

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة سعيدة د.مولاي الطاهر
Université de Saida Dr MOULAY Tahar



FACULTE DES SCIENCES ET LA NATURE ET DE LA VIE

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : PROTECTION DES ECOSYSTEMES

Thème

**Extraction et évaluation du rendement des huiles essentielles
des pistachiers (*P. atlantica*, *P. lentiscus*, *P. therebintus*)**

Présenté par :

MAHARI Sana Nor El Houda

Soutenu le : 26 Juin 2024

Devant le jury composé de :

Président	SAIDI Abdelmoumen	Université de Saida– Dr. Moulay Tahar (MCB)
Encadreur	NASRALLAH Yahia	Université de Saida– Dr. Moulay Tahar (Pr)
Examineur	BORSALI Amine Habib	Université de Saida– Dr. Moulay Tahar (Pr)

Année universitaire 2023/2024

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à remercier Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever ce travail.

*J'ai l'honneur et le plaisir de présenter mes sincères remerciements à mon encadreur Monsieur **NASRALLAH Yahia** pour sa disponibilité, sa patience, son précieux conseil et son aide qui ont contribué à orienter et à réaliser notre recherche et notre réflexion durant toute la période du travail.*

*Je remercie Monsieur **AMMAM** et **FAROUK** pour accepter et Faciliter mon travail dans laboratoire de sciences techniques.*

*Je remercie Monsieur **AHMED** et **BELLIL** pour leurs efforts auprès du laboratoire et pour m'avoir accompagné.*

*Aussi sincèrement, je remercie aux membres de **jury** pour l'honneur qu'ils me font en acceptant de juger ce travail.*

*Et tous les professeurs de l'université **Dr Moulay Tahar** qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études. Enfin, je tiens exprimer mes remerciements à tous mes amis et mes collègues du **promo 2ème années master protection des écosystèmes 2023-2024** ceux et celles-là que je porte dans mon cœur; et qui m'ont toujours encouragée supporter moralement.*

*Je remercie également la **conservation des forêts de la wilaya de Saida** pour les installations permettant d'apporter des échantillons de plantes.*

*Je remercie Mr **MOHAMED Radji Medjahed** pour m'aider dans mon travail.*

*Je remercie Dr **Mekhloufi Ibrahim** pour ses remarques et m'aider.*

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin et qui nous ont soutenus durant notre cursus universitaire et nous ont encouragé afin de persévérer et d'avancer

Dédicaces

Avec tous mes sentiments de respect, avec D'expériences de ma reconnaissance, je dédié ma remise de diplôme et ma joie.

À celui qui m'a fait une femme. Ma source de vie. D'amour et d'affection, à mon support qui était toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager,

*Mon chère père **AHMED***

À mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et mon bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui allumer mn chemin. Ma moitié.

*Ma chère maman **MIRA***

*À mes chère sœurs **HADJER, MALEK, BACHAYER et MARAM** mon soutien au meilleur de mes jours, et à celui qui m'a tendu la main dans ma faiblesse, je le sais ma réussite est important à leurs yeux, que Dieu vous garde pour moi.*

*À mon frère **ABDELBASSET**, je souhaite prospérité et réussite dans la vie.*

À mes adorables grands parents, mes oncles et mes tantes, mes cousines

Qui ont toujours été à mes côtés pour leur encouragement.

*À la famille **MAHARI**.*

*À mes meilleurs amies **SOULEF et KAWTHER**, votre amitié a été ma lumière et ma force, merci pour votre soutien et votre amour indéfectibles, puissés-vous toujours être des amies pour la vie et que Dieu vous bénisse de toute bonté.*

*À mes vraies copines **MARWA, NADJET, FERYEL, HAFSA, MANAR, WALAA, LABIBA, SOUHEYLA, FATEN**, mes remerciements ne pourront jamais égaler tes grands cœurs qui m'a apporté du soutien au moment où j'avais besoin d'aide. Merci encore.*

Pour fini à tous ceux que j'aime et qui m'aiment je dédié ce travail

Contenu

1 Introduction Générale :	1
---------------------------------	---

CHAPITRE I

Généralité sur les Pistachiers

1. Généralité sur le genre Pistacia	4
1.1. La famille des Anacardiées	4
1.2.2. Caractéristiques botanique du genre	7
1.2.3. L'aire de répartition du genre Pistacia	8
2. Description, répartition et écologie des espèces étudiées	10
2.1. Le Pistachier de l'Atlas	10
2.1.1. Classification taxonomique	10
2.1.2. Caractéristiques botaniques	11
2.1.3. Caractéristiques biologiques	13
2.1.4. Caractéristiques écologiques	13
2.1.5. Répartition géographique	14
2.2. <i>Pistacia lentiscus</i>	15
2.2.1. Classification taxonomique	16
2.2.2. Description botanique	17
2.2.3. Répartition géographique de <i>Pistacia lentiscus</i>	18
2.2.4. Exigence écologique	19
2.2.5. Utilisation et intérêt	19
2.3. <i>Pistacia térébinthus</i>	20
2.3.1. Classification taxonomique	20
2.3.2. Description botanique	21
2.3.3. Répartition géographique	23
2.3.4. Exigences écologiques	23
2.3.5. Intérêt et utilisations	23

CHAPITRE II

Extraction des huiles Essentielles

I. Les huiles essentielles	26
1. Historique	26
2. Définition	26
3. Pourquoi les plantes aromatiques fabriquent-elles des huiles essentielles ?	27

4. Critères déterminants la qualité des huiles essentielles	27
5. Caractérisation des huiles essentielles	28
5.1. Caractéristiques organoleptiques :	28
5.2. Caractéristiques physiques des huiles essentielles :.....	29
5.3. Caractéristiques chimiques des huiles essentielles :	29
6. Les différentes techniques d'extraction à travers les âges	30
7. Composition des huiles essentielles et des arômes	31
7.1. Composition chimique	31
8. LES TECHNIQUES D'EXTRACTION :.....	32
8.1. La distillation :	32
8.2. Distillation par entraînement à la vapeur	33
8.3. L'expression	33
8.4. Hydrodistillation	34
8.5. L'hydro diffusion	35
8.6. Extraction aux solvants	35
8.7. L'Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes	36
8.8. Expression à froid	37
8.9. Extraction aux ultrasons	38
8.10. Extraction par du CO2 supercritique	39
9. Domaines d'utilisation des huiles essentielles	40
10. Toxicité des huiles essentielles	42
11. Conseils pratiques pour la conservation des Huiles Essentielles	43
II. Activité anti-bactériennes	43
1. Définition	43
2. Aromatogramme	44
3. Les bactéries	45
III. Conclusion	47

CHAPITRE III

Matériels et Méthodes

I. Présentation générale de la wilaya de Saida :.....	50
1. Situation géographique de la wilaya de Saida :.....	50
2. Situation administrative de la commune et de la ville de Saïda :	51
3. Climat de la wilaya de Saida :.....	52

II. Extraction des huiles essentielles	52
1. Présentation du matériel :	53
1.2.1. Principe et protocole :	54
1.2.2. Les avantages de l'hydrodistillation :	55
1.3. Protocole d'extraction :	55
III. Rendement de l'extraction	57
IV. Activité anti-bactériennes	58
1. Souches bactériennes :	58
2. Matériel nécessaire :	58
3. Protocole expérimental :	59
CHAPITRE IV	
Résultats et discussions	
I. Résultats et discussion	63
1. Rendement des huiles essentielles :	63
Comparaison des Rendements des Huiles Essentielles de Trois Espèces de Pistachiers :	65
2. Activité Antibactérienne des Huiles Essentielles de Pistachier :	68
Analyse des Résultats :	68
Évaluation de l'Activité Antibactérienne :	76
Conclusion	
Conclusion générale :	79
Références Bibliographiques	80

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Sections et taxons reconnus par les principales études taxonomiques du genre <i>Pistacia</i> (L.) (Al-Saghir & Porter 2012 ; Yi et al. 2008 ; Zohary 1952)	16
Tableau 2 : Classification botanique du pistachier de l'Atlas (Yaaqobi et al., 2009).	21
Tableau 2 : Classification botanique du pistachier lentisque . d'après Linné (L.,1753) (Maameri, 2014).	27
Tableau 3 : Classification botanique de <i>Pistacia térébinthus</i> . Judd et al. (2002), et Yaaqobi et al., (2009).	31
Tableau 4 : Les souches microbiennes testées. (Schaechter et al., 1999 et Venereol, 2003).	56
Tableau 5 : principales données climatiques des stations étudiées.	62

Liste des figures :

Figure 1 : Types de feuilles chez les espèces du genre <i>Pistacia</i> L. (Zohary, 1952)	18
Figure 2 : Distribution géographique des espèces du genre <i>Pistacia</i> L. dans le monde (Al-Saghir, 2006 modifié par Rousou, 2018).	19
Figure 3 : l'arbre de <i>Pistacia atlantica</i> dans la zone de Aïn Ezzerga (Saida)	20
Figure 4 : les feuilles de <i>Pistacia atlantica</i>	21
Figure 5 : Les fleurs <i>Pistacia atlantica</i> (Doghbage, 2011)	22
Figure 6 : Les fruits <i>Pistacia atlantica</i> (Doghbage, 2011)	23
Figure 7 : Distribution de <i>Pistacia terebinthus</i> . dans le bassin méditerranéen (Al-Saghir, 2006).	25
Figure 8 : l'arbre de <i>Pistacia lentiscus</i>	26
Figure 9 : les feuilles de <i>Pistacia lentiscus</i> .	27
Figure 10 : Les fleurs et les fruits de <i>Pistacia lentiscus</i> (Ben Douissa,2004)	28
Figure 11 : <i>Pistacia térébinthus</i> L	30
Figure 12 : Feuilles de <i>Pistacia térébinthus</i> L	31

Figure 13 : les fruit de <i>Pistacia térébinthus</i> L (Louzabi,2023)	32
Figure 14 : Schéma d'une installation d'entrainement à la vapeur	43
Figure 15 : appareil d'hydrodistillation (clevenger).(Piridi M.2006)	44
Figure 16 : Hydrodiffusion assistée par micro-ondes (Chemat, F.,2008)	45
Figure 17 : représentation schématique d'un appareil d'extraction Soxhel classique	46
Figure 18 : Schéma du montage de l'extraction par micro-onde (El Habib.2011)	47
Figure 19 : Schéma du « procédé de récupération de l'huile essentielle de citron et autres agrumes » (Martini et Seiller, 1999).	48
Figure 20 : Schéma de l'extraction assistée par ultrasons (UAE) (Rassem et al., 2016)	49
Figure 21 : Schéma du système d'extraction par CO2 sous critique (Abdelli.W 2017).	50
Figure 22 : Illustration de la méthode des aromagrammes sur boîte de Pétri (Zaika, 1988)	54
Figure 23 : Carte situation de la commune de Saïda	61
Figure 25 : Echantillons après broyage	63
Figure 26 : Echantillons pendant hydrodistillation	64

Figure 27 : montage d'hydrodistillation utilisé	65
Figure 28 : le vapeur pendant hydrodistillation	65
Figure 29 : Ampoules à décanter	66
Figure 30 : les flacons en verre contenant des huiles essentielles.	67
Figure 31 : le Matériel utilisé	68
Figure 32 : la dépose des disques sur la bactérie	69
Figure 33 : Distribution des rendements des huiles essentielles de pistachier d'Atlas, pistachier lentisques et pistachier térébinthes.	75

Résumé :

Notre objectif dans ce travail est de faire l'extraction d'huile essentielle de pistachier d'Atlas, pistachier lentisque et pistachier térébinthes et la détermination du rendement des huiles essentielles des plantes, en vue de connaître les conditions idéales pour la collecte et le traitement des échantillons, collectées de la région de Saida (Aïn Ezzerga, Maamoura); La partie utilisée dans la plante est les feuilles, Nous l'avons séché et broyé, et traitées par un hydrodistillateur de type Clevenger .

Le rendement obtenu du pistachier d'Atlas 0.14% ,pistachier lentisque 0.19%, et pour pistachier térébinthes 0.41%. Après nous avons réalisés des tests antibactériens des 3 huiles sur les bactéries *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, et *Klebsiella pneumoniae*.

Mots clés : rendement, huiles essentielles, séché, broyé, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*.

Abstract :

Our objective in this work is to make the extraction of essential oil of pistachio atlas, pistachio lentiscus and pistachio terebinthes and the determination of the yield of essential oils from plants, in order to know the ideal conditions for the collection and processing of samples, collected from the region of Saida (Ain Ezzerga, Maamoura); The part used in the plant is the leaves, We dried and crushed, and treated by a hydrodistiller type Clevenger.

The yield obtained from atlas pistachio 0.14%, lentiscus pistachio 0.19% , and for térébinthes pistachio 0.41%. After antibacterial testing of the 3 oils on *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Klebsiella pneumoniae* bacteria.

Key words: yield, essential oils, dried, ground, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*.

الملخص:

هدفنا في هذا العمل هو استخلاص الزيت العطري من فستق الأطلس، فستق العدس، وفستق البلم وتحديد محصول الزيوت العطرية من النباتات بهدف معرفة الظروف المثالية لجمع ومعالجة العينات المجمعة من منطقة صيدا (عين الزرقة، المعمورة)؛ الجزء المستخدم في النبات هو الأوراق، نقوم بتجفيفها وسحقها ومعالجتها بواسطة جهاز التقطير المائي من نوع كليفنجر.

المحصول الذي يتم الحصول عليه من شجرة فستق الأطلس 0.14%، وشجرة فستق العدس 0.19%، وشجرة فستق البلمة 0.41% بعد ذلك نقوم بإجراء اختبارات مضادة للبكتيريا للزيوت الثلاثة على بكتيريا المكورات العنقودية الذهبية، والإشريكية القولونية، والزائفة الزنجارية، والكلبيلا الرئوية.

الكلمات الرئيسية: مردود، الزيوت الأساسية، التجفيف، الطحن، المكورات العنقودية الذهبية، الإشريكية القولونية، الزائفة الزنجارية، الكلبيلا الرئوية.

Introduction Générale

1 Introduction Générale :

Les espèces *Pistacia Atlantica*, *Pistacia lentiscus*, et *Pistacia térébinthus* montrent des adaptations écologiques distinctes qui leur permettent de s'épanouir dans des environnements variés. Leur répartition géographique et leurs rôles écologiques soulignent l'importance de ces espèces dans la préservation des écosystèmes méditerranéens et arides. En comprenant mieux leurs adaptations et leurs exigences écologiques, nous pouvons optimiser leur conservation et leur utilisation dans divers domaines, y compris la restauration écologique et les applications médicinales. Les espèces *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentiscus*, et *Pistacia térébinthus* présentent des caractéristiques écologiques distinctes et une distribution géographique variée qui reflètent leurs adaptations spécifiques à différents environnements.

Les espèces *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentisques*, et *Pistacia térébinthes* **appartiennent au genre *Pistacia***, qui est bien connu pour ses plantes résineuses et ses diverses utilisations traditionnelles et médicinales. Ces espèces sont répandues dans les régions méditerranéennes et d'Asie occidentale et sont particulièrement appréciées pour les huiles essentielles extraites de leurs feuilles, résines et fruits. Il est particulièrement présent en Algérie, où il s'adapte bien aux conditions environnementales difficiles, notamment les climats arides et semi-arides des régions montagneuses et désertiques. Cet arbre est valorisé pour ses applications en médecine traditionnelle, où il est utilisé pour traiter divers maux, tels que les troubles digestifs et respiratoires. Les huiles essentielles de *Pistacia atlantica* sont réputées pour leurs propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires importantes, bien que leur activité antibactérienne soit limitée (Boukouada et al., 2013).

Pistacia lentiscus, ou lentisque, est un arbuste toujours vert, répandu dans toute la région méditerranéenne. Il est surtout connu pour sa résine aromatique, le mastic, utilisée depuis l'Antiquité comme chewing-gum naturel et dans divers produits médicinaux et cosmétiques. Les huiles essentielles de *Pistacia lentiscus* ont démontré des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires significatives, ce qui les rend précieuses dans les industries cosmétique et pharmaceutique (Giner-Larza et al., 2002).

Pistacia terebinthus, ou térébinthe, est un arbre originaire des régions méditerranéennes et d'Asie occidentale. Cette espèce est particulièrement connue pour son huile essentielle, qui a le rendement le plus élevé parmi les trois espèces étudiées. Les huiles essentielles de *Pistacia*

terebinthus sont utilisées pour leurs propriétés antioxydantes et leur potentiel thérapeutique dans le traitement des maladies inflammatoires (**Sari et al., 2016**).

Les huiles essentielles extraites de ces trois espèces de pistachiers ont des applications variées dans les domaines de l'aromathérapie, de la cosmétique, et des produits ménagers en raison de leurs arômes distinctifs et de leurs propriétés bioactives. Bien que leur activité antibactérienne contre certaines souches résistantes soit limitée, elles présentent d'autres avantages significatifs qui méritent d'être explorés plus en profondeur.

Cette étude vise à comparer les trois espèces de pistachiers *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentiscus*, et *Pistacia terebinthus* en termes de rendement en huile essentielle, d'activité antibactérienne et d'autres propriétés bioactives qui démontrent l'importance de ces espèces.

Le document est divisé en quatre chapitre principaux :

1. Revue Bibliographique : Cette section explore l'importance des trois espèces de pistachiers, en détaillant leurs utilisations traditionnelles, leurs propriétés chimiques et leurs diverses applications.
2. Revue Générale sur les techniques d'extraction des huiles Essentielles
3. Méthodologie : Cette section décrit les méthodes employées pour évaluer les rendements en huile essentielle, les activités antibactériennes et les autres tests pertinents réalisés.
4. Résultats et Discussion : Cette section présente et analyse les résultats obtenus, en mettant en lumière les différences et les similarités entre les espèces étudiées.

Le document se conclura par une conclusion générale et des recommandations** fondées sur les résultats de l'étude.

CHAPITRE I

Généralité sur les Pistachiers

1. Généralité sur le genre *Pistacia*

1.1. La famille des Anacardiacees

La famille botanique des Anacardiacees a été proposée pour la première fois par Lindley en 1830, Elle appartient à l'ordre des Sapindales, à la sous-classe des Rosidae ou Eudicots moyennes dialypétales (plus de 90 000 espèces connues), à la classe des Eudicots, au sous-embranchement des Magnoliophyta ou Angiospermes et à l'embranchement des Spermaphyte (**Pimenov et Leonov, 1993**)

selon la classification de Watson et Dallwitz, Cette famille regroupe 600 espèces réparties en 70 genres dont certaines d'importance économique comme le pommier-cajou (*Anacardium occidentale*), le manguier (*Mangifera indica*), le poivrier rose (*Schinus molle*) et le pistachier (*Pistacia vera*) (**Martin, 2014**).

Les espèces de cette famille sont des arbres, des arbustes ou des lianes à feuilles alternes, composées et imparipennées (**Arbonnier, 2002**) que l'on rencontre surtout dans les régions tropicales à subtropicales et dans les régions tempérées de l'hémisphère Nord.

1.2. Le genre *pistacia*

Le genre botanique *Pistacia* L., est un genre important de la famille des Anacardiacees. Etymologiquement, *Pistacia*, est un nom générique initié par les romains et dérive du Persan « posta », par le grec « pistake », très rapprocher du nom syrien « Foustake ». (**Mitchel, 1992**).

1.2.1. Classification taxonomique

Selon (**APG III, 2009**), la plus récente classification botanique du genre *Pistacia* est la suivante :

- Royaume : *Chlorobionta*
- Embranchement : *Charophyta*
- Subembranchement : *Streptophytina*
- Classe : *Equisetopsida*
- Subclasse : *Magnoliidae*

- Superordre : *Rosanae*
- Ordre : *Sapindales*
- Famille : *Anacardiaceae*
- Genre : *Pistacia*

Le genre présente une taxonomie complexe avec non moins de 63 noms binomiaux différents enregistrés à l'IPNI (**International Plant Names Index 2005**). Cependant, le nombre d'espèces reconnues varie selon les auteurs entre 6 et 11

. Systématiquement, le genre a connu plusieurs remaniements (**Zohary, 1952 ; Yi et al., 2008 ; Al-Saghir & Porter, 2012**) à cause de plusieurs facteurs tels que l'hybridation interspécifique et le rapprochement des caractères morphologiques de certaines espèces (feuilles, fleurs) qui favorise la confusion entre elles (**Roussou, 2018**).

. Selon **Zohary (1952)**, le genre se compose de onze (11) espèces, classées en quatre sections : *Lentiscella*, *Eu-Lentiscus*, *Butmela* et *Eu-terebinthus* (Tableau 01). Cette classification a été révisée par plusieurs auteurs (**Parfitt & Badenes, 1997 ; Kafkas & Perl-Treves, 2002 ; Golan-Goldhirsh et al., 2004 ; Yi et al., 2008**). La plus récente est celle de Al Saghir & Porter (2012) qui ont divisé le genre en neuf espèces et cinq sous espèces en utilisant l'ensemble des caractères morphologiques et moléculaires, et en deux sections selon la nature caduque (*Pistacia*) ou persistante (*Lentiscella*) des feuilles.

Tableau 1 : Sections et taxons reconnus par les principales études taxonomiques du genre *Pistacia* (L.) (Al-Saghir & Porter 2012 ; Yi et al. 2008 ; Zohary 1952)

	Zohary 1952	Yi et al. 2008	Al-Saghir & Porter 2012
Sections	4	2	2
Espèces	11	10	9
Ssp/var	11	0	5
	Section <i>Eu-Terebinthus</i> Zoh.	Section <i>Terebinthus</i> Parfitt & Badenes	Section <i>Pistacia</i> Zoh.
	<i>P. chinensis</i> Bunge	<i>P. chinensis</i> Bunge	<i>P. chinensis</i> Bunge ssp. chinensis
	<i>P. chinensis</i> Bunge var. falcata	–	<i>P. chinensis</i> Bunge ssp. falcata (Bess. ex Martinelli) Rech. F
	<i>P. chinensis</i> Bunge var. integerrima	<i>P. integerrima</i> J.L.Stewart ex Brandis	<i>P. chinensis</i> Bunge ssp. Integerrima (J.L. Stewart ex Brandis) Rech. f.
	<i>P. khinjuk</i> Stocks	<i>P. khinjuk</i> Stocks	<i>P. khinjuk</i> Stocks
	<i>P. khinjuk</i> Stocks var. glaberrima Boiss.	–	–
	<i>P. khinjuk</i> Stocks var. glabra Engl.	–	–
	<i>P. khinjuk</i> Stocks var. microphylla Boiss.	–	–
	<i>P. khinjuk</i> Stocks var. populifolia Boiss.	–	–
	<i>P. palaestina</i> Boiss.	–	–
	<i>P. terebinthus</i> L.	<i>P. terebinthus</i> L.	<i>P. terebinthus</i> L.
	<i>P. vera</i> L.	<i>P. vera</i> L.	<i>P. vera</i> L.
	Section <i>Butmela</i> Zoh.	–	–
	<i>P. atlantica</i> Desf.	<i>P. atlantica</i> Desf.	<i>P. atlantica</i> Desf.
	<i>P. atlantica</i> var. latifolia DC.	–	–
	<i>P. atlantica</i> Desf. var. kurdica Zoh.	–	<i>P. eurycarpa</i> Yalt.
	Section <i>Lentiscella</i> Zoh.	Section <i>Lentiscus</i> Parfitt & Badenes	Section <i>Lentiscella</i> Zoh.
	<i>P. mexicana</i> Humb., Bonp. & Kunth	<i>P. mexicana</i> Humb., Bonp. & Kunth	<i>P. mexicana</i> Humb., Bonp. & Kunth
	<i>P. texana</i> Swingle	<i>P. texana</i> Swingle	–
	Section <i>Eu Lentiscus</i> Zoh.	–	–
	<i>P. lentiscus</i> L.	<i>P. lentiscus</i> L.	<i>P. lentiscus</i> L. ssp. lentiscus
	<i>P. lentiscus</i> L. var emarginata Engl.	–	<i>P. lentiscus</i> ssp. emarginata (Engl.) Al-Saghir
	<i>P. saportae</i> Burnat	–	–
	<i>P. saportae</i> Burnat var. oxycarpa Zoh.	–	<i>P. weinmannifolia</i> Poiss. ex Franch
	<i>P. weinmannifolia</i> Poisson	<i>P. weinmannifolia</i> Poiss. ex Franch	
	<i>P. weinmannifolia</i> Poisson var. malayana (Henderson) Zoh.	–	–

1.2.2. Caractéristiques botaniques du genre

Les espèces de genre *Pistacia* sont des arbres xérophytiques, dioïques, jusqu'à 8-10 m de hauteur. ce genre est caractérisé par des feuilles alternes, persistantes ou caduques, pari ou imparipennées, rarement trifoliées ou simples, membraneuses ou épaisses. Le nombre de folioles varie de 2 à 6 paires (figure 1).

