

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLAB - BLIDA 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master dans le domaine SNV

Filière Sciences Biologiques

Option : Biodiversité et physiologie végétale

Thème

**Etude morphométrique et influence des facteurs climatiques
sur la composition chimique des huiles essentielles de *Pinus
halepensis* (Mill.) « Pin d'Alep » dans deux régions différentes.**

Présenté par :

Date de soutenance : 29/06/2022

* Boudelali Kaouther

* Harazi Nadjat

Devant le jury :

	Grade/ Lieu	Qualité
Mme .BENSALEH L.	MAA /USDB 1	Présidente
Mme. BENMANSSOUR N.	MCB /USDB 1	Examinatrice
Mme. AMARA N.	MCA/USDB 1	Promotrice

Promotion : 2021-2022

Résumé

Notre travail a pour objectif, l'étude morphométrique et l'influence des facteurs climatiques sur la composition chimique de l'huile essentielle (HE) des rameaux feuillés de *Pinus halepensis* Mill « pin d'Alep » dans deux régions différentes Chréa et Theniet El Had.

L'étude morphométrique a concerné le pin d'Alep des deux régions. Dans cette étude nous avons déterminé les mesures des paramètres suivants : hauteur de l'arbre, longueur des aiguilles, longueur et largeur des cônes et la circonférence du tronc de l'arbre. L'extraction de l'huile essentielle a été réalisée par la méthode d'hydrodistillation. Les analyses chromatographiques des huiles essentielles, ont été effectuées sur un Chromatographe en Phase Gazeuse Couplée à un Spectromètre de Masse (CG-SM).

L'analyse statistique, par le test de Student des paramètres mesurés, a montré une différence non significative à $P > 0,05$. L'extraction des HEs des rameaux feuillés de pin d'Alep a fourni un rendement différent : 0,71 % pour l'HE de Theniet El Had et 0,5 % pour celui de Chréa. L'analyse par CG-SM a révélé la présence de trois composés majoritaires dans les deux régions Theniet El Had et Chréa : Bêta Myrcène (24.36%), Alpha Pinène (18.80%), Trans-Caryophyllène (16.56%), Alpha-Pinène (31.89%), Bêta-Myrcène (22.91%) et Trans-Caryophyllène (10.40%) respectivement.

Les résultats obtenus dans notre étude, montrent une variation dans les quantités des composés identifiés. Cette variation peut s'expliquer par différents facteurs, que nous pouvons regrouper en deux catégories : facteurs intrinsèques et facteurs extrinsèques.

Mots clés : *Pinus halepensis*, huile essentielle, régions, composition chimique, CG-SM.

ABSTRACT

Our work aims, the morphometric study and the influence of climatic factors on the chemical composition of the essential oil of the leafy branches of *Pinus halepensis* Moulin "Aleppo pine" in two different regions Chr ea and Theniet El Had.

The morphometric study concerned the Aleppo pine of the two regions. In this study we determined the measurements of the following parameters: height of the tree, length of the needles, length and width of the cones and the circumference of the trunk of the tree. The extraction of the essential oil was carried out by the method of hydrodistillation. The chromatographic analyzes of the essential oils were carried out on a Chromatograph in Gaseous Phase Coupled with a Mass Spectrometer (GC-MS).

Statistical analysis, using the Student test of the parameters measured, showed a non-significant difference at $P > 0.05$. The extraction of essential oils from the leafy branches of Aleppo pine gave a different yield: 0.71% for the essential oil of Theniet El Had and 0.5% for that of Chr ea. GC-MS analysis revealed the presence of three major compounds in the two Theniet El Had and Chr ea regions: Beta Myrcene (24.36%), Alpha Pinene (18.80%), Trans-Caryophyllene (16.56%), Alpha-Pinene (31.89%), Beta-Myrcene (22.91%) and Trans-Caryophyllene (10.40%) respectively.

The results obtained in our study show a variation in the quantities of the compounds identified. This variation can be explained by different factors, which we can group into two categories: intrinsic factors and extrinsic factors.

Keywords: *Pinus halepensis*, essential oil, regions, chemical composition, GC-MS.

ملخص

يهدف عملنا إلى الدراسة المورفومترية وتأثير العوامل المناخية على التركيب الكيميائي للزيت العطري للأغصان المورقة لمطحنة الصنوبر الهالبيينسيس "الصنوبر الحلبي" في منطقتين مختلفتين الشريعة وثنية الحد

الدراسة الشكلية تخص صنوبر حلبي في المنطقتين. حددنا في هذه الدراسة قياسات المعلمات التالية: ارتفاع الشجرة ، وطول الإبر ، وطول وعرض الأقماع ومحيط جذع الشجرة. تم استخراج الزيت العطري بطريقة التقطير المائي. تم إجراء مقترنة بمطياف الكتلة الغازية التحليلات الكروماتوجرافية للزيوت الأساسية على جهاز كروماتوجراف في مرحلة (CG-MS)

أعطى استخلاص $P > 0.05$ أظهر التحليل الإحصائي ، باستخدام اختبار الطالب للمعلمات المقاسة ، فرقاً غير مهم عند الزيوت العطرية من الأغصان الورقية لصنوبر حلب عائداً مختلفاً: 0.71% لزيت ثنية الحد و 0.5% لزيت الشريعة. أظهر وجود ثلاثة مركبات رئيسية في منطقتي ثنية الحد والشريا: بيتا ميرسين (24.36%) ، ألفا بينين CG-MS تحليل (18.80%) ، ترانس-كاريوفيلين (16.56%) ، ألفا بينين (31.89%) وبيتا ميرسين (22.91%) وترانس-كاريوفيلين (10.40%) على التوالي

تظهر النتائج التي تم الحصول عليها في دراستنا تبايناً في كميات المركبات المحددة. يمكن تفسير هذا الاختلاف من خلال عوامل مختلفة، والتي يمكننا تجميعها في فئتين: العوامل الداخلية والعوامل الخارجية

الكلمات المفتاحية : الصنوبر الحلبي؛ GC-MS؛ الزيت العطري ، المناطق؛ التركيب الكيميائي

Remerciements

En premier lieu, nous remercions Dieu le tout puissant pour nous avoir donné le courage et la patience de mener à bien ce modeste travail.

*On tient à exprimer notre très grande considération et notre vive reconnaissance à notre promotrice **Mme AMARA N**, pour ses encouragements et sa disponibilité durant toutes les étapes de ce travail.*

*Nos remerciements vont à Mme **BENSALEH L**. Pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury.*

*On tient à remercier Mme **BENMANSOUR N** qui a bien voulu examiner et évaluer ce travail.*

*Notre gratitude s'adresse à **Mme TAKARLI S de** la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Blida -1- pour son orientation et ses conseils.*

*Nous remercions du fond du cœur les cadres et le personnel du Parc National de Theniet El Had et celui de Chréa d'avoir mis à notre disposition tous les moyens nécessaires en particulier **Mr Boualem, Mme Takarli F**.*

*Nos profonds remerciements vont également à **Mr Chikhi H, Mr Sayah A, Mr Benrahma M**, Pour nous avoir autorisé à accéder à leurs laboratoire BIO.Extrapamal, ainsi que pour leurs gentillesse, aide, et conseils tout au long de notre stage.*

*Nous tenons à remercier l'équipe de Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico Chimiques (CRAPC) en particulier **Mme Touati S**.*

*Nous tenons aussi à remercier le groupe Saidal, de Médéa, ainsi le groupe du laboratoire Physico-chimique surtout **Mme Bekhti F et Mr Amaru M**.*

*Nous sentiments de reconnaissance et Nos remerciements vont également à l'encontre de toute personne qui a participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail. On ne saurait remercier ici les personnes dont leur collaboration a été essentielle pour la réalisation de certaines étapes de ce travail, l'on site spécialement à nos mères **Mme Boudelali Z, Mme Harazi Z**, et nos frères **HAMZA**, et nos sœur **AHLEM** pour leur aide, leur disponibilité, leur soutien sans faille et leur sympathie.*

Dédicace

Merci Allah (Mon Dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve.

Je dédie ce modeste travail :

*A ma très chère maman **Badaoui Zahor** en signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour tous les soutiens et les sacrifices dont elle a fait preuve à mon égard.*

*A Mon Cher papa **Djaafer** j'avoue que si je suis devenue quelque chose actuellement c'est grâce à tes efforts à tes conseils et à ta surveillance. Merci et j'espère que vous trouvez dans ce travail l'expression de ma gratitude et mon respect.*

*A mes très chères sœurs : **Ahlem, et Cherifa.***

*A mes frères **Mohamed, Hichem et Djaafer** présent dans tous mes moments d'examens par leur soutien moral et ses belles surprises sucrées. Je leur exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour.*

*A mes nièces **Manel et chakib.***

*A tous les membres de ma famille **HARAZI** et la famille **BADAOUI.***

*Une spéciale dédicace à **Cherifa** merci pour ton grand cœur et toutes vos qualités qui seraient trop longue à énumérer.*

*A ma très chère **Maroua** merci énormément pour ton soutien plus que précieux.*

*A mes très chères amis, d'être toujours à mes côtés : **Ikram, Hiba, Nessrine, Souad, kaoutar, Amira, Djamel et Chiraz***

*Mon binôme Boudelali **Kaouther**, pour son sérieux, sa compréhension et sa patience.*

À tous ce qui m'ont enseigné au long de ma vie scolaire

Enfin, à tous ceux qui savent donner sans recevoir, qui aident sans retour et sans être égoïstes.

Nadjet

Dédicace

Avant tout je tiens à remercier le bon dieu le tout puissant de m'avoir donné force, patience, santé et volonté afin de mener mon travail.

Je dédie ce travail :

A mes parents, quoi que je fasse ou que je dis, je ne saurai jamais vous remercier comme il se doit, que ce travail traduit ma gratitude, mon affection mon respect, et mon amour, à toi :

*Ma très chère maman **Tahi Zoubida**, qui m'a soutenu, épaulé et encouragé durant toutes mes années d'études pour que je puisse atteindre mes objectifs, ta présence à mes côtés a été toujours ma source de force pour affronter les différents obstacles.*

*Mon cher papa **Mahiedinne**, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privation pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.*

*A mes frères : **Fethi, Bilel, Hamza, Ishak et Mouhamed**, en témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur, que Dieu vous garde pour votre petite unique sœur.*

*A ma grand-mère **Mouni**, qui m'a accompagné par ses prières, puisse Dieu lui prêter longue vie et beaucoup de santé.*

*À toute la famille **Boudelali** et la famille **Tahi***

*À Mon binôme **Harazi Nadjet** , pour son sérieux, sa compréhension et sa patience.*

À tous ce qui m'ont enseigné au long de ma vie scolaire

À Mes amies, en souvenir des plus beaux instants qu'on a passés ensemble

Enfin, à tous ceux qui savent donner sans recevoir, qui aident sans retour et sans être égoïstes.

Kaouther

TABLE DES MATIERES

Résume	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
1. Biodiversité.....	4
1.1-Définition.....	4
1.2- Niveaux de biodiversité.....	4
1.3- Conifères méditerranéens et aire de répartition.....	5
1.4- Facteurs responsables de biodiversité des conifères méditerranéens.....	6
1.5- Pin d'Alep.....	7
1.5.1-Généralités sur le Pin d'Alep.....	7
1.5.2- Systématique du Pin d'Alep.....	7
1.5.3-Description botanique.....	7
1.5.4-Distribution géographique.....	10
1.5.5- Ecologie du Pin d'Alep.....	12
1.5.6-Exigences pédoclimatiques.....	12
1.5.7- Importance du Pin d'Alep	13
1.6-Huiles essentielles.....	14
1.6.1- Définition.....	14

1.6.2-Localisation et lieu de synthèse.....	14
1.6.3-Méthodes d'extraction des huiles essentielles.....	14
1.6.4- Composition chimique de l'huile essentielle du Pin d'Alep.....	17
1.6.5-Notion de chémotype.....	17

Chapitre II : Matériel et méthodes

2.1. Présentation des deux zones d'étude.....	19
2.1.1. Situation géographique.....	19
2.1.2. Pédologie des deux régions.....	20
2.1.3. Flore des deux régions.....	21
2.2. Climatologie des deux zones d'étude.....	22
2.3. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953).....	23
2.3.1. Diagramme ombrothermique de Theniet El Had.....	23
2.3.2. Diagramme ombrothermique de Chréa.....	24
2.4. Matériel.....	25
2.4.1. Matériel biologique.....	25
2.4.2. Matériel non biologique.....	25
2.5. Méthodes.....	25
2.5.1. Etude morphométrique.....	25
2.5.2. Echantillonnage.....	26
2.5.3. Extraction de l'huiles essentielles du <i>Pinus halepensis</i> des deux régions PNC et PNTH.....	26
2.5.4. Caractéristiques organoleptiques.....	27
2.5.5- Analyse de la composition chimique de l'Huiles Essentielles par CG- MS.....	27

2.5.6. Analyse statistique.....	28
---------------------------------	----

Chapitre III : Résultats et Discussion

3.1. Résultats de l'étude morphométrique	30
3.2. Résultats de l'extraction des huiles essentielles des deux régions.....	32
3.3. Caractéristiques organoleptiques.....	33
3.4. Compositions chimiques de l'huile essentielle par Chromatographie en Phase Gazeuse Couplée à la Spectrométrie de Masse (CG/SM).....	34
Conclusion et perspectives.....	40
Références bibliographiques	43

Annexes

Liste des figures

Figure 1 : Aire de répartition des conifères méditerranéens	5
Figure 2 : Jeune arbre de <i>Pinus halepensis</i>	8
Figure 3 : Écorce du pin d'Alep	8
Figure 4 : Rameaux du pin d'Alep	9
Figure 5 : Aiguilles du pin d'Alep.....	9
Figure6 :(A) Cônes mâles, (B) cônes femelles du pin d'Alep	10
Figure7 : Aire de répartition du <i>Pinus halepensis</i> Mill dans le monde	11
Figure 8 : Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie.....	12
Figure 9 : Montage d'entraînement à la vapeur d'eau	15
Figure10 : Représentation schématisé de l'appareillage d'hydro-distillation	15
Figure 11 : Dispositif d'extraction assistée par micro-ondes.....	16
Figure12 : Composés majoritaires de l'huile essentielle du <i>P. halepensis</i>	17
Figure13 : Localisation géographique du Parc National de Theniet El Had	20
Figure 14 : Carte de situation géographique du Parc National de Chréa	20
Figure 15 : Diagramme ombrothermique de Theniet El Had	24
Figure 16 : Diagramme ombrothermique de Chréa	24
Figure 17 : Rameaux feuillés de <i>Pinus halepensis</i> récoltés. (A): Parc National Theniet El Had, (B): Parc National Chréa	25
Figure 18 : Dispositif d'extraction de type «Alambic».....	26
Figure 19 : Caractéristique morphométrique de pin d'Alep des deux régions chéra et Theniet El Had	31
Figure 20 : L'huile essentielle de <i>Pinus halipensis</i> de deux région Theniet El Had et Chréa.....	34

Figure 21 : Les composés majoritaires d'HE de pin d'Alep de PNTH.....	37
Figure 22: Les familles chimiques familles chimiques d'HE de pin d'Alep de PNTH	37
Figure 23 : Les composés majoritaires d'HE de pin d'Alep de PNC.....	38
Figure 24 : Les familles chimiques familles chimiques d'HE de pin d'Alep de PNC	38
Figure 25: Chromatogramme de l'huile essentielle de pin d'Alep de chréa.....	Annexe5
Figure 26 : Chromatogramme de l'huile essentielle de pin d'Alep de Theniet El Had.....	Annexe 5

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résultats de l'analyse statistique dans deux région Chréa et Theniet El Had.....	30
Tableau2: Rendement en HE des rameaux feuillées du pin d'Alep dans les deux régions.....	32
Tableau3 : Caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle du Pin d'Alep.....	33
Tableau 4 : Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Pinus halepensis</i> Miller de Theniet El Had.....	35
Tableau 5 : Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Pinus halepensis</i> Miller de Chréa.....	36
Tableau 6 : Précipitations Moyennes mensuelles (mm) de Theniet El Had 2021.....	Annexe1
Tableau 7 : Températures mensuelles maximale (M) et minimale (m) de Theniet El Had 2021(C°).....	Annexe1
Tableau 8 : Humidité moyennes mensuelles en (%) de Theniet El Had 2021.....	Annexe1
Tableau 9 : Précipitations Moyennes mensuelles (mm) de Blida 2021.....	Annexe2
Tableau 10 : Températures mensuelles maximale (M) et minimale (m) de Blida 2021(c°).....	Annexe2
Tableau 11: Humidité moyennes mensuelles en (%) de Blida 2021.....	Annexe2

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation.

