



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoune -Tiaret-
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de master académique

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Génétique Moléculaire et Amélioration des Plantes

Thème

**Contribution à l'étude Phytochimique du cèdre de
L'Atlas dans le massif de Zeccar, l'Ouarsenis
Et Thniet El Had**

Présenté par :

BOUHACIDA Zahia

BOUKHASLA Abd El Hakim

MISSAOUI Noura

Soutenu publiquement le 25/10/2020

Jury :

Président : Dr DAHLIA Fatima

Encadreur : Dr. SARMOUM Mohamed

Co-encadreur : Dr. RAHMOUNE Bilal

Examineur : Dr. NEHILA Afaf

Grade

MCB

MCA

MCB

MCB

Année universitaire : 2019-2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

Louange et Gloire à Dieu, Le tout puissant qui nous a permis de mener à bien ce modeste travail

*Nous exprimons nos sincères remerciements à **Mr. Sarmoum Mohamed** pour avoir accepté d'encadrer notre travail, pour ses encouragements, ses compétences, ses précieux conseils, sa disponibilité et sa gentillesse.*

*Nous remercions le Co-Promoteur **Mr. Rahmoune Bilal**.*

*Nous remercions **Mr. Boubkeur Aziz** le responsable de notre spécialité Génétiques moléculaires et améliorations des plantes.*

*Nous remercions **Mme Dahlia Fatima** qui a accepté de présider le jury de ce Mémoire.*

*Nous remercions aussi **Mme Nehila Afaf** Qui a accepté de faire partie du Jury afin d'examiner ce travail.*

Nous remercions tous les enseignants de L'UNIVERSITÉ IBN KHALDOUN qui ont participé au cursus de notre formation et tous ceux qui de près ou de loin, ont contribué directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.



Dédicace

Je profite de cette honorable occasion pour dédier ce mémoire à mes parents

*Mon père ABD EL MALEK qui a fortement participé à ma réussite, dont
J'essaierai de lui faire toujours honneur.*

Ma mère qui m'a toujours encouragé

Mon grand-père ABD EL KADER

*A mes chères sœurs : FATIMA EL ZOHRA- SAFIA-NOUR EL HOUDA –
AMINA-IBTESSAM*

A mes frères : KADIROU et MOHAMED

A mes oncles : CHENANE et DRISSI

A l'âme sœur dans ma vie WARDA et leur famille

*A mes meilleures amies : HANANE A – KHADIDJA – HANANE Z- SIHEM-
- WIDED ASMAA – SAMIA.*

*A tous les étudiants de la promotion Génétique Moléculaire et Amélioration des
plantes.*

Je dédie ce travail

NOURA

Dédicace

Avec l'aide de Dieu, j'ai pu faire ce modeste travail

*A mon très cher père **ABD EL KADER***

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'offrir ton courage que ce travail traduit ma gratitude et mon affection

A ma chère mère Kourek Rekia

Quoi que je fasse ou je dise je ne saurais point te remercier comme il se doit. Ton Affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mon très cher frère

Aissa Mohamed Et sa femme et son enfant Abd Kader

A mes très chères sœurs

ZINEB-Fatima

Hafida –Khadidja –Fatima –Torkia- – Et leurs enfants

A mes chers oncles et ma tante

Lakhdar – Abd el kader – Belgaide – Kourek –Mekhloufia

A mes amies : Houda ; fairouz ; Asma

A mes collègues et tous ceux qui m'estiment.

Je dédie ce travail

ZAHIA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

*Mes très chers parents qui se sont sacrifiés pour nous
Prendre en charge tous à la longue de notre formation*

A mon frère Mokhtar et mes sœurs

A mes chers, Nasrin, Mohamed et Somia et Salsabile.

Ainsi toutes mes amies

Mes vœux de bonheur de santé et

De réussite.

