



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique
Centre Universitaire El-Wancharissi de Tissemsilt



Institut de Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la nature et de la vie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
de Master académique en

Filière : Biologie

Spécialité : Biochimie Appliquée

Présenté par :

- * GHLIB Fatma Zohra
- * MEZOUOGHI Siham
- * MERZOUG Fatma

Thème

**Caractérisation biochimique et activités biologiques des huiles
essentielles de plante médicinale *Juniperus Oxycédrus* du parc
national de Theniet El Had**

Soutenu le,

Devant le Jury :

IMESSAOUDENE Issemahan	Président	M.C.B	CU-Tissemsilt
HALLAL Nouria	Encadrant	M.C.B	CU-Tissemsilt
CHOUHIM kada Mohammed	Examineur	M.A.A	CU-Tissemsilt

Année universitaire : 2019-2020

Remerciement

Avant tout chose, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la santé pour réalisés ce travail.

*Nous tenons à remercier vivement notre promotrice **Mme. HALLAL Nouria**, d'avoir d'accepté de nous encadrer. Nous la remercions aussi pour son aide, ces conseils, ses orientations et pour sa patience, ainsi que pour ses qualités relationnelles et humaines et son soutien moral. Merci pour tout.*

*Nous remercions également à la présidente du jury **Mme. IMESSAOUDENE**, ainsi que l'examinateur **M. CHOUHIME** d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous adressons aussi nos plus vifs remerciements à la responsable de la bibliothèque de l'université Ahmed Ben Yahia El Wancharissi- Tissemsilt **M. AOUN Hamid***

*Nos remerciements s'adressent aussi le professeur **BLEKAID BOUALLEM** et le responsable de la bibliothèque du **PNTH M. ZEDAK Hamza** pour leur aide dans la réalisation de notre travail.*

*Aussi nous remercions exceptionnellement **Mme. GHESAB Kheira** pour leur encouragement et son aide ainsi que son très bon conseil pour la réalisation de notre travail.*

A tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin, par un geste, une parole ou un conseil, on leur dite merci.

Dédicace

Je dédie ce travail à mes chers parents que Dieu les protège et les garde en santé.

A mes chères sœurs.

A mes chers frères : Omar et Tayeb

A mes chers amies : Fatma, Siham, Wafa pour les beaux et les mauvais moments qu'on à partagés ensemble, pour sa compréhension et son soutien indéfectible.

A toute la promotion de Master II Biochimie Appliquée (2019/ 2020).

Fatma Zohra

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A tous les personnes qui m'encouragent toujours aux moments difficiles :

*Avant tous a mon père **Ghalem**, la source de courage*

*A ma mère **Fatima**, la fleur de mes espérances et la source de la tendresse*

*A mes frères : **Sofiane, Mohammed***

*A mes sœurs : **Hayet, Amira***

*A la famille surtout ma chère tante **GHESSAB Kheira***

*A mes amies les plus proche : **Soulef, Manel, Fatima, Wafa, Fatma Zohra, Amel, Nadjet, Kenza, Zeyneb, Ahlam.***

A toutes les promotions de master II biochimie appliquée (2019-2020).

Síham

Dédicace

C'est avec un très grand honneur que je dédie ce travail aux personnes les plus chers au monde :

*A mes chers parents : **Rabeh** et **Kaltoum** que Dieu les protège et les garde en santé.*

*A mes chères sœurs : **Senia**, **Djazia** et **Manal***

*A mes chers frères : **Mohamed**, **Fateh**, **Boualam**, **Aïssa**, **Ali** et **Bouziane***

*A mes chères amies : **Fatma Z**, **Siham** et **Wafa**, **Hayat**, **Souad**, **Zineb**, **Ahlam**, **Ikram**, **Anisa** et **chouchou**, pour les beaux et les mauvais moments qu'on à partager ensemble, pour son compréhension et son soutien indéfectible.*

A toute la promotion de Master II Biochimie Appliquée (2019/ 2020).

Fatma

Table de matière

Remerciement

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction.....1

Partie bibliographique

Chapitre I : Les plantes aromatiques et médicinales

1- Histoire des plantes aromatiques et médicinales	02
2- Plante aromatique et médicinale en Algérie.....	03
3- Les plantes aromatiques et médicinales dans la wilaya de Tissemsilt.....	03
4- Les plantes aromatiques et médicinales dans le parc national de Theniet El Had	9
5- Présentation de la famille cupressacées	10
5.1- Juniperus Oxycédrus en Algérie	10
5.2- Juniperus Oxycédrus dans le parc national de Theniet El Had	11
5.3- Présentation de Genévrier Oxycédrus	12
5.3.1- Origine et distribution géographique	12
5.3.2- Classification systématique de Juniperus Oxycédrus	12
5.3.3- Description botanique	13
5.3.4- Utilisation de Genévrier Oxycédrus.....	13

Chapitre II : Généralité sur les huiles essentielles

1- Les huiles essentielles	14
1.1- Historique.....	14
1.2- Définition.....	14
1.3- Localisation et la synthèse des huiles essentielles	15
1.4- Le rôle d'huile essentielle	15
1.5- Propriété physico-chimique	15
1.6- La composition chimique.....	16

1.6.1- Les terpènes ou terpénoïdes	16
1.6.2- Les composés aromatiques.....	16
1.6.3- Composés d'origines diverses.....	17
1.7- La voie métabolique des huiles essentielles	17
1.7.1- La voie des terpénoïdes	17
1.7.2- La voie des phénylpropanoïdes (Composé aromatique)	18
1.8- Les facteurs influençant la variabilité des huiles essentielles	18
1.9- La fonction des huiles essentielles	18
1.10- Les méthodes d'extraction	19
1.10.1- La Distillation	19
1.10.2- L'hydrodistillation	19
1.10.3- L'hydrodiffusion	20
1.10.4- L'entraînement à la vapeur	21
1.11- Les méthodes d'analyses.....	21
1.11.1- La chromatographie sur couche mince (CCM).....	21
1.11.2- La chromatographie en phase gazeuse (CPG)	21
1.11.3- Le couplage CPG- SM	22
1.12- La conservation des huiles essentielles	22
1.13- L'utilisation des huiles essentielles.....	22
1.13.1- En parfums et cosmétiques.....	22
1.13.2- Dans le domaine médical	22
1.13.3- Dans agro- alimentaire	22
1.14- La filière des huiles essentielles	22
1.15- La toxicité des huiles essentielles	23
2- Production du goudron de cade.....	23
2.1- Définition de la carbonisation ou distillation sèche	24
2.2- Les fours.....	24
2.3- Les produits dérivés de l'huile de cade	26
2.4- Propriétés physiques de l'huile de cade	26
2.5- Composition de l'huile de cade.....	26
2.6- Propriétés pharmacologiques de l'huile de cade	27
2.7- Utilisation de l'huile de cade.....	34
2.7.1- Utilisation cosmétiques	34
2.7.2- Utilisation en médecine vétérinaire.....	34
2.7.3- Utilisation en médecine humaine	35
2.7.4- Utilisation phytopharmaceutiques.....	35

2.8- Toxicité de l'huile de cade	36
2.9- Données sur les cas de cancérisation	37

Chapitre III : Les activités biologiques étudiées in vitro.

1- Stress oxydatif et les antioxydants	39
1.1- Stress oxydatif	39
1.2- Les antioxydants	39
1.2.1- Définition	39
1.2.2- Les sources des antioxydants	39
1.2.3- Propriété et rôle des antioxydants	40
1.2.4- Classifications des antioxydants suivant la nature chimique dans les aliments.....	40
1.2.4.1- Les antioxydants synthétiques	40
1.2.4.2- Les antioxydants naturels	40
1.2.5- Les méthodes d'évaluation des propriétés antioxydants in vitro	40
1.2.5.1- Le test de DPPH	41
1.2.5.2- Le test de FRAP	41
1.2.5.3- Le test d'ABTS	41
1.2.5.4- Le test d'ORAC.....	41
1.2.5.5- Le test de TRAP	42
2- Généralité sur les bactéries et les antibiotiques	42
2.1- Les bactéries	42
2.1.1- Définition	42
2.1.2- Culture des bactéries	42
2.1.3- La description des bactéries étudiées	42
2.1.3.1- Escherichia coli	42
2.1.3.2- Staphylococcus aureus	43
2.1.3.3- Pseudomonas aeruginosa	43
2.2- Les antibiotiques	43
2.2.1- Définition	43
2.2.2- Critère de classification	43
2.2.3- Les cibles bactériennes des antibiotiques	44
2.2.4- Résistances aux antibiotiques	44
2.2.4.1- La résistance naturelle.....	44
2.2.4.2- La résistance acquise.....	44

Partie expérimental

Etude de la zone : Le Parc National de Theniet El Had

1- Présentation générale	45
2- Situation géographique.....	45
3- Etude des caractérisations physiques de la zone	46
3.1- L'exposition	46
3.2- La pente.....	46
3.3- L'altitude	46
3.4- La pédologie.....	47
3.5- L'hydrologie.....	47
3.5.1- Les oueds.....	47
3.5.2- Les sources	48
3.5.3- Les étangs.....	48
4- Etude climatique de la zone	48
4.1- Les précipitations	48
4.2- Le régime saisonnier	48
4.3- La température	49
4.4- Le vent.....	49
4.5- L'humidité.....	50
4.6- La neige.....	50
5-La flore	50
5.1- La cédraie	50
5.2- La yeusaie	51
5.3- La subéraie	51
5.4- Le zeeanaie	51
5.5- Le pinède	51
5.6- Les autres	51

Matériel et méthode

1- Extraction des huiles essentielles	54
2- Calcule de rendement.....	54
3- Analyse CG/SM	54
4- L'activité antioxydant	54
5- L'activité antimicrobienne	55

Résultat et discussion

1- Le rendement d'huile essentielle.....	57
2- L'analyse chimique d'huile essentielle	58
3-L'activité antioxydant	61
4- L'activité antimicrobienne	64
Conclusion	66

Résumé

Les références bibliographiques

Liste des figures

Figure 1 : Juniperus Oxycédrus.....	12
Figure 2 : Schéma de technique d'hydrodistillation.....	20
Figure 3 : Schéma de hydrodiffusion.....	20
Figure 4 : Schéma de l'entraînement à la vapeur.....	21
Figure 5 : Anciens fours à cade.....	25
Figure 6 : Coupe longitudinale d'un four à cade.....	28
Figure 7 : Le β - cadinène.....	28
Figure 8 : Le cadinol.....	31
Figure 9 : Carte de situation géographique de PNTEH.....	46
Figure 10 : Carte de répartition de type de sol de PNTEH.....	47
Figure 11 : Carte de végétation de PNTEH.....	50
Figure 12 : Le protocole de DPPH.....	55
Figure 13 : Illustration de la méthode d'aromatogramme.....	56
Figure 14 : L'IC50 de l'HE de J.Oxycédrus et les standards dans les trois pays.....	63
Figure 15 : Diamètre des zones d'inhibition d'HE de J.Oxycédrus dans les trois pays.....	65

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les PM dans wilaya de Tissemsilt.....	04
Tableau 2 : La répartition de Genévrier Oxycédrus dans PNTEH	11
Tableau 3 : Composants de l'huile de cade.....	29
Tableau 4 : La répartition mensuelle et annuelle de la pluviosité de 1913-1938.....	48
Tableau 5 : La répartition saisonnière de précipitation (mm).....	49
Tableau 6 : La direction des vents dans le PNTEH.....	49
Tableau 7 : Différents méthodes utilisées dans les trois pays.....	53
Tableau 8 : La teneur d'huile essentielle du Juniperus Oxycédrus.....	57
Tableau 9 : La composition chimique d'HE de J.Oxycédrus des trois pays.....	59
Tableau 10 : Les IC50 d'HE et des standards dans les trois pays.....	62
Tableau 11 : Diamètre des zones d'inhibition de l'HE des trois pays.....	64

Liste des abréviations

PAM : Plante Aromatique et Médicinal

Km : Kilo mètre

% : Pourcentage

PNTH: Parc National de Theniet El Had

Cm: Centimètre

m: Mètre

J: Juniperus

ha: Hectare

HE: Huile Essentielle

mm: Millimètre

Avant J.C : Avant Jésus- Christ

AFNOR : Association Française de Normalisation

C° : Degré Celsius

PPI3 : Isopentényl Diphosphate

MVA : Acide Mévalonique

ATP : Adénosine Triphosphate

PPI2 : Diméthyllalyl- Diphosphate

PPG : Pyrophosphate de Géranyle

PPF : Pyrophosphate de Famésyl

CCM : Chromatographie sur Couche Mince

CPG : Chromatographie en Phase Gazeuse

N₂ : Azote

H₂ : Hydrogène

He : Hélium

CPG- SM : Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse

SM : Spectrométrie de Masse

IE : Ionisation Electronique

IC : Ionisation Chimique

DFG : Direction Générale des Forêts

ERO : Espèces Réactivées de l'Oxygène

BHT : Butyl-Hydroxy-Toluène

BHA : Butyl-Hydroxy-Anisole

DPPH : 2,2- Diphényl- 1- Picryl- Hydrazyle

FRAP : Ferric Reducing Antioxidant Power

TPTZ- Fe³ : Tripyridyletraizine Ferrique

PH : Potentiel d'Hydrogène

nm : Nanomètre

ABTS : Sel d'ammonium de l'acide 2,2- azinobis- (3- éthylbenzothiazoline- 6-Sulfonique)

TEAC : Capacité Antioxydant Exprimé en équivalent Trolox

ORAC : Oxygène Radical Absorbance Capacity

TRAP : Total Réactive Antioxydant Potentiel

T : Température

ATB : Antibiotique

HPAE : Hiver, Printemps, Automne et Eté

N : Nord

NE : Nord Est

E : Est

SE : Sud Est

S : Sud

SO: Sud Ouest

O: Ouest

NO: Nord Ouest

S.aureus: Staphylococcus aureus

E.coli : Escherichia coli

P.aeruginosa : Pseudomonas aeruginosa

µm : Micromètre

min : Minute

ml/min : Millilitre par Minute

h: Heure

ev: Electron volt

v : Volt

m/z: Masse par Charge

µl : Microlitre

P/V : Poids par Volume

CFµ/ml : Colonie Formant Unité par Millilitre

IC50 : Concentration d'Inhibition

µg/ml : Microgramme par Millilitre

d : Diamètre

Introduction

Face aux problèmes de santé, l'homme a toujours essayé de trouver des solutions parfois efficaces, mais qui ne sont pas sans danger sur son bien être.

Les effets néfastes des substances de synthèse ont suscité l'intérêt des scientifiques de rechercher des substances naturelles bioactives.

Ces dernières peuvent avoir plusieurs sources, mais le monde végétal reste un bon réservoir pour trouver des substituts aux substances de synthèse.

Effectivement, d'origine végétale, les huiles essentielles sont des substances naturelles qui possèdent un large spectre d'activité antibactérienne (**Derwich et al., 2010**), antifongique (**Dambolena et al., 2010**), antiparasitaire (**Burt, 2004; Bakkali et al., 2008**), insecticide (**Burt, 2004; Batish et al., 2008; Kordali et al., 2008**).

Cependant, il existe aujourd'hui approximativement 3000 huiles, dont environ 300 sont réellement commercialisées, destinées principalement à l'industrie pharmaceutique, agronomique, alimentaire, sanitaire, industries cosmétiques et de parfums (**Bakkali et al., 2008**).

L'huile de cade est le produit de la pyrogénéation du cadier ; *Juniperus Oxycédrus*. D'usage ancien, elle est connue pour ses vertus thérapeutiques depuis le moyen âge. Elle a été utilisée avec succès sur diverses maladies tel que l'eczéma et le psoriasis, agit comme antiseptique antiprurigineux, antifongique, cicatrisant et kératolytique. Elle est utilisée à ce jour en médecine vétérinaire (**Belliot, 2007**).

L'objectif de ce présent travail de mémoire s'inscrit dans le cadre de la valorisation des substances naturelles à travers l'étude de l'huile essentielle de *Juniperus Oxycédrus*.

En effet, nous avons choisi d'étudier l'huile essentielle de genévrier d'espèce *Juniperus Oxycédrus* de trois pays de Maghreb (L'Algérie, la Tunisie et le Maroc).

Pour ce faire, nous avons envisagé d'organiser ce travail en deux parties.

La première partie, composée de trois chapitres, se veut une synthèse bibliographique sur :
Chapitre I : généralité sur les plantes aromatiques médicinales (PAM) et description botanique de *Juniperus Oxycédrus*.

Chapitre II : généralité sur les huiles essentielles (HE) et les différentes techniques d'extraction et d'analyse des huiles essentielles.

Chapitre III : s'intéresse aux activités biologiques des huiles essentielles étudiées in vitro.

Tandis que la deuxième est une partie expérimentale qui regroupe trois chapitres traitant successivement la description de la zone d'étude, la caractérisation chimique et les activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus Oxycédrus* de trois pays de Maghreb (L'Algérie, la Tunisie et le Maroc).

Dans chaque chapitre, nous présentons les résultats obtenus ainsi que leur discussion et enfin, nous concluons sur les résultats obtenus.

Partie Bibliographie

Chapitre I
Plantes Aromatiques
Et médicinales

1 Histoire des plantes aromatiques et médicinales

Les plantes aromatiques et médicinales (PAM) ont de tout temps été employées pendant des siècles comme remèdes pour les maladies humaines parce qu'elles contiennent des composants de valeur thérapeutiques (TOURE, 2015), qui peuvent être utilisés en traitement curatif et préventif (OULDMAHAMMED et SI BACHIR, 2017).

A travers des siècles passés, un grand nombre de plante aromatique et médicinale possèdent des propriétés biologiques très intéressantes qui trouvent application dans divers domaines dont en médecine, pharmacie, cosmétologie et en agriculture (LAGHOUITER *et al.*, 2015).

Au 5^{ème} siècle, HIPPOCRATE, père de la médecine occidentale, est connu par son utilisation de ces plantes pour les traitements thérapeutiques (JDIDI, 2015), plus tard, la Grèce antique se distingue avec les 1ers thérapeutes, comme HIPPOCRATE, il mentionne des observations cliniques avec plus de 230 plantes. Puis les plantes furent classées par degré de toxicité, et THEOPHRASTE devient le botaniste le plus marquant de l'antiquité. Il nomma plus de 500 plantes et se livra à des expérimentations..., par la suite, DIOSCORIDE (herboriste grec) écrivit un recueil de plus de 500 plantes en 5volumes. Cet ouvrage connu sous le nom de « Meteria Media» fut publié pour la première fois en 1478 (BEDDOU, 2015).

Aux 8^{ème} et 9^{ème} siècles les arabes avaient aussi leurs spécialistes en médecine et en pharmacie. "Ibn SINA" ou Avicenne fut l'un des grands médecins dans son époque qui a produit la première huile essentielle pure, une huile essentielle de rose.

A l'époque contemporaine (19^{ème} et 20^{ème} siècle), les plantes sont analysées chimiquement et leur activités biologiques sont démontrées (JDIDI, 2015).

Au cours de dernières années, l'Europe a importé annuellement, en moyenne, 120000 tonnes de PAM provenant de plus de 120 pays différents, cinq pays européens font partie des 12 plus grand pays importateurs au monde des PAM: l'Allemagne, l'Espagne, la France, l'Italie et le Royaume- uni.

De nos jours, entre 20000 et 25000 plantes ont utilisées dans la pharmacopée humaine. Les grands types de PAM utiles à l'homme peuvent être définis par leur principal usage, on peut citer:

- * Plantes pour tisanes
- * Plantes à usage cosmétique
- * Plantes à usage aromatique
- * Plantes à usage alimentaires
- * Plantes à usage industriels
- * Plantes médicinales (JEAN-CHRISTOPHE et CHADOULI, 2012).

2 Plantes aromatiques et médicinales en Algérie

Dans un pays regorgeant d'une richesse très importante en flore comme l'Algérie, la valorisation de la filière des plantes aromatiques et médicinales est devenue indispensable. Le Sahara, le plus vaste et le plus chaud des déserts du monde (**BEDDOU, 2015**).

L'Algérie couvre une surface de 2381741 Km², c'est le plus grand pays d'Afrique. Deux chaînes montagneuses importantes, l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au sud.

Les plantes aromatiques et médicinales sont des végétaux qui renferment des huiles essentielles (**BHAR et BALOUK, 2011**), parmi les espèces végétales (800000 à 1500000 selon les botanistes) 10% seulement sont dites « aromatiques », c'est-à-dire qu'elles synthétisent et sécrètent des infimes quantités d'essence aromatique par l'intermédiaire de poils, poches ou canaux sécréteurs (**RIYAHA, 2013**).

De tout temps, les plantes médicinales ont eu une grande influence et occupé une place importante dans la vie quotidienne en Algérie (**OUIS et BAKHTAOUI, 2017**), elle divisée en deux groupes:

* Plantes de cueillette: ce sont des plantes spontanées récoltées pour certains de leur effet thérapeutique reconnu par pharmacopées traditionnelles.

* Plantes de culture: ce sont des plantes de cueillette cultivées par des techniques agricoles (**DJEBAILI et ZELLAGU, 2013**).

En Algérie l'usage de plantes médicinales est une tradition de loin. Même pendant le colonialisme français de 1830 à 1962, les botanistes ont réussi à cataloguer un grand nombre d'espèces comme médicinales et un livre sur les plantes aromatiques et médicinales d'Algérie a été publié en 1942 par Fourment et Roques, où ils ont mentionné, décrit et étudié 200 espèces. La plupart d'entre elle était du Nord de l'Algérie et seulement 6 espèces ont été localisées au Sahara (**BERREGHIOUA, 2016**).

L'Algérie est classée 74^{ème} importateur au niveau mondial de plante aromatique et médicinal et 44^{ème} mondial pour les importations de huile essentielle (**OULDMAHAMMED et SI BACHIR, 2017**), Elle compte actuellement quelques 3000 variétés de plantes aromatiques et médicinales, dont 600 seulement sont utilisées (**KYO, 2019**).

En effet, l'Algérie constitue aujourd'hui un importateur net de plantes aromatiques et médicinales, elle importe presque la totalité de ses besoins en plante aromatique et médicinal et huile essentielle (**OUIS et BAKHTAOUI, 2017**).