CG/SM : Chromatographie en phase gazeuse couplée à spectrométrie de masse.

CRAPC : Centre de Recherche des Analyses Physique et Chimique.

PNC : Parc National de Chéra.

CNRS : Centre National des Recherches Scientifiques.

PNTH: Parc National de Theniet El Had.

RHE : Le rendement d'Huile essentielle.

TR : Temps de rétention.

Introduction

Introduction

La biodiversité est une dimension essentielle du vivant. Elle s'exprime par la diversité génétique, la diversité des espèces et la diversité des écosystèmes. Donc c'est la vie qui nous entoure avec toutes ses formes (**Bourorga, 2016**).

La région méditerranéenne comporte des forêts variées de feuillus et de résineux. Les résineux jouent un rôle considérable et occupent parfois des surfaces importantes. Leurs valeurs écologiques et climatiques sont variables. Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) est une espèce largement répandue sur le pourtour méditerranéen, où son aire de répartition a été précisée par de nombreux auteurs en particulier (**Nahal, 1962**). C'est une essence fréquente surtout en région méditerranéenne occidentale, mais qui se rencontre également dans divers points du bassin méditerranéen oriental. Les huiles essentielles du pin d'Alep sont utilisées dans de nombreux domaines, pharmaceutique, cosmétique et agro-alimentaire (**Kaloustrian, 2008**).

La notion de chémotype, permet de distinguer, deux ou plusieurs huiles essentielles de composition chimique différente, produites à partir de plantes de la même espèce. Elle est définie par sa dénomination scientifique et non à partir de sa dénomination commune. Cela signifie que des individus de la même espèce, ayant donc le même génome et le même phénotype peuvent présenter des différences significatives au niveau de leur composition chimique (**Deschepper, 2017**). Ceci est influencé par de nombreux facteurs environnementaux, comme la température, l'humidité, l'altitude et la latitude et la nature du sol (**Boira et Blanquer, 1998**).

Dans le cadre d'une étude comparative sur la variabilité chimique de l'huile essentielle de pin d'Alep dans deux régions différentes Chréa et Theniet El Had, nous nous sommes intéressés à l'influence des facteurs climatiques sur la composition chimique de l'huile essentielle de (*Pinus halepensis* Mill.). Très peu de recherches se sont intéressées à l'influence des facteurs climatiques sur la composition chimique de l'huile essentielle de pin d'Alep en Algérie (**Nahal, 1962 ; Hamrouni et al, (2020)**). Dans ce contexte une question peut se poser, comment les facteurs climatiques affectent-ils la composition chimique des huiles essentielles d'une même espèce dans deux régions différentes ?

Ce travail a pour but d'étudier la morphométrie et l'influence des facteurs climatique sur la composition chimique de l'huile essentielle des rameaux feuillés du pin d'Alep dans deux régions Parc National de Chéra et celui de Theniet El Had.

Cette étude, est constituée de trois chapitres : le premier chapitre expose la synthèse bibliographique. Le deuxième chapitre représente : le matériel utilisé et la méthodologie du travail. Le dernier chapitre : représente les résultats de l'étude morphométrique, les rendements d'extractions, les caractéristiques organoleptiques, et l'analyse de l'huile essentielle des rameaux feuillés de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectrométrie de masse des deux régions : Parc National Chréa et celui de Theniet El Had.

Synthèse bibliographique

Chapitre I Synthèse bibliographique

1-Biodiversité

1.1-Définition

La biodiversité ou diversité biologique désigne la variété des espèces vivantes qui peuplent la biosphère. C'est aussi la richesse totale ou nombre total d'espèces vivantes qui peuplent un type d'habitat d'une surface donnée, de la totalité d'un écosystème, d'une région biogéographique ou encore de la biosphère toute entière (**Ramade, 2008**).

La diversité biologique désigne aussi la diversité des formes de vie. Elle s'exprime à plusieurs niveaux : la diversité génétique au sein de chaque espèce, la diversité des espèces dans les écosystèmes et la diversité des écosystèmes terrestres, marins et aquatiques (**Lesage, 2008**).

La biodiversité, ou diversité biologique, constitue le tissu vivant de la planète, où elle représente toutes les formes de vie sur Terre, les relations qui existent entre elles et avec leurs milieux depuis l'origine commune de la vie (**CNRS, 2010**).

1.2-Niveaux de la biodiversité

Il y a trois niveaux d'organisation de la diversité biologique, les gènes, les espèces et les écosystèmes (**Leveque et Mounolon, 2008**).

➤ Diversité génétique

La diversité génétique désigne la variation des gènes et des génotypes entre espèces (diversité interspécifique) et au sein de chaque espèce (diversité intraspécifique). Elle correspond à la totalité de l'information génétique contenue dans les gènes de tous les animaux, végétaux et micro-organismes qui habitent la Terre (**Abdelguerfi, 2003**).

Cette diversité demeure un des facteurs permettant aux espèces de s'adapter aux changements et transformations de leur environnement. C'est une source de la diversité biologique en générale (**Gosselin et Laroussine, 2004**).

➤ Diversité spécifique

La diversité spécifique caractérise la diversité des espèces. La diversité spécifique désigne le nombre d'espèces présentes soit dans une zone donnée, soit dans l'ensemble des diverses catégories d'êtres vivants (Dajoz, 2008).

➤ La diversité des écosystèmes

Elle correspond à la diversité des écosystèmes. Elle est relative aux différentes variétés et même variabilité temporelle des entités d'êtres vivants c'est à dire les biocénoses ou encore groupes fonctionnels d'espèces et d'habitats. On considère généralement que la richesse en espèces est fonction de la diversité des habitats et du nombre de niches écologiques potentiellement utilisables (Dajoz, 2008).

1.3-Conifères méditerranéens et aire de répartition

Les conifères sont des arbres et arbustes qui produisent des cônes (pomes de pin). Il existe plus de 550 espèces de conifères (pins, sapins, cèdres, cyprès, mélèzes, genévriers, séquoias et ifs). Les conifères poussent dans le monde entier. On trouve des forêts de conifères dans de nombreuses régions fraîches, comme le Nord de l'Europe, l'Asie et l'Amérique du Nord. Certaines espèces de conifères poussent dans les forêts tropicales d'Asie, d'autres dans les régions chaudes d'Afrique et d'Australie (Figure1) (Quézel, 1998).

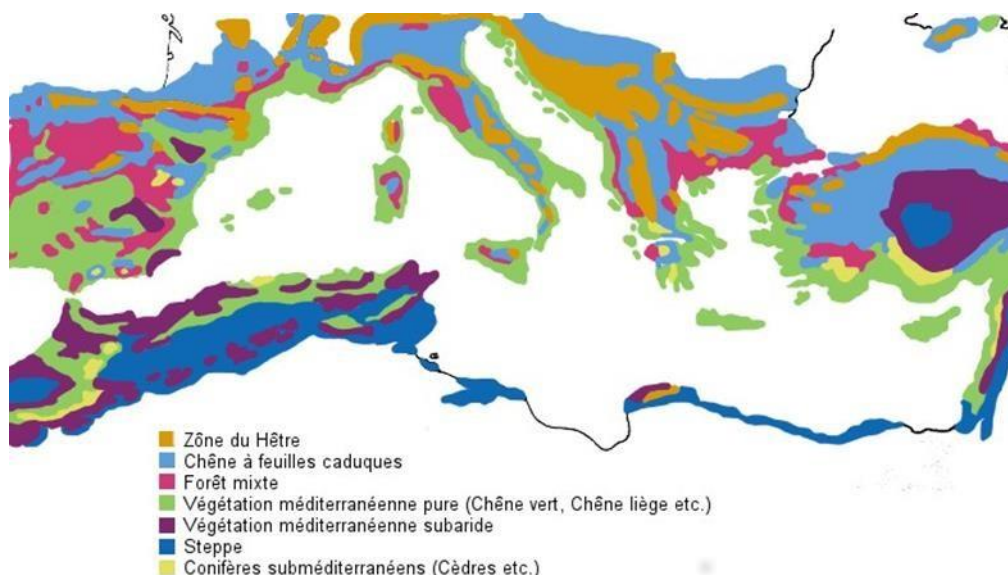


Figure 1 : Aire de répartition des conifères méditerranéens (PNC, 2022).

1.4.-Facteurs responsables de biodiversité des conifères

1.4.1-Rôle de climat

L'influence du climat sur la végétation est plus remarquable, que l'influence de la végétation sur le climat. Le développement de la plante est sous la dépendance étroite de la température, qui agit sur la vitesse du déroulement des phases végétatives. L'eau et la lumière agissent surtout sur la croissance, notamment sur le rendement final. Ces influences du climat sur le développement et la croissance de la végétation ont amené certains auteurs à conclure que la végétation n'est en dernier ressort qu'un reflet du climat mais l'explication quantitative de ce reflet est compliquée, du fait que les facteurs climatiques agissent en combinaison et chaque espèce végétale exige des optimums climatiques, qui différent dans le temps et dans l'espace (**Halimi, 1980**).

Enfin, il faut parler de l'ensemble des effets indirects du climat, en particulier sur l'existence de complexes pathogènes ou des insectes nuisibles, sur la vitesse de décomposition des matières organiques ou des engrais dans les sols (**Hufty, 1998**).

1.4.2- Rôle de biotope

L'instabilité des facteurs climatique a des conséquences néfastes sur la biodiversité, notamment l'érosion des sols suite à une forte pluie, des périodes sèches désastreuses, des cas d'invasion d'organismes à démographie excessive comme les criquets et les chenilles, les organismes, qui causent des maladies virales ou cryptogamiques très destructeurs des végétations naturelles et des cultures. Ce sont les changements environnementaux qui provoquent des changements sur le comportement ou la physiologie des espèces (**Bourorga, 2016**).

1.4.3- Impact humain

Les effets humains sont plus importants dans l'évolution de la forêt, soit dans un sens favorable ou progressif, soit dans un sens défavorable ou régressif. Dans le premier cas l'homme intervient par son reboisement pour rendre à la forêt sa nature. Malheureusement, ce cas est assez rare dans notre région ou l'on y voit surtout les effets négatifs de l'homme, avec sa hache, son troupeau et son feu. L'altitude de l'homme vis-à-vis de la forêt dans notre région a varié au cours des siècles. Par exemple : le reboisement de grande superficie depuis

l'indépendance 1962 par opposition à la destruction de la forêt durant les périodes coloniales : Romains, Turcs et Français (**Halimi, 1980**).

1.5-Pin d'Alep

1.5.1- Généralités sur le pin d'Alep

Le pin d'Alep est l'un des arbres les plus caractéristiques des paysages méditerranéens (**Prévosto., 2013**). Le mot Pin est originaire du latin Pin qui veut dire parasol. Le Pin d'Alep est aussi connu sous la désignation de Pin de Jérusalem ou de Pin blanc (**Rameau et al., 2008 ; Prévosto, 2013**). Philip Miller a décrit le Pin d'Alep sous le nom de *Pinus halepensis* Mill en 1768 (**Nahal., 1962**).

1.5.2- Systématique du Pin d'Alep

Sur le plan taxonomique, l'espèce *Pinus halepensis* Mill a la systématique suivante (**Ozenda, 2006**).

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Gymnospermes

Classe : Pinopsida

Ordre : Coniferales.

Famille : Pinaceae (Abietaceae)

Genre : *Pinus*

Espèce : *Pinus halepensis* Mill

1.5.3-Description botanique

Le pin d'Alep est un arbre toujours vert, de hauteur totale allant de 25 à 27m, sa longévité dépasse pas 150 ans, au tronc tortueux, irrégulier et branchu (**Figure 2**) (**Seigue, 1985**).



Figure 2 : Jeune arbre de *Pinus halepensis* (Original, 2022).

L'écorce des arbres jeunes est lisse et d'un gris argenté. Chez les adultes, elle forme un rhytidome plus ou moins gerçuré en écailles minces, larges et aplaties de couleur rougeâtre (Figure 3) (Nahal, 1962).



Figure 3 : Écorce du Pin d'Alep (Original, 2022).

Les rameaux sont grêles, polycycliques de couleur vert clair la 1ère année. Ensuite, ils deviennent faiblement sillonnés, de couleur gris clair. Il existe des rameaux longs (auxiblastes) et des rameaux nains (brachyblastes) qui constituent les gaines portant les aiguilles (Figure. 4) (Rameau et al., 2008 ; Ali-Delille, 2010).



Figure 4 : Rameaux du pin d'Alep (**Original, 2022**).

Les bourgeons sont cylindro-coniques de 7-8 mm et non résineux (**Maire, 1952**). Les aiguilles sont très fines (< 1 mm). Elles mesurent entre 5 et 10 cm de long. Elles sont réunies par deux, rarement par trois dans une gaine. Elles sont groupées en pinceaux à l'extrémité des rameaux de couleur verte jaunâtre (**Figure 5**) (**Nahal, 1962**).



Figure 5 : Aiguilles du pin d'Alep (**originale 2022**).

Les cônes mâles sont de 6 à 7 cm ressemblant à des chatons dressés. Ils produisent une grande quantité de pollen jaune orangé dispersé par le vent (**Figure 6**) (A) (**Nahal, 1986**). Les cônes femelles sont ligneux ovoïdes coniques à écailles dures, pédonculés, isolés ou par paires. Ils mûrissent au cours de la deuxième année et laissent le plus souvent échapper leurs graines au cours de la troisième année. Le cône doit avoir subi de forte chaleur, qui détruit les joints de résine entre les écailles pour pouvoir s'ouvrir (**Figure 6**) (B) (**Bellahouel, 2012**). Ce dernier renferme des graines mâtes de 7 mm de taille, brunes grises, sur une face et grises

mouchetées de noir sur l'autre (Kadik, 1987). Elles sont munies d'une aile allongée 4 fois plus longue, qui facilite leur dissémination rapide (Nahal, 1962).

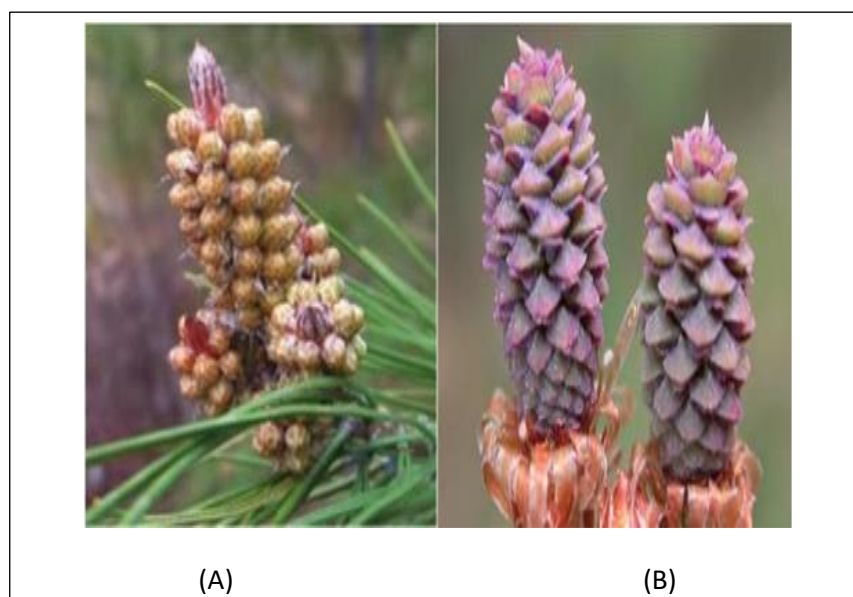


Figure 6 : (A) Cônes mâles, (B) cônes femelles du pin d'Alep (Ali-Delille, 2010).