Le rachis des feuilles et le pétiole sont parfois élargis et aplatis pour former une expansion verte comme une aile ; ce caractère est très important pour l'identification des espèces (**Belhadj, 2007**). Ces ailes foliaires se prolongent le long du pétiole chez *P. lentiscus* et *P. atlantica*, mais l'aile chez *P. atlantica* est moins développée que chez *P. lentiscus*. La texture des folioles est également un caractère très important dans l'identification des espèces ; *P. lentiscus* a des folioles cirées et épaisses en comparaison avec les autres espèces (**El- Oqlah, 1996**).

À la fois pour les arbres mâles et les arbres femelles, les fleurs sont apétales, avec 1-3 petites bractées et 2-7 bractéoles et portées dans des grappes ou des panicules. Les fleurs mâles ont 4-5 anthères insérées sur un disque. Les fleurs femelles ont un style court et très fin. Les espèces sont pollinisées par le vent (anémophile) (**Al-Saghir, 2006**).

Chez le genre *Pistacia*, Le fruit est une drupe, plus moins succulente, ou sèche à noyau (Quézel et Santa, 1963), monosperme à endocarpe osseux. Les fruits sont de la grosseur d'un pois, se rident en séchant, l'épiderme est sur un endocarpe dur mais mince contenant deux cotylédons exalbuminés (**Monjauze, 1980**).

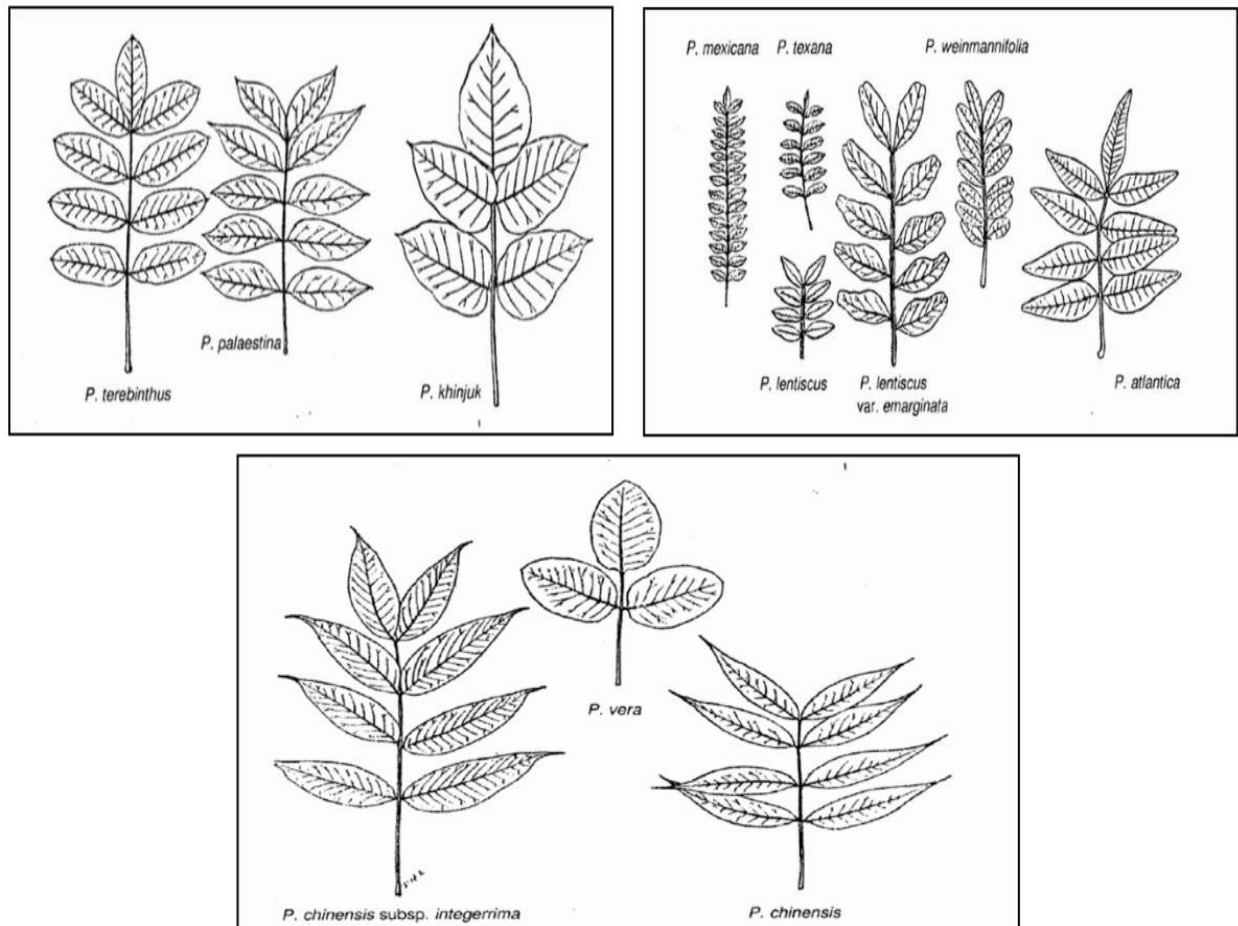


Figure 1 : Types de feuilles chez les espèces du genre *Pistacia* L. (Zohary, 1952)

1.2.3. L'aire de répartition du genre *Pistacia*

le genre *Pistacia* L. est probablement d'origine américaine, selon les fossiles les plus anciens (Paléocène) découverts en Amérique du Nord (Al-Saghir 2009, p. 256 ; Zohary 1952). Il comprend arbres et arbustes, riches en résines, d'une distribution géographique actuellement large et discontinue : Mexique et Amérique du Sud, îles atlantiques, Europe du Sud et bassin méditerranéen, Afrique tropicale de l'Est, Asie Centrale, Chine et Asie du Sud-Est (figure 2).

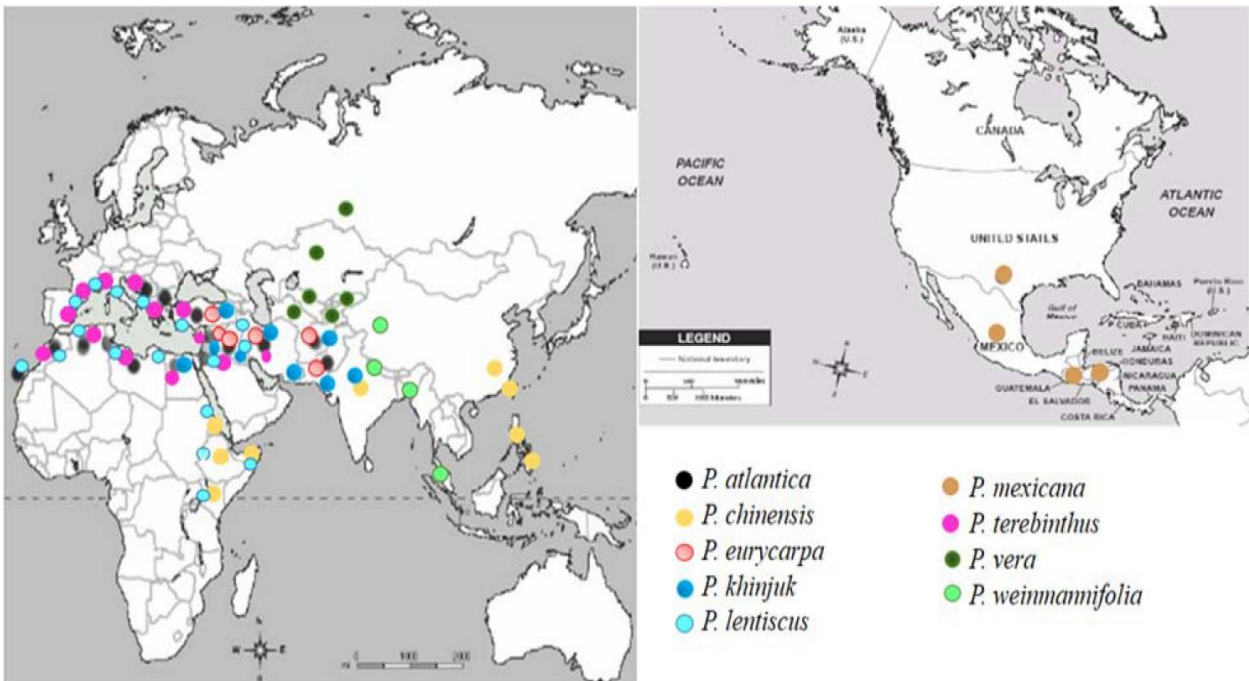


Figure 2 : Distribution géographique des espèces du genre *Pistacia* L. dans le monde (Al-Saghir, 2006 modifié par Rousou, 2018).

selon (Belhadj, 2007), le genre *Pistacia* est représenté par quatre espèces en Algérie,

- *P. lentiscus* (le lentisque), largement disséminé dans le Tell ;
- *P. terebinthus* (le térébinthe) distribué sur le bassin de la Soummam, le versant nord du Djurdjura ainsi que le bassin d'Elksour ;
- *P. atlantica* (le pistachier de l'Atlas) nommé ces peuplements occupent l'Atlas Mitidjien, les hauts plateaux ainsi que les régions les plus arrosées de l'Atlas saharien (Quezel, 1965 ; Monjauze, 1968) pour atteindre une limite extrême au Hoggar (Chenoune, 2005) ;
- *P. vera*, est une espèce introduite ou sub-spontanée. On la trouve à l'ouest algérien (Saida, Sidi Bel-Abbes, Tlemcen, Tiaret), au centre (Chlef et Blida) et à l'est (Sétif, Guelma, et Batna) mais à des superficies réduites (Morsli et al., 2001).

2. Description, répartition et écologie des espèces étudiées

2.1. Le Pistachier de l'Atlas

Pistacia atlantica, pistachier de l'Atlas ou bétoum, est répandu en Afrique du Nord, (Leutrech-Belerouci, 1981). est une essence très ancienne. Elle a été décrite la première fois par Desfontaines (1799, 1800) au cours de son exploitation botanique en Tunisie et en Algérie. Selon Zohary (1952), l'espèce appartient à la section Butmella et elle est subdivisée en 4 sous espèces : *P. latifolia*, *P. kurdica*, *P. kabulica* et enfin *P. atlantica*. est une espèce ligneuse et spontanée pouvant atteindre 10 m de haut. L'arbre possède un tronc individualisé et à frondaison hémisphérique (Quézel et Santa, 1963)(figure 3)



Figure 3 : l'arbre de *Pistacia atlantica* dans la zone de Aïn Ezzerga (Saida) (Originale, mai 2024)

2.1.1. Classification taxonomique

La classification botanique du pistachier de l'Atlas est synthétisée dans le tableau (tableau 2)

Tableau 2 : Classification botanique du pistachier de l'Atlas (Yaaqobi et al., 2009).

Règne :	<i>Plantae</i>
Embranchement :	<i>Tracheobionta</i>
Super-division :	<i>Spermatophyta</i>
Division :	<i>Magnoliophyta</i>
Classe :	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe :	<i>Rosidae</i>
Ordre :	<i>Sapindales</i>
Famille :	<i>Anacardiaceae</i>
Genre :	<i>Pistacia</i>
Espèce :	<i>Pistacia atlantica</i>

2.1.2. Caractéristiques botaniques

Les feuilles :

Elles sont composées, stipulées, à rachis finement ailé et à folioles lancéolées obtuses au sommet (**Fennane et al., 2007**). Les feuilles sont caduques et chutent en automne, elles sont de couleur vert pâle et sont imparipennées, glabres et sessiles (**Yaaqobi et al., 2009**)(**Figure 4**) .



Figure 4 : les feuilles de *Pistacia atlantica* (Originale, mai 2024)

Les fleurs :

Les fleurs mâles et femelles sont portées par des pieds différents. Mais quelques pieds monoïques ont été observés dont les fleurs mâles et femelles sont portées par des rameaux différents. Aucun hermaphrodisme n'a été observé. Les fleurs sont petites en panicules axillaires et sont apétales. Ce sont des fleurs régulières avec une tendance à la zygomorphie (**Yaaqobi et al., 2009**).

La fleur mâle :

Le calice possède quatre sépales. A l'aisselle du calice, il se trouve une bractée glabrescente, allongée, de grande taille par rapport aux fleurs et de couleur jaune pâle. A l'aisselle de chaque bractée, 5 étamines se développent, de couleur rouge pourpre, et avec des filets courts et soudés à la base. Après la libération des grains de pollen au mois de mars, les fleurs mâles s'épanouissent et les étamines prennent une structure pétaloïde (**Yaaqobi et al., 2009**).

La fleur femelle :

Le calice a neuf sépales enchevêtrés entre eux et soudés à la base. Les sépales sont de taille variable selon les provenances. A l'aisselle du calice, il se trouve une bractée semblable à celle de la fleur mâle. Le gynécée présente trois carpelles concrescents avec une seule loge ovarienne fertile et un seul ovule pendant. Le style porte trois stigmates rugueux facilitant la fixation des grains de pollen (**Yaaqobi et al., 2009**) (**Figure 5**).



Figure 5 : Les fleurs *Pistacia atlantica* (Doghbage, 2011)

Le fruit :

Le fruit est une drupe, dont le nom vernaculaire est “Khodiri ”. Il est consommé par les habitants (Belhadj et al., 2008). La fructification débute vers la fin du mois de mars et les fruits atteignent leur maturité au mois de septembre (Yaaqobi et al., 2009). (Figure 6)



Figure 6 : Les fruits *Pistacia atlantica* (Doghbage, 2011)

2.1.3. Caractéristiques biologiques

Le pistachier d’atlas est une espèce dioïque, dotée d’un système de reproduction de type allogame (Zohary, 1952). Sachant que ces espèces supportent très mal la consanguinité, beaucoup de génotypes deviennent stériles ou manifestent des faiblesses (AK, 1996).

La présence de la pollinisation naturelle seule qui est de type anémophile est insuffisante si on considère que les périodes de floraisons des arbres mâles et femelles sont déclarées. Il faut noter aussi que les grains de pollen ne conservent leur capacité de fécondation que 4 à 5 jours (Morsli, 1992). S’ajoutant à cela les dégâts causés au pollen par les Thrips et les aléas inhérents au climat, la fécondation artificielle s’avère de plus en plus nécessaires (Zohary, 1996).

2.1.4. Caractéristiques écologiques

Le meilleur développement du pistachier de l'atlas est entre 600 et 1200 m, selon **Boudy, (1952) et Monjauze, (1968)**. Il peut atteindre 2000 m d'altitude dans les montagnes sèches et même jusqu'à 3000 m à l'orient de son aire (**Zohary, 1952**).

On rencontre le pistachier de l'Atlas dans les zones steppiques et sahariennes dans les dayas, ou parfois on a l'affleurement de la croute calcaire à la surface (**Monjauze, 1989**). Il s'accommode avec une large gamme de sols (**Pouget, 1980**). L'espèce grandit bien dans l'argile ou les sols limoneux, bien que celui-ci puisse se développer aussi sur les roches calcaires (**abdelazize et Rahmani, 2005**).

Pistacia atlantica est une espèce héliophile, caractérisée par sa grande résistance à la sécheresse (**Spina et Pennisi, 1957 ; Woodroof, 1979**). Elle se contente d'une tranche pluviométrique très faible (jusqu'à 150mm). En réalité c'est l'isohyète de 200 à 250mm qui lui convient le mieux (**Boudy, 1950**). Il résiste aux températures basses et élevées et peut aller de -12°C jusqu'à 40°C (**Kaska, 1994**) Il est certainement la seule essence forestière des Hauts Plateaux, qui résiste à la violence des vents et à la variabilité de température de ces régions élevées (**Cosson, 1879**).

2.1.5. Répartition géographique

D'après **Zohary (1952,1987)** et **Quézel et Médail (2003)**, cette espèce est commune de deux régions ; méditerranéenne et irano-touranienne.

P. atlantica, est largement distribué au sud méditerranéen et en Moyen-Orient (le désert et la steppe de Syrie, l'Iran, la Palestine, la Transjordanie, l'Iraq, l'Arabie Saoudite, la Turquie) (**Boudy, 1955 ; Karimi & Kafkas, 2011 ; Al Saghir & Porter, 2012**). Il est même présent en Crimée et en Afghanistan (**Seigne, 1985**). D'après **Quézel & Santa (1963) ; Ozenda (1983) et Somon (1987)**, le pistachier de l'Atlas, et plus précisément la sous-espèce *atlantica*, serait endémique de l'Afrique du nord (Figure 7)

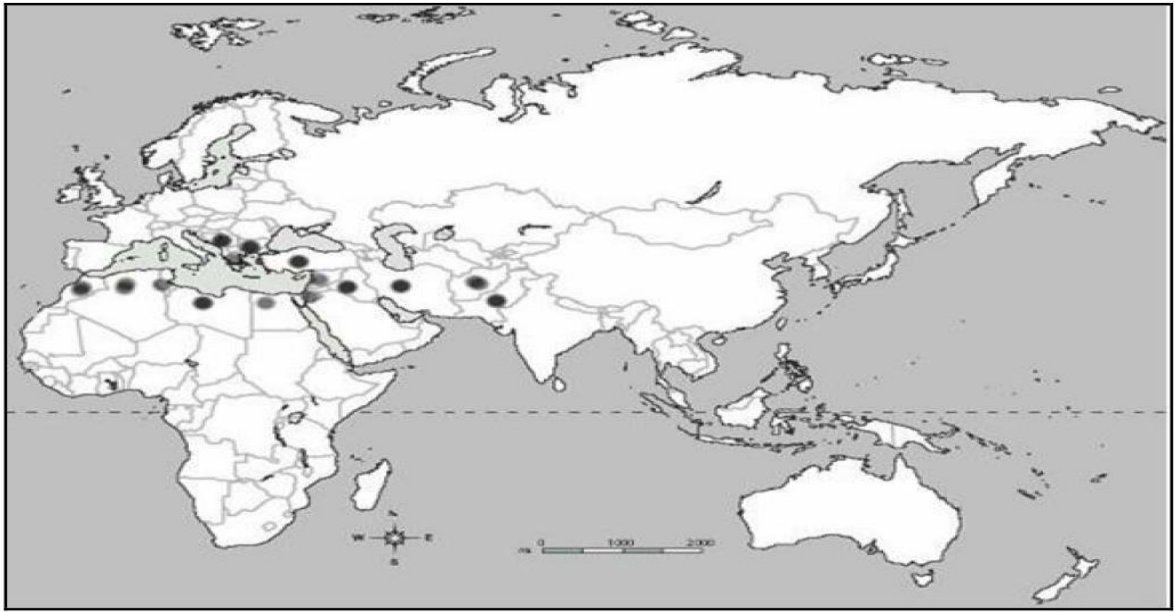


Figure 7 : Distribution de Pistacia terebinthus L. dans le bassin méditerranéen (Al-Saghir, 2006).

Le pistachier de l'Atlas est assez commun en Algérie. Il caractérise le cortège floristique des zones arides et semi-arides (Abdelkrim, 1992) il se retrouve à l'état de groupements isolés à l'ouest Algérien (Oran et Ain Sefra) jusqu'à l'est tunisien et il est largement distribué de la plaine de la Mitidja jusqu'au Sahara Septentrionale (Monjauze, 1968),

2.2. *Pistacia lentiscus*

Pistacia lentiscus L, Darou en arabe local, le nom du pistachier vient du grec pistaké « pistachier » qui signifie cet arbrisseau, et le nom lentisque vient du latin « lentus » qui signifie visqueux. Il est connu aussi par d'autres appellations comme : Darou, dherou ou drou en arabe local, Thidekt en kabyl, lentisque et arbre au mastic en Français (NABIHA, 2021)

Pistacia lentiscus est un arbre ou arbuste à feuillage persistant, il possède un arôme caractéristique fort, sa hauteur varie d'un à huit mètres, ou il contribue à constituer les forêts, broussailles, maquis et garrigues. (Bachrouch et al., 2015) (Figure 8)



Figure 8 : l'arbre de *Pistacia lentiscus* dans la zone de Aïn Ezzerga (Saida) (Originale, mai 2024)

2.2.1. Classification taxonomique

La classification phylogénétique de *Pistacia lentiscus* selon APG III est présentée comme suit (tableau 2) :

Tableau 2 : Classification botanique du pistachier lentisque . d'après Linné (L.,1753) (**Maameri, 2014**).

Règne	<i>Plantae</i>
Embrenchement	<i>Tracheobionta</i>
Super-division	<i>Spermaphyte</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Rosidae</i>
Ordre	<i>Sapindales</i>
Famille	<i>Anacardiaceae</i>
Genre	<i>Pistacia</i>
Espèce	<i>Pistacia lentiscus</i> L.

2.2.2. Description botanique

Selon **Rameau et al. (2008)**, *Pistacia lentiscus* est un nanophanérophyte (arbrisseau) de 1-3 m, plante à odeur résineuse, forte et désagréable, écorce d'un brun rougeâtre lisse puis écailleuse.

