus lentement que le sol et les rochers. Les hivers sont donc plus doux et les étés plus frais sur les côtes et les zones proches de la mer et des lacs. Les mers et les lacs influencent l'humidité de l'air et provoquent des précipitations. Les mers influencent aussi le climat par des courants marins, chauds ou froids, en fonction de leur origine et de leur parcours (**Belgat, 2001**).

➤ La végétation

La végétation est un autre facteur climatique important. Avec sa transpiration, elle absorbe de la chaleur et dégage beaucoup de vapeurs. Les régions où il y a beaucoup de végétation ont un taux d'humidité élevé auquel correspond une température inférieure.

➤ La topographie

Le relief d'une région intervient sur le climat moyen sous deux aspects : l'altitude moyenne et la position du lieu ou de la région considérés par rapport à d'éventuels massifs montagneux environnants. Dans les régions tempérées, la disposition et les caractéristiques du relief jouent beaucoup sur le climat. Les montagnes ont des caractéristiques différentes sur les deux versants.

On a plus de précipitations sur le versant balayé par le vent que sur le versant opposé dont l'air est plus sec. Aux pôles et à l'équateur, les reliefs n'influencent pas beaucoup le climat (**Belgat, 2001**).

Relations des plantes médicinales avec les éléments du climat

Les interactions des espèces végétales avec les facteurs d'environnement et les éléments du climat se ressemblent lorsqu'elles ont développé dans la même région. L'influence des facteurs climatiques sur les plantes médicinales apparaissent sous forme de réponses fonctionnelles, les végétaux perçoivent les signaux environnementaux et les transmettent à la machinerie cellulaire pour activer des mécanismes de réponses, tels que le manque de capacité synthétique des métabolites secondaires et la perturbation de quelques rôles physiologiques essentiels comme la photosynthèse et la respiration. (**Djebaili, 2013**)

La variation des facteurs climatiques peut influencer la distribution géographiques et la croissance de certaines espèces, par exemple, la culture des graines de l'*Ammi visnaga* L. dans un milieu différent de son origine géographique, comme l'Arizona aux États-Unis a provoqué une forte croissance végétative et une production des graines à haut rendement, dont le fruit était totalement dépourvu de substances bioactives comme le visnagin, notant que ce produit naturel se trouve en quantités majeures dans les graines produites par les plantes cultivées dans leurs milieux naturels favorables tels que l'Égypte, ce qui confirme l'impact des facteurs environnementaux (**William, 2003**)

Les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs climatiques, affectent les conditions de croissance et le rendement végétal (**Teres, 2007**). Les espèces végétales montrent se différencient souvent dans leurs réponses aux variations climatiques. Il existe certains facteurs qui ont des effets directs sur les plantes, d'autres, ils affectent la plante indirectement. Parmi les facteurs directs les plus importants pour les espèces végétales et qui varient d'un endroit à un autre sont: l'eau, le taux d'humidité, la température et la lumière (**Djebaili, 2013**). La capacité synthétique des métabolites secondaires est optimum où la lumière incidente est saturante, la température est optimale et le potentiel hydrique est satisfaisant, la réduction de l'activité synthétique est la conséquence d'un déficit ou un excès de chacun des éléments essentiels (**William, 2003**).

La température :

La croissance des plantes médicinales est le résultant de nombreuses réactions biochimiques sensible à la température (**Vilain, 1989**). La meilleure teneur en essence sera lorsque la plante s'est développée dans la zone moyenne de son habitat naturel (**Fluck, 1942**).

a. Classification des plantes selon leurs réponses aux degrés de température

Les métabolites secondaires ne sont pas vitaux pour l'organisme mais jouent nécessairement un rôle important de part la machinerie enzymatique complexe sensible à la température. Les seuils thermiques exprimés comme la température maximale au-delà duquel la plante présente des troubles dans leurs systèmes métaboliques (**Teres, 2007**). On peut classer les plantes en fonction de leurs réponses au stress thermique en :

- **Plantes psychrophiles** : Ils comportent les plantes qui se développent et terminent leur cycle de vie dans des milieux où la température comprise entre 0 et 20°C provoquant un stress thermique. Il contient les bactéries, les champignons et les algues qui vivent dans les milieux froids.
- **Plantes mésophiles** : On appelle mésophiles les plantes qui vivent dans des habitats où la température comprise entre 10 °C et 30°C.
- **Plantes thermophiles** : On appelle mésophiles les plantes qui vivent dans des habitats où la température comprise entre 30°C et 45°C (**Djebaili, 2013**).

b. L'effet de la température sur les plantes médicinales

La température est un des éléments les plus importants du climat, elle est relatée avec tous les autres éléments climatiques tels que la pression atmosphérique, les vents et les différents processus de condensation. Elle joue un rôle majeur dans la distribution des plantes sur la surface terrestre, et elle a un impact direct sur la photosynthèse.

La température a également un rôle d'orienter la croissance et la production des plantes médicinales, ainsi leurs teneurs en substances bioactives. La production des métabolites secondaires est le résultant de nombreuses réactions biochimiques sensible à la température, ces réactions sont dominées par des systèmes enzymatiques caractérisés par une température optimale dans laquelle l'activité est maximale, et au-delà duquel la plante présente des troubles métaboliques (**Djebaili, 2013**).

Les seuils thermiques varient beaucoup selon l'espèce et l'origine géographiques. Les plantes des régions tempérées ont un maximum qui se situe entre 15°C et 25°C, tandis que les

plantes d'origine tropicale peuvent avoir un maximum qui se situe entre 30 et 45°C. De même, les limites à la tolérance au froid et au chaud sont différentes -2°C à 0°C et 40 - 50°C, pour les plantes des régions tempérées, et +5°C à 7°C et +50 à 60°C pour les plantes des régions tropicales (**Vilain, 1989**).

Des études précédentes ont trouvé que la plupart des plantes médicinales qui contiennent leurs substances bioactives dans des organes tubéreuse, des tubercules, des bulbes ou des rhizomes, ces composants chimiques atteints leurs teneurs maximales à la fin de l'été par rapport aux autres saisons. Comme le cas des rhizomes et des racines du *Rheum emodi* qui favorisent la production des métabolites secondaires sous la forme active « Anthraquinones » sauf dans la saison chaude. (**Djebaili, 2013**)

Certains auteurs ont trouvé que l'espèce du *Colchicum autumnal* est dépourvue d'alcaloïde Colchicine à l'automne, mais elles sont riches de ce composé en été, ainsi que la teneur du poivron en alcaloïdes Capsaicin augmente lorsque la température est élevée. Bien qu'il existe certaines plantes dont ces composés bioactives augmentent avec la température, par contre, chez d'autres espèces, la production de ces composants diminue avec la croissance de la température, par exemple, nous constatons que le contenu biochimique du *Datura Stramonium* L. augmente avec la décroissance de la température.

La température affecte directement le rendement végétal en métabolites secondaires, elle peut également avoir un impact sur leurs compositions. Nous constatons que les huiles volatiles de Cacahouète cultivé dans les régions tropicales contiennent une quantité importante d'acides gras saturés, dont les huiles de la même plante cultivée dans des zones moins tempérés et plus loin de l'équateur contiennent une grande quantité d'acides gras non saturés. (**Djebaili, 2013**)

L'eau

L'eau est un élément nécessaire à la plante au niveau cellulaire où elle s'effectue toutes les réactions métaboliques. Elle constitue le milieu dans lequel les différents solutés nécessaires à la vie. Au niveau de l'organisme, elle alimente la sève des plantes qui transporte les éléments nutritifs indispensables à leur croissance. L'eau contribue au port dressé des végétaux dépourvus de tissus de soutien (xylème secondaire, sclérenchyme...), elle permet le maintien des organes et des cellules et elle participe à l'allongement cellulaire (**Ghestem et al., 2001**)

Le facteur hydrique ne dépend pas seulement du total de pluviométrie mais bien du rapport Pluviométrie/Evapotranspiration. Les végétaux sont classifiés en fonction du facteur hydrique et leur besoin en eau.

a. Classification des plantes selon leurs exigences hydriques

➤ **Hydrophytes ou hygrophytes** : On appelle hygrophytes ou hygrophiles les plantes qui vivent dans des habitats fortement humides, ou même mouillés (fossés, marécages, étangs, lacs, rivières, etc.). Les caractéristiques du milieu aquatique sont suffisamment marquées pour modifier profondément la morphologie et la biologie des hygrophytes.

➤ **Mésophytes** : Nom donné (synonyme : plantes mésophiles) aux végétaux qui ont des besoins moyens en eau du sol et en humidité de l'air, et qui ne peuvent pousser ni en habitats secs (comme les xérophytes), ni en habitats mouillés (comme les hygrophytes). La catégorie des mésophytes comprend la majorité des espèces, et, en particulier, de nos plantes cultivées.

➤ **Xérophytes** : On appelle xérophytes les plantes (dites xérophiles) qui vivent dans des habitats classés comme secs, soit par le substrat, soit par l'atmosphère, soit par l'ensemble des deux. On connaît l'importance vitale de l'eau pour les plantes. Comme chez tout être vivant, l'eau prend part à la structure du cytoplasme et, donc, à l'organisation cellulaire (**Djebaili, 2013**).

b. L'effet de l'eau sur les plantes médicinales

L'eau est l'un des matériaux les plus abondants sur la surface terrestre, couvre environ 80% de sa superficie, et fournit ainsi un milieu de vie pour un grand nombre d'espèces végétales et animales. L'eau est considérée comme le composant principal de la matière vivante et fournit un milieu indispensable pour toutes les réactions chimiques à l'intérieur des cellules, et l'un des facteurs principaux qui affectent la distribution et la croissance des plantes en général, et médicinales, en particulier, de telle sorte que l'eau sous ses formes diverses affecte directement ou indirectement la croissance et le contenu biochimique des plantes médicinales en substances bioactives en termes de quantité ou de qualité (**Djebaili, 2013**). Dans le cas de la production de *Citrullus colocynthus* L. et de *Urginea maritima* L., ils ont trouvé que la croissance du potentiel hydrique du milieu conduit généralement à la production des fruits riches en eau et caractérisés par une faible teneur en glycosides à capacité thérapeutique très réduite en comparaison avec les glycosides produits sous un système d'irrigation limitée.

L'augmentation du potentiel hydrique provoque chez l'espèce « *Hyosiyamus muticus* » la réduction de la teneur en alcaloïdes et peut provoquer aussi la croissance de la teneur et la qualité des substances bioactives chez certaines espèces. La teneur en huile essentielle chez les feuilles et les fruits de *Coriander sativum* L. et du genre « Valériane » augmente lorsqu'ils sont cultivés dans les habitats fortement humides. (Djebaili, 2013)

La lumière

Indispensable à la photosynthèse. Chez Certaines espèces, leurs exigences en lumière varient en fonction de leur stade de croissance. Par exemple, les jeunes plantules de l'hêtre se développent à l'ombre dont l'arbre adulte se développera bien mieux au soleil (Vilain, 1989 ; Ghestem et al., 2001)

a. L'effet de la lumière sur les plantes médicinales

La lumière est l'un des facteurs importants dans la vie végétale, c'est un facteur environnemental affectant la morphologie, le développement de plantes vertes et la structure des tissus foliaires. Elle détermine aussi la distribution géographique des espèces végétales

La lumière est considérée comme la seule source d'énergie nécessaire pour les échanges photosynthétiques et respiratoires, pour la production des métabolites et des phytohormones et d'autres composés nécessaires à la construction de tissu végétal (Djebaili, 2013)

On peut résumer les effets de la lumière sur les plantes médicinales comme suit :

- L'effet de la lumière sur la croissance et la dispersion des racines.
- L'effet de la lumière sur la respiration.
- L'effet de lumière sur la floraison.
- L'effet de la lumière sur la qualité des plantes médicinales.
- L'effet de la lumière sur les métabolites secondaires de plantes médicinales et aromatiques.

Partie Expérimentale

Chapitre 03 :
Présentation de la zone
d'étude

2. Présentation de la zone d'étude

La wilaya de Tiaret, située au Nord-Ouest de pays et couvre une superficie de 20 050.05 Km² et compte de 988.129 habitants en 2020. Elle se trouve dans les hautes plaines de l'intérieur, agissant comme une zone de transition entre le Tell et les hautes plaines steppiques. Le territoire de la wilaya est composé de zones montagneuses au nord, de vastes plaines au centre et de zones semi-arides au sud.

Géographiquement, Tiaret s'étend entre 0.34° à 2.5° de longitude est et 34.05° à 35.30° de latitude nord (DSA, 2021). La région englobe une partie de l'Atlas tellien au nord, ainsi que les hautes plaines au centre et au sud. Elle est limitée :

- Au nord, par les wilayas de Tissemsilt et de Relizane ;
- Au sud, par les wilayas de Laghouat et d'El Bayadh ;
- A l'ouest, par les wilayas de Mascara et de Saïda ;
- A l'est, par la wilaya de Djelfa.

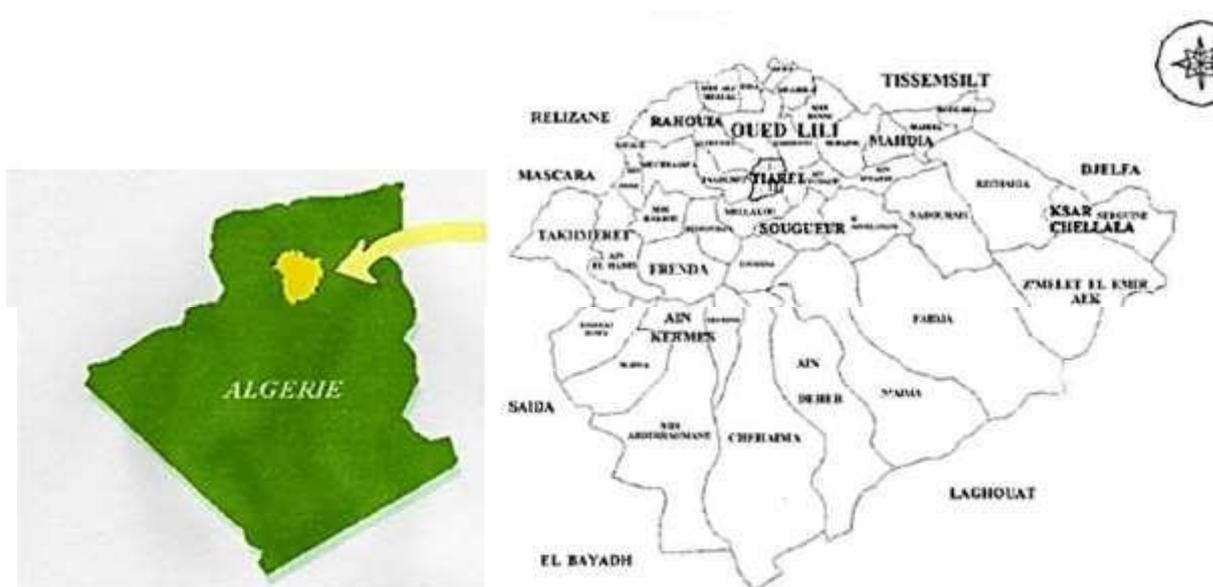


Fig.15 : Situation géographique et limites de la wilaya de TIARET (DSA, 2021).

2. Daïras et Communes :

Selon (DSA, 2021), Elle est administrativement formée de 14 daïras et 42 communes se répartissent comme suit :

Tableau 7 : Daïras et Communes (DSA, 2021).

Daïras	Communes
Tiaret	Tiaret
Dahmouni	Dahmouni-Ain Bouchekif
Rahouia	Rahouia-Guerttoufa
Frenda	Frenda-Ain hadid-Takhmaret
Hamadia	Hamadia-bougara-Rechaiga
Ksar Chellala	Ksar Chellala-Serghine-Zmalet El Emir Abdelkader
Meghila	Meghila-Sebt-Sidi Hosni
Oued Lilli	Oued Lilli-Sidi Ali Mellal-Tidda
Medroussa	Medroussa-Sidi Bakhti-Mellakou
Mechraa Safa	Mechraa Safa-Djillali Ben Amar-Tagdemt
Ain Deheb	Ain deheb-Chehaima-Naima
Mahdia	Mahdia-Ain Zarit-Nadorah-Sebaine
Sougueur	Sougueur-Faidja-Si Abdelghani-Tousnina
Ain kermes	Ain kermes-Madna-Medrissa-Djebilet Rosfa-Sidi Abderrahmane

3. Relief

D'une manière générale, le relief est caractérisé par le versant méridional du chaînon de L'Atlas tel ien (Ouarsenis) qui constitue sa limite septentrionale, au sud-ouest par les monts de Frenda. Les pentes généralement comprises entre 2 et 16%. Par ailleurs, les zones steppiques faisant partie des hautes plaines algéro-oranaises se dressent le massif du Nord relié au sud est aux monts de chellala. Cet ensemble constitue les zones arides pré atlasiques (Achir, 2009).

4. Zone d'étude

La zone d'étude se situe dans la partie centrale de la région steppique de la willaya de TIARET (Figure n 16), sur le plateau d'AIN DHEB, au Sud du massif du NADHOR.

Pour l'*Artemisia campestris* ; et pour le *Romarinus officinalis* ; la zone d'étude se situe dans la région de TIARET ville.

L'Analyse de la géographie de la région de TIARET motive le choix fait sur la région d'étude, une lecture de la géomorphologie de la région de TIARET permet d'identifier la région steppique sur trois grands ensembles géographiques :

- Le faciès de CHOTT CHERGUI à l'Ouest.
- Le plateau steppique d'AIN DHEB au centre
- Le massif alfatier du Nadhor à l'Est.