1.5.4- Distribution géographique

1.5.4.1- Répartition du pin d'Alep dans le monde

L'aire de répartition géographique du pin d'Alep se limite au bassin méditerranéen et occupe plus de 3,5 millions d'hectares (Quezel, 1986). Il est bien représenté dans les Massifs montagneux des pays du Maghreb. Il couvre une superficie de 65.000 hectares au Maroc dans le Rif, le Moyen et le Haut Atlas et il occupe 370.000 hectares en Tunisie (Ammari et al., 2001). En Europe, Le Pin d'Alep est surtout présent sur le Littoral Espagnol où il couvre une superficie de 1.046.978 hectares en peuplements purs et 497.709 hectares en peuplements mixtes ou mélangés avec d'autres espèces, soit 15% de la surface boisée de la région (Montero, 2001). En France, il est beaucoup plus fréquent en Provence. Il se prolonge, dans le Nord et la Vallée du Rhône où il occupe une aire de 202.000 hectares (Couhert et Duplat, 1993). En Italie, le Pin d'Alep ne représente que 20.000 hectares cantonnés essentiellement dans le Sud, en Sicile et en Sardaigne. Par contre, en Grèce, les peuplements de Pin d'Alep représentent une superficie importante de 330.000 hectares. En Méditerranée Orientale, il est assez rare et remplacé par *Pinus brutia*. Il existe à l'état spontané mais d'une façon très restreinte en Turquie, en Albanie et en Yougoslavie et très peu au Proche Orient (Palestine, Jordanie, Syrie et Liban) (Figure 7) (Seigue, 1985).



Figure 7 : Aire de répartition du *Pinus halepensis* Mill dans le monde (Quézel, 1980).

1.5.4.2-Repatriation du pin d'Alep en Algérie

En Algérie, le pin d'Alep avec ses 35% de recouvrement reste bien l'espèce, qui occupe la première place de la surface boisée en l'Algérie (Bentouati, 2006). Selon (Mezali, (2003), la surface occupée par cette espèce avoisine 800.000 hectares. Les peuplements du pin d'Alep se localisent sur tous les massifs montagneux, du Tell Littoral jusqu'à l'Atlas Saharien (Kadik, 1986), on trouve de vastes peuplements en Oranie (régions de Sidi Bel Abbas, Saïda et Ouarsenis), dans l'Algérois (Medéa-Boghar, Monts de Bibans et Monts des Ouled Nail), et dans le Constantinois (Aurès et région de Tébessa). Selon Kadik, (1987), les beaux peuplements du Pin d'Alep se situent au centre du pays dans les forêts de Médéa, Boghar et de Theniet El Had qui totalisent respectivement 52000 et 47000 hectares, les vieilles futaies des Monts des Ouled Nail (Djelfa) avec plus de 100.000 ha, et à l'Ouest dans les régions de Sidi Bel Abbés et Saida (Figure 8).

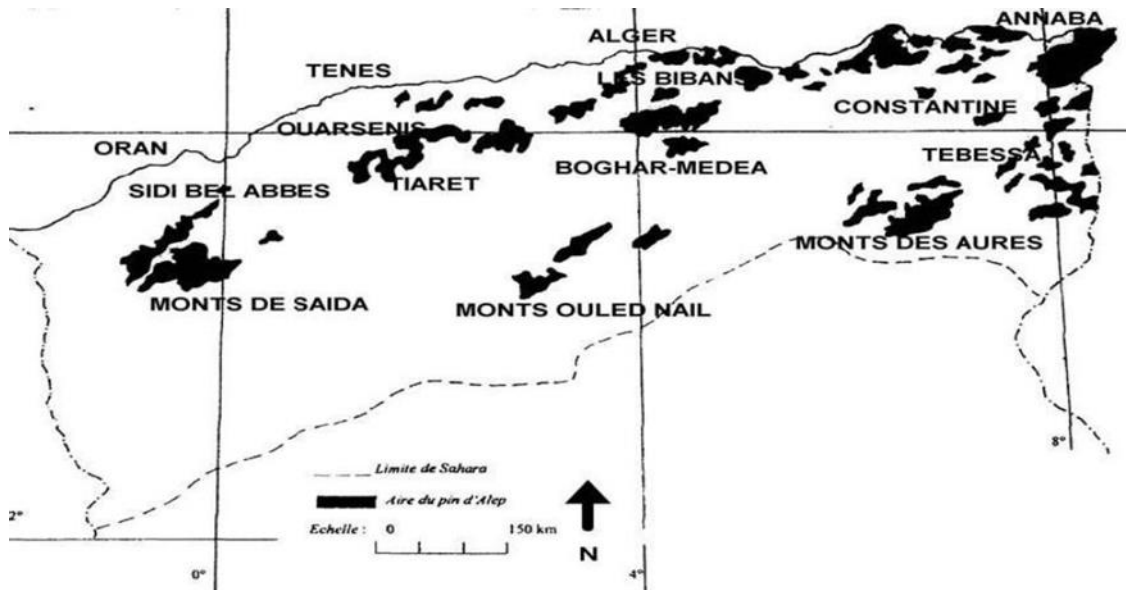


Figure 8 : Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (**Bentouati, 2006**)

1.5.5-Ecologie du pin d'Alep

Les facteurs climatiques jouent un rôle primordial dans l'écologie du pin d'Alep. Le rôle du facteur édaphique est relativement secondaire (**Boudy, 1950**). Nombreux travaux réalisés permettent de bien préciser la signification biogéographique et écologique du Pin d'Alep (**Quezel et McDail, 2003**).

1.5.6 -Exigences pédoclimatiques

Le pin d'Alep est une essence xérophYTE et thermophile (**Boudy, 1950**). En Algérie selon (**Kadik, 1983**), les principaux facteurs climatiques, qui régissent l'extension de pin d'Alep, sont la pluviométrie, la sécheresse estivale et la moyenne des Minima des mois les plus froids. En ce qui concerne les températures, le pin d'Alep admet les variantes froides à chaudes des valeurs moyennes minimales du mois le plus froid de -3°C à $+10^{\circ}\text{C}$ (**Quezel, 1986**). Il peut supporter des froids exceptionnels de courtes durées de -15° à -18°C (**Bedel, 1986**). Les températures moyennes Maxima du mois le plus chaud varient de $28,3^{\circ}\text{C}$ à $35,4^{\circ}\text{C}$. L'optimum varie de 31°C et 33°C (**Mebrek, 2007**). Pour les précipitations, le pin d'Alep prospère dans une tranche pluviométrique allant de 200 mm jusqu'à 1500 mm par an. Les très belles futaies se trouvent en zone semi-aride entre 300-400 jusqu'à 700 mm par an. (**Bentouati, 2006**). Selon **Nahal, (1986)**, le pin d'Alep, se rencontre dans les différents étages : aride supérieur, semi-aride, subhumide et humide. Toutefois, c'est dans l'étage semi-aride qu'il trouve son plein épanouissement.

Le pin d'Alep est une espèce indifférente à la nature du sol (**Boudy, 1950**). Il colonise surtout et en abondance sur des substrats marneux et marno-calcaires avec des sols profonds et évolués et de moins degré sur des sols calcaires compacts. Il ne tolère ni les sols sablonneux dont la perméabilité ne permet pas de retenir de l'eau, ni les bas-fonds limoneux. Il se comporte très mal sur les schistes et les micaschistes. (**Seigue, 1985**). En Algérie, le pin d'Alep s'observe surtout sur les roches mères carbonatées à pH basique. Il colonise les sols de texture sablo- limoneuse à limono-sableuse (**Kadik, 1984**).

1.5.7-Importance du pin d'Alep

Le bois du pin d'Alep est souple et dur, au grain très fin et de couleur claire. Il était autrefois fort recherché pour la construction navale et la charpenterie (**Thibaut, 1986**). Son écorce riche en tanin était utilisée pour le tannage des peaux ou pour la teinture (**Aït Youssef, 2006**). Il est recherché pour la pâte à papier, comme bois d'œuvre, pour l'ameublement, les parquets et lambris, bois de mine et poteaux télégraphiques, etc... Les graines des pins appelées « pignons » sont comestibles crues ou grillées. Elles entrent dans la confection de confiseries, crèmes, gâteaux, pains, pâtes et tartes ou encore dans les farces, salades et vinaigrettes mais aussi dans le réputé et fameux « Thé aux pignons » offert en Tunisie (**Bellahouel, 2012**).

Le pin d'Alep donne environ 3 Kg de gomme de résine. La gomme pure contient 20 à 24 % d'essence de térébenthine et 75 à 80 % de cellophane. Cette gomme possède aussi des usages médicaux (**Kadik, 1987 ; Aït Youssef, 2006**). Les bourgeons de pin, très résineux, ont aussi une utilisation médicale, comme balsamiques et diurétiques, transformés notamment en sirops et pastilles. Comme tous les goudrons, le goudron du bois de pin d'Alep est destiné à traiter de nombreuses affections de la peau tant pour l'homme que pour les animaux domestiques (**Aït Youssef, 2006**).

1.6-Huiles essentielles

1.6.1-Définition

Les huiles essentielles (HEs) sont appelées aussi essences, sont des mélanges de substances aromatiques produites par de nombreuses plantes et présentes sous forme de minuscules gouttelettes dans les feuilles, la peau des fruits, la résine et les bois (**Padrini et Lucheroni, 1996**). Le terme « huile » se rapporte au caractère visqueux et hydrophobe de ces substances, et le terme « essentielle » comme étant la caractéristique principale de la plante odorante (**Reynaud, 2006**).

1.6.2-Localisation et lieu de synthèse

Les huiles essentielles n'ont pas une présence générale chez les végétaux. Environ 1% des espèces élaborent des essences. Certaines familles se caractérisent par un grand nombre d'espèces qu'elles regroupent en particulier dans les familles : Myrtaceae, Lauraceae, Lamiaceae, Asteraceae, Apeaceae, Cupressaceae, Poaceae, Zingiberaceae et Piperaceae (**Mohammedi, 2006**). Elles sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent en général dans des cellules glandulaires spécialisées. Ce sont donc des structures histologiques servant à leur synthèse et à leur stockage (**Kaloustain et Hadj-Minaglon, 2013**). Les poils, poches et canaux sécréteurs, peuvent être situés le plus souvent dans les fleurs et les feuilles. Mais elles peuvent aussi être présentes dans le fruit, le bois ou encore dans la racine du végétal (**Lardry et Haberkorn, 2007**).

1.6.3-Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales. Nous citons les plus utilisées.

1.6.3.1- Entraînement à la vapeur d'eau

L'entraînement à la vapeur d'eau est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles. Cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter. De la vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. Durant le passage de la vapeur à travers le matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle, qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + huile essentielle ». Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et

l'essencier avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique : l'huile essentielle (**Figure 9**) (**Lucchesi, 2005**).

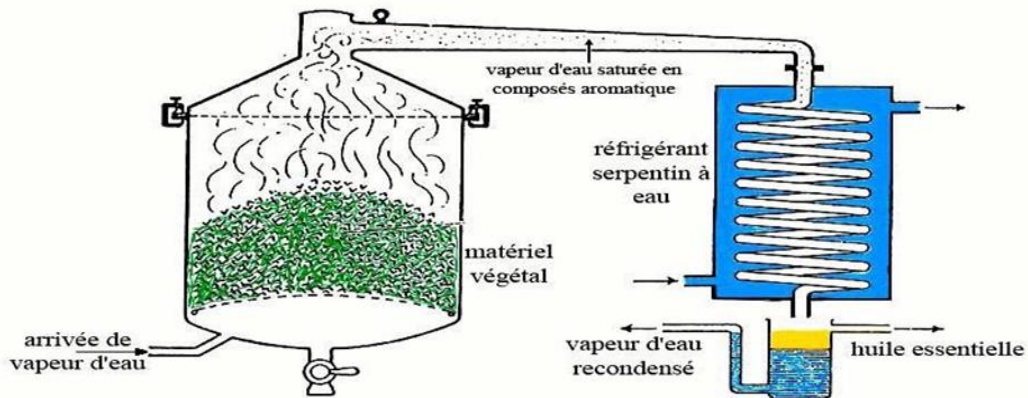


Figure 9 : Montage d'entraînement à la vapeur d'eau (**El Haib, 2011**).

1.6.3.2- Hydrdistillation

Selon **Belghit, (2016)**, l'hydro-distillation est la méthode la plus simple et de ce fait, la plus anciennement utilisée. La matière végétale est directement immergée dans un alambic rempli d'eau et placé sur une source de chaleur. Le tout 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. Puisque les huiles essentielles sont plus légères que l'eau, elles flottent au-dessus de l'hydrolat (**Figure 10**). D'après **Garnero, (1991)**, Le temps de distillation affecte non seulement le rendement, mais également la composition de l'extrait.

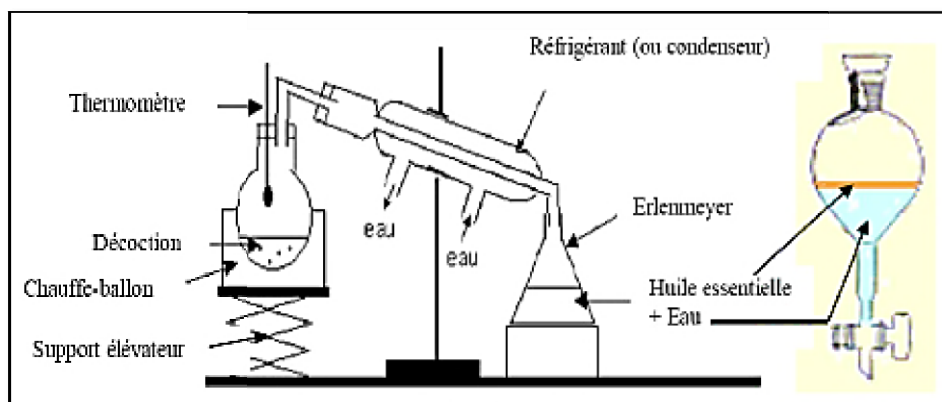


Figure 10 : Représentation schématisé de l'appareillage d'hydro-distillation (**Lagunez,2006**).

1.6.3.3- Expression à froid

L'expression à froid est appelée aussi expression mécanique. Elle se fait par : écoulement naturel de l'incision du tronc de certains arbres qui permet de recueillir un baume ou une gomme. L'écrasement de plantes et l'expression, aussi appelée « pression à froid » ou « grattage », est un procédé d'extraction très simple. Il est principalement utilisé pour les écorces d'agrumes (citron, pamplemousse, bergamote, orange douce et mandarine), qui renferment une quantité importante d'huile essentielle. Cette opération mécanique vise à écraser les molécules qui contiennent l'essence dans les zestes des agrumes frais. Dans ce cas, on utilise le terme « essence » plutôt qu' « huile essentielle » (Moro Buronzo, 2008).

1.6.3.4- Extraction assistée par micro-ondes

L'extraction assistée par micro-ondes est une nouvelle technique qui combine l'utilisation des microondes et d'autres méthodes traditionnelles. Dans ce procédé, la matière végétale est chauffée par micro-ondes dans une enceinte close dans laquelle la pression est réduite de manière séquentielle. Les composés volatils sont entraînés par la vapeur d'eau formée à partir de l'eau propre de la plante. Ils sont ensuite récupérés à l'aide des procédés classiques condensation, refroidissement, et décantation. Des études ont démontré que, cette technique possède plusieurs avantages tel que le gain de temps d'extraction, l'utilisation de petites quantités de solvant, et un rendement d'extraction élevé (Figure 11) (Hemwimon et al., 2007).