3 Les PMA dans la wilaya de Tissemsilt

On trouve environ 70 variétés de plantes médicinales à travers le pays chez Tissemsilt, résumé dans le tableau suivante :

"Tableau 1" - Les PM dans wilaya de Tissemsilt (Direction général des forêts, 2019)

Le nom arabe	Le nom scientifique	La nature de plante			L'intensité		
		Arbre	Arbuste	Herbe	Forte	moyenne	Faible
الفرعون	<i>Scilla marilima</i>			+	+		
بن نعمان	<i>Papaver rhoras</i>			+	+		
الإكليل الجبلي	<i>Rosmarinus officinales</i>		+		+		
البرواق	<i>Asphodelus microcarpus</i>			+	+		
العسلوج	<i>Plantago psylium</i>			+	+		
البصيلة	<i>Muscricomsum</i>			+	+		
Le nom arabe	Le nom scientifique	La nature de plante			L'intensité		
		Arbre	Arbuste	Herbe	forte	Moyenne	faible
تاسلغة	<i>Globularia alypum</i>			+	+		
تالغودة	<i>Bunium mauritanicum</i>			+			

تمريوت	<i>Melissa officinalis</i>			+	+		
الدرياس	<i>Thapsia garganica</i>		+		+		
الحلحال	<i>Lavandula stoechas</i>		+		+		
الحميضة	<i>Rumex acetosa</i>			+	+		
الصفصاف	<i>Populus nigra</i>	+			+		
عود الماء	<i>Salix alba</i>	+			+		
السنابرية	<i>Ammi visnaga</i>			+	+		
الدردار	<i>Fraxinus augustifolia</i>	+			+		
الدقلة	<i>Nerium aleander</i>	+			+		
البسباس الحر	<i>Foeniculum officinale</i>			+	+		

Le nom arabe	Le nom scientifique	La nature de plante			L'intensité		
		Arbre	Arbuste	Herbe	Forte	Moyenne	Faible
الرمان	Pinuca glanitim	+			+		
الزيتون	Olea europiana	+			+		
الزعتر	Thmus vulgaria			+	+		
الصمار	Cyperus longus		+		+		
الشندقورة	Ajuga reptanis			+	+		
الطرفة	Tamarix articulata	+			+		
العراعر	Juniperus phoenicia	+			+		
العليق	Morus rubra	+			+		
الرند	Laurus nobilis	+			+		
مريوة	Marrubium bulgare			+	+		
الفليو	Mentha pulegium			+	+		
الحرايق	Urtica dioica			+	+		
الطاقة	Juniperus oxycedrus	+				+	
الكاليتوس	Eucalyptus globulus	+			+		
المليس	Rhamnus alaternus			+	+		

Le nom arabe	Le nom scientifique	La nature de plante			L'intensité		
		arbre	Arbuste	Herbe	forte	Moyenne	faible
مقرمان	<i>Inula viscosa</i>			+	+		
النغاع	<i>Metha pipierita</i>			+	+		
الخروب	<i>Cirtonia ciliqua</i>	+				+	
الحسكة	<i>Tribulus terrestris</i>			+		+	
سبولة الفار	<i>Triticum repens</i>			+	+		
الشيح	<i>Artemisia herba alba</i>		+			+	
الفيجل	<i>Ruta montana</i>			+		+	
الحلفاء	<i>Stipa tenacissima</i>			+	+		
الصنوبر	<i>Pinus halpensus</i>	+			+		
السرو	<i>Cupressus sempervirens</i>	+			+		
الصفصاف	<i>Populus alba</i>	+			+		
النصرانية	<i>Opentia fegus indica</i>		+		+		
اللنج	<i>Arbustus unedo</i>		+			+	
صريمة الجدي	<i>Lonicera caprifolium</i>		+				+
الضرو	<i>Pistachia leutiscus</i>		+			+	

مرارة الحنث	<i>Erythraea centaauriumn</i>			+			+
Le nom arabe	Le nom scientifique	La nature de plante			L'intensité		
		Arbre	Arbuste	herbe	Forte	Moyenne	Faible
هليون	<i>Asparagus officinalis</i>		+				+
الحلبة	<i>Trigonella foenon</i>			+			
فتات الحجر	<i>Spergularia rubra</i>			+			
الضرو	<i>Pistacia lentiscus</i>		+			+	
الشندق	<i>Erica arboreal</i>		+			+	
اللزاز	<i>Daphne gnidiumn</i>		+		+		
خزام	<i>Reseda alba</i>			+		+	
ثوب الحنث	<i>Ruscus aculeatus</i>		+			+	
لسان العصفور	<i>Fraxnus oxyearpe</i>	+					+
المضاض	<i>Evonymus europacust</i>		+				+
ليلة	<i>Syringa vulgaris</i>	+					+
الأرز الأطلسي	<i>Cedrus atlantica</i>	+			+		
بابونج	<i>Chamabemelun nobil</i>			+		+	
شوك الحمار	<i>Ononis antiquorun</i>			+		+	
الصبيانة	<i>Fumaria officinalis</i>			+		+	

الجوز	<i>Juglans regia</i>	+					
المسكرة	<i>Datura stramonium</i>			+		+	
Le nom arabe	Le nom scientifique	La nature de plante			L'intensité		
		Arbre	Arbuste	Herbe	Forte	Moyenne	Faible
برزطم	<i>Aristolochia rotunda</i>			+			+
حب الرشاد	<i>Anthyllis vulneraria</i>			+		+	
التويا	<i>Clitris articulata</i>	+				+	
البوقيصا الحلقيية	<i>Ulmus capestris</i>	+					+

4 Les PAM dans le PNTH

Les plantes médicinales sont des drogues végétales au sens de la pharmacopée européenne dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses (RIYAHA, 2013), on estime qu'environ 80% de la population mondiale repose sur des préparations botaniques comme médicament pour répondre à leurs besoins de santé (BOUYAHMED et IBELAIDEN, 2018).

La plupart des PM trouve dans PNTH appartiennent à la famille des Lamiaceae avec pourcentage 20.41% telle que (*Menthapulegium*, *Thymus vulgaris*, *Teucrium polium*, *Marrubium vulgare*, *Thymus sperpyllum*), après la famille Apiaceae à 12.24% (*Bunium mauritznium*, *Daucus carota*, *Smyrniolum olusatrum*, *Ferula communis*.....), d'autres familles des PM sont trouvées rare :

- * Rosaceae à 6.12% (*Crataegus laciniata*, *Rubus fructosus*, *Rosa canina*).
- * Asteraceae à 4.08% (*Atractylis gummifera*, *Scolymus hispanicu*).
- * Pinaceae à 4.08% (*Cedrus atlantica*, *Pinus halepensis*).
- * Urticaceae à 4.08% (*Urtica dioica*, *Urtica urens*).
- * Euphorbiaceae à 4.08% (*Ricinus communis*, *Euphorbia hirta*).
- * Cupressaceae à 2.04% (*Juniperus Oxycédrus*).

Le reste de PM trouve dans le PNTH est très rare à 2.04% appartiennent de différentes famille, par exemple (*Quercus ilex*, *Pistacia lentiscus*, *Malva sylvestris*, *Daphne gnidium*).

La toxicité par les PM est très faible 2% dangereuse pour les enfants, les adultes sont moins influencés sauf dans le cas des femmes enceintes ; les PM toxique du PNTH sont : *Atractylis gummifera*, *Euphorbia hirta*, *Daphne gnidium*, *thymus vulgaris*.

Les PM ne sont employés que pour des soins simples comme les maux de tête, la grippe, l'estomac.....etc., pour les maladies chroniques telles que le diabète et la tension les PM ne sont que des régulateurs. Les utilisateurs de PM du PNTH disent que leurs traitements sont très efficaces, donc il n'est pas nécessaire de visiter un docteur spécialiste que dans des cas urgents comme hypertension, crise cardiaqueetc.

Chaque PM est spécialisé pour traiter une ou plusieurs maladies selon la partie utilisé dont 50% de PM sont employée sèche. (KHENCHACHE, 2013)

5 Présentation de la famille cupressacées

Les planes de la famille des cupressacées s'ont le terme botanique, est Cupressaceae on la nomme aussi cupressinées, qui sont généralement résineux et aromatiques gymnospermes (SEBBANE et KHALDI, 2019). Le genre de cupressacées souvent arbustives, parfois arborées (de 15cm à 30m de hauteur), très disséminées dans l'hémisphère Nord. Certaines espèces sont dioïques (BERNARD, 1997). Et d'autre monoïques en générales avec ramification opposée ou verticillés.

Possède des feuilles opposées, verticillées et étroitement imbriquées, aciculaire ou squamifères (SEBBANE et KHALDI, 2019).L'appareil reproducteur male est en petits cônes (fleures) solitaires, le plus souvent terminaux, axillaires, entourés d'une enveloppe d'écailles communes. L'appareil reproducteur femelle est en cônes très réduits habituellement terminaux ayant la structure fondamentale des autres conifères (ALIOUAT et BOUDAUD, 2018). Parmi les espèces de cette famille: **Le Juniperus Oxycédrus**.

5.1 Juniperus Oxycédrus en Algérie

L'Algérie est un des pays disposant d'un important réservoir de PM qui doivent être valorisées pour leur exploitation dans différentes usages notamment la fabrication des médicaments (DJEBALLI, 2013).

En Algérie, le genre *Juniperus* est aussi bien représenté on en compte cinq espèces parmi lesquelles deux sont très rares (*j.thurifera* et *j.sabina*), une rare (*j.communis*) et les deux dernières dans un état de dégradation intense localisé dans les régions semi-arides et arides (*J.Oxycédrus* et *j.phoenicea*).

En Algérie, Oxycèdre est très commun dans le sous-bois et les zones dégradés des régions semi-arides. Il s'étend sur une superficie de 112 000 ha, soit sous la forme d'un arbre de 10m de

hauteur avec un tronc de 1m de diamètre soit, plus souvent, sous la forme d'un arbuste buissonnant plus petit (HAFSI, 2018).

En Algérie, le genévrier Oxycèdre est abondant dans le secteur saharo atlasique (SEBBANE et KHALDI, 2019).

5.2 Juniperus Oxycédrus dans PNTH

La végétation du PNTH est très variée, la majeure partie est recouverte par des peuplements forestiers représentant environ les ¾ de la superficie totale, le reste est de la superficie est recouverte de végétation basse (LATROUS, 2017).

Juniperus Oxycédrus est l'une des espèces du genre Juniperus de la famille cupressacées. Ce sont des arbustes ou petite arbres très appréciés pour leurs richesses en HE, largement utilisé dans le médecin traditionnel (BOUYAHMED et IBELAIDEN, 2018).

Le Genévrier Oxycèdre est présent en strate dominée à travers tout le parc national. (PNTEH, 2018) elle présent dans le PNTH selon le tableau suivant :

"Tableau 2" - La répartition de genévrier Oxycédrus dans PNTH (BESSAYAH et HADJI ; 2011)

Type de peuplement dominant	Exposition	Altitude (m)	Pente (%)	Taux de recouvert(%)
Cèdre de l'atlas, chène vert, Genévrier Oxycèdre	Nord	1468	32	80
Taillis de chène vert, Genévrier Oxycèdre	Est	1432	27	70
Chène Zeen, chène vert, Genévrier Oxycèdre	Est	1557	32	70
Chène Zeen, chène vert, Genévrier Oxycèdre	Est-Sud	1554	45	50
Taillis de chène vert, Genévrier Oxycèdre	Nord	1483	25	70

5.3 Présentation de genévrier Oxycédrus

Dans l'antiquité, les espèces arborescentes de genévrier étaient désignées sous le nom de « cèdre », d'où le nom scientifique de l'espèce Oxycédrus et le nom commun « petit cèdre » qu'on lui donne parfois. Ce genévrier est aussi appelé « cade » (MARGOT et ROLAND, 2008).

Les genévriers appartiennent à la famille du cyprès (cupressacées). Ce sont des arbustes ou de petits arbres résineux, toujours verts (PAUL- VICTOR, 2010), comprend de nombreuses espèces distribuées dans les régions froides, tempérées et chaudes de l'hémisphère Nord. Le genre *Juniperus*, en Berbère, comprend trois espèces:

- * Le *Juniperus phoenicea* (genévrier de Phénicie ou mieux rouge).
- * Le *Juniperus thurifera* (genévrier de thurifera).
- * Le *Juniperus Oxycédrus* (Oxycédrus ou cade) (BELKACEM, 2015).

Juniperus est l'ancien nom latin de ces arbustes on ignore son origine (MARGOT et ROLAND, 2008).



" Fig. 1" - *Juniperus Oxycédrus* (PNTEH, 2018)

5.3.1 Origine et distribution géographique

Le Genévrier Oxycède est une espèce typique de la région méditerranéenne, on peut le rencontrer dans le tell associé essentiellement au chêne vert, au chêne liège, voire au pin d'Alep, et sur les massifs montagneux où il est partout présent et souvent abondant dans les chênaies (QUEZEL et GAST, 1998).

C'est une espèce qui se développe sur des pentes sèches, mais elle est rare sur les dunes de sable, elle apprécie les lieux arides, Rocailleux, sur calcaire ou sur sols acides (NEGRECHE et BENATTIA, 2019).

5.3.2 Classification systématique de *Juniperus Oxycédrus*

Embranchement: Spermaphytes

Classe: /

Ordre: cupressacales

Famille: cupressaceae

Genre: Juniperus

Espèce: J. Oxycédrus

Nom Arabe: Taga

Nom Français: Genévrier Oxycède (**OUIS et BAKHTAOUI, 2017**).

5.3.3 La description botanique

L'espèce *Juniperus Oxycédrus* c'est un arbre ou arbuste, dioïque de 8 à 12m de hauteur, avec branches étalées, à feuilles persistantes, verticillées en aiguille ou en écaille 8-25mm de longueur et 1-1.5mm de largeur (**OURARI et IDER, 2017**), portent deux bandes claires sur leur face supérieure (**CHRISTIAN et YVES, 2011**). Les fruits de genévrier cade sont des cônes bacciformes arrondis ou piriformes, de 6 à 15mm de diamètre (**DJEBAILI et ZELLAGUI, 2013**), verts, puis rouge-brun et luisants à maturité, ils renferment généralement trois graines (**MAZARI, 2009**).

Sur les pieds mâles, les fleurs sont de petits cônes jaunes, dont chacun est une fleur mâle, qui libère un abondant pollen. Sur les pieds femelles, les petits cônes globuleux sont des inflorescences le long desquelles sont disposées quelques écailles charnues, dont les plus hautes portent à leur face supérieure un seul ovule nu (**MAURICE, 2015**).

5.3.4 Utilisation de Genévrier Oxycédrus

En médecine traditionnelle, cette plante est utilisée dans le traitement de diverses maladies tel que l'hyperglycémie, l'obésité, la tuberculose, la bronchite et la pneumonie, elle est également utilisé sous forme de décoction pour le traitement des troubles gastriques et comme un analgésique buccal (**MAZARI, 2009**).

Les baies du Genévrier Oxycède sont fortement diurétique, stimulantes et même vermifuges. Mais l'Oxycède doit sa principale importance au goudron liquide retiré de son bois et connu sous le nom d'huile de cade (**PAUL-VICTOR, 2010**).

L'huile de cade utilisée dans le traitement des maladies de peau, est produite à partir du bois de cette espèce (**MORE et WHITE, 2005**).

Dans le passé, l'huile de cade a été utilisé en cosmétologie (employée dans certains shampooings); en médecine vétérinaire, en médecine humaine (prescrite dans le traitement des maladies pulmonaires que pour des douleurs dentaires ou certaines maladies oculaires, utilisée sous forme de pain dermatologique Pour l'hygiène des peaux grasses, il existe également une crème à base d'huile de cade utilisée lors d'eczéma séborrhéique) (**BELLIOT, 2007**), il a utilisée aussi pour traiter les maux d'estomac, les rétrécissements de l'utérus et ses douleurs, contre les piqures d'insectes, cicatrisent les palais, calment les douleurs dentaires, la bronchite et contre la diarrhée (**OUIS et BAKHTAOUI, 2017**).

Chapitre II

**Généralités sur les huiles
essentielles**

1 Les huiles essentielles

1.1 Historique

De tout temps, le règne végétal a offert à l'homme des ressources naturelles à son alimentation, à son hygiène et sa santé (**HELLAL, 2011**).

Les égyptiens puis les grecs et les romains ont employé diverses matières premières végétales ainsi que les produits qui en découlent, notamment les HE. Ces utilisations concernaient différents domaines (**CHEMLOUL, 2014**).

Les premières preuves de fabrication et l'utilisation des HEs datent de l'an 3000 avant J-C. Les HE semblent donc avoir accompagné la civilisation humaine depuis ses premières genèses.

Dans l'histoire moderne, les vertus thérapeutiques des HEs occupent une place de plus en plus importante.

En 1928, le chimiste française René-Maurice Gratte Fosse a utilisé le terme aromathérapie pour décrire les propriétés curatives des HEs (**FEKIH, 2015**).

En 1929 Savelinge un pharmacien en France, étudia les HEs en médecine vétérinaire et confirma le potentiel antimicrobien élevé de ces substances aromatiques (**HELLAL, 2011**).

En 1964, le docteur française Jean-Valunet a connu succès en traitant des patients en médecine et en psychiatrie (**KHIMA et MERABTI, 2015**).

Il existe aujourd'hui approximativement 3000 huiles dont environ 300 sont réellement commercialisées, destinées principalement à l'industrie des arômes et des parfums (**HELLAL, 2011**). Aussi, nous reconnaissons que les HEs ont des effets pharmacologique, psychologique et physiologique sur l'homme (**FEKIH, 2015**).

1.2 Définition

Une huile essentielle est un mélange naturel complexe de métabolites secondaires lipophiles, volatils, odorants et souvent liquides, concentrés (**DRIS, 2019 ; BOUHADDOUDA, 2016**). Ces produits, appelés communément essence (**BOUGHENDJIOUA, 2015**), ont des propriétés et des modes d'utilisation particulières et donnent naissance à une branche nouvelle de la phytothérapie (**BOUHADDOUDA, 2016**).

Il existe différentes méthodes pour capturer les essences, qui varient selon la nature de la partie de la plante distillée (fleur, racine, écorce, feuille ou baie): La distillation pour les plantes entières, bois, racine, graine et certaines fleurs, l'enfleurage pour les fleurs fragiles comme le Jasmin et l'expression mécanique pour obtenir les essences d'agrumes (**NELLY, 2015**).

Pour la 8^{ème} édition de la pharmacopée française (1965), les HE sont «des produits de composition généralement assez complexes renfermant des principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation».

La norme française AFNOR NF T 75-006 définit les huiles essentielles comme "un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par l'entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des citrus, soit par distillation sec. Les huiles essentielles sont ensuite séparées de la phase aqueuse par des procédés physiques (**GHERSA et GHILAS, 2015**).

1.3 Localisation et la synthèse des HE

Les huiles essentielles largement répandues chez les végétaux supérieurs (**TALEB TOUDERT, 2015**), se forment dans des cellules non différenciées, ou plus grosses (**BOUGHENDJIOUA, 2015**).

Les HEs se localisent dans toutes les parties vivantes de la plante et se forment dans le cytoplasme de certaines cellules végétales spécialisées. Elles peuvent être stockées et emmagasinées dans diverses structures de la plante (**BOUSBIA, 2015**), elles sont des substances synthétisées naturellement par des cellules sécrétrices qui contiennent de la chlorophylle, ensuite elles sont transportées lors de la croissance de la plante dans d'autres parties (**BHAR et BALOUK, 2011**).

La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles sont généralement associées à la présence de structures histologique spécialisées, souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante (**LAURNET, 2017**).

1.4 Le rôle d'HE

Toutes les plantes ont potentiellement la capacité de produire des essences, le plus souvent à l'état de traces. Les essences jouent également un rôle pour la plante elle-même. On estime que certains de leurs composants seraient des messages internes ou encore des intermédiaires du métabolisme de la plante.

Le rôle biologique des HEs dans la plante n'est pas bien défini, il est vraisemblable qu'elles aient rôle écologique. Elles permettent entre autre à la plante de se défendre contre les agressions extérieures. Elles ont des propriétés attractives ou répulsives vis-à-vis des prédateurs (**HESSAS et SIMOUD, 2018**).

En fin, les essences pourraient être des sources d'énergie lorsque l'activité de photosynthèse n'est plus suffisante (**ROBIN, 2017**).

1.5 Propriété physico- chimique

Principales caractéristique des huiles essentielles sont:

- * C'est un liquide homogène plus ou moins colorée, volatile de nature hydrophobe.
- * Totalement solubles dans les alcools, l'éther et dans les HE végétales et minérales (**RIYAHA, 2013**).
- * Elles sont peu mixibles à l'eau avec température ambiante (**JAMALEDDINE, 2010**).

* Un liquide très altérable, sensible à l'oxydation, douée d'un pouvoir rotatoire puisqu'elles sont formées principalement de composé asymétrique (**KHIMA et MERABTI, 2015**).

* Leur densité est plus souvent inférieure à 1. Seules trois huiles essentielles officinales ont une densité supérieure à celle de l'eau, il s'agit huile de cannelle, girofle et de sassafras. Leur point d'ébullition varie de 160°C à 240°C (**SAIHI, 2011**).

1.6 La composition chimique

La composition chimique des huiles essentielles est généralement très complexe d'un double point de vue, à la fois par le nombre élevé de constituants présents et surtout par la diversité considérable de leurs structures.

En effet, elles comprennent deux classes de composés caractérisés par des origines biogénétiques bien distinctes.

Le groupe des terpénoides, d'une part et le groupe des composés aromatiques dérivés du phénylpropane d'autre part (**EL ABED et KAMBOUCHE, 2003**).

1.6.1 Les terpènes ou terpénoides

Les terpènes constituent les principaux composants des HE, sont des hydrocarbures naturels, de structure cyclique ou non (acyclique, monocyclique, bicyclique ou tricyclique). Il résulte de la condensation de deux ou plusieurs unités isopréniques (2 méthyl buta-1.3-diène).

Suivant le nombre entier d'unités isopréniques penta carbonées (C_5)_n ramifiées, on peut classer les terpènes en: monoterpènes, sesquiterpènes, diterpènes, sesterpènes, triterpènes, tetraterpènes, polyterpènes (> 40) c'est le caoutchouc naturel.

Les HE contiennent surtout des monoterpènes (C_{10}) sesquiterpènes (C_{15}) et plus rarement des diterpènes (**ELKOLLI, 2017 ; SEDDIK, 2010**).

1.6.2 Les composés aromatiques

Les composés aromatiques sont des dérivés du phénylpropane (C_6-C_3) (**KHIMA et MERABTI, 2015**), mais qui sont beaucoup moins fréquent que les terpènes et dont la biogenèse est totalement différente.

Les phénylpropanoïdes ou composés phénolique, sont biosynthétisés à partir des acides aminés aromatiques que sont la phénylalanine et la tyrosine. Ils sont généralement caractérisés par la présence d'un groupement hydroxyle fixé à un cycle phényle (**BOUHADDOUDA, 2016**). Il comprenant :

* Aldéhyde: « cinnamaldehyde » exemple: HE de cannelle.

* Alcool: « cinnamic alcohol ».

* Phénols: « chavicol », « eugénol » exemple: HE de girofle (eugénol).

* Dérivés méthoxy: « anéthol », « élémicine » exemple: HE de fenouil (anéthol).

* Composés de méthylène dioxy: « apiole », « safrole » exemple: HE de persil (apiol) (**LAKHDAR, 2015**).

1.6.3 Composés d'origines diverses

A l'intérieur de ce groupe on distingue divers hydrocarbures aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, entraînés lors de l'hydrodistillation, de chaîne linéaire ou ramifiée, saturés ou non et portant différentes fonctions. On peut citer entre autres :

* L'heptane et la paraffine dans l'essence de camomille.

* Des acides en C_3 à C_{10} .

* Des esters acycliques principalement présents dans les fruits (**EL-ABED et KAMBOUCHE, 2003**).

1.7 Le voie métabolique des HEs

La cellule végétale est le siège de la biosynthèse des composés fondamentaux de la matière vivante. Elle est capable de coordonner les multiples réactions enzymatiques conduisant à la production d'HE (**GHERSA et GHILAS, 2015**).

La biosynthèse des constituants des HEs emprunte deux voies utilisant comme intermédiaire soit l'acide Mévalonique, soit l'acide shikmique respectivement pour les terpénoïdes et les phénylpropanoïdes (**HESSAS et SIMOUDE, 2018**).

1.7.1 Le voie des terpénoïdes

Les composés terpéniques sont synthétisés à partir d'un précurseur unique appelée l'Isopentényl pyrophosphate IPP3. Cette unité isoprénique à 5 atomes de carbone peut être synthétisée dans le cytoplasme via la voie mévalonate ou dans les plastides via la voie non mévalonique (**GHERSA et GHILAS, 2015**).

La première voie, la voie du mévalonate. Elle débute par la condensation de trois unités d'acétylCOA, passe par le mévalonate et conduit au PPI3.

Première étape est une condensation de deux molécules d'acétylCOA pour conduire à l'acétoacétylCOA.

Deuxième étape est une réaction d'aldolisation entre une troisième molécule d'acétylCOA et l'acétoacétylCOA. Après hydrolyse et réduction par le NADPH, il y a formation de l'acide mévalonique.