Fig.16 : carte de situation géographique de la zone d'étude. (Bouacha;2013)

La commune d'AIN DHEB appartient au domaine biogéographique des hautes plaines cadrées au nord par les monts de djebel NADOR nord et par la région SERSOU au sud, par l'atlas saharien et à l'ouest par la région de chotts (chott chergui), délimitant aussi une zone marquée par un bioclimat aride et une pluviométrie annuelle entre 100 et 300 mm par an. (HCDS AIN DHEB ,2018)

Description du milieu physique :

Occupation des sols :

La région de TIARET est une région à vocation agro sylvo pastorale, une lecture de la carte d'occupation des sols (figure n°21) fait ressortir une dominance de la classe agriculture,

notamment dans la partie Nord de la wilaya, les formations forestières sont constituées essentiellement de maquis dégradés, la présence de quelques peuplements constitués de vieilles futaies de chêne liège et de pistachier de l'Atlas est à noter .

La végétation naturelle de la zone steppique d'AIN DHEB est caractérisée par des sous arbustes, typique des régions semi-aride et aride.

Les formations végétales steppiées :

Le CHOBROG (*Noamucronata*) qui occupe les sols à croûte calcaire et d'une steppe rase à sparte (*Lygeumspartum*). Le couvert végétal à armoise blanche (*Artemisia herba alba*), le couvert végétal à Artémisia (*Artémisia campestris*) et la couverture végétale d'Alfa pure (*Stipa tenacissima*), ces associations consomment les principales végétations naturelles des parcours.

Il existe aussi autres types de végétation dans la zone steppique d'AIN DHEB comme la végétation halophile composée de l'Atriplex halimus, situé sur la rétention d'eau et où la salinité est importante. La moyenne du couvert végétal est de : 46.42%(le total du couvert végétal /l'ensemble de placette).

Aspect climatique

➤ **Les caractéristiques climatiques de la wilaya de Tiaret :**

La wilaya de Tiaret se trouve à 1150 m d'altitude, elle présente un climat méditerranéen semi-aride de type continental dont l'hiver est rigoureux, l'été chaud et sec qui s'étend sur 5 à 6 mois environ avec une température moyenne de 37,2°C, le printemps écourté (mars) et l'automne très bref (octobre).

La pluviométrie, la température, le vent, l'humidité relative, le nombre de jours de pluie sont des paramètres climatiques essentiels pour la classification du climat. Ces données météorologiques sont combinées entre elles de façon à faire apparaître les périodes ayant une influence (favorable ou défavorable) sur la végétation, c'est-à-dire : les périodes chaudes, les périodes froides, les périodes sèches et les périodes humides. Concernant la pluviométrie, la wilaya de Tiaret reçoit 300 à 400 mm de pluies par an. Elle appartient à l'étage bioclimatique semi-aride inférieur à hiver frais où le climat est du type méditerranéen. La pluviométrie est un élément primordial dans l'analyse du climat. (Guechgal, 2021).

Du point de vue climatique, la région d'Ain Dheb est caractérisée par deux périodes principales :

- Un hiver rigoureux.
- Un été chaud et très sec.
- Une pluviométrie annuelle entre 100 et 300 mm par an.

Evolution climatique dans la région de Tiaret :

Etude des précipitations :

➤ Précipitation annuelle :

La pluviosité est marquée par une grande variabilité, les années les plus pluvieuses sont celles de (2012-2013) et (2017- 2018) avec un cumul annuel de 520 mm et de 501.5 mm respectivement, l'année la plus sèche est de (2019- 2020) avec un cumul annuel de 299.2 mm.

Tableau 8 : Evolution des précipitations moyenne annuelles (mm) dans wilaya de Tiaret durant la période (2010-2020). (DSA, 2021)

Années	Total précipitation (mm)
2009-2010	471
2010 -2011	357
2011- 2012	310
2012- 2013	520
2013- 2014	318
2014- 2015	368
2015- 2016	379
2016- 2017	302
2017- 2018	501.5
2018- 2019	368.6
2019- 2020	299,2

➤ Précipitation mensuelle:

Durant la période de (2010-2020), la pluviométrie mensuelle la plus élevée s'observe durant les mois de novembre, janvier, février et mars avec des moyennes mensuelles de 53.22 mm, 55.12 mm ,50 mm ,56.82 mm et la pluviométrie la plus basse est enregistrée durant les mois de Juin, Juillet et Août avec 5.72 mm, 0 mm, 0 mm respectivement. (Guechgal, 2021).



Fig.17 : Evolution des précipitations mensuelles (mm) dans wilaya de Tiaret durant la période (2010-2020). (DSA, 2021)

Etude de la température :

La température est une grandeur physique mesurée à l'aide d'un thermomètre qui caractérise de façon objective la sensation subjective de chaleur ou de froid.

L'importance de la température réside qu'elle est considérée comme l'un des éléments fondamentaux du climat, affectant directement les processus biologiques et chimiques dans la biosphère et l'activité humaine en général. Le froid, la sécheresse et les fortes températures limitent la croissance et le développement des différentes composantes au cours des phases végétatives. (Guechgal, 2021).

➤ Température moyenne annuelle :

Tableau 9 : Evolution de la température moyenne annuelle dans la région de Tiaret durant la période (2010-2020). (Guechgal, 2021).

Années	T (°C)
2009- 2010	15,5
2010- 2011	15,5
2011- 2012	15,4
2012- 2013	14,6

2013- 2014	15,8
2014- 2015	15,7
2015- 2016	15,7
2016- 2017	16,0
2017- 2018	14,7
2018- 2019	15,0
2019- 2020	15,9

(Source : www.Tutiempo.Net date de consultation le 24/04/2021)

➤ **Température moyenne mensuelle :**

C'est l'un des éléments les plus importants pour caractériser le type de climat et déterminer son régime d'humidité.



Fig. 18 : Température moyenne mensuelle (2010-2020), (www.Tutiempo.Net2021)

Durant la période de (2010-2020), on remarque que la saison la plus chaude s'étale sur six mois allant du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre (les températures moyennes mensuelles sont supérieures à la moyenne annuelle), par contre, la saison la plus froide s'étale sur six mois allant du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril.

Le maximum des températures durant cette période a été enregistré entre mois de juillet et aout (26°C à 28°C) et la plus basse température se situe en mois de février (2.4 °C). (Guehgal, 2021).

Le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN :

Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN permet de calculer la durée de la saison sèche sur un seul graphe. Pour cela, ils ont imaginé de confronter des courbes de pluies (courbes imbriques) et températures (courbes thermiques), il en est résulté les diagrammes Ombrothermiques. (WEBMASTER 02)

L'échelle de pluviométrie est double de la température : l'une humide et l'autre sèche.

On parle de saison sèche lorsque la courbe des pluies passe en dessous de celle des températures autrement dit lorsque $P=2 T$ (WEBMASTER 02).

L'examen des diagrammes Ombrothermiques montre que notre zone d'étude présente 6 mois de sécheresse, généralement de Mai au début d'Octobre pour les deux périodes. (Guechgal, 2021).

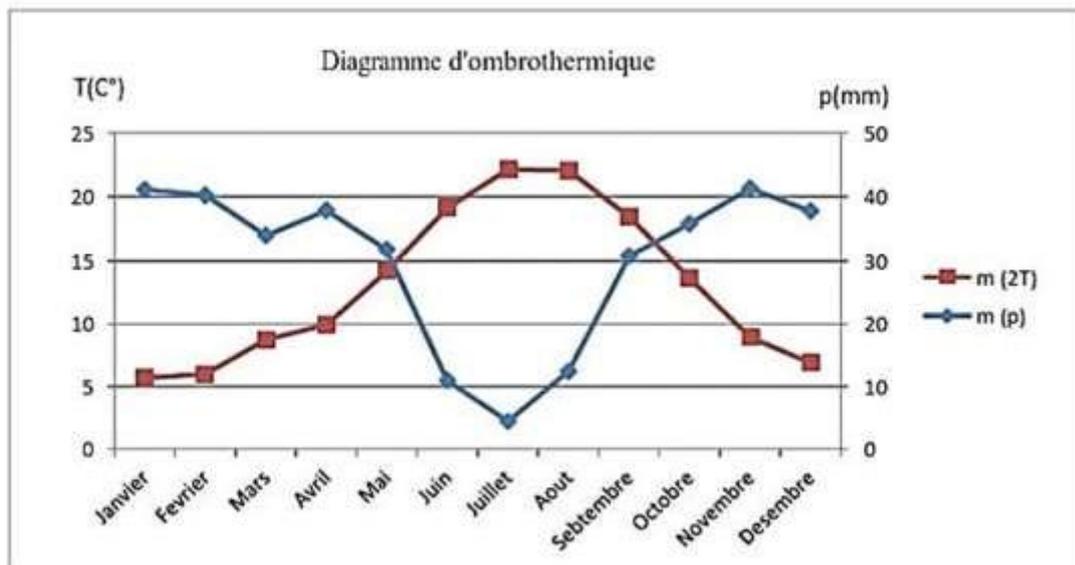


Fig.19: Le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (Guechgal, 2021).

Etude du vent :

C'est un déplacement de l'air s'effectuant surtout horizontalement, et qui tend à atténuer les inégalités du champ de pression atmosphérique. Les vents prédominants viennent de l'Ouest et du Nord-Ouest, leurs vitesses moyennes varient de 3 à 4 m/s. (Guechgal, 2021).

Tableau 10 : Evolution de la vitesse moyenne annuelle du vent dans la région de Tiaret durant la période (2010-2020). (Guechgal, 2021).

Années	Vitesse (Km/h)
2009- 2010	14,8
2010- 2011	12
2011- 2012	13,6
2012- 2013	15,7
2013 -2014	15,4
2014- 2015	12,6
2015 -2016	13,4
2016- 2017	13,4
2017- 2018	14,2
2018- 2019	14,0
2019- 2020	13,5

(Source : www.Tutiempo.Net 2021)

La vitesse moyenne annuelle du vent a connu des variations durant la période de (2010-2020), l'année la plus venteuse est celle de (2012-2013) avec une vitesse moyenne annuelle du vent de 15.7 kilomètres par heure et l'année la plus calme est celle de (2010- 2011) avec une moyenne annuelle du vent de 12.0 kilomètres par heure. (Guechgal, 2021).

Etude d'humidité :

Tableau 11: Evolution de l'humidité moyenne annuelle dans la région de Tiaret durant la période (2010-2020). (Guechgal, 2021).

Année	Humidité (%)
2009- 2010	62,8
2010 -2011	60,8
2011- 2012	59,6
2012- 2013	64,2
2013- 2014	60,5
2014 -2015	60,1
2015 -2016	62,1
2016 -2017	56,5
2017- 2018	64,9
2018- 2019	55,1
2019- 2020	53,6

(Source : www.Tutiempo.Net 2021)

Durant la période de (2010-2020), on constate que l'année la plus humide est celle de (2017-2018) avec un taux d'humidité de 64.9 %, cette hausse d'humidité est due à la forte précipitation qui atteint 501.5 mm par contre, l'année la plus sèche est celle de (2019-2020), avec un taux d'humidité de 53.6 ,cette baisse d'humidité est due essentiellement à la diminution des précipitations (299.2), et, cette baisse de taux d'humidité a un effet direct sur le rendement. (Guechgal, 2021).

Chapitre 04:
Matériels et Méthodes

Objectif du travail

Les facteurs influençant la végétation Algérienne, tout comme ailleurs, sont le climat (température, vents, radiation solaire), le sol et l'altitude. L'équilibre subtil de ces facteurs joue un rôle primordial à la fois dans le développement individuel des plantes et dans leur répartition géographique (**Béniston, 1984**). La récolte des différentes espèces a été effectuée dans la région de TIARET et Ain Dheb.

L'objectif de cette étude est d'examiner l'influence des facteurs environnementaux, en particulier les conditions climatiques, sur la composition qualitative et quantitative des huiles essentielles et d'autres métabolites secondaires chez deux espèces, le *Romarinus officinalis* et l'*Artémisia campestris* L, poussant dans deux stations situées à des étages bioclimatiques différents.

Lieu et durée du travail

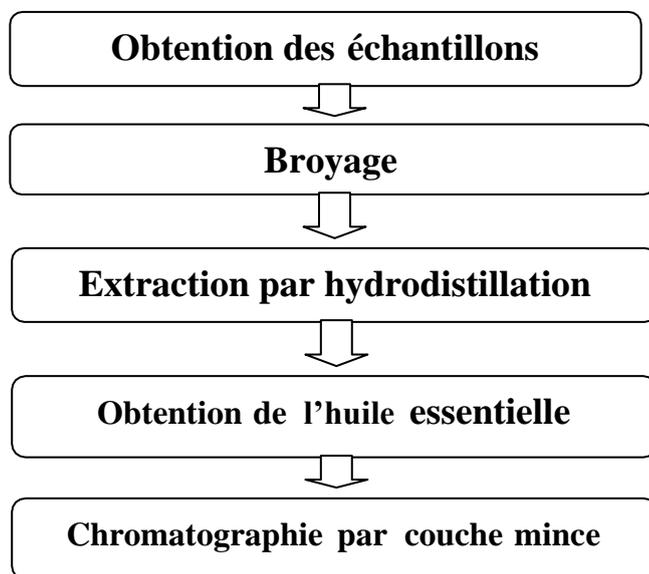
Cette étude est réalisée au niveau des laboratoires de l'université Ibn Khaldoun-Tiaret pendant la période allant du 04/01/2023 au 25/03/2023. L'extraction des huiles essentielles a été effectuée au laboratoire de Biochimie de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie,

Extraction des huiles essentielles par hydro distillation

La distillation est la méthode prédominante pour extraire les composés aromatiques volatils. Dans cette étude, nous avons utilisé la méthode d'hydro distillation en utilisant un appareil de type Clevenger pour extraire les huiles essentielles à partir des parties aériennes (feuilles, fleurs, tiges) des différentes plantes. Le processus d'extraction a été réalisé pendant une durée de 3 heures. Les échantillons d'huile essentielle obtenus ont été soigneusement conservés dans des tubes en verre hermétiquement fermés et stockés à une température de 4°C dans un réfrigérateur.

Le rendement des huiles essentielles est déterminé par le rapport entre la masse d'huile essentielle et la masse végétale sèche à traiter (**Carré, 1953**).

Le Protocol expérimental suivi lors de notre recherche est comme suit :



1 Matériels

Matériel végétal:

Les deux plantes sélectionnées pour notre étude sont « *Romarinus officinalis* et l'*Artemisia campestris* L ». Ces plantes ont été choisies en raison de leur utilisation dans la médecine traditionnelle locale. Notre recherche se concentre spécifiquement sur les parties aériennes des plantes, comprenant les feuilles, fleurs et les tiges. Pour préserver l'intégrité de la composition chimique du matériel végétal, nous avons effectué une collecte aléatoire dans un environnement naturel, éloigné de toute source de pollution.

La collecte des plantes a été réalisée entre novembre et décembre 2022 dans la région d'Ain Deheb et Tiaret, pour toutes les espèces étudiées. Après la récolte, les plantes ont été disposées sur du papier et laissées sécher à l'ombre, dans un environnement protégé de l'humidité et à température ambiante. Le processus de séchage a duré en moyenne huit jours pour chaque plante, puis conservées dans des sacs en papier jusqu'à l'utilisation.

Matériels de laboratoire

Le matériel utilisé dans les laboratoires durant notre expérimentation est représenté dans le tableau ci-dessous:

Tableau 12 : Matériel utilisé au cours de l'expérimentation.

Appareillages	Verreries et autres matériels	Produits et Milieux de culture utilisés
<ul style="list-style-type: none"> - Hydro distillateur (Type Clevenger) - Chauffe ballon - Agitateur (Stuart) - Balance - Rotavapeur 	<ul style="list-style-type: none"> - Ampoule à décantation - Ballon - Bêchers - Boîtes de Pétri - Flacons - Micropipette - Papiers watt man - Pipette de Pasteur - Tubes à essai - Verre de montre - Plaque CCM (Feuille en aluminium-OXIDE N/UV254 Polygram R). - Cuve et Couverture en verre. 	<ul style="list-style-type: none"> - Eau distillée (H₂O) - Méthanol 100% - CH₂CL₂ - Acétate d'éthyle - n-butanol - Eluant acétate d'éthyle - Vanilline - éthanol - acide sulfurique

2. Méthodes

Extraction des huiles essentielles (HE):

L'extraction a été réalisée au niveau du laboratoire de Biochimie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Ibn Khaldoun de Tiaret, effectuée par la méthode d'hydro distillation. Une hydrodistillation (Figure 21) est assurée grâce à un appareil de type Clevenger, où 100 g de matière végétale sont introduites avec 1000 ml d'eau dans un ballon de 2000 ml.

Après installation et fermeture du montage, la mise en marche de la chauffe ballon est effectuée avec un réglage optimum du chauffage pour permettre une stabilité de l'extraction à une vitesse constante et bien maîtrisée.