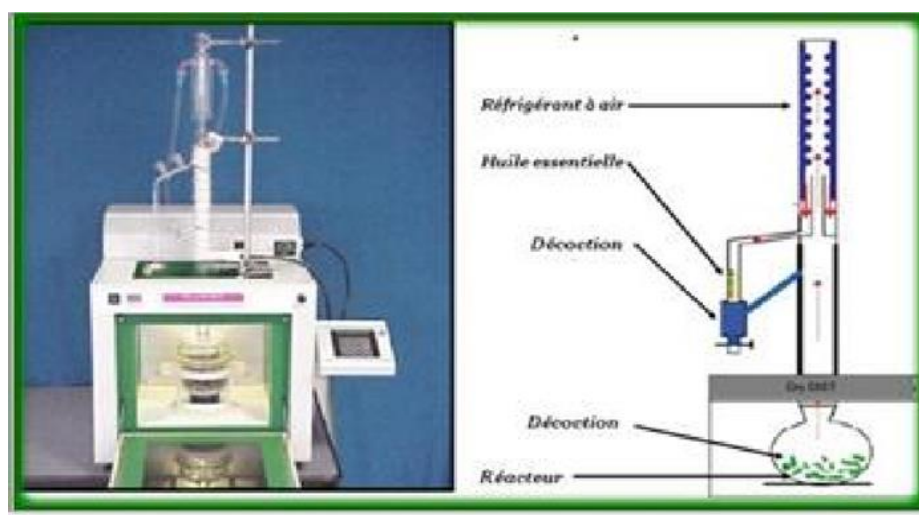


Figure 11 : Dispositif d'extraction assistée par micro-ondes (Boutayeb, 2013).

1.6.4- Composition chimique de l'huile essentielle du pin d'Alep

L'huile essentielle de la partie aérienne du *P. halepensis*, obtenue par hydro distillation, a été analysée par CPG et CPG/SM a révélé la présence de quarante-neuf composés dont 26 monoterpènes, 16 sesquiterpènes, 4 diterpènes et 3 non-terpéniques. Les composants majoritaires sont : α -pinène, β -caryophyllène, β -myrcène et α -terpinolène (**Figure 12**) (**Macchioni, 2002**).

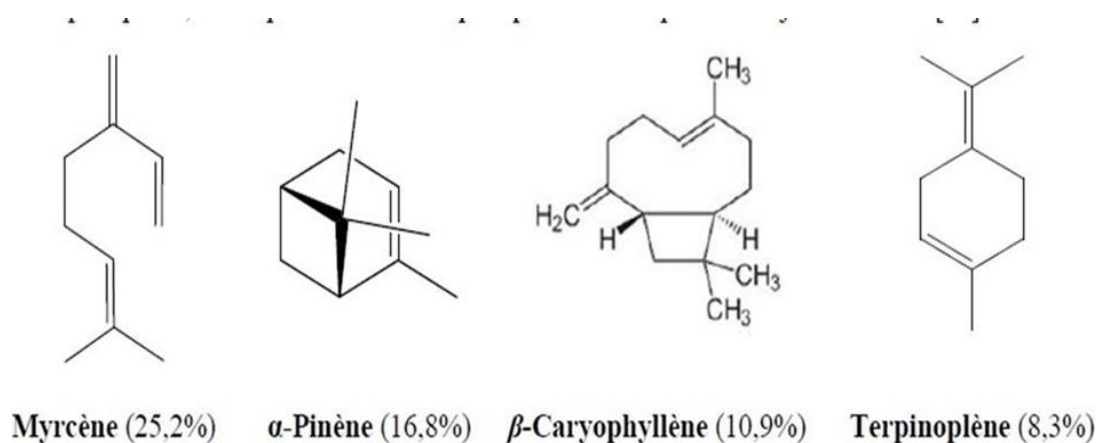


Figure 12 : Composés majoritaires de l'huile essentielle du *P. halepensis* (**Machioni, 2002**).

1.6.5-Notion de chémotype

La composition chimique de l'HE peut au sein d'une même espèce de plante présenter des profils chimiques ou chémotype (chimiotypes) différents. Ce polymorphisme chimique existe chez certaines espèces de plusieurs familles. L'un des exemples le plus démonstratif qu'on peut citer est celui du thym (*Thymus vulgaris L.*). Cette espèce a six (06) chémotype différents. Cette différence est due à la nature du monoterpène majoritaire, qui peut être soit le géraniol, le linalol, l' α -terpinéol, le 4-thuyanol, le carvacrol ou le thymol (**Thompson, 2003**). Une huile essentielle chémotype, ou H.E.C.T. est une HE qui possède une classification chimique. Cela permet de définir la/(les) molécule(s) majoritaire(s) d'une HE (**Laurent, 2017**).

Matériel et méthodes

2-Matériel et Méthodes

Notre étude s'est étalée sur une période de 3 mois, de Février jusqu'au mois de Mai 2022. Les différentes expérimentations ont été effectuées au niveau des structures suivantes :

- Parc National de Chréa et Theniet El Had pour l'étude morphométrique et la récolte des rameaux feuillés du pin d'Alep.
- Laboratoire de BIO.Extrapamal à Oued Alleug pour l'extraction des huiles essentielles (HE) des rameaux feuillés du pin d'Alep des deux régions Parc National de Chréa et de Theniet El Had.
- Laboratoire du Centre de Recherche d'analyse Physico-Chimique (CRAPC) à Bou S'mail pour la caractérisation des huiles essentielles par Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à Spectromètre de Masse (CG-SM) des deux régions.

2-1-Présentation des deux zones d'étude

2-1.1-Situation géographique

Le Parc National de Theniet El Had est un massif forestier occupant les deux versants du Djebel El Meddad. Il s'étend sur une superficie de 3424 ha. Il est situé à 02 km au Sud-Ouest de la ville de Theniet El Had Wilaya de Tissemsilt. Il fait partie prenante de l'Ouarsenis. L'ensemble constitue la chaîne Sud de L'Atlas Tellien. L'Ouarsenis est le principal chaînon du Tell occidental situé entre les Monts de Béni Chougrane à l'Ouest, les Monts de Titteri à l'Est, la vallée du Chlef au Nord et le Sersou au Sud. Le Parc se situe entre les coordonnées géographiques : 35° 49' 41'' et 35° 54 '04'' de latitude Nord et 01° 52' 45'' et 02° 02' 04'' de longitude Est (**PNTH, 2022**). Alors que le Parc National de Chréa est situé à 50 km au Sud-Ouest d'Alger. Il s'étend sur une superficie de 26 585 ha du Sud-Ouest au Nord-Est sur les topographies centrales de la chaîne Atlasique Tellienne. Elle est comprises entre les latitudes Nord 36°19' / 36°30', et les longitudes Est 2°38' / 3°20' (**Figure 13 et 14**) (**Anonyme, 2000**).

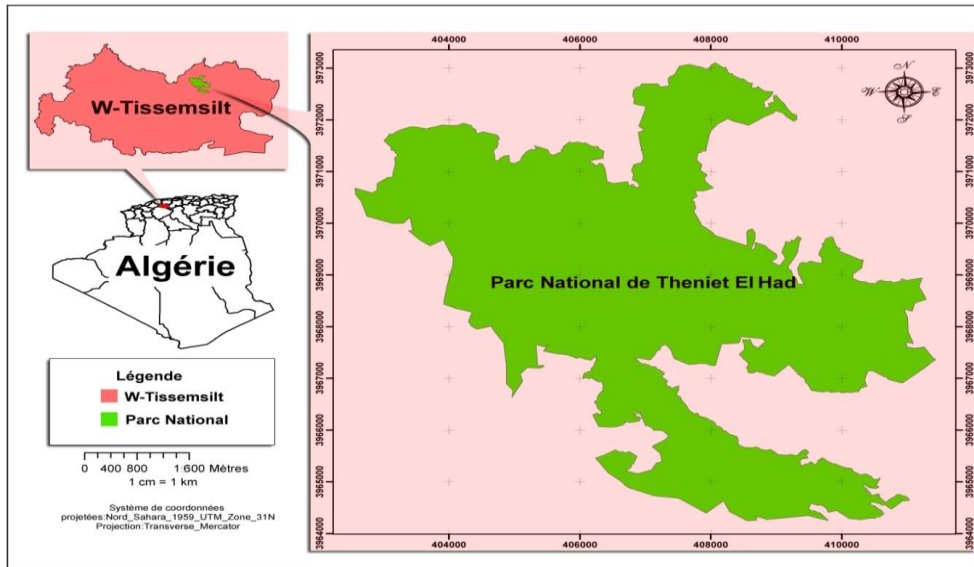


Figure 13 : Localisation géographique du Parc National de Theniet El Had (PNTH, 2022).



Figure 14 : Carte de situation géographique du Parc National de Chréa (Anonyme, 2010).

2.1.2-Pédologie des deux régions

Dans le Parc National de Thniet El Had, prédominent trois classes de sols (PNTH, 2022). Les sols peu évolués du groupe d'apport colluvial. Ils sont formés par des matériaux argilo-sablonneux mélangés à des morceaux de roches particulièrement de grès en quantités et dimensions très variées. Sur les crêtes sommitales se trouvent les sols minéraux bruts d'érosion, les lithosols y prédominent sur des grès. Ces sols se succèdent presque sans

interruption avec des affleurements de la roche mère et sont peu profonds. Les sols bruns lessivés qui sont localisés dans les grandes clairières et pied monts en général où les pentes sont très faibles (**PNTH, 2022**). Le sol du Parc National de Chréa a une tendance siliceuse, pauvre en calcaire et une faible minéralisation. Ils sont constitués d'éléments grossiers car dans les hautes altitudes l'effet de basses températures ralentit la pédogenèse et par conséquent les sols sont jeunes et peu évolués (**Boutaleb, 1998**).

2.1.3-Flore des deux régions

Le patrimoine naturel du Parc National de Theniet El Had se compose de 1304 espèces vivantes dont 650 végétales et 654 animales (**PNTH, 2022**). La flore est composée de :

-la cédraie occupe le versant Nord, le recouvrement des peuplements est très important (70-80%). Sur le versant Sud, le recouvrement est de l'ordre de 60-70% soit 10-12 m de hauteur moyenne, la superficie globale est estimée à 1000 ha.

-La yeuse (chêne vert), généralement, elle est dans les basses altitudes avec une dominance des formations buissonnantes et épineuses, un faible degré de recouvrement. La hauteur moyenne est de l'ordre de 08 m. La superficie globale est estimée à 1389 ha.

-La Subéraie (chêne liège), le degré de recouvrement des arbres est en moyen de 60-70%, une hauteur moyenne de 10-12m, et une superficie globale est estimée à 406 ha.

-La Zenaie (chêne zéne) : c'est une formation en mélange avec le cèdre, le chêne vert et le chêne liège. La superficie globale estimée à 365 ha.

-La pinède (pins) est caractérisée par de vieilles futaie, occupant principalement les basses altitudes du versant Nord du canton Guerouaou, qui s'étend sur une superficie de 27 ha, En plus il existe des espèces introduites ou autochtones rares : pin pignon, micocoulier, prunier sauvage, érable de Montpellier et Merisier. Le Parc National de Theniet El Had contient les lichens et les mousses 24 espèces de thallophytes et 13 espèces de bryophytes respectivement. Les champignons qui sont en nombre de 43 espèces.

Le Parc National de Chréa est un ensemble d'écosystèmes boisés de grande importance (**Salhi, 2016**). L'analyse floristique du tapis végétal, a permis de distinguer différents groupes de végétaux en fonction des situations écologiques et anthropiques, révèle une flore très diversifiée à travers ses étages bioclimatiques allant de l'humide au Nord vers le semi-aride au Sud (**Anonyme, 2005**). Les derniers inventaires ont permis de

préservent une abondance floristique de 1153 espèces. Ce qui représente 35,52 % de la richesse floristique nationale. Ils se répartissent dans les différentes communautés d'espèces végétales (formation végétale) qui sont les habitats vitaux nécessaires à la subsistance des différentes espèces floristiques (**Anonyme, 2010**). Parmi les 1153 espèces, 200 sont des plantes médicinales, 72 des champignons et 29 lichens, 62 espèces endémiques, 136 rares, 25 menacées et enfin 37 espèces protégées (**Quezel et Santa, 1962**).

2.2-Climatologie des deux zones d'étude

Le climat est défini par de nombreux éléments, entre autre la température, la précipitation, l'humidité relative et les vents. Il dépend de plusieurs facteurs tels que la latitude, le relief, les courants marins et la proximité des côtes. Il résulte de l'interaction de l'ensemble des facteurs mis en jeu (**Abousalim, 2003**).

Vu l'absence de stations météorologiques au niveau des deux parcs, Nous nous sommes référés aux données climatiques de la station de Blida et celle de Theniet El Had la plus proche située à 2 Km du PNTH.

2.2.1-Précipitations

Elles sont dénommées précipitations, toutes les eaux météoriques, qui tombent sur la surface de la terre sous forme liquide (pluie et averse) ou sous forme solide (neige et grêle) et les précipitations déposées sous forme solide (rosée, gelée blanche ...). Elles sont provoquées par un changement de la température ou de pression. La vapeur d'eau de l'atmosphère se transforme en liquide lorsqu'elle atteint le point de rosée par refroidissement ou augmentation de pression (**Mecheri, 2009**).

D'après le **Tableau 6 et 9 (voir annexe 1 et 2)**, La pluviométrie annuelle de l'année 2021 au niveau des deux stations d'étude Theniet El Had et chréa est de 628 mm/an et 511 mm/an respectivement. Les mois les plus pluvieux de l'année pour Theniet El Had et Chréa sont Janvier et Décembre (89 mm et 83 mm) et Janvier et Février (70 mm et 72 mm) respectivement.

2.2.2-Température

La température est considérée comme l'un des éléments fondamentaux du climat, affectant directement les processus biologiques et chimiques dans la biosphère et l'activité de tous les êtres vivants.

D'après les **Tableau 7 et 10 (voir annexe 1 et 2)**, nous constatons que, le mois le plus chaud de l'année 2021 à la station de Theniet El Had est le mois d'Aout avec une température maximale de l'ordre de 43 °C et le mois le plus froid est le mois de janvier avec une température minimale de l'ordre de -3 °C. Les mois les plus chauds de l'année à Blida sont les mois de Juillet et Aout, avec une température maximale de l'ordre de 34°C, et le mois le plus froid est le mois de janvier avec une température minimale de l'ordre de 9°C.

2.2.3-Humidité relative

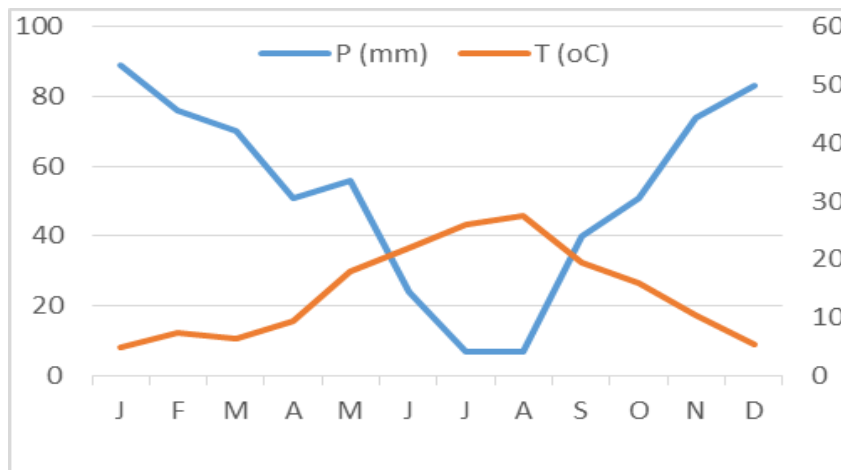
L'humidité est un élément important pour la physiologie végétale. L'évaluation moyenne mensuelle de l'humidité est mentionnée dans le **Tableau 8 et 11 (voir annexe 1 et 2)**. Selon ces derniers, L'humidité relative moyenne annuelle est de 64.78 % à la station de Theniet El Had. L'humidité relative est plus élevée en hiver avec une valeur maximale enregistrée au mois de Décembre (81.1%). En été, elle atteint la valeur minimale au mois de Juillet (39 %). À la station de Blida, l'humidité relative moyenne annuelle est de 67.79 %. Cette dernière est plus élevée en hiver avec une valeur maximale enregistrée au mois de Février 82.3%. En été, elle atteint la valeur minimale au mois de Juillet (45.9 %).