ABDELHAKIM

Liste des abréviations

H : Hectare

TM : Température

PH : Potentiel d'hydrogène

HE : Huile essentielle

ISO : International standard organisation

C : Carbone

UV : Ultra-Violet

R : Rendement

% : Pourcentage

Liste de figures

Figure 1 : Cèdre de l'atlas

Figure 2 : Répartition actuelle du cèdre d'Atlas

Figure 3 : Rameaux Feuillies de cèdre d'atlas

Figure 4 : Caractères botaniques du cèdre d'Atlas

Figure 5 : Origine biosynthétique de différentes classes d'alcaloïde. Les noyaux de base de ses défèrent alcaloïdes dérivent des acides aminés du métabolisme

Figure 6 : Situation géographique et localisation du parc national de Theniet El Had

Figure 7 : Carte de localisation des trois cédraies (Ain Antar, Theniet El Had , Zeccar) (Google, earth , 2020).

Figure 8 : Mise en séchage des aiguilles, des rameux et des écorces du cèdre de l'atlas

Figure 9 : Echantillons après broyage : (A) bois, (B) écorce et (C) aiguille

Figure10 : Pourcentage des composés majoritaires de bois et les aiguilles de cèdre de l'atlas

Figure 11 : Structure chimique des constituions majoritaires d'huile essentiel du cèdre de l'atlas

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractères botanique et biologique des quatre espèces du cèdre

Tableau 2 : Systématique du cèdre de l'atlas

Tableau 3 : Caractères botaniques du cèdre de l'atlas

Tableau 4 : Classification des terpénoïdes

Tableau 5 : Les différents groupes de composés phénoliques

Tableau 6 : Principales familles des terpènes et des dérivés des huiles essentiels du cèdre de l'atlas

Tableau 7 : Récapitulatif des caractéristiques des stations

Tableau 8 : Rendement en huiles essentielles de bois du cèdre de l'atlas

Tableau 9 : Rendement en huile essentielle des aiguilles et les écorces du cèdre de l'atlas

Tableau 10 : Composition chimique de bois du cèdre de l'atlas

Tableau 11 : Composition chimique des aiguilles de cèdre de l'atlas

Tableau 12 : Formule et classe chimique de quelque composé d'huile essentiel du cèdre de l'atlas

Résumé

L'objectif de ce travail consiste à déterminer la composition phytochimique des huiles essentielles du cèdre d'Atlas pour trois cédraies d'Algérie (Theniat El Had, Ain Antar et Zeccar) Malheureusement, la conjoncture sanitaire liée à la propagation du Covid 19 et le confinement ont empêché de réaliser toutes les parties de ce travail. A cet effet, notre travail s'est limité à la collecte du matériel végétal uniquement dans la cédraie de Theniat El Had et une comparaison des résultats obtenus dans des travaux antérieurs.

Les résultats obtenus montrent que le rendement en huile essentielle varie selon la partie utilisée (bois, aiguilles et écorce), le lieu de récolte et la méthode d'extraction. Quant à la composition chimique, nous constatons, une différence légère entre les différentes parties (aiguilles, bois) avec la prédominance des composés sesquiterpéniques hydrocarbures (α -himachaléné, β -himachalène et γ -himachalène). Ces composés possèdent plusieurs actions antimicrobiennes, anti inflammatoire, bioinsecticide et cicatrisante, ce qui permet une meilleure valorisation de ces huiles dans le contexte économique.

Mots clés : Cèdre d'Atlas, huile essentielle, rendement, composés chimiques, Theniat El Had

Abstract

The goal of the this study consisted to determinate of the phytochemistry composition of essential oils of cedar for three cedar forests (Theniat El Had, Ain antar and Zeccar) unfortunately , and because of Covid 19 pandemic and general lockdown of the country has prevented us to do all necessary parts of this study. As a reason, our study was limited to the collection of plant materials, which found only in the forest cedar of Theniat El Had and a comparison of the results obtained in subsequent study.

The results found shows that the yield in essential oil varies according to the material used (wood, needles and bark), and the place of harvest and the method of extraction, as to the chemical composition, we have noted a slight difference between the different parts (needles, wood) with the predominance of sesquiterpene hydrocarbon compounds (α -himachalene, β -himachalene and γ -himachalene). These compounds have several antimicrobial, anti-inflammatory, bioinsecticide and healing actions, which gives a better valuation of these oils in the economic context.