Fig.20 : Les plantes sont prêtes à l'utilisation

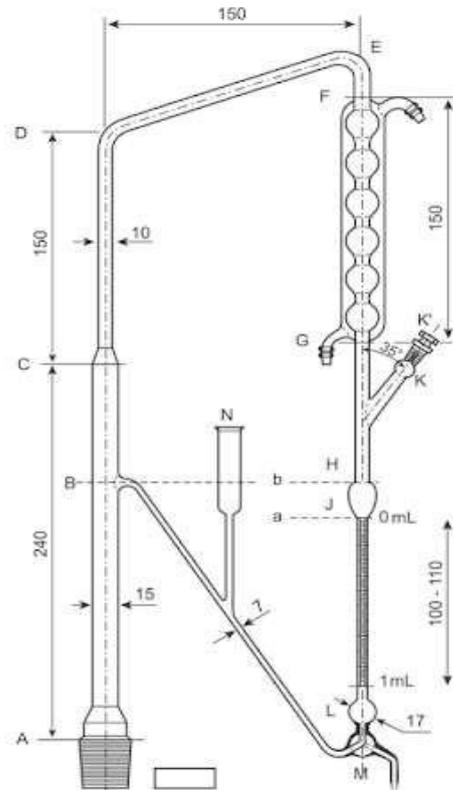


Fig.21 : Schéma Montage d'extraction des huiles essentielles
(Clevenger)



Fig.22 : Montage d'hydro distillation au niveau de laboratoire de biochimie

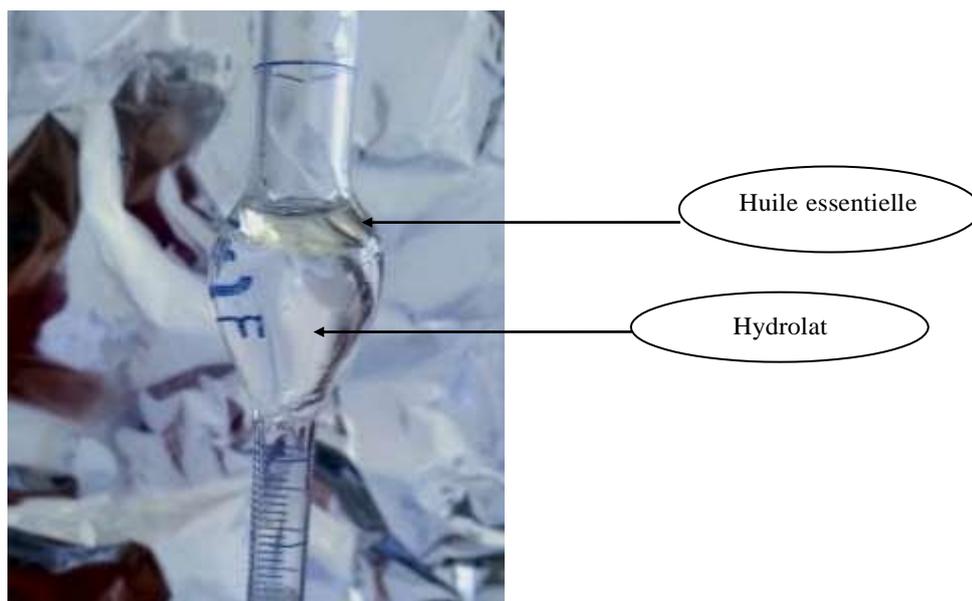


Fig. 23 : Montage de Décantation

Une fois que la vapeur chargée d'huile essentielle atteint le condenseur, nous procédons à l'extraction pendant une durée totale estimée à 3 heures, jusqu'à obtenir la quantité souhaitée d'huile essentielle.

Il est important de noter que l'huile essentielle se distingue de l'hydrolat, qui est l'eau aromatique obtenue lors du processus de distillation, par sa différence de densité et de couleur. Afin de séparer l'huile essentielle de l'hydrolat, nous utilisons la méthode de décantation. L'huile essentielle est ensuite récupérée, conservée et stockée dans un endroit frais, à une température de 4°C, pour préserver sa qualité.

Calcul du rendement d'extraction:

Selon la norme **AFNOR(1986)**, Le rendement en huile essentielle est estimé par le rapport des masses de l'huile essentielle et de la matière végétale séchée. Il est exprimé en pour cent (%). Où :

R : Rendement de l'huile essentielle en %

MHE : La masse d'huile essentielle en g

MS : La masse de la matière végétale utilisée en g

$$\mathbf{R(\%) = MHE / MS \times 100}$$

Méthode d'identification des H.E (Chromatographie sur couche mince)

➤ Mode opératoire

Des gouttes de l'huile essentielle sont placées à l'aide d'une micropipette au niveau de point de départ de la plaque CCM, ensuite la plaque est introduite dans une cuve étanche

contenant l'éluant (acétate d'éthyle), qui se migre par capillarité sur la plaque, dans cette étape les constituant de l'essence se sépare différentiellement.

La plaque doit être séchée avant révélation, elle a été révélée par le réactif de la vanilline sulfurique, après l'avoir mis dans l'étuve à 100-105 C° pendant 1 min.



Fig.24: Montage des plaques CCM dans les cuves

Extraction des flavonoïdes

Principe

La solubilité des flavonoïdes peut varier, certains étant solubles dans l'eau et l'alcool, tandis que d'autres présentent une solubilité hydrosoluble extrêmement faible (**Bruneton, 1999**). Par conséquent, le principe utilisé pour l'extraction des flavonoïdes repose sur leur degré de solubilité dans des solvants organiques de polarité croissante.

Mode opératoire :

Environ 50g de matière sèche (feuilles) finement broyée de *Artemisia campestris* Let *Rosmarinus officinalis* trompé dans 200 ml de Méthanol (100%). Le mélange est filtré sur un tissu 24 heures plus tard. Après deux extractions successives avec le Méthanol 100%, les filtrats sont combinés. La verrerie utilisée (Béchers, Ampoule à décanté, pipettes, entonnoirs et fioles), est préalablement lavée et séchée (**Seghiri, 2008**).



Fig.25 : Macération à froid dans le méthanol 100% 24h



Fig. 26a. Filtration à travers tissu



Fig. 26 b. Filtration sur papier Watman

Après avoir filtré les échantillons à travers un tissu (Figure 26.a) et du papier Whatman (Figure 26.b), les filtrats obtenus sont soumis à une évaporation sous vide à basse pression à 45°C à l'aide d'un Rotavapor (Heidolph). Ce processus se poursuit jusqu'à ce que l'extrait devienne sec. L'extrait sec obtenu est ensuite pesé, puis il est dissout dans un volume d'eau distillée



Fig. 27: Evaporation des extraits par Rotavapor (Heidolph).



Fig. 28 : Extrait méthalonique (après l'évaporation)

Artemisia campestris .L

Rosmarinus officinalis

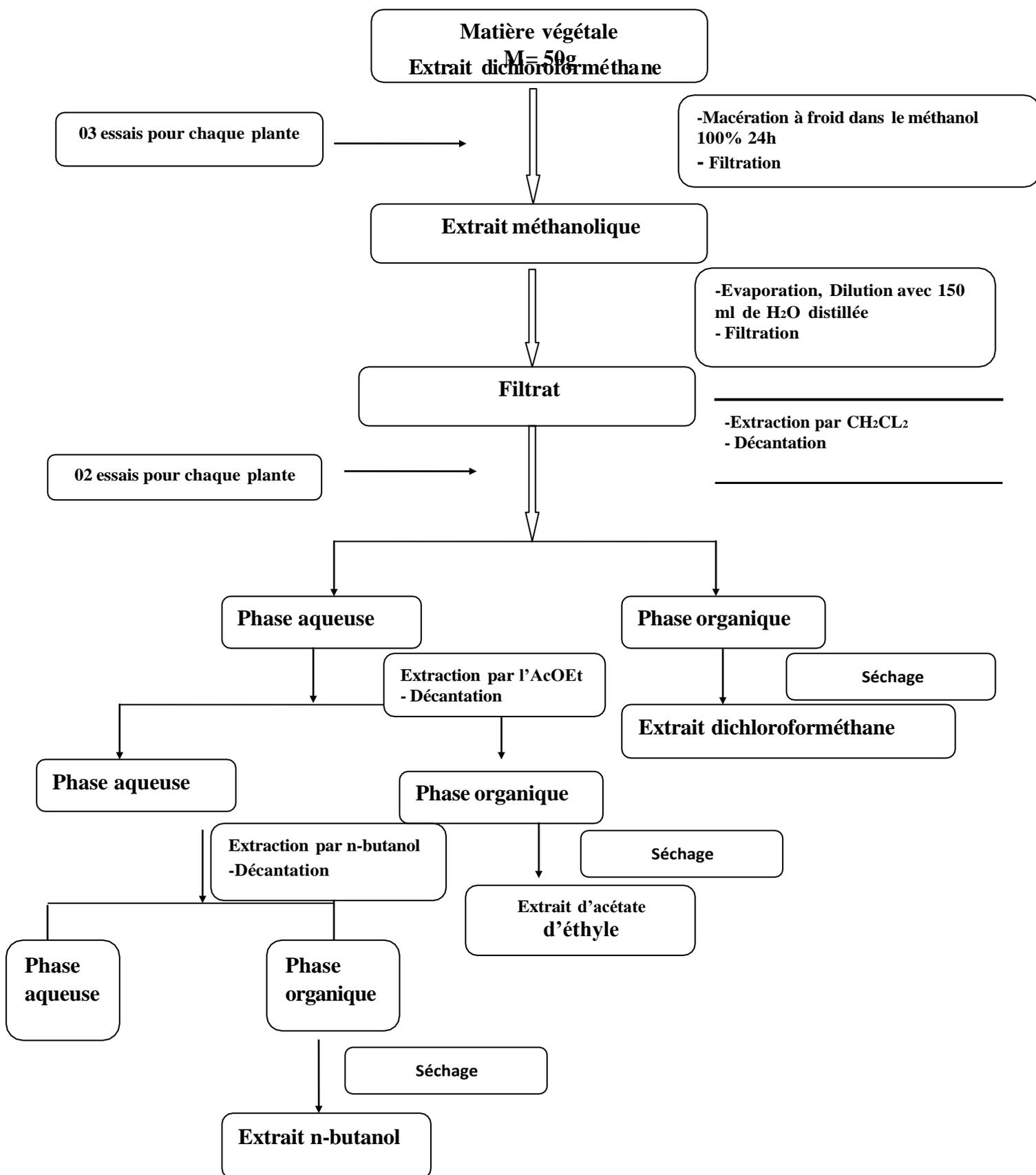
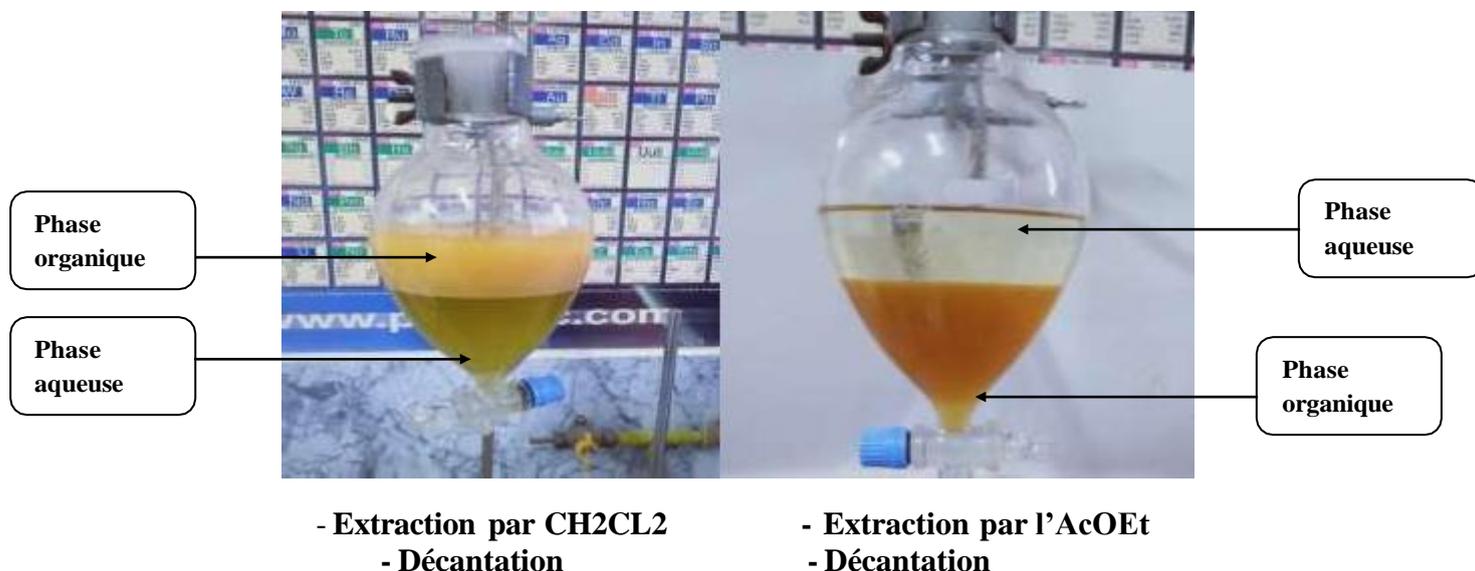
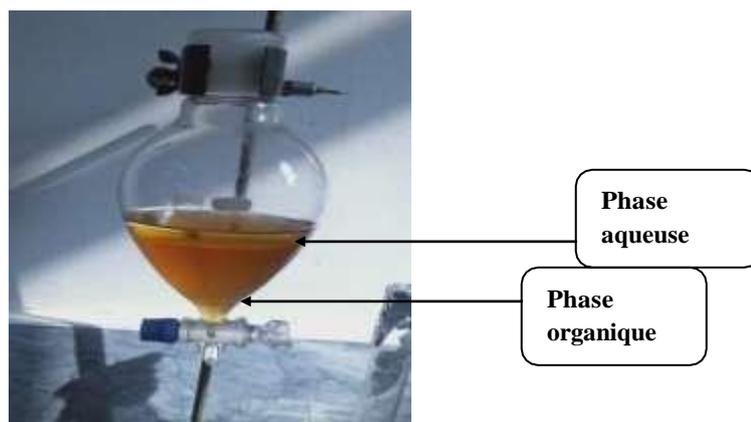


Fig.29 : Protocole d'extraction des flavonoïdes

La phase aqueuse ainsi obtenue est conservée pendant 24 heures puis filtrée. Le filtrat est mélangée à volume égale avec du dichlorométhane dans une ampoule à décanter. Le mélange est agité énergiquement puis laissé reposer jusqu'à ce qu'il y ait séparation totale de deux phases : une phase organique et une phase aqueuse.

La phase organique contenant les flavonoïdes aglycones et les aglycones méthoxylés, la phase aqueuse restante subit une série d'extraction avec l'acétate d'éthyle (2 fois) afin de récupérer dans la phase organique certains flavonoïdes aglycones, mais surtout les mono-*O*-glycosides et les di-*O*-glycosides. La phase aqueuse restante contient les flavonoïdes glycosylés plus polaires comme les di, tri et tetraglycosides qui sont obtenus avec le n-butanol. Les extraits obtenus sont dénommés selon le solvant qui a permis leur séparation : extrait chloroformique et extrait d'acétate d'éthyle et extrait de butanolique. Les trois fractions récupérées sont soumises à une évaporation par Rotavapor puis pesé pour déterminer les rendements d'extraction exprimés par rapport à 50g de matière sèche.





- Extraction par n-butanol

-Décantation

Fig.30 : Extraction des flavonoïdes par solvants

Méthode de calcul du rendement

Après chaque étape de purification, l'extrait est évaporé à sec et le résidu obtenu est pesé.

Le rendement, exprimé en pourcentage par rapport au poids du matériel de départ, est déterminé par la relation suivante :

Pc : poids du ballon avec le contenu (en g)

Pv : poids du ballon vide (en g)

Q : poids du matériel végétal de départ (en g)

$$R = \frac{(Pc - Pv) \times 100}{Q}$$

Chapitre 5 :
Résultats et Discussions

Résultats et discussion

Le rendement en huile essentielle peut être influencé par divers facteurs tels que le climat, la zone géographique, la génétique de la plante, l'organe de la plante utilisé, le degré de fraîcheur, la période de séchage et la méthode d'extraction employée. Ces facteurs, parmi d'autres, peuvent avoir un impact direct sur les rendements en huile essentielle.

Des études ont été réalisées pour optimiser le rendement en huile essentielle en utilisant des parties végétales fraîches, en prenant en compte la concentration en eau du matériel végétal comme facteur de variation. (Bendimerad *et al.*, 2005)

Les huiles essentielles des deux plantes, *Romarinus officinalis* et *Artemisia campestris*, ont été extraites à partir de parties végétales séchées à l'air libre. L'extraction a été réalisée par hydro-distillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger.

Nous avons obtenu une huile essentielle de couleur transparente avec une odeur très prononcée et intense pour le *Romarinus officinalis*. En revanche, l'*Artemisia campestris* a donné une huile essentielle avec une odeur moins prononcée. Les rendements en huiles essentielles ont été déterminés en prenant en compte la quantité de matière végétale sèche de la partie aérienne de chaque plante (Tableau 13).

Tableau13: Description des deux huiles essentielles

Huile essentielle	Aspect	Couleur	Odeur
<i>Romarinus officinalis</i>	Limpide	Jaune très clair	Aromatique
<i>Artemisia campestris</i>	Limpide	Jaune	Aromatique

1. Le rendement des huiles essentielles

a. *Artemisia Campetris* .L

Un rendement en huile essentielle de 0,48% pour *Artemisia campestris* (Tableau 14) peut être considéré comme important, en particulier par rapport à certains échantillons de la même espèce qui sont utilisés à des fins industrielles pour l'extraction d'huiles essentielles. Il est possible que la variété spécifique d'*Artemisia campestris* étudiée présente des caractéristiques favorables, telles qu'une composition chimique particulièrement riche en huile essentielle ou une concentration élevée de glandes sécrétrices d'huile.