2.3- Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953)

Le graphique ombrothermique, nous permet de localiser les périodes sèches et les périodes humides. Nous trouvons sur le même graphique deux courbes : l'une thermique et l'autre pluviométrique. Ce diagramme représente, en abscisses, les douze mois de l'année et en ordonnées les valeurs des températures et des précipitations des mois considérés en respectant la relation $P=2T$ (**Charre, 1997**). Gaussen considère que la sécheresse s'établit lorsque les précipitations moyennes mensuelles exprimées en millimètres, est inférieur au double des températures moyennes mensuelles (T) exprimées en degrés Celsius (**Dajoz, 1971**).

2.3.1- Diagramme ombrothermique de Theniet El Had

Le diagramme ombrothermique de Theniet El Had est représenté dans la **Figure 15**. L'étude du diagramme ombrothermique de la région de Theniet El Had montre l'existence de deux périodes sèches et humides : La période sèche s'étale de la première semaine du mois de mai jusqu'au début du mois de septembre. La période humide englobe le reste de l'année.



J : Janvier, F : Février, M : Mars, A : Avril, M : Mai, J : Juin, J : Juillet, A : Aout, S : septembre, O : Octobre, N : Novembre, D : Décembre. P : précipitations, T : Températures

Figure 15 : Diagramme ombrothermique de Theniet El Had (**Original, 2022**).

2.3.2- Diagramme ombrothermique de Chréa

Le diagramme ombrothermique de chréa est représenté dans la **Figure 16**. L'étude du diagramme ombrothermique de la région de chéra montre l'existence de deux périodes sèches et humides. La période sèche s'étale de la fin du mois de mai jusqu'au mois de septembre. La période humide englobe le reste de l'année.

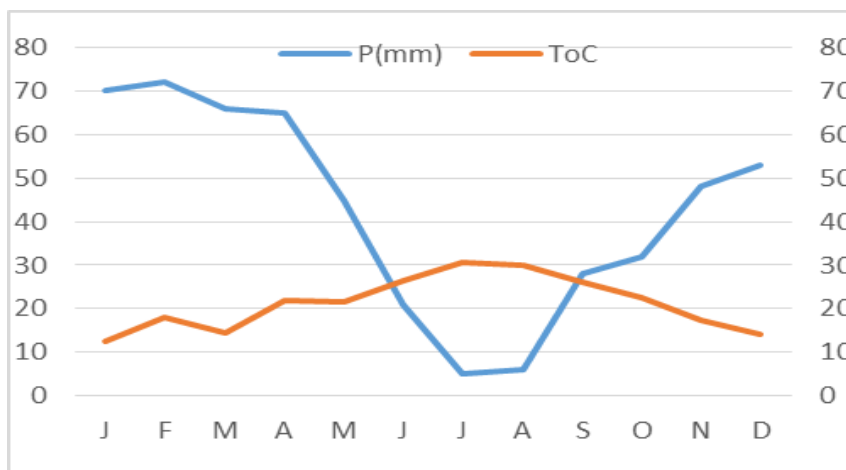


Figure 16 : Diagramme ombrothermique de Chréa (**original, 2022**).

2.4-Matériel

2.4.1-Matériel biologique

L'étude a été réalisée sur les rameaux feuillés de l'espèce *Pinus halepensis*. L'identification botanique de *Pinus Halepensis* a été faite par le personnel qualifié des deux parcs. La quantité de matière fraîche récoltée pour chaque région est environ 14kg (**Figure 17**).



Figure17 : Rameaux feuillés de *Pinus halepensis* récoltés. (A): Parc National Theniet El Had, (B): Parc National Chréa (**Original, 2022**).

2.4.2- Matériel non biologique

Le matériel non biologique utilisé pour la réalisation dans notre expérimentation est représenté en **annexe 3**.

2.5-Méthodes

2.5.1-Etude morphométrique

Pour réaliser l'étude des caractéristiques morphométriques de *Pinus halepensis* de deux régions : Parc National Theniet El Had et Parc National Chréa, nous avons choisis 3 arbres au hasard dans chaque région en utilisant un mètre ruban (cm) pour mesurer la longueur et largeur des cônes, la longueur des aiguilles, la circonférence du tronc de l'arbre. La hauteur des arbres a été mesurée par le personnel qualifié des deux parcs. Chaque mesure a été répétée trois fois.

2.5.2- Echantillonnage

Les rameaux feuillés de Pin d'Alep dans les deux régions Chréa et Theniet El Had, ont été récoltés durant le mois de Mars 2022, en début de matinée, par temps ensoleillé et une température de 20°C, afin que le matériel végétal soit le plus frais possible.

2.5.3-Extraction de l'huiles essentielles du *Pinus halepensis* des deux régions PNC et PNTN.

2.5.3.1-Principe

Nous avons procédé à l'extraction d'huile essentielle par la méthode d'hydrodistillation, à l'aide d'un dispositif de type «alambic». Le montage utilisé est présenté dans la (Figure 18).

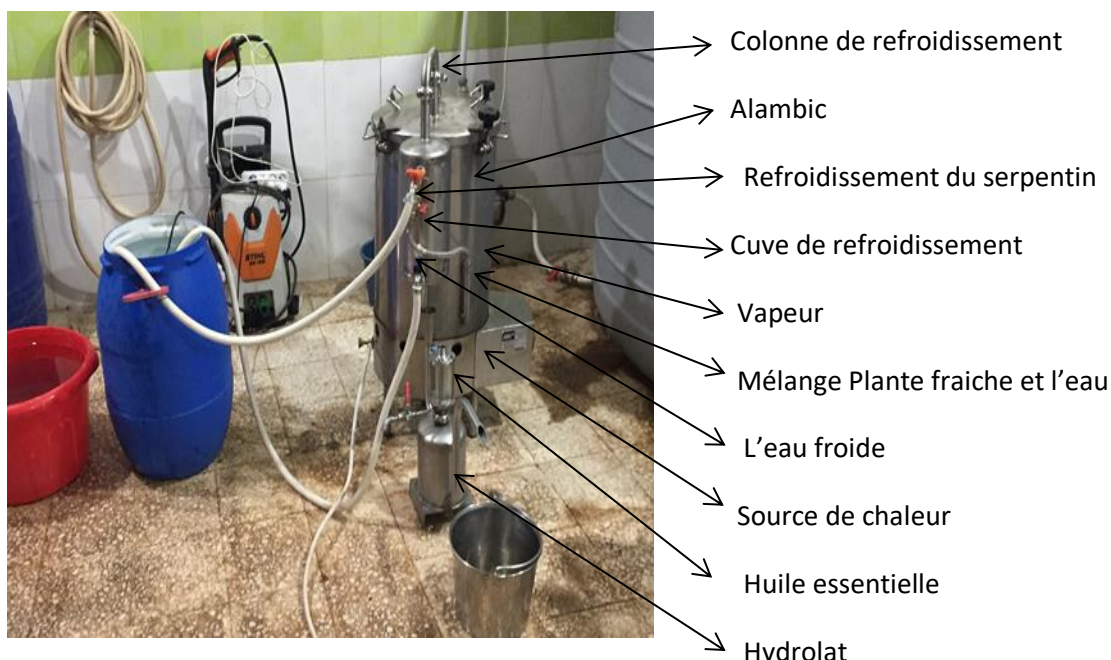


Figure 18 : Dispositif d'extraction de type «Alambic» (Original, 2022).

2.5.3.2-Mode opératoire

Tout d'abord nous avons pesé 14 kg de rameaux feuillés frais de *Pinus halepensis*. Ces derniers ont été coupés en petits morceaux et introduits directement dans un alambic. Une quantité 28 L d'eau distillée ont été ajoutées à l'ensemble de la masse végétale .Par la suite la préparation est portée à l'ébullition pendant 5h à l'aide d'un chauffage, qui permet l'obtention de la vapeur, qui se charge des produits volatils. Elle se condense et se liquidifie grâce au système de refroidissement. La différence de densité entre l'huile et l'eau permet l'apparition

de deux couches distinctes. L'huile obtenue est récupérée et conservée à l'obscurité dans un flacon ambré et fermé hermétiquement jusqu'à son utilisation.

2.5.3.3-Détermination des rendements en huiles essentielles

Pour faire une comparaison entre le rendement du *Pinus halepensis* de Chréa et celui de Theniet El Had, nous avons calculé les rendements en huiles essentielles de ces deux régions d'après la méthode de (AFNOR, 2000). Le rendement en huile essentielle (RHE) est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue après l'extraction (MHE) et la masse de la matière végétale utilisée (Mmv) :

$$RHE\%=(MHE/Mmv).100$$

RHE=Le rendement de H.E (%)

MHE= Masse de huile essentielle en g.

Mmv= Masse de la matière végétale en g.

2.5.4-Caractéristiques organoleptiques

L'appréciation des caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles consiste à évaluer l'aspect, l'odeur et la couleur en utilisant les organes des sens.

2.5.5- Analyse de la composition chimique de l'Huiles Essentielles par CG- MS

Le couplage chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse est aujourd'hui une des techniques les plus utilisées dans la chimie analytique. L'intérêt de ce couplage est la séparation des constituants d'un mélange, dans notre cas il s'agit bien de l'huile essentielle du *Pinus halepensis*. La chromatographie en phase gazeuse est réservée à l'analyse de composés relativement volatils et thermiquement stables. Le spectromètre de masse permet l'identification et la quantification des composés.

2.5.5.1-Conditions opératoires

Les analyses chromatographiques de l'HE ont été effectuées sur une chromatographie en phase gazeuse type Hewlett-Packard agilent (6890) couplé avec un spectromètre de masse type Hewlett Packard Agilent 5973. La fragmentation est effectuée par impact électronique à 70eV. La colonne utilisée est une colonne capillaire HP-5MS (30m x 0.25mm), l'épaisseur du

film est de 0.25 μ m. La température de la colonne est programmée à 60°C pendant 8 min, pallier 2°C min⁻¹ jusqu' à 250°C. Le gaz vecteur est l'hélium pur dont le débit est fixé à 0.5 ml. min⁻¹. Le mode d'injection est le mode split (rapport de fuite : 1/20) avec une valeur d'injection de 0.2 μ l. L'appareil est relié à un système informatique gérant une bibliothèque de spectre de masse NIST 98 et piloté par un logiciel « HP ChemStation » permettant de suivre l'évolution des analyses chromatographiques.

2.5.6 Analyse statistique

Pour l'analyse statistique, nous avons utilisé le test Student. Il s'agit de la différence entre les moyennes des deux groupes. Le dénominateur est une estimation de l'erreur standard globale de la différence entre les moyennes. Il est basé sur l'erreur standard séparée pour chaque groupe. Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant le logiciel SPSS version 18.0. Les variables ont été considérées comme indiquant une différence statistiquement significative pour une valeur p inférieur à 0.05.

Résultats et Discussion

3- Résultats et discussion

3.1- Résultats de l'étude morphométrique des deux régions

Les résultats de l'étude morphométrique de la moyenne des paramètres mesurés (hauteur de l'arbre, circonférence du tronc, longueur et largeur des aiguilles et longueur des cônes) des deux régions d'étude, avec leur analyse statistique sont colligés dans le **Tableau 1 et Figure 19**.

Tableau 1 : Résultats de l'analyse statistique des paramètres morphométriques du pin d'Alep dans deux région Chréa et Theniet El Had.

Paramètres	Moyenne \pm SD		Valeur P
	Chréa	Theniet El Had	
Hauteur de l'arbre	12.66 \pm 2.51 m	9.33 \pm 2.51m	0.18
Circonférence du tronc	1.3 \pm 0.45 m	1.06 \pm 0.40m	0.54
Longueur des aiguilles	9.00 \pm 3.51 cm	7.66 \pm 2.51cm	0.80
Longueur des cônes	8.33 \pm 1.52 cm	9.00 \pm 2.00cm	0.67
Largeur des cônes	7.66 \pm 3.05 cm	11.66 \pm 2.51cm	0.15

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne \pm standard de déviation (SD). Les différences dans les moyennes des variables quantitatives entre les deux groupes ont été analysées en utilisant le test Student. Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant le logiciel SPSS version 18.0. Les variables ont été considérées comme indiquant une différence statistiquement significative pour une valeur $P < 0.05$. La comparaison des deux moyennes des paramètres étudiés, par le test de Student, a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes des variables étudiées à $P \geq 0.05$.











Paramètres \ Régions	Pin d'Alep de Chréa	Pin d'Alep de Theniet El Had
Hauteur de l'arbre		
Circonférence du tronc		
Longueur des aiguilles		
Longueur des cônes		
Largeur des cônes		

Figure 19 : Caractéristiques morphométriques de pin d'Alep des deux régions Chréa et Theniet El Had.

D'après le **Tableau 1** et la **Figure 19**, nous remarquons que, la hauteur de l'arbre du pin d'Alep de Theniet El Had est de $9,33 \pm 2,51$ m, la circonférence du tronc est $1,06 \pm 0,40$ m, son feuillage est fin et simple de $7,66 \pm 2,51$ cm et ses cônes sont de 9 ± 2 cm de long et $11,66 \pm 2,51$ cm de large. Alors que le pin d'Alep de Chréa présente une hauteur de l'arbre de $12,66 \pm 2,51$ m, la circonférence du tronc est de $1,3 \pm 0,45$ m, un feuillage de couleur vert-jaune de $9 \pm 3,51$ cm et ses cônes sont de $8,33 \pm 1,52$ cm et $7,66 \pm 3,05$ cm.

3.2-Résultats de l'extraction des huiles essentielles des deux régions

La quantité d'HE des rameaux feuillés de *Pinus halepensis* de Theniet El Had (PNTN) obtenu par hydro distillation est de 10 ml avec un rendement de 0,71 %. Par contre à Chréa (PNC) la quantité d'HE est de 7ml avec un rendement de 0.5 % (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Rendement en HE des rameaux feuillés du pin d'Alep dans les deux régions

Régions	Rendement
pin d'Alep (PNTN)	0.71 %
pin d'Alep (PNC)	0.5 %

D'après les résultats du **Tableau 2**, nous remarquons que, le rendement de l'HE de Theniet El Had est supérieur à celui obtenu à Chréa avec la même quantité de la matière fraîche utilisée. En comparant nos résultats à ceux de **Dob et al., (2005)** pour la même plante à Sidi Feradj (Algérie), où ils ont noté un rendement de 0.52%. Ce dernier est proche de celui obtenu à Chréa mais faible à celui trouvé à Theniet El Had. Les rendements obtenus dans les deux régions étudiées : Theniet El Had et Chréa sont faibles par rapport à celui rapporté par **Sadou et al., (2015)** au Nord Est Algérien : 0.81% pour la même plante. Cependant, le rendement obtenu par **Ghanmi et al., (2007)** à partir d'un échantillon de *Pinus halipensis* provenant du Maroc est de 0.22%, donc faible de ceux obtenus dans les deux régions d'étude : PNC et PNTN.