Key words: Atlas cedar, essential oil, yield, chemical compounds, Theniat El Had.

ملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد المكونات الكيميائية للزيوت الأساسية من الأرز لثلاث غابات أرز (ثنية الحد، عين عنتر، زكار) للأسف، وبسبب جائحة كوفيد 19 والعلق العام للبلاد منعنا من القيام بكل ما هو ضروري لاتمام أجزاء هذه الدراسة. لهذا السبب، اقتصر عملنا على جمع المواد النباتية فقط في غابة أرز ثنية الحد ومقارنة النتائج التي تم الحصول عليها في الدراسة السابقة

أظهرت النتائج أن التقديم في الزيت العطري يختلف باختلاف المادة المستخدمة (خشب، لحاء الإبر) ، ومكان الحصاد وطريقة الاستخراج، أما بالنسبة للتركيب الكيميائي، فقد لاحظنا اختلافا طفيفاً بين الأجزاء المختلفة (إبر، خشب). مع غلبة مركبات الهيدروكربون سيسكيتيربين (α -heachalene و β -heachalene و γ -heachalene). تحتوي هذه المركبات على العديد من مضادات الميكروبات ، ومضادات الالتهابات ، ومبيدات الحشرات الحيوية ، وإجراءات العلاج ، مما يعطي تقييماً أفضل لهذه الزيوت في السياق الاقتصادي.

الكلمات المفتاحية: أرز أطلس، زيت عطري، محصول، مركبات كيميائية، ثنية الحد

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENT

DEDICACE

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

RESUME

INTRODUCTION GENERALE.....1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1 : GENERALITE SUR LE CEDRE DE L'ATLA

1. Généralité sur le cèdre de l'atlas.....	2
1.1.Présentation du genre Cedrus.....	2
1.2.Historique.....	3
1.3.Air de répartition.....	3
1.3.1.Air naturelle.....	4
1.3.1.1.En Algérie.....	4
1.3.1.2.Au Maroc.....	4
1.3.2.Air d'introduction.....	4
1.4.Taxonomie et botanique.....	5
1.4.1.Taxonomie.....	5
1.4.2.Caractère botanique.....	6
1.5.Biologie du cèdre l'atlas.....	7
1.6.Ecologie du cèdre de l'atlas.....	8
1.6.1.Pluviométrie.....	8
1.6.2.Température.....	8
1.6.3.Etage bioclimatique.....	8
1.6.4.Exposition.....	8
1.6.5.Substrat et sol.....	8
1.7.Ennemis du cèdre de l'Atlas.....	8
1.7.1.Insectes.....	8

1.7.1.1. Insectes mangeurs des feuilles (Défoliateurs).....	9
1.7.1.2. Insectes mangeurs des graines.....	9
1.7.1.3. Insectes suceurs de la sève.....	9
1.7.2. Champignons.....	9
1.8. Usage et intérêt du cèdre de l'Atlas.....	9
2. Généralité sur la phytochimie.....	9
2.1. Métabolites.....	9
2.2. Métabolites primaires.....	10
2.2.1. Glucides.....	10
2.2.2. Lipides.....	10
2.2.3. Acides aminés.....	10
2.3. Métabolites secondaires.....	10
2.3.1. Alcaloïdes.....	10
2.3.1.1. Classification des alcaloïdes.....	11
2.3.1.2. Rôles des alcaloïdes.....	12
2.3.2. Terpènes.....	12
2.3.3. Polyphénols.....	13
2.4. Huiles essentielles (HE).....	14
2.4.1. Définition.....	14
2.4.2. Origine des huiles essentielles.....	14
2.4.3. Composition chimique des huiles essentielles.....	14
2.4.4. Composés terpéniques.....	15
2.4.5. Composés aromatiques.....	15
2.5. Utilisations des huiles essentielles.....	16
2.5.1. En thérapie.....	16
2.5.2. En industrie.....	16

