



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1.

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE VIE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

Mémoire de Fin d'Etude

En vue d'obtention du Diplôme de Master en Biologie

Spécialité : Biodiversité et Physiologie Végétale

Thème :

**Diversité de la composition chimique des huiles essentielles de
genévrier (*Juniperus phoenicea* L.) dans des régions différentes**

Présenté par : **Zdi Ahmed Mounira** et **Ziouche Sabrina**

Devant le jury composé de :

Mme Faidi H.	MAA	USDB1	Présidente
Mme Bensalah L.	MAA	USDB1	Examinatrice
Mme AMARA N.	MCA	USDB1	Promotrice

Année universitaire : 2020-2021

Résumé

Le présent travail est une étude rétrospective comparative, qui a pour objectif l'étude de la diversité de la composition chimique des huiles essentielles de genévrier (*Juniperus phoenicea* L.) dans trois pays différents.

Dans cette étude nous avons établi une monographie sur *Juniperus phoenicea*. C'est-à-dire la description botanique, la classification taxonomique et la composition chimique de l'huile essentielle.

Une méta-analyse sur la composition chimique de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* a été accomplie dans huit biotopes différents. A travers cette étude comparative, nous avons constaté que, le rendement de l'extraction de l'huile essentielle est fluctuant. Il varie entre 0,14% à 2,75% (fruits). Cette variation dépend de l'organe récolté, du site et de la période de récolte.

La composition chimique de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*, surtout son chémotype varie en fonction du changement de biotope : α -pinène 89,31% (fruits) à 34,23% (rameaux) pour les régions Assif Almal et Mehdia (Maroc) respectivement, α -pinène 67.71% à 59.01% pour les régions Matmata et Médenine (Tunisie) respectivement, β -Phellandrène 44,9% (feuilles sèches) à 43,9% (feuilles fraîches) pour la région de Mostaganem (Nord-Ouest de l'Algérie).

Cette variation dépend de plusieurs facteurs : température, lumière, ensoleillement, nature du sol, méthodes d'extractions et organes de la plante.

Mots clés : *Juniperus phoenicea* ; huile essentielle ; rendement ; composition chimique ; chémotype.

Abstract

The present work is a retrospective comparative study, which aims to investigate the diversity of chemical composition of juniper (*Juniperus phoenicea* L.) essential oils in three different countries.

In this study, we have established a monograph on *Juniperus phoenicea*. That is, the botanical description, taxonomic classification and chemical composition of the essential oil.

A meta-analysis on the chemical composition of the essential oil of *Juniperus phoenicea* was performed in eight different biotopes. Through this comparative study, we found that, the yield of the extraction of the essential oil is fluctuating. It varies between 0.14% to 2.75% (fruits). This variation depends on the organ harvested, the site and the harvesting period.

The chemical composition of the essential oil of *Juniperus phoenicea*, especially its chemotype varies according to the change of biotope: α -pinene 89.31% (fruits) to 34.23% (branches) for the regions Assif Almal and Mehdiya (Morocco) respectively, α -pinene 67.71% to 59.01% for the regions Matmata and Medenine (Tunisia) respectively, β -Phellandrene 44.9% (dry leaves) to 43.9% (fresh leaves) for the region of Mostaganem (North-West Algeria).

This variation depends on several factors: temperature, light, sunshine, nature of the soil, extraction methods and plant organs.

Keywords: *Juniperus phoenicea*; essential oil ; yields ; chemical composition ; chemotype.

ملخص

هذا العمل عبارة عن دراسة مقارنة بأثر رجعي ، تهدف إلى التحقق من تنوع التركيب الكيميائي للزيوت الأساسية للعرعر (*Juniperus phoenicea* L.) في ثلاثة بلدان مختلفة.

في هذه الدراسة أنشأنا دراسة عن العرعر الفينيقي. أي الوصف النباتي والتصنيف التصنيفي والتركيب الكيميائي للزيت العطري.

تم إجراء تحليل تلوي على التركيب الكيميائي للزيت العطري من *Juniperus phoenicea* في ثمانية بيئات حيوية مختلفة. من خلال هذه الدراسة المقارنة، وجدنا أن مردود استخراج الزيت العطري متقلب. وتتراوح نسبته بين 0.14% و 2.75%. فواكه. يعتمد هذا الاختلاف على العضو الذي يتم حصاده والموقع وفترة الحصاد.

يختلف التركيب الكيميائي للزيت العطري من العرعر الفينيقي ، خاصة النمط الكيميائي الخاص به وفق التغير البيئية الحيوية : α -pinene 89.31% ثمار إلى 34.23% فروع لمنطقتي أسيف المال والمهدية - المغرب على التوالي β -

Phellandrene 44.9% الأوراق الجافة إلى 43.9% الأوراق الطازجة لمنطقة مستغانم - شمال غرب الجزائر -

يعتمد هذا الاختلاف على عدة عوامل: درجة الحرارة و الضوء و أشعة الشمس وطبيعة التربة وطرق الاستخراج و الأعضاء النباتية.

الكلمات المفتاحية: *Juniperus phoenicea* , الزيت الأساسي, مردود , التركيب الكيميائي, النمط الكيميائي.

Remerciements

Dieu merci pour la santé, la volonté, le courage et la détermination qui nous ont accompagnés tout au long de la préparation de ce mémoire de Master et qui nous ont permis d'achever ce modeste travail. Nous tenons à remercier notre promotrice M^{me} Amara pour ses précieuses orientations.

Nous remercions également les membres de jury Mme Faidi H. et Mme Bensalah L. d'avoir consacré de leur temps pour l'évaluation de notre modeste travail.

En ce moment précis, toutes nos pensées vont vers nos honorables parents en reconnaissance à leur esprit de sacrifice et de dévouement ainsi qu'à leur soutien constant –moral et matériel- et ce, pour nous avoir permis de construire un avenir certain et en même temps réaliser nos rêves.

A la fin, nous remercions tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce projet.

Merci

Dédicace

A nos chers parents

A nos familles

A nos amis

Sommaire

Résumé	
Abstract	
ملخص	
Remerciements	
Dédicaces	
Sommaire	
Liste des figures	
Liste de tableaux	
Introduction générale	1

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

1-Généralités sur *Juniperus phoenicea* L.

1.1- Historique.....	2
1.2- Description botanique de <i>Juniperus phoenicea</i> L.....	2
1.3- Taxonomie et nom vernaculaire.....	4
1.4- Distribution géographique	
1.4.1-Répartition dans le monde	4
1.4.2- Répartition en Algérie.....	5
1.5-Exigences écologiques	5
1.6-Importance de la plante.....	6
1.7- Huiles essentielles	
1.7.1- Définition	6
1.7.2-localisation et lieu de synthèse.....	7
1.7.3-Biosynthèse des huiles essentielles	7
1.7.4-Méthodes d'extractions des huiles essentielles.....	9
1.7.5-Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Juniperus phoenicea</i> L.....	11
1.7.6-Notion de chémotype	12

Chapitre II : Matériel et Méthodes

2.1-Matériel	13
2.2-Méthodes	13
2.2.1-Echantillonnage.....	13
2.2.2-Extraction des huiles essentielles	14
2.2.3-Détermination des rendements des huiles essentielles	15
2.2.4-Analyse des huiles essentielles.....	15

Chapitre III : Résultats et Discussion

3.1-Résultats sur les rendements de l'extraction des huiles essentielles	17
3.2-Résultats sur la composition chimique des huiles essentielles	19
Conclusion.....	21
Références Bibliographiques	22

Liste des figures

- **Figure 1** : Photos représentants (A) allure générale, (B) fleurs mâles et femelles, (C) fruits du *Juniperus Phoenicea* 3
- **Figure 2** : Aire de répartition des genévriers du groupe phoenicea en région méditerranéenne5
- **Figure 3** : Biosynthèse des Monoterpènes représentatifs à partir du GDP....
.....8
- **Figure 4** : Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation 9
- **Figure 5** : Schéma du principe de la technique de l'entraînement à la vapeur d'eau
.....10
- **Figure 6** : Schéma du principe de la technique d'extraction assistée par micro-ondes
.....11
- **Figure 7** : Les principaux monoterpènes et sesquiterpènes présents dans les huiles essentielles de *Juniperus phoenicea*
.....12

Liste des tableaux

Tableau 1 : Information sur l'organe étudié ainsi que le lieu de récolte.....	13
Tableau 2 : Différentes méthodes d'extractions des huiles essentielles et leurs modes d'analyses chromatographiques appliqués	14
Tableau 3 : Rendement en huiles essentielles de <i>Juniperus phoenicea</i> L de chaque article étudié	17
Tableau 4 : Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Juniperus phoenicea</i> L	19

Introduction générale

Les plantes ont constitué le premier et principal outil thérapeutique à la disposition de l'homme et cependant de nombreux siècles. Dans diverses civilisations et sur tous les continents, les pharmacopées végétales se sont développées et enrichies grâce à l'empirisme. Avec un don d'observation inégalé, les anciens ont pu mettre en évidence des propriétés curatives ou préventives des plantes médicinales qui n'ont d'ailleurs, jamais été démenties par l'usage (**Carillon, 2009**).