La déshydratation et la décarboxylation de l'acide mévalonique MVA par une élimination concertée après sa pyrophosphorylation par l'ATP permettent d'aboutir aux deux intermédiaires : l'isopentényl diphosphate PPI3 et la diméthyllalyl-diphosphate PPI2.

Les deux intermédiaires réagissent entre eux pour générer le pyrophosphate de géranyle PPG point de départ de tous les mon terpènes.

La condensation d'une autre unité de PPI3 sur le pyrophosphate de géranyle donne le pyrophosphate de farnésyl PPF, précurseur de tous les sesquiterpènes.

La seconde voie, la voie non mévalonique. Elle commence par la condensation d'une unité pyruvate avec une unité de glycéraldéhyde 3- phosphate et conduit au méthylérythritol phosphate, un composé intermédiaire en 5 atomes de carbone. Plusieurs étapes enzymatiques conduisent ensuite à la synthèse de PPI3 (**HESSAS et SIMOUD, 2018**).

1.7.2 La voie des phénylpropanoïdes (composé aromatique)

La biosynthèse des dérivés du phénylpropane se fait par l'intermédiaire de l'acide shikmique qui représente le principale mode d'accumulation des phénols dans des plantes. Cette voie fait

Intervenir une série de réactions enzymatiques et représente le chemin biosynthétiques des acides aminés aromatiques (**HESSAS et SIMOUD, 2018**).

Tout d'abord, il y'a condensation aldolique stéréo spécifique entre le phosphoénolpyruvate et l'érythrose-4-phosphate pour former un composé en 7 atomes de carbones, dont la cyclisation conduit à l'acide déhydro-shikmique qui, à son tour conduit à l'acide shikmique par une réaction de réduction. A partir de cet important précurseur se forment les dérivés aromatiques, notamment par des réactions d'élimination et de réarrangement intramoléculaire (**MANSARD, 2016**).

1.8 Les facteurs influençant la variabilité des HEs

Les HEs présentent une très grande variabilité, cette variabilité est fondamentale car les activités biologiques qui découlent des HEs peuvent être très différentes (**LAMAMRA, 2018**).

Cette variation peut être due à des nombreux facteurs, dont nous citons les plus importants :

- * L'origine géographique, l'altitude.
- * La nature de la plante.
- * L'heure de récolte de matériel végétale ainsi que le moment de l'année.
- * La partie de plante.
- * Le séchage, la durée de la distillation.
- * Les techniques d'extractions.
- * Les facteurs environnementales (température, climat, ensoleillement, type du sol, l'eau, la lumière, humidité) (**FEKIH, 2015 ; RANDRIANARIVELO, 2010 ; BAZIZI, 2017**).

1.9 La fonction des HEs

Les plantes étant immobiles, elles auraient développé les HEs pour :

- * Constituer une défense chimique contre les micro-organismes.
- * Elle repousse les parasites et protèges la plante des certains maladies grâce à leur propriétés antifongique, antivirales et antibactérienne.
- * Elle attire les insectes pollinisateurs et permettent ainsi à la plante d'assurer sa reproduction.
- * Elle représente une réserve d'énergie (**LAURNET, 2017**).

* La réduction de la compétition des autres espèces des plantes par l'inhibition chimique de la germination des graines.

* La protection contre la flore microbienne infectieuse par les propriétés fongicides et bactéricides (**DERABLA et ZAMOUCHE, 2016**).

* Les constituants des HEs sont considérés comme des modérateurs des réactions d'oxydations intramoléculaires protégeant la plante contre les agents atmosphériques. Les mono et sesquiterpènes peuvent jouer des rôles aussi importantes dans la relation des plantes avec leur environnement (**BAZIZI 2017**).

1.10 Les méthodes d'extraction

1.10.1 Distillation

Ces techniques reposent toutes sur le même principe, basé sur l'entraînement de molécules volatiles de la plante par la vapeur d'eau. Le degré de contact entre la plante et l'eau est le seul paramètre qui diffère.

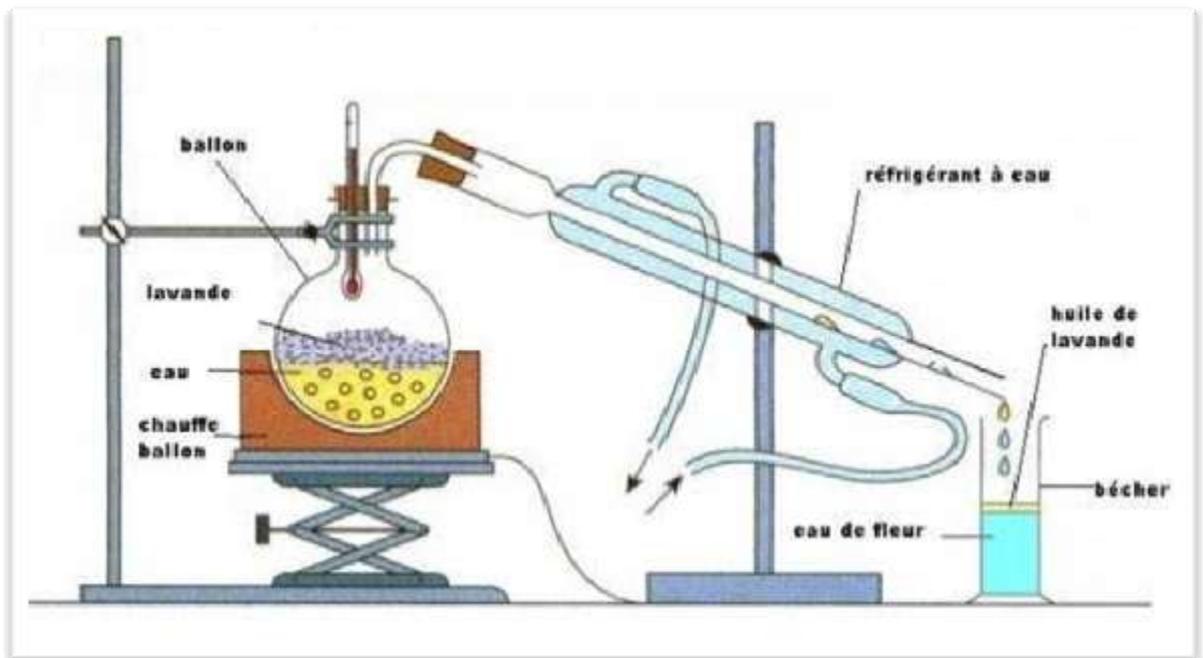
Selon l'association française de normalisation (AFNOR) et la pharmacopée européenne l'hydrodistillation est la méthode la plus indiquée pour l'extraction d'une huile essentielle (**GHERSA et GHILAS, 2015**).

1.10.2 Hydrodistillation

C'est la méthode la plus ancienne, plus simple et polyvalente pour l'obtention des HE (**BOUSBIA, 2015**), technique consiste à immerger la matière première végétale dans un bain d'eau. Les composés volatils contenus dans les cellules diffusent à travers les parois cellulaires sous l'action physique qui exerce le gonflement de la matière végétale. La chaleur intense fait exploser les petites poches qui contiennent des molécules odorantes (**MESSAOUDENE et MOUHOU, 2017**).

Les produits à distiller ou charge sont chauffés à température autour de 100°C environ et la durée de l'extraction dépend de la nature des plantes (**RANDRIAMIHARISOA, 1995**).

Cette méthode donne de très bons résultats avec des poudres ou des matériels végétaux durs comme les graines et les racines (**BOUSBIA, 2015**).

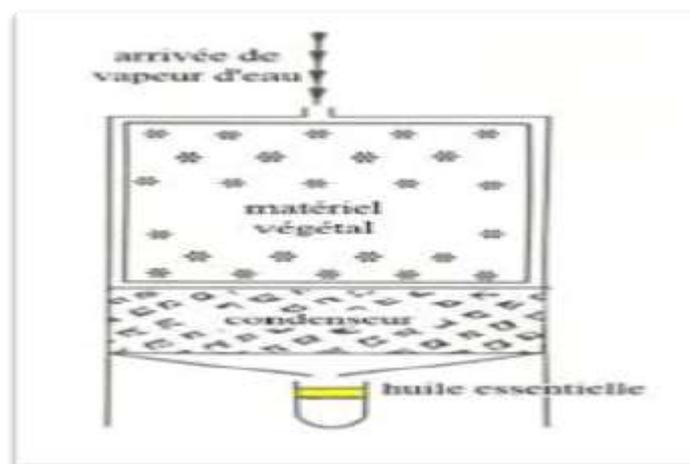


"Fig.2" - Schéma de technique d'hydrodistillation (DRIS, 2019).

1.10.3 L'hydro diffusion

L'hydrodiffusion, est une Co-distillation descendante. Cette technique est relativement récente, elle consiste à faire passer du haut vers le bas et à pression réduite la vapeur d'eau au travers de la matière végétale. On soumet donc le végétal à une pulsion de vapeur d'eau, saturée et humide, la forme de l'appareillage permet une meilleure répartition des charges.

L'avantage de cette méthodes est d'être plus rapide et donc moins dommageable pour les composés volatils (KHOLKHAL, 2014 ; BOUSBIA, 2011).

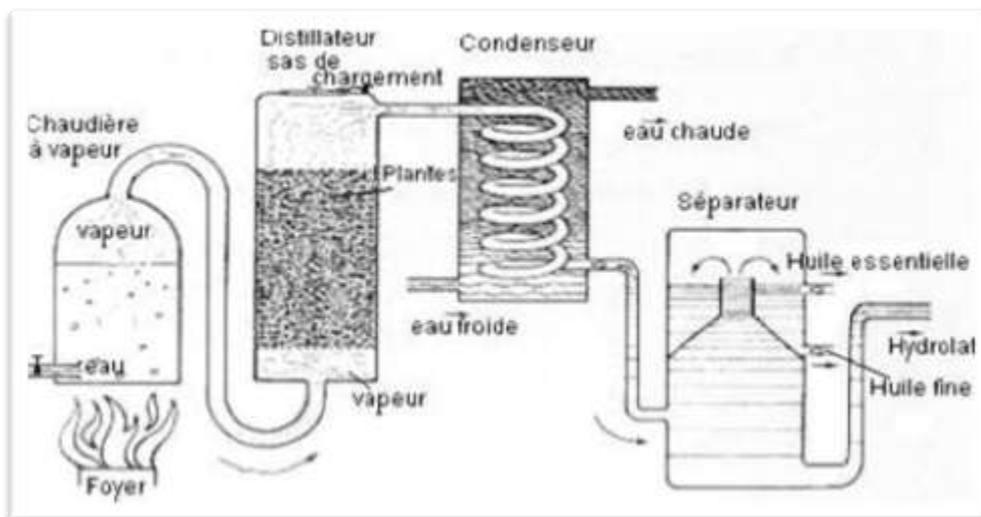


"Fig. 3" - Schéma de hydrodiffusion (ZERAIB, 2016)

1.10.4 l'entraînement à la vapeur

Pour ce faire, la plante ou organe de plante est placé dans un ballon traversé par un courant de vapeur d'eau. Dans les deux cas les principales volatils peu solubles dans l'eau sont alors entraînées par la vapeur d'eau du fait de leur point d'ébullition relativement bas et de leur caractère hydrophobe.

Après condensation, ils sont séparés par décantation. Ces deux techniques sont souvent confondues (EL ABED et KAMBOUCHE, 2003).



"Fig. 4" - Schéma de l'entraînement à la vapeur (BOUYAHYAOU, 2017).

1.11 Les méthodes d'analyses

L'analyse des HE, qui consiste en des méthodes de séparation et d'identification des composants, cependant, elle demeure une opération délicate nécessitant la mise en œuvre de diverses techniques.

La chromatographie est le procédé fréquemment utilisé pour séparer les constituants des HE. Elle se base sur les différences d'affinités des substances à analyser à l'égard de deux phases: stationnaire et mobile (LAKHDAR, 2015).

1.11.1 La chromatographie sur couche mince (CCM)

Est une technique analytique rapide, simple et peu coûteuse. Elle repose principalement sur le phénomène d'adsorption: elle permet d'avoir une idée globale des métabolites présents dans un extrait ou une fraction, permet un contrôle aisé et rapide de la pureté d'un composé lorsque les conditions opératoires sont bien déterminées. Elle permet également de suivre la progression d'une réaction étant donné qu'elle indique le nombre de composants dans un mélange réactionnel (BERREGHIOUA, 2016).

1.11.2 La chromatographie en phase gazeuse (CPG)

La CPG est la méthode la plus importante dans la séparation, l'identification et le dosage des HE. C'est une technique qui peut être réalisée en utilisant des colonnes classiques ou capillaires, l'échantillon à analyser est introduit dans l'injecteur préalablement chauffé ou il est volatilisé et entraîné par un gaz vecteur (N₂, H₂, He).

Le mélange traverse la colonne à l'intérieur de laquelle s'opère une séparation entre les différents constituants, à la sortie détectés et quantifiés par un détecteur (ZERROUKI, 2009).

1.11.3 Le couplage CPG-SM

Cette technique permet d'effectuer simultanément la séparation et l'analyse des différents constituants d'un mélange complexe. Pour l'analyse d'HE le SM fonctionne selon deux méthodes d'ionisation : l'ionisation par impact électronique (IE) et l'ionisation chimique (IC) (DJABOU, 2012).

En effet, le couplage CPG-SM en mode impact électronique (IE), dit CPG-SM(IE) est la technique utilisée en analyse de routine dans le domaine des HE (DELPHIN, 2013). Le principe de SM consiste à bombarder à l'aide d'une molécule qui sera fragmentée. Cette technique permet d'avoir des informations structurales à partir des fragmentations observées mais permet de connaître dans la majorité des cas, la masse molaire d'un composé (BOUZABATA, 2015).

1.12 La conservation des HE

Les HE sont extrêmement volatils, et de plus, ne supportent ni la lumière ni la chaleur ; elles doivent donc être conservées dans des petits flacons de couleur sombre hermétiquement bouchés. Elles se gardent en générale un ou deux ans (BOUGHENDJIOUA, 2015).

1.13 L'utilisation des HE

Actuellement, près de 3000 HE sont décrites, parmi lesquelles environ 300 présentent une importance commerciale dans le cadre d'applications pharmaceutiques, cosmétiques, alimentaire, agronomique ou dans le domaine de la parfumerie (BOUZABATA, 2015).

1.13.1 En parfums et cosmétiques

L'utilisation des HE comme matière première dans la production des parfums (BEDDIAR, 2016), utilisée dans les crèmes et les gels permet de préserver ces cosmétiques grâce à leur activité antiseptique et antioxydant (GHERSA et GHILAS, 2015).

1.13.2 Dans le domaine médical

Cette industrie très développée dans plusieurs pays, bénéficie d'une grande attention de la part des consommateurs à travers le monde (BEDDIAR, 2016).

En pharmacie, les HE sont majoritairement destinées à l'aromatisation des formes médicamenteuses administrées par voie orale.

De nombreux produits tels que les pommades, les crèmes et les gels à base d'huiles essentielles permettraient de faciliter l'administration des médicaments par voie transdermique (ABDELLI, 2017).

1.13.3 Dans agro-alimentaire

Actuellement, les HE ou leurs composés actifs, représentent un outil très intéressant pour augmenter la durée de conservation des produits alimentaires (ABDELLI, 2017), on note que l'huile la plus utilisée dans l'industrie alimentaire dans le monde est l'HE d'orange (BEDDIAR, 2016).

1.14 La filière des HEs

En Algérie, les données officielles sur l'organisation de la filière des HEs ne sont pas disponibles. Les seules données dont nous disposons concernant les inventaires floristiques de la direction générale des forêts DFG et les statistiques des importations et exportations du commerce extérieur des produits agricoles. L'état des lieux de cette filière sera apprécié d'une façon générale, à partir des données relatives aux PAM (BESSAH et BENYOUSSEF, 2015) Pendant la période coloniale, presque la totalité des produits transformés a été exportée. Actuellement, la filière huiles essentielles touche un marché international de plus en plus élargi (européen, américain, africain) et prend de l'ampleur en se diversifiant dans les produits finis (RAHARINIRINA, 2009).

Les plantes aromatiques donnent les HEs, essences destinées à l'utilisation industrielle. Ces HEs ne sont pas forcément des produits finaux dans la mesure où une fois produites, elles peuvent servir d'intrants à la fabrication de plusieurs produits, elles sont destinées en effet à trois grands secteurs industriels :

* Secteur parfumerie / cosmétique.

* Secteur alimentaire.

* secteur médecine (DERABLA et ZAMOUCHE, 2016).

1.15 La toxicité des HE

Les HE contiennent des milliers de composantes qui les rendent très efficaces mais aussi dangereuses (BHAR et BALOUK, 2011).

Les HE sont des substances puissantes et très actives, elles engendrent des effets secondaires plus ou moins néfastes dans l'organisme (allergie, coma, épilepsie.....). Principalement chez les populations sensibles (enfants, femmes enceintes, personnes âgées ou allergiques).

L'accumulation des essences dans l'organisme par des prises répétées peut conduire à des nausées, des céphalées..... L'ingestion de plus de 100 ml d'HE est neurotoxique et épileptogène (OUI, 2015), il est important de respecter la posologie et la durée de la prise (LAMAMRA, 2018).

2 Production du goudron de cade

Il faut distinguer l'huile de cade vraie, de l'huile de cade dite vétérinaire qui se forme au cours de la préparation du goudron de pin (liquide noirâtre surnageant) (DORVAULT, 1994).

2.1 Définition de la carbonisation ou distillation sèche

L'huile de cade est obtenue par carbonisation du tronc et des grosses branches des vieux cadiers, les jeunes ne donnant pas d'huile. La carbonisation est une distillation sèche qui dissocie par la chaleur seule, les substances végétales en produits résiduaux et en produits distillés (PORTE, 1994).

Il existe deux types de distillation : la distillation *per descensum* et la distillation *per ascensum*.

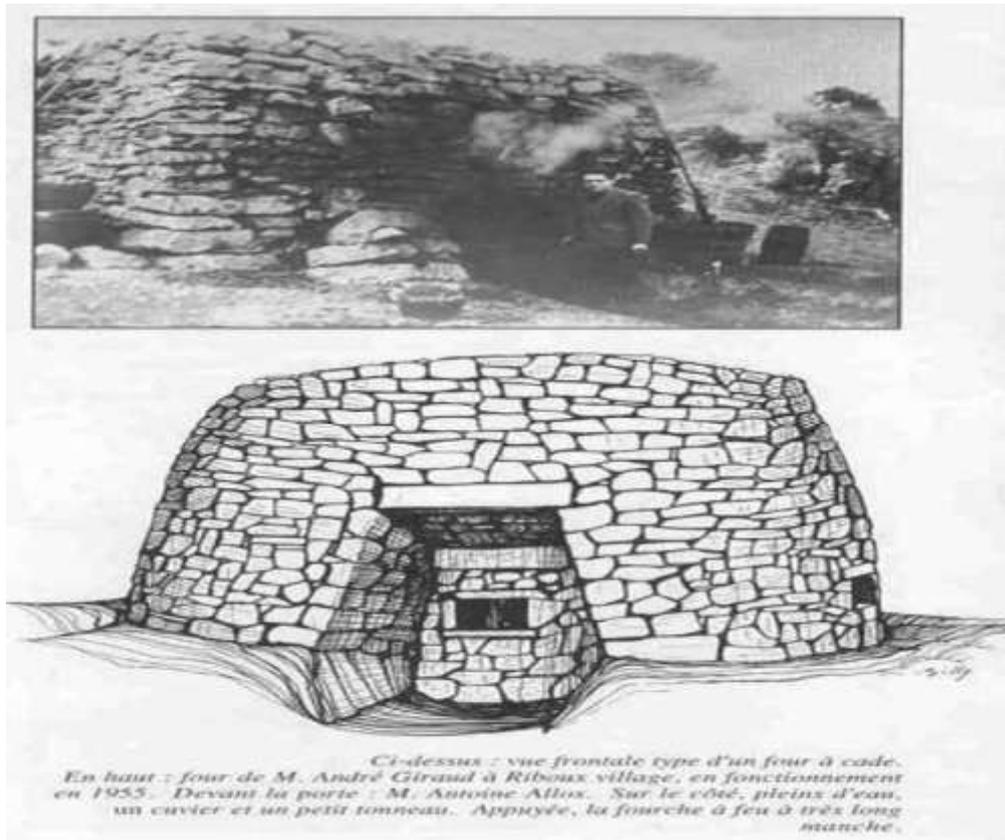
La distillation *per descensum* est un procédé utilisant une température d'environ 200°C à 250°C permettant de récupérer l'huile s'écoulant du bois sans qu'il y ait de phénomène d'évaporation. C'était la méthode de distillation utilisée dans les anciens fours à cade.

La distillation *per ascensum*, quant à elle, utilise une température d'environ 400°C. L'huile s'évapore alors puis est refroidie et se condense sur les parois. On récupère ainsi l'huile de cade. C'est par ce deuxième type de distillation que l'huile de cade commercialisée est produite (CHUYEN, 1985 ; PROTE, 1994).

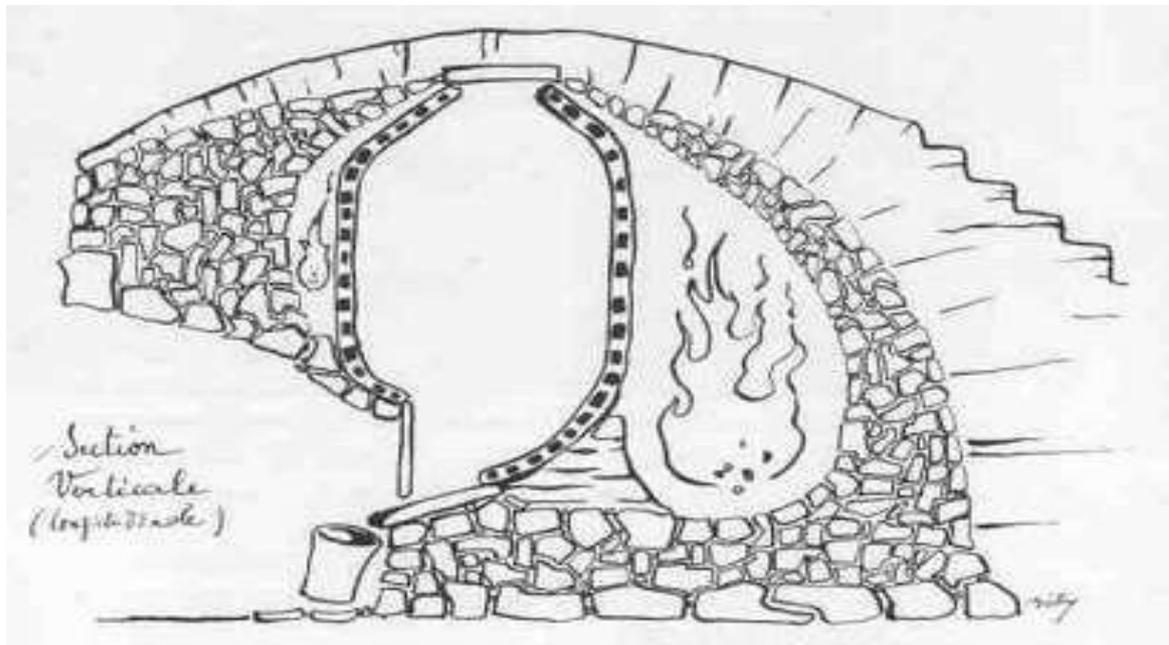
La pyrogénéation du bois, à l'abri de l'air, a longtemps été une méthode d'obtention de la poix à partir des résineux (pins) et de l'huile de cade à partir de *Juniperus Oxycédrus*. Les mêmes types de fours ont pu servir à l'une ou l'autre production ou parfois même aux deux alternativement (PIPET, 1986).