PARTIE EXPEREMENTAL

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

1. Présentation générale des zones d'études.....	17
1.1. Cédraie de theniet El Had	17
1.2. Cédraie d'Ain Antar	18
1.3. Cédraie de zaccar	18
2. Choix des stations d'étude.....	19

3.Collecte du matériel végétal.....	20
3.1.Préparation des échantillons.....	20
3.2.Extraction des huiles essentielles.....	21
4.Rendement en huile essentielle.....	21
5.Analyse de la composition métabolique des huiles essentielles du cèdre d'atlas.....	22

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET INTERPRETATION

1.Rendement en huile essentielle....	23
1.1.Dans les rameaux.....	23
1.2.Dans les aiguilles.....	24
2.Caractérisation des huiles essentielles du cèdre d'Atlas.....	25
2.1.Composition chimique des rameaux du cèdre.....	25
2.2.Composition chimique des aiguilles du cèdre de l'Atlas.....	26
Conclusion	28



INTRODUCTION GENERALE



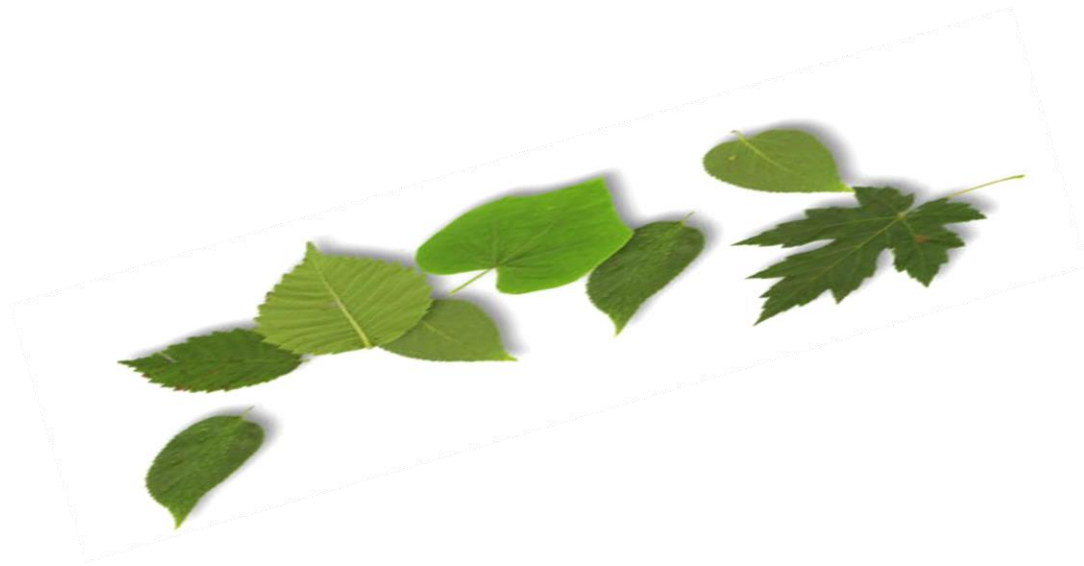
Introduction

La position géographique et la diversité du climat en Algérie a engendré une grande diversité biologique (Mate, 2014). Cette diversité est attestée par la diversité des écosystèmes existants (forestier, steppique et saharien, littoral, marin...etc) et la diversité des habitats et des espèces. Malheureusement, cette biodiversité reste peu connue, malgré les études réalisées ces dernières années. A cela s'ajoute les facteurs de dégradation qui pèsent sur cette biodiversité, engendrant parfois la disparition de ses éléments (gènes, espèces, écosystèmes). La valorisation de cette biodiversité constitue un excellent moyen qui permet sa conservation durable (Durant *et al*, 2012).

Parmi les espèces constituant cette biodiversité, le cèdre d'Atlas est classé depuis 2013 comme une espèce en danger d'après la classification de l'UICN (Thomas, 2013). Cette espèce joue un rôle important dans la structure et le fonctionnement de son écosystème. Les qualités du cèdre lui confèrent une importance internationale avec sa faculté d'adaptation dans des conditions difficiles et sa valeur esthétique. A cela s'ajoute son importance écologique par la biomasse qu'elle engendre pour sa fonction protectrice du sol et un réservoir génétique de la biodiversité (Tarière et Deleca, 2006).