D'origine américaine, asiatique, africaine et européenne, le genre *Juniperus* (Cupressacées) comprend un grand nombre d'espèces (environ soixante) avec des variétés rigides aux aiguilles piquantes et des variétés souples aux feuillages en écailles (**Hagar, 1979 ; Adams, 1998 ; Adams, 2004 ; El-Sawi et al., 2007**).

Des études de la variabilité chimique de l'huile essentielle des feuilles de *Juniperus Phoenicea* récolté dans différentes régions, ont permis aux chercheurs de définir la composition chimique des huiles essentielles. Les composants majoritaires sont : α -pinène, β -phellandrene, caryophyllène, linalool, thujène et le myrcène avec des différences en pourcentages (**El-Sawi et al., 2007 ; Bouzouita et al., 2008 ; Derwich et al., 2010 ; Mazari et al., 2010**).

La composition de l'huile essentielle issue d'une même espèce n'est pas constante. Sous l'influence de facteurs extérieurs, elle peut même présenter des spécificités biochimiques très différentes : on parle alors de chémotype. Dans ce contexte, nous avons consulté plusieurs articles, qui sont en relation avec notre thématique. Ce travail théorique, a pour objectif d'établir une revue bibliographique globale sur le genévrier (*Juniperus phoenicea* L.). Selon les résultats des travaux antérieurs obtenus concernant la variabilité de l'huile essentielle du genévrier dans plusieurs sites différents. Cette étude réalisée va servir comme un outil de référence pour d'autres étudiants, qui travaillent sur la même espèce.

Le recours à la réalisation d'une synthèse bibliographique des travaux antérieurs sur la composition chimique de l'huile essentielle de genévrier dans des biotopes différents a été imposé par les circonstances particulières qu'a connues l'année pédagogique en cours. Ces dernières sont liées à la propagation de la pandémie du Covid 19. Cette dernière nous a empêché de concrétiser la démarche expérimentale que nous avons souhaité.

1- Généralités sur *Juniperus phoenicea*

1.1. Historique

Le genévrier de Phénicie ou genévrier rouge (*Juniperus phoenicea* L.). C'est certainement l'espèce la plus répandue en Afrique du Nord où elle est présente depuis les dunes littorales jusqu'aux limites sahariennes. Du point de vue écologique, ce genévrier est typiquement méditerranéen (**Quezel et Gast, 1998**).

Juniperus phoenicea, généralement connu sous le genévrier de Phénicie, est un arbuste adapté au climat méditerranéen aride, il appartient à la famille Cupressaceae classé comme deuxième genre le plus diversifié des Conifères, avec 67 espèces et 34 variétés, toutes les variétés sont limitées à l'hémisphère Nord (**Caudullo et Rigo, 2016 ; Becker et al., 1982 ; Adams et al., 2002**).

La famille des Cupressaceae comprend deux sous-familles, se divisant chacune en trois tribus, les Cupressoideae et les Callitroideae qui sont essentiellement et respectivement des hémisphères nord et sud (**Haluk et Roussel, 2000**).

1.2- Description botanique de *Juniperus phoenicea* L.

Le *Juniperus phoenicea*, est un arbre dressé ou touffu, de forme pyramidale, résineux et aromatique, qui fait de 4 à 8 mètres de haut. (**Bouilet, 2007**). Il présente un port buissonnant. Le tronc est grêle ordinairement, atteignant 2 m de circonférence. (**Ait Youssef, 2006**). L'écorce est d'un brun rouge, légèrement lamelleuse fibreuse, devient assez épaisse, à système racinaire profond (**Rameau et al., 2008**). (**Fig.1A**)

Les feuilles sont squamiformes nombreuses, petites ; charnues, d'un vert foncé, ovales, convexes, imbriquées, appliquées contre les rameaux, semblables à de petites écailles. Elles possèdent de très petites glandes à résine (**Varlet, 1992**).

Les branches forment une corbeille très compacte de rejets, dont certaines ont 5 mètres de diamètre et 3 mètres de hauteur ; mais cette faculté de rejet de tige n'a lieu, sans doute, que pour des sujets jeunes, de moins de 50 à 60 ans (**Boudy, 1950 in Zereg, 2011**).

C'est une espèce monoïque, c'est à- dire, c'est une plante à fleurs unisexués mâles et femelles séparées, portés par le même pied (**Ageste, 1960 in Zereg, 2011**). Les fleurs mâles disposées en petits chartons ovales ou arrondis situés à l'extrémité des rameaux. Elles sont munies d'écailles pédicellées, en forme de bouclier. Elles contiennent des calices mais pas de corolles. Les étamines sont composées de trois ou quatre anthères, placées sous chaque écaille. Dans la fleur femelle, les écailles sont épaisses, aigues, disposées sur quatre rangs. Ces écailles croissent deviennent charnues et forment une baie arrondie, contenant ordinairement trois noyaux à une seule loge (**Fig.1B**) (**Chaumeton, 1945 in Zereg, 2011**).

Généralité sur *Juniperus phoenicea* L.

Le fruit est formé d'écailles soudées, opposées en croix. Il a de 8 à 15 mm de diamètre. Il est brun rouge à maturité. Les écailles sont charnues, la pulpe est jaune, fibreuse et résineuse. Les fruits contiennent de quatre à neuf graines, ovales, aux extrémités aigues avec une enveloppe dure qui retarde la germination. Les fruits sont verts puis deviennent rouges la deuxième année (Fig.1C) (Seigue, 1985).



Figure 1 : Photos représentant (A) allure générale, (B) fleurs mâles, (C) fruits du *Juniperus Phoenicea* (Bouilet, 2007).

1.3- Taxonomie et noms vernaculaires

Juniperus phoenicea L appartient à la famille des Cupressacées, tribu des Junipérées et du genre *Juniperus* (Teibi, 1992). Deux variétés sont connues pour cette espèce : *J. phoenicea* var. *phoenicea* (les graines des cônes sont globuleuses) et *J. phoenicea* var. *turbinata* (les graines des cônes sont turbines) (Achak, 2006).

La classification du genévrier de Phénicie est la suivante (Teibi, 1992 ; Adams, 2004)

Règne : Plantae

Division : Pinophyta

Classe : Pinopsida

Ordre : Pinales

Famille : Cupressaceae

Genre : *Juniperus*

Espèce : *Juniperus phoenicea* L.

Les noms vernaculaires du genévrier de Phénicie sont les suivants :

En arabe : Arar (Quezel et Santa, 1962 in Mazari, 2009).

En français : Genévrier rouge, Genévrier de Phénicie.

En anglais : Phoenician Cedar, Berry Bearing Cedar (Bonnier, 1990).

1.4- Distribution géographique

1.4.1-Répartition dans le monde

Le genévrier de Phénicie est une espèce dont l'aire de répartition est circumméditerranéenne. Il se trouve aussi bien dans certaines régions du littoral que sur les basses montagnes dont l'altitude ne dépasse pas 2000 m (Ait Youssef, 2006 ; Gandini, 2006). Au niveau mondial, il se produit en Europe méridionale (Sud de la France, Est du Portugal et Espagne), en Asie tempérée et subtropicale (Turquie, Chypre, Ouest de l'Arabie Saoudite, Palestine et Jordanie), dans l'Océan Atlantique (îles Canaries) et en Afrique du Nord (Algérie, Maroc et Tunisie) (figure 2) (Seigue, 1985 ; Dakki, 2003 ; Mazur et al. 2003 ; Achak et al., 2009).

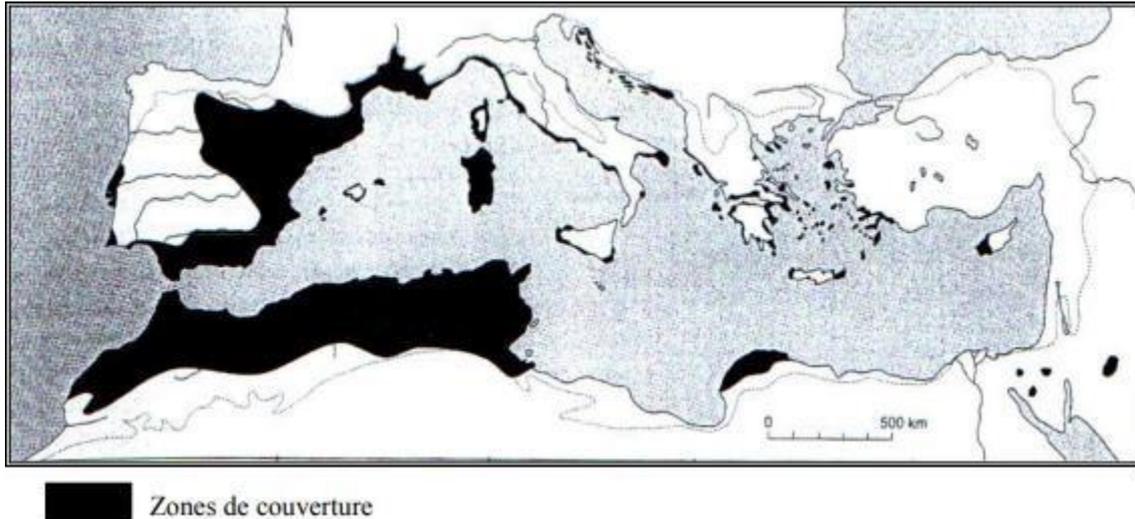


Figure 2 : Aire de répartition des genévriers du groupe phoenicea en région méditerranéenne (Quezel et Medail, 2003)