Feuilles :

Les feuilles sont caduques et imparipennées, elles possèdent trois ou quatre sépales, elles sont caractérisées par un ovaire avec un style court à trois stigmates. Elles présentent des formes elliptiques, lisses, d'une verdure belle et luisante (**Onay et al., 2000**). (**Figure 9**)



Figure 9 : les feuilles de *Pistacia lentiscus*. (Originale, mai 2024)

Les fleurs :

Sont apétales, petites, se montrent d'avril à juin et elles sont disposées en épis. L'inflorescence est en grappes, spiciformes, denses et courtes. Les fleurs mâles et femelles poussent sur des arbustes différents « dioïque ». D'après **Somson (1987)** :

La fleur femelle ♀ : Vert jaunâtre à un calice comportant 3 ou 4 lobes et un 1 ovaire de 3 carpelles concrescents et 3 stigmates arqués en dehors.

La fleur mâle ♂ : Rouge foncé à un calice comportant 5 sépales au fond duquel sont insérées 5 étamines, à filets courts soudés à la base et anthères rouges, tétragones.

Le fruit :

Elle fleurit entre mars et avril, puis commence la formation d'un fruit charnu qui ne mûrira qu'en automne, avec la maturation la pulpe change de couleur du blanc initial au noir final en passant par un rouge intermédiaire. La couleur est un bon indicateur de la viabilité des graines, les fruits noirs contenant la majorité des graines viables, tandis que les fruits rouges et blancs ont des graines vides. (**Verdu, 1998 ; Garcia-Fayos, 2002**). (**Figure 10**)



Figure 10 : Les fleurs et les fruits de *Pistacia lentiscus* (**Ben Douissa, 2004**)

2.2.3. Répartition géographique de *Pistacia lentiscus*

Pistacia lentiscus est un arbrisseau que l'on trouve couramment en sites arides Asie et région méditerranéenne de l'Europe et d'Afrique, jusqu'aux Canaries (**Bellakhdar, 2003**). On le trouve en Corse, et en Charente maritime. (**Alyafi, 1979**).

En Algérie, le *Pistacia lentiscus* occupe l'étage thermo-méditerranéen. Sa limite méridionale se situe aux environs de Saida,. On le retrouve sur tout type de sol, dans l'Algérie subhumide et semi-aride (**Saadoun, 2002**), plus précisément dans le bassin du Soummam en association avec le pin d'Alep, le chêne vert et le chêne liège (**Belhadj, 2000**).

2.2.4. Exigence écologique

Le pistachier lentisque pousse dans une ambiance climatique subhumide, semi-aride et chaude. En zones humides, *Pistacia lentiscus* est plus abondante dans les plaines que sur les hauteurs, contrairement aux zones semi-arides où elle pousse plutôt sur les hauteurs. (**Bensalem, 2015**).

Pistachier lentisque est un arbrisseau qui préfère sur les sols siliceux et secs, il se développe sur des sols calcaires, donc cette plante est considérée comme thermophile et xérophile. *Pistacia lentiscus* préfère des sols à faible concentration en phosphore et potassium conjugués avec des concentrations différentes en carbonate de calcium et en azote (**Dogan et al., 2003**).

Pistacia lentiscus s'adapte au manque d'eau, cette adaptation est expliquée par l'absence de stomate au niveau de la face supérieure des feuilles, et la présence de stomates sur la face inférieure de la feuille. Son système racinaire est puissant et bien développé, s'accrochant sur les pentes rudes et les terrains rocheux, c'est un couvre sol idéal (**Saadoun, 2002**).

2.2.5. Utilisation et intérêt

Le lentisque est la principale espèce produisant oléorésine qui a une énorme importance économique et pharmaceutique. Cette résine a des effets anti-inflammatoires et antimicrobiens et peut être bénéfique dans le traitement de l'ulcère gastrique et duodéal. L'huile essentielle d'arbre mastic a été montrée pour avoir des effets anti-bactériens, antifongiques, Antioxydants et insecticides. Il est également utilisé dans les cosmétiques, les parfums et comme arôme dans les préparations alimentaires (**Haloui et al. 2014**). La résine de l'espèce *Pistacia lentiscus*, favorise les fonctions de l'estomac et la coagulation du sang, elle stimule la transpiration l'expectoration (**Rameau et al. 2008**).

2.3. *Pistacia térébinthus*

Pistacia térébinthus L ou Pistachier térébinthe, térébinthus en latin désigne la résine, (Caizergues, 1997) En arabe on l'appelle « Kiffan elbtoum » (Belhadj, 2007). est un arbre ou arbuste la famille des Anacardiacees poussant dans la garrigue et le maquis, commun dans tout le bassin méditerranéen (Traveset, 1994).

IL existe plusieurs sous-espèces de térébinthes, dont le térébinthe sauvage, le térébinthe à gros fruit, le térébinthe à petit fruit bleus (figure 11)



Figure 11 : *Pistacia térébinthus* dans la zone de Maamoura (Saida) (Originale, mai 2024)

2.3.1. Classification taxonomique

La classification admise actuellement est rapportée par **Judd et al.(2002)**, Lieutaghi (2004) et **Yaaqobi et al., (2009)** (Tableau 3).

Tableau 3 : Classification botanique de *Pistacia térébinthus*. (**Judd et al. 2002**, et **Yaaqobi et al., 2009**).

Règne	<i>Plantae</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Sapindales</i>
Famille	<i>Anacardiaceae</i>
Genre	<i>Pistacia</i>
Espèce	<i>Pistacia térébinthus</i>

2.3.2. Description botanique

Le pistachier térébinthe c'est un arbuste à résine , pouvant atteindre cinq à six mètres de hauteur (Caizergues,1997) Il peut vivre plus de 100 ans (Rameau et al.,2008), Il se caractérise par une écorce très résineuse et odorante (Lieutaghi, 2004), généralement couverte de lichens, d'une couleur gris rougeâtre, ensuite rouge brun et écailleuse en vieillissant (Rameau et al., 2008) (figure 12).

Feuilles :

Les feuilles sont caduques. Elles sont vertes au printemps. Jaunes ou rouge flamboyant à l'automne (Rameau et al., 2008).



Figure 12 : Feuilles de *Pistacia térébinthus* L.(Originale, mai 2024)

les fleurs :

les fleurs sont en grappes composées, latérales, naissant sur les jeunes rameaux de l'année précédente (Lequay , 2006)

Selon Ubarrechena et al. (2013), tous les pistachiers sont dioïques ce qui signifie qu'il faut

des pieds mâles à proximité pour obtenir des fruits sur le pied femelle. La floraison a lieu du printemps (Mai à Juin), la pollinisation est anémogame.

Les fleurs mâles : Les fleurs mâles sont, constituées de 5 sépales réguliers, comportant 1 ou 2 rangs de 5 étamines (Ubarrechena et al., 2013)

Les fleurs femelles : Les fleurs femelles ont un ovaire supère muni de 5 carpelles soudés (Ubarrechena et al., 2013)

fruit :

Le fruit est ovoïde, apicule , et assez petit, il est subglobuleux (Raphael et Jadwiga ,2010) ,Fruits charnus de 5 à 7 mm, en grappes serrées roses, rouges puis brunes, à forte odeur de résine ,Ce fruit sont des drupes généralement comestibles contenant des noyaux riches en lipides (Ubarrechena et al., 2013) (Figure 13)



Figure 13 : les fruits de *Pistacia terebinthus* L (Louzabi,2023)

2.3.3. Répartition géographique

Le pistachier térébinthe est originaire des régions méditerranéennes, de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Libye), d'Asie de l'Ouest (Arabie saoudite, Palestine occupée, Jordanie, Liban, Syrie, Turquie) et de l'Europe méditerranéenne (midi de la France, Espagne, Albanie, ancienne Yougoslavie, Bulgarie, Grèce, Italie) et du Portugal (**Rameau et al., 2008**). Il pénètre assez profondément dans le sud des Alpes (**Lieutaghi, 2004**)

En Algérie, on le retrouve dans le bassin de la Soumama, au niveau du versant Nord du Djurdjura et dans le bassin d'El Kseur, en association avec le pin d'Alep et le chêne vert. (**Belhadj, 2003 et Choaki, 2006**).

2.3.4. Exigences écologiques

Le térébinthe est héliophile, mais l'espèce tolère un certain ombrage avec une grande variabilité des taux de saturation en cations des sols et du pH (**Bouabdelli, 2019**)

Le Pistachier térébinthe tolère la plupart des sols à condition qu'ils soient bien drainés. Il supporte également un peu de calcaire. On le retrouve dans les maquis et garrigues, en général sur sol secs et calcaires. (**Rameau et al., 2008**).

Pistacia terebinthus ne se rencontre pas dans les régions très arides ; Il est moins résistant à la sécheresse. (**Reig-arminana et al., 2004**).

2.3.5. Intérêt et utilisations

Selon (**Rameau et al., 2008**), les principaux usages du térébinthe sont les suivants:

- Fruits comestibles (saveur aigrelette, rafraichissante);
- Ecorce astringente ; plante vermifuge ; galles astringentes employées contre l'asthme ;
- Bois dur pouvant donner un beau poli, utilisé en ébénisterie, sculpture et en marqueterie ;
- Excellent bois de chauffage comme ses congénères ;
- Résine sortant des fissures de l'écorce très odorante, se solidifiant à l'air: térébenthine de Chio; écorce brûlée comme encens ;
- On peut extraire des galles une substance rouge utilisée pour teindre les laines ;
- Utilisée comme porte-greffe pour *P. vera*.

CHAPITRE II

Extraction des huiles Essentielles

I. Les huiles essentielles

1. Historique

L'extraction des huiles essentielles commença environ 4000 à 5000 ans av, JC. Les HE ont été utilisées d'abord en Chine, en Inde sous forme de massage puis en Irak et en Égypte sous forme d'embaumement des pharaons et conservation des aliments. En Grèce et à Rome, l'extraction des HE était très accréditée pour combattre l'épidémie de peste (**Gérault, 2009. Grünwald, 2006**).

En Amérique, les civilisations Indiens, Aztèque, Maya et Inca connaissaient l'emploi des drogues végétales pour guérir les infections et les plaies. Au Moyen Orient, les Arabes et les Perses ont fait progresser considérablement l'aromathérapie par les travaux de Gerber ensuite Ibn Sina (Avicenne) 980-1037 qui produit la première huile essentielle pure en inventant le serpent pour le refroidissement des vapeurs d'alambic (**Anonyme 2006**).

Les principes de la distillation et techniques d'extraction arrivèrent en Europe au XIIIème siècle, par le biais des croisades musulmanes (**Buronzo, 2008**). Au XXème siècle le chimiste français René Maurice Gattefossé a voué une grande partie de sa vie à la recherche sur l'extraction et le mode d'action des HE (**Kolster, 1999**). Il existe actuellement environ 150 HE aux propriétés thérapeutiques établies (**Hampikian, 2009**).

2. Définition

Il est difficile de donner une seule définition d'une huile essentielle, car « il n'y a pas une réponse mais des réponses à cette question (**Naves, 1974**). En effet la notion d'huile essentielle peut varier avec le point de vue au quel se placent des personnes de formations professionnelles aussi dissemblables que des botanistes, des photochimistes, des industriels, des parfumeurs ou des pharmacologues (**Belaiche, 1979**).

L'huile essentielle est un extrait végétal provenant des plantes dites : aromatiques qui contiennent donc dans leurs feuilles, fruits, graines, écorces, ou racines, un grand nombre de molécules aromatiques, qui constituent le ou les principes essentielles des plantes. Les huiles essentielles sont des substances de consistance huileuse, plus au moins fluides, voire résinoïde très odorantes, volatiles, souvent colorées : du jaune pâle au rouge foncé voir brun, en passant par le vert émeraude ou encore le bleu. Elles sont plus légères que l'eau (densité de l'ordre de : 0,750 à 0,990). Ces

essences sont solubles dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, les huiles, les émulsifiants et dans la plupart des solvants organiques, mais insolubles dans l'eau (**BARDEAU, 2009**). Ce sont des métabolites secondaires, la plante utilise l'huile pour favoriser la pollinisation, comme source énergétique, facilitant certaines réactions chimiques et conservant l'humidité des plantes dans les climats désertiques (**MOHAMMEDI, 2006**).

Une huile essentielle est un liquide odoriférant d'aspect fluide à épais et de couleur variable selon les plantes dont elle est extraite. Elle est sécrétée par des cellules spécialisées se trouvant aussi bien dans les feuilles (menthe poivrée, basilic grand vert), les fleurs (lavande, ylang ylang), le bois (cèdre Atlas, santal blanc), les racines (gingembre, valériane, vetiver), les graines (coriandre, anis vert, carotte). La taille de ces gouttelettes est de quelque micron, c'est pour cela que nous ne les voyons pas. Mais lorsque que l'on froisse la plante aromatique, les gouttelettes d'huile essentielle sont libérées dans l'atmosphère et parviennent jusqu'à notre nez. Les récepteurs olfactifs du nez sont alors activés : ils envoient des stimuli sensoriels à différentes zones du cerveau.

Conner, (**Conner, 1993**) les définit comme suit : « Les HE sont des produits odorants, volatils du métabolisme secondaire d'une plante aromatique, normalement formés dans des cellules spécialisées ou groupes de cellules ».

3. Pourquoi les plantes aromatiques fabriquent-elles des huiles essentielles ?

Les huiles essentielles sont des messagers chimiques utilisés par les plantes aromatiques pour interagir avec leur environnement. Les huiles essentielles permettent d'éloigner les maladies, les parasites, mais aussi jouent un rôle protecteur face aux rayonnements du soleil. Les huiles essentielles jouent un rôle important dans la reproduction et la dispersion des espèces végétales puisqu'elles permettent d'attirer les insectes pollinisateurs.

4. Critères déterminants la qualité des huiles essentielles

Jouault (2012) a rapporté que les critères définissant la qualité des huiles dépendent de plusieurs facteurs pouvant être résumés comme suit :

- a) la sélection de la plante qui est tributaire du genre et de l'espèce botanique ;

b) Le chémotype (chimiotype) représentant les différents panels de molécules chimiques que des plantes de la même espèce peuvent produire si elles sont placées dans des conditions de cultures différentes. Le chémotype dépend de l'ensoleillement, de la température, de l'humidité, de la nature du sol, de la pression atmosphérique, de la photopériode.

c) la partie de la plante considérée pour l'extraction est déterminante pour la qualité de l'huile. En effet, les différentes parties d'une plante ne possèdent pas un équipement enzymatique uniforme, ce qui entraîne une différence de composition dans les constituants produits. Il est donc impératif de préciser la partie considérée lors de l'extraction de l'HE ;

d) la période de récolte : la récolte doit se faire au moment où les principes actifs les plus intéressants produits par la plante sont à leur concentration maximale ;

e) la conservation des huiles essentielles : elle doit se faire dans des flacons en verre opaque hermétique, dans un endroit frais, à l'abri de la lumière et de la chaleur pour éviter leur oxydation et la polymérisation de leurs composants.

5. Caractérisation des huiles essentielles

L'importance des huiles essentielles dans divers domaines (pharmacie, cosmétique, Parfumerie...) nous amène à vérifier leur qualité. La caractérisation d'une huile consiste à :

- Vérifier ses caractéristiques organoleptiques (Aspect, couleur, odeur) ;
- Déterminer ses indices physico-chimiques (densité, indice de réfraction, et indice d'acide) ;

5.1. Caractéristiques organoleptiques :

Chaque extrait est caractérisé par ces propriétés organoleptiques telles que l'odeur, l'aspect et la couleur.

- **L'odeur** : L'odorat est un sens chimique très sensible et l'habileté des parfumeurs à classer et caractériser des substances chimiques parviennent à doser les produits naturels et leur perception peut aller jusqu'au dix millièmes de grammes par litre d'air.

- **La couleur** : La coloration d'une huile essentielle dépend des produits qui la constituent. Certains solvants ont le pouvoir d'extraire beaucoup de pigments, ce qui intensifie la couleur d'une huile donnée.

- **L'aspect** : L'aspect d'un extrait dépend des produits qui la constituent, qui peuvent nous apparaître sous forme solide, liquide ou bien solide- liquide.

5.2. Caractéristiques physiques des huiles essentielles :

La plupart des huiles essentielles ont une densité inférieure à celle de l'eau et sont entraînaibles à la vapeur d'eau ; il existe, cependant, des exceptions telles que les huiles essentielles de Sassafras, de Girofle et de Cannelle dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Elles possèdent un indice de réfraction souvent élevé et sont douées de pouvoir rotatoire (**Amiour, A., 2017**).

Les huiles essentielles s'évaporent et se volatilisent à température ambiante. Très peu solubles dans l'eau à laquelle elles communiquent leurs odeurs, cette eau est dite « eau distillée florale ». Les huiles essentielles sont solubles dans les alcools, dans les huiles fixes et dans la plupart des solvants organiques (**Amiour, 2017**).

Leur point d'ébullition est toujours supérieur à 100°C et dépend de leurs poids moléculaires, par exemple les points d'ébullition du caryophyllène, du géraniol, du citral et du α -pinène sont 260°, 230°, 228° et 156°C respectivement (**Amiour 2017**), mais d'après (**Valnet, 1984**) les huiles essentielles s'oxydent facilement à la lumière et se résinifient en absorbant de l'oxygène, en même temps, leurs odeurs se modifient, leurs points d'ébullition augmentent et leurs solubilités diminuent. Elles absorbent le chlore, le brome et l'iode en dégageant de la chaleur (**Duraffourd et al., 1990**).

Conservation des huiles essentielles

Les H.E. extraites ou bien approvisionnées de l'extérieur sont conservées dans des flacons en verre. L'instabilité relative des molécules constitutives des huiles essentielles rend leur conservation délicate. Trois facteurs interviennent dans l'altération des huiles essentielles :

- La température : obligation de stockage à basse température (entre 04°C et 8°C).
- La lumière : stocker dans l'obscurité et dans un récipient opaque, brun de préférence.
- L'oxygène : les flacons doivent être entièrement remplis et fermés de façon étanche, il est possible de recourir à l'adjonction d'antioxydants.

Dans ces conditions la durée de conservation admise est de 02 à 05 ans.

5.3. Caractéristiques chimiques des huiles essentielles :

-**L'Indice d'acide Ia** :

L'indice d'acide témoigne de la « fraîcheur » d'une huile essentielle et permet de vérifier sa qualité, notamment en ce qui concerne sa dégradation avec le temps durant le stockage. Cette méthode convient pour toutes les H.E, sauf pour celles qui sont riches en Lactones. L'indice d'acide correspond à la masse nécessaire d'hydroxyde de potassium KOH (en milligramme) à ajouter à un gramme d'huile, afin de neutraliser tous les acides libres se trouvant dans la prise d'essai (AFNOR 1999).

-Indice de saponification I_s :

L'indice de saponification (I_s) correspond à la masse d'hydroxyde de potassium KOH (exprimée en milligrammes) nécessaire pour saponifier les esters et neutraliser les acides non estérifiés contenus dans un gramme de l'huile essentielle (Fernandez X, Chémat 2012).

-L'Indice d'ester I_e :

L'indice d'ester correspond à la masse en mg d'hydroxyde de potassium KOH nécessaire pour neutraliser les acides libérés par l'hydrolyse des esters en milieu basique contenus dans 1g d'huile essentielle, à l'aide du dosage en retour de l'excès de potasse par une solution (initialement titrée) d'acide chlorhydrique (AFNOR 1996).

6. Les différentes techniques d'extraction à travers les âges

Depuis la haute Antiquité (Egypte...), l'homme utilise des colorants, des parfums, des arômes, et les extraits de produits naturels grâce aux techniques suivantes :

La filtration. Elle date de la préhistoire et permet, par exemple, au travers d'un lit de sable ou de mousse de rendre une eau boueuse limpide.

Le pressage Par exemple, il s'agit d'exercer une pression sur une orange pour obtenir le jus, ou d'écraser des fleurs pour extraire les arômes comme le faisaient les égyptiens.

La décoction On place la racine ou l'écorce d'une plante dans de l'eau froide ; le tout est porté à ébullition et les constituants se dissolvent dans l'eau. Cette méthode est très ancienne.

L'enfleurage Les fleurs fragiles (violette ou jasmin) sont posées sur des châssis enduits de graisse animale très pure et inodore qui absorbe le parfum des fleurs au contact ; en fin de séchage, les graisses sont imprégnées de substances odorantes que l'on extrait avec de l'alcool.

L'infusion On verse de l'eau bouillante sur les feuilles ou les fleurs finement hachées puis on les

laisse tremper pour dissoudre les principes actifs. Le thé en est un exemple.

La macération Une substance séjourne à froid dans un solvant organique pour en extraire les constituants solubles dans ce solvant. Ex : la présence de fruits dans l'alcool.

Entraînement à la vapeur ou hydrodistillation Les parfums de la plante (huiles parfumées ou huiles essentielles) sont entraînés par de la vapeur d'eau. Cette technique date de l'Egypte ancienne.

Extraction par solvant c'est un procédé plus récent (19^{ème} siècle) qui permet d'extraire des composés qui ne peuvent pas l'être avec de l'eau.

7. Composition des huiles essentielles et des arômes

Aujourd'hui, 700 huiles essentielles parmi 7000 sont importantes d'un point de vue commercial. Les plantes aromatiques en produisent en quantité suffisante. Les plantes considérées riches en HE appartiennent le plus souvent à la famille des Lamiacées (origan, lavande, thym, sauge, menthe etc.), des Apiacées (anis, cumin, carvi etc.), des Myrtacées (eucalyptus, niaouli etc.), des Pinacées (pin, cèdres, etc.), des Rutacées (citron, orange), et des Lauracées (cannelle, camphrier etc.) (Lardry & Haberkorn, 2007).

La composition chimique d'une huile essentielle peut varier au sein d'un même genre botanique, ces variations peuvent s'observer au sein d'une même espèce. Elle dépend en fait de différents paramètres extrinsèques (le sol, l'environnement, le climat), intrinsèques (le degré de maturité, les facteurs génétiques, la localisation), technologiques (le type de culture, le mode de récolte), ainsi que les modes d'extraction.

Les huiles essentielles et les arômes sont issus du métabolisme secondaire de la plante et peuvent être stockés dans diverses structures telles que les cellules épidermiques, les cellules sécrétrices internes, les poils sécréteurs ou les trichomes (Caissard & Baudino, 2012). Ils sont des mélanges complexes de substances volatiles constituées d'environ de 30 à 60 composés à des concentrations différentes. Les terpènes et les terpénoïdes ainsi que les composants aromatiques à faible poids moléculaire constituent les composés majeures (Bakkali, Averbeck, Averbeck, & Idaomar, 2008).

7.1. Composition chimique

Les huiles essentielles sont des composés naturels très complexes qui peuvent contenir environ 20 à 60 composantes à différentes concentrations. Ils sont caractérisés par deux ou trois composantes

importantes à assez hautes concentrations (20-70%) comparés à d'autres composants présentés en quantités de trace.