Tableau 14 : le rendement d'HE d'*Artemisia campestris.L*

	La masse de la matière sèche	Le pois d'ependorf vide	Le pois d'ependorf avec huile	La masse de H.E	Rendement %
1	80 g	0.7992 g	1.0305 g	0.2313 g	0.2891%
2	100 g	0.7788 g	1.2460 g	0.4672 g	0.4672%
3	100 g	0.7967 g	1.2460 g	0.4955 g	0.4955%
4	100 g	0.7737 g	1.3400 g	0.5663 g	0.5663%
5	100 g	0.7585 g	1.2942 g	0.5357 g	0.5357%
6	80 g	0.7659 g	1.2507 g	0.4848 g	0.5703%
La somme	560 g				2.9241%
La moyenne					0.48735% ±0,10

La teneur en huile essentiel e des parties aériennes d'*Artémisia campestris* obtenu est plus élevée que cel e rapportée pour l'*Artémisia campestris* de **Gherib mohamed ,2009** d'**Anis Bertilla 2019** et **Souhila Touil, 2012**), qui sont de l'ordre de 0.29% (m/m) et 0.3%.

Il est intéressant de constater que le rendement en huile essentielle d'*Artemisia campestris* dans cette étude est inférieur à celui rapporté dans d'autres études précédentes. Les études menées par **Akrout et al., 2001** en Tunisie, **Dob et al., 2005** en Algérie et **Rani et al., 1985** au Maroc ont enregistré des rendements de 0,7%. De plus, une étude antérieure menée en France par **Fabien et al., 2002** a obtenu un rendement de 1,4%

Ces variations de rendement peuvent être attribuées à plusieurs facteurs, notamment les différences dans les conditions de culture des plantes, les méthodes d'extraction utilisées, les périodes de récolte et les variations naturelles des plantes elles-mêmes. De plus, les variations géographiques et environnementales peuvent également jouer un rôle dans les différences de rendement en H.E.

b. *Rosmarinus officinalis*

Dans cette étude, le rendement en huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* est de 0,49% (Tableau15). Comparé à d'autres études antérieures, ce rendement peut être considéré comme moyen. Il est possible que d'autres études aient obtenu des rendements plus élevés ou

plus faibles en fonction de divers facteurs tels que la variété de plante, les conditions de culture, les méthodes d'extraction et les conditions environnementales

Tableau 15 : le rendement d'HE de *Rosmarinus officinalis*

	La masse da la matiere seche	Le pois d'ependorf vide	Le pois d'ependorf avec huile	La masse de H.E	Rendement %
1	100	0.7681	1.4181	0.66	0,66%
2	150	0.7823	1.8541	1.0718	0.7145%
3	100	0.8021	1.2985	0.4964	0.4964%
4	100	0.8239	1.2555	0.4316	0.4316%
5	100	0.8153	1.1308	0.3155	0.3155%
6	100	0.8161	1.1550	0.3389	0.3389%
La somme	650				2.9569%
La moyenne					0.4928% ±0,16

Le rendement en huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* dans votre étude est comparable à celui rapporté dans une autre étude menée à Dj. Metlili, dans le sud-ouest de Batna, par **Neffar.F et Benabdrrahmene.Z. en 2013**, qui était également de 0,47%. Ces résultats suggèrent une certaine cohérence dans les rendements en huile essentielle pour cette espèce entre différentes études réalisées dans des régions géographiquement proches.

La similitude des rendements en huile essentielle peut être attribuée à plusieurs facteurs, tels que des conditions de croissance similaires, des méthodes de récolte et d'extraction comparables, ainsi que des variations naturelles dans la composition chimique des plantes. Cependant, il est important de noter que les rendements peuvent varier en fonction de plusieurs autres facteurs, tels que la variété spécifique de *Rosmarinus officinalis*, les pratiques agronomiques et les conditions environnementales spécifiques à chaque site d'étude.

La cohérence dans les rendements en huile essentielle entre différentes études renforce la fiabilité des résultats et fournit des informations utiles pour évaluer le potentiel de production d'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* dans des régions similaires. Cependant, il est toujours recommandé de mener des études supplémentaires pour confirmer ces résultats et évaluer la variabilité des rendements dans différentes conditions.

Il est tout à fait possible que les différences de rendement en huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* entre cette étude et les études d'**Atik Bekkara et al. (2007)** et de

Rouabeh (2010) soient dues à des variations dans les conditions d'exposition et l'environnement de croissance des plantes. Les plantes aromatiques, comme *Rosmarinus officinalis*, sont connues pour leur sensibilité aux variations environnementales, notamment la lumière, la température, l'humidité et les nutriments du sol. Ces facteurs peuvent influencer la biosynthèse et l'accumulation des composés chimiques, y compris les huiles essentielles.

Si les études d'**Atik Bekkara et al. (2007)** et de **Rouabeh (2010)** ont été réalisées dans des conditions d'exposition qui favorisent une activité métabolique plus intense et plus importante, cela pourrait expliquer leur rendement en huile essentielle plus élevé. Des facteurs tels qu'une exposition plus longue à la lumière du soleil, des températures optimales et une disponibilité adéquate en eau et en nutriments peuvent stimuler la biosynthèse des composés chimiques, y compris les huiles essentielles.

Il est important de prendre en compte ces variations environnementales lors de l'évaluation des rendements en huile essentielle et de considérer les résultats dans le contexte des conditions spécifiques de chaque étude. Cela peut également souligner l'importance de l'optimisation des pratiques culturales et des conditions de culture pour améliorer les rendements en huile essentielle.

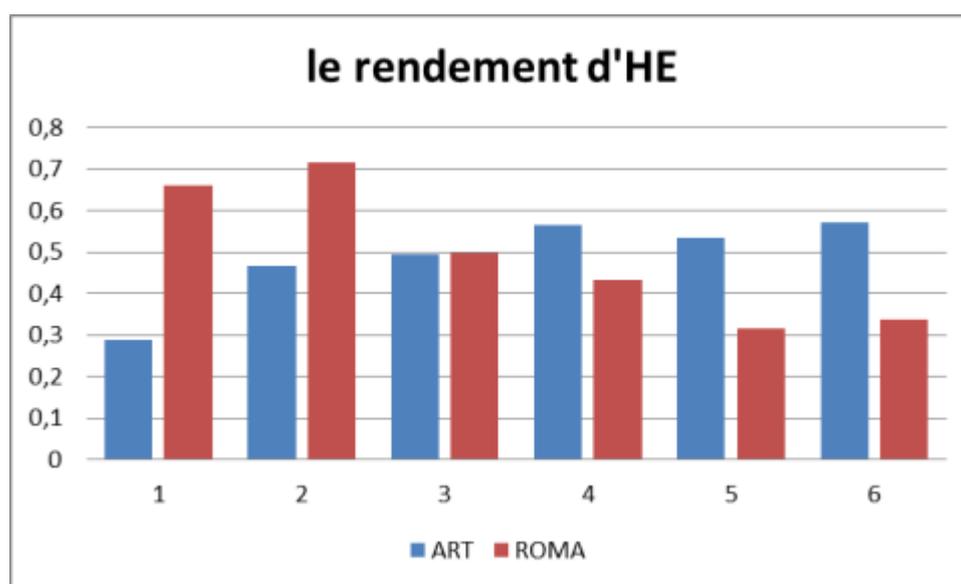


Fig.31 : Le rendement d'HE d'*Artemisia campestris.L* et *Rosmarinus officinalis*

2. Analyse chromatographique des huiles essentielles

La détermination du rendement en huile essentielle (HE) est une étape importante pour comparer les deux stations, mais elle ne suffit pas à caractériser pleinement les huiles essentielles.

Il est donc nécessaire de compléter cette étape par des analyses chromatographiques. Les analyses chromatographiques sont couramment utilisées comme moyen analytique complémentaire pour l'analyse structurale des huiles volatiles. Elles ont été utilisées dans notre étude pour identifier les composants chimiques des huiles essentielles extraites des feuilles de *Rosmarinus officinalis* et d'*Artemisia campestris*.

Les rapports frontaux analysés sont issus de la migration provoquée par l'utilisation d'un éluant à base d'acétate d'éthyle. Il est important de noter que le nombre de spots observés peut varier d'une espèce à l'autre : 6 spots pour *Rosmarinus officinalis* et 9 spots pour *Artemisia campestris*.L.

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par d'autres chercheurs tels que F. Neffar et Benabderahmane Z (2013) et Bouallaoui et al. (2022) respectivement. Cette concordance met en évidence la richesse en substances bioactives présentes dans les huiles essentielles.

Ces résultats suggèrent que la composition des huiles essentielles peut varier en fonction de l'espèce végétale étudiée, ce qui confirme l'importance de mener des analyses spécifiques pour chaque plante. Ils soulignent également l'intérêt de ces substances bioactives dans les huiles essentielles extraites, ce qui pourrait avoir des implications dans divers domaines tels que la pharmacologie, la cosmétique ou encore l'aromathérapie

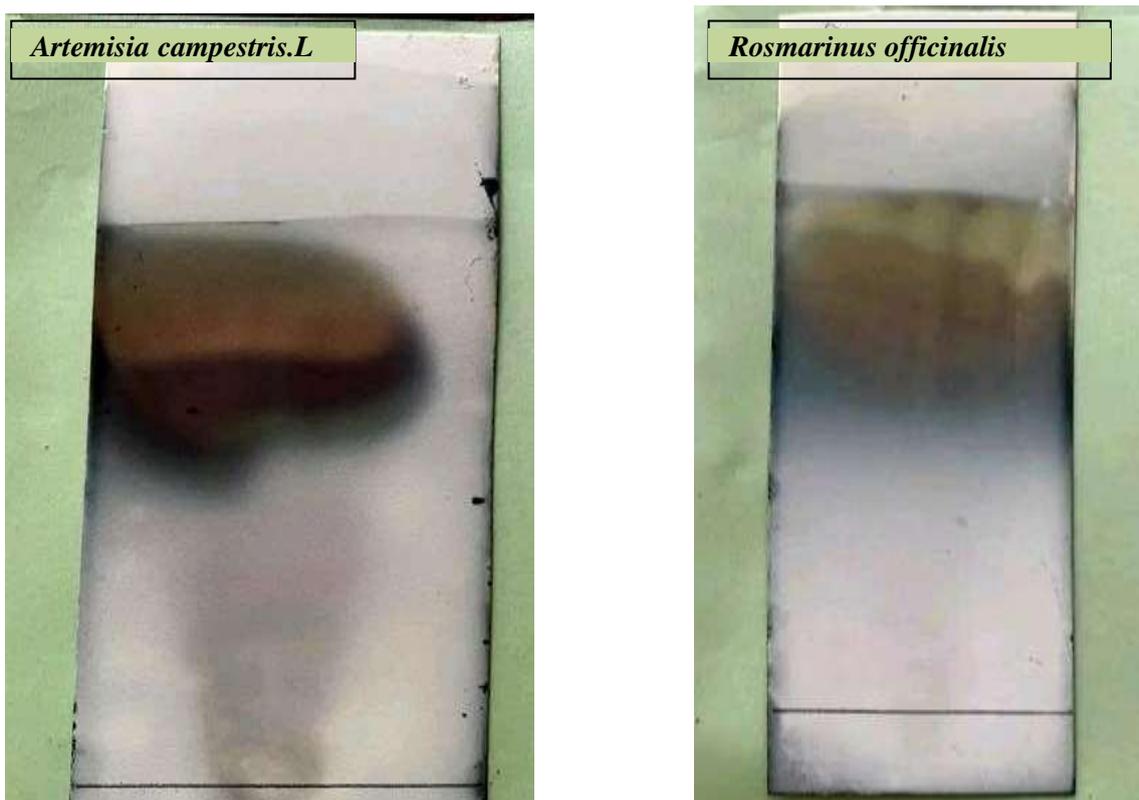


Fig.32 : les plaques de CCM obtenus

L'analyse par chromatographie sur couche mince a révélé la présence de composés polaires, intermédiaires et apolaires dans les huiles essentielles étudiées. De plus, cette analyse a permis d'identifier six éléments chimiques constituant l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* et 9 pour l'*Artemisia campestris.L*. Il est important de souligner que la variation des teneurs en huiles essentielles ne dépend pas uniquement des expositions géographiques, mais également d'autres facteurs écologiques tels que l'altitude, le sol, etc. Par conséquent, une étude approfondie sur l'effet de ces facteurs écologiques sur le rendement et la composition des huiles essentielles est nécessaire.

En guise de perspectives, nous recommandons la poursuite de cette étude, tout en mettant en valeur les rapports frontaux obtenus grâce à l'identification des substances ou produits correspondants. Cela permettrait d'approfondir notre compréhension des composés présents dans les huiles essentielles étudiées, ainsi que de mieux appréhender leurs potentiels effets et applications. Cette approche analytique complémentaire serait bénéfique pour la caractérisation précise des huiles essentielles et pour l'exploitation de leurs propriétés bioactives. (F. Neffar et Benabderahmane Z, 2013)

3. Extraction des flavonoïdes

L'objectif de l'étude quantitative des extraits bruts flavonoïques était de déterminer la teneur totale des extraits flavonoïdes isolés à partir des feuilles de deux espèces médicinales, *Artemisia campestris* L L. et *Rosmarinus officinalis.*, en tenant compte de la variation des facteurs environnementaux entre les trois sites d'étude. Il est important de noter que l'extraction des flavonoïdes dépend à la fois du matériel végétal utilisé, du lieu de récolte et du type de flavonoïde à extraire. Ces facteurs peuvent influencer la quantité d'extraits flavonoïques obtenus et doivent donc être pris en considération lors de l'évaluation de la teneur en flavonoïdes des échantillons.

Le processus d'extraction lui-même est réalisé en utilisant trois solvants de polarité croissante, à savoir le dichlorométhane (CH₂Cl₂), l'acétate d'éthyle (C₄H₈O₂) et le n-butanol (C₄H₁₀O). Avant cela, les feuilles de la plante sont préalablement traitées avec un solvant apolaire tel que le méthanol (CH₄O) afin d'éliminer les graisses, les stérols et les pigments tels que la chlorophylle et les caroténoïdes (**Diallo et al., 2005**). Cette étape de prétraitement vise à éliminer les composés indésirables qui pourraient interférer avec l'extraction des flavonoïdes et à obtenir un extrait plus pur.

Une fois les extraits obtenus, ils ont été évaporés jusqu'à séchage complet, puis pesés pour déterminer le poids sec résultant. Le rendement a été calculé en pourcentage (p/p) en rapportant le poids de l'extrait obtenu par rapport à 50 g de matériel végétal initialement utilisés. Cette mesure permet d'évaluer l'efficacité de l'extraction et de quantifier la quantité de composés extraits par rapport à la quantité de matière végétale utilisée (Tableau 16).

Tableau 16 : les caractéristiques des deux extraits méthanoliques

Extrait méthanolique	texture	couleur
<i>Rosmarinus officinalis</i>	poudreuse	verte
<i>Artemisia campestris</i>	caramélisée	Noir opaque

a. Le rendement des extraits méthanoliques

Les résultats du Tableau 17 montrent les rendements des extraits méthanoliques obtenus à partir de 50g de matière sèche broyée d'*Artemisia campestris*.L et *Rosmarinus officinalis*.

Pour *Artemisia campestris*.L, les rendements des trois extractions sont de 11,22%, 9,42% et 11,08% respectivement. La moyenne de ces rendements est de $10,57\% \pm 1,00$, ce qui indique une certaine variabilité entre les extractions.

Pour *Rosmarinus officinalis*, les rendements des trois extractions sont de 14,84%, 13,82% et 15,68% respectivement. La moyenne de ces rendements est de $14,78\% \pm 0,93$, montrant une stabilité plus élevée entre les extractions par rapport à *Artemisia campestris*.L.

Ces résultats suggèrent que les extraits méthanoliques de *Rosmarinus officinalis* présentent des rendements légèrement supérieurs à ceux d'*Artemisia campestris*.L. Cela peut être dû à des différences dans la composition chimique des deux espèces, ainsi qu'à des facteurs liés à leur processus d'extraction. Il est également possible que *Rosmarinus officinalis* contienne des composés plus solubles dans le méthanol, ce qui entraîne des rendements plus élevés.

Cependant, il convient de noter que d'autres facteurs peuvent influencer les rendements, tels que la qualité et la quantité de la matière végétale utilisée, les conditions d'extraction et les méthodes de mesure.

Tableau 17: les rendements des extraits méthanoliques obtenus d'*Artemisia campestris*.L et *Rosmarinus officinalis*.