La différence des rendements observés peut être expliquée par divers facteurs tels que la provenance, la période de récolte, l'âge de la plante, l'humidité du matériel végétal, la technique d'extraction, et aussi les facteurs environnementaux (**Zhao et al., 2012**).

3.3-Caractéristiques organoleptiques

Les caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle de *Pinus halipensis* des deux régions sont présentées dans le **Tableau 3** et **Figure 20**.

Tableau 3 : Caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle du pin d'Alep dans les deux régions

Propriétés	Pin d'Alep (Chróa)	Pin d'Alep (Theniet El Had)
Aspect	Liquide (mobile)	Liquide (mobile)
Couleur	Incolore á jaune claire	Incolore á jaune claire
Odeur	Odeur douce caractéristique de l'espèce.	Odeur forte caractéristique de l'espèce.

Les résultats présents dans le **Tableau 3**, montrent que l'aspect et la couleur de l'huile essentielle des rameaux feuillés de pin d'Alep dans les deux régions sont semblables. Á l'exception de l'odeur qui est différente. L'huile essentielle de Theniet El Had est d'une odeur forte caractéristique de l'espèce. Par contre celle de Chróa est douce. Cette différence a une relation avec la composition chimique de chaque huile essentielle (**Figure 20**).

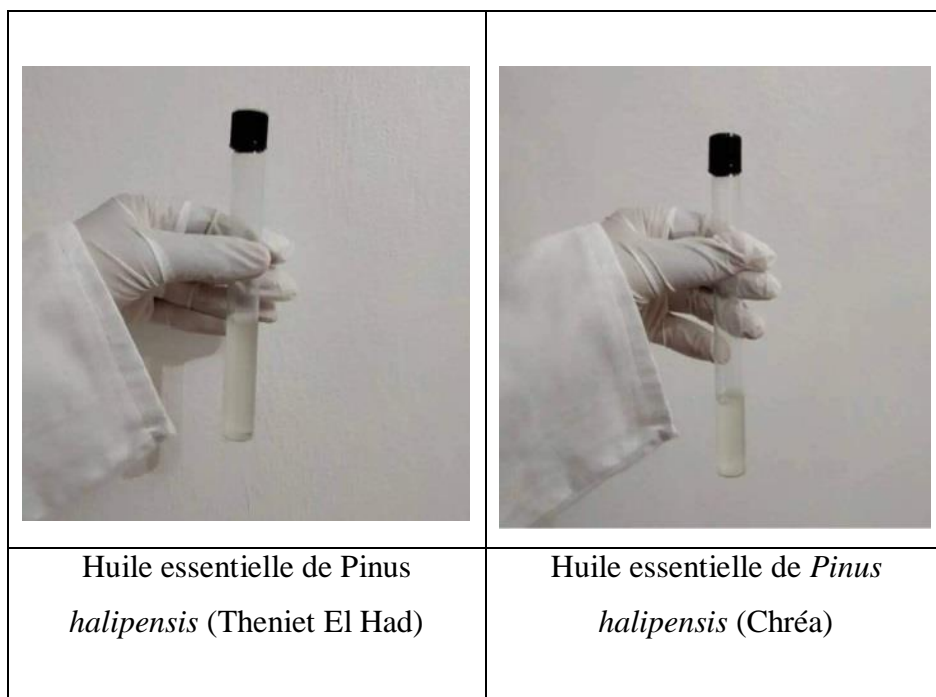


Figure 20 : Huile essentielle de *Pinus halipensis* de deux région Theniet El Had et Chr a.

3.4-Composition chimique de l'huile essentielle par Chromatographie en Phase Gazeuse Couplée à la Spectrométrie de Masse (CG/SM)

Les résultats de l'analyse des huiles essentielles par Chromatographie en Phase Gazeuse Couplée à la Spectrométrie de Masse (CG-SM) sont regroupés dans les (**Tableau 4 et 5**) et (**Figure 21 et 22 voir annexe5**). Ces derniers rapportent les compositions qualitatives et quantitatives de l'huile essentielle de pin d'Alep pour les deux régions d'études : Parc National de Chr a et celui de Theniet El Had. Les différents composés sont listés suivant l'ordre de leur temps de rétention.

Tableau 4 : Composition chimique de l'huile essentielle des rameaux feuillés de *Pinus halepensis* Miller de Theniet El Had

Composés	%	Temps de Rétention (mn)
1-Alpha-Thujéne	0,35	9,726
2-Alpha Pinène	18,80	10,409
3-Camphéne	0,29	10,932
4-Verbinéne	0,03	11,250
5-Sabinéne	1,62	12,516
6-Bêta Pinène	0,98	12,663
7-Bêta Myrcène	24,36	14,282
8-Alpha Phelandréne	0,06	14,611
9-Delta-3-Caréne	1,55	14,994
10-Alpha Terpinène	0,44	15,347
11-P-Cyméne	0,13	15,865
12-Bêta-Phelandréne	1,51	16,201
13-1,8-Cinéole	0,42	16,442
14-Cis-Ociméne	0,11	16,842
15-Bêta-Ociméne	3,29	17,733
16-Gamma-Terpinéne	0,74	18,272
17-Alpha-Terpinoléne	4,16	20,480
18-Linalool	0,87	21,610
19-Alpha-Thujone	1,58	21,810
20-Bêta-Thujone	0,56	22,475
21-Cis-Sabinol	0,04	23,959
22-Camphore	0,73	24,494
23-Cis-3-Pinanone	0,05	25,495
24-Bornéol	0,10	25,889
25-Terpinéne-4-ol	0,63	26,778
26-Terpinéol	0,22	27,737
27-Trans-Isolimonéne	0,22	28,032
28-Levo-Carvone	0,25	31,446
29-Isobromyl-propionate	0,06	34,253
30-Alpha-chamigréne	0,03	37,538
31-Alpha-Cubébene	0,05	38,303
32-Alpha-Copaéne	0,42	39,998
33-Bêta-Bourbonéne	0,04	40,546
34-Trans-Caryophylléne	16,56	43,294
35-Alpha-Caryophyllene	3,81	45,113
36-Alpha-Muurooléne	0,62	46,359
37-Bêta-Cadinéne	0,07	49,255
38-Gamma-Cadinéne	0,15	50,361
Total	85,9	

Tableau 5 : Composition chimique de l'huile essentielle des rameaux feuillés de *Pinus halepensis* Miller de Chr ea

Composés	%	Temps de Rétention (mn)
1-Alpha-Pinène	31,89	9,406
2-Camph�ne	0,41	10,536
3-Verbin�ne	0,11	10,983
4-Sabin�ne	3,90	11,283
5-Bêta-Pinène	1,29	12,614
6-Bêta-Myrcène	22,91	12,743
7-Alpha-Phelandr�ne	0,11	14,262
8-Delta-3-Car�ne	1,34	14,615
9-Alpha-Terpin�ne	0,82	14,98
10-P-Cym�ne	0,31	15,368
11-Bêta-Phelandr�ne	1,70	15,869
12-1,8-Cinéole	0,17	16,216
13-Bêta-Ocim�ne	0,09	16,445
14-Gamma-Terpin�ne	0,08	16,840
15-Trans-Ocim�ne	1,21	17,623
16-Alpha Terpinol�ne	7,11	20,578
17-Cis-Sabin�ne hydrate	0,04	22,785
18-Cyclopent�ne	0,04	23,032
19-Transpinocarv�ol	0,03	23,921
20-Camphore	0,09	24,333
21-Cis-3-Pinanone	0,02	25,487
22-Born�ol	0,19	25,910
23-Iso-Pinocamphone	0,05	26,458
24-Terpin�ne-4-ol	1,25	26,852
25-Trans-isolimonene	0,05	28,041
26-1-Carvone	0,31	31,461
27-Trans-geraniol	0,03	32,379
28-Iso-Bormyl ac�tate	0,39	34,286
29-Alpha Cubeb�ne	0,04	38,295
30-Alpha humulene	0,02	39,366
31-Alpha Copaene	0,27	39,984
32-Trans-Caryophyll�ne	10,40	43,169
33-Alpha-Caryophyll�ne	1,96	45,011
34-Bêta-Caryophyll�ne	0,04	45,741
35-Delta-Cadin�ne	0,07	46,141
36-Gamma-Muurool�ne	0,15	46,359
37-Alpha-Muurool�ne	0,32	47,895
38-Bêta-Cadin�ne	0,69	49,255
39-Gamma-Cadin�ne	0,03	50,361
Total	90.02	

Les analyses par CG-SM de l'huile essentielle des rameaux feuillés du pin d'Alep de Theniet El Had, a permis d'identifier 38 composés, qui représentent environ 85.9% de la composition chimique de l'HE totale. Les composés majoritaires représentent environ (59.72%) de la composition chimique totale : Bêta Myrcène (24.36%), Alpha Pinène (18.80%) de la famille des monoterpènes et Trans-Caryophyllène (16.56%) de la famille des sesquiterpènes. D'autre composé sont présent mais à faible concentration par rapport aux trois composés cités précédemment, comme Alpha-Terpinolène (4.16%), Alpha-Caryophyllène (3.81%), Bêta-Ocimène (3.29%), Sabinène (1.62%), Alpha-Thujone (1.58%), Delta-3-Carène (1.55%) et Bêta-Phelandrène (1.51%). Les molécules restantes sont présentes à des concentrations inférieures à 1%.

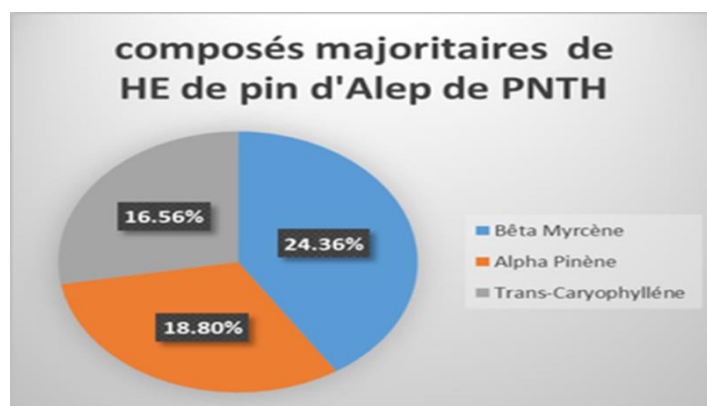


Figure 21 : Composés majoritaires d'HE de pin d'Alep de PNT.

D'un point de vue biochimique cette HE est caractérisée par une forte teneur en monoterpènes hydrocarbonés (58.66%), suivi par les sesquiterpènes hydrocarbonés (21,75%) et les monoterpènes oxygénés (3,29%).

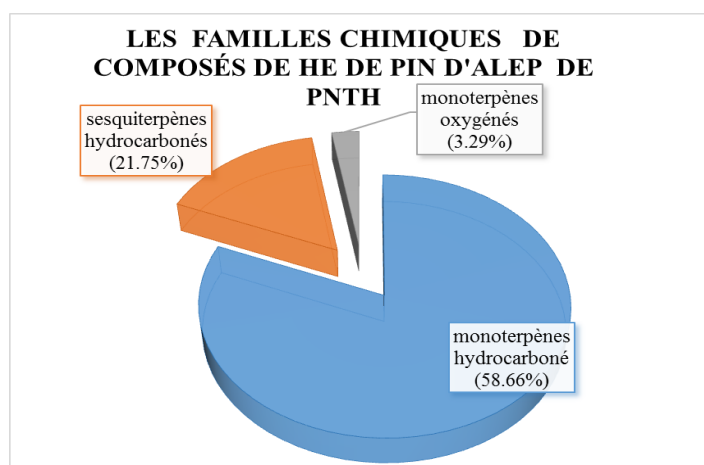


Figure 22 : Familles chimiques d'HE de pin d'Alep de PNT

Les analyses par CG-SM de l'huile essentielle des rameaux feuillés du pin d'Alep de Chr a, a permis d'identifier 39 composés, qui représentent environ 90,02% de la composition chimique de l'HE totale. Les composés majoritaires représentent environ (65.2%) de la composition chimique totale : Alpha-Pinène (31.89%), Bêta-Myrcène (22.91%) de la famille des monoterpènes et Trans-Caryophyll ne (10.40%) de la famille des sesquiterpènes. D'autres composés sont présents mais à faible concentration par rapport aux trois composés précités comme, Alpha-Terpinol ne (7.11%), Sabin ne (3.90%), Alpha-Caryophyll ne (1.96%), Bêta-Phelandr ne (1.70%), Delta-3-Car ne (1.34%), Terpin ne-4-ol (1.25%). Les molécules restantes sont présentes à des concentrations inférieures à 1%.

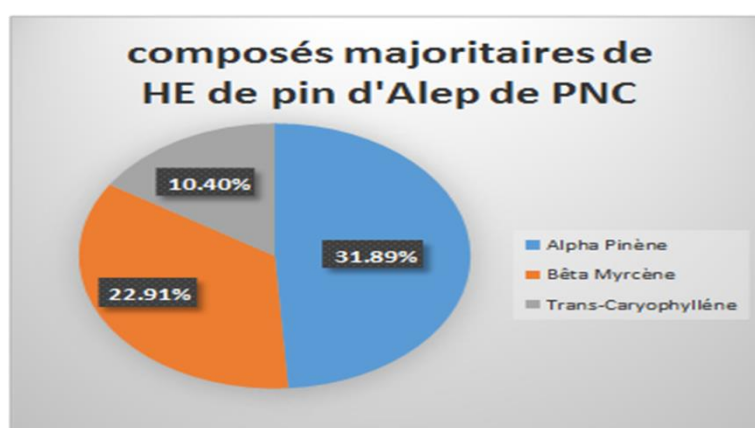


Figure 23 : Composés majoritaires d'HE de pin d'Alep de PNC.

D'un point de vue biochimique cette huile est caractérisée par une très forte teneur en monoterpènes hydrocarbonés avec un taux de (70.97%), les sesquiterpènes hydrocarbonés avec un taux de (13.99%), suivi par les monoterpènes oxygénés avec un taux de (2,3%).

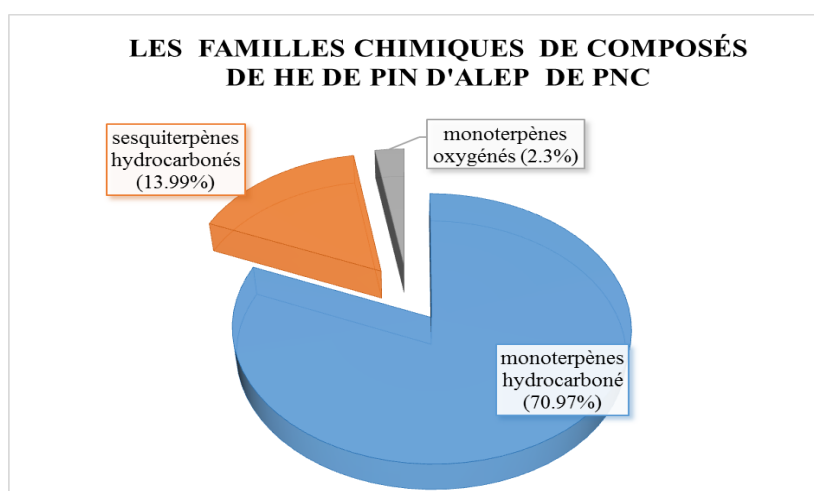


Figure 24 : Familles chimiques d'HE de pin d'Alep de PNC.

Les résultats obtenus, montrent qu'il existe, des différences qualitatives et quantitatives dans la composition chimique de l'huile essentielle des rameaux feuillés de *P. halepensis* Mill dans les deux régions Chréa et Theniet El Had. En effet L'analyse par CG-SM a divulgué que seulement 27 composés sur 38 á Theniet El Had et sur 39 á Chréa sont les mêmes avec des variations dans le pourcentage.