1.4.2-Répartition en Algérie

Le genévrier rouge occupe une superficie estimée à 227.000 ha, soit 10% de la surface forestière algérienne (Louni, 1994). Il est commun sur l'ensemble du littoral, sur les hauts plateaux et l'Atlas saharien de l'oranais, de l'Algérois et du Constantinois (Ait Youssef, 2006). Il est assez rare ailleurs, on le trouve surtout sur les dunes littorales, dans les collines, sur les côtes de Barbarie. Il constitue au côté du cèdre, la principale couverture végétale dans les montagnes des Aurès, notamment dans le Sud de ce massif (régions de Maafa et Beni Fodhala) où il occupe une superficie de 1950 ha (Abdessamed, 1981 ; Dakki, 2003, Ait Youssef, 2006). Il est souvent en mélange avec *Pinus halepensis*. Mais c'est dans l'Atlas Saharien bordant le désert, plus particulièrement à Djelfa et Boussaâda, qu'il trouve sa place en grande extension (Frank, 1986 ; Louni, 1994).

1.5- Exigences écologiques

1.5.1- Exigences climatiques

Le *Juniperus phoenicea* s'adaptant à des contextes climatiques méridionaux variés : il est héliophile. Il se rencontre en station sèche à l'étage thermo méditerranéen et à l'étage montagnard : il est xérophile. C'est une espèce, qui résiste mieux à l'aridité au froid (Rameau et al., 2008).

Il a un tempérament robuste lui permettant de végéter dans des conditions très sévères et de supporter de graves mutilations. Il résiste moins bien aux incendies et caractérisé par sa résistance au vent. *Juniperus phoenicea* croît dans l'étage bioclimatique semi -aride avec une pluviométrie moyenne annuelle de 250 mm. (Boudy1950 in Zereg, 2011).

1.5.2- Exigences édaphiques

Il paraît se plaire principalement dans les sols meubles et siliceux. Il convient très bien pour la fixation des dunes. Il doit être considéré comme une essence de protection (**Ageste, 1960 in Zereg, 2011**).

C'est une espèce indifférente au sol, supporte l'argile, les sables, les sols calcaires, ou dolomitiques, les marnes, les sols volcaniques et même les sols légèrement salés (**Seigue, 1985**).

1.6-Importance de *Juniperus phoenicea*

Les peuplements de genévrier de Phénicie ont jusqu'ici été un peu abandonnés à eux-mêmes. Mais il faut cependant les soumettre à un traitement permettant d'assurer la permanence de la forêt dans des conditions humaines et physiques difficiles. Pour n'en tirer que le minimum de produits nécessaires aux populations locales (**Boudy, 1950 in Zereg, 2011**).

Le bois de genévrier clair pour le houpier, jaune sombre pour le cœur, est imputrescible. Il a de grandes qualités pour la construction et l'ébénisterie. Comme bois de feu, il est excellent. Seules ses faibles dimensions limitant son emploi. Les feuillages sont parfois utilisés pour l'alimentation de bétail et en médecine traditionnelle en décoction contre les troubles digestifs ; l'exploitation des branches feuillées du genévrier de Phénicie pour la production du goudron végétal naturel. En plus, elles sont utilisées en médecine traditionnelle pour traiter certains cas d'eczéma, contre l'asthme, les maux de tête et les étourdissements. (**Seigue, 1985**).

Les formations à *Juniperus phoenicea* s'intercalent entre les formations steppiques de basses altitudes et les formations forestières et pré forestières à chêne vert. Cette position confère au *Juniperus phoenicea* un rôle écologique considérable du fait qu'il se comporte comme un élément de forte résistance à la désertification et à la pression de l'homme et de ses troupeaux de nos jours, en montagne et sur les dunes. (**Taleb, 2007**).

1.7- Huiles essentielles (HE)

1.7.1-Définition

Il est très difficile d'attribuer une seule définition au terme « huile essentielle », car il en existe plusieurs. Mais aucune des définitions n'a le mérite de la clarté, ni celui de la précision. Les HE sont des mélanges de divers produits issus d'une espèce végétale. Ces mélanges passent avec une certaine proportion d'eau lors d'une distillation effectuée dans un courant de vapeur d'eau (**Naves, 1976**).

Sous le nom d'HE, on désigne les principes volatiles généralement odoriférants élaborés par l'organisme végétal. Ces composés volatils ont la propriété de se solubiliser dans les huiles et les graisses et par la même ont reçu empiriquement le nom d'HE. Le terme « huile » souligne le caractère visqueux et hydrophobe de ces substances et le terme « essentielle » désigne la caractéristique principale de la plante. **(Bernard et al., 1988 ; Bruneton, 1993).**

L'association française de normalisation (AFNOR) définit une huile essentielle comme étant « un produit obtenu à partir d'une matière végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des citrus, soit par distillation à sec ». L'huile essentielle est ensuite séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques (AFNOR, 2000). Cette définition est restrictive car elle exclut aussi bien les produits extraits à l'aide de solvants que ceux obtenus par tout autre procédé.

1.7.2-localisation et lieu de synthèse

Parmi les espèces végétales (800 000 à 1 500 000 selon les botanistes) 10% seulement sont dites « aromatiques ». C'est-à-dire qu'elles synthétisent et sécrètent d'infimes quantités d'essence aromatique. Les genres capables d'élaborer les constituants des HE sont répartis dans un nombre de familles limités, exemple : *Myrtaceae*, *Lauraceae*, *Rutaceae*, *Lamiaceae*, *Asteraceae*, *Cupressaceae*, *Poaceae*, *Zingiberaceae*, *Piperaceae* **(Bruneton, 1999).**

D'après **(Bruneton, 1995)**, la synthèse et l'accumulation des HE sont souvent associées à la présence de structures histologiques particulières, qui sont généralement localisées sur ou à proximité de la surface du végétal les Cellules isolées à HE des *Lauraceae* ou de *Zingiberaceae* ; Poils sécréteurs des *Lamiaceae* ; Poches sécrétrices des *Myrtaceae* ou des *Rutaceae* ; Canaux sécréteurs des *Apiaceae* ou des *Asteraceae*.

1.7.3- Biosynthèse des huiles essentielles

Selon **Bruneton (1999)** seuls les terpènes les plus volatils dont la masse moléculaire n'est pas trop élevée (Monoterpènes et sesquiterpènes) et leurs dérivés oxygénés sont rencontrés dans la composition des HE.

➤ Biosynthèse des Monoterpènes

Le géranyldiphosphate « GDP » est considéré comme le substrat naturel pour la synthèse des Monoterpènes et suite à des étapes d'isomérisation et de cyclisation, il se transforme en LDP (diphosphate linalylique). Le LDP s'ionise et se cyclise donnant une forme qui correspond au cation α -terpinyl. De cet intermédiaire universel, la réaction peut prendre l'un des plusieurs itinéraires

(figure 3). Alternativement, le cation α -terpinyl peut subir davantage de cyclisation, pour fournir l' α - ou β -pinène (Gambliel et Croteau, 1984). Ce cation peut aussi produire l' α -terpinéol, lequel après hétérocyclisation donne le 1,8-cineole (Croteau et al., 1994). Quelques synthèses de Monoterpènes produisent les produits acycliques tels que le myrcène et le linalool (Croteau, 1987 ; Bohlmann et al., 1997).