En effet, les constituants des huiles essentielles peuvent être répartis en deux groupes conférant aux essences aromatiques leurs propriétés antibactériennes :

- Le groupe des terpénoïdes (les composés terpéniques) : il s'agit d'une famille de composés largement répandus dans le règne végétal, ils sont formés par la combinaison de 5 atomes de carbones (C5) nommée : isoprène. Ce groupe est subdivisé en deux sous-groupes : les monoterpènes et les sesquiterpènes.
- Le groupe des phénylpropanoïdes (les composés aromatiques) : sont beaucoup moins fréquents que les composés terpéniques. Ils comprennent plusieurs fonctions : alcool, phénols, dérivés méthoxy, composés méthylène dioxy.

Elles peuvent également renfermer divers produits issus du processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils (**Bouras., 2018**).

8. LES TECHNIQUES D'EXTRACTION :

Il existe plusieurs façons de les extraire, mais en général 3 grands procédés sont utilisés : la distillation, l'expression et l'extraction par solvant.

8.1. La distillation :

La distillation est de loin le procédé le plus répandu, car il convient à la majorité des plantes. Comme les huiles essentielles sont insolubles dans l'eau (ce sont des huiles) mais solubles dans la vapeur, lorsqu'on envoie de la vapeur d'eau sur la plante, elle se charge au passage des huiles. Dans un appareil spécial, la vapeur d'eau ainsi lestée de ces essences est envoyée dans un compartiment pour y refroidir. Là, la vapeur redevient donc liquide et les huiles s'en désolidarisent (elles flottent à la surface). On les récupère alors par décantation. Le temps de distillation dépend de la plante concernée : 1 h pour le lavandin, 1 h 30 pour la badiane et la lavande officinale, 2 h pour la mélisse, 4 h pour le clou de girofle... Et le temps complet de distillation doit être respecté pour l'obtention de l'huile essentielle de bonne qualité qui dévoilera « toute son activité ».

8.2. Distillation par entraînement à la vapeur

La distillation par entraînement à la vapeur est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles. Dans ce système d'extraction, le matériel végétal est placé dans l'alambic sur une plaque perforée située à une certaine distance au-dessus du fond rempli d'eau. Le végétal est en contact avec la vapeur d'eau saturée mais pas avec l'eau bouillante. La vapeur provoque la rupture d'un grand nombre de glandes qui libèrent leurs composés aromatiques. Les huiles essentielles diffusent donc à travers le végétal pour entrer en contact avec la vapeur d'eau circulant à l'extérieur. Les vapeurs chargées en composés volatils sont ensuite condensées avant d'être décantées. Du fait de leur différence de densité, les HE et l'eau sont séparées en deux phases et les HE sont ensuite récupérées (Nixon & McCaw, 2001). Cette technique permet d'éviter des réactions lors du contact des constituants des huiles essentielles avec l'eau conduisant à des changements dans la composition finale de l'extrait. En outre, elle agit mieux avec les huiles essentielles contenues dans les glandes situées à la surface du végétal. La distillation à la vapeur des huiles essentielles non superficielles est plus longue et exige plus de vapeur que celle des HE superficielles. (figure14).

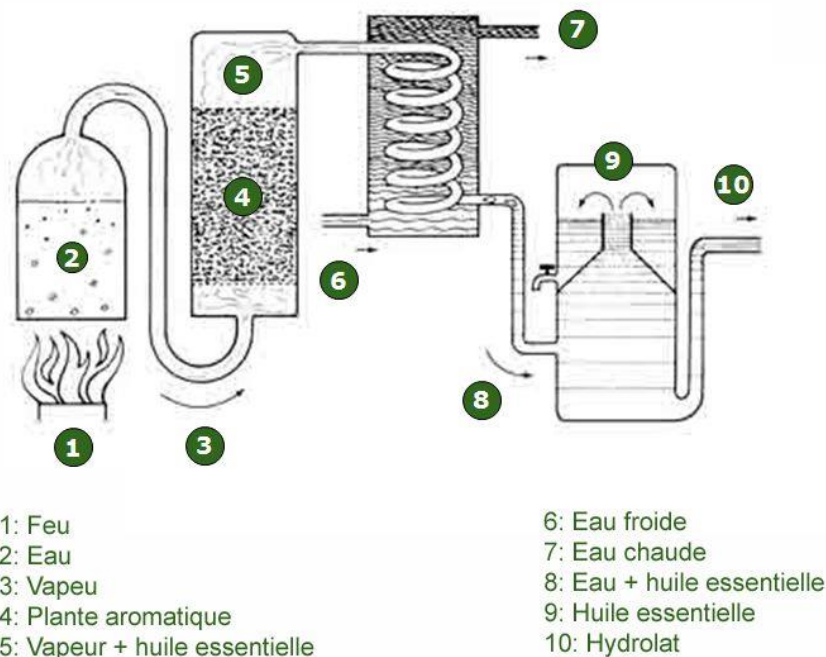


Figure 14 : Schéma d'une installation d'entraînement à la vapeur (Lucchesie, 2005)

8.3. L'expression :

L'expression consiste, comme son nom l'indique, à presser la partie de la plante concernée pour en récupérer les essences. C'est exactement ce que vous faites lorsque vous pressez entre vos doigts une épluchure de clémentine ou d'orange : l'huile essentielle pique les yeux. Les huiles essentielles obtenues par pression (ou expression) d'écorces d'agrumes sont plutôt appelées « essences » (essence de citron, d'orange, de mandarine...).

8.4. Hydrodistillation :

L'hydrodistillation Il s'agit de la méthode la plus simple et de ce fait la plus anciennement utilisée. Le principe de l'hydro distillation est celui de la distillation des mélanges binaires non miscibles. Il consiste à immerger la biomasse végétale dans un alambic rempli d'eau, que l'on porte ensuite à l'ébullition. La vapeur d'eau et l'essence libérée par le matériel végétal forment un mélange non miscible. Les composants d'un tel mélange se comportent comme si chacun était tout seul à la température du mélange, c'est-à-dire que la pression partielle de la vapeur d'un composant est égale à la pression de vapeur du corps pur (**Jean Bruneton, 1999**). (Figure 15)

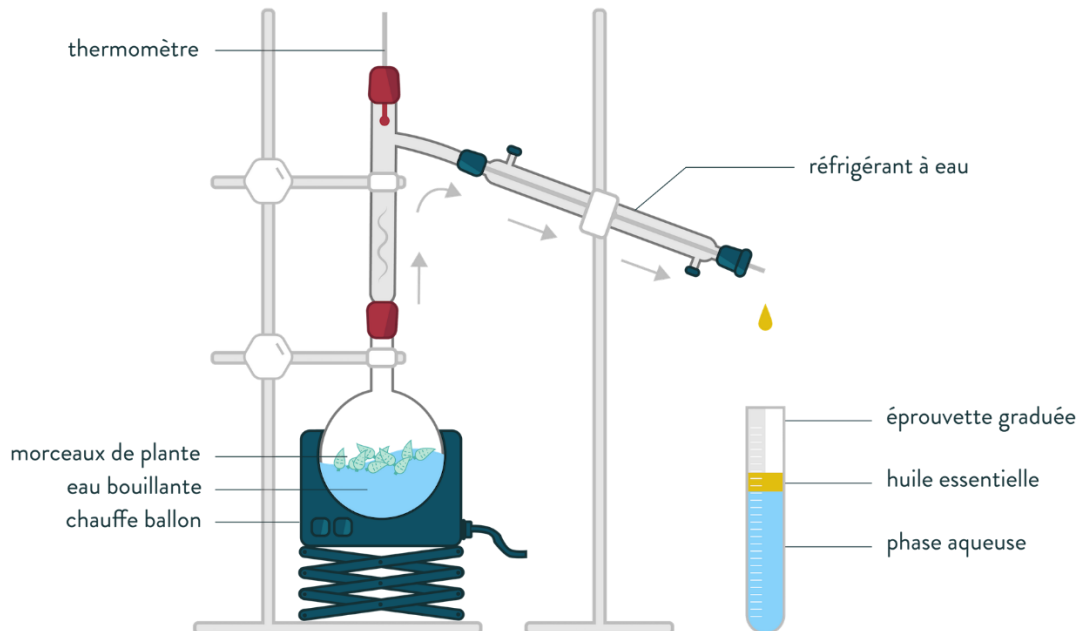


Figure 15 : appareil d'hydrodistillation (clevenger).(**Piridi M.2006**)

8.5. L'hydro diffusion :

L'hydro diffusion est une variante de l'entraînement à la vapeur. Elle exploite ainsi l'action osmotique de la vapeur d'eau. Elle consiste à faire passer, du haut vers le bas et à pression réduite, la vapeur d'eau au travers de la matrice végétale (**Jouhaneau, 1991**). (Figure 16)

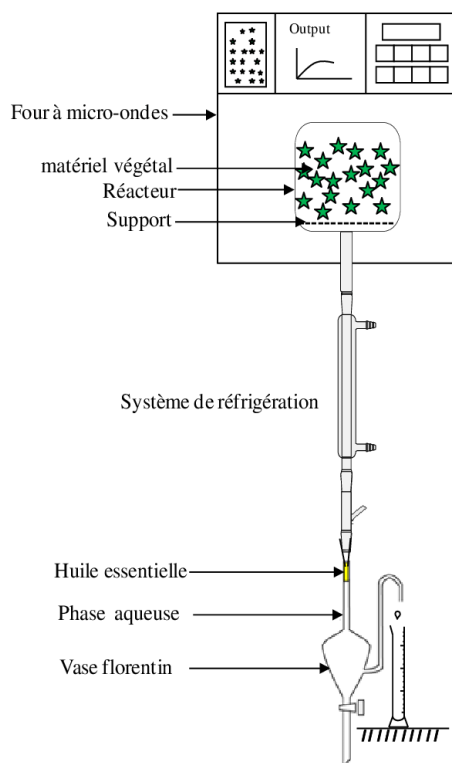


Figure 16 : Hydrodiffusion assistée par micro-ondes (**Chemat, F.,2008**)

8.6. Extraction aux solvants :

La méthode consiste à faire macérer les fleurs dans un solvant volatil hydrocarboné apolaire (le pentane, l'hexane, etc.). Le solvant est ensuite évaporé pour donner une pâte appelée concrète qui renferme des composés aromatiques, des cires et des composés huileux de la plante. À cette étape, la concrète ne peut pas être utilisée dans la parfumerie. Les cires présentes dans leur composition rendent la solution trouble et par conséquent peu soluble dans la base de parfum. La macération de la concrète dans l'alcool permet la réduction de cire et l'obtention de l'absolue. La solution alcoolique est ainsi homogénéisée par une forte agitation entre 30-60 °C puis réfrigérée entre -5 et -10 °C de sorte que les cires peuvent être éliminées par précipitation. Selon MeyerWarnod, (1984), les cires ne sont pas solubles dans l'alcool à des températures inférieures à -1 °C. L'alcool est

ensuite évaporé pour donner l'absolue très prisée des parfumeurs (De Silva, 1995; Nixon & McCaw, 2001; Wilson, 2010) (Figure 17)

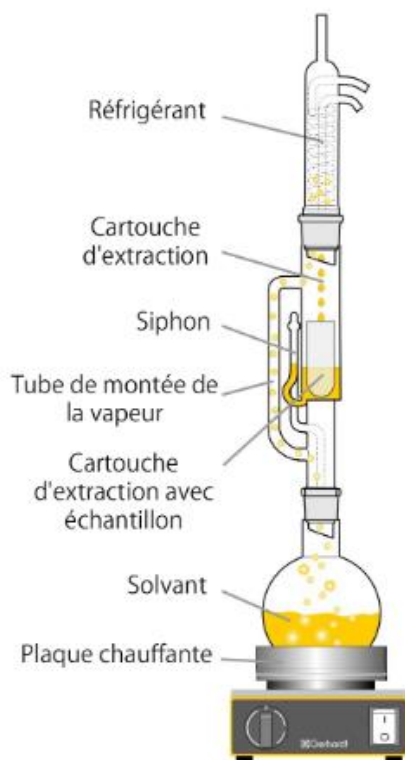


Figure 17 : représentation schématique d'un appareil d'extraction Soxhlet classique (Lucchesie, 2005)

8.7. L'Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes :

(ESSAM) est une nouvelle technique d'extraction mise au point au sein du Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles et des Sciences des Aliments de l'Université de La Réunion. Ce procédé est une combinaison entre une technique d'extraction traditionnelle et une technologie innovante. En effet, si les systèmes de cohobation et de piégeage du mélange vapeur d'eau-huile essentielle sont proches d'une HydroDistillation (HD), le chauffage par micro-ondes a permis de réduire de façon considérable les temps d'extraction sans ajout d'eau ni de solvant. A titre de comparaison, les huiles essentielles de plantes aromatiques fraîches et d'épices sèches ont été extraites par l'ESSAM et par une technique plus traditionnelle l'HD. Concernant les plantes aromatiques fraîches, les rendements sont identiques à ceux obtenus en HD et les temps d'extraction sont divisés par sept. Pour les épices, les rendements sont meilleurs en HD. La fraction

en composés oxygénés, réputée pour être la plus valorisable au niveau olfactif, a une teneur toujours supérieure en utilisant l'ESSAM.

L'observation au Microscope Electronique à Balayage (MEB) des végétaux (feuilles ou graines) soumis à l'ESSAM et à l'HD a mis en évidence la spécificité de l'ESSAM au niveau des mécanismes de libération et d'extraction des molécules aromatiques au sein du végétal. L'effet des micro-ondes a pour conséquence une libération plus rapide de l'huile essentielle contenue dans la plante grâce à l'ouverture quasi instantanée des glandes et poils sécréteurs. L'explication de la différence de composition chimique entre les procédés d'extraction par HD et par ESSAM pourrait être basée principalement sur des phénomènes de solubilité (Figure 18).

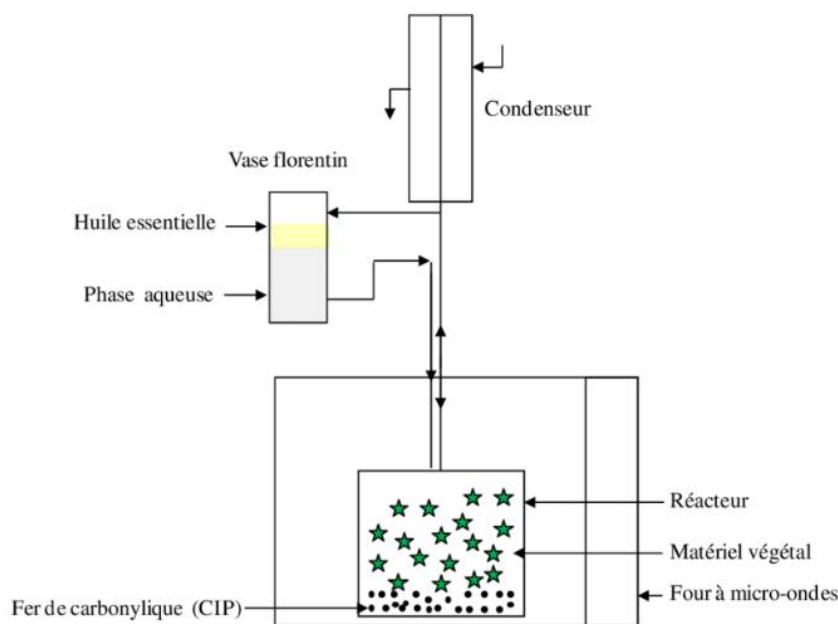


Figure 18 : Schéma du montage de l'extraction par micro-onde (El Habib.2011)

8.8. Expression à froid :

L'expression à froid est une extraction sans chauffage réservée aux agrumes (citron, mandarine, orange, pamplemousse). Le principe de ce procédé mécanique consiste à éclater les minuscules vésicules et les poches à essences. L'essence ainsi libérée est entraînée par un courant d'eau. Le procédé consiste à fixer le fruit sur une coupe équipée de lames et une seconde coupe pour l'enfermer. Un couteau circulaire creuse un trou à la base du fruit. L'application d'une pression sur les parois du fruit entraîne l'extraction du jus qui va être transporté jusqu'au collecteur pendant

que l'essence est extraite de la peau et collectée à l'aide d'un jet d'eau. L'émulsion eau-essence est ensuite séparée par décantation. L'intérêt de cette technique réside dans l'obtention d'essence n'ayant pas subi de modification chimique liée à la chaleur. De même, elle est couplée avec la production du jus de fruit (**Baserer & Buchbauer, 2010 ; Wilson, 2010**). (Figure 19).

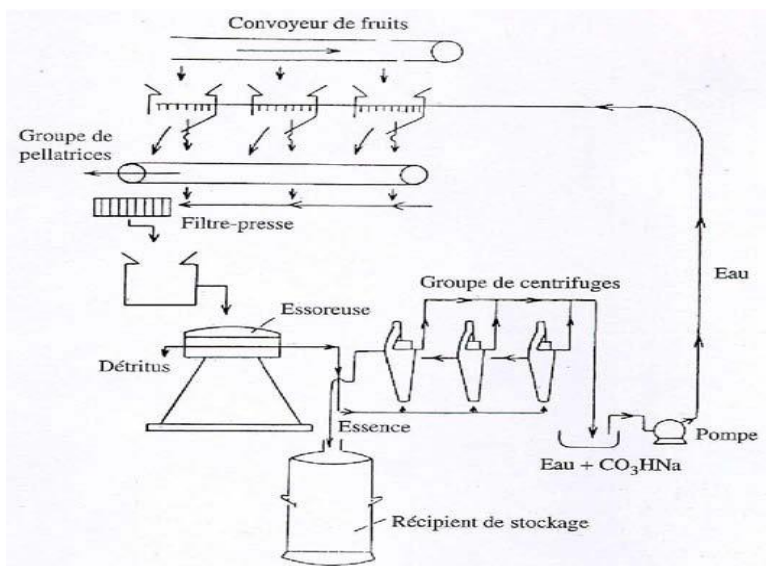


Figure 19 : Schéma du « procédé de récupération de l'huile essentielle de citron et autres agrumes »
(Martini et Seiller, 1999).

8.9. Extraction aux ultrasons :

Les ultrasons sont des ondes mécaniques capables de se déplacer dans un milieu élastique à une fréquence supérieure à la limite maximale d'audibilité de l'oreille humaine (16 kHz). Les ultrasons de puissance fonctionnant à une intensité entre 20 et 100 kHz sont utilisés pour l'extraction des arômes et bien d'autres molécules des plantes. Le bac ou la sonde à ultrasons sont les deux types d'équipements couramment utilisés dans les laboratoires (Figure 20). Lorsque les ultrasons se propagent à travers un liquide, les oscillations des molécules provoquent la formation des zones de compression et de dépression (raréfaction). Quand les cycles de raréfaction augmentent, les forces maintenant la cohésion du liquide sont vaincues et des bulles de cavitation apparaissent. Ce phénomène est appelé cavitation. Les bulles vont imploser à côté de la surface solide (le matériel végétal) et provoquer la rupture des membranes des cellules qui libèrent leurs contenus à l'extérieur (Dolatowski, Stadnik, Stasiak, et al, 2007). Puisque les glandes des huiles essentielles sont généralement présentes à la surface des plantes aromatiques, l'implosion des bulles de cavitation détruit les glandes qui libèrent l'HE dans le milieu environnant (Veillet, Tomao, &

Chemat, 2010). La technologie aux ultrasons prend beaucoup d'ampleur dans le domaine agroalimentaire (**Chemat, Zill-e-Huma, & Khan, 2011 ; Pingret, Fabiano-Tixier, & Chemat, 2013**). Elle permet de pallier à certains problèmes rencontrés par la distillation conventionnelle telle que la dégradation thermique due aux températures élevées, la grande consommation d'eau, les longues durées d'extraction et les rendements faibles (**Da Porto, Decorti, & Kikic, 2009**) (Figure 20).

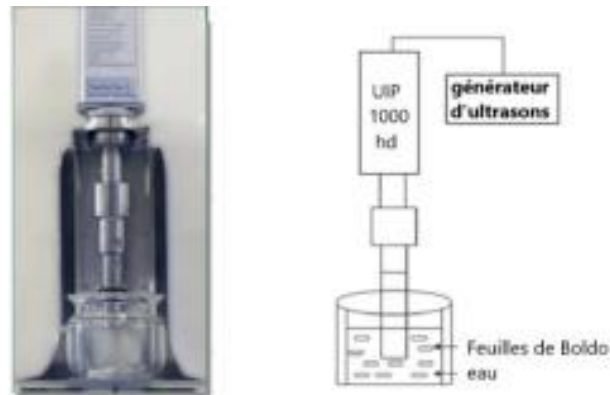


Figure 20 : Schéma de l'extraction assistée par ultrasons (UAE) (**Rassem et al., 2016**)

8.10. Extraction par du CO₂ supercritique :

La technique est fondée sur la solubilité des constituants dans le dioxyde de carbone à l'état supercritique. Grâce à cette propriété, le dioxyde de carbone permet l'extraction dans le domaine liquide (supercritique) et la séparation dans le domaine gazeux. Le dioxyde de carbone est liquéfié par refroidissement et comprimé à la pression d'extraction choisie. Il est ensuite injecté dans l'extracteur contenant le matériel végétal, puis le liquide se détend pour se convertir à l'état gazeux pour être conduit vers un séparateur où il sera séparé en extrait et en solvant (**Jean Bruneton 1999**) (Figure 21).

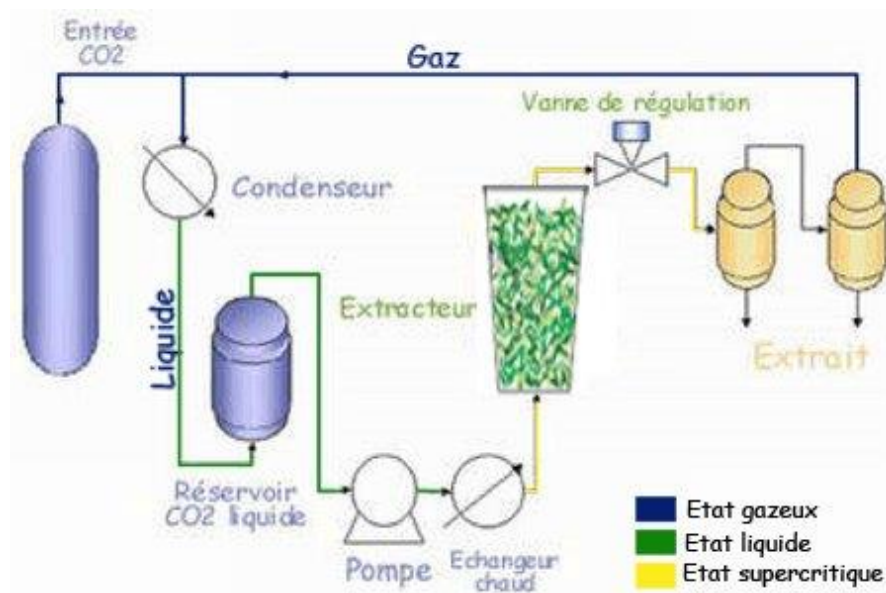


Figure 21 : Schéma du système d'extraction par CO2 sous critique (Abdelli.W 2017).