Les investigations réalisées en Algérie sur la composition chimique de l'huile essentielle des aiguilles de *Pinus halepensis* (Mill.) ont montré qu'il existe plusieurs chémotypes pour cette même espèce. Les régions de Djelfa et Tissemsilt, sont caractérisées par le chémotype α -pinène (17,56%) et β -myrcène (8,45%) (**Tazerouti et al., 1993**). Á Sidi Fredj, il est représenté par le β -caryophyllène (**Dob et al., 2005**). Enfin, le chémotype de l'HE de la région de Ghazaouet est le caryophyllène oxyde avec un taux de (48%) (**Abi-Ayad et al., 2011**). La composition chimique de l'HE des aiguilles de *P. halepensis* (Mill.) en provenance du Maroc est de chémotype α -pinène (23,2%) et 4-ol caryophyllène (14,24%) (**Hmamouchi et al., 2001**). L'analyse menée par **Roussis et al., (1995)** sur la même espèce en Grèce, montre que, la composition est dominée par l' α -pinène (13,4%), et le caryophyllène (19,05%). Alors que celle de Tunisie est á dominance β -caryophyllène (33,9%) et β - pinène (10,76%) (**Amri et al., 2013**). **Macchioni et al., (2003)** rapportent que, les constituants majoritaires des aiguilles de pin d'Alep d'Italie sont : le myrcène (27,9%) et l' α -pinène (18,1%).

Ces résultats montrent que, l'huile essentielle de *P. halepensis*, analysées lors de notre étude, et celle des autres travaux, présentent une diversité quantitative et qualitative de ses composants chimiques. Effectivement, la composition de l'huile essentielle, n'est pas constante et varie selon la localisation géographique. Des travaux de recherche ont montré que, la composition chimique des huiles essentielles est très fluctuante.

En effet, elle dépend d'un grand nombre de facteurs d'ordre naturel « génétique, localisation, maturité, la composition du sol et le climat «la température et le taux d'humidité» ou technologique « la méthode d'extraction » (**Fadil et al., 2014**).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion et perspectives

Le présent travail, comporte l'étude morphométrique et l'influence des facteurs climatiques sur la composition chimique des huiles essentielles de pin d'Alep dans deux régions différentes : Parc National de Theniet El Had et celui de Chréa.

L'étude morphométrique a concerné seulement le pin d'Alep. Pour cela nous avons réalisé des mesures de la longueur et de la largeur des cônes, la longueur des aiguilles, la circonférence du tronc de l'arbre et la hauteur des arbres. En plus d'une étude statistique ou nous avons utilisé le test de Student, afin de vérifier les différences entre les moyennes des variables étudiées. L'analyse statistique, par le test de Student des moyennes des paramètres mesurés, a montré une différence non significative à $P > 0,05$.

L'extraction des huiles essentielles des rameaux feuillés de pin d'Alep par Hydrodistillation a fourni un rendement différent : 0,71 % pour l'huile essentielle de Theniet El Had et 0,5 % pour celui de Chréa, Les caractéristiques organoleptiques sont les mêmes, sauf pour l'odeur ou nous avons noté une différence : l'huile essentielle de Theniet El Had est d'une odeur forte. Alors que celui de Chréa est d'une odeur douce.

Les analyses par CG-SM de l'huile essentielle des rameaux feuillés du pin d'Alep de Theniet El Had, a permis d'identifier 38 composés, qui représentent environ 85.9% de la composition chimique de l'HE totale. Cette HE est caractérisée par une forte teneur en monoterpènes hydrocarbonés (58.66%), sesquiterpènes hydrocarbonés (21.75%), et monoterpènes oxygénés (3.29%).

Pour ce qui est de l'huile essentielle de Chréa, les analyses par CG-SM ont révélé la présence de 39 constituants. Ces derniers représentent environ 90,02% de la composition chimique de l'HE totale. Cette HE est caractérisée par une très forte teneur en monoterpènes hydrocarbonés (70.97%), sesquiterpènes hydrocarbonés (13.99%), et monoterpènes oxygénés (2,3%).

A l'issue de notre étude, nous constatons que, cette différence au niveau de la composition chimique entre les deux huiles essentielles des rameaux feuillés du pin d'Alep analysées provenant de deux régions différentes est due essentiellement à : l'origine géographique, les facteurs environnementaux, les facteurs climatiques, les facteurs génétiques, l'altitude, les méthodes d'extractions et de stockage.

En perspectives, il serait intéressant de poursuivre cette étude, en réalisant d'autres études sur la biodiversité sur d'autres espèces végétales pour mieux cerner notre patrimoine floristique. En raison de la richesse des huiles analysées des deux régions étudiées en principes actifs et qui sont reconnues par leurs diverses propriétés. Il est souhaitable de valoriser les huiles de cette plante en testant leur activité antimicrobienne par la formulation d'une crème.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abgelguerfi A., 2003.** Plan d'action et stratégie nationale sur la biodiversité. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement. Projet ALG/97/G31. Vol 5, 93p.
- Abi-Ayad M., Abi-Ayad F.Z., Lazzouni H.A., Rebiahi S.A., Ziani Cherif C. et Bes J.M., 2011.** Chemical composition and antifungal activity of Aleppo pine essential oil. *Medicinal Plants Research*, Vol. 5(22), 5433-5436.
- Abousalim A., 2003.** Développement des Cultures Fruitières Tropicales au Maroc, Département d'horticulture 1P. Bulletin réalisé par l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat institut, Maroc, Transfert de technologie en agriculture, N °106, 1-4.
- Adams R.P., 2001.** Identification of Essential Oils Components by Gas Chromatography/Quadrupole Mass Spectroscopy, Allured, Illinois, 455p.
- Afnor, 2000.** Recueil de normes : Les huiles essentielles. Echantillonnage et méthodes d'analyses. Ed AFNOR, Tome I Paris. 663p.
- Aït Youssef M., 2006.** Plantes médicinales de Kabylie. Ibis Press, Paris : P 256-259.
- Ali-Delille L., 2010.** « Les plantes médicinales d'Algérie », 2ème Ed. Berti, Alger, p. 200-201.
- Ammari.Y, Sghaier.T, Khaldi.A et Garchi.S 2001.** Productivité du pin d'Alep en Tunisie : Table de Production. Annales de LINGREF N_ Spécial. P 239-246.
- Amri I., Hamrouni L., Hanana M., Gargouri S., Fezzan T., et Jamoussi B., 2013.** Biological Agriculture et Horticulture : An International Journal for Sustainable Production Systems.
- Anonyme, 2000.** Plan de gestion I. La période quinquennale 2000-2005. Parc National de Chréa.160p.
- Anonyme, 2005.** Plan de gestion II .Période quinquennale 2005-2009. Parc National de Chréa, 160p.
- Anonyme. 2010.** Plan de gestion III. Période quinquennale 2010-2014. Parc National de Chréa, 60p.

Bedel J, 1986. Aménagement et gestion des peuplements de pin d'Alep dans la zone méditerranéenne française. Options méditerranéennes. Série d'étude CIHEAM 86/1,127-156.

Belghit.m., 2016. Recherche des huiles essentielles de plantes inhibitrices de quelques entérobactéries résistantes aux antibiotiques. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biologie : Biotechnologie des microorganismes. Mostaganem 84p.

Bellahouel S. 2012. Etude du pouvoir antimicrobien et mycorhizien de deux espèces de Terfez : *Tirmania pinoyi* (Maire) Malençon et *Terfezia leptoderma* Tul. Thèse de doctorat en Biologie, Université Ahmed Ben Bella, Oran199p.

Bentouati.A, 2006. Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*pinus halepensis* M.) du massif de ouled yagoub (khenchela-Aurès). Thèse doctorat d'Etat en science Agronomique. Université el hadj lakhdar-batna. p116-119

Boira H. et Blanquer A, 1998. Environmental factors affecting chemical variability of essential oils in *Thymus piperella* L. *Biochemical Systematic and Ecology*, 26:811-822.

Boudy.P, 1950. Economie forestières Nord-africaine, Tome II : Monographies et traitements des essences forestières, Fasc II. Edi : Larose, Paris, 638p.

Bourorga A., 2016. Etude de la phytodiversité dans quelques sites choisis dans les Monts de l'Ouarsenis. Mémoire d'ingénieur d'état. Université Aboubakr Belkaïd, Telemcen. 148p.

Boutaleb N, 1998. Contribution à l'étude de la diversité biologique de quelque formation végétale de l'Atlas Blidéen. Men. Ing. Ecol. Alger, USTH, 151p.

Boutayeb A., 2013. Etude bibliographique sur les huiles essentielle et végétales. Rapport de recherche. Université Ibn Tofail 100 p

Charre J., 1997. Que penser du Diagramme Ombrothermique ? U.M.R. ESPACE, Université d'Avignon, 97p.

CNRS, 2010. La biodiversité, comprendre pour mieux agir. Centre National des Recherches Scientifiques (CNRS). Paris. 80p.

Couhert. B et Duplat.P 1993. Le pin d'Alep. Rencontres forestiers-chercheurs en forêt méditerranéenne. La Grande-iviotte (34), 6-7 octobre 1993. Ed. INRA, Paris 1993. (Les colloques n° 63), P 125-147.

Dajoz., 1971. Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434p.

Dajoz R., 2008. La Biodiversité, l'avenir de la planète et de l'homme. Ellipses, éd. Paris. 269p.

Deshepper R., 201 .Variabilité des huiles essentielles en aromathérapie. Thèse de doctorat. Université d'Aix-Marseille, France. 60p.

Dob T., Berramdane T. et Chelgoum C., 2005. Chemical Composition of essential oil of *Pinus halepensis* Miller growing in Algeria, *Comptes Rendus Chimie*, Vol.8, 1935-1945.

El Haib A., 2011. Valorisation de terpènes naturels issus de plantes Marocaines par transformations catalytiques. Thèse de doctorat. Université de Toulouse III Paul Sabatier, France. 158p.

Fadil, M, A. Farah, B. Ihssane, T. Haloui and S. Rachiq, 2014."Application de plan de Plackett Et Burman dans le criblage des paramètres agissants sur le processus d'hydrodistillation de Thym du Maroc (*Thymus vulgaris* L.)," *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 6, no. 3, pp. 530-540.

Garnero.J., 1991. Les huiles essentielles, leur obtention, leur composition, leur analyse et leur normalisation. Ed.technique- Encyclopédie de médecines naturelles, paris. 200p.

Gosselin M. et Laroussine O., 2004. Biodiversité et gestion forestière : Connaitre pour préserver, Synthèse bibliographique. CEMAGREF éd. Paris, 350 p.

Halimi A., 1980. L'Atlas Blidéen-Climat et Etage végétaux-. Ed Office des Publications Universitaire, Alger. 475, 476, 523p.

Hemwimon S., Pavasant P., Shotiprux A. 2007. Micowave assisted extraction of antioxidative anthraquinonesfrom roots of *Morinda Citrofolia*. *Separation and Purification Technology*. 54: 44-50.

Hmamouchi M., Hamamouchi J., Zouhdi M. et Bessiere J.M., 2001. Chemical and antimicrobial properties of essential oils of five Moroccan Pinaceae. *Essential Oil Research*, Vol13, 298-302.

Hufty A, 1998. Introduction à la climatologie «Rayonnement, la température, l'atmosphère, l'eau, le climat et l'altitude». Ed Solar, Paris. 459p.

Kadik.B, 1983. Contribution à l'étude du pin d'Alep en Algérie : écologie, dendrométrie, morphologie. Thèse Doctorat. Etat, Aix-Marseille III ,313p

Kadik. B, 1984. Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) en Algérie : écologie, dendrométrie, morphologie. Livre.581p.

Kadik. B, 1986. Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) en Algérie. Ecologie, dendrométrie et morphologie. Ed. O.P.U. Alger, Algérie.581 p.

Kadik B, 1987. Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) en Algérie. Ecologie, dendrométrie, morphologie. Ed. O.P.U ; 580 p.

Kadik B, 1987. Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) en Algérie. Ecologie, dendrométrie, morphologie. Office des publications universitaires (Alger). 585p.

Kaloustrian J., Chevalier J., Mikail C., Martino M., Abou L. et Vergnes M-F., 2008. Etude de six huiles essentielles : composition chimique et activité antibactérienne, Phytothérapie, Vol. 06,160-164.

Kaloustian. J., Hadji-Minaglou F., Vanelle. P., 2013. « La connaissance des huiles essentielles :qualitologie et aromathérapie: Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée », Ed. Springer Verlag., France, 226 p.

Lagunez–Rivera. L., 2006. Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffé par induction thermomagnétique directe. Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse. 331p.

lamia hamrouni, ismail amri, mariem khouja, mohsen hanana, samia gargouri, mohamed larbi khouja et bassem jamoussi. 2020. les principaux extractibles du pin d'alep tunisien : leurs propriétés physico-chimiques, activités biologiques et applications. Institut supérieur de l'éducation et de formation(ISEFC). Université de Carthage, Tunisie. p146-157

Lardy, J., Haberkorne, V., Kinesither, 2007. «L'aromathérapie et les huiles essentielles»
Rev, 61, 14-7.

Laurent, julia. 2017. Conseils et utilisation des huiles essentielles les plus courants en officine. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. 219p.

Lesage G., 2008. Intervention de Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), Paris 12/06/08, 21p.

Leveue, C et Mounoulon, J.C., Biodiversité 2008. dynamique biologique et conservation. Deuxième édition .Edition DUNOD .Paris .259p.

Lucchesi M. E. 2005. Extraction sans solvant assisté par micro-onde conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse en doctorat en Sciences, discipline : chimie. Université de la Réunion, Faculté des Sciences et Technologies. 143p.

Macchioni F., Cioni P.L., Flamini G., Morelli I., Perrucci S., Franceschi A., Macchioni G., Ceccarini L., 2002. Acaridial activity of pine essential oils and their main components against *Tyrophagus putrescentia*, a stored food mite. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 50(16): 4586-8

Macchioni F., Cioni P.L., Flamini G., Morelli I., Maccioni S., et Ansaldi M., 2003. Chemical composition of essential oils from needles, branches and cones of *Pinus pinea*, *P. halepensis*, *P. pinaster* and *P. nigra* from central Italy, *Flavors and Fragrance*, Vol. 18, 139-143.

Maire R, 1952. Flor de l'Afrique de Nord. Ed. Encyclopédie Biologique. Paris. 129-150p

Mebrek A ,2007. Contribution a l'étude de la croissance radiale du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) dans le parc national de Theniet El Had. Mémoire de magister, Université Ibn Khaldoun de Tiaret. 63p.

Mechri B., 2009. Influence de la nappe phréatique sur les ouvrages hydrauliques et Génie civil. Mémoire de Magistère en Aménagement Hydraulique Dans Les Zones Arides, Université Kasdi Merbah d'Ouargla, 110.

Mohammedi Z., 2006. Etude de pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen ,thèse de magister en biologie option Produits naturels , activités biologiques et synthèse .Université Abu Bakr Belkaid, Tlemcen p155.

Montero G., Canellas I., et Ruis-Peinado R., 2001 .Growth and Yield models for PinushalepensisMill. Invest. Agr. Sist. Recur. For., 10 (1) : 24 p.

Moro Buronzo A, 2008. Grand guide des Huiles Essentielles, Santé Beauté Bien être, Hachette Pratique, p. 22, 33-38,41-43.

Mzali.M, 2003. Rapport sur le secteur forestier en algérie. 3ème session du forum des nations unis sur les forêts. 119p

Nahal I, 1962. Le pin d'Alep. Étude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. Annales de l'école Nationale des Eaux et Forêts .19 (4), pp.533-627

Nahal.I 1962. Le pin d'Alep (Pinus halepensis MILL), étude taxonomique, phytogéographique, écologie et sylvicole. Ann. Ec. Nat. Eaux et Forêt, Nancy, 19 (4).P 473-686.