2.2 Les fours

Autrefois, les fours étaient des constructions massives faites de pierres sèches et recouvertes de terre (Fig 5). Ils ont été utilisés jusqu'au milieu du XX^{ème} siècle. L'intérieur du four était constitué d'une grande fosse centrale d'environ deux mètres de profondeur sur un mètre de diamètre. Cette fosse était faite de briques et d'argile. Son fond avait une forme particulière d'entonnoir permettant de récupérer l'huile de cade (Fig 6). En arrière de cette fosse, se trouvait la chambre de chauffe. C'est dans celle-ci que l'on allumait un feu afin d'avoir un chauffage maximal d'environ 250°C, cette température permettant une exsudation de l'huile sans que celle-ci ne s'évapore ni ne s'enflamme (PORT, 1994).



"Fig. 5" - Anciens fours à cade (PORTE, 1994).



"Fig. 6" - Coupe longitudinale d'un four à cade (PORTE, 1994).

2.3 Les produits dérivés de l'huile de cade

L'huile de cade n'est pas le seul produit que l'on peut tirer du cardier. Il existe des dérivés de l'huile empyreumatique. Ce sont des produits obtenus par différents procédés.

Tout d'abord, le distillat moléculaire est récupéré en pulvérisant l'huile de cade vraie sur un corps chauffé à 80°C dans une enceinte soumise à une basse pression de l'ordre de 3.10^{-4} bar (BOULAL, 1990).

L'huile essentielle de cade, quant à elle, provient de l'entraînement à la vapeur d'eau de l'huile de cade vraie. Elle renferme des éléments phénoliques de l'huile de cade vraie (LUCASE, 2000).

2.4 Propriétés physiques de l'huile de cade

De couleur noire ou brun foncé, l'huile de cade vraie est un liquide épais et homogène. Son odeur est particulière, très forte, empyreumatique et désagréable.

Sa densité est légèrement inférieure à celle de l'eau soit 0,97 à 20°C. Selon GRANGER, la densité n'est pas un mode d'identification de l'huile de cade car elle varie en fonction du mode de préparation. En effet, elle sera plus importante si le taux de phénol est plus élevé. Celui-ci ne doit cependant pas dépasser 40% (CODEX, 1949 ; DEMARLE, 2001 ; DORVAULT, 1994 ; MOUSSERON *et al.*, 1939).

L'huile de cade communique à l'eau une réaction acide (DORVAULT, 1994). Elle doit, en contact avec une solution de chlorure ferrique, la colorer en rouge (CODEX, 1949).

L'huile de cade doit être, d'après la Pharmacopée, lévogyre, la déviation étant au minimum de (-4°) (CODEX, 1949).

Il semblerait que le pouvoir rotatoire de l'huile de cade dépende des proportions de cadinène (pouvoir rotatoire de +80,39°) et de cadinol (pouvoir rotatoire de -64,83°) (MOUSSERON *et al.*, 1939).

L'huile de cade, partiellement soluble dans l'alcool à 90°, est insoluble dans l'eau. Par contre, elle se dissout entièrement dans l'éther, l'acide acétique cristallisé, le benzène et le chloroforme. Elle est miscible aux huiles, aux graisses et à la vaseline. Lorsque l'on mélange de l'eau à l'huile de cade, il se forme des globules remontant lentement à la surface (DORVAULT, 1994).

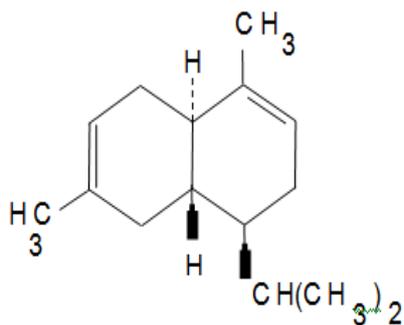
Enfin, si l'on traite cinquante grammes d'huile par de la soude, il doit résulter au minimum trente grammes d'un résidu insoluble (CODEX, 1949).

2.5 Composition de l'huile de cade

Selon la durée et la température de la pyrogénéation, on obtient des mélanges de compositions différentes.

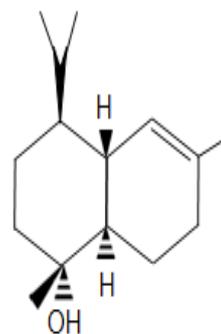
L'huile de cade se caractérise par :

- * Une proportion élevée d'hydrocarbures dont le benzène, le toluène, le naphthalène, le méthyl-naphthalène, le phénanthrène et surtout le cadinène;
- * Un alcool sesquiterpénique : le cadinol;
- * Des phénols dont le gaïacol de formule $C_7H_8O_2$ (2-méthoxyphénol), le crésol et la résorcine (benzène-1,3-diol)
- * Des acides pyroligneux dont l'acide acétique, majoritaire. Ces acides, en faible quantité, proviennent de la distillation du bois (**LUCASE, 2000 ; MOUSSERON et al., 1939**).
- * Une des caractéristiques de l'huile de cade est la présence d'un sesquiterpène bicyclique : le cadinène de formule $C_{15}H_{24}$. Plusieurs isomères sont présents dont le principal est le β -cadinène (**Fig.7**). Les autres isomères sont le δ -cadinène, le γ_2 cadinène et le γ_1 cadinène. Le cadinène, extrait de l'huile de cade par distillation, se présente sous la forme d'un liquide incolore, peu odorant et fluide (**CHALCHAT et al., 1988 ; FERNET et HUERRE, 1963 ; HAMBA, 1982 ; MOUSSERON et al., 1939**).



"Fig. 7" - Le β -cadinène (CHALCHAT *et al.*, 1988).

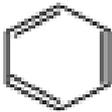
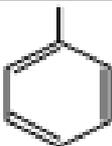
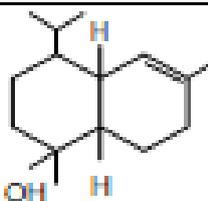
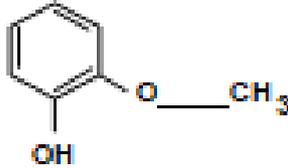
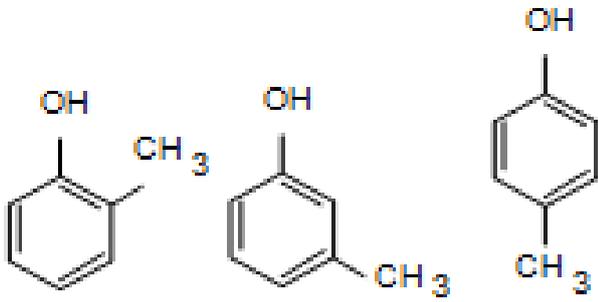
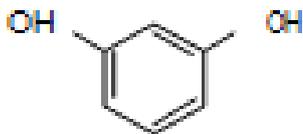
Le cadinol, alcool sesquiterpénique ($C_{15}H_{26}O$) (**Fig.8**), est très abondant dans l'huile essentielle de cade (40%) mais moins dans l'huile (10%), étant partiellement détruit au cours de la pyrolyse (COHEN-LETESSIER, 1990).



"Fig. 8" - Le cadinol (COHEN-LETESSIER, 1990).

Les principaux composants de l'huile de cade sont regroupés dans le (Tab. 3) :

Tableau 3 - Composants de l'huile de cade (CHLCHAT et *al.*, 1988 ; COHEN-LETESSIER, 1990 ; FERNET et HUERRE, 1936 ; HAMBAA, 1982 ; MOULIN et COQUERELA, 2002).

Nom	Formule brute	Formule développée
Benzène	C_6H_6	
Toluène	$C_6H_5CH_3$	
Naphtalène	$C_{10}H_8$	
<u>Cadinène</u>	$C_{15}H_{24}$	Mélange de 3 isomères
<u>Cadinol</u>	$C_{15}H_{26}O$	
Gaïacol	$C_7H_8O_2$	
Crésol	C_7H_8O	
Résorcine	$C_6H_6O_2$	

L'huile de cade et les goudrons végétaux en général ne comportent pas de composés azotés tels que la pyridine ou la quinoléine (LUCAS, 2000).

La pureté et la falsification du goudron de cade peuvent être contrôlées en réalisant les essais prévus à la Pharmacopée (FERNET et HUERRE, 1936).

Parfois, de l'huile essentielle de bergamote est ajoutée dans les préparations à base d'huile de cade ce qui permet de masquer l'odeur forte de cette dernière (DORVAULT, 1994).

2.6 Propriétés pharmacologiques de l'huile de cade

L'huile de cade possède différentes actions pharmacologiques. Elle est antiprurigineuse, kératolytique, cicatrisante, antiseptique, antifongique et arthropodicide.

Parmi ces propriétés, deux sont caractéristiques du goudron de cade : les actions antiprurigineuses et kératolytiques. Celles-ci sont dues à divers constituants. L'action antiprurigineuse est essentiellement due à la présence de phénols tels que les crésols. L'action kératolytique est liée aux crésols et à la résorcine. L'action kératolytique est plus importante pour l'huile de cade que pour le goudron de houille. Ceci est dû à la teneur en résorcine plus importante dans l'huile de cade (GALLY et LITOUX, 1989 ; LORETTE et VAILLANT, 1995).

En plus de ces deux actions, elle est antiseptique et cicatrisante pour différentes plaies et blessures. L'antisepsie est vraisemblablement due à la teneur en crésols (CHUYEN, 1985).

L'huile de cade possède également un pouvoir parasiticide. En effet, elle est à la fois arthropodicide et antifongique.

Pendant la seconde guerre mondiale, étant donné qu'il y avait pénurie de produits soufrés et de corps gras, l'huile de cade a été utilisée, associée à de la poudre de diatomées, dans le cadre du traitement de la gale occasionnée par un acarien du genre *Sarcoptes*.

De plus, de par ses composés phénoliques, l'huile de cade a une action fongistatique. Elle est active sur les trichophytons, *Candida albicans*, *Cryptococcus sp.* et *Aspergillus sp.* Bien que l'huile de cade soit souvent incorporée dans les shampooings antipelliculaires, peu d'études démontrent l'activité réelle sur *Malessezia furfur* impliquée dans le *pityriasis cade* vraie. Il a été démontré que la concentration minimale inhibitrice (CMI) du distillat moléculaire de cade était inférieure à 1mg/ml. On peut donc supposer que l'huile de cade a une certaine activité antifongique vis-à-vis de *Malessezia furfur* (LUCASE, 2000).

Etant donné la présence de molécules plus actives sur les agents fongiques, l'huile de cade est, de nos jours, peu utilisée dans cette indication (**CHUYEN, 1985 ; LUCASE, 2000**).

2.7 Utilisations de l'huile de cade

Dans le passé, l'huile de cade a été utilisée en cosmétologie, en médecine humaine et en médecine vétérinaire.

2.7.1 Utilisations cosmétiques

Autrefois, l'huile de cade était utilisée, en cosmétologie, par les femmes de la campagne provençale afin d'obtenir une chevelure luisante (2 à 3 gouttes d'huile de cade suffisaient) (**PORTE, 1994**).

Le goudron de cade n'est que peu présent dans les shampooings. Il est largement substitué par l'huile essentielle de cade (**ALLIANCE, 2007**).

2.7.2 Utilisations en médecine vétérinaire

L'huile de cade, par ses propriétés antiseptiques, antiparasitaires et acaricides, fut employée en médecine vétérinaire.

Jusqu'au dix-neuvième siècle, l'huile de cade était employée contre la gale, les teignes, et l'eczéma des animaux (**PORTE, 1994**).

Lorsque des animaux présentaient des symptômes de gale, l'huile de cade était appliquée sur les zones touchées par les acariens (*Demodex* ou *Sarcoptes scabiei*) (**CHUYEN, 1985**).

Par contre lorsqu'il s'agissait de teignes, l'huile de cade était souvent associée à du soufre ou de l'iode. Ces associations que l'on dénommait respectivement dénisol et cadiode étaient diluées avec un excipient gras afin de les appliquer sur les zones atteintes (**CHUYEN, 1985**).

L'huile de cade fut utilisée contre l'eczéma des chiens ou des chats ou encore des chevaux et des bovins. Quand la phase aiguë de l'eczéma était terminée, il pouvait subsister une desquamation et un épaississement de l'épiderme. Pour lutter contre ces inconvénients, une pommade à base d'huile de cade était appliquée en alternance avec une pommade à l'oxyde de zinc (**CHUYEN, 1985**).

L'huile de cade était parfois employée dans les fissures des sabots des équidés et dans une affection que l'on appelle « piétin » chez le mouton, sorte de pododermite végétant détruisant le plancher du sabot. Aujourd'hui, les vétérinaires y ont encore parfois recours lorsque les thérapies modernes ont échoué (**HAMBA, 1982 ; LACHAT, 1990 ;**

PORTE, 1994).

2.7.3 Utilisations en médecine humaine

A côté de la médecine vétérinaire, l'huile de cade fut largement employée en médecine humaine.

Son champ d'application était large car elle pouvait être prescrite aussi bien dans le traitement de maladies pulmonaires que pour des douleurs dentaires ou certaines maladies oculaires. Cependant, les indications majeures étaient les mêmes qu'en médecine vétérinaire à savoir la gale, les teignes, mais aussi la pelade, les alopecies pityriasiques et séborrhéiques, l'eczéma et le psoriasis (**DORVAULT, 1994 ; CHUYEN, 1985 ; PORTE, 1994).**

Elle fut également utilisée en usage interne, dans le cadre de traitement des lithiases biliaires, de néphrites chroniques mais surtout en tant qu'antihelminthique, chez les enfants qui présentaient une affection vermineuse. Dans cette dernière indication, l'huile de cade était employée à la dose d'une vingtaine de gouttes par jour. Avec l'apparition de nouveaux médicaments, ces utilisations furent restreintes (**ANTOGNARELLI, 1995 ; CHUYEN, 1985 ; HAMBAL, 1982 ; LUCAS, 2000).**

A partir du dix-neuvième siècle, l'huile de cade fut, du fait de ses actions kératolytique et anti-prurigineuse majoritairement employée dans le cadre du traitement du psoriasis sous forme d'onguents et de pommades. Les médecins avaient remarqué que ses applications avaient l'avantage de ne pas produire d'irritation de la peau saine (**CHUYEN, 1985).** Elle constituait également un bon traitement pour les eczémas notamment les eczémas se compliquant d'impétigos (**HAMBAL, 1982).**

Aujourd'hui, l'huile de cade, grâce à son pouvoir réducteur et kératoplastique, est principalement utilisée sous forme de shampooings dans le traitement des états pelliculaires, du psoriasis du cuir chevelu et des états séborrhéiques. L'huile de cade permet d'assainir l'épiderme et de soulager le prurit dans le cadre de traitement des états desquamatifs, ichthyosiformes et séborrhéiques du cuir chevelu (**PORTE, 1994).**

L'huile de cade est également utilisée sous forme de pain dermatologique pour l'hygiène des peaux grasses (**CHUYEN, 1985 ; PORTE, 1994).**

2.7.4 Utilisations phytopharmaceutiques

Il a été montré que le goudron de cade pouvait être un antiparasitaire important en phytopharmacie.

En effet, il possède des propriétés fongistatiques, insecticides et ovicides. Ainsi, l'huile de cade combat le corynéum, les rouilles, le lichen et les pourridies.

Les propriétés insecticides et ovicides sont illustrées par la destruction des pucerons, des charançons, des anthonomes, des scolytes et des lucanes.

En résumé, l'huile de cade est utilisée, principalement l'hiver, dans le traitement des végétaux pour assurer la destruction des parasites (CHUYEN, 1985).

2.8 Toxicité de l'huile de cade

Une substance, quelle qu'elle soit, appliquée sur la peau peut provoquer des réactions cutanées d'intolérance, soit par causticité directe (irritation), soit par réaction du système immunitaire (allergie de contact) (LUCAS, 2000).

Des tests d'irritation ont été effectués avec divers extraits de bois de cade purs à 3% et à 20% dispersés dans de la vaseline blanche puis appliqués sur le dos de 25 sujets. Il apparaît que l'huile empyreumatique est irritante. En effet, des érythèmes ont été signalés. De plus, on note que plus la concentration en huile de cade est élevée, plus l'irritation est importante (LUCAS, 2000).

Le pH semble intervenir dans le pouvoir irritant de l'huile de cade. En effet, l'huile de cade, très irritante, a un pH très acide ($\text{pH} < 5$) comparé à celui d'autres extraits de cade, qui eux, sont beaucoup moins irritants (LUCAS, 2000).

Des tests déterminant le pouvoir allergisant de l'huile de cade ont été réalisés. Divers extraits de cade dont l'huile empyreumatique ont été testés à des doses infra-irritatives, c'est-à-dire à une concentration de 3% (dispersés dans de la vaseline blanche). Tous les tests se sont révélés négatifs (LUCAS, 2000)

En ce qui concerne la photosensibilisation, des extraits analogues ont été appliqués sur la peau pendant 24h. A la fin de ce délai, une irradiation UV (émis par un simulateur solaire) a été réalisée. Les tests se sont, également, révélés négatifs (LUCAS, 2000).

L'huile empyreumatique de cade à 3% n'a donc entraîné ni réaction allergique, ni réaction photo-allergique (LUCAS, 2000). Cependant d'autres études rapportent l'apparition d'une dermatite allergique de Contact due aux goudrons végétaux. Ce phénomène allergique pourrait être la conséquence d'une sensibilisation croisée avec le goudron de houille (KULCANAC *et al.*, 2006 ; ROESYANTO *et al.*, 1990).

L'huile de cade contient des hydrocarbures aromatiques polycycliques tel que le benzopyrène réputé cancérigène. Le benzopyrène ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}$) a donc été dosé dans l'huile de cade. Le résultat est de 8000 pg/kg ce qui fait de l'huile de cade la fraction la plus riche en benzopyrène parmi les produits extraits de *Juniperus oxycedrus*. En effet, l'huile de cade rectifiée contient une dose de 20 pg/kg. De plus, une étude menée sur différents

échantillons de peaux humaines et murines ainsi que sur des poumons de souris montrent qu'il y a des transformations au niveau de l'ADN des cellules traitées. En effet, il y a formation d'adduits persistants au niveau de l'ADN. Cette étude montre également que l'huile de cade occasionne un taux d'adduits plus important que le goudron de houille (**LUCAS, 2000 ; SCHOKET et al., 1990**).

Peu d'études ont été menées pour connaître le réel impact, au niveau de l'organisme humain, de ces hydrocarbures contenus dans l'huile de cade. L'huile essentielle de cade, ayant une composition assez proche de l'huile de cade vraie, est suspectée d'avoir des propriétés cancérigènes. Il serait intéressant d'avoir plus de données sur le possible effet cancérigène de l'huile de cade afin de garantir une sécurité d'emploi des cosmétiques contenant ce goudron (**IARC, 2006**). Édemment, le niveau de risque cancérigène était évalué par les aberrations chromosomiques des lymphocytes périphériques. Les résultats de cette étude suggèrent un possible risque cancérigène lié à cette thérapie (**BORSKA et al., 2004**).

La même étude a été menée sur des patients adultes avec une moyenne d'âge de 29 ans. Les résultats sont tout à fait comparables à ceux de la première étude (**BORSKA et al., 2004**).

Les effets mutagènes du goudron de houille sont donc vérifiés et contribuent à une augmentation du risque carcinogène.

2.9 Données sur les cas de cancérisation

Le risque carcinogène étant prouvé, les études sur la déclaration de cancers liés à l'utilisation du coaltar sont, elles, contradictoires.

En effet, des cas d'épithéliomas spinocellulaires ont été rapportés chez des patients ayant eu un traitement au goudron de houille très long, souvent prolongé par automédication. Ces épithéliomas sont apparus au niveau des plis et des régions génitales.

Aujourd'hui, l'application de coaltar au niveau des plis et des régions génitales est contre-indiquée (**DUBERTRET, 1991 ; PAIRON et al., 2000**).

Par contre, une étude rétrospective menée en 1981, chez tous les malades atteints de psoriasis, suivis à la Mayo Clinic pendant 25 ans et traités par la méthode Goeckerman n'a pas retrouvé d'incidence plus élevée de cancers cutanés (**PITTELKOW et al., 1981**).

Les cancers cutanés ne sont pas les seuls cancers provoqués par les hydrocarbures aromatiques polycycliques. En effet, des tumeurs du parenchyme pulmonaire ainsi que des tumeurs de la vessie peuvent être la conséquence d'une exposition aux hydrocarbures

aromatiques polycycliques (**PAIRON et al, 2000 ; TESTUD, 1997**).

De plus, il a été constaté qu'il existait une relation linéaire entre la teneur en benzo[a]pyrène du goudron de houille et la proportion de tumeurs. Cependant aucune donnée n'apporte de précisions sur la fréquence de ces cancers pulmonaires ou vésicaux (**MELBER et al., 2004**).

Le temps d'exposition, la surface du corps exposée et la fréquence des applications sont vraisemblablement des facteurs déterminants en ce qui concerne l'apparition de cancers. Il sera donc recommandé de ne pas prolonger le traitement (**VOCHELLED, 1987**).

Chapitre III

Les activités Biologiques Étudiées in vitro

1 Stress oxydatif et les antioxydants

1.1 Stress oxydatif

Lorsque les radicaux libres sont présents en grande quantité dans l'organisme, il y a rupture de l'équilibre entre les oxydants en faveur des oxydants créant ainsi ce qu'on appelle « stress oxydatif » (**JDIDI, 2015**).

La notion de stress oxydant est définie comme l'incapacité de l'organisme à se défendre contre l'agression des espèces réactivées de l'oxygène « ERO » (**OURARI et IDER, 2017**), il résultant d'un déséquilibre entre les systèmes de défense antioxydants et la production de radicaux libres (**CHAOUI, 2017**).

1.2 Les antioxydants

1.2.1 Définition

Pour contourner les dommages causés par les « ERO » la cellule fait appel à des systèmes de défense appelés « les antioxydants » (**BENBRINIS, 2012**).

Les antioxydants sont des substances capables de protéger l'organisme contre les effets du stress oxydatif (**GUEMIDI et DJEROUROU, 2017**). Lorsque l'on parle d'activité d'antioxydant, on distingue deux sortes selon le niveau de leur action :

- * Une activité primaire est interrompue dans la chaîne auto catalytique de l'oxydation.
- * Une activité préventive est capable de retarder l'oxydation par des mécanismes indirects. (**BOUGHENDJIOUA ,2015**)

Les antioxydants plus connus sont le B-carotène « provitamine A », acide ascorbique « vitamine C », le tocophérol « vitamine E » ainsi que les composés phénoliques. (**POPOVICI et al., 2009**)

1.2.2 Les sources d'antioxydants

Nous avons principalement trois sources d'antioxydants :

- * Le première source est endogène et se compose de protéines, d'oligoéléments (cuivre, manganèse, sélénium et du zinc) et d'enzymes (superoxydedismutases, catalase, glutathion peroxydases) qui constituent la première ligne de défense, en participant à la neutralisation excédentaire en radicaux libres.
- * La deuxième source est notre alimentation, au sien de ce groupe nous pouvons encore établir une distinction entre les nutriments classique (peptides et les acides aminés, vitamine E et C) et les composants bioactifs (flavonoïdes, caroténoïdes).
- * La troisième source est constituée par les médicaments. (**CHEICK TRAORE, 2006 ; GUILLOUTY, 2016**)

1.2.3 Propriétés et rôle des antioxydants

Un antioxydant est toute substance qui, lorsqu'elle est présente en faible concentration comparée à celle du substrat oxydable, retarde ou prévient de manière significative l'oxydation de ce substrat. (ZERROUKI, 2009)

Les antioxydants ont un rôle bénéfique pour la santé grâce à la protection contre les vieillissements, réduisent les risques de cancers et des maladies cardio-vasculaires..... (MEDJOUJDA, 2012). Elle sont capables de supprimer, empêcher ou retarder les processus d'oxydation (ALLOUN, 2013).