9. Domaines d'utilisation des huiles essentielles :

En raison de leurs diverses propriétés, les huiles essentielles sont devenues une matière d'importance économique considérable avec un marché en constante croissance. En effet, elles sont commercialisées et présentent un grand intérêt dans divers secteurs industriels comme en pharmacie par leurs pouvoirs, antispasmodique, antidiabétique, analgésique, apéritif, antiseptique..., en alimentation par leur activité antioxydante et leur effet aromatisant, en parfumerie et en cosmétique par leur propriété odoriférante.

9.1. Dans l'industrie agroalimentaire :

Les huiles essentielles jouent un rôle capital dans l'aromatization des aliments. En effet, elles donnent la saveur aux condiments (poivre, gingembre) et aux aromatisants (menthe, anis, oranger, thym, laurier). A faible dose, certaines substances ont un effet favorable sur la digestion, ce qui explique leur utilisation en liquoristerie (essence d'anis ou de badiane). Les huiles essentielles entrent donc, pour leurs diverses propriétés, dans la composition des arômes employés de manière fréquente aujourd'hui dans tous les produits alimentaires comme les plats cuisinés ou prêts à l'emploi (Porter, 2001). Maintenant, l'industrie agroalimentaire utilise les HEs dans les préparations surgelées non seulement pour rehausser le goût mais aussi pour empêcher les contaminations alimentaires qui se développent (effet antimicrobien).

9.2. En Agriculture :

Les huiles essentielles présentent des activités insecticides (**Ünlü et al., 2002 ; Ayvaz et al., 2010**). Elles sont également utilisées pour lutter biologiquement contre les ravageurs, donc elles présentent un avantage par rapport aux produits phytosanitaires. Ces bio-pesticides sont caractérisés par leur faible rémanence, leur faible toxicité pour l'homme et par leur mode d'action sur les ravageurs (**Shahi et al., 2009**). Elles sont utilisées aussi pour l'amélioration de l'équilibre biologique des sols (**Jouhannau, 1991**).

9.3. En parfumerie et cosmétique :

Les propriétés odoriférantes des huiles essentielles confèrent à ces dernières une consommation importante en parfumerie et en cosmétique. Elles présentent environ 60% des matières premières de l'industrie des parfums synthétiques, du par fumage, des savons et des cosmétiques.

A la cosmétologie et le secteur des produits d'hygiène on notera la présence des Hes dans les préparations dermo- pharmacologique, bais « calmant » ou « relaxant », et leur emploi dans les rouges à lèvres, les shampoings, les dentifrices, se sont surtout les huiles essentielles de lavande, de citron, de citronnelle, qui sont utilisées. On notera qu'il y a une possibilité d'adsorption percutanée des constituants terpéniques (**Bouamer et al, 2004 ; Bouanane et Boussehel, 2005**).

Actuellement, on préfère utiliser des produits naturels qui sont censés ne pas avoir d'effets secondaires graves par rapport aux produits de synthèse. En effet, il ne faut pas oublier que « naturel » ne signifie pas non toxique.

9.4. En pharmacie :

L'industrie pharmaceutique utilise les huiles essentielles dans le domaine des antiseptiques externes ; elle tire parti des propriétés bactériostatiques, bactéricides, antifongiques, protectrices, des essences naturelles. Les huiles essentielles constituent le support d'une pratique de soins particulière l'aromathérapie. Elles ont grande intérêt en pharmacie, elles s'utilisent sous la forme de préparations galéniques, et dans la préparation d'infusion (verveine, thym, menthe, mélisse, fleurs d'orange.). Tout fois, il faut souligner que la majorité des constituants de ces derniers sont lipophiles, et de ce fait, rapidement absorbés que ce soit par voie pulmonaire, par voie cutanée ou par voie digestive. Elles sont également utilisées pour l'obtention des huiles essentielles dans un intérêt médicamenteux (en particulier dans le domaine des antiseptiques externes). Plus de 40% du médicament sont à base de composants actifs de plants. De nombreuses huiles essentielles se

trouvent dans la formule d'un très grand nombre de spécialités pharmaceutiques : sirop, goutte, gélules pommade ...

10. Toxicité des huiles essentielles :

Les huiles essentielles ne sont pas des produits qui peuvent être utilisés sans risque. Certaines huiles essentielles sont dangereuses lorsqu'elles sont appliquées sur la peau en raison de leur pouvoir irritant (huiles riches en thymol ou en carvacrol), allergène (huiles riches en cinnamaldéhyde ou phototoxique (huiles de citrus contenant des furocoumarines).

D'autres huiles essentielles ont un effet neurotoxique, les cétones comme l' α -thujone sont particulièrement toxiques pour les tissus nerveux (**Guba, 2001**).

Le caractère d'une huile essentielle correspond à celui de la plante dont elle est extraite. Sa toxicité est d'autant plus importante que sa concentration est forte. Des précautions doivent être prises avant tout emploi, concernant le dosage ainsi que le mode d'application interne ou externe (**Willem, 2004**).

10.1. Toxicité selon la composition

Certains auteurs (**Franchomme, Mailhebiau, 1994**). se basent sur la composition des huiles essentielles et les toxicités relatives des familles biochimiques auxquelles elles appartiennent. Une utilisation prolongée des huiles essentielles à thuyones (Thuya, Absinthe et Sauge officinale) est neurotoxique.

10.2. Toxicité par ingestion

Les huiles essentielles d'usage commun ont une toxicité aigue par voie orale faible ou très faible. La majorité de celles qui sont couramment utilisées ont une DL50 comprise entre 2 et 5g /kg (anis, eucalyptus et le girofle). D'autres espèces peuvent avoir une DL50 supérieure à 5 g/kg (camomille, citronnelle, lavande, marjolaine et vétiver). Les autres HE ont une DL50 comprise entre 1 et 2 g/kg tels que le basilic, estragon et hysope. L'Origan et la sarriette présentent respectivement une DL50 de 1,5ml/kg et 1,37g/Kg.

Les HE les plus toxiques sont celles de boldo (*Peumus boldus* de la famille des Monimiaceae) avec 0,13g/kg. Les convulsions apparaissent dès 0,07g/kg, de chénopode avec 0,25g/kg, de thuya avec 0,83g/kg, de pennyroyal avec 0,4g/kg ainsi que l'essence de moutarde avec 0,34g/kg.

10.3. Toxicité dermique

Certaines huiles essentielles sont dangereuses lorsqu'elles sont appliquées sur la peau en raison de leur pouvoir irritant (huiles riches en thymol), allergène (huiles riches en cinnamaldéhyde) (Smith, , 2000) ou phototoxique (huiles de citrus contenant des furocoumarines) (Naganuma, 1985).

10.4. Toxicité sur cellules animales

La toxicité de l'HE de thym est augmentée par contact en phase liquide et réduite en phase gazeuse, alors que c'est l'inverse pour l'HE de la lavande. Les deux HE sont cytotoxiques pour des cellules de hamster chinois (Inouye, Sivropoulou, 2003)

11. Conseils pratiques pour la conservation des Huiles Essentielles

- L'utilisation de **flacons propres et secs** en aluminium vernissé, en acier inoxydable ou en verre teinté, presque entièrement remplis et fermés de façon étanche. Des incompatibilités sérieuses peuvent exister avec certains conditionnements en matières plastiques.
- Toujours conserver le **flacon d'origine** (avec la notice) pour éviter les erreurs.
- Il doit constamment être bien scellé par un bouchon étanche afin d'éviter l'évaporation et tout type de dégradations.
- Les conserver de préférence « **debout** » pour éviter l'action corrosive des huiles essentielles sur le compte-gouttes et le bouchon en plastique.
- Le récipient doit être conservé **au sec, au frais** et à une température comprise entre 5°et 30°C (mettre au réfrigérateur si nécessaire).
- **Ne pas exposer les bouteilles à la lumière ou à l'air** pendant de longues périodes, pour éviter l'oxydation des composants, car cela peut rendre l'HE plus toxique. Pour cela nous vous proposons des *pochettes en velours* pratiques et de fabrication française alsacienne. Trois couleurs sont proposées par Artaille: *blanche*, et Évitez d'exposer vos huiles essentielles à la **chaleur excessive, aux rayons directs du soleil** ou à d'autres sources de chaleur telles que les radiateurs.
- Évitez de stocker les flacons dans une **salle de bain ou tout autre endroit humide**.
- Les zones de stockage doivent être **hors de la portée des enfants**.

II. Activité anti-bactériennes :

1. Définition :

Les activités antibactériennes des plantes aromatiques et médicinales sont connues depuis l'antiquité. Toutefois, il aura fallu attendre le début du XXe siècle pour que les scientifiques commencent à s'y intéresser (Benarous, 2006).

2. Aromatogramme :

Méthode de mesure calquée sur celle de l'antibiogramme effectué avec des huiles essentielles (et non des antibiotiques) ; permet de tester et de mesurer précisément le pouvoir antibactérien d'une HE et la sensibilité particulière d'une bactérie vis-à-vis de cette HE. Pour ce faire, des disques buvards imprégnés d'HE sont placés au sein d'une culture bactérienne (boîte de pétri) ; après 24h dans une étuve à 37°C, la mesure des zones d'inhibition autour de certains de ces buvards imprégnés d'HE permet de déterminer si la bactérie est « sensible » - « intermédiaire » ou « résistante » à une HE donnée. L'utilisation thérapeutique de telle ou telle HE devient ainsi scientifique et particulièrement précise. Cette méthode initiée par les docteur Valnet et Girault dans les années 1970 reste aujourd'hui peu utilisée) (AFNOR. Norme 1999) (Figure 22).

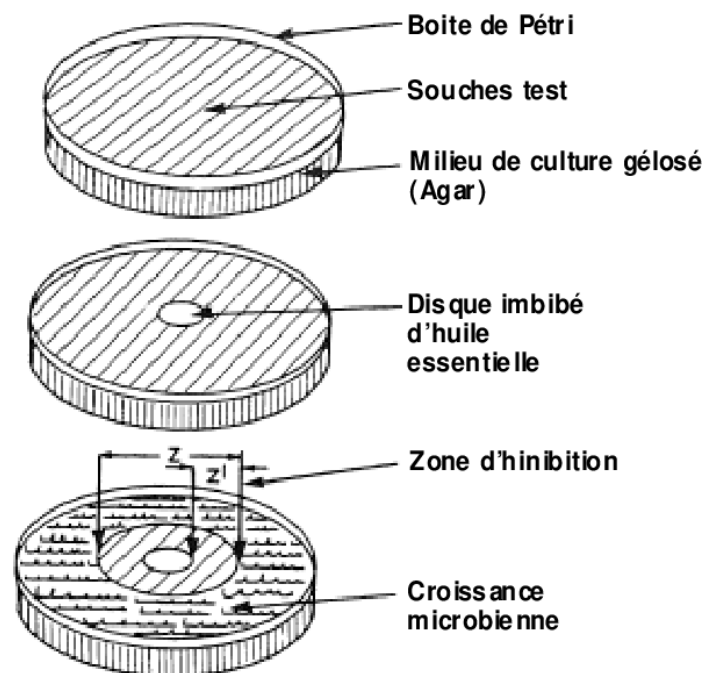


Figure 22 : Illustration de la méthode des aromatogrammes sur boîte de Pétri (Zaika, 1988)

3. Les bactéries :

Les bactéries sont des micro-organismes vivants unicellulaires procaryotes. Elles mesurent quelques micromètres de long (0,5 à 5 μm de longueur) et peuvent présenter différentes formes : des formes sphériques (coques), des formes allongées ou en bâtonnets (bacille) et des formes plus ou moins spiralées (spirilles).

Les bactéries sont ubiquitaires et sont présentes dans tous les types de biotopes : sol, air, eau, sur les végétaux et les animaux... etc. Cependant, ces nombreuses espèces bactériennes sont pathogènes et sont responsables de maladies infectieuses comme le choléra, la syphilis et la tuberculose (**Hahn, M. W. et al**).

3.1 Bactéries à Gram positif :

- **Staphylococcus aureus :**

Famille des Micrococcaceae, Cocci à Gram positif de 0.5 à 1.5 μm de diamètre ils s'organisent en groupes et en amas ayant la forme de grappes de raisin, immobiles, non sporulés, catalase positive.).

Elle a été identifiée de l'aube de l'ère pasteurienne par Pasteur en 1820 (**monteil.H.avril J 1992**), (**ferron. A 1976**). Les bactéries de l'espèce S Aureus sont des coques à gram positif de 0.5 à 1.5 μm de diamètre, les toxi-infections alimentaires à S. Aureus sont Pathogène le plus fréquent (infections nosocomial), car ubiquitaire et virulent (**Pibiri, 2005**) et dues à l'ingestion d'aliments, et responsable d'un très grande nombre d'infection chez l'homme et l'animale, le plus souvent impliqués dans les infections cutanés muqueuses et digestives (**Bereche.P, et al 1989**).

3.2 Bactéries à Gram négatif :

- **Escherichia coli :**

Elle a été isolée pour la première fois par *Escherichia* en. Elle est l'espèce bactérienne qui a été la plus étudiée par les fundamentalistes (**monteil.H.avril J 1992**). Elle est actuellement la seule

espèce homologuée du genre *Escherichia* (**ferron. A 1976**). Cette bactérie est connue depuis longtemps comme commensale du tube digestif et pathogène pour l'appareil urinaire (**monteil.H.avril J(1992) (Bereche.P, et al 1989)**).

- ***Klebsiella pneumoniae* :**

Appartient au groupe : Klebsiella – Enterobacter – Serratia (K.E.S) (**monteil.avril, 1992**) (**ferron,1976**), (**Bereche., et al 1989**). Ce groupe rassemble des espèces bactériennes longtemps considérées comme commensales et actuellement des incriminées dans un grand nombre de complications infectieuses en milieu hospitalier (**ferron. 1976**). Elles sont souvent multi résistantes aux antibiotiques.

- ***Pseudomonas aeruginosa* :**

C'est une Bacille à gram négatif, mobile à ciliature polaire mono triche, caractérisé par la pigmentation bleu, vert, sporule à température optimale 30 à 43°C répandue dans la nature, il vit dans l'eau et sur le sol. Nous le trouvons aussi dans l'environnement hospitalier, surtout dans les endroits humides : siphon de lavabos, savons liquides, humidificateur, solutions d'antiseptiques (chlorhexidine chlorure de benzelkonium et cétrimide) tableau ?

Tableau 4 : Les souches microbiennes testées. (**Schaechter et al., 1999 et Venereol, 2003**).

Souche microbienne	Gram, morphologie, autres caractéristiques	Habitat et mode de contamination	Maladie type
<i>Escherichia coli</i>	Gram négatif, bacilles, anaérobies	Contamination fécale de l'eau, de la nourriture	Diarrhée sécrétoire (tourista), septicémie, méningite
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Gram négatif, bacilles	Eau, sol, nourriture, inhalation, ingestion, pénétration à travers des lésions de l'épithélium	Infections pyogènes chez les brûlés, les diabétiques; infection pulmonaire

<i>Staphylococcus aureus</i>	Gram positif, cocci en grappes de raisin	Nez, peau (porteurs), pénètre par les lésions de la peau et des muqueuses, ingestion de la nourriture contenant de la toxine	Infections pyogènes abcès de nombreux organes, septicémie, intoxication alimentaire
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Gram négatif, bacilles	Le plus souvent par inhalation	Pneumonie, maladies inflammatoires

III. Conclusion :

Les huiles essentielles sont de nature très complexe vu qu'elles comportent énormément de constituants, de propriétés physiques différentes, ce qui rend complexe leur processus de transfert entre phases lors de leur extraction. De ce fait les chercheurs tentent toujours d'améliorer ou de développer de nouvelles procédures d'extraction qui conduira au meilleur rendement avec la moindre consommation d'énergie.

Les huiles essentielles, extraites de plantes, montrent une activité antibactérienne significative contre divers types de bactéries, y compris celles résistantes aux antibiotiques. Les composés des huiles essentielles perturbent les membranes cellulaires bactériennes et leurs fonctions métaboliques. Certaines huiles essentielles agissent en synergie avec les antibiotiques, augmentant leur efficacité. Elles sont utilisées en médecine alternative, cosmétologie et industrie alimentaire, mais leur application clinique est limitée par le manque de standardisation et de réglementation. Bien qu'elles soient généralement sûres, elles peuvent provoquer des réactions allergiques et doivent être utilisées avec prudence. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour optimiser leur utilisation et comprendre leurs effets à long terme.

CHAPITRE III

Matériels et Méthodes

I. Présentation générale de la wilaya de Saida :

1. Situation géographique de la wilaya de Saida :

La wilaya de Saïda se localise au Nord –ouest de l’Algérie avec une superficie totale de 6613 Km², elle est limitée au Nord par la wilaya de Mascara, au sud par celle d’El Bayadh, à l’est par la wilaya de Tiaret et à l’ouest par la wilaya de sidi bel abbés (figure01), et elle est constituée de 06 daïras et de 16 communes, elle est située de :

- 150 km de Tiaret.
- 170 km d'Oran.
- 200 km d'El-Bayadh et Naama.
- 070 km de Mascara
- 160 km de Mostaganem.

Avec une altitude comprise entre 700et 1100m positionnée entre les longitudes 0°35’ouest et 0°93’est, et les latitudes 34°32’et 35°17’ nord (**D.P.A.T.2012**).

Cette position géographique lui donne un rôle de relais entre les wilayas steppique au sud et les wilayas telliennes au Nord avec deux domaines naturels, bien distincts, l’Atlas tellien Oranais dans sa partie Nord et les hautes plaines steppique dans sa partie méridionale, de ce fait, sa vocation principale et dominante reste l’agriculture et le pastoralisme Saida localisée entre l’atlas tellien au nord et les hautes plaines steppiques, elle se divise en trois grandes zones naturelles classes du nord au sud comme suite :

- **Zone Agricole :**

Caractérisée par son homogénéité climatique avec une pluviométrie acceptable oscillant entre 300et400mm annuellement

- **Zone agro-pastorale :**

Caractérisée par la monoculture céréalière, avec des sols peu profonds et une pluviométrie annuelle ne dépassant point les 300mm

- **Zone steppique :**

Zone pastorale par excellence avec des sols superficiels, pauvres et une pluviométrie moyenne annuelle entre 200 et 250 mm

Le territoire de la wilaya se distingue par une palette d'entités géologique géomorphologique, hydrogéologique, bioclimatique, pédologique et sociale en plus des richesses naturelles importantes et variées (**Labani, 2005 in Bhilil et al., 2012**). Dans les temps historiques, cette position de contact a fait vivre la région d'échanges avec la steppe et les régions présahariennes, cette économie d'échange très largement ouverte sur le sud, convenait parfaitement au type de ressources qu'offre le territoire de la wilaya (**Labani, 2005 in Bhilil et al., 2012**)

2. Situation administrative de la commune et de la ville de Saïda :

La commune de Saïda est délimitée, au Nord-est par la commune d'Ouled Khaled, et Est par la commune de l'El Hassasna au sud par la commune d'Ain El Hadjar et à l'Ouest par la commune de Doui Thabet (Figure 23).



Figure 23 : Carte situation de la commune de Saïda

La ville de Saïda avec une superficie de 75.8 Km², est le chef-lieu de la wilaya et de la daïra de Saïda, elle se situe dans la commune de Saïda à environ 170Km du littoral et elle est traversée par la route national N°06 reliant Oran –Bechar –Adrar, cette ville est cantonnée dans une plaine agricole avec une altitude moyenne de 800 m (Figure 23).

3. Climat de la wilaya de Saïda :

La zone d'étude de « Saïda » est caractérisée par un climat semi-aride avec un hiver froid et humide et un été chaud et sec.

- Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 329,67 mm à la station Saïda.
- La température moyenne annuelle est de 15,03°C à la station Saïda.

Vu le changement climatique que connaît la planète .le climat de la région s'étend vers l'aridité . de long épisodes de sécheresse et une baisse de la pluviométrie.

II. Extraction des huiles essentielles :

L'ensemble de ce travail a été effectué au laboratoire de la fin de cycle du département de la biologie (Microbiologie) à l'université Dr Moulay Tahar Saïda

1. Présentation du matériel :

1.1. Matériels utilisés :

1.1.1. Sur le terrain :

Afin d'obtenir des échantillons de pistaches, nous avons utilisé :

- Ciseaux
- Sac de collecte d'échantillons

1.1.2. Dans le laboratoire :

- Montage d'hydrodistillation + agitateur magnétique
- Balance de précision, coupelle, spatule métallique
- chauffe ballon
- Eprouvette graduée de 500 mL Erlenmeyer de 500 mL
- Pose ballon
- Eau distillée
- Ampoule à décanter
- Bécher de 50 mL
- Erlenmeyer pour récupérer le distillat

1.1.3. Matériel végétal :

Les plantes pistacia lentisques, pistacia Atlantica et pistacia térébinthes étaient récoltées le mois de Mai 2024 de la région Aïn Ezzerga et Maamoura , Wilaya de Saida , Algérie.

Tableau 5 : principales données climatiques des stations étudiées.

Station	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Étage bioclimatique

Aïn Ezzerga	34°51'31"	0°13'27	980	semi-aride frais
Maamoura	34°69'51 "	0°47'47	1140	semi-aride frais

Le matériel végétal utilisé dans cette étude expérimentale est les feuilles de la plante *Pistacia lentiscus* L, *Pistacia atlantica* et *Pistacia térébinthes* Chacun seul. On séchées à l'air libre et à l'abri de la lumière pendant deux semaines. Après séchage, les échantillons ont été broyés en poudre fine (1 à 2 mm de diamètre) (Figure 24 et 25).



Figure 24 : Echantillons après séchage



Figure 25 : Echantillons après broyage

Méthode utilisée dans l'extraction des huiles essentielles :

L'huile essentielle a été extraite à l'aide d'un hydrodistillateur de type Clevenger (Kamal et al., 2011).

1.2. Hydrodistillation :

1.2.1. Principe et protocole :

Lorsque l'on chauffe le ballon qui contient la solution aqueuse, l'eau se vaporise. Cette vapeur casse les cellules végétales, libérant les molécules d'intérêt. Les plus volatiles d'entre elles sont emportées avec la vapeur. Celle-ci est ensuite refroidie dans un condenseur. Et les différentes substances sont récupérées séparément dans de la verrerie de laboratoire.

1.2.2. Les avantages de l'hydrodistillation :

Les températures nécessaires à la mise en œuvre de la technique d'hydrodistillation se situent autour de 100 °C. De quoi protéger les molécules odorantes qui intéressent le secteur de la parfumerie. En utilisant un équipement relativement simple, l'hydrodistillation permet une extraction efficace des composés volatils, tout en préservant généralement leur pureté et leur intégrité. De plus, cette technique offre un contrôle précis sur les conditions de chauffage, ce qui peut être crucial pour obtenir des produits de haute qualité

1.3. Protocole d'extraction :

Le même protocole a été appliqué aux trois pistachiers (*P atlantique*, *P. lentisques*, *P. therebintus*) et on essayée un expériences pour chaque échantillon.