Nahal I. 1986. Taxonomie et aire géographique des pins du groupe halepensis. In : options méditerranéennes, Série Etude CIHEAM 86/1. Le pin d'Alep et le pin brutia dans la sylviculture méditerranéenne ,119 p

Nina Sadou, Ratiba Seridi,, Abdelghani Djahoudi , Youcef HadeF , , 2014. Composition chimique et activité antibactérienne des Huiles Essentielles des aiguilles de Pinus halepensis Mill. du Nord est Algérien p35-37.

Ozenda P., 2006. « Les végétaux ; organisation et diversité biologique », Ed. Dunod, 2ème éd, Paris, 516 P.

Padrini F., Lucheroni M.T., (1996). Le grand livre des Huiles Essentielles- guide pratique pour retrouver vitalité, bien être et beauté avec les essences et l'aromassage. Energétiques avec plus de 100 photographies. Ed de Vecchi, Paris, 206p.

PNC, 2022. Direction de Parc National de Chréa 160p.

PNTH, 2022. Direction de Parc National de Theniet El Had 60p.

Prévosto B., 2013. « Le Pin d'Alep en France », Ed. Quae, Versailles, 159 p.

Quézel, P., & Santa, S. 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. 1-2.

Quézel P., 1980. Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. Dans : Actualités d'Ecologie Forestière p 216-252

Quezel P., 1986. Les Pins du groupe «*halepensis*» : Écologie, Végétation, Écophysologie. Options Méditerranéennes. Série Étude CIHEAM 86/1 : 11-24

Quézel P., 1998. Cèdre et cédraies du pourtour méditerranéen : signification bioclimatique et phytogéographique. Forêt méditerranéen. Vol 19 ; n3°. 243-260p.

Quezel, P. et Medail, F., 2003. Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Edi : Lavoisier, Paris, 576p.

Ramade F., 2008. Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité. Ed. Dunod, Paris. 727 p.

Rameau J.C., Mansion D., Dumé G., Gauberville C., Bardat J., Bruno E., Keller R., 2008. « Flore forestière française. Guide écologique illustré, Région méditerranéenne ». Ed. Forêt privée française, Tom 3, Paris, 2426 p

Reynaud, J., 2006. Prescription et conseil en aromathérapie Paris, Lavoisier Tec et Doc, 246 pages.

Roussis V., Petrakis P.V., Ortiz A. et Mazomenos E.B., 1995. Volatile constituents of needles of five *Pinus* species grown in Greece, *Phytochemistry*, Vol. 39(2), 357- 361.

Salhi, Z. 2016. Améliorer la gouvernance des espaces boisés méditerranéens à travers la mise en œuvre de démarches participatives. Parc National de Chréa, Algérie. Plan Bleu, Valbonne 67p.

Seigue A., 1985. Le forêt circumméditerranéen et ses problèmes. Ed Maisonneuve et Larose, Paris, 502p

Tazerouti F., Badjah-Hadj-Ahmed A.Y., Meklati B.Y., Favre-Bonvin J. et Bobenrieth M.J., 1993. Analyse des huiles essentielles des aiguilles de *Pinus halepensis* Mill. par CG/SM, *Plantes Médicinales et Phytothérapie*, Vol. 26(3), 161-176.

Thibaub T., 1986. Caractéristiques Technologiques du bois de Pin d'Alep (*Pinus Halepensis* Mill) CIHEM. Options Méditerranéennes (86/1) 163- 165.

Thompson, J.D.; Chalchat, J.C.; Michet, A.; Linhart, Y.B.; Ehlers, B. J. Chem. 2003. Ecol. 29(4), 859–880.

Zhao D., Xuw., Yanga G., Husainib A., Wua W., 2012. Variation of essential oil of *Mentha haplocalyx* Briq and *Mentha spicata* L. from China, Industrial Crops and Products 42, 251–260.

Annexes

Annexe 1

Tableau 6: précipitations Moyennes mensuelles (mm) de Theniet El Had 2021.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr.	Mai	Jui .	Jul	Aou	Sep	Oc	Nov.	Déc.	an
P(mm)	89,0	76,0	70,0	51,0	56,0	24,0	7,0	7,0	40,0	51,0	74,0	83,0	628

Tableau 7 : Températures mensuelles maximale (M) et minimale (m) de Theniet El Had 2021(C°).

Mois	Jan	Fév	Mar	Av	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc
T min(°C)	-3	0	-1.0	2	5.0	9.0	13	12	9	6.0	3.0	1
T max(°C)	13	15	14	17	31	35	39	43	30	26	18	10
T moy(°C)	3.8	6.2	5.3	6.8	16.4	20.1	24.8	25.3	17.9	16.4	7.8	3.7

Tableau 8 : Humidité moyennes mensuelles en (%) de Theniet El Had 2021.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Humidité (%)	79.6	79.9	75	69.4	62.5	49.9	39	42.1	57.1	64.9	76.9	81.1

Annexe 2

Tableau 9 : précipitations Moyennes mensuelles (mm) de Blida 2021.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
P(mm)	70	72	66	65	45	21	05	06	28	32	48	53

Tableau 10 : Températures mensuelles maximale (M) et minimale (m) de Blida
2021(c°).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
T (max)	16	24	18	30	25	30	34	34	30	26	20	17
T (min)	09	12	11	14	18	23	27	26	22	19	15	11
T (moy)	13	16	14	17	21	26	30	30	26	23	18	14

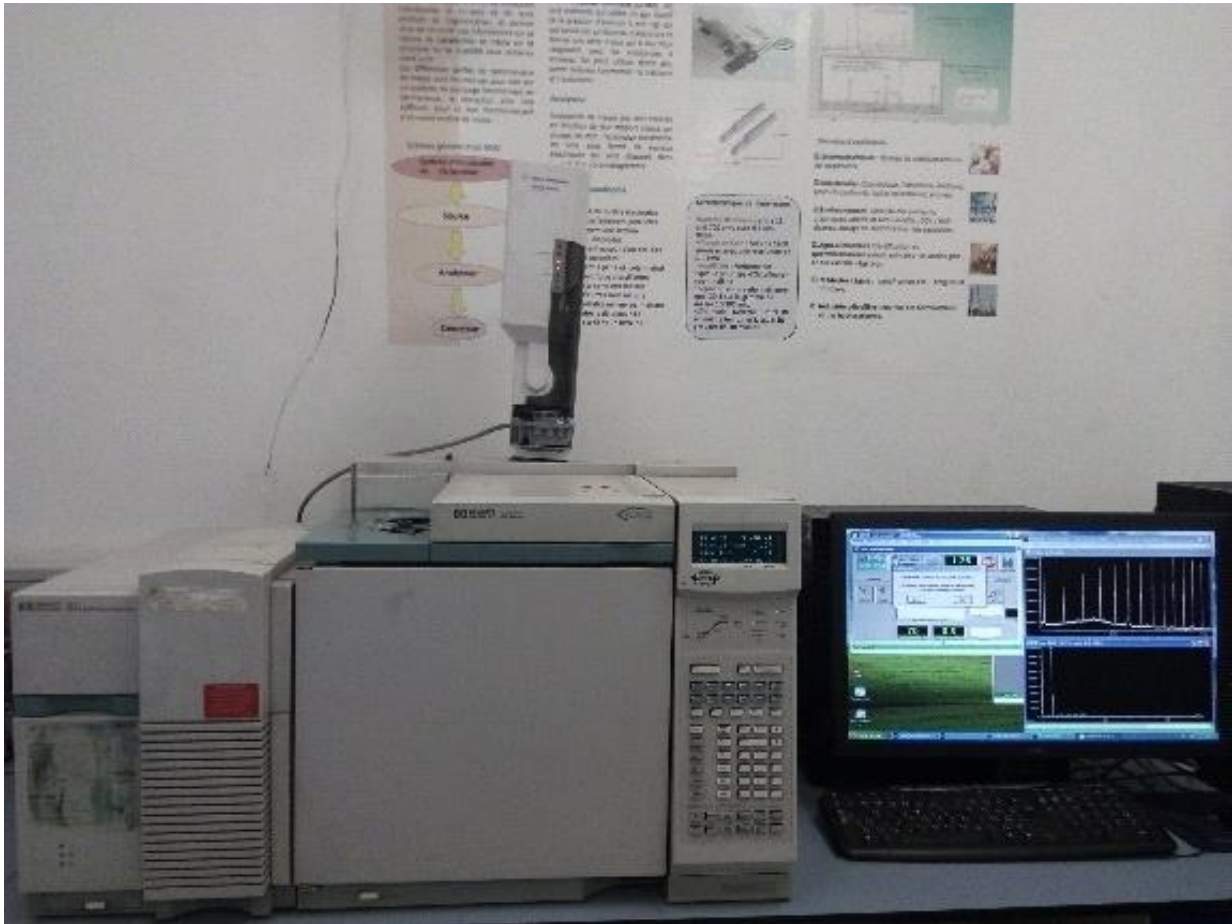
Tableau 11: Humidité moyennes mensuelles en (%) de Blida 2021.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Humidité(%)	81.5	82.3	75.1	69.6	63.8	55.8	45.9	49.5	64.2	67.4	78.4	80

Annexe 3
Matériel non biologiques.

Verreries et autre	Solutions	Appareillage
Bécher Graduée	Eau distillée	Chauffe Alambic
Entonnoir		Alambic
Flacon ombré		CGSM
		Balance de précision
		Balance

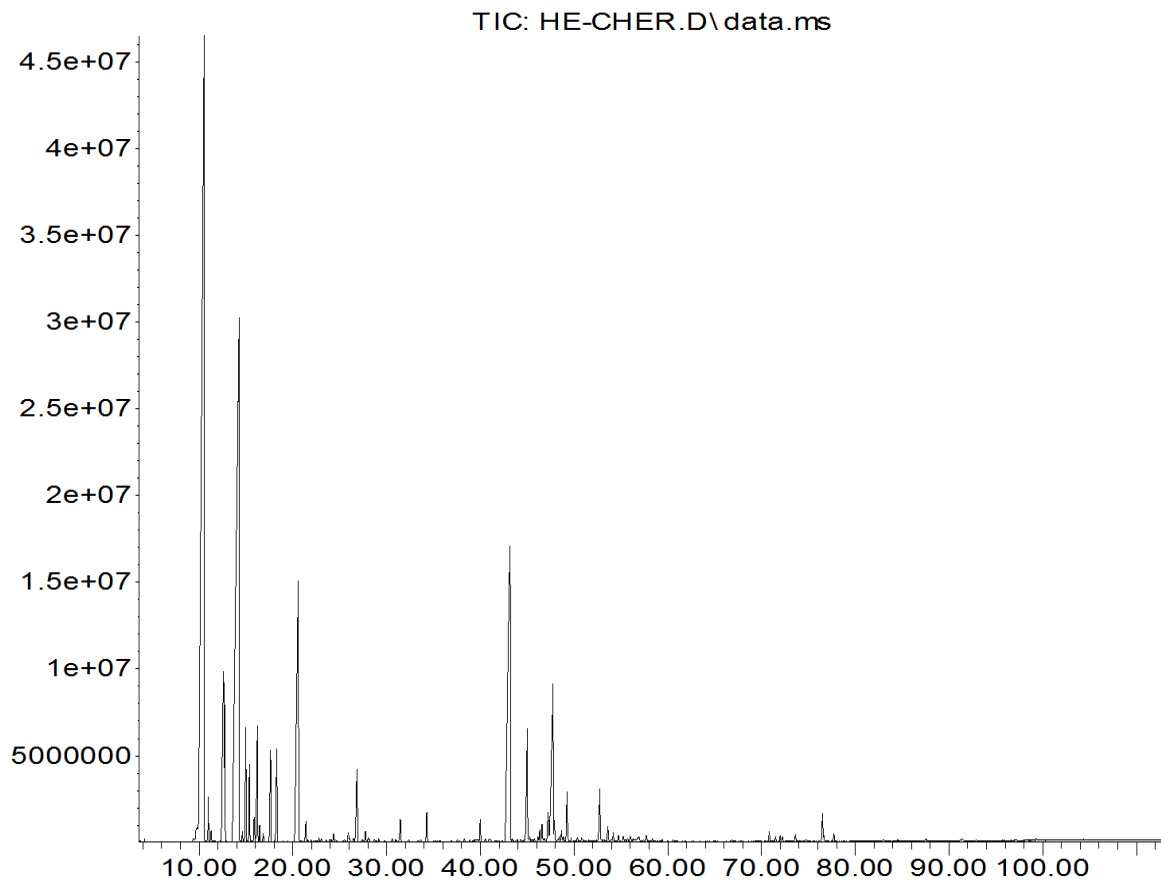
Annexe 4



Appareil de CG-SM

Annexe 5

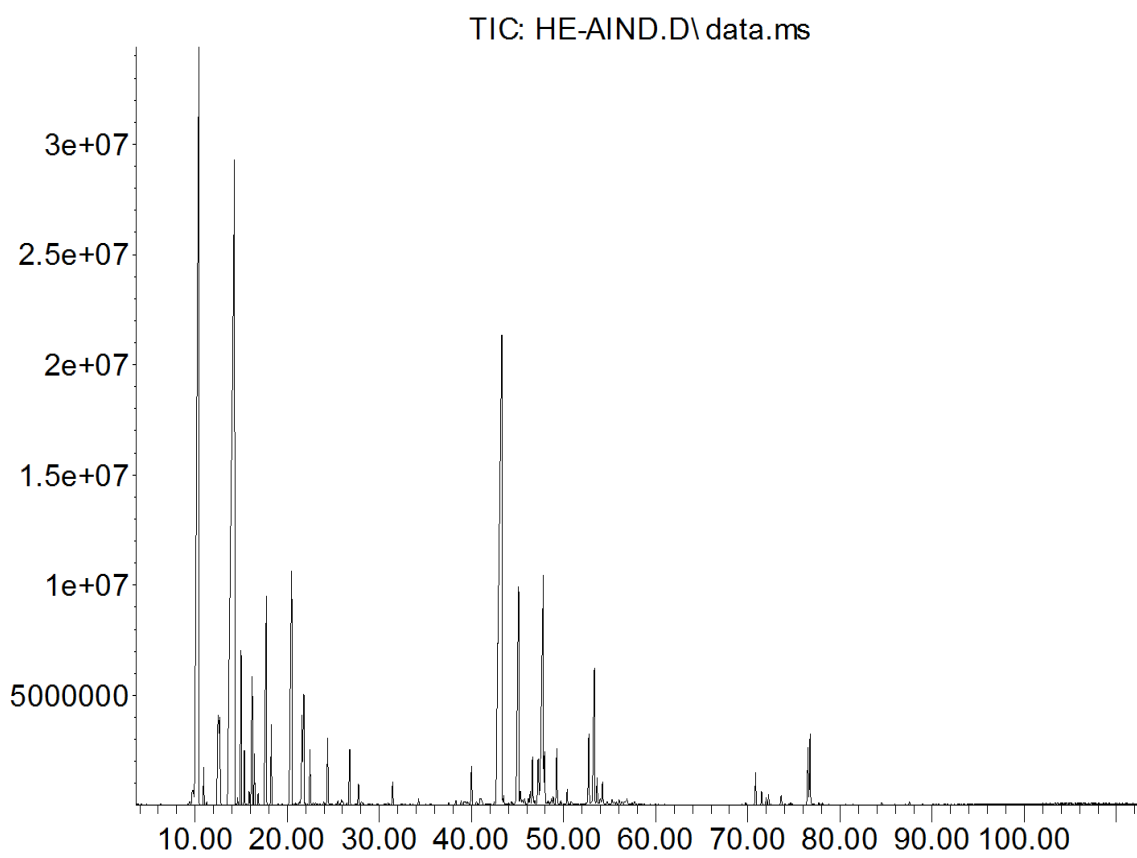
Abundance



Time→

Figure 25 : Chromatogramme de l'huile essentielle de pin d'Alep de Chréa.

Abundance



Time-->

Figure 26 : Chromatogramme de l'huile essentielle de pin d'Alep de Theniet El Had.