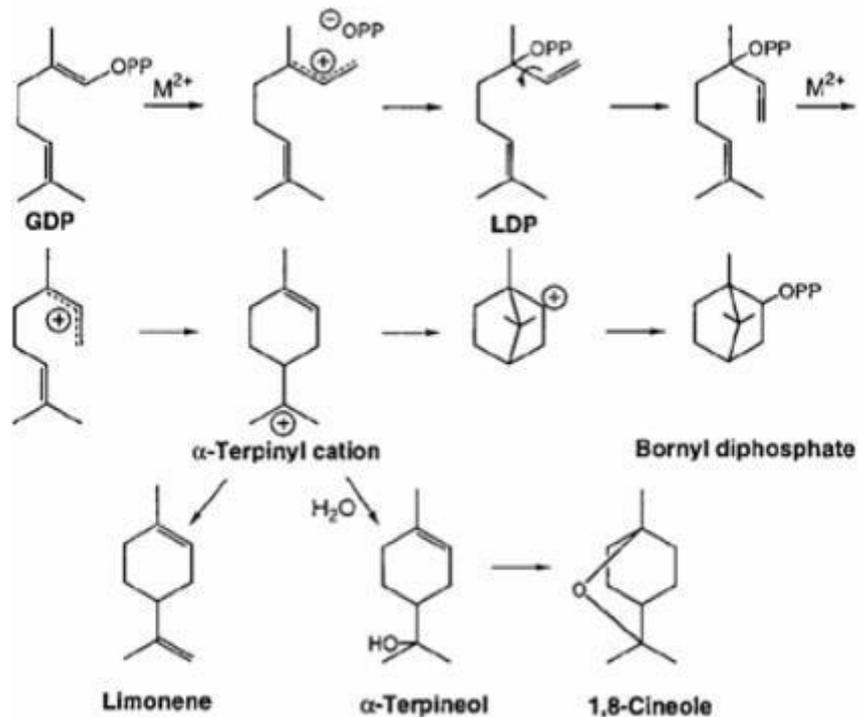


Figure 3 : Biosynthèse des Monoterpènes représentatifs à partir du GDP (Rajaonarivony et al., 1992)

➤ Biosynthèse des Sesquiterpènes

Tous les sesquiterpènes sont dérivés du farnésyldiphosphate « FDP » (Cane, 1990), et la diversité structurale de cette classe est plus grande que celle des Monoterpènes. Le nombre des Monoterpènes avoisine les 1000. Alors que les sesquiterpènes sont plus de 7000 (Connolly et Hill, 1991). De même que les Monoterpènes, la formation des composés cyclohexanoïd, tels que α -bisabolène, exige l'isomérisation préliminaire du trans-farnesyl qui est analogue à LDP et représente le précurseur des sesquiterpènes, suivie d'une cyclisation ionisation-dépendante. La plus grande taille de la chaîne du farnesyl permet également après cyclisation la formation de composés tel que

le germacrène C (Colby et al., 1998) et γ -humulène (Steele et al., 1998). Des migrations méthyliques, et des réarrangements de Wagner-Meerwein, permet la génération d'une large gamme de structures, y compris le δ -cadinène (Chen et al., 1995), l'épi-aristolochène (Facchini et Chappell, 1992), le γ -selinène, le vetispiradiène et le longifolène (Steele et al., 1998).

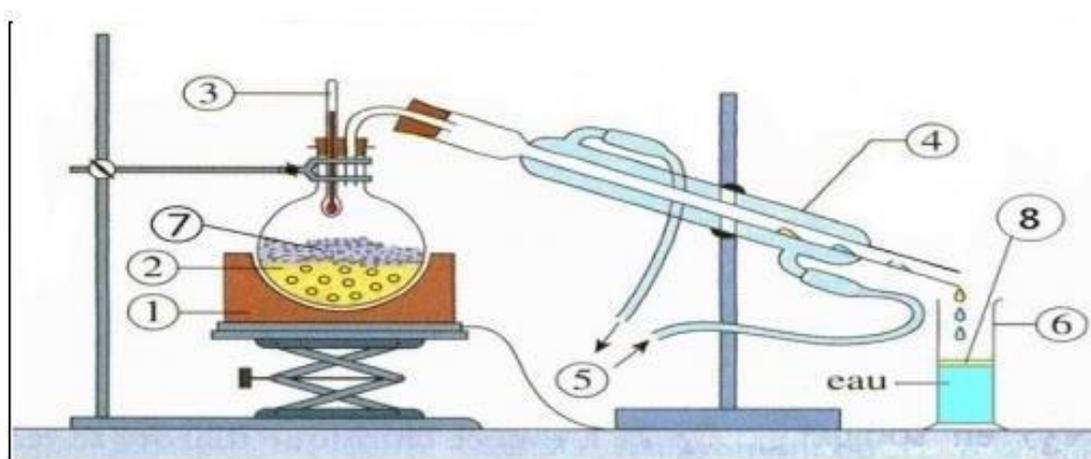
Les Sesquiterpènes acycliques, tels que le β -farnésène, sont également dérivés de FDP (Crock et al., 1997). Les mécanismes de réaction des synthèses plastidiales des Monoterpènes et les synthèses cytosoliques des sesquiterpènes ont des propriétés similaires (Alonso et Croteau, 1993).

1.7.4-Méthodes d'extractions des huiles essentielles

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales (Sallé, 2004). En général, le choix de la méthode d'extraction dépendra de la nature du matériel végétal à traiter (graines, feuilles ou tiges), du rendement en l'huile et de la fragilité de certains constituants des huiles aux températures élevées (Crespo et al., 1991 ; Hellal, 2011). Nous citons les plus utilisées

➤ Hydrodistillation

L'hydrodistillation (water distillation) est la méthode la plus simple. De ce fait, la plus anciennement utilisée. Elle consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter dans un alambic rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées dans un réfrigérant et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité. Cependant, l'hydrodistillation possède des limites. En effet, un chauffage prolongé et trop puissant engendre la dégradation de certaines molécules aromatiques (figure 4) (Bruneton, 1999 ; Lucchesi, 2005).



1- Chauffe ballon ; 2- Ballon ; 3- Thermomètre ; 4- Réfrigérant ; 5- Entrée et sortie d'eau ; 6- Erlenmeyer ;
7- Matière à extraire l'essence ; 8- Couche d'huile essentielle.

Figure 4 : Schéma du principe de la technique d'hydrodistillation (Lucchesi, 2005)

➤ **Entraînement à la vapeur d'eau**

Dans ce système d'extraction (steam distillation), le matériel végétal ne macère pas directement dans l'eau. Il est placé sur une grille perforée au travers de laquelle passe la vapeur d'eau. Cette dernière endommage la structure des cellules végétales et libère ainsi les molécules volatiles, qui sont ensuite entraînées vers le réfrigérant. Cette méthode apporte une amélioration de la qualité de l'huile essentielle en minimisant les altérations hydrolytiques. Le matériel végétal ne baignant pas directement dans l'eau bouillante (**figure 5**) (**Franchomme et al., 1990 ; Richard, 1992 ; Lucchesi, 2005**).

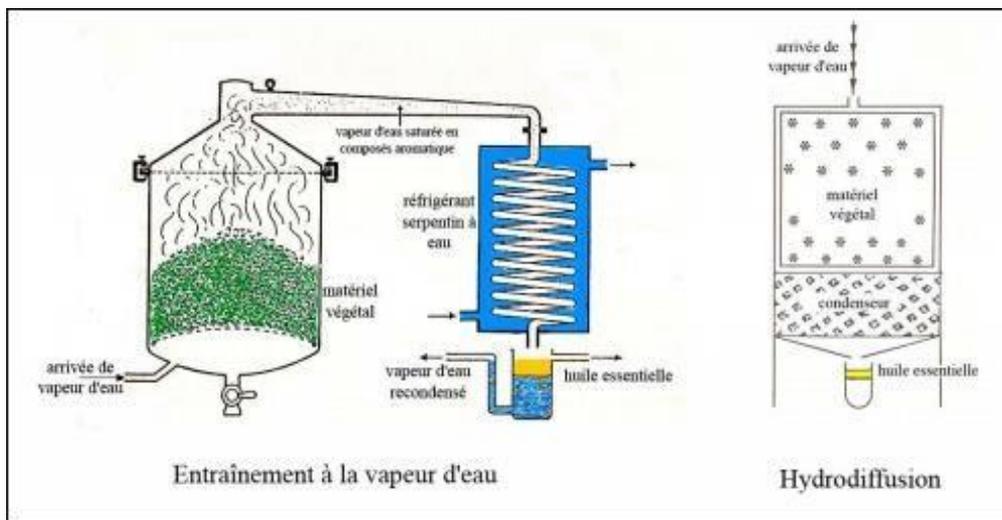


Figure 5 : Schéma du principe de la technique de l'entraînement à la vapeur d'eau (Lucchesi, 2005)

➤ **Extraction à froid**

Elle constitue le plus simple des procédés mais ne s'applique qu'aux agrumes. Le principe de ce traitement mécanique est fondé sur la rupture des péricarpes riches en cellules sécrétrices en essences. L'essence libérée est recueillie par un courant d'eau puis est isolée par décantation (**Dugo et Di Giacomo, 2002 ; Roux, 2008**).

➤ **Extraction assistée par micro-ondes**

Cette technique combine l'utilisation des micro-ondes et d'autres méthodes traditionnelles. Dans ce procédé, la matrice végétale est chauffée par micro-ondes dans une enceinte close dans laquelle la pression est réduite de manière séquentielle. Les composés volatils peuvent être recueillis par un solvant ou entraînés par la vapeur d'eau formée à partir de l'eau propre à la plante. Ils sont ensuite

récupérés à l'aide des procédés classiques de condensation, refroidissement et décantation (Meredith, 1998 ; (Hemwimon et al., 2007).

L'extraction assistée par micro-ondes fait de nos jours, l'objet de beaucoup d'études et ne cesse d'être améliorée étant donné les avantages qu'elle présente : technologie verte, économie d'énergie température plus basse et de temps (dix fois plus rapide), dégradations thermiques et hydrolytiques minimisées, mais aussi, utilisation de petites quantités de solvant et un rendement d'extraction élevé (figure 6) (Hemwimon et al., 2007 ; Lucchesi et al., 2004 ; Olivero-Verbel et al., 2010).