1.2.4 Classification des antioxydants suivant la nature chimique dans les aliments

1.2.4.1 Les antioxydants synthétiques

Les antioxydants synthétiques sont généralement préparés en laboratoire, et principalement à partir de composants chimiques. (MEDJOUJDA ; 2012), les plus utilisées sont les composées phénoliques comme le butylhydroxytoluène « BHT » et le butylhydroxyanisole « BHA ».

Les antioxydants phénoliques sont toujours substitués par les alkyls qui ont prouvé une plus grande solubilité dans les graisses et les huiles (ALLOUN, 2013), elles sont utilisées dans l'industrie alimentaire pour la conservation des aliments (JDIDI, 2015).

1.2.4.2 Les antioxydants naturels

Les antioxydants naturellement sont présents dans presque toutes les plantes, tous les micro-organismes, les champignons et même dans les tissus animaux. Le groupe le plus important d'antioxydants naturel comprend la vitamine E « tocophérol », les flavonoïdes et autres composés végétaux (MEDJOUJDA, 2012).

Les plantes les plus étudiés et utilisées dans ce domaine sont les épices et les herbes aromatiques, la plus part des espèces qui ont une forte activité antioxydant appartiennent à la famille des lamiacées (KHIMA et MERABTI, 2015)

1.2.5 Les méthodes d'évaluation des propriétés antioxydants in vitro

Plusieurs méthodes sont disponibles pour mesurer l'activité antioxydant, peuvent être classés en deux groupes selon deux mécanismes :

- * Soit par transfert d'atome d'hydrogène employé pour évaluer la peroxydation lipidique en utilisant un substrat lipidique ou lipoprotéique.
- * Soit par transfert d'un simple d'électron sont celles qui interviennent dans la mesure de l'habilité du piégeage des radicaux libres. (KHIMA et MERABTI, 2015)

Les antioxydants présentent une grande diversité moléculaire agissant contre les processus d'oxydation de différente manière. Ainsi, afin de mesurer l'activité antioxydant d'une molécule, on peut coupler plusieurs tests. (GUILLOUTY, 2016), selon les méthodes qui visent à mesurer la

capacité antioxydant, le FRAP, l'ABTS, l'ORAC et le TRAP sont les plus souvent employées (TIFFANY, 2012).

1.2.5.1 Le test de DPPH

Le DPPH « 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle » est un radical libre stable qui agit en se combinant avec d'autres radicaux libres, le plus utilisé dans l'évaluation de l'activité antioxydante. Elle est caractérisée par une coloration violette en cas d'absence de l'antioxydant, il s'agit d'un test largement utilisé car il est simple et relativement reproductible (JDIDI, 2015 ; GUILLOUTY, 2016)

Le test DPPH est recommandé pour des composés contenant SH-, NH- et OH- groupes. Il s'effectue à température ambiante, ceci permet d'éliminer tout risque de dégradation thermique des molécules thermolabiles. (POPOVICI *et al.*, 2009)

1.2.5.2 Le test de FRAP

Le FRAP « Ferric Reducing Antioxidant Power », ce test considéré comme direct et rapide utilisé pour déterminer l'activité antioxydante des produits étudiés dans un milieu neutre (JARBI, 2018). Il est basé sur la réduction d'un complexe ferrique tripyridyletraizine ferrique « TPTZ-Fe³ » en sa forme ferreuse « TPTZ-Fe² » par un antioxydant à faible PH (BARA *et* BECHAR, 2014). La solution de TPTZ a une couleur bleu intense dont le maximum d'absorbance est de 593 nm (GALOUL *et* TOUAHRIA, 2018).

1.2.5.3 Le test d'ABTS

L'ABTS « sel d'ammonium de l'acide 2,2-azino-bis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) », la génération du cation radical ABTS constitue de l'une des méthodes spectrophotométriques qui ont été appliquées à la mesure de l'activité antioxydante totale. La capacité antioxydante exprimée en équivalent Trolox « TEAC » correspond à la concentration de Trolox ayant la même activité que la substance à tester (JARBI, 2018).

L'activité antioxydante totale d'une molécule est déduite de sa capacité à inhiber le radical ABTS^{•+}, obtenu à partir de l'ABTS avec une enzyme de peroxydation en présence de peroxyde d'hydrogène ou le persulfate de potassium (GALOUL *et* TOUAHRIA, 2018).

1.2.5.4 Le test d'ORAC

L'ORAC « Oxygen Radical Absorbance Capacity » est une analyse spectrofluorimétrique, mesure la dégradation de la fluorescéine en présence de l'oxydant APPH. La méthode d'ORAC est rapportée comme étant un test pour évaluer le potentiel à réduire les radicaux peroxylysés « ROO » , l'activité de composé testés traduit par un délai de la perte de fluorescence, est comparé avec celle du Trolox pour obtenir un indice d'activité en équivalent Trolox .

La méthode ORACE a pour avantage d'être sensible, standardisée et adaptée aux matrices hydrophiles et lipophiles (TIFFANY, 2012).

1.2.5.5 Le test de TRAP :

Le TRAP « Total Reactive Antioxidant Potential » est basée sur la capacité d'un antioxydant à inhiber l'action des radicaux pyroxyles, les radicaux sont générés par les sondes fluorescentes. Le potentiel d'antioxydant des produits ainsi mesuré est rapporté en équivalent Trolox.

Les avantages de cette méthode sont que les antioxydants non enzymatiques peuvent être quantifiés et la capacité antioxydant peut être mesurée (TIFFANY ,2012)

2 Généralités sur les bactéries et les antibiotiques**2.1 Les bactéries****2.1.1 Définition**

Les bactéries sont des organismes unicellulaire qui absorbant leur nutriments par diffusion simple (LOUISE ,2011), est une cellule vivante de petite taille, de un micromètre de diamètre à quelques micromètres de longueur.

C'est une cellule procaryote dépourvue d'un vrai noyau constituée d'un chromosome unique sans membrane nucléaire. Elle est caractérisée par l'absence de mitochondrie, de réticulum endoplasmique, l'appareil de Golgi et d'appareil mitotique. (BOULAHBAL, 2009)

Très abondantes, elles jouent un rôle essentielle dans le recyclage de la matière organique, elles vivent généralement en symbiose avec le milieu qui les abrite. Certaines espèces sont parasites et peuvent provoquer des maladies chez l'homme, les animaux et les plantes, on parle alors communément de « microbes ». (BONNARDEL, 2013)

2.1.2 Culture des bactéries

On utilise habituellement pour culture les bactéries des milieux complexes à base d'extraits, ces milieux peuvent être liquide « bouillon » ou solide. La solidification des milieux est obtenu par l'addition de l'agar, un extrait d'algues qui a la propriété de fondre à l'ébullition et se solidifier à T inférieures à 40 c°.

En milieu liquide, les bactéries se dispersent librement et leur multiplication se traduit par un trouble.

Sur milieu solide, lorsque la quantité de bactérie est faible, chaque bactérie va pouvoir se multiplier sur place jusqu'à former un amas de bactérie visible à l'œil nu (LABIOD, 2016).

2.1.3 La description des bactéries étudiées**2.1.3.1 Escherichia coli**

Est une bactérie aérobie, c'est l'espèce la plus important d'Escherichia. C'est un bacille Gram (-) de la famille des Enterobacteriaceae qui est un hôte commun de la microflore commensale intestinale de homme et animaux. Ces micro-organismes peuvent devenir pathogène et peut provoquer des infections urinaire, biliaire, intestinale et génitales.

2.1.3.2 Staphylococcus aureus

C'est une espèce de la famille de Micrococcaceae, constituant de cellule arrondies (cocci à Gram (+)) disposées en amas ou en grappe de raisin d'où le nom Staphylos en grec. Ces bactéries survivent et prolifèrent du fait de leur particulière résistance aux conditions hostiles d'environnement telles que la chaleur et la sécheresse. Elles peuvent causer des infections intestinales superficielles, infection des plaies et du sang.

2.1.3.3 Pseudomonas aeruginosa

C'est un germe appartenant au groupe des bacilles à Gram (-), aérobies, il pousse facilement sur les milieux usuels. Cette espèce se caractérise par la germination bleu-vert de ces colonies. Ces micro-organismes vivent dans le tube digestif de l'homme, ils sont mobiles et possèdent une ciliature polaire (BERREGHIOUA, 2016).

2.2 Les antibiotiques

2.2.1 Définition

Les antibiotiques « ATB » sont des molécules à activité antibactérienne, ils sont soit d'origine biologique (B-lactamines, aminosides, polypeptides, macrolides) semi synthétique ou synthétique comme sulfamides.

Ils agissent spécifiquement sur des cibles moléculaires perturbant une étape essentielle du métabolisme des bactéries (synthèse protéique, synthèse des acides nucléiques, transcription...) (BOULAHBAL, 2009).

Les ATB empêchent la multiplication des bactéries en perturbant leurs métabolismes ou entraînent leur destruction en s'attaquant directement à leurs structures indispensables comme la paroi cellulaire, ribosome, membrane plasmique (KADA, 2018).

2.2.2 Critères de classification

Les ATB peuvent être classés selon :

- * Le mode d'action (action sur la membrane plasmique, sur les acides nucléiques.....).
- * L'activité (antibactérienne, antifongique ou antimétabolique).
- * L'origine de la molécule (naturelle, synthétique ou semi synthétique).
- * La structure chimique (actuellement retenue pour classer les ATB en famille) (BOULAHBAL, 2009).

La plus utilisée est celle basée sur la structure chimique, les autres types de classification peuvent être utilisés surtout en médecine et en pharmacologie. Il existe actuellement plus de 10 familles d'ATB utilisés en médecine (SABAOU, 2012).

2.2.3 Les cibles bactériennes des ATB

Les cibles des ATB sont impliquées dans les fonctions physiologiques ou métaboliques de la bactérie, les ATB peuvent inhiber la biosynthèse des acides nucléiques mais leurs cibles principales sont la paroi cellulaire et les ribosomes bactériens (**LABIOD, 2016.**)

2.2.4 Résistance aux antibiotiques

Il existe deux grands types de résistance aux ATB :

2.2.4.1 La résistance naturelle

On parle de résistance naturelle lorsque toutes les souches d'une même espèce sont résistantes à un ATB (**BOUABID et al., 2013**). Certaines bactéries sont naturellement résistantes à des ATB on dit que cette résistance est innée ou naturelle.

La résistance peut être due à la structure de la bactérie ou à l'impossibilité pour ATB de pénétrer dans la cellule (**COUSTES, 2016**).

2.2.4.2 La résistance acquise

La résistance acquise n'est présente que chez certaines souches de la même espèce ou d'un genre. Cette résistance peut survenir via une mutation (directement sur le chromosome bactérien) ou plus fréquemment par acquisition du matériel génétique ou par transfert de gènes. Le phénomène de mutation est conditionné par l'utilisation des ATB, ces dernières ne sont pas des agents mutagènes mais ils contribuent à sélectionner, de manière spontanée, des mutants résistants au sien d'une population bactérienne (**BOUABID et al., 2013 ; COUSTES, 2016**).

Partie Expérimental

La zone d'étude

1 Présentation générale

Le parc national des cèdres de Theniet el Had est le premier espace naturel protégé en Algérie, situé à 185 km au sud-ouest de la capital Alger et à 150 km de la côte méditerranéenne. Sa superficie totale est de 3425 ha dans le point culminant au parc « Ras El Braret » avec 1787 m d'altitude et le point le plus bas est à 858 m.

Le parc présente de nombreux escarpements rocheux spectaculaires qui peuvent atteindre 100 m de haut et le peuplement forestier représente $\frac{3}{4}$ de la superficie totale du parc, le reste est à l'état de maquis.

De notre côté la flore comprend 670 taxons : 603 végétaux supérieurs, 39 champignons, 24 lichens et 13 mousses ; et la faune représente 596 espèces animales : 103 oiseaux, 443 insectes, 18 reptiles, 5 amphibiens et 23 mammifères (PNTEH, 2018).

2 Situation géographique

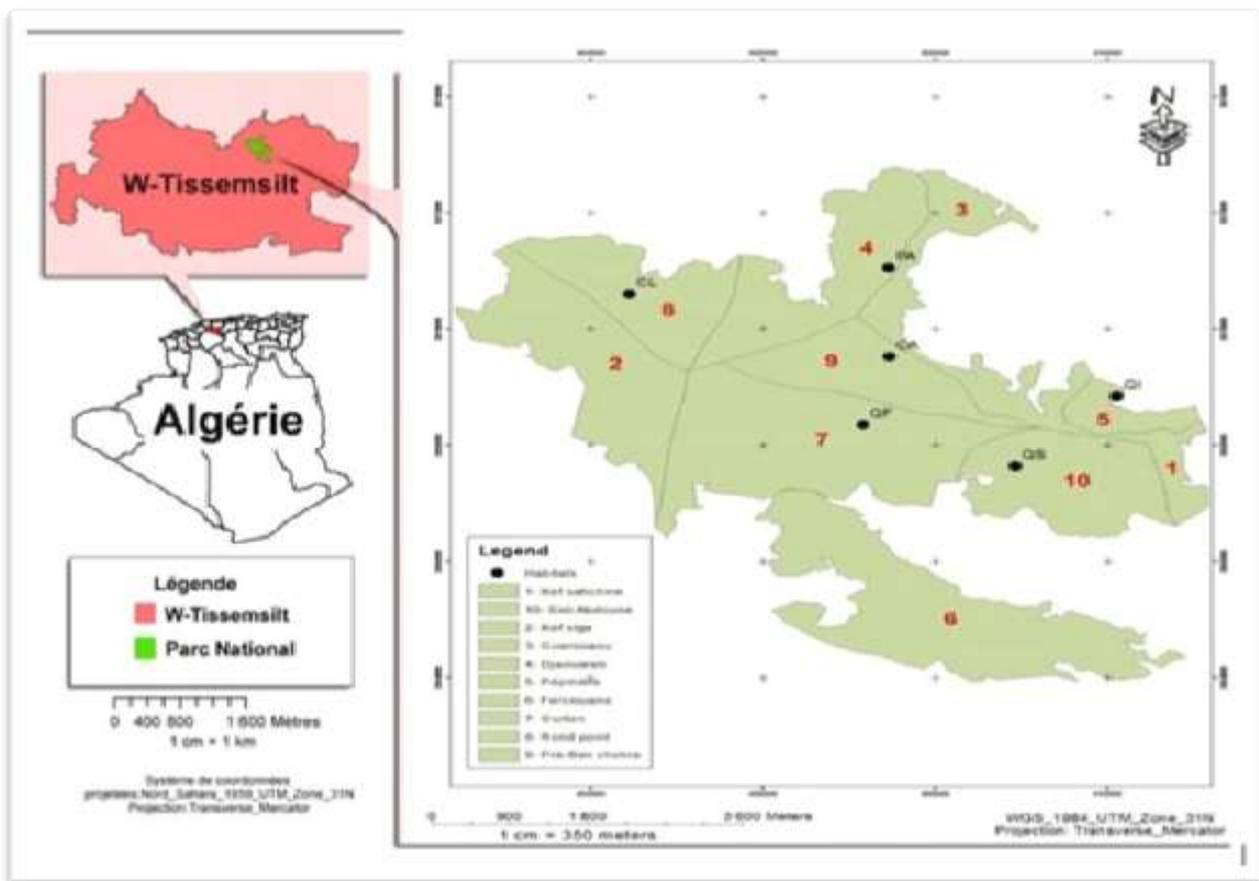
Le parc national de Theniet El Had est un massif forestier qui est situé au nord-ouest de l'Algérie dans la wilaya de Tissemsilt. Il s'étend sur la partie septentrionale de l'Ouarsenis compris entre les monts de Beni-chograne à l'Ouest, les monts de Tetteri à l'Est, la vallée de Chélif au Nord et les plaines du Sersou au Sud.

Le parc national est distant de 52 km de Chef-lieu de la wilaya de Tissemsilt et à environ 2 km du Chef-lieu de Daïra de Theniet El Had (PNTEH, 2018).

Selon les coordonnées géographiques suivantes :

* L'altitude : 35° 54' 4'' et 35° 49' 41'' de l'altitude Nord.

* Longitude : 02° 02' 4'' et 01° 52' 45'' de longitude Est.



"Fig. 9" - Carte de situation géographique du PNTEH

3 Etude des caractérisations physiques de la zone

3.1 L'exposition

Le parc présente globalement deux expositions principales : Nord & Sud.

Le versant Nord entrecoupé de quelque cuvette encaissée et la crête principale où culminé le point le plus « Ras El Braret » relevant du canton Rond-Point.

Le versant Sud est d'une assez forte inclinaison, mais contrairement au versant Nord, la longueur du terrain y est assez vaste (environ le double du premier) (PNTEH, 2018).

3.2 La pente

Suivant les deux versants du parc, les fortes pentes sont de la côte Nord estimée en moyenne à 40° d'inclinaison (exception faite pour le canton Pépinière où la pente dépasse guère 15°). Le versant Sud par contre présente des pentes plus ou moins fortes (25° au maximum) (PNTEH, 2018).

3.3 L'altitude

Le territoire de parc est compris entre des altitudes réparties entre les deux principales expositions :

Au versant Nord : il culmine à 1787 m « Ras El Braret » et descend jusqu'à 853 m au niveau de Oued Mouilha dans le canton Djouareb.

Au versant Sud : on rencontre une altitude supérieure qui est le pic à 1787 m et la limite inférieure est à 968 m représentant le bout aval de l'Oued El Ghoul appartenant au canton Fersiouane (PNTEH, 2018).

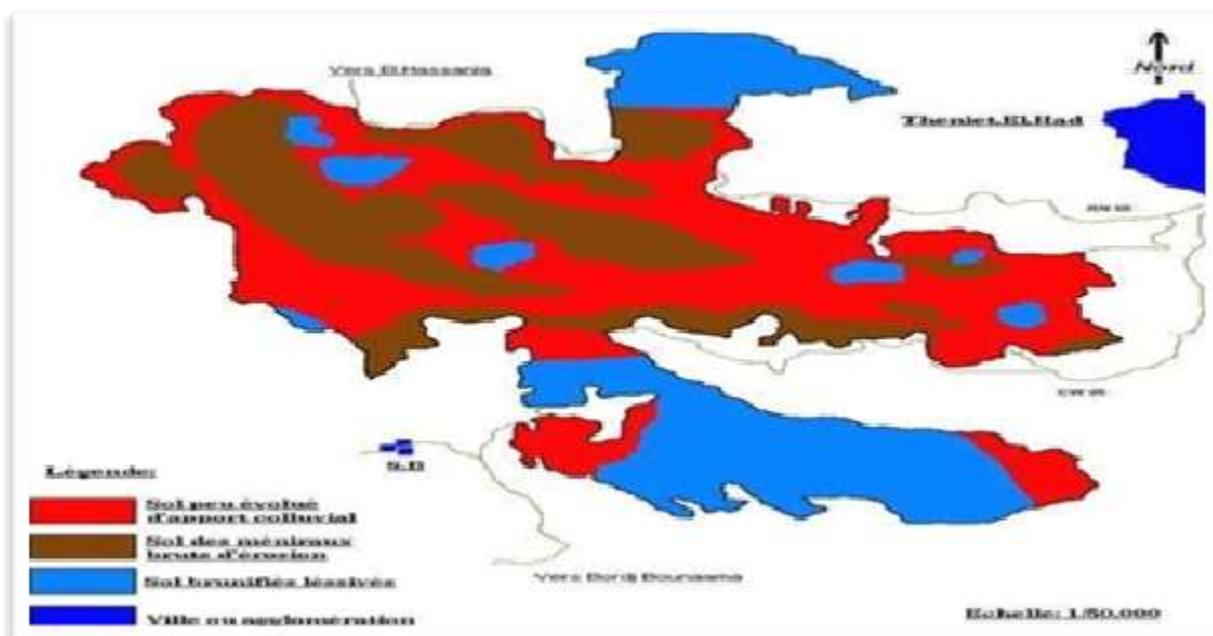
3.4 La pédologie

Dans la cédraie, prédominant trois classe de sol :

* Les sols peu évolués du groupe d'apport colluvial, ils sont formés par des matériaux argilo-sablonneux mélangés à des morceaux de roche particulièrement de grès en quantité et dimension très variées allant de 01 cm à 02m.

* Les sols minéraux brute d'érosion, les lithosols y prédominant sur des grès, c'est sols se localisent sue des forts et moyenne pentes ou d'érosion hydrique y est accentuée.

* Les sols bruns lessivés qui sont localisés dans les grandes clairières et pied monts en général ou les pentes sont très faibles. L'horizon superficiel est riche en azote, potassium et en matière organique (PNTEH, 2018).



"Fig. 10" - Carte de répartition de type de sol de PNTEH.

3.5 L'hydrologie

3.5.1 Les Oueds

A la périphérie du parc, existe deux Oued permanent :

* Oued El Mouilha au Nord-Est de parc.

* Oued El Ghoul au Sud de parc.

Dans cette zone il existe un réseau hydrique très ramifié et souvent temporaire (PNTEH, 2018).

3.5.2 Les sources

Le PNTEH riche de 52 sources dont une grande partie est ferrugineuse. Il y'a lieu de relever à ce niveau les sources les plus importants du point de vue débit et qualité (source de Ain El Harhar, source de Djedj El Ma, source de Ain kinia.....) (PNTEH, 2018).

3.5.3 Les étranges

Les étranges temporaires sont une particularité du PNTEH. Ils sa s'assèchent généralement à partir de mois de juillet (PNTEH, 2018).

4 Etude climatique de la zone

4.1 La précipitation

Les précipitations englobent toutes les formes d'eau qui tombent sur la surface de la terre. Le gradient pluviométrique établi par SELTZER (1913- 1938) est de 40 mm / 100 m, c'est-à-dire elle augmente d'environ 40 mm pour chaque élévation de 100 m d'altitude. Les précipitations moyennes annuelles enregistrées dans la station de Theniet El Had sont de 628 mm. Les données pluviométriques pour cette station sont représentées dans le tableau suivant :

"Tableau 4" – La répartition mensuelle et annuelle de la pluviosité de 1913-1938.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Hauteur de pluie mm	89	76	70	51	56	24	07	07	40	51	74	83	628
Nombre de jour de pluie	11	11	11	07	07	04	02	02	06	07	12	10	90

4.2 Le régime saisonnier

Le régime saisonnier est de type HPAE pour les trois stations, elle présente un minimum estival de précipitation caractéristique de climat méditerranéen (PNTEH, 2018). Les données sont représentées dans le tableau suivant :

"Tableau 5" -La répartition saisonnière des précipitations (mm).

Saison Station	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Theniet El Had	248	177	38	165
Parc national :				
- à 1787 m	310,7	239,7	100,7	227,7
- à 853 m	217,3	146,3	13,7	134,31

4.3 La température

La température établie par SELTZER (1913-1938) pour les moyennes de température minimales « m » du mois le plus froid est de 0,4°C tous les 100 m, pour les moyennes de température maximale « M » du mois le plus chaud est de 0,7°C tous les 100 m.

4.4 Le vent

Le vent est un facteur écologique prédominant dans la région en toutes saisons, le détail des différentes origines de vent à travers la région de Theniet El Had se résume dans le tableau suivant :

"Tableau 6" - La direction des vents dans le PNTEH.