50 g des feuilles d'espèce étudiée, est introduite dans un ballon de 500 mL rempli d'eau jusqu'aux 2/3 de sa capacité. Ce dernier est ensuite mis à ébullition pendant 4 heures. Sous l'action de la chaleur, les cellules sécrétrices de l'huile essentielle éclatent et libèrent des composés organiques volatils. La vapeur d'eau formée entraîne avec elle les composés organiques à l'état gazeux vers le réfrigérant où ils se condensent sous forme de gouttelettes. L'eau et l'huile essentielle se séparent par différence de densité en deux phases :

- Phase organiques : huileuse et très odorante appelée « huile essentielle » contenant la majorité des composés odorants.
- Phase aqueuse : odorante appelée « eau aromatique » contenant que très peu des composés odorants (Figures 26, 27, 28).



Figure 26 : Echantillons pendant hydrodistillation(Originale, mai 2024)



Figure 27 : montage d'hydrodistillation utilisé(Originale, mai 2024)

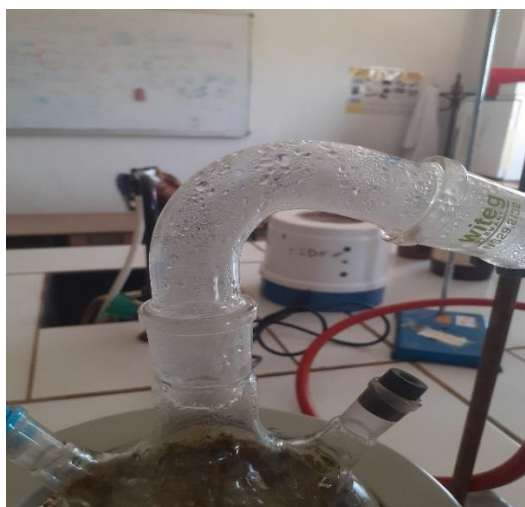


Figure 28 : le vapeur pendant hydrodistillation(Originale, mai 2024)

Décantation :

Ajouter environ 2g de chlorure de sodium Na^+ , Cl^- (sel) au distillat obtenu et agiter avec une baguette en verre pour dissoudre le sel. Le mélange est laissé au repos pendant 48 heures dans une ampoule à décanter ce qui en résulte l'apparition de deux phases, une phase supérieure organique (huile essentielle) et une autre inférieure aqueuse. Enfin, le distillat est recueilli dans le collecteur et l'huile essentielle des feuilles de *Pistacia lentisque* sera par la suite récupérée dans un tube approprié (Figure 29).



Figure 29 : Ampoules à décanter(Originale, mai 2024)

III. Rendement de l'extraction

Le rendement d'extraction de l'HE est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile récupérée (MHE) et la masse de la matière végétale (Mv) utilisée. Il est exprimé en pourcentage, il est calculé par la relation suivante (Falleh et al., 2008) :

$$R\% = (MHE / MV) \times 100$$

$$RHE (\%) = (masse \text{ de tube} + \text{huile ou extrait} - \text{masse de tube vide} / M) \times 100 \text{ d'où } M \text{ masse de la matière végétale}$$

Conservation d'extrait

Très volatiles par nature, les HE peuvent rapidement perdre leurs propriétés très vite elles commencent à vieillir généralement au bout de 6 mois, au mieux elles peuvent conserver leurs propriétés thérapeutiques pendant environ trois ans. Pour cela, elles doivent être impérativement gardées à l'abri de la lumière et de chaleur, et contenues dans des flacons en verre ou recouvert d'aluminium (Figure 30).



Figure 30 : les flacons en verre contenant des huiles essentielles. (Originale, mai 2024)

IV. Activité anti-bactériennes

1. Souches bactériennes :

Les souches bactériennes utilisées dans le présent travail proviennent de laboratoires du département de la biologie. Elles sont largement rencontrées dans diverses pathologies humaines. Elles sont souvent multirésistantes aux antibiotiques et responsables d'infections plus ou moins graves. Il s'agit de :

- Escherichia coli.
- Pseudomonas aeruginosa.
- Staphylococcus aureus.
- Klebsiella pneumoniae.

2. Matériel nécessaire :

- Huiles essentielles à tester.
- Milieux de culture (Mueller-Hinton (MH) Gélose Nutritive (GN))
- Boîtes de Pétri.

- Des disques de papier filtre de 6mm de diamètre imbibés de différents huiles (1-Pistacia Atlantica ,2- Pistacia lentisques ,3-Pistacia térébinthes)
- Solution saline stérile (milieu physiologique)
- Écouvillon
- Micro-organismes à tester (bactéries).
- Bec bunsen
- Pinces stériles
- Éthanol 70% (pour désinfection)
- Incubateur réglé à la température adéquate pour la culture des micro-organismes testés (généralement 37°C pour les bactéries pathogènes humaines)(Figure 31).



Figure 31 : le Matériel utilisé(Originale, mai 2024)

3. Protocole expérimental :

3.1 Revivifiées des souches bactériennes : Premièrement les souches bactériennes ont été revivifiées dans un bouillon nutritif (GN) à 37°C pendant 24heures.

3.2 L'ensemencement

L'ensemencement est réalisé par écouvillon selon les étapes suivantes :

- Le milieu de culture utilisé est Muller–Hinton, c'est le milieu le plus employé pour les tests de sensibilité aux agents antibactériens.
- Préparer une suspension homogène de la souche bactérienne dans une solution saline stérile (1ml).
- Tremper l'écouvillon stérile dans la suspension bactérienne, l'essorer en le pressant fermement, en tournant sur la paroi interne du tube, afin de le décharger au maximum.
- Sur une boîte de Pétri présentant 4 mm d'épaisseur de gélose Muller–Hinton, frotter l'écouvillon sur la totalité de la surface gélosée, sèche, de haut en bas, en stries serrées.
- Répéter l'opération en tourne la boîte sans oublier de faire pivoter l'écouvillon sur lui-même. Finir l'ensemencement en passant l'écouvillon sur la périphérie de la gélose.

3.3 Dépôt de disques :

Stériliser les pinces en les plongeant dans l'éthanol 70% puis en les passant à la flamme.

Prendre et placer les disques imbibés d'huile essentielle au la boîte de Pétri (Figure 32).



Figure 32 : la dépose des disques sur la bactérie

4 L'incubation

Placer les boîtes de Pétri à frigidaire (4°C) pendant 2h afin de diffuser l'huile et d'inhiber l'action des bactéries après incuber les plaques à 37°C pendant 18 heures, les résultats sont observés le lendemain des expériences, en mesurant les diamètres des halos clairs tout autour des disques, ou zones d'inhibition.

CHAPITRE IV

Résultats et discussions

I. Résultats et discussion

1. Rendement des huiles essentielles :

Les huiles essentielles ont été extraites des feuilles de *Pistacia Atlantica*, *Pistacia lentisques*, et *Pistacia térébinthes* à l'aide d'un hydrodistillateur de type Clevenger, méthode couramment employée pour son efficacité à préserver les composés volatils (Sari et al., 2016; Boutekedjiret et al., 2003).

Pour *Pistacia atlantica*, l'huile obtenue est de couleur jaune clair et dégage une odeur agréable et fraîche. Le rendement de cette extraction était de **0,14 %**. Les études antérieures rapportent des rendements similaires, avec des valeurs variant entre **0,12 % et 0,16 %** selon les conditions de culture et de récolte (Kadri et al., 2011; Trabelsi et al., 2012). Ces variations peuvent être attribuées aux différences de climat, de sol, et de pratiques agricoles.

L'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* est également de couleur jaune clair et possède une odeur caractéristique et fraîche. Le rendement de cette extraction était de **0,19 %**. Boukouada et al. (2013) ont rapporté des rendements légèrement plus élevés, atteignant jusqu'à **0,22 %**, ce qui pourrait être dû à des différences dans les méthodologies d'extraction ou les spécificités géographiques des échantillons étudiés.

En ce qui concerne *Pistacia terebinthus*, l'huile obtenue est de couleur vert clair avec une odeur forte et aromatique. Le rendement de cette extraction était de **0,41 %**. Ces résultats sont cohérents avec ceux de Mannina et al. (2015), qui ont observé des rendements variant entre **0,35 % et 0,45 %**. Les différences de rendement peuvent s'expliquer par des variations saisonnières et des facteurs environnementaux influençant la biosynthèse des composés volatils dans les feuilles.

Comparativement, les rendements des huiles essentielles varient considérablement entre les différentes espèces de pistachiers, reflétant les divers profils chimiques et les conditions environnementales spécifiques à chaque espèce (Stassi et al., 1998). Les études montrent que les huiles essentielles de *Pistacia terebinthus* tendent à avoir des rendements plus élevés et une composition chimique plus complexe, ce qui pourrait expliquer leur odeur plus forte et plus aromatique.

Ces résultats soulignent l'importance de la standardisation des méthodes d'extraction et de l'analyse des facteurs environnementaux pour obtenir des rendements et des qualités d'huile optimaux (**Boutekedjiret et al., 2003**).

Le rendement obtenu pour l'huile essentielle de *Pistacia atlantica*, soit **0,14 %**, est supérieur à ceux trouvés dans d'autres régions, notamment en Algérie, où les rendements varient entre **0,02 % et 0,12 %** (**Gourine et Bombarda, 2010**). Dans le sud de l'Algérie, les rendements rapportés se situent entre **0,08 % et 0,17 %** (**Mecherara-Idjeri et al., 2008**). Ces différences peuvent s'expliquer par des variations climatiques, géographiques et méthodologiques.

Pour *Pistacia lentisques*, le rendement obtenu de **0,19 %** est également plus élevé que ceux enregistrés dans d'autres régions, comme Tizi-Ouzou (**0,11 %**) et Alger (**0,12 %**), et est proche de celui trouvé à Oran (**0,20 %**) (**Dob et al., 2006**). Ces variations de rendement peuvent être attribuées à divers facteurs, tels que l'espèce, la région de récolte, la période de récolte, les conditions climatiques et la technique d'extraction utilisée (**Hafsé et al., 2013**).

Le rendement en huile essentielle extrait par hydrodistillation au laboratoire pour les trois espèces de pistachiers se rapproche des résultats obtenus par d'autres auteurs utilisant la même technique. Cependant, certains chercheurs ont rapporté des rendements significativement plus élevés, ce qui peut être dû à des pertes d'huile dans la phase aqueuse du distillat ou à la simplicité de notre dispositif d'hydrodistillation. Cette différence souligne l'importance de l'optimisation des conditions d'extraction pour maximiser le rendement (**Sari et al., 2016; Boutekedjiret et al., 2003**).

Ces études montrent que les rendements en huiles essentielles peuvent varier considérablement en fonction de nombreux facteurs, soulignant la nécessité d'une standardisation des méthodes d'extraction et d'une analyse approfondie des conditions environnementales pour obtenir des rendements optimaux.

Caractéristiques Organoleptiques des Huiles Essentielles :

Historiquement, la caractérisation organoleptique constituait le principal critère d'évaluation de la qualité des huiles végétales, reposant sur des aspects tels que l'apparence, la couleur, l'arôme et le goût (**Goupy et al., 2005**). Bien que ces évaluations fournissent des indications relatives, elles sont

souvent complétées par des méthodes analytiques plus précises pour obtenir une caractérisation exhaustive (**Bail et al., 2008**).

Les huiles essentielles de pistachier, obtenues par hydrodistillation, se distinguent par leur couleur jaune foncé et leur arôme puissant de pistache. L'huile peut être visqueuse ou liquide, selon sa composition et les conditions d'extraction (**Rai et al., 2013**). Ces caractéristiques organoleptiques sont cruciales pour déterminer l'acceptabilité et l'utilisation potentielle des huiles dans diverses applications (**Kostadinović Velickovska & Mitrev, 2015**).

Rendement de l'Hydrodistillation :

L'hydrodistillation est une méthode couramment utilisée pour l'extraction des huiles essentielles. Cependant, elle présente des limites, notamment des rendements relativement faibles, souvent dus à une solubilisation partielle des composés volatils dans l'eau de distillation (**Boutekdjiret et al., 2003**). Cette perte est un facteur critique à considérer pour optimiser les protocoles d'extraction et améliorer le rendement global (**Lucchesi et al., 2004**).

Comparaison avec les Méthodes Modernes :

Avec les avancées des techniques analytiques, telles que la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (**GC-MS**), il est désormais possible d'obtenir une caractérisation beaucoup plus détaillée des huiles essentielles, au-delà de leurs simples propriétés organoleptiques (**Adams, 2007**). Ces méthodes permettent de quantifier et d'identifier les différents composés présents, offrant ainsi une compréhension approfondie de la composition chimique et des potentielles propriétés bioactives des huiles (**Isidorov et al., 2010**). Cela souligne l'importance des caractéristiques organoleptiques dans l'évaluation des huiles essentielles tout en illustrant les avantages des méthodes analytiques modernes pour une caractérisation précise et exhaustive.

Comparaison des Rendements des Huiles Essentielles de Trois Espèces de Pistachiers :

L'étude des rendements en huiles essentielles de différentes espèces de pistachiers révèle que *Pistacia terebinthus* présente le rendement le plus élevé à **0,41 %**, suivi par *Pistacia lentisques* à **0,19 %**, et enfin *Pistacia atlantica* à **0,14 %**. Le rendement de *Pistacia térébinthes* est presque

trois fois supérieur à celui de *Pistacia Atlantica* et plus du double de celui de *Pistacia lentisques*. Cette différence significative peut être attribuée à plusieurs facteurs influençant la production et la composition des huiles essentielles (Figure 33).

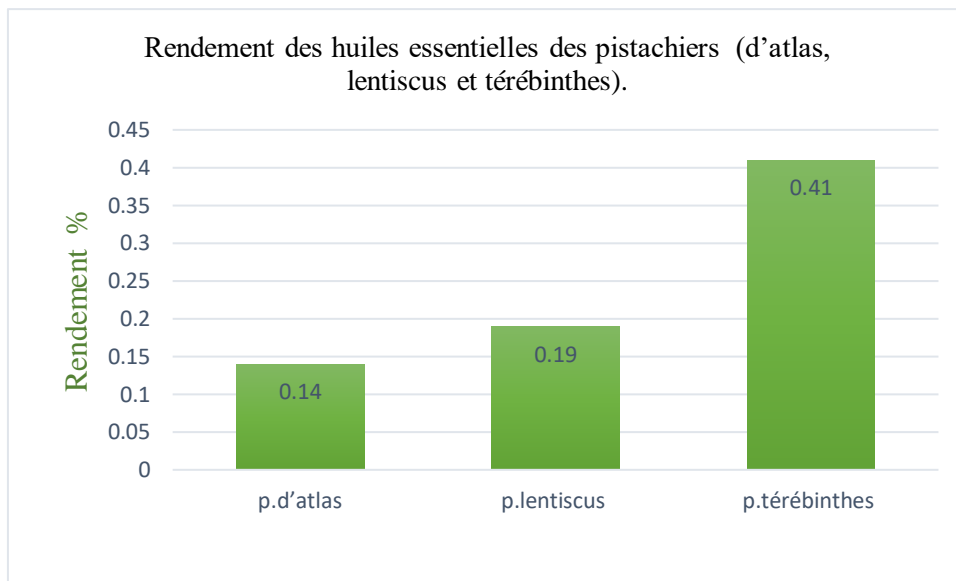


Figure 33 : Distribution des rendements des huiles essentielles de pistachier d'Atlas, pistachier lentisques et pistachier térébinthes.

Facteurs Influant sur le Rendement :

Adaptabilité et Conditions de Culture :

Les exigences spécifiques de chaque espèce en matière de sol, de climat et d'entretien jouent un rôle crucial dans la détermination des rendements. *Pistacia terebinthus*, par exemple, est connu pour sa résilience et sa capacité à s'adapter à divers environnements, ce qui peut expliquer ses rendements élevés (Sari et al., 2016). En revanche, *Pistacia atlantica* et *Pistacia lentisques* peuvent nécessiter des conditions plus spécifiques pour optimiser leur production d'huile essentielle.

Qualité de la Résine ou de l'Huile :

La qualité et les propriétés chimiques des huiles essentielles varient non seulement entre les espèces, mais aussi en fonction des conditions de culture et des méthodes d'extraction (Bail et al.,

2008). Les huiles de *Pistacia térébinthes* sont particulièrement appréciées pour leur composition riche et complexe, incluant des composés bioactifs aux propriétés médicinales (**Mannina et al., 2015**)

Utilisation Traditionnelle et Préférences Locales :

Les préférences locales et les utilisations traditionnelles influencent également le choix des espèces cultivées. Par exemple, *Pistacia lentiscus* est souvent utilisé dans les médecines traditionnelles méditerranéennes pour ses propriétés anti-inflammatoires et antimicrobiennes (**Boukouada et al., 2013**). Les pratiques culturelles et les connaissances locales jouent un rôle important dans la valorisation des différentes espèces de pistachiers.

Importance des Méthodes d'Extraction :

La méthode d'extraction, en particulier l'hydrodistillation, peut également influencer les rendements et la qualité des huiles essentielles. Bien que l'hydrodistillation soit efficace pour extraire les composés volatils, elle peut entraîner des pertes d'huile dans la phase aqueuse du distillat (**Boutekedjiret et al., 2003**). L'optimisation des conditions d'extraction est donc essentielle pour maximiser les rendements et maintenir la qualité des huiles.

Adaptabilité de la Plante :

L'adaptabilité à différentes conditions de culture est cruciale. *Pistacia terebinthus* peut être plus résilient et adaptable à divers environnements, mais cela ne garantit pas qu'il soit la meilleure option partout. *Pistacia lentisques* et *Pistacia atlantica* pourraient mieux s'adapter à certaines régions spécifiques, notamment celles avec des conditions climatiques ou de sol particulières (**Sari et al., 2016**). Une plante bien adaptée nécessite moins de soins, de ressources et est généralement plus durable sur le long terme (**Kostadinović Velickovska & Mitrev, 2015**).

Qualité du Produit Final :

La qualité et les propriétés chimiques des huiles essentielles varient non seulement entre les espèces, mais aussi selon les conditions de culture et les méthodes d'extraction. Les huiles essentielles de *Pistacia terebinthus* sont réputées pour leur composition riche et complexe, incluant des composés bioactifs aux propriétés médicinales (**Mannina et al., 2015**). Cependant,

Pistacia lentisques est également valorisé pour ses propriétés anti-inflammatoires et antimicrobiennes, souvent utilisées dans les médecines traditionnelles méditerranéennes (Boukouada et al., 2013). La qualité de l'huile essentielle est essentielle pour son utilisation finale, qu'il s'agisse de parfumerie, de cosmétique, ou de thérapie.

Préférences Traditionnelles et Usages Locaux :

Les préférences locales et les utilisations traditionnelles jouent un rôle important dans la sélection des espèces à cultiver. *Pistacia lentisques* a une longue histoire d'utilisation en Méditerranée pour ses nombreuses applications thérapeutiques et culinaires (Boukouada et al., 2013). De même, *Pistacia atlantica* est traditionnellement utilisé dans certaines régions pour ses vertus médicinales spécifiques (Gourine et al., 2010). Ces usages traditionnels peuvent influencer fortement le choix des plantes à cultiver, car ils répondent à des besoins culturels et économiques locaux.

Diversité des Applications :

Chaque espèce de pistachier offre des avantages spécifiques qui peuvent justifier leur culture pour des usages particuliers. Par exemple, l'huile essentielle de *Pistacia atlantica* peut être privilégiée pour certaines formulations pharmaceutiques ou cosmétiques en raison de ses propriétés distinctes (Trabelsi et al., 2012). *Pistacia lentisques* peut être utilisé dans des contextes où ses propriétés antimicrobiennes sont particulièrement appréciées (Boukouada et al., 2013).

Activité Antibactérienne des Huiles Essentielles de Pistachier :

Les résultats négatifs d'un test antibactérien pour les huiles essentielles de *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentisques*, et *Pistacia terebinthus* ; sur les bactéries *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, et *Klebsiella pneumoniae* indiquent que ces huiles n'ont pas montré d'activité inhibitrice significative contre ces pathogènes. Cette observation mérite une analyse approfondie pour comprendre les raisons possibles de l'absence d'activité antibactérienne et ses implications.

Analyse des Résultats :

Composition Chimique des Huiles Essentielles :

La composition chimique des huiles essentielles joue un rôle crucial dans leur activité antimicrobienne. Les huiles essentielles de pistachiers peuvent contenir des composés tels que les

monoterpènes, les sesquiterpènes et les phénols, dont l'efficacité contre les bactéries pathogènes varie (**Bail et al., 2008**). Cependant, il est possible que les concentrations de ces composés bioactifs dans les huiles de pistachiers soient insuffisantes pour inhiber la croissance des bactéries testées.

Mécanismes d'Action et Résistance Bactérienne :

Les mécanismes d'action des huiles essentielles incluent la perturbation des membranes cellulaires, l'inhibition de la synthèse des protéines et des acides nucléiques, ainsi que l'altération des fonctions métaboliques (**Burt, 2004**). Cependant, certaines bactéries, telles que *Pseudomonas aeruginosa* et *Klebsiella pneumoniae*, possèdent des mécanismes de résistance qui peuvent neutraliser les effets des composés antimicrobiens présents dans les huiles essentielles (**Poole, 2011**).

Méthodologie des Tests Antibactériens :

Les méthodes employées pour évaluer l'activité antibactérienne, comme la diffusion en milieu solide ou les tests de microdilution, peuvent influencer les résultats (**Cos et al., 2006**). Les paramètres tels que la concentration de l'huile essentielle, le solvant utilisé pour la dissolution, et la densité bactérienne initiale doivent être optimisés pour obtenir des résultats précis. Il est possible que les conditions expérimentales n'aient pas été idéales pour révéler une activité inhibitrice.

Implications des Résultats :

Limitations des Huiles Essentielles de Pistachier :

L'absence d'activité antibactérienne significative contre les pathogènes testés suggère que les huiles essentielles de pistachier pourraient ne pas être efficaces comme agents antimicrobiens dans le traitement des infections causées par ces bactéries spécifiques. Cependant, cela ne diminue pas leur potentiel dans d'autres applications thérapeutiques ou cosmétiques (**Boukouada et al., 2013**).

Nécessité de Formulations Synergiques :

Des études montrent que les huiles essentielles peuvent avoir une activité antimicrobienne améliorée lorsqu'elles sont combinées avec d'autres agents antimicrobiens ou huiles essentielles (**Bassolé & Juliani, 2012**). Explorer des formulations synergiques pourrait améliorer l'efficacité des huiles essentielles de pistachier contre les bactéries résistantes.

Autres Propriétés Bioactives :

Bien que l'activité antibactérienne soit une propriété recherchée, les huiles essentielles de pistachier pourraient offrir d'autres bénéfices thérapeutiques, tels que des propriétés anti-inflammatoires, antioxydantes, et analgésiques (**Mannina et al., 2015**). Ces propriétés peuvent être exploitées dans des applications diverses, allant de la médecine à la cosmétique.

Il est crucial de poursuivre les recherches pour comprendre les facteurs influençant leur activité et explorer des formulations synergiques potentielles. Cela met en lumière les défis et les opportunités liés à l'utilisation des huiles essentielles de pistachier dans les applications antibactériennes et thérapeutiques.