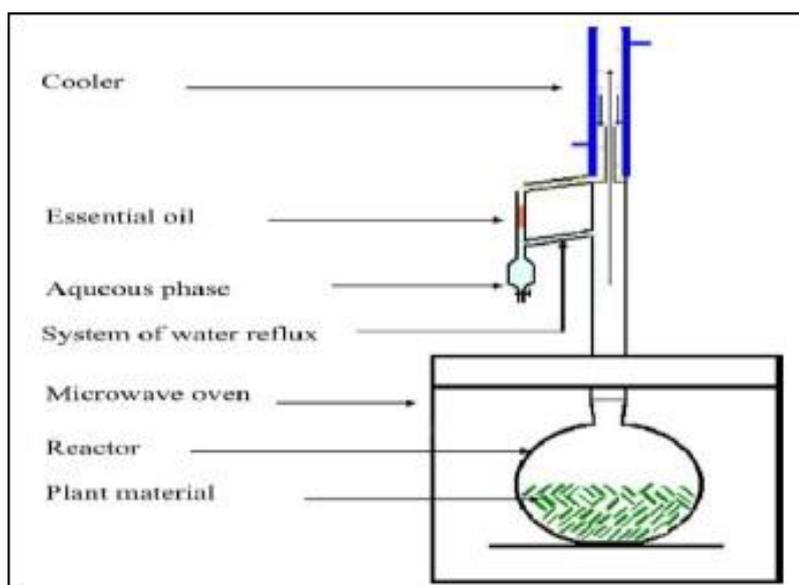


Figure 6 : Schéma du principe de la technique d'extraction assistée par micro-ondes (Lucchesi et al., 2004)

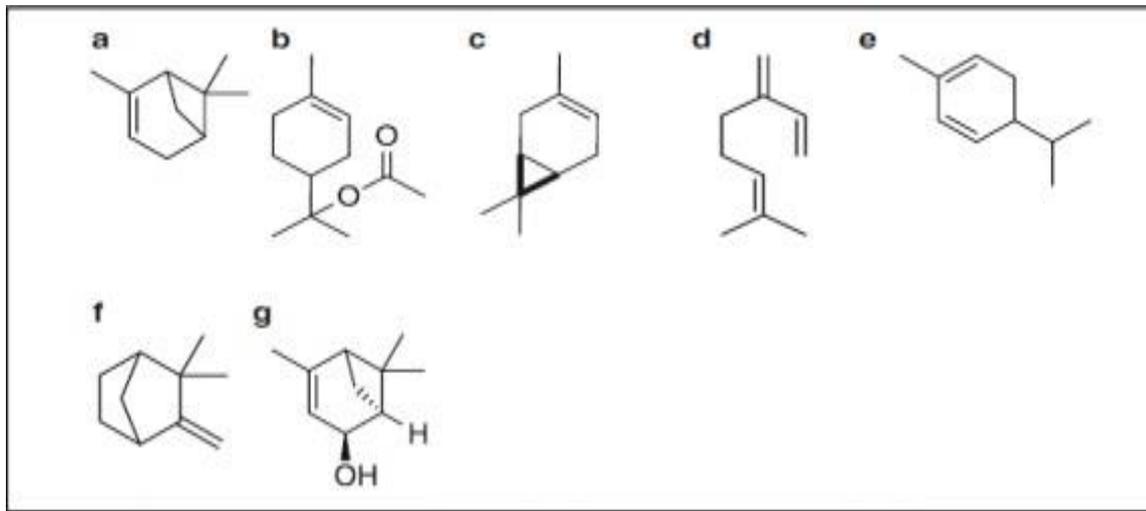
1.7.5- Composition chimique de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* L.

La majorité des composants chimiques isolés des feuilles et des cônes (fruits) de *Juniperus phoenicea* sont des huiles volatiles (Angioni et al., 2003 ; Cosentino et al., 2003 ; El-Sawi et al., 2007). En général, les huiles essentielles des espèces *Juniperus* sont composées de 85 – 95% de monoterpènes et près de 0.1 – 12% d'alcools (Angioni et al., 2003).

L'huile essentielle des feuilles de *J. phoenicea* connaît une grande variation chimique, cependant, un grand nombre de travaux rapporte la prédominance de celle-ci en monoterpènes hydrocarbonés, avec le α -pinène comme constituant majeur, suivi des monoterpènes oxygénés tels que, α -terpinyl acétate, δ -3-carène, myrcène, α -phellandrène et β -phellandrène (Afifi et al., 1992 ; Rezzi et al., 2001 ; Angioni et al., 2003 ; El-Sawi et al., 2007 ; Ennajar et al., 2009 ; Mazari et al., 2010).

L'huile essentielle des cônes est composée majoritairement de monoterpènes, suivi des sesquiterpènes, le α -pinène étant le constituant caractéristique. Camphène, δ -3-carène et trans-

verbénol sont également présents à des taux variables (figure 7) (Delitala, 1980 ; Lawrence, 1989 ; Rezzi et al., 2001).



a α -pinène ; **b** α -terpinyl acétate ; **c** δ -3-carène ; **d** myrcène ;
e α -phellandrène ; **f** camphène ; **g** trans-verbénol.

Figure 7 : Les principaux monoterpènes et sesquiterpènes présents dans les huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* (Yaniv et Dudai, 2014)

I.7.5-Notion de chémotype

La notion de chémotype (chimiotype ou encore race chimique) est une notion clé en aromathérapie. Terme utilisé pour la première fois en 1968 par le Dr R. Santesson et son fils. Le chémotype est alors défini comme : « un groupe chimiquement défini au sein d'une population d'individus morphologiquement indiscernables » (Keefover-Ring, 2009).

Le concept de chémotype permet de distinguer deux ou plusieurs huiles essentielles de composition chimique différente produites à partir de plantes de la même espèce, définie par sa dénomination scientifique et non à partir de sa dénomination commune. Ainsi, la différence entre le thym à thymol et le thym à linalol (tous deux issus de *Thymus vulgaris* L.) n'est pas la même que celle entre la lavande fine et la lavande aspic (*Lavandula angustifolia* Mill. et *Lavandula latifolia* Medik.) (Robin, 2017).

Cela signifie que des individus de la même espèce botanique, ayant donc le même génome et le même phénotype, peuvent présenter des différences significatives au niveau de leur composition chimique (Robin, 2017).

2- Matériel et Méthodes

2.1- Matériel Végétal

A travers les travaux consultés, nous avons constaté que les parties utilisées sont : les feuilles (séchées et fraîches), les rameaux et les fruits. Le tableau 1 regroupe les informations sur les échantillons récoltés et leurs lieux :

Tableau 1 : Information sur l'organe étudié ainsi que le lieu de récolte.

Espèce étudiée	Partie utilisée	Lieu de récolte	Références bibliographiques	
<i>Juniperus phoenicea</i> L	Feuilles séchées	Matmata (Tunisie)	Akrouit, 2004	
		Médénine (Sud de la Tunisie)	Bouzouita et al., 2008	
	<u>Sous-espèce : <i>lycia</i> (plaine)</u>	Les rameaux et les fruits	Maroc (Mehdia)	Mansouri et al., 2010
	<u>Sous-espèce : <i>turbinata</i> (montagne)</u>		Maroc (Assif Almal)	
	Rameaux	Maroc : d'Assif Almal (province de Chichaoua), Aghbar (province de Marrakech) et Tifnoute (Dou Ouzrou, province de Taroudant)	Mansouri et al., 2011	
	Feuilles et fruits	Algérie (Sétif)	Menaceur, 2015	
	Feuilles séchées, feuilles fraîches et les baies.	Nord-ouest de l'Algérie (Mostaganem)	Abdelli, 2017	

2.2-Méthodes

2.2.1- Echantillonnage

Les échantillons ont été ensuite séchés à l'air libre et à l'ombre. Les feuilles ont été ensuite isolées du reste de l'échantillon et conservées au frais pour analyses.

Les rameaux et les fruits des deux sous-espèces de *J. phoenicea* étudiées ; *lycia* (plaine) et *turbinata* (montagne) ont été collectés en mars et juin 2009.

2.2.2- Extraction des huiles essentielles

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* qui sont présentes dans le tableau 2 :

Tableau 2 : Différentes méthodes d'extractions des huiles essentielles et leurs modes d'analyses chromatographiques appliqués.

Marque utilisée	Méthode d'extraction	Mode d'analyse	Réf.
HP5890, HP6890, HP5973	Hydrodistillation	(CPG et CPG/SM)	Akrouf, 2004
			Bouzouita et al., 2008
			Mansouri et al., 2010
			Mansouri et al., 2011
	Micro-ondes		Menaceur, 2015
	Hydrodistillation et par Entraînement à la vapeur d'eau		Abdelli, 2017

2.2.3- Détermination des rendements des huiles essentielles

Le rendement en huile essentielle est exprimé par la quantité d'huile (en ml) obtenue pour 100 g de matière végétale sèche (Akrouf, 2004).