	<i>Artemisia campestris</i> .L	<i>Rosmarinus officinalis</i>
1^{ère} extraction	11, 22%	14,84%
2^{ème} extraction	9,42%	13,82%
3^{ème} extraction	11,08%	15,68%
Moyenne	$10,57\% \pm 1,00$	$14,78\% \pm 0,93$

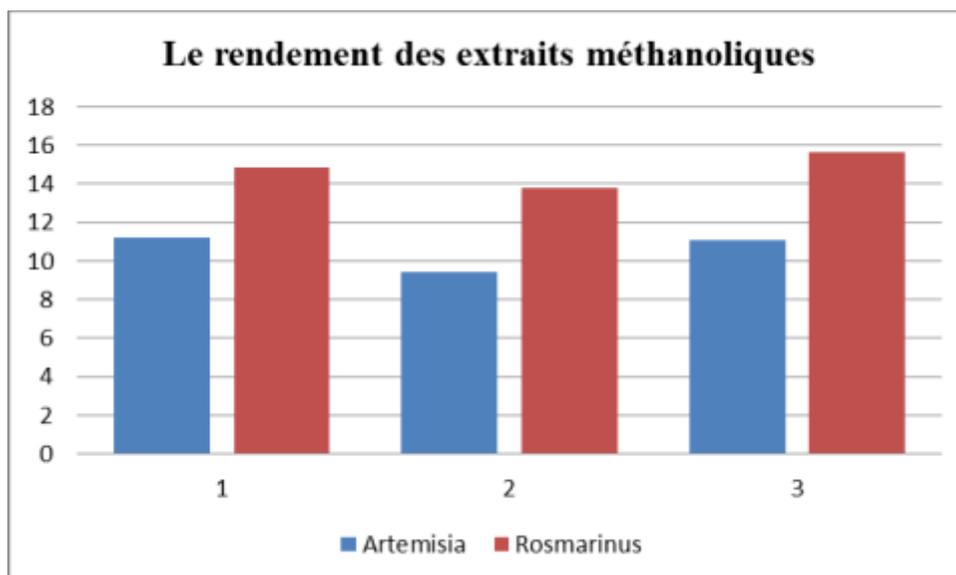


Fig. 33 : les rendements des extraits méthanoliques obtenus d'*Artemisia campestris*.L et *Rosmarinus officinalis*.

b. Le rendement d'extraction par les solvants

- *Artemisia campestris* .L

Les résultats d'extraction montrent les rendements obtenus en utilisant différents solvants (dichlorométhane, acétate d'éthyle et n-butanol) pour extraire les composés de la matière végétale.

Les résultats de l'extraction des flavonoïdes à partir d'*Artemisia campestris*.L de la région de Tiaret montrent une présence de différentes fractions de flavonoïdes. Les rendements obtenus varient entre 0,35% et 0,89% (Tableau 18).

Pour le solvant dichlorométhane (CH_2Cl_2), le rendement d'extraction est de 0,445 g, ce qui correspond à un rendement de $0,89\% \pm 0,22$. Cela signifie que 0,89% de la masse totale de la matière végétale a été extraite par ce solvant.

Pour le solvant acétate d'éthyle, le rendement d'extraction est de 0,177 g, soit un rendement de $0,35\% \pm 0,05$. Cela indique que 0,35% de la masse totale de la matière végétale a été extraite par ce solvant.

Enfin, pour le solvant n-butanol, le rendement d'extraction est de 0,433 g, ce qui correspond à un rendement de $0,86\% \pm 0,34$. Cela signifie que 0,86% de la masse totale de la matière végétale a été extraite par ce solvant.

Ces résultats indiquent que le solvant dichlorométhane a produit le rendement le plus élevé parmi les trois solvants testés, avec un rendement de 0,89%. Le solvant n-butanol a également donné un rendement élevé de 0,86%, tandis que le solvant acétate d'éthyle a donné le rendement le plus faible de 0,35%.

Il est important de noter que ces rendements peuvent varier en fonction de différents facteurs tels que la composition chimique de la matière végétale, les conditions d'extraction et les propriétés spécifiques des solvants utilisés.

Les résultats de l'extraction des flavonoïdes à partir d'*Artemisia campestris.L* de la région de Tiaret montrent une présence de différentes fractions de flavonoïdes. Les rendements obtenus varient entre 0,35% et 0,89% (Tableau 18).

Ces résultats suggèrent que les flavonoïdes apolaires sont plus abondants dans cette espèce que les flavonoïdes polaires. Cela est remarqué par des études antérieures (**Benayache, 1992; Bentame et al., 2005**) qui ont également montré des rendements élevés avec des extraits apolaires tels que l'extrait chloroformique.

Les flavonoïdes apolaires sont généralement moins polaires et plus solubles dans des solvants apolaires tels que le chloroforme, ce qui pourrait expliquer le rendement élevé observé avec cet extrait. Ces résultats indiquent donc que l'extraction des flavonoïdes à partir d'*Artemisia campestris.L* de la région de Tiaret peut être optimisée en utilisant des solvants apolaires tels que le chloroforme pour obtenir des rendements plus élevés. Cependant, il est important de noter que d'autres facteurs, tels que les conditions de croissance de la plante, l'origine géographique, la période de récolte, peuvent également influencer les rendements en flavonoïdes.

Une étude plus approfondie serait nécessaire pour comprendre pleinement l'effet de ces facteurs sur la composition et le rendement des flavonoïdes dans cette plante.

Tableau18 : Résultats obtenus des extraits d'*Artemisia campestris.L*

matière	extrait	masse	rendement
50g	dichlorométhane CH ₂ CL ₂	0,445g	0,89% ± 0,22
	Acétate d'éthyle	0,177g	0,35% ± 0,05
	n- butanol	0,433g	0,86% ± 0,34

Les résultats de la figure 34 montrent que l'extraction des flavonoïdes par les solvants dichlorométhane (CH_2CL_2), acétate d'éthyle et n-butanol a donné les rendements suivants : Dichlorométhane (CH_2CL_2) : 42% et l'Acétate d'éthyle avec un 17% suivie par 41% de n-butanol :

Ces pourcentages représentent les quantités des flavonoïdes extraites par rapport à la masse de la matière sèche utilisée pour l'extraction. Le rendement d'extraction est une mesure de l'efficacité de l'extraction du composé souhaité, dans ce cas, les flavonoïdes.

Il est intéressant de noter que le dichlorométhane (CH_2CL_2) a donné le rendement le plus élevé parmi les solvants utilisés, suivi du n-butanol, puis de l'acétate d'éthyle. Cela suggère que le dichlorométhane était le solvant le plus efficace pour extraire les flavonoïdes de notre échantillon.

Cependant, il convient de noter que les rendements d'extraction peuvent varier en fonction de nombreux facteurs, tels que la composition de l'échantillon, les conditions d'extraction et les propriétés du solvant. Par conséquent, il est important de considérer ces résultats dans le contexte spécifique de votre étude et de prendre en compte d'autres paramètres lors de l'analyse des performances d'extraction.

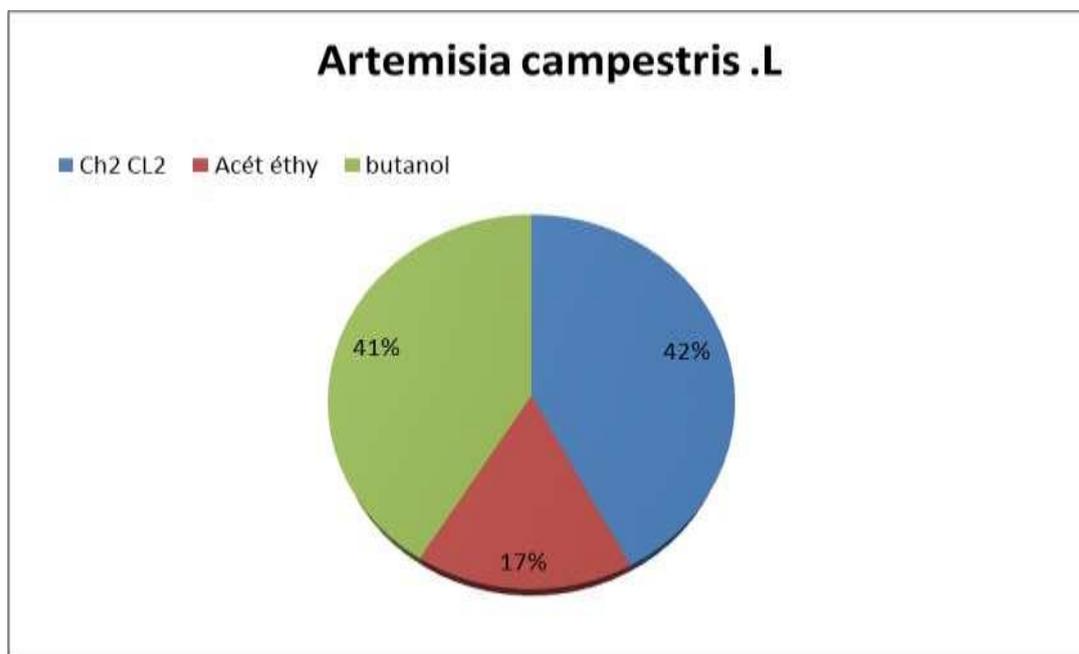


Fig.34 : Répartition des différentes fractions flavonoïdes d'Artemisia campestris.L



Fig 35 : Les extraits obtenus d'*Artemisia campestris.L*

- *Rosmarinus officinalis*

Les résultats d'évaluation quantitative montrent que les rendements flavonoïdiques de *Rosmarinus officinalis* de Tiaret sont similaires à ceux d'*Artemisia campestris.L*. L'extrait majoritaire pour les deux plantes est celui de dichlorométhane, avec un rendement de $3,42\% \pm 1,92$. Cela signifie que 3,42% de la masse totale de la matière végétale a été extraite par ce solvant.

On observe également que l'extrait de n-butanol présente une teneur significative, avoisinant $1,39\% \pm 0,63$. Cela indique que 1,39% de la masse totale de la matière végétale a été extraite par ce solvant.

En revanche, l'acétate d'éthyle présente le rendement le plus faible, avec seulement $0,824\% \pm 0,57$. Cela signifie que seulement 0,824% de la masse totale de la matière végétale a été extraite par ce solvant.

Ces résultats suggèrent que les flavonoïdes sont présents dans les extraits des deux plantes, avec des rendements similaires. Le dichlorométhane semble être le solvant le plus efficace pour extraire les flavonoïdes, suivi du n-butanol. L'acétate d'éthyle présente le rendement le plus faible, ce qui indique qu'il est moins efficace pour extraire les flavonoïdes de ces plantes.

Ces résultats mettent en évidence la capacité des différents solvants à extraire les flavonoïdes de la matière végétale.

Il est important de noter que les rendements peuvent varier en fonction de divers facteurs, tels que la composition chimique des plantes, les conditions d'extraction et la nature des solvants utilisés. De plus, les valeurs de pourcentage indiquées sont accompagnées d'une marge d'erreur pour refléter la variabilité des résultats. Ces résultats soulignent l'importance de choisir le solvant approprié pour l'extraction des flavonoïdes, afin d'obtenir un rendement optimal dans les études sur ces composés bioactifs.

Tableau19: Résultats obtenus des extraits de *Rosmarinus officinalis*

matière	extrait	masse	rendement
50g	dichlorométhane CH ₂ CL ₂	1,71g	3,42% ± 1,92
	Acétate d'éthyle	0,412g	0,824% ± 0,57
	n- butanol	0,695g	1,39% ± 0,63

Les résultats de la figure 35 indiquent que l'extraction des flavonoïdes de *Rosmarinus officinalis* en utilisant les solvants dichlorométhane (CH₂CL₂), acétate d'éthyle et n-butanol a donné les rendements suivants :

- Dichlorométhane (CH₂CL₂) : 61%
- Acétate d'éthyle : 17%
- n-butanol : 25%

Ces pourcentages représentent le rendement d'extraction par rapport à la quantité totale présente dans l'échantillon utilisé, le dichlorométhane a montré le rendement le plus élevé, suivi du n-butanol, tandis que l'acétate d'éthyle a donné le rendement le plus bas.

Ces résultats suggèrent que le dichlorométhane est le solvant le plus efficace pour extraire les flavonoïdes de *Rosmarinus officinalis* parmi les solvants testés. Le n-butanol a également montré un rendement significatif, mais légèrement inférieur à celui du dichlorométhane. L'acétate d'éthyle a donné le rendement le plus faible, indiquant une capacité d'extraction plus limitée pour ces flavonoïdes spécifiques.

Il est important de noter que ces résultats sont spécifiques à l'échantillon utilisé et aux conditions d'extraction appliquées dans l'étude mentionnée. Les rendements d'extraction peuvent varier en fonction de divers facteurs tels que la variété de *Rosmarinus officinalis*, la méthode d'extraction utilisée, la durée d'extraction, la quantité d'échantillon et les propriétés des solvants.

Les résultats suggèrent que le dichlorométhane est le solvant le plus approprié pour extraire efficacement les flavonoïdes de *Rosmarinus officinalis* dans votre échantillon spécifique. Cependant, il est recommandé de consulter d'autres études et de considérer d'autres facteurs tels que la toxicité et la sécurité des solvants avant de choisir la méthode d'extraction appropriée pour une application spécifique.

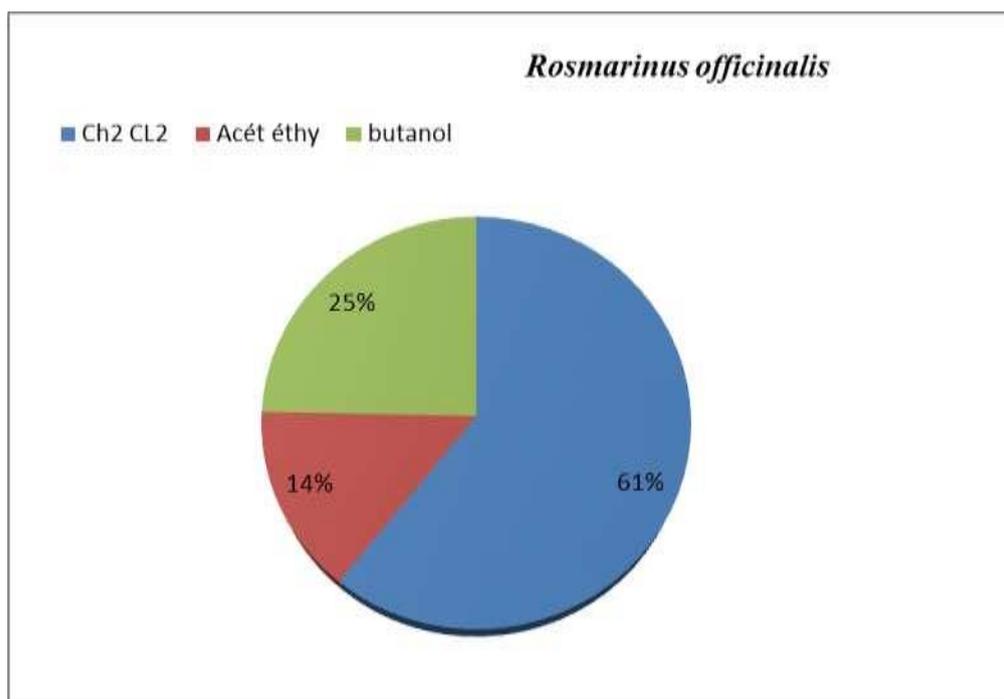


Fig. 36 : Répartition des différentes fractions flavonoïdes de *Rosmarinus officinalis*



Fig .37 : Les extraits obtenus de *Rosmarinus officinalis*

Les résultats de l'extraction montrent que les rendements méthanoliques et les rendements en fractions flavonoïdiques de *Rosmarinus officinalis* de la région de Tiaret sont

plus élevés que ceux d'*Artemisia campestris*.L. Cela suggère que *Rosmarinus officinalis* contient une quantité plus importante de composés flavonoïdiques par rapport à l'*Artemisia campestris*.L.

L'extraction avec les solvants (acétate d'éthyle, n-butanol, dichlorométhane) a permis de séparer certains composés de l'extrait méthanolique de la matière sèche des deux plantes. Les rendements méthanoliques font référence à la quantité d'extrait obtenue après extraction avec le solvant méthanol, et les rendements en fractions flavonoïdiques représentent la proportion des composés flavonoïdiques dans cet extrait.

Les résultats montrent que pour *Rosmarinus officinalis*, les rendements méthanoliques et les rendements en fractions flavonoïdiques sont très importants par rapport à ceux d'*Artemisia campestris*.L. Cela suggère que *Rosmarinus officinalis* présente une plus grande richesse en composés flavonoïdiques, ce qui peut être attribué à des facteurs tels que la génétique de la plante, les conditions de croissance et l'environnement.

Ces résultats soulignent l'importance de la plante spécifique dans l'obtention de rendements élevés en composés flavonoïdiques, et ils peuvent également indiquer des différences dans les profils chimiques et les propriétés médicinales potentielles entre *Rosmarinus officinalis* et *Artemisia campestris*.L. Il serait intéressant de poursuivre les études pour explorer davantage les propriétés et les utilisations des flavonoïdes extraits de ces deux plantes.

Il est effectivement possible de conclure que les flavonoïdes extraits d'*Artemisia campestris* L et de *Rosmarinus officinalis* sont principalement apolaires par rapport aux composés polaires. Cela explique le rendement élevé de l'extrait de dichlorométhane par rapport aux deux autres extraits. L'utilisation du dichlorométhane permet la séparation en fractions glycosylées et aglycones, et il est connu que les flavonoïdes aglycosylés sont généralement plus abondants que les flavonoïdes glycosylés.

L'extrait de dichlorométhane, dans lequel ces flavonoïdes aglycosylés sont solubles, présente donc le rendement le plus élevé. Cette observation est cohérente avec des études antérieures qui ont montré que les flavonoïdes apolaires sont plus abondants que les flavonoïdes polaires dans certains extraits de plantes.

Cependant, il est important de noter que les résultats spécifiques obtenus dans l'étude mentionnée (**Mouhamedi, 2006**) sont basés sur une méthode d'extraction particulière utilisant des solvants spécifiques. Les rendements et les profils flavonoïdiques peuvent varier en fonction des solvants, des conditions d'extraction et même des spécificités des plantes étudiées.