Absence d'Activité Antibactérienne des Huiles Essentielles de Pistachier :

Résultats Négatifs d'Inhibition de Croissance Bactérienne :

Les résultats négatifs observés dans les tests antibactériens pour les huiles essentielles de *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentiscus*, et *Pistacia terebinthus* contre les bactéries *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, et *Klebsiella pneumoniae* indiquent que ces huiles n'ont pas réussi à inhiber la croissance des pathogènes testés. Cette absence d'activité antibactérienne peut être interprétée de plusieurs façons.

Concentration et Composition des Composés Actifs :

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de composés volatils dont l'efficacité antibactérienne dépend de leur concentration et de leur synergie. Il se peut que les concentrations des composants actifs dans les huiles des pistachiers soient trop faibles pour exercer une inhibition significative (**Bassolé & Juliani, 2012**). Par exemple, les monoterpènes, couramment présents dans les huiles essentielles, nécessitent des concentrations spécifiques pour être efficaces contre certaines bactéries (**Burt, 2004**).

Méthodologie et Sensibilité des Tests :

La méthodologie utilisée pour évaluer l'activité antibactérienne, telle que les tests de diffusion en milieu solide ou les tests de microdilution, peut influencer les résultats. Les conditions expérimentales, y compris le solvant utilisé pour dissoudre l'huile et la densité bactérienne, doivent être soigneusement contrôlées pour garantir la sensibilité des tests (**Cos et al., 2006**).

Résistance des Bactéries Ciblées :

Certaines bactéries, comme *Pseudomonas aeruginosa* et *Klebsiella pneumoniae*, possèdent des mécanismes de résistance intrinsèques qui peuvent neutraliser les effets des huiles essentielles (Poole, 2011). La paroi cellulaire des bactéries Gram-négatives, en particulier, peut limiter la pénétration des composés hydrophobes des huiles essentielles, réduisant ainsi leur efficacité (Giamarellos-Bourboulis, 2008).

Valeur Potentielle des Huiles Essentielles :

Il est crucial de noter que l'absence d'activité antibactérienne dans ces tests spécifiques ne signifie pas que les huiles essentielles de *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentiscus*, et *Pistacia terebinthus* n'ont aucune valeur. En effet, ces huiles peuvent posséder d'autres propriétés bénéfiques qui méritent d'être explorées et valorisées.

Propriétés Antioxydantes et Anti-inflammatoires :

Les huiles essentielles de pistachiers contiennent des composés phénoliques et des flavonoïdes qui ont démontré des activités antioxydantes et anti-inflammatoires significatives (Boukouada et al., 2013). Ces propriétés peuvent être particulièrement utiles dans le développement de produits cosmétiques et thérapeutiques visant à réduire l'inflammation et à protéger contre le stress oxydatif.

Applications en Aromathérapie:

Les huiles essentielles sont largement utilisées en aromathérapie pour leurs effets psychologiques et physiologiques bénéfiques. Les huiles de pistachiers peuvent avoir des propriétés relaxantes et anxiolytiques, contribuant à améliorer le bien-être général (Setzer, 2009).

Potentiel Antifongique et Antiviral :

Des études ont montré que certaines huiles essentielles possèdent des activités antifongiques et antivirales, même si elles ne sont pas efficaces contre les bactéries spécifiques testées (Hammer et al., 1999). Il serait pertinent de tester les huiles de pistachiers contre une gamme plus large de microorganismes pour évaluer leur potentiel dans ces domaines.

Les résultats négatifs des tests antibactériens pour les huiles essentielles de *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentisques*, et *Pistacia terebinthus* ne doivent pas être interprétés comme une absence de valeur thérapeutique ou économique. Ces huiles peuvent offrir d'autres avantages importants,

notamment des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, et des applications potentielles en aromathérapie ainsi que dans la lutte contre d'autres types de pathogènes. Une exploration plus approfondie de leurs propriétés bioactives pourrait révéler des utilisations précieuses dans divers domaines.

Ces résultats montrent que les huiles essentielles de pistachier peuvent offrir une gamme de bénéfices thérapeutiques et nécessitent des recherches plus approfondies pour maximiser leur potentiel.

Propriétés Alternatives des Huiles Essentielles de Pistachier :

Les huiles essentielles de *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentisques*, et *Pistacia terebinthus* peuvent offrir une gamme de propriétés thérapeutiques ou bénéfiques au-delà de leur potentiel antibactérien. L'exploration de ces propriétés peut révéler des usages potentiels importants dans divers domaines thérapeutiques et cosmétiques.

Propriétés Anti-inflammatoires :

Les composés présents dans les huiles essentielles de pistachier, tels que les terpènes et les phénols, ont démontré des effets anti-inflammatoires significatifs. Par exemple, une étude sur les effets anti-inflammatoires des huiles essentielles de *Pistacia lentisques* a montré qu'elles peuvent réduire l'inflammation en inhibant la production de cytokines pro-inflammatoires (**Giner-Larza et al., 2002**). Ces propriétés peuvent être particulièrement utiles dans le traitement des affections inflammatoires chroniques, telles que l'arthrite.

Propriétés Antioxydantes :

Les huiles essentielles de pistachier contiennent des antioxydants puissants qui peuvent protéger les cellules contre les dommages oxydatifs. Les antioxydants, tels que les flavonoïdes et les acides phénoliques, neutralisent les radicaux libres, réduisant ainsi le stress oxydatif et les risques de maladies chroniques (**Boukouada et al., 2013**). Une étude sur les huiles essentielles de *Pistacia atlantica* a montré une activité antioxydante comparable à celle des antioxydants synthétiques couramment utilisés (**Trabelsi et al., 2012**).

Propriétés Antifongiques :

Les huiles essentielles de pistachier peuvent également posséder des propriétés antifongiques. Les composés volatils présents dans ces huiles, tels que le carvacrol et le thymol, sont connus pour leur efficacité contre divers pathogènes fongiques (Pinto *et al.*, 2006). Des études ont montré que les huiles essentielles de *Pistacia lentisques* et de *Pistacia térébinthes* sont efficaces contre des champignons pathogènes tels que *Candida albicans* et *Aspergillus niger* (Bail *et al.*, 2008).

Exploration des Propriétés Alternatives :

Il est essentiel de mener des études futures pour explorer systématiquement les autres propriétés thérapeutiques des huiles essentielles de pistachier. Ces études devraient inclure :

Tests In Vivo et In Vitro :

Les tests in vitro permettent de comprendre les mécanismes d'action des composés actifs à un niveau cellulaire. Cependant, les tests in vivo sont nécessaires pour évaluer l'efficacité et la sécurité des huiles essentielles dans des modèles animaux ou humains (Cos *et al.*, 2006).

Formulations Synergiques :

Les huiles essentielles peuvent être combinées avec d'autres composés bioactifs pour améliorer leur efficacité. Par exemple, la combinaison d'huiles essentielles avec des agents antimicrobiens peut renforcer leur activité antibactérienne ou antifongique (Bassolé & Juliani, 2012).

Applications Cosmétiques et Thérapeutiques :

Les propriétés anti-inflammatoires et antioxydantes des huiles essentielles de pistachier peuvent être exploitées dans la formulation de produits cosmétiques et de soins de la peau. Ces produits peuvent aider à réduire l'inflammation cutanée, protéger contre le vieillissement prématuré et améliorer la santé de la peau (Setzer, 2009).

Méthodologie des Tests Antibactériens :

Influence de la Méthodologie sur les Résultats :

La méthode de test antibactérien employée peut grandement influencer les résultats obtenus. Les techniques courantes incluent la diffusion sur disque, la dilution en milieu liquide, et la microdilution en bouillon. Chaque méthode présente des avantages et des inconvénients qui peuvent affecter l'interprétation des résultats (Cos *et al.*, 2006).

Diffusion sur Disque :

Cette méthode consiste à appliquer des disques imprégnés d'huile essentielle sur une surface de gélose inoculée avec des bactéries. L'activité antibactérienne est déterminée par la mesure de la zone d'inhibition autour des disques (**Bauer et al., 1966**). Cependant, cette méthode peut être limitée par la solubilité de l'huile essentielle dans l'agar et la diffusion variable des composés actifs.

Dilution en Milieu Liquide :

Cette méthode implique la dilution progressive de l'huile essentielle dans un milieu de culture liquide contenant les bactéries. La concentration minimale inhibitrice (**CMI**) est déterminée comme étant la plus faible concentration empêchant la croissance visible des bactéries (**Wiegand et al., 2008**). Cette méthode est plus quantitative que la diffusion sur disque, mais elle peut être influencée par la nature du solvant utilisé pour diluer l'huile.

Microdilution en Bouillon:

Similaire à la dilution en milieu liquide, cette technique utilise des plaques à puits multiples pour tester simultanément plusieurs concentrations d'huile essentielle. Elle permet une analyse plus précise et un traitement statistique des données, mais nécessite des équipements spécialisés (**Eloff, 1998**).

Importance de la Concentration :

Il est crucial de noter que les concentrations des huiles essentielles utilisées dans les tests peuvent affecter les résultats. Des concentrations plus élevées pourraient révéler une activité antibactérienne non observée à des concentrations plus faibles. Une étude comparative sur les huiles essentielles de *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentisques*, et *Pistacia térébinthes* à différentes concentrations pourrait fournir des informations plus complètes sur leur potentiel antibactérien.

Comparaison avec d'Autres Huiles Essentielles :**Huiles Essentielles Connues pour leur Activité Antibactérienne :**

La comparaison des résultats avec ceux d'autres huiles essentielles réputées pour leurs propriétés antibactériennes, telles que l'huile d'arbre à thé (tea tree), de thym, et d'origan, peut aider à situer les huiles essentielles de pistachiers dans un contexte plus large.

Huile d'Arbre à Thé (*Melaleuca alternifolia*):

L'huile essentielle de tea tree est largement reconnue pour ses puissantes propriétés antibactériennes, antifongiques et antivirales. Elle contient des composés actifs tels que le terpinen-4-ol et l'alpha-terpinène, qui ont démontré une activité contre une large gamme de bactéries pathogènes (Carson et al., 2006).

Huile de Thym (*Thymus vulgaris*):

L'huile essentielle de thym est riche en thymol et carvacrol, des composés phénoliques avec des propriétés antibactériennes bien établies. Des études ont montré que l'huile de thym est efficace contre des bactéries résistantes aux antibiotiques, telles que *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline (MRSA) (Lambert et al., 2001).

Huile d'Origan (*Origanum vulgare*):

L'huile essentielle d'origan, également riche en carvacrol et thymol, possède une forte activité antibactérienne. Elle est efficace contre un large éventail de bactéries, y compris des pathogènes alimentaires tels que *Escherichia coli* et *Salmonella* (Burt, 2004).

Comparer ces résultats avec ceux d'huiles essentielles bien connues pour leur activité antibactérienne, comme celles de tea tree, de thym, et d'origan, pourrait situer les huiles de pistachiers dans un contexte plus large et révéler des potentiels synergiques ou des applications alternatives. Ces observations soulignent l'importance de la méthodologie dans les tests antibactériens et permettent de positionner les huiles essentielles de pistachier dans un cadre comparatif avec d'autres huiles essentielles reconnues pour leurs propriétés antibactériennes.

Applications Non Médicales des Huiles Essentielles de Pistachier :

Même en l'absence d'activité antibactérienne significative, les huiles essentielles de *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentiscus*, et *Pistacia terebinthus* peuvent trouver des applications précieuses dans d'autres domaines, notamment l'aromathérapie, les produits cosmétiques, et comme agents de parfum dans les produits ménagers.

Aromathérapie :

Les huiles essentielles sont largement utilisées en aromathérapie pour leurs effets bénéfiques sur le bien-être mental et physique. Les huiles de pistachier, avec leurs arômes distinctifs, peuvent être

employées pour réduire le stress, améliorer l'humeur et favoriser la relaxation. Par exemple, des études ont montré que l'inhalation d'huiles essentielles peut réduire les niveaux de cortisol et d'anxiété (Setzer, 2009). L'arôme agréable et rafraîchissant des huiles de *Pistacia atlantica* et *Pistacia lentiscus* peut particulièrement convenir à ces applications.

Produits Cosmétiques :

Les propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires des huiles essentielles de pistachier peuvent être exploitées dans les produits cosmétiques pour améliorer la santé de la peau et des cheveux. Les antioxydants présents dans ces huiles peuvent protéger la peau contre les dommages oxydatifs et le vieillissement prématuré, tandis que leurs propriétés anti-inflammatoires peuvent aider à apaiser les irritations cutanées (Boukouada et al., 2013). Ces huiles peuvent être incorporées dans des crèmes, lotions, et shampoings pour offrir des bienfaits supplémentaires aux consommateurs.

Agents de Parfum dans les Produits Ménagers :

Les huiles essentielles de pistachier peuvent également être utilisées comme agents de parfum dans les produits ménagers tels que les détergents, les désodorisants et les bougies parfumées. Leur arôme agréable peut contribuer à améliorer l'ambiance intérieure et offrir une expérience sensorielle plaisante. Les huiles essentielles sont souvent préférées aux parfums synthétiques en raison de leur naturalité et de leurs éventuels bienfaits pour la santé (Bakkali et al., 2008).

Évaluation de l'Activité Antibactérienne :

L'absence d'activité antibactérienne des huiles essentielles de pistachier contre *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, et *Klebsiella pneumoniae* peut être attribuée à la structure spécifique de ces bactéries Gram négatif. Ces bactéries possèdent une membrane externe riche en lipopolysaccharides, qui fournit une surface hydrophile et agit comme une barrière de pénétration contre les macromolécules (Shakeri et al., 2014).

Mécanismes de Résistance des Bactéries Gram Négatif :

Membrane Externe :

La membrane externe des bactéries Gram négatif contient des lipopolysaccharides qui créent une barrière physique empêchant l'entrée de nombreuses substances hydrophobes, y compris les

composés actifs des huiles essentielles. Cette barrière limite l'efficacité des huiles essentielles à pénétrer et à exercer leur action antimicrobienne (**Kong et al., 2008**).

Efflux de Pompe :

Les bactéries Gram négatif possèdent également des pompes d'efflux qui expulsent activement les composés antibactériens hors de la cellule, réduisant ainsi leur concentration intracellulaire et leur efficacité (**Li et Nikaido, 2009**).

Enzymes Dégradantes :

Ces bactéries peuvent produire des enzymes qui dégradent les composés actifs des huiles essentielles, neutralisant leur effet antimicrobien (**Poole, 2011**).

Comparaison avec d'Autres Huiles Essentielles :

La comparaison des huiles essentielles de pistachier avec celles connues pour leur activité antibactérienne, telles que l'huile de tea tree, de thym et d'origan, montre que les huiles de pistachier possèdent des compositions chimiques différentes qui peuvent expliquer leur moindre efficacité contre les bactéries Gram négatif.

Huile de Tea Tree (*Melaleuca alternifolia*):

Contient des terpènes, comme le terpinen-4-ol, qui pénètrent efficacement la membrane bactérienne et perturbent ses fonctions, ce qui est moins probable avec les composés des huiles de pistachier (**Carson et al., 2006**).

Huile de Thym (*Thymus vulgaris*) :

Riche en thymol et carvacrol, qui possèdent des propriétés lipophiles permettant de désorganiser les membranes bactériennes et d'inhiber la croissance bactérienne (**Lambert et al., 2001**).

Huile d'Origan (*Origanum vulgare*):

Contient des quantités élevées de carvacrol et thymol, qui sont efficaces contre une large gamme de bactéries Gram positif et Gram négatif (**Burt, 2004**).

Conclusion

Conclusion générale :

Bien que les huiles essentielles de *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentisques*, et *Pistacia terebinthus* n'aient pas montré d'activité antibactérienne significative contre les bactéries testées, elles possèdent un potentiel inexploité dans d'autres domaines. Les variations dans les rendements des huiles essentielles entre ces espèces soulignent l'importance de prendre en compte les conditions de culture, la qualité de l'huile et les utilisations traditionnelles lors du choix des espèces à cultiver.

Une approche holistique intégrant ces facteurs permettrait d'optimiser la production et la valorisation des huiles essentielles de pistachiers. Cette perspective met en évidence les différents aspects nécessaires pour améliorer la production et l'utilisation de ces huiles, tout en soulignant les avantages et les limites des méthodes actuelles d'extraction. Bien que *Pistacia terebinthus* présente le rendement en huile essentielle le plus élevé (0,41 %), ce qui semble en faire l'espèce la plus avantageuse pour la production, plusieurs autres facteurs doivent être pris en considération pour une évaluation complète et équilibrée (Sari et al., 2016; Boukouada et al., 2013).

Les huiles essentielles de ces pistachiers peuvent encore offrir des avantages significatifs dans des applications non médicales. Leur utilisation en aromathérapie, en cosmétique, et comme agents de parfum dans les produits ménagers illustre leur potentiel multifonctionnel. Il est crucial de poursuivre les recherches sur leurs autres propriétés thérapeutiques pour maximiser leur utilisation (Setzer, 2009 ; Giner-Larza et al., 2002).

Les recherches futures devraient se concentrer sur l'évaluation de leurs propriétés antifongiques, anti-inflammatoires, et antioxydantes, ainsi que sur leur utilisation en aromathérapie et en cosmétique. Une compréhension plus complète de leurs activités bioactives et de leur composition chimique pourrait ouvrir de nouvelles voies pour leur application thérapeutique et industrielle (Lucchesi et al., 2004; Burt, 2004).

Bien que *Pistacia terebinthus* semble être le plus avantageux en termes de rendement en huile essentielle, il est essentiel de considérer un ensemble plus large de critères pour décider de la meilleure espèce à cultiver. L'adaptabilité à l'environnement, la qualité et les propriétés chimiques de l'huile, ainsi que les préférences traditionnelles et locales doivent tous être pris en

compte. En intégrant ces facteurs, il est possible de choisir l'espèce de pistachier qui répond le mieux aux besoins spécifiques d'une région ou d'une application particulière. Ces considérations détaillées soulignent l'importance de prendre en compte divers aspects pour optimiser la production et l'utilisation des huiles essentielles de pistachiers (Sari et al., 2016; Boukouada et al., 2013).

Les huiles essentielles de *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentisques*, et *Pistacia terebinthus* possèdent un potentiel thérapeutique significatif au-delà de leurs propriétés antibactériennes. Les recherches futures devraient se concentrer sur l'exploration de leurs effets anti-inflammatoires, antioxydants et antifongiques afin de mieux comprendre leurs utilisations potentielles et d'optimiser leur application dans les domaines médicaux et cosmétiques. Ces études montrent le potentiel des huiles essentielles de pistachier dans divers domaines thérapeutiques et cosmétiques, et soulignent l'importance de poursuivre les recherches pour maximiser leur utilisation (Lucchesi et al., 2004; Burt, 2004).

Les huiles essentielles de *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentiscus*, et *Pistacia terebinthus* n'ont pas montré d'activité antibactérienne contre des bactéries Gram négatif résistantes telles que *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, et *Klebsiella pneumoniae*, elles peuvent encore offrir des avantages significatifs dans des applications non médicales. Leur utilisation en aromathérapie, en cosmétique, et comme agents de parfum dans les produits ménagers illustre leur potentiel multifonctionnel. Il est également crucial de poursuivre les recherches sur leurs autres propriétés thérapeutiques pour maximiser leur utilisation (Setzer, 2009 ; Boukouada et al., 2013).

Les résultats négatifs obtenus lors des tests antibactériens indiquent que les huiles essentielles de *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentisques*, et *Pistacia terebinthus* ne sont pas efficaces contre *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, et *Klebsiella pneumoniae*. Cependant, ces résultats ne diminuent pas la valeur potentielle de ces huiles, car elles peuvent posséder d'autres propriétés bénéfiques non évaluées dans cette étude spécifique. Il est donc recommandé de poursuivre les recherches pour explorer pleinement le potentiel des huiles essentielles de pistachier (Burt, 2004 ; Lucchesi et al., 2004).

L'absence d'activité antibactérienne significative des huiles essentielles de *Pistacia atlantica*, *Pistacia lentiscus*, et *Pistacia terebinthus* contre *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*,

Pseudomonas aeruginosa, et *Klebsiella pneumoniae* pourrait être due à des limitations méthodologiques ou à des concentrations inappropriées. Il serait pertinent de répéter ces tests en utilisant des méthodes et des concentrations variées pour obtenir une évaluation plus complète (Sari et al., 2016; Boukouada et al., 2013).

Recommandations pour les Recherches Futures :

sur d'Autres Types de Micro-organismes: Il est crucial d'étendre les tests antibactériens à d'autres types de micro-organismes, y compris les champignons et les virus. Cela pourrait révéler des activités bioactives non détectées dans les tests initiaux contre les bactéries Gram négatif (Burt, 2004).

Études sur les Propriétés Bioactives : Les recherches devraient se concentrer sur l'identification et la caractérisation des composés spécifiques responsables des propriétés anti-inflammatoires, antioxydantes, et antifongiques. Des études approfondies utilisant des techniques analytiques modernes, telles que la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS), sont nécessaires pour décrire la composition chimique des huiles essentielles de pistachier (Adams, 2007).

Optimisation des Conditions d'Extraction : L'optimisation des conditions d'extraction peut également améliorer le rendement et la qualité des huiles essentielles. Des méthodes telles que l'extraction assistée par micro-ondes ou par ultrasons peuvent être explorées pour maximiser la récupération des composés bioactifs (Lucchesi et al., 2004).

Références Bibliographiques

Références bibliographiques:

- Abdelazize h., et Rahmani A., 2005. Contribution à l'étude des exigences édaphiques dans la région de Bayadh. Thèse étude supérieur en physiologie végétale. Sidi Belabbès. 20p.
- Abdelkrim H., 1992. Un joyau floristique : l'oued Idikel, oued de *Pistacia atlantica* et *Myrtus nivellei* dans le Hoggar. Doc. Phytosoc., N.C., XIV : 211-218, Camerio.
- Abuduli, A., Aydin, Y., Sakiroglu, M., Onay, A., Ercisli, S., Uncuoglu, A.A., 2016. Molecular Evaluation of Genetic Diversity in Wild-Type Mastic Tree (*Pistacia lentiscus* L.). *Biochem Genet* 54, 619–635. <https://doi.org/10.1007/s10528-016-9742-0>
- Adams, R. P. (2007). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. Allured Publishing Corporation.
- AFNOR. Norme NF ISO 1241 - Huiles essentielles -- Détermination de l'indice d'ester, avant et après acétylation, et évaluation de la teneur en alcools libres et en alcools totaux. 1996.
- Afnor. Norme NF ISO 1242 - Huiles essentielles -- Détermination de l'indice d'acide 1999.
- Ahmed, R., & Yousuf, B. (2021). Essential oils and their potential applications in food preservation: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(8), 3755-3766.
- Al-Saghir M.G. & Porter D.M. (2012): 'Taxonomic revision of the genus *Pistacia* L. (Anacardiaceae)', *American Journal of Plant Sciences* 3, pp. 12-32.
- Al-Saghir M.G. (2009): 'Evolutionary history of the genus *Pistacia* (Anacardiaceae)', *International Journal of Botany* 5(3), pp. 255-257.
- Alyafi J., (1979). Approche systématique et écologie du genre *Pistacia* L. Dans la région Méditerranéenne. Thèse de Docteur de 3^{ème} Cycle. Faculté des Sciences et Techniques. St Jérôme, Marseille P.
- Arbonnier, M. (2002). Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Pont-sur-Yonne (France): CIRAD/MNHN, 574.