La décantation du distillat donne deux phases : - Une phase organique sous forme d'une huile légèrement colorée et d'odeur assez forte. - Une phase aqueuse qu'on extrait à l'éther diéthylique, dans le but d'augmenter le rendement en huile essentielle et qui donne après évaporation du solvant une deuxième phase organique qu'on regroupe avec la première (Bouzouita et al., 2008).

Les rendements en huiles essentielles sont obtenus à partir des échantillons des fruits des deux sous-espèces *turbinata* et *lycia*. (Mansouri et al., 2010).

Les rendements en huiles essentielles sont obtenus à partir des échantillons des rameaux de *Juniperus phoenicea* des provenances de Tifnoute et d'Assif Almal (Mansouri et al., 2011).

Les rendements moyens en huiles essentielles des parties aériennes de *J. phoenicea* extraites par hydrodistillation et par entraînement à la vapeur d'eau, ont été calculés en fonction de la masse du matériel végétal traité (Abdelli, 2017).

2.2.4- Composition chimique de l'huile essentielle *Juniperus phoenicea* L

La composition chimique des huiles a été déterminée par la technique de Chromatographie en Phase Gazeuse (CG) et la technique de Chromatographie en Phase Gazeuse couplée avec la Spectrométrie de Masse (CG/MS), l'analyse quantitative a été effectuée à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse de marque HP5890, HP 6890 et HP 5973.

3- Résultats et Discussion

3.1-Résultats sur les rendements de l'extraction des huiles essentielles

Chaque partie du genévrier rouge présente un taux spécifique de rendement en huile essentielle c'est ce que présente le tableau 3 :

Tableau 3 : rendement en huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* L de chaque article étudié

	Partie utilisée	Rendement	Références bibliographiques
	Feuilles séchées	0.70	Akrout, 2004
		0.50	Bouzouita et al., 2008
Sous-espèces <i>lycia</i> (plaine)	Rameaux	0,90 % ± 0,05	Mansouri et al., 2010
	Fruits	1,02 % ± 0,02	
Sous-espèces <i>turbinata</i> (montagne)	Rameaux	0,98 % ± 0,03	
	Fruits	1,10 % ± 0,03	
Assif Almal	Rameaux	0,98	Mansouri et al., 2011
Aghbar		0,48	
Tifnoute		1,01	
	Feuilles	0.39	Menaceur, 2015
	Fruits	2.75	
	Feuilles Sèches	0.21	Abdelli, 2017
	Feuilles Fraiches	0.15	
	Fruits	0.14	

Le rendement en huile essentielle de *Juniperus phoenicea* de Matmata est de 0,70% (**Akrout, 2004**).

Le rendement en huile essentielle de médénine est de 0,5% (**Bouzouita et al., 2008**).

Les rendements en huiles essentielles obtenus à partir des échantillons des fruits des deux sous-espèces *turbinata* et *lycia* sont respectivement 1,10 % ± 0,03 et 1,02 % ± 0,02, ils sont supérieurs à ceux issus des rameaux avec 0,98 % ± 0,03 pour Assif Almal et 0,90 % ± 0,05 pour Mehdiia (**Mansouri et al., 2010**).

Les teneurs en huiles essentielles des rameaux de *Juniperus phoenicea* des provenances de Tifnoute et d'Assif Almal sont presque similaires avec des taux respectifs de 1,01% et 0,98%. Ces rendements sont environ deux fois supérieurs que celui d'Aghbar qui n'a pas dépassé 0,48% (Mansouri et al., 2011).

Le rendement obtenu par l'hydrodistillation des feuilles (0.34 g/100g) est très faible est par rapport à celui obtenu à partir des fruits (2.75 g/100g) du même échantillon de *Juniperus phoenicea* (Menaceur, 2015).

Les feuilles sèches ont donné le plus grand rendement en huile essentielle (0.21%) comparé aux feuilles fraîches (0.15%) et aux baies (0.14%) (Abdelli, 2017).

Nous notons aussi que les rendements en huiles essentielles des rameaux et des fruits de la sous-espèce *turbinata* sont supérieurs à ceux de la sous-espèce *lycia*. Toutefois, ces taux restent plus élevés que ceux des genévriers rouges de la Grèce (0,21 % pour les rameaux), de la sous-espèce *turbinata* d'Espagne (0,30 % pour le même organe) (Adams et al., 1996), pour l'Égypte (0,36 % pour les rameaux et 0,96 % pour les fruits) (El-Sawi et al., 2007). Cette variation dans le rendement peut être attribuée non seulement à la partie de la plante étudiée, mais également à l'emplacement géographique spécifique de cette espèce. On remarque que les fruits de *Juniperus phoenicea* donnent plus d'huile essentielle que ceux de *Juniperus communis*, ce qui confirme la variation du rendement en huile essentielle au sein du même genre botanique. Les rendements obtenus en utilisant les deux techniques sont comparables (2.75 g/100g pour HD et 2.71 g/100g avec ESSAM). Nous constatons que l'utilisation des micro-ondes pour l'extraction des huiles essentielles n'engendre pas de grosses pertes en terme de rendement d'extraction, de plus un gain de temps énorme est observé lors d'une extraction par micro-ondes (6 fois plus rapide que l'hydrodistillation) (Menaceur, 2015).

Concernant *J. phoenicea*, nous constatons que les feuilles sèches ont donné le plus grand rendement en huile essentielle (0.21%) comparé aux feuilles fraîches (0.15%) et aux baies (0.14%). L'analyse chimique des huiles essentielles des feuilles (fraîches et sèches) et des baies de *J. phoenicea*, a permis d'identifier 63, 46 et 78 composés volatiles représentant un total de 98.1%, 98.3% et 96.4% des huiles respectives. Ces dernières sont riches en composées d'hydrocarbures monoterpéniques. Pour les feuilles, le principal constituant est le β -phellandène (43.9% à 44.9%) suivi de l' α -pinène (20.3% à 25.1%) et pour les baies, il s'agit de l' α -pinène (43.7%) (Abdelli, 2017).

3.2-Résultats sur la composition chimique des huiles essentielles

L'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* présente plusieurs composés chimiques dont α -pinène est majoritaire. Le pourcentage de ce dernier constituant se diffère d'une région à une autre c'est ce que montre le tableau 4.

Tableau 4 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* L

Lieu de récolte	Composé chimique		Pourcentage %	Références bibliographiques		
Matmata (Tunisie)	α -Pinène		67.71	Akrouit, 2004		
	p-Cymene		5.86			
Medenine (Sud de la Tunisie)	α -Pinène		59.1	Bouzouita et al., 2008		
	Linalool		3.34			
Maroc (Mehdia)	Rameaux	α -Pinène	34,23	Mansouri et al., 2010		
	Fruits		79,08			
Maroc (AssifAlmal)	Rameaux		74,03			
	Fruits		89,31			
Assif Almal	α -Pinène		74,03		Mansouri et al., 2011	
Aghbar			64,19			
Tifnoute			76,33			
Assif Almal	Myrcène		1.82			
Aghbar	δ - 3- caréne		14.84			
Tifnoute			8.83			
Algérie (Sétif)	Feuilles	α -Pinène	45.8	Menaceur, 2015		
	Fruits HD		73,4			
	Fruits ESSAM		50,5			
Nord-ouest de l'Algérie (Mostaganem)	Feuilles Sèches	β -Phellandrène	44.9	Abdelli, 2017		
	Feuilles Fraîches	β -Phellandrène	43.9			
	Fruits	α -Pinène	43.7			

La composition chimique de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* est constituée principalement par l' α -pinène qui présente plusieurs activités biologiques : il est antibactérien, anti-inflammatoire, antiviral, expectorant, sédative, herbicide, insectifuge, aromatisant

L'analyse chimique des huiles essentielles des feuilles (fraîches et sèches) et des baies, pour les feuilles, le principal constituant est le β -phellandrène (43.9 - 44.9%) suivi de l' α -pinène (20.3 - 25.1%) et pour les baies, il s'agit de l' α -pinène (43.7%).

Autres composés majoritaires présentés comme : p-Cymene, linalool, Myrcène, δ -3- caréne.

De nombreux travaux ont révélé que les huiles essentielles des feuilles et des baies du genévrier de Phénicie originaire du nord du bassin méditerranéen, sont dominées par l' α -pinène incluant, l'Algérie (**Bekhechi et al., 2012**), le Maroc (**Derwich et al., 2010**), la Tunisie (**Ennajjar et al., 2007**), l'Égypte (**El-Sawi et al., 2007**), les îles Canaries et Madère (**Adams et al. 2009**). Cependant, une étude menée sur *J. phoenicea* provenant de la région de Tabarka au Nord-Ouest de la Tunisie a rapporté que les huiles des feuilles étaient caractérisées par β -phellandrène (47.14%) (**Riahi et al., 2013**).