Dans l'ensemble de son aire de répartition le cèdre d'Atlas est sous l'influence de plusieurs facteurs de dégradation. Parmi eux, on assiste à des mortalités massives dues au manque d'eau et accentuées par les activités humaines notamment le pâturage, les coupes illicites et les incendies ; le cèdre se trouve alors remplacé par des espèces adaptées au sol érodé (Messaoudene *et al*, 2013). La valorisation du cèdre de l'Atlas est le meilleur moyen qui garantit sa conservation durable (Debazac, 1991).

Le but de notre étude consiste à l'identification de la composition phytochimique, notamment des métabolites secondaires, du cèdre d'Atlas dans les peuplements naturels de cette espèce dans le massif de l'Ouarsenis (Theniet El Had et Ain Antar) et dans les peuplements artificiels (Massif de Zeccar). Malheureusement, la conjoncture sanitaire liée à la pandémie du COVID19 nous a empêchés de réaliser le travail convenablement, seule la cédraie de Theniet El Had a fait l'objet de prélèvement de terrain sans pouvoir réaliser le travail de laboratoire. Nous nous limitons cette recherche à une étude bibliographique sur l'espèce et la phytochimie (chapitre I). Nous présentons également la zone d'étude et la méthodologie du travail dans le chapitre II. Les résultats et discussion (chapitre III) seront consacrés à une étude comparative des travaux antérieurs sur la phytochimie des cèdres réalisés dans la zone d'étude et d'autres cédraies naturelles.



CHAPITRE 01 :
GENERALITES SUR LE CEDRE
D'ATLAS



1. Généralité sur le cèdre de l'atlas

1.1. Présentation du genre *Cedrus*

Le cèdre de l'atlas (**Fig.1**) (Inguel) (Idkil) ou (Idil) en berbère et Arz El atlas en arabe (Benabide, 1994) est vénéré depuis la plus haute antiquité. Il est le symbole de majesté et de la force en raison de sa longévité sa vigueur son odeur sa durabilité naturelle et essentiellement pour son utilisation (Boudy, 1950).



Figure 1 : Cèdre de l'atlas (photo originale, 27/02/2020)

Le cèdre reconnue par les anciens habitants de l'Afrique du nord d'abord comme espèce ornementale avant d'être utilisée comme essence de reboisement afin de créer des peuplements forestiers productifs stables (M'hirit, 1999).

Le genre *Cedrus* renferme quatre espèces essentiellement montagnardes et occupent des surfaces d'importance inégales en Afrique, l'Europe et l'Asie :

Cèdre de liban : *Cedrus libani* c'est une espèce qui se trouve en Liban, Turquie et Syrie.

Cèdre de chypre : *Cedrus brevifolia*, c'est une espèce endémique au sud-ouest de l'île de Chypre

Cèdre de l'himalaya : *Cedrus deodora*, c'est un arbre originaire de l'Afghanistan et du nord et de l'himalaya

Chapitre I : Généralités sur le cèdre de l'atlas

Cèdre de l'atlas : *Cedrus atlantica*, c'est une espèce forestière endémique dans les hautes montagnes de l'Algérie et du Maroc (Debazac, 1991).

Les travaux de recherche sur le cèdre de l'Atlas s'intensifient de plus en plus, particulièrement dans son aire d'introduction (Farjon, 1990 et Toth, 2005).