Station	Direction des vents en %								Total
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
Theniet EL Had	15	08	01	07	11	12	15	31	100

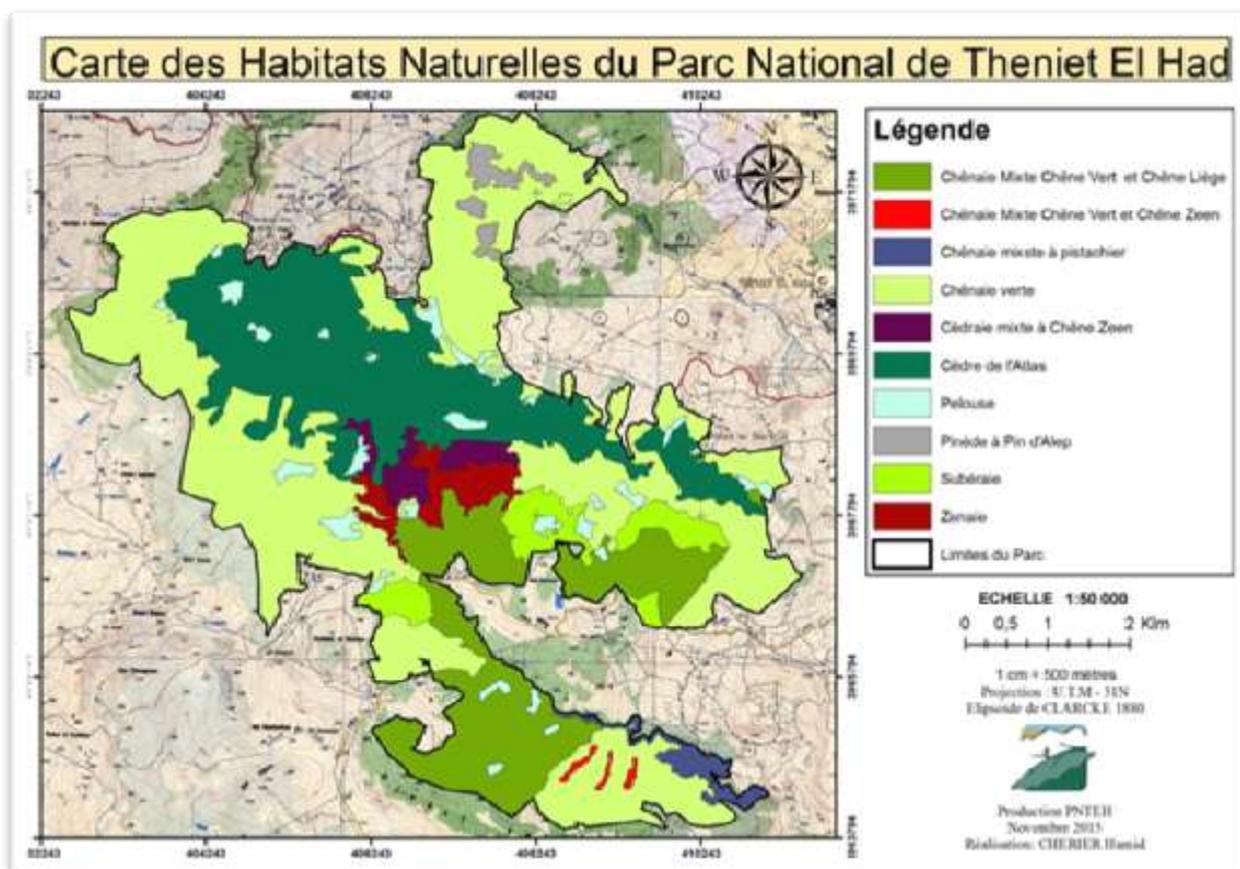
4.5 L'humidité

Elle augmente pendant la nuit en comprenant la perte d'eau enregistré dans la région de l'aire protégé du mois de décembre à mai qui diminuer progressivement (PNTEH, 2018).

4.6 Le neige

Selon SELTZER (1946), la durée moyenne d'enneigement dans la région de Theniet El Had est de 22 jours mais elle n'est pas toujours régulière.

5 La flore



"Fig 11" - Carte de végétation de PNTEH.

5.1 Cédraie

La superficie globale est estimée à 666 ha. Au versant Nord, le recouvrement des peuplements est très important (70-80%). Dans cette strate, la densité est très élevée (400 pieds / ha) ; c'est une cédraie pure constitué de haute futaies moyenne de 30 m de haut. Le nombre de pieds augmente avec l'altitude et finit par diminuer sur la plus part des crêtes en mélange avec le chêne zeen (*Quercus faginea*) accompagnés avec d'autres espèces buissonnantes (*Cratargus monogyna*, *Prunus avium*, *Juniperus Oxycedrus*.....). La moyenne d'âge est située entre 125-135 ans.

Au versant Sud, le recouvrement est de l'ordre de 60-70% soit 10-12 m de la hauteur moyenne (PNTEH, 2018).

5.2 La yeusaie

La superficie globale est estimée à 1389 ha. Les futaies âgées caractérisent le canton dit « Rond-Point ». Généralement dans les basses altitudes, une dominance des formations buissonnantes et épineuses, avec un faible degré de recouvrement. La hauteur moyenne est de l'ordre de 8 m, le sous-bois est composé surtout de *Calycotome spinosa*, *Ampelodesmos mauritanica*, *Genista scorpius*, *Lavandula stoechas* (PNTEH, 2018).

5.3 La Subéraie

La superficie globale est estimée à 406 ha. Le degré de recouvrement des arbres est en moyenne de 60-70%, une hauteur moyenne de 10-12 m (PNTEH, 2018).

5.4 Le zeenaie

La superficie globale est estimée à 365 ha. On la trouve dans quelques stations peu étendues, le 1/3 est réparti en forme de futaie en exposition Nord, les 2/3 restent en exposition Sud sous forme de gaulis ou perchis.

Le peuplement pur de chêne zeen est pour ainsi dire rare, soit il est en mélange avec le cèdre surtout sur le versant Nord ou avec le chêne liège et vert sur le versant Sud pour constituer une chênaie mixte (PNTEH, 2018).

5.5 Le pinède

La superficie globale est estimée à 27 ha. Elle est caractérisée par la vieille futaie, occupent principalement les basses altitudes de versant Nord du canton Guerouaou (PNTEH, 2018).

5.6 Les autres

Il s'agit du Pistachier de l'Atlas et du Pistachier térébinthe (une superficie estimée à 37 ha), se trouvent dans le versant Nord (Rond-point, Guerouaou, Pépinière). Le Frêne xanthophylle sous forme de petits bouquets très isolés (superficie 15 ha), trouve dans les cantons (Pépinière, Rond-point et Toursou). Le genévrier *Oxycedre* en strate dominée à travers tout le parc national (superficie 63 ha) (PNTEH, 2018).

Matériel et méthode

L'épidémie la plus récente est le nouveau Coronavirus (COVID-19), qui a été détecté à Wuhan, en Chine, et signalé à l'Organisation mondiale de la santé en Chine le 31 décembre 2019. Sa vitesse de propagation est devenue si alarmante que la plupart des pays prennent désormais des mesures et des précautions sans précédent pour assurer la sécurité de leurs citoyens et réduire le taux de nouvelles infections.

Ces épidémies ont eu de graves conséquences sur l'éducation à travers le monde. Par exemple, en Afrique de l'Ouest, durant l'épidémie d'Ebola en 2013, plus de 10 000 écoles au Libéria, en Sierra Leone et en Guinée ont été fermées pendant toute une année scolaire. Cette mesure a été rendue nécessaire par l'interdiction des rassemblements publics, qui a invariablement affecté la scolarisation.

Dans notre cas nous avons dû annuler la partie pratique de notre recherche (Extraction des huiles essentielles du *Juniperus Oxycédrus* du PNTEH, Identification de la composition chimique de cette huile et évaluation de leur activité antioxydant et antimicrobienne).

Nous avons choisie de faire une étude comparative de la composition chimique, l'activité antioxydant et l'activité antimicrobienne des trois huiles essentielles extraites de *Juniperus Oxycédrus* pousses dans trois pays différents du Maghreb (l'Algérie, la Tunisie et le Maroc).

Le tableau suivant résume notre travail de comparaison:

"Tableau 7" - Différents méthodes utilisées dans les trois pays.

Méthode Etude	Méthode d'extraction	Méthode d'évaluation de l'Activité antioxydant	Méthode d'évaluation de l'Activité antimicrobienne	Les bactéries Utilisées	Technique d'analyse et d'identificati on chimique
Algérie (BOUYAHYAOU, 2017)	Hydro distillation		Aromatogramme Antibiogramme Contact direct	S.aureus E.coli P.aeruginosa	CG/ SM
Maroc (RAHHAL et al., 2019)			DPPH		
Tunisie (MEDINI et al., 2014)		DPPH ABTS	/	/	
Tunisie (MEDINI et al., 2013)		/	Diffusion sur disque	E.coli S.aureus	

1 Extraction des huiles essentielles

Les huiles essentielles ont été extraites par hydrodistillation de 100g des feuilles grossièrement broyées pendant 4 heures à l'aide d'un appareil standard recommandé par la pharmacopée européenne. Les huiles ont été transférées dans des flacons en verre et maintenues à une température de 4°C jusqu'à leur utilisation.

Les rendements en huiles (%) ont été basés sur le poids sec d'échantillons de plantes (MEDINI et al., 2014).

2 Calcule du rendement

Le rendement en huiles essentielles est le rapport entre le poids de l'huile essentielle et le poids de la partie de la plante à traiter. Le rendement exprimé en pourcentage a été calculé par la formule suivantes : (BOUYAHAOUI, 2017)

$$R = (PB / PA) \times 100.$$

PB : poids d'huile en g.

PA : poids des feuilles ou baies sèches en g.

R : rendement d'huile en pourcentage.

3 Analyse CG/ SM

Les huiles essentielles ont été analysée sur un chromatographe en phase gazeuse Hewlett-Packard modèle 5980, couplé à un modèle Hewlett-Packard 5971, équipé d'une colonne DB5 SM (30 m × 0,25 mm ; 0,25µm), programmation de 50c° (5min) à 300c° à 5c°/ min, avec un maintien de 5min. L'hélium a été utilisé comme gaz porteur (1,0 ml/ min) ; injection en mode déversé (1h30) ; températures de l'injecteur et du détecteur, respectivement 250 et 280c°. Le spectromètre de masse fonctionnait en mode IE à 70ev ; multiplicateur d'électrons, 2500v ; température de la source d'ions, 180c° ; les données SM ont été acquises en mode de balayage dans la plage m/z 33-450 (RAHHAL et al., 2019).

4 l'Activité antioxydant

Activité antioxydant d'huile essentielle a été déterminée par la méthode au DPPH (2,2 diphényle, 1-picryl hydrazyle). En présence piègeurs « donneurs de proton » des radicaux libre, le DPPH « capteur de proton » de couleur violette se réduit en DPPH de couleur jaune. La diminution de coloration de la solution, qui est proportionnelle à la quantité d'activité antioxydant. 100µl de chaque dilution de l'huile essentielle ont été mélangés avec 2,9ml de la solution de méthanol de DPPH à 0,004% (p/v) dans des tubes à essai secs. Après 30 min d'incubation à la température ambiante et à l'obscurité, l'absorbance a été mesuré à 517nm. Le contrôle négatif est composé de 100µl de méthanol 95% et de 2,9ml de la solution de DPPH. Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard ; l'absorbance de l'acide ascorbique est mesurée dans les mêmes conditions que celles de l'huile essentielle. Le pouvoir de réduction est calculé par la formule suivant :

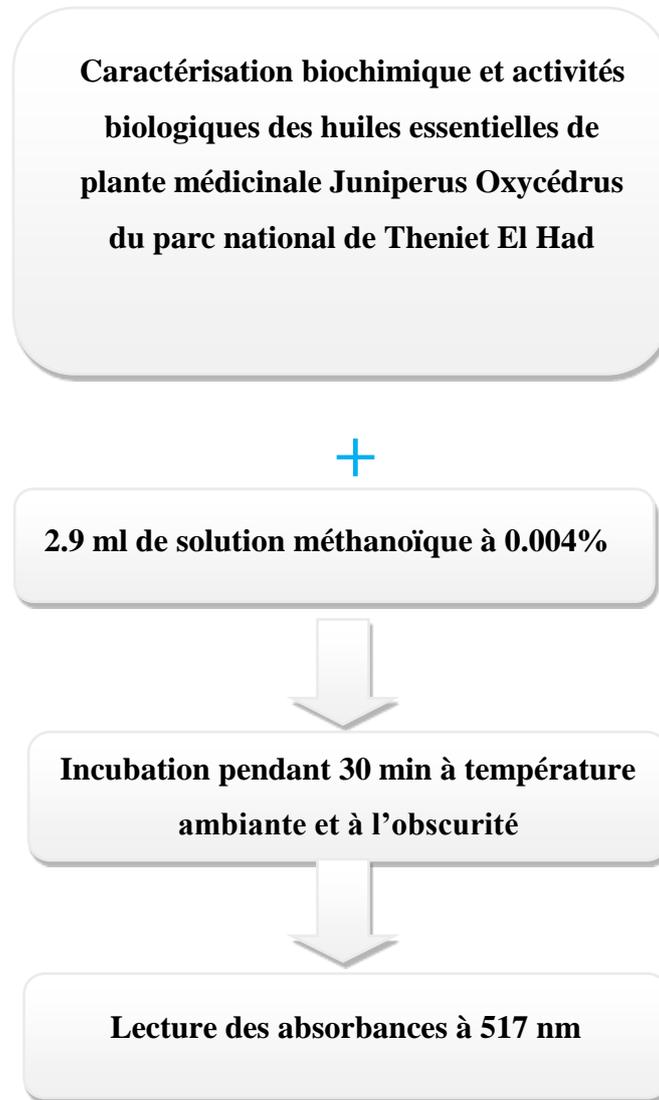
$$PR = (AC - AE) / AC \times 100.$$

PR : pouvoir de la réduction en%.

AC : Absorbance de la solution de DPPH en absence d'huile essentielle et de la vitamine C.

AE : Absorbance de la solution de DPPH en présence d'huile essentielle ou de la vitamine C.

(BOUYAHAOUI, 2017)



"Fig. 12"- Le protocole de DPPH

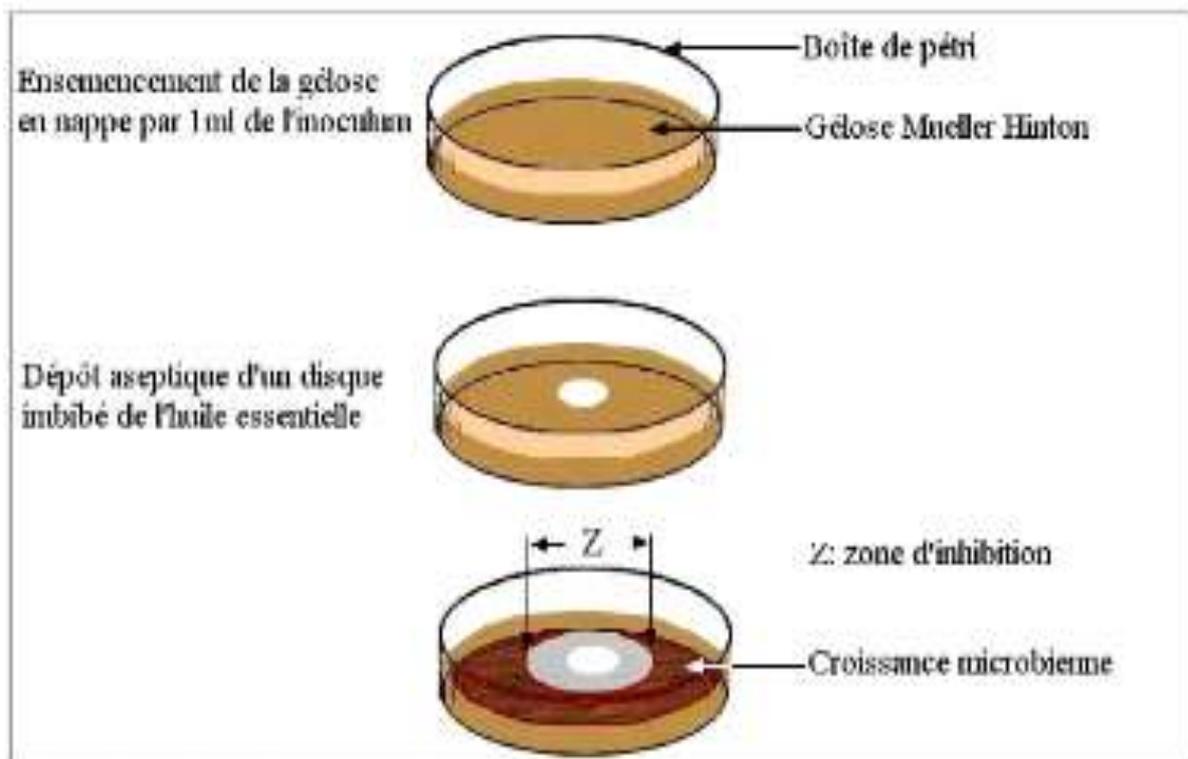
5 l'Activité antimicrobienne

L'activité antimicrobienne in vitro d'huiles essentielles de *J.Oxycédrus* a été testée contre quatre souches témoins de laboratoire, deux gram (+) : *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Salmonella enteridis* ATCC 13076 et deux gram (-) : *Escherichia coli* ATCC 35214 et *Salmonella typhimurium* NRRLB 4420.

Les tests d'activité antimicrobienne ont été effectués selon la méthode de Bert et Lambert-Zechovsky avec de légères modifications.

En bref, les suspensions bactériennes ont été ajustées à 1×10^8 CFU/ml et étalées dans du bouillon Muller Hinton. Ensuite, des disques de papier-filtre (6mm, wattman numéro 1) ont été placés sur le surface de boîtes de pétri et imprégnées de 1010 μ l d'huile essentielle. Toutes les boîtes de pétri ont été incubées à 37°C (24h).

Toutes les déterminations ont été effectuées en trois exemplaires. L'activité antimicrobienne a été mesurée le rayon de la zone d'inhibition au millimètre (MIDINI *et al.*, 2013).



"Fig. 13" - Illustration de la méthode d'aromatogramme (BOUBRIT et NAFAA, 2007)

Résultat et discussion

1 Le rendement des HE

Les résultats des rendements d'HE du *Juniperus Oxycédrus* dans les trois pays ont présentés dans le tableau suivant :

"Tableau 8" - La teneur d'huile essentielle du *Juniperus Oxycédrus*.

Les pays et références		Partie de plante	Quantité (g)	Rendement (%)
Algérie (BOUYAHYAOU, 2017)		Feuilles sèches	200	0.1
Maroc (RAHHAL et al.,2019)		Partie aérienne	100	0.1
Tunisie (MEDINI et al., 2014)	Hawaria	Baies immatures	100	0.7
		Baies matures		1.0
	Tabarka	Baies immatures		0.2
		Baies matures		1.1
	Dkhila	Baies immatures		1.5
		Baies matures		/
	Kbouche	Baies immatures		1.5
		Baies matures		/

A travers les valeurs des rendements, on peut remarquer : il ya une différence significative dans le rendement de l'HE des baies mature et immatures de la plante récolté en Tunisie.

Dans la Station de Dkhila et de Kbouche : on remarque une similarité en termes de rendement en HE des baies immatures (1,5%). Alors que dans la **Station Hawaria et Tabarka :** Le rendement en HE des baies matures est élevé (1.0 et 1.1% respectivement) par rapport aux baies immatures (0.7 et 0.2% respectivement).

Le rendement de l'HE extraite de la partie aérienne de la plante récolté du Maroc est de 0.1%.

Le même rendement (0.1%) est présenté dans les feuilles sèches récolté en Algérie, ces rendements sont significativement inférieure au rendement des baies mature et immatures de la plante récolté en **Tunisie (Tab 8)**.

Ces variations de rendement sont influencées par plusieurs facteurs, parmi eux :

- * La plante utilisée.
- * La période de récolte.
- * La partie de plante.
- * Le type de matériel végétal (sec ou broyée).
- * Les matériels et méthodes d'extractions.
- * Les conditions d'environnement (sol, climat et origine de la plante).

2 L'analyse chimique des huiles essentielles

A partir de l'étude de comparaison nous avons remarqué que la composition de l'huile essentielle de *J.Oxycédrus* change de pays à l'autre et d'une partie à l'autre : L'huile essentielle de *J.Oxycédrus* de l'Algérie contient 60 composés, de la Tunisie 51 composés alors que l'huile essentielle de *J.Oxycédrus* du Maroc contient 70 composés.

L'analyse par GC/MS de l'huile essentielle de *J.Oxycédrus L.* a mis en évidence 28 composés en commun entre les huiles de 3 pays ont été identifiés et sont consignés dans le **(Tab 9)**.

"Tableau 9" - La composition chimique d'HE de *J.Oxycedrus* des trois pays.

Pays et références	Algérie (BOUYAHYA OUI, 2017)	Maroc (RAHHAL et al., 2019)	Tunisie (MEDINI et al., 2014)					
			H		D	T		K
			Bim	Bm	Bim	Bim	Bm	Bm
Tricyclène	0.12	0.22	/	/	/	/	/	/
α -pinène	33.41	67.33	57.5	61.1	42.1	37.9	47.4	37.6
α -Fenchène	0.29	Tr	/	/	/	/	/	/
Camphène	0.23	0.43	00.5	00.5	/	00.4	00.3	00.3
Thuja 2-4(10) diène	0.14	0.21	/	/	/	/	/	/
Sabinène	0.11	1.02	/	0.3	/	/	0.2	0.3
β -Pinène	0.97	2.33	2.3	2.5	1.2	1.7	1.6	1.4
Myrcène	1.06	0.43	2.5	2.8	4	1.5	1.9	6.4
α -Phellandrène	0.04	/	/	/	1.3	0.3	/	1.3
α -Terpinène	0.03	tr	/	/	/	/	/	/
p-Cymène	0.1	0.74	0.8	0.2	/	1.1	/	/

Résultat et discussion

Limonène	0.43	0.66	/	/	/	/	/	/
β -Phéllandrène	0.17	/	2.1	1.8	/	3.4	1.5	/
γ -Terpinéne	0.03	0.26	/	/	/	/	/	/
Terpinolène	0.33	0.21	/	/	/	/	/	/
Trans-pinocarveol	0.2	/	0.6	/	/	1	0.2	/
Myrtenal	0.09	/	/	/	/	0.7	/	/
Trans-carveol	0.4	1.1	/	/	/	0.7	/	/
α -humulène	2.47	/	1	1	1.4	1.7	1.6	2
E (β)-Caryophyllène	2.4	1.01	1.4	1.2	1.5	3	1.6	2
Oxyde de Caryophyllène	0.39	tr	1.2	/	/	2.3	/	/
1-epi-cubénol	0.43	/	/	/	1.1	/	/	1.2
α -Cadinol	0.19	0.24	2	0.7	1.1	2.3	1.3	1.5
α -campholenal	/	0.56	0.7	/	/	1.6	/	/
Verbenone	/	0.95	/	/	/	0.5	/	/
α -Terpinyl acétate	/	/	2.3	0.5	1.1	5.9	0.3	/
γ -Muuroolène	2.8	0.98	0.8	1.7	/	/	/	/
Germacrène-D	23.66	0.42	7.6	15	23.7	4	22.7	31.3
Cermacrène D-4-ol	/	/	/	0.3	/	/	/	0.7

tr : trace <0.1% : non détecté.

PA ; partie aérienne

FS : feuille sèche

H : Hawaria

D : Dkhila

T : Tabarka

K : Kbouche

Bim : Baie immature

Bm : Baie mature

A partir de ce tableau, l'analyse chimique des HE de *J. Oxycédrus* montre que l' α - Pinène est le constituant le plus dominant avec un pourcentage de 33.41% dans l'HE de l'Algérie, 67.33% dans l'EH du Maroc et son taux compris entre 37.6 à 61.1% dans l'EH de la Tunisie, suivit par le Germacrène-D avec un taux de (23.66%, 31.1% respectivement) dans l'HE de l'Algérie et de la Tunisie mais il représente un pourcentage faible (0.42%) dans l'HE du Maroc. Cette HE renferme d'autres composées à des quantités faibles.