Conclusion

Les résultats obtenus d'après cette revue de synthèse montrent qu'il existe, des différences qualitatives et quantitatives de la composition chimique de l'huile essentielle des différentes parties de *Juniperus phoenicea*. Cette variation serait dû principalement aux facteurs de l'environnement, qui exercent une influence directe sur la composition et le rendement de cette huile. Donc la composition chimique de l'huile essentielle n'est pas constante et varie selon les régions. Les travaux de recherche, ont montré que la composition chimique de l'huile essentielle est très fluctuante. Elle dépend d'un grand nombre des facteurs d'ordre naturel (génétique, localisation et maturité) ou technologique (mode de culture ou d'extraction). Du lieu où pousse la plante, dépendra la composition biochimique de leur essence et déterminera donc le chémotype de la plante, la spécificité de l'huile et les propriétés thérapeutiques. Tous ces paramètres sont influencés par les conditions édaphiques et climatiques ainsi que les pratiques culturelles.

Références bibliographiques

Abdelli Wafaa, 2017. Caractérisation chimique et étude de quelques activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et de *Thymus vulgaris*. Thèse du doctorat. Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem.

Abdessamed K, 1981. Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans les massifs de l'Aurès et de Belezma : Etude phytosociologique et problèmes de conservation et d'aménagement. Thèse de docteur-ingénieur, Université de Marseille, France, 149p

Achak N, 2006. Contribution à la valorisation des substances naturelles : Etude des huiles essentielles des cupressacées de la région Tensift Al Haouz-Marrakech. Thèse III^o cycle, Université de Marrakech, Maroc, 304p Achak N., Romane A., Alifriouie M., Adams R.P, 2

Achak N, Romane A, Alifriouie M, Adams R.P, 2009. Chemical studies of leaf essential oil of three species of *Juniperus* from Tensift Al-Haouz- Marrakech region (Morocco). *Journal of Essent Oil Res*, 21, 337-341p

Adams P.R, 2004. *Juniperus* of the world: The genus *Juniperus*. Trafford Publishing Co, Vancouver

Adams R.P, 1998. The leaf essential oils and chemotaxonomy of *Juniperus* sect. *Juniperus*. *Biochem. Syst. Ecol.*, 26, 637-645.

Adams R.P., Rumeu B., Nogales M., Fontinha S.S, 2009. Geographic variation and systematics of *Juniperus phoenicea* L. from Madeira and the Canary Islands: Analyses of leaf volatile oils. *Phytologia*, 91(1), 40-53p.

Références Bibliographiques

Adams R-P, Pandey N, Rezzi S, Casanova J. (2002). Geographic variation in the Random Amplified Polymorphic DNAs (RAPDs) of *Juniperus phoenicea*, *J. p. var. canariensis*, *J. p. subsp. eumediterranea*, and *J. p. var. turbinata*. *Biochemical Systematic Ecology*, Vol. 30: pp. 223-229.

Afifi M.S, El-Sharkawy S.H, Maatoog G.T, Sohly M, Rosazza J.P.N, 1992. Essential oils of *Thuja occidentalis*, *Thuja orientalis*, *Cupressus sempervirens* and *Juniperus phoenicea*. *Mandura. J. Pharm. Sci*, 8, 37-46p

Ageste M, 1960. La flore forestière "les végétaux ligneux qui croissent spontanément en France et des essences importants de l'Algérie. IIème édition ancienne maison Griblot et Cie, N, Grosjean, Successeur. 353p.

Ait Youssef M, 2006. Plantes médicinales de Kabylie Ibis.Paris.177-179p. 349p.

Akrout A, 2004. Etude des huiles essentielles de quelques plantes pastorales de région de Matmata (Tunisie). Institut des Régions Arides, 4119 Medenine, Tunisie.

Alonso W.R. et Croteau R, 1993. Prenyltransferases and cyclases: Methods Plant. Biochemistry, Vol. 9, p.p. 239–260.

Angioni A, Barra A, Russo M.T, Coroneo V, Dessi S, Cabras P, 2003. Chemical composition of the essential oils of *Juniperus* from ripe and unripe berries and leaves and their antimicrobial activity. *J. Agric. Food. Chem*, 51, 3073-3078p

Becker M, Picard J-E, Timbal J, 1982. Larousse des arbres : arbustes et arbrisseaux de l'Europe occidentale, Edition Librairie Larousse. 344p.

Bekhechi C., Atik Bekkara F., Consiglio D., Bighelli A., Tomi F, 2012. Chemical variability of the essential oil of *Juniperus phoenicea* var. *turbinata* from Algeria. *Chemistry & Biodiversity*, 9(12), 2742-2753p.

Références Bibliographiques

Bernard T, Perineau F, Brav O, Delmas M, et Gaset A, 1988. Extraction des huiles essentielles. Chimie et technologie. Informations chimie.

Bohlmann J, Steele C.L. Et Croteau R, 1997. Monoterpene synthases from grand fir (*Abies grandis*): DNA isolation, characterization, and functional expression of myrcene synthase, (-)-(4s)-limonene synthase, and (-) (1s, 5s)-pinene synthase. Journal of Biological Chemistry, Vol. 272, p.p. 21784-21792.

Bonnier G.; 1990. La grande flore en couleurs. Tome 4 Ed. Belin, Paris, 1353-1355.

Boudy P. 1950. Guide du forestier en Afrique du nord. Tome IV, Paris ,274-278.

Bouilet L .2007. Notes sur la technique traditionnelle d'extraction du goudron végétal. Projet Mashrq & Mghreb III Algeria.

Bouzouita N, F. Kachouri, M. Ben Halima, M. Chaabouni, 2008. Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *juniperus phoenicea*. Ecole Supérieure des Industries Alimentaires, 58, Avenue Alain Savary, 1003 Tunis, Tunisie.

Bruneton J, 1999. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Ed. Lavoisier, 3^{ème} Ed., Paris. 585p. 1120p.

Bruneton J., 1993. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Ed. Lavoisier, 2^{ème} Ed., Paris. 623p. 915p.

Bruneton J., 1995. Pharmacognosy, phytochemistry, medicinal plants. Ed. Lavoisier, Paris. 915p.

Cane D.E, 1990. Enzymatic formation of sesquiterpenes. Chemical Reviews, Vol. 90, p.p. 1089 – 1103.

Carillon A, 2009. Place de la phytothérapie dans les systèmes de santé au XXI^{ème} siècle. In: Conférence SIPAM, Djerba, Tunisie, Mars 2009, 7p

Caudullo G, Rigo D. 2016. *Juniperus phoenicea* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: European Atlas of Forest Tree Species. San-Miguel-Ayanz J., de Rigo D., Caudullo G., Houston Durrant T., Mauri A., (Eds.), Publication Office of the European Union, Luxembourg. pp. 12-63.

Références Bibliographiques

- Chaumonton.E.P.1945.** Flore médicinale. Vol 5. Edition Panckoucke. Université comploteuse 184p.
- Chen X, Chen Y, Heinstein P. et Davson V.J, 1995.** Cloning, Expression, and Characterization of (+)--Cadinene Synthase: A Catalyst for Cotton Phytoalexin Biosynthesis. Archives of Biochemistry and Biophysics, Vol. 324, p.p. 255–266.
- Colby S.M., Crock J., Dowdle-Rizzo B., lemaux P.G. et Croteau R. 1998.** Germacrene C synthase from *Lycopersicon esculentum* cv. VFNT Cherry tomato: cDNA isolation, characterization, and bacterial expression of the multiple product sesquiterpene cyclase. Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 95, p.p. 2216–2221.
- Connolly J.D. et Hill R.A., 1991.** Dictionary of terpenoids. Ed.Chapman & Hall, London, 2156 P.
- Cosentino S., Barra A., Pisano B., Cabisa M., Pirisi F., Palmas M, 2003,** Composition and antimicrobial proprieties of Sardinian *Juniperus* essential oils against foodborne pathogens and spoilage microorganisms. J. Food. Prot, 66, 1288-1291p
- Crespo M.E, Jiménez J, Navarro C, 1991.** Special methods for the essential oils of the genus *Thymus*. In: Modern Methods of Plant Analysis, (edited by H.F. Linskens and J.F. Jackson), pp 41-46. Vol 12, New series, Essential oils and waxes. Springer-Verlag, Berlin
- Crock J, Wildung M.R. et Croteau R, 1997.** Isolation and bacterial expression of a sesquiterpene synthase cDNA clone from peppermint (*Mentha x piperita*, L.) that produces the aphid alarm pheromone (E)- β -farnesene. Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 94, p.p. 12833–12838.
- Croteau R, 1987.** Biosynthesis and catabolism of monoterpenoids. Chemical Reviews, Vol. 87, p.p. 929-12838.
- Croteau R, Alonso W.R, Koeppe A.E. et Johnson M.A, 1994.** Biosynthesis of monoterpenes: Partial purification, characterization, and mechanism, of action of 1,8-Cineole synthase. Archives of Biochemistry and Biophysics, Vol. 309, p.p. 184-192.