Les résultats indiquent que l'accumulation des fractions aglycones, obtenues à partir des extraits de dichlorométhane et d'acétate d'éthyle, est favorisée par les conditions climatiques subhumides de la région. Les températures et l'humidité spécifiques de cet environnement créent des conditions propices à la production de ces fractions aglycones.

Les variations des rendements, des propriétés physicochimiques et de la composition chimique des extraits flavonoïdiques observées en fonction du lieu de récolte peuvent être attribuées à plusieurs facteurs. Parmi ceux-ci, la situation géographique, les conditions climatiques et pédologiques jouent un rôle significatif. Ces facteurs influencent la disponibilité des nutriments dans le sol, l'exposition aux rayons solaires, l'humidité atmosphérique et d'autres variables environnementales, ce qui peut avoir un impact sur la biosynthèse des flavonoïdes dans les plantes.

Il est donc essentiel de prendre en compte ces facteurs environnementaux lors de l'étude des rendements, des propriétés physicochimiques et de la composition des flavonoïdes dans différentes régions. Ils contribuent à la diversité des profils chimiques observés dans les extraits de plantes provenant de différentes localités.

Il est intéressant de noter que la teneur des fractions flavonoïdiques extraites à l'aide de dichlorométhane et d'acétate d'éthyle diminue significativement avec l'augmentation de l'humidité, tandis que les flavonoïdes extraits avec le n-butanol augmentent en corrélation avec la température moyenne. Cette variation dans les rendements des fractions flavonoïdiques peut être attribuée à l'origine de la plante et à l'influence des variations climatiques, en particulier le degré de température et le potentiel hydrique.

Un exemple illustrant cette influence peut être observé dans le cas de la vigne, où les composés phénoliques, y compris les flavonoïdes, sont principalement localisés dans la pellicule des baies (flavonols, anthocyanes) et dans les pépins (flavan-3-ols). Ainsi, les facteurs environnementaux tels que l'eau, en modifiant la taille des baies, peuvent

indirectement modifier la composition du moût et finalement du vin. Par exemple, un stress hydrique précoce peut augmenter la synthèse des flavonols tout en diminuant celle des flavan-3-ols.

Il est important de souligner qu'en plus des conditions climatiques, il existe de nombreux autres facteurs externes qui peuvent influencer la production des métabolites secondaires, tels que la composition du sol. En effet, la composition chimique du sol peut également exercer des modifications sur les plantes et leurs métabolites, comme l'ont souligné certaines études.

Ces observations mettent en évidence l'importance de prendre en compte à la fois les facteurs climatiques et les caractéristiques du sol lors de l'étude des métabolites secondaires tels que les flavonoïdes. Ils soulignent l'interdépendance complexe entre les plantes, leur environnement et la production de composés bioactifs.

Conclusion

Conclusion

Les facteurs abiotiques, tels que le climat, jouent un rôle crucial dans la production et la composition des métabolites secondaires présents dans les plantes. Le climat, comprenant des éléments tels que la température, l'humidité, l'ensoleillement et les précipitations, exerce une influence directe sur la croissance et le métabolisme des plantes. La température, par exemple, peut affecter la vitesse des réactions métaboliques dans les plantes.

Certaines espèces végétales produisent des métabolites secondaires spécifiques en réponse à des variations de température, ce qui peut conduire à des variations dans la composition chimique des plantes d'une région à une autre. De même, l'humidité et les précipitations peuvent influencer la disponibilité de l'eau et des nutriments, ce qui peut à son tour influencer la biosynthèse des métabolites secondaires.

L'ensoleillement est également un facteur clé. La lumière solaire fournit l'énergie nécessaire à la photosynthèse, qui est le processus par lequel les plantes convertissent la lumière en énergie chimique. Les métabolites secondaires, tels que les composés phénoliques et les flavonoïdes, sont souvent produits en réponse à la lumière solaire et jouent un rôle dans la protection des plantes contre les dommages causés par les rayonnements UV.

Le climat et les facteurs abiotiques ont un impact significatif sur la qualité et la quantité des métabolites secondaires présents dans les plantes. Comprendre ces relations est essentiel pour optimiser la production de plantes médicinales riches en composés bénéfiques et pour mieux exploiter leur potentiel dans la découverte de nouveaux médicaments.

Dans le cadre de cette étude, nous avons mené des recherches sur deux espèces de plantes médicinales largement répandues en Algérie : *Artemisia campestris*.L et *Rosmarinus officinalis*. L'objectif principal de cette étude était de contribuer à la valorisation des effets des facteurs climatiques sur la teneur et la composition chimique des huiles essentielles, ainsi que sur le rendement en flavonoïdes bruts chez ces deux espèces végétales.

Les échantillons de plantes ont été récoltés dans deux régions différentes de Tiaret, en Algérie, afin de tenir compte de la variabilité géographique et climatique. Les facteurs climatiques étudiés comprenaient la température, l'humidité et les précipitations.

Les analyses ont porté sur la quantification des composés chimiques présents dans les huiles essentielles extraites des plantes, ainsi que sur la détermination du rendement en

flavonoïdes bruts. Les huiles essentielles sont connues pour contenir des composés volatils aux propriétés médicinales, tandis que les flavonoïdes sont des composés bioactifs réputés pour leurs effets bénéfiques sur la santé.

Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence l'impact significatif des facteurs climatiques sur la teneur et la composition chimique des huiles essentielles, ainsi que sur le rendement en flavonoïdes bruts chez les deux espèces étudiées. Des variations notables ont été observées entre les échantillons provenant des différentes régions, ce qui suggère une influence directe du climat sur la production de ces composés.

Cette étude met en évidence l'importance des facteurs climatiques dans la production de composés bioactifs dans les plantes médicinales. Comprendre ces relations est essentiel pour optimiser la culture et la récolte de ces plantes dans le but de garantir une qualité et une quantité optimales des composés médicinaux recherchés. Ces résultats contribuent à la valorisation et à l'exploitation durable des ressources végétales médicinales en Algérie.

Les résultats de notre étude indiquent que pour l'*Artemisia campestris*.L, le rendement en huile essentielle obtenu par hydrodistillation était de $0,48\% \pm 0,10$. L'analyse par chromatographie sur couche mince (CCM) a révélé la présence de 9 composants chimiques dans l'huile essentielle de cette plante. D'autre part, les huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* ont montré la présence de 6 composants chimiques, avec un rendement de $0,49\% \pm 0,16$.

Ces résultats sont directement liés au lieu de récolte des plantes et à l'influence des variations climatiques. Les conditions climatiques spécifiques de chaque région peuvent avoir un impact significatif sur la composition chimique des huiles essentielles extraites des plantes. La variation dans le rendement en huile essentielle ainsi que dans le nombre de composants chimiques détectés peut être attribuée aux différences de température, d'humidité, de précipitations et d'ensoleillement entre les deux régions de récolte.

Il est important de souligner que ces différences dans la composition chimique des huiles essentielles peuvent également avoir un impact sur les propriétés médicinales et les effets thérapeutiques des plantes. La variabilité des composants chimiques peut conduire à des variations dans les activités biologiques et les propriétés pharmacologiques des extraits de plantes.

Nos résultats mettent en évidence l'influence des variations climatiques et des conditions de récolte sur le rendement en huile essentielle et la composition chimique des plantes médicinales étudiées. Ces observations soulignent l'importance de prendre en compte ces facteurs lors de la culture, de la récolte et de la sélection des plantes médicinales, afin de garantir une qualité et une efficacité optimales des extraits utilisés dans le domaine de la médecine traditionnelle et de la pharmacologie.

Dans cette étude, nous avons utilisé trois solvants de polarités différentes pour extraire les flavonoïdes bruts, en exploitant leur solubilité différentielle. L'extrait de dichlorométhane a montré le rendement le plus élevé en flavonoïdes. Ce solvant est connu pour extraire principalement des flavonoïdes aglycosylés. De plus, nous avons observé une légère augmentation du rendement en flavonoïdes avec la température moyenne.

L'extrait de dichlorométhane a été caractérisé par la présence des constituants majoritaires pour tous les extraits de flavonoïdes dans les deux espèces étudiées. Cette observation est cohérente avec les résultats d'autres études qui ont également montré que les flavonoïdes aglycosylés sont souvent extraits de manière prédominante par le dichlorométhane.

D'autre part, nous avons également extrait des fractions de flavonoïdes di et triglycosylés en utilisant le n-butanol comme solvant d'extraction. Cette fraction présente une teneur plus élevée en flavonoïdes glycosylés. Il convient de noter que la teneur en flavonoïdes extraits par le n-butanol est directement proportionnelle à l'humidité de l'air. Cela indique que les conditions environnementales, telles que l'humidité, peuvent influencer la composition des flavonoïdes extraits.

Notre travail a mis en évidence l'effet des solvants et des conditions environnementales sur l'extraction et la composition des flavonoïdes bruts. L'extrait de dichlorométhane a montré le rendement le plus élevé en flavonoïdes aglycosylés, tandis que le n-butanol a été efficace pour extraire des fractions de flavonoïdes glycosylés. Ces résultats mettent en évidence l'importance de choisir le solvant approprié et de prendre en compte les conditions environnementales lors de l'extraction des flavonoïdes à partir de plantes médicinales.

Les différences observées dans les rendements peuvent être expliquées par l'origine des plantes et l'influence des variations climatiques, en particulier le degré de température et le

taux d'humidité. Cette étude a également permis de mettre en évidence l'impact de certains facteurs sur la teneur en huiles essentielles et en flavonoïdes.

Ces variations dans les rendements des extraits peuvent être attribuées à des variations géographiques et climatiques. Les conditions environnementales, telles que la température et l'humidité, peuvent influencer la biosynthèse des composés chimiques dans les plantes, y compris les huiles essentielles et les flavonoïdes. Des variations dans ces facteurs peuvent entraîner des différences dans la production et l'accumulation de ces composés.

De plus, d'autres facteurs tels que le stade de croissance de la plante, les pratiques de culture, les méthodes d'extraction et les techniques analytiques utilisées peuvent également avoir un impact sur les rendements et les teneurs des composés ciblés.

En conclusion, cette étude met en évidence l'influence de l'origine des plantes et des variations climatiques sur les rendements des extraits, ainsi que l'importance de prendre en compte d'autres facteurs tels que le stade de croissance et les méthodes d'extraction. Ces résultats soulignent la complexité des interactions entre les plantes et leur environnement, et l'importance de comprendre ces facteurs pour optimiser la production et l'utilisation de composés bioactifs dans les plantes médicinales.

Il est essentiel de continuer à explorer les effets d'autres conditions environnementales, notamment les conditions pédologiques liées au sol. Nos travaux de recherche ont ouvert de nouvelles perspectives, notamment dans l'étude approfondie de l'influence des variations pédologiques sur la quantité et la composition des métabolites secondaires. Nous prévoyons également d'adopter d'autres méthodes d'analyse pour renforcer nos connaissances dans ce domaine. De plus, nous avons l'intention de valoriser ces résultats en évaluant l'activité biologique des composés extraits, ce qui pourrait contribuer au développement de l'industrie pharmaceutique et promouvoir des pratiques durables.

Références Bibliographiques

Référence bibliographiques

- **Aicha, N., Ines, S., Mohamed, B. S., Ines, B., Soumaya, K., Kamel, G., ... & Leila, C. G. (2008)**, Chemical composition, mutagenic and antimutagenic activities of essential oils from 44 (Tunisian) *Artemisia campestris* and *Artemisia herba-alba*. *Journal of Essential Oil Research.*;20(5):471-7.
- **Akrout A., Neffati M., Chemli R., Aouni M., Jerraya R., Dammak M., Dar A. (2007)**.Composition chimique et activité biologiques de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris* L. *Revue des régions arides*. pp 231-240.
- **Akrout A, Gonzalez LA, El Jani H, Madrid PC.(2011)**, Antioxidant and antitumor activities of *Artemisia campestris* and *Thymelaea hirsuta* from southern Tunisia. *Food and Chemical Toxicology.*;49(2):342-7.
- **Almela L., S´anchez-Munoz B., Fern´andez-L´opez J. A., Rocaa M. J., Rabea V. (2006)**.Liquid chromatographic–mass spectrometric analysis of phenolics and free radical scavenging activity of rosemary extract from different raw material. *Journal of Chromatography A.*, 1120, 221-229.
- **Anton, R. & Lobstein, A. (2005)**. Plantes aromatiques. Épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Tec & Doc, Paris (France).
- **Aqel, M.B., (1991)**. Relaxant effect of the volatile oil of *Rosmarinus officinalis* on tracheal smooth muscle. *J. Ethnopharm.* Vol. 33: 57 – 62.
- **Arslan D. et Ozcan M. M. (2008)**.Evaluation of drying methods with respect to drying kinetics, mineral content and color characteristics of rosemary leaves. *Energy Conversion and Management*, 5(49), 1258-1264.
- **Aruoma O.I., Spencer J.P.E., Butler J et Hlliwel B. (1995)**. Commèntary reaction of plant derived and syntitic antioxidants whith trichloromethylperoxyl radicals. *Free rad. Res.* 22, 187-190.

B

- **Baba Aissa, F.,(1991)**.Les plantes médicinales en Algérie. Coédition Bouchene et Addiwane, Alger, Algérie, p.181.
- **Baba Arbi H, (2010)**. « Importance relative d'exploitation des plantes médicinales dans la pharmacopée traditionnelle à l'Est du Sahara septentrional (cas de Ouargla et Touggourt) », Mémoire de fin d'étude d'ingénieur (université de Ouargla),
- **Bahaz M et Rachdi H,(2010)**. « Quantification des principes actifs (Les composés phénoliques) de *Rhazinolepis Lonadoides* Coss (Tichert) », Mémoire de fin d'étude d'ingénieur (université de Ouargla).
- **Bahorun T., Gressier B., Trotin F., Brunet C., Dine T., Luyckx M., Vasseur J., Cazin M., Cazin J. C. and Pinkas M. (1996)**. Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arznei. Forschung.* 46: 1086-1089.
- **Baldy, C. & Stigter, C.J. (1993)**.Agrométéorologie des cultures multiple en régions chaudes.Paris. 41, 42, 108, 109P

- **Barka S et Ben Attallah S, (2010)**, « L'effet de deux plantes médicinales sur quelques Bactéries pathogènes », Mémoire de fin d'étude d'ingénieur (université de Ouargla), P3-P13
- **Basil, A., Jimenez-carmonna M. M. & Clifford A.A. (1998)**.Extraction of rosemary by Super heated water. Journal of food chemistry.46, p:5205-5209.
- **Baudoux, D. (2000)**. Les huiles essentielles - généralités et définitions », dans Traité de phytothérapie et d'aromathérapie, éd. Maloine,, p. 141-142
- **Begum A., Sandhya S., Shaffath A. S., Vinod K. R., Reddy S., Banji D. (2013)**. An indepth review on the medicinal flora *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae). *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 1(12), 61–73.
- **Belaiche, P.(1979)**. Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. Tome III. Edition Maloine.
- **Belgat, S. (1987)**. Etude édaphique en vue de l'aménagement du cordon dunaire du littoral de la région de Mostaganem (Algérie). Doct-Ing. Univ. Aix Marseille III. 213p
- **Belgat, S. (2001)**. Le littoral Algérien : Climatologie, géopédologie, syntaxonomie, édaphologie et relation sol –végétation. Thèse.Doct. Sci. Agr. I.N.A. El Harrach. 261p.
- **Bellakhdar, J. (1997)** La pharmacopée marocaine traditionnelle. Ibis Press (Ed). Paris, 764.
- **Beloued, A. (1998)** Plantes médicinales d'Algérie. 2ème Edition. Office des publications universitaires (Ed). Alger, 274.
- **Benarous K**, « Effets des extraits de quelques plantes médicinales locales sur les enzymes: a- amylase, trypsine et lipase », Mémoire de fin d'étude d'Ingénieur d'état en génie biologique (université Amar Telidji Laghouat), 2009.
- **Bendimerad, N., Taleb, S.A., Bendiab, A., Benabadji, B., Fernandez, X., Valette, L., Lizzani-cuvelier, L. (2005)**, “Composition and antibacterial activity of *Pseudocytisus integrifolius* (Salisb.) essential oil from Algeria”, Journal of Agricultural and Food Chemistry, n° 53, 2947-2952.
- **Benjilali,B.& Richard, H. (1980)**. Study of some populations of *Artemisia herbaalba* from Morocco. Riv. Ital. Essen. 62: 69-74.
- **Ben Sassi A, Harzallah-Skhiri F, and Aouni M,(2007)**. Investigation of some medicinal plants from Tunisia for antimicrobial activities.J. Pharmaco.Bio., 45 80,(5):421-428 p.
- **Béniston Ws. Nt. (1984)** Fleurs d'Algérie. Ed. Entreprise Nationale du livre.
- **Binet, J. & Brunel, J. P. (1968)**. Physiologie végétale. Tome III. Éd. Doin, Paris.
- **Bonniere .G, R. Douin (1992)**. Labiatea, 5, 396.
- **Bozin B., Mimica-Dukic N., Samojlik I., Et Jovin E., (2007)**. Antimicrobial and antioxidant properties of Rosemary and Sage (*Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia Officinalis* L., Laminaceae) essential oils. J. Agric. Food Chem., Vol. 55, 7879–7885.
- **Boudjelal., (2013)**.Extraction, identification et détermination des activités biologiques de quelques extraits actifs de plantes spontanées (*Ajuga iva*, *Artemisia herba-alba* et *Marrubium vulgare*) de la région de M'Sila, Algérie P 5
- **Boudjouref, M.,(2011)**. Etude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d'*Artemisia campestris* L. Thèse de magister, Université Ferhat Abbes,Sétif. pp:40-45.
- **Bouguerra A.,(2012)**. Etude des activités biologiques de l'huile essentielle extraite des graines de *Foeniculum vulgare* Mill. en vue de son utilisation comme conservateur alimentaire, Mémoire de Magister en Sciences Alimentaires, Université Mentouri - Constantine, Algérie. 66, 90,120p.