Tableau 1 : Caractères botanique et biologique des quatre espèces du cèdre (Farjon, 1990 et Toth, 2005)

Espèce	<i>C. atlantica</i>	<i>C. libani</i>	<i>C. brevifolia</i>	<i>C. deodora</i>
Taille des aiguilles (cm)	1 à 2,5	1 à 3,5	0,5 à 1,5	2 à 6
Longueur des cônes (cm)	5 à 8	8 à 12	5 à 10	7 à 13
Diamètre (cm)	3 à 5	3 à 6	3 à 6	5 à 9
Longueur des graines (cm)	0,8 à 1,3	1,0 à 1,4	0,8 à 1,4	1,0 à 1,5
Envergure (cm)	2,5 à 3,5	3,5 à 4,0	3,0 à 4,0	3,5 à 4,5
Epoque de pollinisation	mi-septembre	mi-septembre	début septembre	début septembre
Durée de maturité	2 ans	2 ans	2 ans	2 ans

1.2 Historique

Le cèdre est le genre le plus ancien après *Pinus* (Derridj, 1990). Son existence remonte au tertiaire (fossiles dans le Miocène et le Pliocène), il occupait de vastes zones, où il a complètement disparu (de l'Himalaya à Atlas marocain). Ainsi, selon Monet (1964) les Abiétées ont laissé des vestiges reconnaissables dès le Jurassique dans les contrées boréales ; ensuite ils sont descendus progressivement vers nos régions pendant le Crétacé (Khanfouci, 2005).

1.3. Air de répartition

1.3.1. Air naturelle

Le cèdre de l'atlas est une espèce endémique et emblématique des hautes montagnes de l'Algérie et du Maroc (**Fig.2**) dont l'aire de répartition s'étend sur une surface 140 000 ha (Quezel et Médail, 2003).

Chapitre I : Généralités sur le cèdre de l'atlas

➤ En Algérie

Les cédraies de l'atlas tellien individualisées en quatre îlots : le massif du Djurdjura (2000ha), les Babors (1300ha), l'Ouarsenis (1000 ha) et les monts Blidiens (1000ha).

Les cédraies de l'atlas saharien forme un ensemble plus important de la cédraie algérienne constituant d'important peuplements dans les monts des Aurès et du Belezma (17 000ha) ainsi que dans les monts du Honda (800 ha) (Faurel *et al*, 1949 ; Khanfouci, 2005).

➤ Au Maroc

Le cèdre occupe quatre blocs essentiels (M'hirit, 1999):

- La cédraie du Rif d'une superficie de l'ordre de 15 000 ha.
- Les cédraies du moyen atlas central ensemble le plus important du cèdre de l'atlas d'une superficie de L'ordre de 120 000 ha.
- Les cédraies du haut atlas oriental : 26000 ha.
- Les cédraies du moyen atlas orientale 23000 ha.

1.3.2. Air d'introduction

Le cèdre d'atlas a été introduit depuis longtemps dans quelques pays du circumméditerranéen d'abord comme arbre d'ornement puis comme espèce de reboisement par ses possibilités d'acclimations en dehors de son aire d'origine et qui ont permis aux forestiers d'avoir de très beaux peuplement (Toth, 1989).