Références Bibliographiques

- Dakki M, 2003.** Embouchure de la Moulouya. Rapport de synthèse, projet MedWetWoast, Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, Maroc, 114p
- Delitala F.L, 1980.** Ricerche chemiotassonomiche sul genere *Juniperus* Linnaeus. Riv Ital EPPOS, 62, 303-309p
- Derwich E., Benziane Z., Boukir A, 2010.** Chemical composition of leaf essential oil of *Juniperus phoenicea* and evaluation of its antibacterial activity. International Journal of Agriculture & Biology, 12(2), 199-204p.
- Dugo G, Di Giacomo A, 2002.** Citrus: The genus Citrus, Collection Medicinal & Aromatic Plants, Taylor & Francis Ltd, London, 656p
- El-Sawi S.A, Motawae H.M., Ali A.M, 2007.** Chemical composition, cytotoxic activity and antimicrobial activity of essential oils of leaves and berries of *Juniperus phoenicea* L. grown in Egypt. Afr. J. Trad. CAM, 4(4), 417-426p
- Ennajar M, Bouajila J, Lebrihi A, Mathieu F, Abderraba M, Raies A, Romdhane M, 2009.** Chemical composition and antimicrobial and antioxidant activities of essential oils and various extracts of *Juniperus phoenicea* L. (Cupressacees). Journal of Food Science, 74(7), 364-371p
- Ennajar M., Mehrez R., Manef A, 2007.** Influence de la période de récolte sur la teneur et la composition de l'huile essentielle du genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea* L.). Revue des Régions Arides (Tunis), 2, 647-651p.
- Facchini P.J. et Chappell J, 1992.** Gene family for an elicitor-induced sesquiterpene cyclase in tobacco. Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 89, p.p. 11088–11092.
- Franchomme P, Pénoel D, 1990.** L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Edition Roger Jallois, Limoges, France, 445p
- Frank P, 1986,** La végétation d'Afrique, Edition IRD, 169p

Références Bibliographiques

Gambiel H. Et Croteau R, 1984. Pinene Cyclases I and II. Journal of Biological Chemistry, Vol. 259, n. 2, p.p. 740-748.

Gandini J, 2006. Pistes du Maroc à travers l'histoire : Haut et moyen Atlas, Volume 1, Edition SERRE, 524p

Hagar H.H.J, 1979. Hagers Handbuch des pharmazeutischen Praxis. Berlin, Deutschland: Springer - Verlag.

Haluk J-P, Roussel C, 2000. Caractérisation et origine des tropolones responsable de la durabilité naturelle des Cupressacées. Application potentielle en préservation du bois. Ann. For. Sci., Vol. 57. pp. 819-829.

Hellal Z, 2011. Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydantes de certaines huiles essentielles extraites des Citrus. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*). Mémoire de magister. Université de Tizi-Ouzou, Algérie, 120p

Hemwimon S, Pavasant P, Shotiprux A, 2007. Microwave-assisted extraction of antioxidative anthraquinones from roots of *Morinda citrifolia*. Separation and Purification Technology, 54, 44-50p

Keefover-Ring K, Thompson J.D, Linhart Y.B, 2009. Beyond six scents: defining a seventh *Thymus vulgaris* chémotype new to southern France by ethanol extraction. Flavour and fragrance journal, 24: 117-122.

Lawrence B.M, 1989. Juniper-berry oil. Essential oils (1987-1988). Allured Publishing Corporation, Wheaton, 240-241p

Louni D, 1994. Les forêts algériennes. Forêt Méditerranéenne, 1, 59-63p

Lucchesi M.E, 2005. Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de doctorat en Sciences, Université de la Réunion, France, 146p

Lucchesi M.E, Chemat F, Smadja J, 2004. Solvent-free microwave extraction of essential oils from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation. J. Chromatogr A, 1043(2), 323-327p

Références Bibliographiques

Mansouri Nazik, Badr Satrani, Mohamed Ghanmi, Lahsen El Ghadraoui, Abdellatif Boukir & Abderrahman Aafi, 2011. Effet de la provenance sur le rendement, la composition chimique et l'activité antimicrobienne des huiles essentielles des rameaux de *Juniperus phoenicea* L. du Maroc. Laboratoire de biotechnologie microbienne, Faculté des sciences et techniques, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, BP 2202, Fès, Maroc.

Mansouri Nazik, Badr Satrani, Mohamed Ghanmi, Lahsen El Ghadraoui, Abderrahman Aafi, 2010. Étude chimique et biologique des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* ssp. *lycia* et *Juniperus phoenicea* ssp. *turbinata* du Maroc. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah. Faculté des Sciences et Techniques. Laboratoire de Biotechnologie microbienne. BP 2202. MA-30000 Fès (Maroc).

Mazari K, Bendimerad N, Bekhechi C, Fernandez X, 2010. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils isolated from Algerian *Juniperus phoenicea* L. and *Cupressus sempervirens* L. Journal of Medicinal Plants Research, 4(10), 959-964p

Mazari Khadidja, 2009. Etude phytochimique et pouvoir antimicrobien de *Juniperus phoenicea* L., *Juniperus oxycedrus* L. et *Cupressus sempervirens* L. de la région de Tlemcen. Mémoire de magister, 6-7p.

Mazur M, Boratynska K, Marcysiak K, Gomez D, Tomaszewski D, Didukh J, Boratynski A, 2003. Morphological variability of *Juniperus phoenicea* (Cupressaceae) from three distant localities on Iberian peninsula. Acta Asocietatis Botanicorum Poloniae, 72(1), 71-78p

Menaceur Fouad, 2015. Contribution à l'étude phytochimique et biologique de l'érigeron, du fenouil commun, de la lavande et du genévrier. Thèse du doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach –Alger.

Meredith R, 1998. Engineers handbook of industrial microwave heating, IET edition, Volume 25, 363p

Naves Y.R, 1976. Technologie des parfums naturels. Ed. Masson, Paris. 105p.

Olivero-Verbel J, Gonzalez-Cervera T, Guette-Fernandez J, Jaramillo-Colorado B, Stashenko E, 2010. Chemical composition and antioxidant activity of essential oils isolated from Colombian plants. Brazilian Journal of Pharmacognosy, 20(4), 568-574p

Quezel et Medail, 2003. Écologie et biogéographie des forêts méditerranéennes. Paris, Elsevier

Quezel P, Gast M. (1998). Genévrier. Encyclopédie berbère, Gauda-Girrei, Vol. 20. pp. 3016-3023.

Références Bibliographiques

Quezel P, Sauta S; 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome 1. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 34-36.

Rajaonarino J.I.M, Gershenzon J. Et Croteau R, 1992. Characterization and mechanism of (4S)-Limonene synthase, A monoterpene cyclase from the glandular trichomes of Peppermint (*Mentha X Piperita*). Archives of Biochemistry and Biophysics, Vol. 296, p.p. 49–57.

Rameau J.C, Mansion D, Dume G, 2008. Flore forestière française. Volume 3. Paris, 2421 p.

Richard H, 1992. Epices et aromates. Edition Tec & Doc. Lavoisier, Paris, 339p

Robin Deschepper, 2017. Variabilité De La Composition Des Huiles Essentielles Et Intérêt De La Notion De Chémotype En Aromathérapie. Thèse de doctorat. Marseille, p11,12.

Roux D, 2008. Conseil en aromathérapie, 2 ème édition, Pro-Officina, 187p.

Sallé J.-L, 2004. Les huiles essentielles, Synthèse d'aromathérapie et introduction à la sympathicothérapie. 2 ème édition, Frison Roche, 168p

Seigue A, 1985. La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes, éditions Maisonneuve et la rose, deuxième version, Paris, 215-221p. 502p.

Steele C.L, Crock J, Bohlmann J. et Croteau R, 1998. Synthases from grand fir (*Abies grandis*): Comparison of constitutive and wound-induced activities, and cDNA isolation, characterization, and bacterial expression of Delta-Selinene synthase and Gamma-Humulene synthase. Journal of Biological Chemistry, Vol. 273, p.p. 2078–2089.

Références Bibliographiques

Talab SM, 2007. Biodiversité et dynamique des formations à *Juniperus thurifera*, *Juniperus phoenicea* et *Juniperus commun* au Maroc, Centre de recherche forestière, 13^{ème} journées nationales de biodiversité, Maroc 2007.

Teibi M, 1992. Contribution à l'étude de l'estimation de biomasse aérienne d'un taillis de chêne vert (*Quercus ilex*) et de deux Genévriers : Genévrier oxycèdre, Genévrier de Phénicie dans la région de Kasserou. Mémoire d'ingénieur en agroalimentaire, Université de Batna, Algérie, 80p

Valet E. 1992. Découvrez les fruits sauvages, Edition ellebore2008, Paris104p.

Yaniv Z, Dudai N, 2014. Medicinal and aromatic plants of the Middle-East. Vol 2, Springer, 337p

Zereg Salima, 2011. Diagnostic écologique, mise en valeur et conservation des Junipérais de *Juniperus phoenicea* de la région de Djerma (nord-est du parc national de Belezma, Batna). Mémoire de magister, 66-68-69-70p.