Nous avons réparties ces composées en deux classes (**DJABO, 2012**) :

1 Les hydrocarbures

Il existe trois sous classes :

Hydrocarbure Mono-terpène : α -Pinène, Limonène, Camphène, Sabinène, Germacrène D.

Hydrocarbure Sesquiterpène : β -Caryophyllène, α - Humulène.

Hydrocarbure Aromatique : p-Cymène

2 Oxyde sesquiterpène Oxyde de Caryophyllène.

Globalement, la composition chimique des huiles essentielles est variantes selon la partie de la plante et de leur nature (fraiche, sèche, poudre).

3 L'activité antioxydant

Le (**Tab 9**) affiche les pourcentages d'inhibition observés obtenus lors de test de mesure de pourcentage d'inhibition du radical DPPH enregistré pour l'HE de *J. Oxycédrus* des trois pays et les standards.

"Tableau 10" - Les IC50 d'HE et des standards dans les trois pays.

HE et standards	IC50 (µg/ml)	IC50 (µg/ml)	IC50 (µg/ml)
	Algérie	Maroc	Tunisie
Feuille sèche du J.Oxycédrus	23.61±2.37	/	/
Partie aérienne du J.Oxycédrus	/	22.14±1.16	/
Les baies immatures du J.Oxycédrus	/	/	H : 43.0±2.8 T : 116.0±9.7 D : 51.0±5.2 K : 83.0±2.3
Les baies mures du J.oxycedrus	/	/	H : 8.0±1.7 T : 44.0±4.1
Vitamine C	35.57±2.47	13.45±0.56	/
α -tocophérol	/	18.82±0.87	/
BHT	/	18.04±0.49	/

H: Hawaria

BHT: Butyl-hydroxytoluène.

T : Tabarka

Vit E : Vitamine E

D : Dkhila

K : Kbouche

Le (Tab 10) présente les résultats de l'activité antioxydant de test DPPH exprimé par l'IC50 « La concentration de l'échantillon testé nécessaire pour réduire 50% de radical DPPH »

(BOUHADDOUDA, 2016:

Si l'IC50 faible, l'activité antioxydant est forte.

Si l'IC50 fort, l'activité antioxydant est faible.

Le meilleur IC50 est attribuée à l'HE qui été capable de réduire le radical stable DPPH traduit par le changement de couleur de violet en jaune.

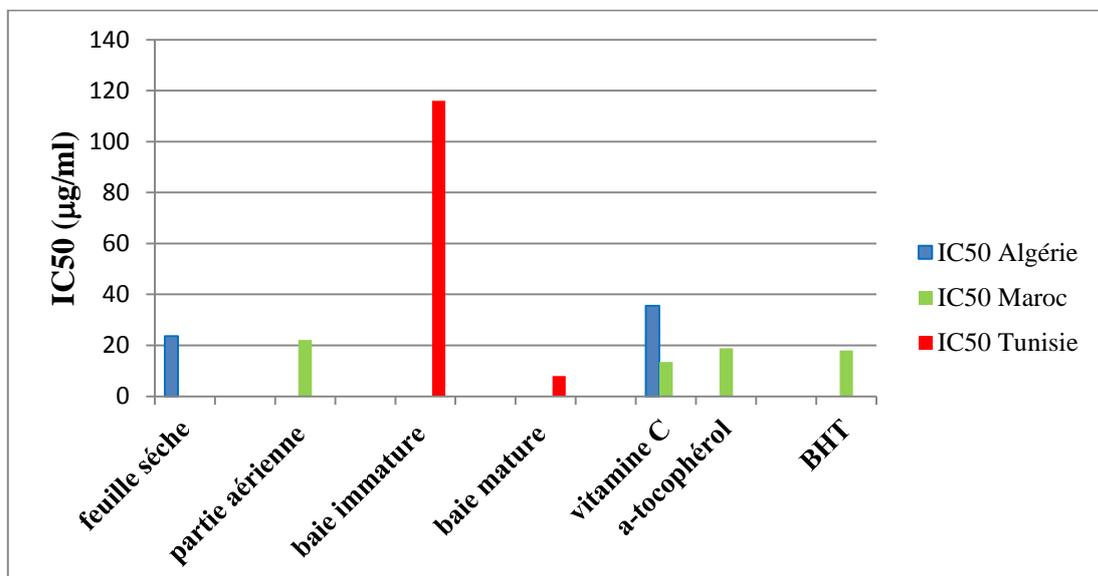
Tout d'abord, on a comparé l'IC50 d'HE de *J.Oxycédrus* des trois pays extraite à partir des parties différentes.

Les résultats montre que l'IC50 des baies mures est plus faible (8.0 ± 1.7) par rapport l'IC50 des baies immatures (43.0 ± 2.8), les feuilles sèches (23.61 ± 2.37) et la partie aérienne (22.14 ± 1.16).

Donc L'activité anti oxydante de l'huile de *J.Oxycédrus* extraite à partir des baies mures par la méthode de DPPH présente un pouvoir antioxydant important par rapport d'autre HE des autres parties (feuilles sèches, partie aérienne et baies immatures).

L'HE extraite a partir des feuilles sèches dans l'Algérie a montré une activité antioxydant importante que celle extraite a partir des parties aériennes dans le Maroc, et de celle extraite des baies immatures dans la Tunisie.

Le graphe de (Fig. 14) illustre mieux ces résultats :



" Fig. 14" - L'IC50 de l'HE de *J.Oxycédrus* et les standards dans les trois pays.

Cette différence dans les valeurs d'IC50 peut être attribuée à la différence dans la concentration de DPPH utilisé dans le test et le temps d'incubation d'une part et à l'influence des autres facteurs intrinsèque et extrinsèque qui peuvent affecter la composition chimique des plantes d'autre part (FERDJIOUI, 2014).

Globalement, ces résultats de pouvoir antioxydant peuvent être fortement influencés non seulement par la composition chimique mais également par les conditions de l'essai « Temps de réaction, Rapport activité antioxydant /DPPH, type de solvant, PH, concentration de l'échantillon » (KHIMA et MERABTI, 2015).

4 L'Activité antimicrobienne

L'échelle de l'estimation de l'activité antimicrobienne est donnée par (LABIOD, 2016), il est présenté comme suite :

* $d < 8$ mm \Rightarrow non sensible « résistant ».

* $4 < d < 16$ mm \Rightarrow sensible.

* $15 < d < 19$ mm \Rightarrow très sensible.

* $d > 20$ mm \Rightarrow extrêmement sensible.

Les résultats de diamètre des zones d'inhibition de l'HE des trois pays sont présentés dans le tableau suivant :

"Tableau 11" - Diamètre des zones d'inhibition de l'HE des trois pays.

Les souches bactériennes	HE extraite en Algérie	HE extraite au Maroc	HE en extraite en Tunisie
Staphylococcus aureus	18 mm	22.89±2.48 mm	13.5±00 mm
Escherichia coli	28 mm	11.20±2.10 mm	0 mm
Pseudomonas aeruginosa	18 mm	20.22±3.30 mm	/

Dans la présente étude la puissance antibactérienne des HEs a été évaluée quantitativement par la présence et l'absence de zone d'inhibition et de leur diamètre.

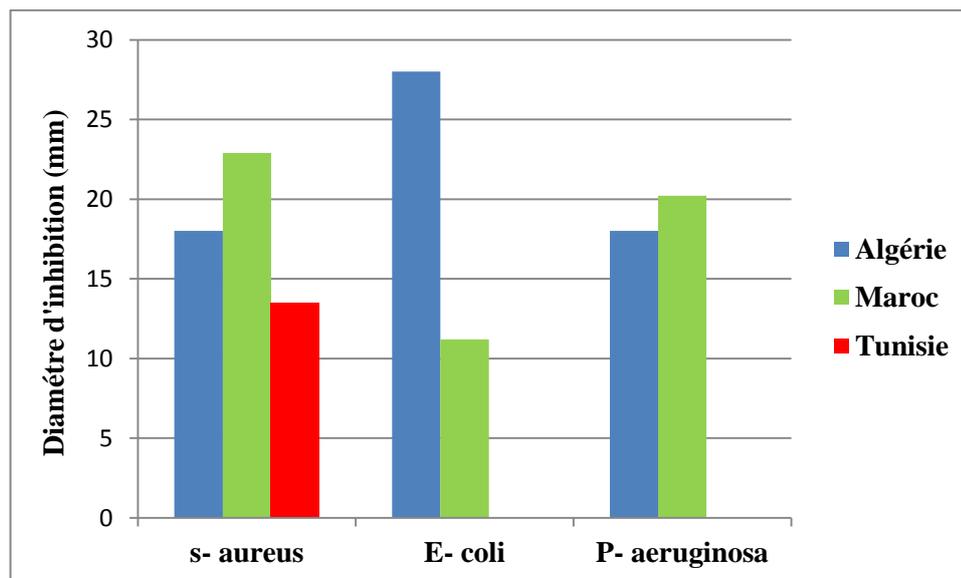
On a comparé la sensibilité des bactéries en mesurant le diamètre d'inhibition des HE de chaque pays :

Les résultats dans le graphe montrent que l'HE de *J.Oxycédrus* a une bonne activité inhibitrice sur la souche bactérienne à Gram+ étudiée (*S.aureus*), et les souches bactériennes à Gram- (*E.coli* et *P. aeruginosa*).

L'HE de *J.Oxycédrus* extraite à partir des feuilles sèches en Algérie a une forte activité inhibitrice contre la souche bactérienne à Gram- (*E.coli*) par rapport aux autres souches.

Ce qui est expliqué par la sensibilité de son enveloppe, qui comprennent une membrane cellulaire riche en lipo-polysaccharides et une paroi qui limite l'accès des agents antimicrobiens face à cette huile. Les bactéries Gram + qui est moins protégées contre les agents externes (détergents et antibiotiques) (BOUSSAA et IZERAREN, 2016).

Cette activité est principalement expliquée par la présence de mono et sesquiterpène avec des cycles aromatiques et des groupes hydroxyles phénoliques (FERDJIOUI, 2014).



"Fig. 15" - Diamètre des zones d'inhibition d'HE de *J.Oxycédrus* dans les trois pays.

Conclusion

A l'heure actuelle, un grand nombre des plantes aromatiques et médicinales possède des propriétés biologiques très importantes qui trouvent de nombreuses applications dans divers domaines à savoir en médecine, pharmacie, cosmétologie et agriculture, elles restent encore le premier réservoir de nouveaux médicaments.

L'huile essentielle est un extrait végétal provenant de plantes dites « aromatique » ; qui contient donc dans leurs fruits, graines, écorce, feuille ou racine une grande quantité de molécule aromatique, qui constituent le ou les principe (s) essentielle (s) des plantes.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des cupressacées, poussant à l'état spontané dans l'Algérie. Il est bien établi que les cupressacées représentent une famille d'essences forestières intéressantes sur les plans : écologique et socio-économique.

Néanmoins, les travaux d'exploration et d'inventaire en Algérie, malgré insuffisants et imprécis, ont fait constat d'un recul du nombre de peuplements forestiers naturels consécutif à de multiples facteurs (activités anthropiques, changements climatiques, catastrophes naturelles, incendies, etc.).

L'objectif que nous nous sommes fixé est de contribuer à la caractérisation chimique des huiles essentielles de *Juniperus Oxycédrus* des trois pays du Maghreb (l'Algérie, la Tunisie et le Maroc) d'une part, et d'autre part d'en évaluer le pouvoir antioxydant et l'activité antimicrobienne.

A l'issue des résultats de l'étude comparative, il s'avère que le *J. Oxycédrus* est une plante utilisée en médecine traditionnelle. Les feuille, la partie aérienne et les baies du genévrier oxycède sont conseillés dans la prévention et le traitement de nombreuses affections, entre autres : maladies de la peau (eczéma), anti-colique, anti-psoriasis, carminatifs, antiseptiques, diurétique, tonique et anti-inflammatoires, etc.; son bois est utilisé dans la préparation du goudron végétal ou gatrane, très recommandé pour le soin les affections dermiques ou lutter contre certains parasites chez l'homme et l'animal.

On a comparé la composition chimique, l'activité anti oxydante et l'activité antimicrobienne d'HEs de cette plante dans les trois pays du Maghreb « Algérie, Maroc et Tunisie ». Cette étude comparative de la composition d'HE obtenus par extraction par la méthode d'hydrodistillation, montre une différence quantitative et qualitative.

L'étude quantitative a révélé que le rendement d'huiles essentielles obtenues à partir des baies de *Juniperus Oxycédrus* en Tunisie est très élevé compris entre 0.2 à 1.5 %, supérieur à celui qui est obtenues en Algérie à partir des feuilles sèches et au Maroc à partir de la partie aérienne (le même teneur 0.1%). On constate alors que les fruits de *J. Oxycédrus* renferment plus d'huile essentielle que les feuilles.

Par ailleurs, le criblage phytochimique a révélé la présence de la plupart des classes de métabolites secondaires: flavonoïdes, alcaloïdes, tanins, Saponosides, terpènes et stéroïdes.

L'analyse des huiles essentielles par CPG-SM a montré quelles sont riches en composés chimiques, avec une prédominance de l' α -pinène et Germacrène D dans toutes les parties étudiées.

En ce qui concerne l'activité antimicrobienne, les huiles essentielles des feuilles sèches, de la partie aérienne et des baies de *J. phoenicea* se sont montrées actives. Elles ont manifesté un effet antimicrobien important contre la majorité des souches testées (bactéries).

L'étude de l'activité antioxydant par la méthode de piégeage de radical libre DPPH de l'huile essentielle a montré qu'elle possède des valeurs des IC50 classées dans l'ordre suivant : IC50 de baie mature de la Tunisie (8.0 ± 1.7 %), IC50 de la partie aérienne du Maroc (22.14 ± 1.16 %) et IC50 de feuille sèche de l'Algérie (23.61 ± 2.37 %). Donc l'effet antioxydant d'huile essentielle des baies de *J. phoenicea* est plus efficace que les huiles essentielles de la partie aérienne et des feuilles sèches de *J. Oxycédrus*.

A la lumière des ces résultats, on peut considérer que l'espèce *Juniperus Oxycédrus* est l'un des espèces exploitées dans le domaine médicale dans les différents pays du Maghreb, est efficace biologiquement. Ceci revient à sa teneur en composés majoritaires et à ses activités, ces composants varient selon la partie de plante. Ainsi que, le rendement en huile essentielle varie selon le matériel employé, la méthode d'extraction et aussi bien l'origine de la plante.

Enfin, l'ensemble de ces résultats prometteurs nous incite à prendre soin des forêts en général; et le genévrier en particulier. Désormais, il faut réagir pour préserver et réhabiliter le genévrier dans l'Algérie. De plus, il est souhaitable d'envisager d'autres études approfondies pour mettre en évidence les effets biologiques et les vertus médicinales de cette plante et de ses huiles essentielles.

Résumé

Le *Juniperus Oxycédrus* est une plante aromatique et médicinale appartenant à la famille de Cupressaceae. C'est une espèce typique de la région méditerranéenne, possède de nombreuses propriétés pharmacologiques et thérapeutiques.

Le but de ce travail s'est concentré sur l'étude comparative entre la composition chimique, l'activité anti oxydante et l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Juniperus Oxycédrus* extraites dans les trois pays du Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie) à partir des parties différentes de cette plante.

L'extraction d'huile essentielle du *Juniperus Oxycédrus* par la méthode d'hydrodistillation, montre que le rendement en HE des baies est très élevée par rapport le rendement en HE des feuilles sèches et de la partie aérienne.

L'identification par CPG / SM d'huile essentielle montre que les composés majoritaires dans toute les parties de plante dans les trois pays sont : α -Pinène et Germacrène D.

L'activité antioxydants d'huile essentielle est évaluée par le teste de DPPH. Cette étude a permis de révéler le fort pouvoir antioxydant des baies par rapport les feuilles sèches et la partie aérienne.

L'activité antimicrobienne est exprimée sous forme de diamètre de zone d'inhibition par la méthode de diffusion sur disque. Les huiles essentielles de *Juniperus Oxycédrus* de chaque pays ont été efficaces contre les souches bactériennes testées.

Mots clés : *Juniperus Oxycédrus*, Cupressaceae, huile essentielle, extraction, rendement, CPG/SM, activité anti oxydante, activité antimicrobienne.

Abstract

Juniperus Oxycédrus is an aromatic and medicinal plant belonging to the Cupressaceae family. It is a species typical of the Mediterranean region, has many pharmacological and therapeutic properties.

The aim of this work focused on the comparative study between the chemical composition, the antioxidant activity and the antimicrobial activity of essential oils of *Juniperus Oxycédrus* extracted in the three Maghreb countries (Algeria, Morocco and Tunisia) a from different parts of this plant.

The extraction of essential oil from *Juniperus Oxycédrus* by the hydrodistillation method shows that the EO yield of the berries is very high compared to the EO yield of the dry leaves and the aerial part.

Identification by CPG / MS of essential oil shows that the majority compounds in all parts of the plant in the three countries are: α -Pinene and Germacrene D.

The antioxidant activity of essential oil is assessed by the DPPH test. This study revealed the strong antioxidant power of berries compared to dry leaves and the aerial part.

Antimicrobial activity is expressed as zone diameter of inhibition by the disk diffusion method. The essential oils of *Juniperus Oxycédrus* from each country were effective against the bacterial strains tested.

Key words: *Juniperus Oxycédrus*, *Cupressaceae*, essential oil, extraction, yield, CPG / MS, antioxidant activity, antimicrobial activity.

الملخص

العرعر الشريبي هو نبات عطري وطبي ينتمي إلى عائلة الصنوبريات. إنه نوع نموذجي لمنطقة البحر الأبيض المتوسط ، وله العديد من الخصائص الدوائية والعلاجية.

ركز الهدف من هذا العمل على الدراسة المقارنة بين التركيب الكيميائي والنشاط المضاد للأكسدة والنشاط المضاد للميكروبات للزيوت العطرية للعرعر الشريبي المستخرج من بلدان المغرب العربي الثلاثة (الجزائر والمغرب وتونس). من أجزاء مختلفة من هذا النبات.

يُظهر استخراج الزيت العطري من العرعر الشريبي بطريقة التقطير المائي أن محصول زيت الحبوب مرتفع جدًا مقارنةً بإنتاجية الزيوت للأوراق الجافة والجزء الجوي.

يُظهر تحديد الزيت العطري بواسطة CPG / MS أن غالبية المركبات في جميع أجزاء النبات في البلدان الثلاثة هي: α -Pinene و D Germacrene.

يتم تقييم نشاط مضادات الأكسدة للزيوت الأساسية من خلال اختبار DPPH. كشفت هذه الدراسة عن القوة القوية المضادة للأكسدة في الحبوب مقارنة بالأوراق الجافة والجزء الجوي.

يتم التعبير عن نشاط مضادات الميكروبات كقطر منطقة التثبيط بواسطة طريقة انتشار القرص. كانت الزيوت العطرية لزيوت العرعر الشريبي من كل بلد فعالة ضد السلالات البكتيرية المختبرة.

الكلمات المفتاحية: العرعر الشريبي ، الصنوبريات ، الزيت العطري ، الاستخراج ، المحصول ، CPG / MS ، النشاط المضاد للأكسدة ، النشاط المضاد للميكروبات.

Les références bibliographiques

1. **ABDELLI, W. (2017).** Caractérisation chimique et étude de quelques activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et de *Thymus vulgaris* (thèse de doctorat). Université d'Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem.
2. **ALIOUAT, K., BOUDAOU, N. (2018).** Polyphénols de quelque plantes médicinales de la famille Thymelaeacea et Cupressaceae et l'étude leurs activité antioxydante (Mémoire de master). Université Akli Mohaned Oul Hadj, Bouira.
3. **ALLIANCE, H. (2007).** Répartiteur Base de données : Alliance pharmathèque.
4. **ALLOUNE, K. (2013).** Composition chimique et activité antioxydant et antimicrobienne des huiles essentielles de l'aneth (*Anethum graveolens* L.), de la sauge (*Salvia officinalis* L.) et de la rue des montagnes (*Ruta montana* L.) (Mémoire de magister). Ecole national supérieur agronomique, El-Harrach-Alger.
5. **AMROUNE, S. (2018).** Protection des écosystèmes, Phytothérapie et plantes médicinales (Mémoire de master). Université des Frèresmen Touri, Constantine.
6. **ANTOGNARELLI, C. (1995).** Traitement du psoriasis par les goudrons : passé et présent (Thèse Doctorat) Pharmacie, Paris.
7. **BAKKALI, F., AVERBECK, S., AVERBECK, D., IDAOMAR, M. (2008).** Biological Effects of Essential Oils: a review food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association 64(2): 446-2174.
8. **BATISH, DR., SINGH, HP., KOHLI, RK., KAUR, S. (2008).** Eucalyptus essential oil as a natural pesticide Forest Ecology and Management; 256, 2166-2174.
9. **BAZIZI, M. (2017).** Extraction d'huile Essentielle de l'espèce végétale *Salvia officinalis* L. par hydrodistillation: Caractérisation physico chimique et modélisation paramétrique (Mémoire de master). Université Badji Mokhtar, Annaba.
10. **BEDDIAR, H. (2016).** Etude de *Juniperus phoenicea* de la région de Tébessa : composition chimique, activité antioxydants et activités microbiologiques (Mémoire de master). Université Larbi Tebessi, Tébessa.
11. **BEDDOU, F. (2015).** Etude phytochimique et activités biologiques de deux plantes médicinales sahariennes *Rumex vesicarius* L. et *Anvillearadiata*. Coss & Dur (Thèse de doctorat). Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
12. **BELKACEM, Z. (2015).** Contribution à l'étude du cortège floristique de l'espèce *Juniperus Oxycédrus* (Cupressacées) dans la région de Tlemcen (Mémoire de master). Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
13. **BELLIOT, A. (2007).** Huile de cade, goudron d'huile, ichthyol : utilisation dermatologique et cosmétiques (Thèse de doctorat). Université de Nantes.
14. **BENBRINIS, S. (2012).** Evaluation des activités antioxydant et antibactérienne des extraits de *Sanyolinachamae cyparissus* (Mémoire de magister). Université Ferhat Abass, Sétif.
15. **BERNARD, B. (1997).** Dictionnaire des plantes et des champignons. Edition ESTEM.
16. **BESSAH, R., BENYOUSSEF, H. (2015).** La filière des huiles essentielles état de l'art, impact et enjeux socioéconomique.
17. **BESSAYAH, K., HADJI, N. (2011).** Contribution à l'inventaire des plantes médicinales dans le Parc National de Theniet El Had. Et l'extraction d'huile essentielle au niveau du *Cedrus atlantica* . Ecole supérieur en science biologique. Université Ibn Khaldoun, Tiaret.