- **Boukhalkhal S, Gourine N, Pinto DC, Silva AM, Yousfi M.(2020)** UHPLC-DAD-ESI-MSn profiling variability of the phenolic constituents of *Artemisia campestris* L. populations growing in Algeria. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology.* ;23:101483.
- **Bousbia N. (2011).** Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires, 53-58
- **Brahm I., (2014).** Etude in vitro de l'effet alélotoxique des extraits aqueux des quelque plantes spontanées sur la croissance des quelque moisissures associé aux céréales. universite kasdi merbah Ouargla. *Biotechnologie végétale.*61 68p.
- **Bruneton, J. (1993).**Phytochimie. Plantes médicinales. Tec. & Doc., Lavoisier, Paris.
- **Bruneton, J. (1999).** Pharmacognosie. Phytochimie - plantes médicinales. 3^{ème} Edit. Paris.
- **Bruneton, J. (2003).** Plantes Thérapeutiques. 4^{ème} Edit. Tec. & Doc., Lavoisier, Paris.

C

- **Calabrese V., Scapagnini G., Catalano C., Dinotta F., Geraci D. Et Morganti P. (2000).** Biochemical studies of a natural antioxidant isolated from rosemary and its application in cosmetic dermatology. *Int. J. Tissue React.*, Vol. 22: 5–13.
- **Caratini R. (1971).** Bordas encyclopedie. Bodas ed, Belgique. pp:137-195p.
- **Carée P. (1953).** Précis de technologie et de chimie industrielle. T3. Ed. Ballière JB. Et fils.
- **Cassella, S., Cassella, J. P. & Smith, T. (2002).** Synergistic antifungal activity of tea tree *Melaleuca alternifolia* and Lavender *La vendula angustifolia* essential oil against dermatophyte infection. *The international journal of aromatherapy* .Vol 12. 2-15 p
- **Cavaleiro C. et al., (2000).** Intraspecific chemical variability of the leaf essential oil of *Juniperus phoenicea* var. *turbinata* from Portugal. *Biochem. Syst. Ecol.*, 29, 117,51183
- **Chalchat, J.C., A. Muhayimana, J.B. Habimana, J.L. Chabard. (1997).** Aromatic plants of Rwanda. II. Chemical composition of essential oils of ten Eucalyptus species growing in Ruhande Arboretum, Butare, Rwanda. *Journal of Essential Oil Research*, 9 (2): 159-165.
- **Chalchat, Jean-Claude, Cabassu, Patrick, Petrovic, S.D., et al, (2003)** Composition of essential oil of *Artemisia campestris* L. from Serbia. *Journal of Essential Oil Research*, vol.15, no 4, p. 251-253.
- **Chang S.S., Ostric-Manjasevic B., Hsieh O.L. Et Huang C.L. (1977).** Natural antioxidants from Rosemary and sage. *J. Food Sci.* Vol. 42: 1102 – 1106.
- **Charpentier, B. (2004).** plantes aromatiques épice aromate condiment et huile essentielle, Lavoisier
- **Chehma, A., (2006).** Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien. Ed : Université KASDI MERBAH de Ouargla, Algerie. 19.20 29p.
- **Cheung S. et Tai J. (2007).** Anti-proliferative and antioxidant proprieties of rosmaroy *Rosmarinus officinalis*. *Oncology reports.* 17 (6) : 1525-1531.
- **Chin, Y. W., Balunas, M. J., Chai, H. B., & Kinghorn, A. D. (2006).** Drug discovery from natural sources. *The AAPS journal*, 8(2), E239-E253
- **Constantin, E. (1996).** Spectrométrie de masse, Lavoisier Tec & Doc, Paris.p : 1-14.

D

- **Davis P. H. (1982).** Flora of Turkey and the East Aegan Islands, Edinburgh University Press,Edinburgh, UK, 948p.
- **Denny, E.F.K. (1991).**Field distillation herbaceous oil.2^{ème}édition, Lilyte.Australia. 210 P.
- **Deroin T, (1988).** Biologie florale d'une Annonaceae introduite en Côte D'Ivoire : *Cananga diagnosis*and epidemiology of fungal infections. 36 (1), p: 249-257.
- **Derradji-Heffaf F., (2013).** Composition chimique et activité insecticide de trois extraits végétaux à l'égard de *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae).Thèse de Magister, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El-Harrach, 92 p.
- **Djebaili,H.(2013).** L'effet des facteurs d'environnement sur la variation de quelques métabolites secondaires chez deux espèces médicinales : *Juniperus oxycedrus* L. (Cupressacées) et *Schinus molle* L. (Anacardiacees) Département de Science de la Nature et de la Vie Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister en biologie, Option : Biologie et Ecologie végétale,Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie .
- **Djekidel F. et Ben bahaz N.,(2016).** Effet de trois plantes médicinales à l'égard de trois espèces des Culicidées dans la région de Laghouat, Département de Biologie, Faculté des Sciencesde Parasitologie et interactions négatives, Université Amar Telidji-Laghouat, Algérie. 10-12-55-56-57-60p.
- **Djeridane A, Yousfi M, Nadjemi B, Vidal N, Lesgards J, Stocker P.(2007).** Screening of some Algerian medicinal plants for the phenolic compound and their antioxidant activity. *European Food Research and Technology*.;224(6):801-9.
- **Djermane, N., & Gherraf, N. (2013).** Extraction des métabolites secondaires des plantes médicinales.
- **Dias P.C., Foglio M.A., Possenti A. et De Carvalho J.E. (2000).** Antiulcerogenic activity of crude hydroalcoholic extract of *Rosmarinus officinalis* L., *J. Ethnopharmacol.* Vol. 69: 57 –62
- **Dib I, El Alaoui-Faris FE, (2019).** *Artemisia campestris* L.: review on taxonomical aspects, cytogeography, biological activities and bioactive compounds. *Biomedicine & Pharmacotherapy.* ; 109:1884-906
- **Dib I, Angenot L, Mihamou A, Ziyat A, Tits M. (2017).** *Artemisia campestris* L.: Ethnomedicinal, phytochemical and pharmacological review. *Journal of Herbal Medicine*.;7:1-10.
- **Dob T., Dahmane D., BerramdaneT., and Chelghoum C. (2005).** Chemical Composition of the Essential Oil of *Artemisia campestris* L. from Algeria. *J. Pharm. Bio.* 43(6): 512–514.
- **Donrop, A.M., & Day, N.P., (2007).** The treatment of severe malaria.*Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* .101: 633-634.
- **Doolaeye E. H. A., Raes K., Smet, K., Andjelkovic M., Van poucke C., De Smet S., Verhé R. (2007).**

Characterization of Two Unknown Compounds in Methanol Extracts of Rosemary oil journal of agricultural and food chemistry,18(55), 7283-7287.

- **Doughari J. H. (2012).** Phytochemicals : extraction methods, basic structures and mode of action as potential chemotherapeutic agents. In: Phytochemicals – A Global Perspective of their role in nutrition and health IN Tech, Rijika.
- **DSA,(2021)** -Direction des Services Agricoles, Wilaya de TIARET- Service des statistiques.
- **Duvignaud P., 1992.** Aménagement et gestion du territoire. Application en Algérie (région de Tiaret et Alger) univ de Nice-sophia Antipolis 253p.

F

- **Fabien, J., Veronique, M., Jean-Marie, B., Josette, V. (2002),** “Compositional characteristics of the essential oil of *Artemisiacampestris* var. *glutinosa*”, *Biochemical Systematics and Ecology*, V. 30 n° 11, 1065-1070.
- **Fleuriet A., Jay-Allemand C., Macheix J J.,(2005).** Composés phénoliques des végétaux un exemple des métabolites secondaires d'importance économique. Presses polytechniques et universitaires romandes.vol. 121-216.
- **Flück, H., (1955)** The influence of climate on the content of active principles in medicinal plants ", *J. Pharm. Lond.*, 7, 361-383.
- **Fournier, P. (1989).** Plantes médicinales et vénéneuses de France. Tome II. Connaissance et mémoires européennes, Société nationale d'horticulture de France.

G

- **Garnero, J., Benezet,L.& L. Peyron. (1970).** Composition of Roman Camomile oil (*Anthenisnobilis*).*Bull. Soc. Chim. Fr.* 1, 381-383
- **Garnero, M.J. (1977).** Problèmes rencontrés au cours de l'étude de la composition chimique des huiles essentielles *in* Parfumes cosmétiques, arômes .14, p :31-40.
- **Ghanmi, M., Satrani, B., Aafi, A., Ismaili, M.R., Houtia, H., Manfalouti, H., Benchakroun, K., Abarchane, M., Harki, L., Boukir, A., Chaouch, A., & Charrouf, Z., (2010).** Effet de la date de récolte sur le rendement, la composition chimique et la bioactivité des huiles essentielles de l'armoise blanche (*Artemisiaherba-alba*) de la région de Guercif (Maroc oriental).*Phytothérapie*, 8(5): 295-301.
- **Gherib Mohamed.(2009).** Etude des activités antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles *et des flavonoides d'Artemisia herba alba* Asso; *Artemisia judaica* .L. ssp.*sahariensis*; *Artemisia campestris* L; *Herniaria mauritanica* Murb et *Warionia saharae* Benth.
- **Ghestem, A., Seguin, E., Paris, M. & Orecchioni, A. M. (2001).** Le préparateur en pharmacie, dossier 2. botanique-pharmacognosie-phytothérapie-homéopathie. Edition TEC etDOC.
- **Ghlissi Z, Sayari N, Kallel R, Bougatif A, Sahnoun Z (2016).** Antioxydant, antibactérien, anti-inflammatoire et effets de cicatrisation de l'extract aqueux de *Artemisia campestris* en rat. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2016;84:115-22.
- **Granger et al., (1973).** L'essence de *Rosmarinus officinalis*L. influence du mode de traitement du matériel végétal.

- **Greuter W., Burdet H. M., Long G. (1986).** Med-Checklist : Inventaire critique des plantes vasculaires des pays circumméditerranéens, Dicotyledones (Convolvulaceae Labiatae).Conservatoire et jardin botanique, Genève, 395p.
- **Gonzalez-Trujano, M.E., Pena, E.I., Martinez, A.L., Moreno, J., Guevara-Fefer, P., Deciga Campos, M., Lopez-Munoz,F.J. (2007).** Evaluation of the antinociceptive effect of *Rosmarinus officinalis* L. using three different experimental models in rodents. *J Ethnopharmacol.* **111**: 476-482.
- **Gordon W P., Forte A J., MCMurtry R J et al.,(1982).**Hepatotoxicity and Pulmonary Toxicity of Pennyroyal oil and Its Constituent Terpenes in the MouseToxicology and applied Pharmacology –Vol (65): 413-424.
- **Guechgal Menoura (2021).** Impact du changement climatique sur le rendement du blé dur dans la wilaya de TIARET, Université IBN KHALDOUN TIARET
- **Guenther, E. (1972).**The essential oils.Volume 4. Robert E. Krieger Publishing Co., Malabar Florida: 551-668.
- **Gurib-Fakim A., (2006).** Medicinal plants: Traditions of yesterday and drugs of tomorrow.Molecular Aspects of Medicine 27, 91-93

H

- **Haloui M., Louedec L., Michel J.-B. Et Lyoussi B., (2000).** Experimental diuretic effects of *Rosmarinus officinalis* and *Centaurium erythraea*. *J. Ethnopharmacol.*, Vol. 71, pp : 465 –472.
- **Hammer, K. A., Carson, C. F. & Riley, T .V. (1999).**Antimicrobial activity of essential oils and of her plants extracts. *Appl. Microbial*, 86. 985-990 P
- **Huang M. T., Ho C. T., Wang Z. Y., Ferraro T., Lou Y. R., Stanber K., Ma W., Hoffman L.,Besseau S., Geoffroy P., Rizenthaler C., Meyer D., Lepierre C., Pollet B. et Legrand M.(1994).** Silencing of Hydroxycinnamoyl transferase affects phenylpropanoid biosynthesis. *Plant cell.*, **16** (4) : 1446-1465.

I

- **Ibañez E., Kubátová A., Señoráns F. J., Cavero S., Reglero G. et Hawthorne S. B. (2003).**Subcritical water extraction of antioxidant compounds from rosemary Plants. *Journal of Agricultural and Food Chem.*, 51 (2): 375-382.

J

- **Jaouadi, I., Abdelkafi-Koubaa, Z., Riabi-Ayari, S., Hassen, I., Yakoubi, M. T., Ayeb, M. E., ... & Marrakchi, N. (2016) :** Anti-hemolytic and Anti-cytotoxic Effect of Two *Artemisia* Species (*A. campestris* and *A. herba-alba*) Essential Oil against Snake Venom. *International Journal of Agriculture & Biology.* **2016**;18(4).
- **Juteau F, Masotti V, Bessière J-M, Viano J.(2002)** Compositional characteristics of the essential oil of *Artemisia campestris* var. *glutinosa*. *Biochemical systematics and ecology.* **2002**;30(11):1065-70.

K

- **Kahoul I, (2010).** Effet Antioxydant D'extraits De Plantes (*Laurus Nobilis* L., *Rosmarinus Officinalis*, *Origanum Majorana*, *Oléa Europea* L.) Dans L'huile De

- Canola Chauffée, 39. **Kaloustian J. J., Chevalier. C., Mikail. M., Martino. L., Abou. M.-F. (2008).** Vergnes Phytothérapie, 6, 160–164
- **Kaloustian J. J., Chevalier. C., Mikail. M., Martino. L., Abou. M.-F. (2008).** Vergnes Phytothérapie, 6, 160–164
 - **Karabegović I, Nikolova M, Veličković D, Stojičević S, Veljković V, Lazić M (2011).** Comparison of antioxidant and antimicrobial activities of methanolic extracts of the *Artemisia sp.* recovered by different extraction techniques. Chinese Journal of Chemical Engineering. **2011**;19(3):504-11.
 - **Kukreja, A. K., Dhawan, O. P., Ahuja, P. S, Shunshil, K.& Kumar, S. (2000).** Yield potential and stability behaviour of in vitro derived somaclones of Japanese mint (*Mentha arvensis*) under different environments. J Genet Breed; 54: 109-115.
 - **Kundan S., and Anupam S.,(2010).**The Genus Artemisia: A Comprehensive

L

- **Lahsissene H, Kahouadji A, Tijane M, et al.,(2009).**Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaër (Maroc occidental). Rev Botan 186:1–26.
- **Laraoui, Habiba. (2007).**étude phytochimique de l'extrait chloroformique de *Bulpleurumatlanticum*, Université El Hadj Lakhdar Batna, Option : chimie organique, p 35.(Thèse de Magister).
- **Le Floch E., (1983).** Contribution à une étude ethnobotanique de la flore tunisienne. Radès ville, Tunisie : Imprimerie officielle de la République tunisienne.
- **Lemanceau, P. &Heulin, T. (1998).** La rhizosphère. Dans "Sol : interface fragile", Stengel, P. et Gelin, S. (Eds). INRA, Paris, France, p. 93-106.
- **Lemonica I. P., Damasceno D. C. et Di-Stasi L. C. 1. (1996).** Study of the embryotoxic effects of an extract of Rosmary (*Rosmarinus officinalis*). *Brazilian journal of medical and biological research.*, **29** (2) : 223-227.
- **Lhuillier A., (2007).**contribution à l'étude de quatre plantes Malgaches : *Agauria salicifoli* HOOK.F EX OLIVER, *Agauria polyphylla*. BAKER (Ericaceae), *Tambourissa trichophylla* BAKER (Monomiaceae) et *Embellia concinna* BAKER (Myrsinaceae). Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse
- **Longevialle, P. (1981).** Spectrométrie de masse des substances organiques, Masson, Paris.p :32-35.
- **Lovkova M. Y., Buzuk G.N., Sokolova S. M., Kliment'eva N. I. (2001).**Chemical features of medicinal plants (review). *Applied Biochemistry and Microbiology*, 3(37), 229–237.

M

- **Macheix J. J., Fleuriet, A. et Jay, A. C. (2005).** Les composés phénoliques des végétaux un exemple de métabolites secondaire d'importance économique, presses polytechnique et universitaires romandes, p Viii, 1, 3, 5, 7, 10.
- **Mahdaoui, R. et Kahouadji, A., (2007).** Etude ethnobotanique auprès de la population riveraine de la forêt d'Amsittène : cas de la Commune d'Imi n'Tlit (Province d'Essaouira). Bul etin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, n°29,11-20.
- **Mahmoud, S. &Croteau, R. (2002).** Strategies for metabolic engineering of monoterpene biosynthetic capabilities of dectory cell custers isolated from glandular trichomes of pepermint. *Planta* 187. 454 p.