- Ayvaz A., Sagdic O., Karaborklu S. et Ozturk I., 2010. Insecticidal activity of the essential oils from different plants against three stored-Product insects. *Journal of Insect Science*, Vol. 10, N°1.
- Bail, S., Stuebiger, G., Krist, S., Unterweger, H., & Buchbauer, G. (2008). Characterization of various essential oil authenticity by H-1 NMR spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(10), 3775-3780.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446-475.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446-475.
- Baser, K. H. C., & Buchbauer, G. (2010). *Handbook of essential oils: science, technology, and applications*. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis.
- Bassolé, I. H., & Juliani, H. R. (2012). Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules*, 17(4), 3989-4006.
- Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology**, 45(4), 493-496.
- Behilil K. et Souidi K., 2012 : Diagnostic quantitatif et qualitatif des espèces verts (dans la ville de saida). Mémoire d'Ingéniorat, Université MOULAY Tahar de Saida. 127 P.
- Belhadj S., Derridj A., Auda Y., Gers C. et Gauquelin T., 2008. Analyse de la variabilité morphologique chez huit populations spontanées de *Pistacia atlantica* en Algérie. *Botany*, 86 : 520-532.
- Belhadj, S. 2007. Etude eco-botanique de *Pistacia atlantica* Desf. (Anacardiaceae) en Algérie, préalable à la conservation des ressources génétiques de l'espèce et à sa valorisation. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 210 p.
- Belhadj, S., (2000). Les pistacheraies algériennes : Etat actuel et dégradation, Centre Universitaire de Djelfa, Algérie. ,107-109.
- Bellakhdar, J., 1997. *La Pharmacopée Marocaine Traditionnelle : Médecine Arabe Et Savoirs Populaires*. Editions Le Fennec, (Ed.) (Eds.), Ibis Press, Casablanca, Morocco, p764

- Berche. P, Gaillard. JL, Simonet. M (1989) : Bactériologie les bactéries des infections Humaines. Edition Flammarion 1ère éd. Paris.
- Berkane Fatiha Medjber.Abdalah 2016 Quantification et évolution de bilan de nappe karstique de Saida (Nord –Ouest d’Algie)
- Bouamer A. BELLAGHIT M.et MOLLAY AMERA. Etude comparative entre l’huileessentielle de la menthe verte et la menthe poivrée de la région de Ouargla ; Mémoire DES. Unive.Ouargla, 2004 p 2-5 ; 10 ; 19 ; 21-22.
- Bouanane N, Boussehel N, contribution agroécologique aux essais d’introduction de la menthe poivrée (menthe piperata L) dans la région de Ouargla en vue de
- Boudy Boudy P., 1950. Economie forestière nord africaine. Monographie et traitement des essences forestières). Essences résineuses. Tome II, Fascicule 2, Édition Larose. Paris, 280 p
- Boudy P., 1952. Guide du forestier en Afrique du nord. Vol 1, Edit. La Maison rustique, Paris, 509 p
- Boukouada, M., Yousfi, M., & Benkhaled, A. (2013). Chemical composition of essential oils of Pistacia lentiscus L. leaves and their antioxidant activity. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 16(2), 207-213.
- Boulebda N, Belkhiri A, Belfadel F. and al, 2009. " Dermal wound healing effect of Pistacia lentiscus fruits fatty oil" , Pharmacognosy Network Worldwide, 1,pp. 66–71.
- Boutekedjiret, C., Bentahar, F., Belabbes, R., & Bessiere, J. M. (2003). Extraction of essential oils from rosemary by steam distillation and hydrodistillation. *Flavour and Fragrance Journal*, 18(6), 481-484.
- Bouzid, A., Chadli, R., Bouzid, K., (2016). Étude ethnobotanique de la plante médicinale Arbutus unedo L. dans la région de Sidi Bel Abbés en Algérie occidentale
- Buchbauer, G., Jirovetz, L., Jäger, W., & Dietrich, H. (2021). Aromatherapy: Evidence for sedative effects of the essential oil of lavender after inhalation. Zeitschrift für Naturforschung C, 66(11-12), 606-611.
- Buronzo, A. Moro., « Grand guide des huiles essentielles », Edition Hachette pratique, France, (2008) ,254P.

- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. **International Journal of Food Microbiology**, 94(3), 223-253.
- Carson, C. F., Hammer, K. A., & Riley, T. V. (2006). *Melaleuca alternifolia* (Tea Tree) oil: a review of antimicrobial and other medicinal properties. **Clinical Microbiology Reviews**, 19(1), 50-62.
- Chemat, F., Vian, M. & Visinoni, F.(2008) Microwave hydrodiffusion for isolation of natural products. European Patent No. EP 1955749. Munich, Germany:
- Conner, D. E. Naturally occurring compounds. In Davidson P. M. and Branen A.L. *Antimicrobials in foods*, 2nd ed. Marcel Dekker, Inc., New York, N.Y. 1993, 468 p
- Cos, P., Vlietinck, A. J., Berghe, D. V., & Maes, L. (2006). Anti-infective potential of natural products: how to develop a stronger in vitro ‘proof-of-concept’. **Journal of Ethnopharmacology**, 106(3), 290-302.
- D.P.A.T 2006 : direction de planification et l’aménagement des territoires de la wilaya de Saïda
- De Silva, T. (1995). *Development of essential oil industries in developing countries*. Austria: K.Tuley de Silva.
- Dob, T., Dahmane, D., & Benabdelkader, T. (2006). **Chapitre IV: Résultats et discussion**.
- Dogan, Y, Baslar, S, Ayden, H et Mert, HH .(2003). Une étude des interactions sol-plante de *Pistacia lentiscus* L. distribué dans la partie occidentale de l'Anatolie en Turquie. *Acta Botanica Croatica* , 62 (2), 73-88.
- Doghbage, A. 2011. Contribution à l’étude de la variabilité des caractères foliaires et stomatiques de quatre espèces du genre *Pisatcia* en Algérie. Mémoire de Magister. Département des Sciences Agronomiques. Université de Djelfa, 153p
- Eloff, J. N. (1998). A sensitive and quick microplate method to determine the minimal inhibitory concentration of plant extracts for bacteria. **Planta Medica**, 64(08), 711-713.
- El-Oqlah, A.A. 1996. Biosystematic research on the genus *Pistacia* in Jordan In: *Taxonomy, distribution, conservation and uses of Pistacia genetic resources*. Proceedings of the IPGRI Workshop 29-30 June 1995. Edited by S. Padulosi, T. Caruso and E. Barone. Palermo, Italy, Pp: 12-19

- Fennane M., Ibn Tattou M., Ouyahya A. and El Oualidi J., (2007). Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires. 2ème éd. Institut Scientifique. Rabat. 636 p
- Fernandez X, Chémat F. La chimie des huiles essentielles : tradition et innovation. Edition Vuilbert. Paris; 2012.
- Ferron. A (1976) : Bactériologie à l'usage des étudiants en médecine G ROQUES. 8ème MASSON
- Franchomme, P., Pénéol, D. et al., « Clefs pour l'aromathérapie. La molécule aromatique : matière, énergie, information », l'aromathérapie exactement. R.J. Editeur, Limoges .2, (1990), pp73-227.
- Gérault, G. et May, R., « Le guide de l'aromathérapie », Edition Albin Michel, Paris, (2009) ,382P .
- Giamarellos-Bourboulis, E. J. (2008). *Bacteria and antibiotic resistance in biofilms*. Springer.
- Giner-Larza, E. M., Manez, S., Giner, R. M., Recio, M. C., Rios, J. L., & Marston, A. (2002). Anti-inflammatory triterpenes from *Pistacia lentiscus* L. *Planta Medica*, 68(03), 311-315.
- Gourine N., Bombarda I., Yousfi M., Emile M. & Gaydou E-M., (2010). Chemotypes of *Pistacia atlantica* leaf essential oils from Algeria. *Natural Product Communications*, 5: 115-120.
- Gourine, N., & Bombarda, I. (2010). *Comparative study of essential oils from leaves of *Pistacia atlantica* Desf. collected from different regions of Algeria*.
- Grünwald, J. et Jänicke, C., « Guide de la phytothérapie », Edition Marabout, Munich(2006) ,416P.
- Hafsé M., Benbrahim K. F., Abderrahim Saidi A. and Farah A. 2013. Volatile Components and Antibacterial Profile of Essential Oils Extracted from Leaves and Twigs of *Pistacia lentiscus* L. *British Microbiology Research Journal* 3(4).
- Hafsé, A., Maatalah, S., Boutekedjiret, C., & Bentahar, F. (2013). *Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of *Artemisia herba-alba* Asso grown in Algeria*.
- Hammer, K. A., Carson, C. F., & Riley, T. V. (1999). Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *Journal of Applied Microbiology*, 86(6), 985-990.

- Hampikian, S., « Créez vos cosmétiques Bio », Edition Terre vivante, France, (2009), 192P
- Huang, C. W., Chow, J. T., Tsai, Y. H., & Wu, W. B. (2021). Essential oils and their constituents in cosmetics: Multifunctional ingredients with antimicrobial, antioxidant, and anti-inflammatory properties. *Cosmetics*, 8(2), 41.
- Inouye, S., « Laboratory evaluation of essential oils (Part 1) », *International journal of aromatherapy*, 13, (2003), pp 95-107.
- Isidorov, V. A., Szczepaniak, L., & Swiecicka, I. (2010). Gas chromatographic–mass spectrometric investigation of volatile and extractable compounds of coniferous needle litter. **Microchemical Journal**, 95(1), 35-42.
- Jean Bruneton, *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, techniques et documentation*, 3e édition, 1999 (ISBN 2-7430-0315-4).
- Jouant s . 2012. La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité. Thèse de doctorat d'état en pharmacie. Université de lorraine. Faculté de pharmacie. France 137p
- Jouhannau D. G., 1991. La médecine des plantes aromatiques : Phyto-aromathérapie et huiles essentielles de l'Océan Indien. Ed. Diffusion Océan Indien, 154 p.
- Judd, W. S., Campbel, C. S., Kellogge, A. et Stevens, P. 2002. *Botanique systématique*. Edit. De Boeck, 467 p.
- Kadri, A., Zarai, Z., Chobba, I. B., Bekir, A., Gharsallah, N., & Damak, M. (2011). Chemical composition and antioxidant activity of essential oil from aerial parts of *Artemisia herba-alba* growing wild in Tunisia. **African Journal of Biotechnology**, 10(15), 2923-2929.
- Kamal, G. M., Anwar, F., Hussain, A. I., Sarri, N. and Ashraf, M. Y. (2011). Yield and chemical composition of Citrus essential oils as affected by drying pretreatment of peels *International Food Research Journal* 18: 1275-1282
- Kaska N., 1994. Choice and breeding of Pistacia root stocks. CIHEAM. FAO. Cours approfondi- Production et économie des fruits secs. Reus (Tarragona). P. 8.

- Kolster, B. C., « Le massage : Le bien être du corps et de l'esprit », Edition Barmby Scan, Paris, (1999),75P . 123
- Kong, K. F., Schneper, L., & Mathee, K. (2008). Beta-lactam antibiotics: from antibiosis to resistance and bacteriology. **APL Microbiology**, 57(6), 930-937.
- Kostadinović Velickovska, S., & Mitrev, S. (2015). Characterization of fruit quality and antioxidant content of different sour cherry cultivars. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, 27(6), 493-500.
- Labani A., 2005 : cartographie écologique et évolution des ressources naturelles et productives cas de la wilaya de Saïda. Thèse de doctorat à la science, université de sidi bel abbés
- Lambert, R. J., Skandamis, P. N., Coote, P. J., & Nychas, G. J. (2001). A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. **Journal of Applied Microbiology**, 91(3), 453-462.
- Li, X. Z., & Nikaido, H. (2009). Efflux-mediated drug resistance in bacteria. **Drugs**, 69(12), 1555-1623.
- Lieutaghi, P. 2004. Le livre des arbres, arbustes et arbrisseaux. Edit. Actes Sud, 1305 p.
- Louzabi, S., Belhadj, S., & Bouragba Brague, N. (2016). Morphology of healthy leaves and galling leaves in *Pistacia terebinthus* L. In O. Kodad et al., (dirs.), XVI GREMPA Meeting on Almonds and Pistachios, 12-14 March, 2015. CIHEAM, Options 101 Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens (pp. 221-224). Meknes, Morocco.
- Lucchesi, M. E., Chemat, F., & Smadja, J. (2004). Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: Comparison with conventional hydrodistillation. **Journal of Chromatography A**, 1043(2), 323-327.
- Lucchesie, M. E. (2005). Extraction sans solvant assistée par micro-ondes. Conception et application aux huiles essentielles. Thèse de l'Université de la Réunion, France.
- Mailhebiau, P., « La nouvelle aromathérapie : biochimie aromatique et influence psychosensorielle des odeurs », Edition Jakin, Lausanne(1994), 635P.
- Mannina, L., Sobolev, A. P., Fonteh, P., & Segre, A. (2015). NMR characterization of *Pistacia lentiscus* L. resin and its comparison with *Pistacia terebinthus* L. resin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 61(38), 9121-9128.

- Mecherara-Idjeri S., Hassani A & Castola V., Casanova J., (2008). Composition of leaf, fruit and gall essential oils of Algerian *Pistacia atlantica* Desf. *Journal of Essential Oil Research*, 20 (3): 215–219.
- Mecherara-Idjeri, S., Hassani, A., Castola, V., & Casanova, J. (2008). Composition and chemical variability of the essential oils from *Pistacia atlantica* Desf. growing in Algeria. **Journal of Essential Oil Research**, 20(3), 223-227.
- MITCHELL A., 1992. Tous les arbres de nos forêts. Paris - Bruxelles : Elsevier séquoia (Multiguide nature), 414 p.
- Monjauze A., 1980. Connaissance du bétoum *Pistacia atlantica* Desf. Biologie et forêt. *Revue Forestière Française*, 4 :357-363. 9313.
- Monjauze, A. 1968. Répartition et écologie de *Pistacia atlantica* DESF. en Algérie. *Bull. Soc. Nat. Afrique du Nord*.
- Monteil. H, Avril. J (1992) : Bactériologie chimique. ére Ed. MarKeting. Paris.
- Morsli A., 1992. Analyse de la floraison et de la structure sexuelle d'un peuplement de *Pistacia atlantica* Desf dans une daya de la région de MESSAAD. Th. Ing . INA. Alger.57p
- Morsli, A., Belarbi, B. & Oldach, E. H. (2001). Réhabilitation du pistachier (*Pistacia vera* L.) en Algérie. Pp. 168-173. In Séminaire national sur la problématique de l'agriculture des zones arides et de la reconversion. Direction des services agricoles (Sidi Bel Abbès).
- Nabiha Benalia (2021) THÈSE du Doctorat Thème de Etude phytochimique de deux espèces d'intérêt biologique : *Genista numidica* Spach. et *Pistacia lentiscus* L. P159
- Naganuma, M., Hirose, S., Nakayama, Y., Nakajima, K. and Someya, T., « A study of the phototoxicity of lemon oil », *Archives of Dermatological Research*, 278, (1985), pp 31-36. 125
- Nedorostova, L., Kloucek, P., Kokoska, L., & Stolcova, M. (2009). Antimicrobial properties of selected essential oils in vapour phase against foodborne bacteria. *Food Control*, 20(2), 157-160.
- Nixon, M., & McCaw, M. (2001). *The Compleat distiller*. New Zealand: The Amphora Society
- Ozenda, P. 1983. *Flore du Sahara*, Paris, CNRS, 159p.

- Parfitt, DE, & Badenes, ML (1997). Phylogénie du genre Pistacia telle que déterminée à partir de l'analyse du génome chloroplastique. Actes de l'Académie nationale des sciences , 94 (15), 7987-7992.
- Pibiri M-C., (2005). Assainissement microbiologique de l'aire et des systèmes de ventilation au moyen d'huile essentielle. Thèse N °3311, Lausanne Suisse.
- Pinto, E., Vale-Silva, L., Cavaleiro, C., & Salgueiro, L. (2006). Antifungal activity of the essential oil of Thymus pulegioides on Candida, Aspergillus and dermatophyte species. *Journal of Medical Microbiology*, 55(10), 1367-1373.
- Poole, K. (2011). Pseudomonas aeruginosa: resistance to the max. *Frontiers in Microbiology*, 2, 65.
- Pouget, 1980. Les relations sol-végétation dans les steppes sud algéroises. Trav. Et. Doc. ORSTOM, Paris, 555 p.
- Quezel P., et Santa S., 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Éd CNRS. Paris. .626 p.
- Rai, V. K., Agrawal, A., & Singh, A. (2013). Essential oils and their applications: A mini review. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, 7(4), 1073-1080.
- Rameau, J-c., Mansion, D., Dumé, G., Gauberville, C., Bardat, J., Bruno, E. et R.Keller. 2008. Flore forestière française, Guide écologique illustré vol.3 région Méditerranéen.2426p
- Rassem, H.H.A., Nour, A.H. et Yunus, R.M. Techniques for extraction of essential oils from plants : A review. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 2016. Vol. 10, no. 16, p. 117-127.
- Rosa, L. S., & Rodrigues, C. A. (2021). Essential oils in food preservation: Mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. Trends in Food Science & Technology, 117, 423-438
- Roussou, M. (2018). Identification des restes archéologiques du genre Pistacia L. : approches morphologique et morphométrique traditionnelle et géométrique. [Mémoire de Master 2, Muséum national d'histoire naturelle de Paris].

- Saadoun, S.N., 2002. Types stomatiques du genre *Pistacia*: *Pistacia atlantica* Desf. ssp. *Atlantica* et *Pistacia lentiscus* L., p369.
- Sari, M., Ceylan, O., & Arabaci, G. (2016). The essential oil composition of *Pistacia terebinthus* L. fruits from Turkey. **Industrial Crops and Products**, 83, 578-582.
- Seigne, A. (1985). La forêt circum méditerranéenne et ses problèmes. Techniques agricoles et productions méditerranéennes. G.P. Maison neuve et Larousse.
- Setzer, W. N. (2009). Essential oils and anxiolytic aromatherapy. **Natural Product Communications**, 4(9), 1305-1316.
- Shahi C., Leitch M. et Laforest S., 2009. Marketing Intelligence System for Small-Scale Essential Oils Industry of North-Western Ontario, IUFRO 3.08 Small Scale Forestry Symposium Proceedings, pp. 227 – 236, Morgantown, West Virginia, June 7-11.
- Shakeri, A., Hazeri, N., Vlizadeh, J., Ghasemi, A., & Tavallaee, F. (2014). Phytochemical screening, antimicrobial and antioxidant activities of *Anabasis aphylla* L. extracts. **Krankenhauspharmazie**, 15(1), 233-238.
- Singh, P., & Pandey, A. K. (2021). Prospects of botanicals as biopesticides in insect pest management. *Phytotherapy Research*, 35(8), 3873-3886.
- Sivropoulou, A., Papanikolaou, E. et al., « Antimicrobial and cytotoxic activities of *origanum* essential oils », *Journal of food chemistry*, 44, (1996), pp 1202-1205.
- Smith, C.K., Moore, C.A., Alahi, E.N., Smart, Â.T. and Hotchkiss, S.A., « Human skin absorption and metabolism of the contact allergens, cinnamic aldehyde and cinnamic alcohol », *Toxicology and Applied Pharmacology*. 168, (2000), pp189-199.
- Somon E., 1987. Arbre, arbustes et arbrisseaux en Algérie. O.P.U. Alger.586.
- Spina P. et PENNISI F., 1957. La culture du pistachier en Sicile. *Riv.Ortoflorofrutticult.Ital.*, 19 : 533-556.
- Stassi, V., Urzì, A., Ragusa, S., Zappalà, M., & Ruberto, G. (1998). Essential oils of four *lamiaceae*. *Flavour and Fragrance Journal**, 13(4), 198-200.
- Trabelsi, N., Oueslati, M. H., Boulaaba, M., Rejeb, S., & Marzouki, M. N. (2012). Chemical composition and antioxidant activity of essential oils and solvent extracts of

- endemic Tunisian *Pistacia atlantica* Desf. leaves. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(3), 27-34.
- Traveset, A. (1994). Influence of type of avian frugivory on the fitness of *Pistacia terebinthus* L. *Evolutionary Ecology*, 8(6), 618-627.
 - Ünlü M., Daferera D., Dönmez E., Polissiou M., Tepe B. et Sökmen A., 2002. Compositions and the in vitro antimicrobial activities of the essential oils of *Achillea setacea* and *Achillea teretifolia* (Compositae). *Journal of Ethnopharmacology*, Vol. 83, pp. 117 - 121.
 - W. Abdelli. « Caractérisation chimique et étude de quelques activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et de *Thymus vulgaris* ». Université de Mostaganem (Algérie), 2017.
 - Wiegand, I., Hilpert, K., & Hancock, R. E. (2008). Agar and broth dilution methods to determine the minimal inhibitory concentration (MIC) of antimicrobial substances. *Nature Protocols*, 3(2), 163-175.
 - Willem, J.P., « Les huiles essentielles, médecine d'avenir », Edition Dauphin, Paris(2004), 318 p.
 - Wilson, M. (2010). Huiles essentielles pour la cuisine et le bien-être. Montréal]: Fides.
 - Woodroof J.G., 1979. Tree nuts; production. Processing. Products. Vol.3. 2nd Ed. Avi Pub Co. Westport CT., 712P.
 - Xie, L., Yang, Z.-Y., Wen, J., Li, D.-Z., Yi, T.-S., 2014. Biogeographic history of *Pistacia* (Anacardiaceae), emphasizing the evolution of the Madrean-Tethyan and the eastern Asian-Tethyan disjunctions. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 77, 136–146. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.04.006>
 - Yaaqobi A., EL Hafid L. et Haloui B., 2009. Etude biologique de *Pistacia atlantica* Desf. De la région orientale du Maroc ». *Biomatec Echo*. (3) 6, 39 – 49.
 - Zhang, N., Qiu, S., Zhang, R., Yang, Z., & Liu, D. (2021). Essential oils in skin wound healing: A comprehensive review. *Journal of Ethnopharmacology*, 265, 113429.

- Zohary M., (1952). " A monographical study of the genus Pistacia", Palestine Journal of Botany Jerusalem, 5, pp. 187–228.
- Zohary, M. 1952. A monographical study of the genus Pistacia Palestine Journ. Bot. J., 5 (4): 187-228.
- Zohary, M. 1987. Flora of Palaestina Platanaceae to Umbelliferae. Second printing, 2: 296-300.