18. **BHAR, H., & BALOUK, A. (2011).** Les plantes aromatiques et médicinales, Ces plantes odorantes qui soulagent la douleur. L'espace marocain, 68(2).
19. **BONNARDEL, J. (2015).** Argentocolloïdale: L'alternativenaturelle agliantibiotici. Édition il punto d'incontro. p 24.
20. **BORSKA, L., FLALA, Z., SMEJKALOVA, J., HAMAKOVA, K., KREMLACEK, J. (2004).** Genotoxic risk of Goeckerman's therapy of psoriasis. Pilot study children. Acta Medica (Hradec Kralove).
21. **BOUABID, S., MOUCHARA, S., OUMEDDOUR, R. (2013).** Etude de l'effet d'huile d'olive sur l'action des antibiotiques (Mémoire de master). Université 08 Mai 1945, Guelma.
22. **BOUBRIT, S., BOUSSAD, N. (2007).** Détermination in vitro du pouvoir antibactérien de l'huile essentielle d'eucalyptus, myrte, clous de girofle et sarriette, et leur application à la conservation de la viande fraîche type hachée. Université Mammeri, Tizi Ouzou, Consulté sur : <www.memoireonline.com>.
23. **BOUGHENDJIUOA, H. (2015).** Les plantes médicinales utilisées pour les soins de la peau. Composition chimique, activité antioxydant et antimicrobienne des huiles essentielles de Citrus limon, *Cinnamomun zeylanicum* et *Thymus numidicus*. (Thèse de doctorat). Université Badji-Mokhtar, Annaba.
24. **BOUHADDOUDA, N. (2016).** Activité antioxydant et antimicrobienne de deux plantes du sol local : *Origanum vulgare* et *Mentha pulegium*. (Thèse de doctorat). Université Badji-Mokhtar, Annaba.
25. **BOULAHBAL, F. (2010).** Manuel de microbiologie .Office de publication universitaire .Edition 1.04.5042.
26. **BOULAL, K. (1990).** Etude de l'intolérance cutanée à diverses concrètes et absolues végétales utilisées en parfumerie et à divers extraits de bois de cade (Thèse de doctorat). Montpellier
27. **BOUSBIA, N. (2015).** Extraction des huiles essentielles riches en antioxydants à partir de produits naturels et de coproduits agroalimentaires (Thèse de doctorat). Université D'Avignon et des pays de Vaucluse.
28. **BOUSSAA, K., IZERAREN, L. (2016).** Etude de l'activité antibactérienne des extraits de *Rhamnus alaternus* L (Mémoire de master). Université d'Abderrahmane Mira, Béjaia.
29. **BOUYAHMED, S., IBELAIDEN, N. (2018).** Caractérisation morphologique et biochimique de l'espèce *Juniperus oxycedrus* et essai de la toxicité de ses extraits sur les vers de terre (Mémoire de master). Université A-Mira, Béjaia.
30. **BOUYAHUAOUI, A. (2017).** Contribution à la valorisation des substances naturelles. Etude des huiles essentielles des cupressacées de la région de l'atlas algérien (Thèse de doctorat). Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem.
31. **BOUZABATA, A. (2015).** Contribution a l'étude d'une plante médicinale et aromatique myrtus communis (Thèse de doctorat). Université Badji-Mokhtar, Annaba.
32. **BURT, S. (2004).** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review. International Journal of Food Microbiology.
33. **CHALCHAT, J.C., GARRYR,P., MICHET,A.** Chemical composition of the hexane fraction of empyreumatic wood oils from *Juniperus Oxycédrus* and *Juniperus phoenica* L. Flavour fragrance.
34. **CHAOU, S. (2017).** Effets de la quercétine sur le système redox in vitro (Mémoire de master). Université de Tlemcen.
35. **CHEICK TRAOR, M. (2006).** Etude de la phyochimie et des activités biologiques de quelques plantes utilisées dans le traitement traditionnel de la dymsmenorrhée au Mali. (Thèse de doctorat). Université de Bamako.
36. **CHEMLOUL, F. (2014).** Etude de l'activité antibactérienne d'huile essentielle de *Lavandula officinales* de la région de Tlemcen (Mémoire de master). Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.

37. **CHRISTIANE, B., YVES, D. (2011).** Guide des arbres et arbustes de méditerranée : 60 arbres et 190 arbustes décrits et illustrés. Delachaux et Niestlé SA, Paris.
38. **CHUYEN, C. (1985).** Sur la composition des essences de *genévrier commun* de l'*Oxycedre* et du goudron de cade (Thèse Doctorat). Pharmacie, Marseille.
39. **CODEX. (1949).**
40. **COHEN-LETESSIER, A. (1990).** Préparations magistrales en dermatologie. Ed Arnette.
41. **COUSTES, T. (2016).** Loi d'avenir agricole, réglementation du médicament vétérinaire et lutte contre l'antibiorésistance (Thèse de doctorat). Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.
42. **DAMBOLENA, JS., ZUNINO, MP., LOPEZ, AG., RUBINSTEIN, HR., ZYGADLO, JA., MWANGI, JW., THOITHI, GN., KIBWAGE, IO., MWALUKUMBI, JM., KARIUKI, ST. (2010).** Essential oils composition of *Ocimum basilicum* L and *Ocimum gratissimum* L from Kenya and their inhibitory effects on growth and fumonisin production by *Fusarium Verticillioides*, Innovative Food and Sciences Emerging Technologies.
43. **DARBALA, C., ZAMOUCHE, A. (2016).** Etude de l'activité antibactérienne des extraits alcooliques d'ail (*Allium sativum*) et de cannelle (*Cinnamomum zeylanicum*) (Mémoire de master). Université 8 Mai 1945, Guelma.
44. **DELPHIN J.R, R. (2013).** Production et analyse d'huile essentielle de plante aromatique et médicinale de Madagascar. Caractérisation par RMNC, CPG (UV) et CPG/SM. (Doctoral dissertation, Université de Corse-Pascal Paoli). p 24.
45. **DEMARLE, E. (2001).** *Juniperus communis* L. et *Juniperus oxycedrus* L. : genévriers utiles (Thèse Doctorat) Pharmacie, Montpellier.
46. **DERWICH, E., BENZIANE, Z., and BOUKIR, A. (2010).** Chemical composition of leaf essential oil of *juniperus phoenicea* and evaluation of its antibacterial activity. International journal of agriculture and biology.
47. **Direction général des forêts. (2020).** Les plantes médicinales dans la wilaya de Tissemsilt.
48. **DJABOU, N. (2012).** Caractérisation et variabilité des plantes à parfum aromatiques et médicinales de Corse et de l'Ouest algérien (Thèse de doctorat). Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
49. **DJEBAILI, H., ZELLAGUI, A. (2013).** L'Effet des facteurs d'environnement sur la variation de quelque métabolite secondaire chez deux espèces médicinales : *Juniperus Oxycédrus* L. (Cupressacées) et *Schinus molle* L. (Amnardiacees) (Mémoire de magister). Université Larbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi.
50. **DORVAULT, F. (1994).** L'officine. Vigot Ed, 23^{ème} Ed, Evreux.
51. **DRIS, I. (2019).** Caractérisation chimique des huiles essentielles de *pistacia lentiscus* L. Evaluation du pouvoir antimicrobien et antioxydant. (Thèse de doctorat). Université de Tissemsilt.
52. **DUBERTRET, L. (1991).** Thérapeutique dermatologique. Ed Flammarion, Paris.
53. **EL ABED, D., KAMBOUCHE, N. (2003).** Les huiles essentielles. Editions Dar El Garb, Oran.
54. **ELKOLLI, M. (2017).** Cours : structures et activités des substances naturelles : principes et applications. écologie microbienne (Mémoire de master). Université Ferhat Abbas, Sétif.
55. **FEKIH, N. (2015).** Propriété chimique et biologique d'huile essentielle de trois espèces du genre *Pinus* poussant en Algérie (Thèse de doctorat). Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
56. **FERDJIOUA, S. (2014).** Activités antioxydants et antimicrobienne des extraits méthanoliques et de l'huile essentielle de la plante *Mentha rotund* (Mémoire de magister). Université Ferhat Abbas, Sétif.

57. **FERNET, P., HUERRE, R. (1936).**Traitement externe des dermatoses. Etude des produits chimiquement définis ou de composition complexe employés en dermatologie. Nouvelle pratique dermatologique. Ed Masson et Cie, tome VIII.
58. **GALL, Y., LITOUX, P. (1989).** Les goudrons en pratique dermatologique. Bulletin d'esthétique Dermatologique et Cosmétologique.
59. **GALOUL, A., TOUAHRIA, M. (2018).** Dosage des antioxydants et l'évaluation de l'activité antioxydante du pollen (Mémoire de master) .Université A. Mira, Béjaia.
60. **GHERSA, F., GHILAS, K. (2015).** Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles extraites de deux plantes aromatiques locales de la famille des cupressaceae et pinaceae (Mémoire de master) .Université a-mira, Béjaia.
61. **GUEMIDI, C., DJEROUROU, N. (2017).** Effet antimicrobiens de l'extrait au éthanol de thymus vulgaris (thym) récolté dans la région de nama sur la croissance des germes spécifiques du yaourt : streptococcus thermophilus et lactobacillus bulgaricus (Mémoire de master).Université Abdelhamid ibn badis, Mostaganem.
62. **GUILLOUTY, A. (2016).** Plantes médicinales et antioxydants (Thèse de doctorat). Université Toulouse III- Paul Sabatie.
63. **HAFSI, Z. (2018).** Etude éco-botanique et morphologique des feuilles, des surfaces épidermiques et des glabules des especes du genre *juniperus* L. en Algérie (Thèse de doctorat). Université Djelfa
64. **HAMBA, A. (1982).** Cadier et huile de cade (*Juniperus oxycedrus* L. et *Pix Cadi*) (Thèse Doctorat Pharmacie) ,Montpellier.
65. **HELLAL, Z. (2011).** Contribution à l'étude des propriétés antimicrobiennes et antioxydant de certaines huiles essentielles extrait des Citrus. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*) (Mémoire de magister). Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou.
66. **HESSAS, T., SIMOUD, S. (2018).** Contribution à l'étude de la composition chimique et à évaluation de l'activité antimicrobienne d'huile essentielle de *Thymus* sp. (Thèse de doctorat). Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou.
67. **IARC. (2006).** Site internet www.monograohs.iarc.fe.Mise.
68. **JAMALEDDINE, M. (2010).** Extraction et caractérisation de la composition des huiles essentielles *Juniperus Phoenicea* et *Juniperus oxycedrus* du moyen Atlas (Mémoire de master). Université Sidi Mohamed Ben Abdellah.
69. **JARBI, I. (2018).** Etude de l'antioxydant et anti-hyperglycémiant in vitro d'une nouvelle série des dérivés des pyridazin-3(2h)-ones (Thèse de doctorat).
70. **JDIDI, I. (2015).** Etude phytochimique et activité biologique des extraits des huiles essentielles des *Foeniculum vulgare* mill (Mémoire de master).Consulté sur : [en ligne]. <<https://www.memoireonline.com>>.
71. **JEAN, C., CHADOULI, M. (2012).** Les plantes aromatiques et médicinales : Un exemple de développement humain au Maroc la coopérative féminine de Ben Karrich –Tétouan.
72. **JONES S.K., CAMPBELL W.C., MACKIERR.M. (1985).** Out-patient treatment of psoriasis: short contact and overnight dithranol therapycompared. Br. J. Dermatol.,
73. **KADA, S. (2018).** Recherche d'extraits de plantes médicinales doués d'activités biologiques (Thèse de doctorat). Université Ferhat Abass, Sétif.
74. **KHENCHACHE, S. (2013).**Etude ethnobotanique des plantes médicinales du parc national de Theniet-El-Had. Diplôme d'ingénieur d'état en agronomie. Ecole nationale supérieure agronomique, Al Harrach-Alger.63.

75. **KHIMA, S., MERABTI, C. (2015).** Evaluation de l'activité antioxydante des huiles essentielles de *Calamintha officinalis* et *Abies numidica* (Mémoire de master). Université a-mira, Béjai.
76. **KHOLKHAL, F. (2014).** Etude Phytochimique et Activité Antioxydant des extraits des composés phénoliques de *Thymus ciliatus* et *sseuciliatus* (Thèse de doctorat). Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
77. **KORDALI, S., Cakir, A., OZER, H., CAKMAKCI, R., KESDEK, M and METE, E. (2008).** Antifungal phytotoxic and insecticidal proprieties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens* and its three components, carvacrol, thymil, and p-cymenne. Bioresource. Technology.
78. **KULJANAC, I., KNEZEVIC, E., CVITANOVIC, H. (2006).** Epicutaneous patch test results in patients with allergic contact dermatitis in Karlovac county: a retrospective survey Acta Dermatovenerol. Croat.
79. **KYO, C. (2019).** Les plantes aromatiques en Algérie : Une étude en cours pour évaluer les ressources. Consulté sur : [http:// www.elwatan.com](http://www.elwatan.com).
80. **LABIOD, R. (2016).** Valorisation des huiles essentielles et des extraits de *Satureja calamintha nepeta* : activité antibactérienne, activité antioxydant et activité fongicide (Thèse de doctorat). Université Badji-Mokhtar ; Annaba.
81. **LACHAT, B. (1990).** *Juniperus oxycedrus L* ; Le cadier et son huile (Thèse de Doctorat), Besançon.
82. **LAGHOUITER, O.K., GHERIB, A., LAGHOUITER, H. (2015).** Etude de l'activité antioxydant des huiles essentielles de certaines menthes cultivées dans la région de Ghardaïa. Revue El Wahat pour les recherche et les Etudes Vol8 n°1 : 84-93 . Consulter sur : <http://elwahat.univ-ghardaia.dz>.
83. **LAKHDAR, L. (2015).** Evaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles marocaines sur aggrégati bacteractinomycetemcomitans: Etude in vitro (Thèse de doctorat). Université Mohammed V de Rabat.
84. **LAMAMRA, M. (2018).** Activités biologiques et composition chimique des huiles essentielles d'*Ammiopsis aristidis* Coss. (*Syn. Daucus aristidis* Coss.) Et d'*Achilleasantolinoides* Lag (Thèse de doctorat). Université Ferhat Abbas, Sétif.
85. **LATROUS, A. (2017).** Etude de la végétation accompagnatrice du chêne liège comme indicateur de croissance et de qualité du liège dans la subéraie du parc national de Theniet El Had (W.Tissemsilt) (Mémoire de master). Université Abou Bker Belkaid, Tlemcen.
86. **LAURENT, J. (2017).** Conseils et utilisations des huiles essentielles les plus courantes en officine (Thèse de doctorat).
87. **LORETTE, G., VAILLANT, L. (1995).** Traitements locaux en dermatologie Coll. Dermatologie pratique.
88. **LOUISE, M. (1989).** Introduction à la microbiologie. Editions du renouveau pédagogique INC. (ERPI). Membre du groupe Pearson Education, Canada.
89. **LUCAS, E. (2000).** Un produit d'avenir en thérapeutique dermatologique : le distillat moléculaire de cade. (Thèse de Doctorat), Montpellier.
90. **MANSARD, M. (2016).** Le comphrie : étude botanique, chimique et biologique de ses huiles essentielles (Thèse de doctorat). Université de l'Oraine.
91. **MAURICE, R. (2015).** Dictionnaire visuel des arbres et arbustes communs. Edition Ulmer. Raphaële Dorniol, Paris.
92. **MAZARI, K. (2009).** Etude phytochimique et pouvoir antimicrobienne de *juniperus phoenicea* L., *juniperus oxycedrus* L et *cupressus sempervirens* L de la région de Tlemcen (Mémoire de magister). Université Abou bakr belkaid, Tlemcen.

93. **MEDINI, H., ELAISSI, A., KHOUJA, M., ALESSANDRA, P., SILVIA, P., DANILO, F., BRUNO, M., FARHAT, F., RACHID, C. (2014).** Chemical composition of the essential oils of the berries of *Juniperus oxycedrus* L. ssp. *rufescens* (L. K.) and *Juniperus oxycedrus* L. ssp. *macrocarpa* (S. & m.) Ball. And their antioxidant activities. Consulté sur: [http:// www.tandfonline.com/loi/gnpl20](http://www.tandfonline.com/loi/gnpl20).
94. **MEDINI, H., MANONGIU, B., NEFFATI, A., CHEKIR, L., HARZALLA, F., KHOUJA, M. (2014).** Chemical and antibacterial polymorphism of *Juniperus Oxycedrus* ssp. *Oxycedrus* and *Juniperus oxycedrus* ssp. *macrocarpa* (cupressaceae) Leaf Essential Oils from Tunisia. Hindawi Publishing Corporation .Journal of Chemistry. Consulté sur: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/389352>.
95. **MEDJOUDJA, O. (2012).** Méthodes d'études d'activité des antioxydants des plantes médicinales. Université Kasdi Merbah, Ouargla. Consulté sur : <https://www.memoireonline.com>.
96. **MELBER, C., KIELHORN, J., MANGELDORF, I. (2004).** Concise International Chemical Assessment (CICAD).
97. **MERGOT., ROLAND, S. (2009).** 550 arbres et arbustes. Edition Delachaux et Niestlé SA, Paris.
98. **MESSAOUDANE, H., MOUHOU, N. (2017).** Etude de la toxicité des huiles essentielles contre les ravageurs des denrées stockées (Mémoire de master). Université Abderrahmane-mir, Bejaia.
99. **MORE, D., WHITE, J. (2005).** Encyclopédie des arbres. Plus de 100 espèces et variétés du monde. Flammarion, Paris.
100. **MOULIN, M., COQUEREL, A. (2002).** Pharmacologie. Ed Masson.
101. **MOUSSERON, M., GRANGER, R., RONAYROUX, M. (1939).** Sur la constitution de l'essence et de l'huile pyrogénée de *Juniperus oxycedrus* L.C.R. Acad. Sci.
102. **NEGRECHE, S., BENATTIA, A. (2019).** Etude phytochimique et activité antioxydante des extraits du *juniperus oxycedrus* (Thèse de doctorat). Université Mohamed Boudiaf, M'sila.
103. **NELLY, G. (2015).** Les huiles essentielles. Deuxième édition Eyrolles.
104. **OUIS, N., BAKHTAOUI, H. (2017).** L'étude phytothérapie des plantes médicinales dans la région Relizane (Mémoire de licence). Université Abou Bekr belkaid, Tlemcen.
105. **OULD MOHAMMED, D., SI BACHIR. (2017).** Contribution à la valorisation et production des plantes médicinales et aromatiques en Kabylie (communes de Bouira et Tizi Ozou) (Thèse de doctorat). Université Mouloud Mammeri, Tizi Ozou.
106. **OURARI, N., IDER, S. (2017).** Extraction des composés phénoliques et des huiles essentielles de l'espèce *Juniperus Oxycedrus* et évaluation des ses activités antioxydante et antibactérienn (Mémoire de master) .Université a-mira, Béjaï.
107. **PAIRON, J.C., BROCHARD, P., LE BOURGEOIS, J.P., RUFFIE, P. (2000).** Les cancers professionnels. Ed Margaux Orange.
108. **PAUL-VICTOR, F. (2010).** Dictionnaire des plantes medicinales et vénénueuses de france. Première Edition. Ed Omnibus.
109. **PIPET, C. (1986).** Contribution à l'étude des goudrons utilisés en dermatologie et en cosmétologie (Thèse Doctorat), Paris.
110. **PITTELKOW M.R., PERRY H.O., MULLER S.A., et al. (1981).** Skin cancers in patients with psoriasis treated with coaltar. A 25 year follows up study. Arch. Dermatol.
111. **PNTEH. (2018).** Présentation générale sur le parc national de Theniet El Had.
112. **POPOVIC, C., SAYKOVA, I., TYLKOWSKI, B. (2009).** Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. Revue de génie industriel, Consulter sur : <http://www.revue.genie-industriel.info>.

113. **PORTE, L. (1994).** Fours à cade, fours à poix dans la Provence littorale .Ed Les Alpes de Lumière.
114. **QUEZEL, P., GAST, M. (1998).** Genévrier. Open Edition Journals. Peeters Publisher. Consulter sur: <http://journals.openedition.org/encyclopedieberbere/1863>.
115. **RAHAL, R., HAJJOUJI, H., GMOUH, S., HSAINE, M., FOUGRACH, H., BADRI, W. (2019).** Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of the essential oils of *Juniperus phoenicea*, *Juniperus thurifera* and *Juniperus Oxycédrus*. Mediterranean Journal of Chemistry. Consulter sur : free online at www.medjchem.com.
116. **RAHARUNIRINA, B. (2009).** Valorisation économique de la biodiversité par les contrats de bioprospection et la filière huile essentielle : le cas de Madagascar. (Thèse de doctorat).Université de Versailles-Saint-Quentin-En-Yvelines).
117. **RANDRIAMIHARIOS, P. (1995).** Manuel rapide et utile pour producteurs d'huiles essentielles (Thèse de doctorat). Université d'Antananarivo.
118. **RANDRIANARIVELO, R. (2010).** Etude de l'activité antimicrobienne d'une plante endémique de Madagascar *Cimmamos afragrans*, Alternative aux antibiotiques en crevetticulture (Thèse de doctorat). Université d'Antananarivo.
119. **RIYAHA, H. (2013).** Valorisation des plantes aromatiques et médicinales : étude du potentiel chimique et antibactérien des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* (sauvage et domestique) (Mémoire de master). Université Sidi Mohamed Ben Abdellah.
120. **ROBIN, D. (2017).** Variabilité de la composition d'huile essentielle et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie (Thèse de doctorat). Université d'Aix Merseille.
121. **ROESYANTO, ID., VAN DER AKKER, TW., VAN JOOST, TW. (1990).** Wood tars allergy, cross-sensitization and coal tar Contact Dermatitis.
122. **SABOU, N. (2012).** Production de nouveaux antibiotiques du groupe des dithiopyrolanes par *Saccharothrix algeriensis* après addition de précurseur dans le milieu de culture (Thèse de doctorat). Ecole National Supérieur Agronomique.
123. **SAIHI, R. (2011).** Etude phytochimique extraction des produits actifs de la plante *Artemisia campestris* de la région de Djelfa : mise en évidence de l'activité biologique (Thèse de doctorat). Université d'Oran 1- Ahmed ben Bella, Djelfa.
124. **SCHOKET, B., HORKAY, I., KOSA, A., PALDEAK, L., HEWER, A., GROVER, PL., PHILLIPS, DH. (1990).** Formation of DNA adducts in the skin of psoriasis patients, in human skin organ culture, and in mouse skin and lung following topical application of coal tar and juniper tar. J. Invest. Dermatol.
125. **SEBBANE, B., KHALDI, M. (2019).** Quelques composés secondaires isolés à partir des plantes de la famille de Cupressacée (*Cupressus sempervirens*, *Juniperus oxycedrus* et *Juniperus communis*): extraction, caractérisation et activité antibactérienne (Mémoire de master). Université Akli Mohaned Oul Hadji, Bouira.
126. **SEDDIK, M. (2010).** Analyse physico-chimique, chromatographique et spectroscopique de l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* de la région d'Adrar : Etude de son activité biologique et antioxydant (Thèse de doctorat). Université Ahmed ben Bella, Oran.
127. **TALEB-TOUDERT, K. (2015).** Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérie): évaluation de leurs effets sur le bruché de niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) (Thèse de doctorat) .Université Mouloud Mammeri), Tizi Ouzou.
128. **TESTUD, F. (1997).** Pathologie toxique professionnelle et environnementale. Ed Eska.

129. **TIFFANY, C. (2012).** Le potentiel antioxydant de l'alimentation tel qu'estimé par le score ORAC : une comparaison des apports des personnes âgées avec démence du type Alzheimer avec ceux des témoins sans problèmes cognitifs (Mémoire de master). Université de Montréal.
130. **TOURE, D. (2015).** Etudes chimique et biologique des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques médicinales de Côte d'Ivoire (Thèse de doctorat). Université Félix Houphouët-Boigny.
131. **VOCHELLE, D. (1987).** La photothérapie sélective (S.U.P.) dans le psoriasis. (Thèse de doctorat).
132. **ZERAIB, A. (2016).** Etude phytochimique et chimiosystématique de *Juniperus thurifera* L. en Algérie (Thèse de doctorat). Université Ferhat Abbas, Sétif1.
133. **ZERROUKI, N. (2009).** Contribution à l'étude phytochimique de la plante *Teraclinis articulata* activité biologique et biochimique de la plante (Mémoire de magister). Université d'Oran.