- **Mansour S., (2014).** Evaluation de l'effet anti inflammatoire de trois plantes médicinales : *Artemisia absinthiu L*, *Artemisia herba Alba Asso* et *Hypericum scarboides* . Etude in vivo- .24, 105.
- **Martin, S., Andriantsitohaina, R.,(2002).** Mécanismes de la protection cardiaque et vasculaire des poly phénols au niveau de l'endothélium. Annales de cardiologie et D'angéiologue. Vol(51) : 304–315.
- **Masquelier, J., Dumon, M. et Dumas, J.,(1979).**Stabilisation des collagènes par desoligomères procyanidoliques. Acta thérapeutique. **1** :101-104.
- **Megdiche-Ksouri, W., Trabelsi, N., Mkadmini, K., Bourgou, S., Noumi, A., Snoussi, M., ... & Ksouri, R. (2015)***Artemisia campestris* phenolic compounds have antioxidant and antimicrobial activity. Industrial Crops and Products. **2015**;63:104-13
- **Metoui R, Bouajila J, Znati M, Cazaux S, Neffati M, Akrouit A.** Bioactive flavones isolated from Tunisian *Artemisia campestris* L. Leaves. Cellular and Molecular Biology (Noisy-Le-Grand, France) **2017**; 63: 86 ;p 91.
- **Mitchell, A. R.&Fariss, N. A. (1996).** Peppermint reponse to nitrogen fertilizes in an arid climate. *J plant*.55p
- **Mucciarelli, M., & Maffei, M.,(2002).** *Artemisia*: Introduction to the Genus Vol. 18 Ed Colin W.W. in Taylor & Francis. Ed. London and New York. pp: 10-16.

N

- **Naghibi, F., Mosaddegh, M., Mohammadi Motamed, S., Et Ghorbani,A.,(2005).** Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. *Iran, J.Pharm. Res.* 2, 63-79.
- **Nakatani N. et Inatani R. (1984).**Two antioxidative diterpenes from Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and a revised structure for rosmanol. *Agricultural and Biological Chemistry*,8(48), 2081-2085.
- **Naili M.B., Alghazeer O.A., Saleh N.A., Al-Najjar A.Y.,(2010).**Evaluation of antibacterial and antioxidant activities of *Artemisia campestris* (Asteraceae) and *Ziziphus lotus* (Rhamnaceae). *Arab. J. Chem* 3: 79–84.
- **Neffar.F et Benabdrrahmene.Z.(2013)** Quantification des Huiles Essentielles dans deux Espèces de Romarin (*Rosmarinus officinalis* et *Rosmarinus tournefortii*) au niveau de Djebel Metllili (Batna) , Laboratoire de Biochimie. Département du Biologie. Université Alhadj Lakhdar .Batna

O

- **Offord E. A., Macé K., Ruffieux C., Malnoë A. et Pfeifer A. M. (1995).** Rosmary components inhibit benzo [a] pyrene-induced genotoxicity in human bronchial cells. *Carcinogenesis.*, **16** (9) : 2057-2062.
- **Okamura N., Haraguchi H., Hashimoto K. ET Y a g h i A. (1994).** Flavonoids in *Rosmarinus officinalis* leaves. *Phytochemistry*, **37** (5): 1463-1466.
- **Okuda, T., Kimura, Y., Yoshida, T., Hatano, T., Okuda, H. and Arichi, S., (1983).**Studies on the activitis of tannins and related compounds from medicinal and drugs.Inihibitory effects of lipid peroxydation in mitochandria and microsome of lever.Chem. Pharm. Bull. **31**:1625-1631.

P

- **Paris, R. & Godon M. (1979).** Chromatographie en couche mince et sur papier des Huiles essentielles. Ed. Masson, Paris.
- **Paris, R. & Hurabielle, M. (1981).** Abrégé des matières médicales pharmacognosie. Edition Massoin. 339 p.
- **Paris A., Strukelj B., Renko M., Turk V., Pukl M., Umek A. et Korant B. D. (1993).** Inhibition effects of carnosic acid on HIV-I protease in cell free assays. *Journal of natural products.*, **56** (8) : 1426-1430.
- **Pavela R., (2009).** Larvicidal effects of some Euro-Asiatic plants against *Culex quinque fasciatus* Say larvae (Diptera: Culicidae). *J. Parasitol Res.*105: 887-892
- **Pérez M. B., Calderón N. L. et Croci C. A. (2007).** Radiation-induced enhancement of antioxidant activity in extracts of Rosmary (*Rosmarinus officinalis L.*). *Food chemistry.*, 104 :585-592.
- **Pibiri, M.C. (2005).** Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. Thèse de doctorale. Ecole poly technique fédérale, EPFL.Lausanne (Suisse).
- **Pierangeli, G., Vital, G. and Windell, R., (2009).** Antimicrobial activity and cytotoxicity of *Chromolaena odorata* (L. f). King and Robinson and *Uncaria perrottetii* (A. Rich) Merr. Extracts. *J. Medicinal Plants Res.* **3(7)** : 511-518
- **Pottier G., (1981).** *Artemisia herba-alba*. Flore de la Tunisie: angiosperms dicotylédones gamopétles.

Q

- **Quezel P., Santa S.,(1962).** Nouvelle flore de l'Algérie et de régions désertiques méridionales. Ed. C.N.R.S, Paris. 11-65-565p.

R

- **Rasmussen, K .E. et Baerheims V. (1972).** Quantitative determination of the various compounds of the volatile oil in small amounts of plant material by means of gas liquid chromatography. Terpenes and related compounds XVIII, Pharm Weekblad, 107, 277-284.
- **Richard, H. & Peyron, F. (1992).** Epices et aromates. Ed .Tec & Doc. Lavoisier. Paris. 339 P
- **Roland, J.C. (2002)** Des plantes et des hommes, F75647cedex3, 109p.
- **Rouabah Y. (2010)** : Contribution à une étude quantitative des huiles essentielles dans deux espèces végétales: *Globularia alypum L.* et *Rosmarinus officinalis L.* dans le P.N.B. Mém. Ing. Univ. Batna. 68 P.
- **Rosua, J .L., Garcia-Granadosa. (1987).** Analyse des huiles essentielles d'espèces du genre *Rosmarinus L.* et leur intérêt en tant que caractère taxonomique, *Plant Med Phyt*, 21, 121, 138-143.

S

- **Samuelsson G. et Bohlin L. (2010).** Drugs of natural origin : A Treatise of Pharmacognosy. Swedish Pharmaceutical Press, 6th ed, Stockholm, 776p.
- **Schwarz K. et Ternes W. (1992).** Antioxidative constituents of *Rosmarinus officinalis* and *Salvia officinalis*. II. Isolation of carnosic acid and formation of other phenolic diterpenes. *Z Lebensm Unters Forsch*, 2(195), 99-103.
- **Saoudi M, Allagui MS, Abdelmouleh A, Jamoussi K, El Feki A. (2010) :** Protective effects of aqueous extract of *Artemisia campestris* against puffer fish *Lagocephalus lagocephalus* extract-induced oxidative damage in rats. *Experimental and Toxicologic Pathology*. **2010**;62(6):601-5.
- **Sefi M., Fetoui H., Makni M., and Najiba Zeghal N.,(2010).** Mitigating effects of antioxidant properties of *Artemisia campestris* leaf extract on hyperlipidemia, advanced glycation end products and oxidative stress in alloxan-induced diabetic rats. *J. Food. Chem. Toxicol.* 48: 1986–1993
- **Sefi M, Fetoui H, Soudani N, Chtourou Y, Makni M, Zeghal (2012).** *N. Artemisia campestris* leaf extract alleviates early diabetic nephropathy in rats by inhibiting protein oxidation and nitric oxide end products. *Pathology-Research and Practice.*;208(3):157-62.
- **Seghiri, R. (2008).** Recherche et Détermination Structurale des Métabolites Secondaires du Genre *Centaurea* : *C. africana*, *C. nicaensis*. Thèse de Magistère. Univ Constantine
- **Silou, T. Loubaki. (2003).** Optimisation de l'extraction de l'huile essentielle de *Cymbopogon citratus* grâce à un plan factoriel complet. *Journal of food engineering*.
- **Soliman, M. M. M., (2006).** Phytochemical and toxicological studies of *Artemisia L.* (Compositae) essential oil against some insect pests. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*. 41(3-4): 395-406. Soro, L.C., Grosmaire, L., Ocho-Anin Atchibri
- **Souhila touil, (2012).** Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Artemisia Herba Alba Asso* et *Artemisia campestris L* de la Region de Djelfa 14/11/2012
- **Souza C. R. F., Schiavetto I. A., Thomazini F. C. F. et Oliveira W. P. (2008).** Processing of *Rosmarinus officinalis* linne extract on spray and spotted bed dryers. *Brazilian journal of chemical engineering.*, **25** (1) : 59-69.
- **Skoog, D.A., Holler, F.J. & Nieman, T.A. (2003).** Principes d'analyse instrumentale. 1^{ère} édition, Ed. De Boeck Université, p: 945.

T

- **Teres, P. (2007).** Effet de la lumière et de la température sur l'accumulation en saponines triterpénoïdiques chez *Centella asiatica*, thèse de Master, université de languedoc.
- **Touafek O, (2010).** Etude Photochimique De Plantes Médicinales Du Nord Et Du Sud Algériens. Thèse de doctorat en science, université de Constantine, 226-227.
- **Tranchant, J. (1995).** Manuel Pratique de Chromatographie en phase Gazeuse. Paris: Masson

- **Tutin T. G., Heywood V. H., Burges N. A., Moore D. M., Valentine D. H. Walters S. M., Webb D. A. (1972).** Flora Europaea, Diapensiaceae to Myoporaceae. Cambridge University Press, Cambridge, 385p

V

- **Valnet, J. (1984).** L'Aromathérapie, édition. Livre de Poche, 1984.
- **Valnet, J. (2003).** Les huiles essentielles, nue santé toute naturelle. Phytothérapie recherche à la pratique. 12 p.
- **Vamvakias, M., (2002),** “Composition and seasonal variation of the essential oil from leaves and peel of a lemon variety”, Journal of Agricultural and Food Chemistry, V. 5 n°1, (2002), 147-153.
- **Vekiari, S.A.,** Protopapadakis, E.F., Papadopoulou, P., Papanicolaou, D., Panou, C.,
- **Viaud, H. (1993),** Thérapeutiques naturelles- Caractérisation des huiles essentielles d' *Hyptisspicigera Lam, Pluchea ovalis* – GNOMA.
- **Vilain, M. (1987).** La production végétale. Les composants de la production. Volume 1. Tec & Doc
- **Vilain, M. (1989).** La production végétale. La maîtrise technique de la production. Volume 2. Tec & Doc

W

- **Wagstaff S. J., Hickerson L., Spangler R., Reeves P. A., Olmstead R. G.(1998).** Phylogeny in Labiatae s. l. inferred from cpDNA sequences. *Plant Systematics and Evolution.* 3-4(209), 265–274.
- **Wang W., Wu N., Zu Y. G. and Fu Y. J. (2008).** Antioxidant activity of *Rosmarinus officinalis* L oil compared to its main compound. *Food chemistry.*, **108** (3) : 1019-1022.
- **William, G. H. (2003).** Physiologie végétale, 2 éme édition de Boeck et Lavoisier

Annexes

ANNEXE

Annexe 1

- Les extraits méthanoliques

Tableau 1 : le rendement des extraits méthanoliques de *Rosmarinus officinalis*

Matière sèche	Extraction	Le pois de ballon vide	Le pois de ballon avec l'extrait	Le rendement en g	Le rendement en %
50g	1 ^{ère} extraction	153,36	160,78	7,42 g	14,84%
	2 ^{ème} extraction	278,90	285,81	8,91 g	13,82%
	3 ^{ème} extraction	155,78	163,63	7,84 g	15,68%
La moyenne					14,78%

Tableau 2: le rendement des extraits méthanoliques d'*Artemisia campestris.L*

Matière sèche	Extraction	Le pois de ballon vide	Le pois de ballon avec l'extrait	Le rendement en g	Le rendement en %
50g	1 ^{ère} extraction	15841	164,02	5,61 g	11,22%
	2 ^{ème} extraction	223,94	228,64	4,7g	9,42%
	3 ^{ème} extraction	225,11	230,65	5,54 g	11,08%
La moyenne					10,57%



Fig1. Calcul la masse des extraits méthanoliques

- **L'extraction des flavonoïdes**

Tableau 3 : les résultats obtenus d'extraction des flavonoïdes par solvants pour *Artemisia campestris*

Matière sèche	Extraction	Le pois de ballon vide	Le pois de ballon avec l'extrait	Le rendement en g	Le rendement en %	La moyenne
50g	CH ₂ CL ₂ - 1	- 95,481	- 95,8460	- 0,365 g	- 0,73%	0,89%
	-2	- 100,020	- 100,545	- 0,525 g	- 1,05%	
	Acé-éth -1	- 119,2490	- 119,4061	- 0,157 g	- 0,314%	0,355%
	-2	- 110,036	- 110,235	- 0,198 g	- 0,396%	
	n-butanol-1	- 110,1493	- 110,7041	- 0,554 g	- 1,109%	0,866%
	-2	- 119,109	- 119,421	- 0,312g	- 0,624%	

Tableau 3 : les résultats obtenus d'extraction des flavonoïdes par solvants pour *Rosmarinus officinalis*

Matière sèche	Extraction	Le pois de ballon vide	Le pois de ballon avec l'extrait	Le rendement en g	Le rendement en %	La moyenne
50g	CH₂CL₂ - 1	-95,481	-96,6192	-1,1382 g	-2,276%	3,42%
	-2	-102,655	-104,945	-2,290 g	-4,580%	
	Acé-éth -1	-119,043	-119,250	-0,207 g	-0,414%	0,824%
	-2	-102,442	-101,825	-0,617 g	-1,234%	
	n-butanol-1	- 110,036	-110,060	-0,47 g	-0,94%	1,39%
	-2	-59,139	-60,053	-0,920g	-1,841%	

ANNEXE 02

La vanilline sulfurique :

Mettre 1g de vanilline dans 100 ml d'éthanol puis placer le récipient dans un bain de glace,

Ajouter avec précaution 2ml d'acide sulfurique.

Abstrat

The aim of this study is to assess the qualitative and quantitative impact of environmental on the yield and chemical composition of *Artemisia campestris.L* and *Rosmarinus officinalis*

Essential oils of *Artemisia campestris.L* and *Rosmarinus officinalis*.

The essential oils were extracted using the hydrodistillation method. Essential oil yields varied according to plant species, the part of the plant of the plant studied and climatic conditions.

Artemisia campestris.L is 0.48% + 0.10, and that of *Rosmarinus officinalis* is

0.49% + 0.16. Both essential oils are composed of different different chemical elements, with 9 elements identified for *Artemisia campestris.L* and 6 elements for *Rosmarinus officinalis*.

Extraction of the crude flavonoids revealed that the yields of the different fractions can be influenced by plant origin and climatic variations, notably temperature and humidity. These results underline the importance of these environmental factors in the production and composition of chemical compounds present in essential oils.

Keywords: *Artemisia campestris* *Artemisia campestris.L*, *Rosmarinus officinalis*, essential oils, environmental factors, flavonoids.

الملخص

الهدف من هره الدرلنت هو تقييم الأئس النوعي و الكمي للعوامل البيئية على الإنتاج و التركيب الكيميائي للزوت الأشرية لنبات *Artemisia campestris.L* و *Rosmarinus officinalis*. تم اشتراك الص الزوت الأشرية بطريقت التطفير الهوائي بختلاف كميت الزوت الأشرية باختلاف أنواع النباتات و جزء النبات المدروس و الطسوف الهوائية من حصول الزيت الأشرية من هبات: هو $0.48\% \pm 0.10$ و $0.49\% \pm 0.16$. كمال الزيت الأشرية بتكوان من عناصر كيميائية مختلفة باختلاف مع جدد *Rosmarinus officinalis* و *Artemisia campestris.L* 0 عناصر. لـ 0 أصناف. *Rosmarinus officinalis* و أظهر اشتراك سراج الفالوفويد الخام أن النتائج مختلفة و يمكن أن جئات بأصل النبات 1 و اختالفات الإنتاج بما في ذلك الحرارة و السطوية هره النتائج سلطت الضوء على أهمية هره العوامل البيئية في إنتاج و كوان الهل كليات الكيميائية الوجودية في الزوت الأشرية.

الكلمات المفتاحية: الزوت الأشرية للعوامل البيئية، مرهبات الفالوفويد *Artemisia campestris.L* و *Rosmarinus officinalis*

Résumé

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact qualitatif et quantitatif des facteurs environnementaux sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles d'*Artemisia campestris.L* et de *Rosmarinus officinalis*.

Les huiles essentielles ont été extraites en utilisant la méthode d'hydrodistillation. Les rendements en huiles essentielles varient en fonction de l'espèce végétale, de la partie de la plante étudiée et des conditions climatiques. Le rendement de l'huile essentielle d'*Artemisia campestris.L* est de $0,48\% \pm 0,10$, et celle de *Rosmarinus officinalis* est de $0,49\% \pm 0,16$. Les deux huiles essentielles sont composées de différents éléments chimiques, avec 9 éléments identifiés pour *Artemisia campestris.L* et 6 éléments pour *Rosmarinus officinalis*.

L'extraction des flavonoïdes bruts a révélé que les rendements des différentes fractions peuvent être influencés par l'origine de la plante et les variations climatiques, notamment la température et l'humidité. Ces résultats soulignent l'importance de ces facteurs environnementaux dans la production et la composition des composés chimiques présents dans les huiles essentielles.

Mots clés : *Artemisia campestris.L*, *Rosmarinus officinalis*, huiles essentielles, facteurs environnementaux, flavonoïdes.