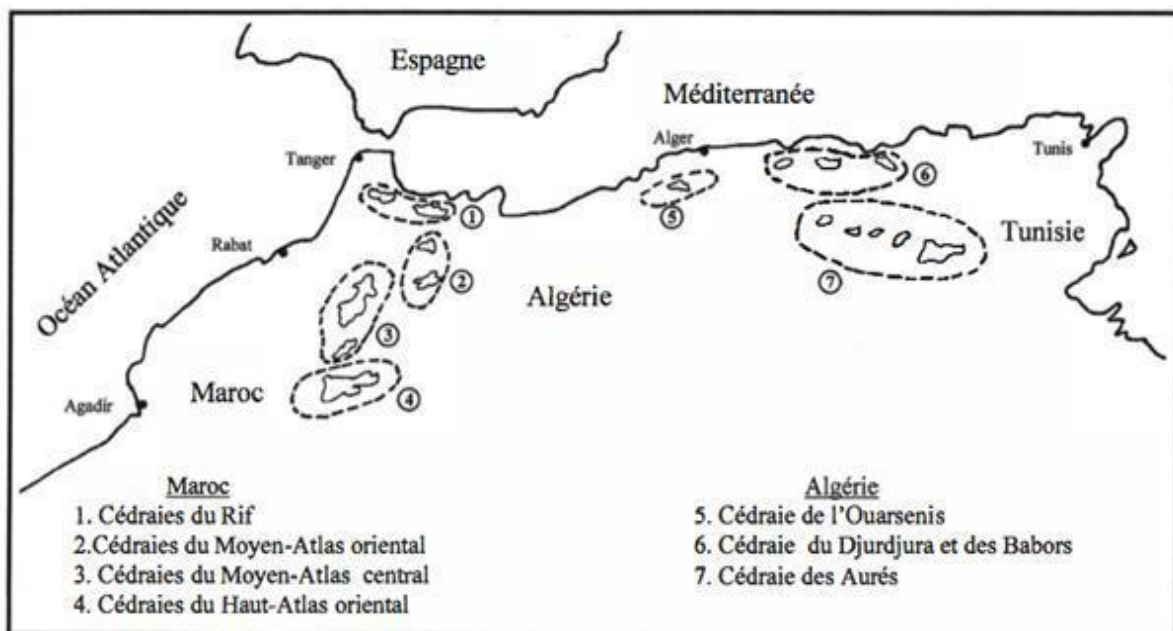


Figure 2 : Répartition actuelle du cèdre d'Atlas (Sarmoum, 2008)

1.4. Taxonomie et botanique

1.4.1 Taxonomie

Du point de vue taxonomique, Boudy, (1952) décrit le cèdre d'atlas appartient à la systématique Suivante :

Tableau 2 : Systématique du cèdre d'atlas.

Règne	Végétal
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Gymnospermes
Classe	Vectrices
Ordre	Coniférales
Sous ordre	Abiétales
Famille	Pinacées
Sous famille	Abiétés
Genre	<i>Cedrus</i>
Espèce	<i>Cedrus atlantica</i> Manetti
Nom commun	Cèdre de l'atlas
Nom arabe	Meddad Arz
Nom anglais	Atlas Cedar

1.4.2. Caractère botanique

Le cèdre de l'atlas est un arbre de forme pyramidale au port majestueux aux rameaux étalés qui peut atteindre 40m de haut (Toth, 1990), ces principaux caractères sont :

Pore :

Espèce monoïque, arbre pyramidale à une haute taille, cime régulier en pointure à fléché courbée (M'hirit et Benzyane, 2006).

Branche :

Dressées et très étendus ; elles naissent isolement et portent des rameaux de petites tailles (Boudy, 1950).

Rameaux :

Court dressés terminés par un bouquet d'aiguilles (Becker et al, 1983).

Chapitre I : Généralités sur le cèdre de l'atlas

Bourgeons :

Sont globuleux et petits d'une couleur gris jaunâtre (Rion Nivert, 2001).

Cônes :

Le cône mûrit en 2 ans, qui se désarticule suite à l'action combinée d'humidité et de chaleur (Boudy, 1952)

Écorce :

Le tronc du cèdre est recouvert d'une écorce lisse de couleur grise claire (M'hirit et Benzyane, 2006).

Feuille :

Sont des aiguilles réunies en rosettes des rameaux courts isolées sur les jeunes rameaux longs vivant 3 ans en générale et en une longueur de 1 à 2 cm leur couleur varie du vert foncé au vert bleuté (Mousion, 2007). (Fig.3, 4)

Racines :

Le système racinaire est développé mais rarement pivotant et assure la stabilité de l'arbre (Boudy, 1952). (Fig.4)

Organes reproducteurs :

Des cônes constitués d'écailles disposées en spirale les cônes mâles et femelles sont séparés mais portés par les mêmes spécimens (plante monoïque) (Madjour, 2014). (Fig.4)

Fruits :

La maturité des cônes d'un 2 an après la dimension atteignent au plus 10 cm. Elles sont conditionnées par l'alternance de l'humidité et de la chaleur (Toth, 1971 et 1978; RionNivert, 2001). (Fig.4)

Graine :

C'est triangulaire grosse 10-14 mm à aile large. La durée de conservation des graines est au plus de six mois (Boudy, 1952) (Fig.4)



Figure 3 : Rameaux Feuillies de cèdre d'atlas (photo originale)

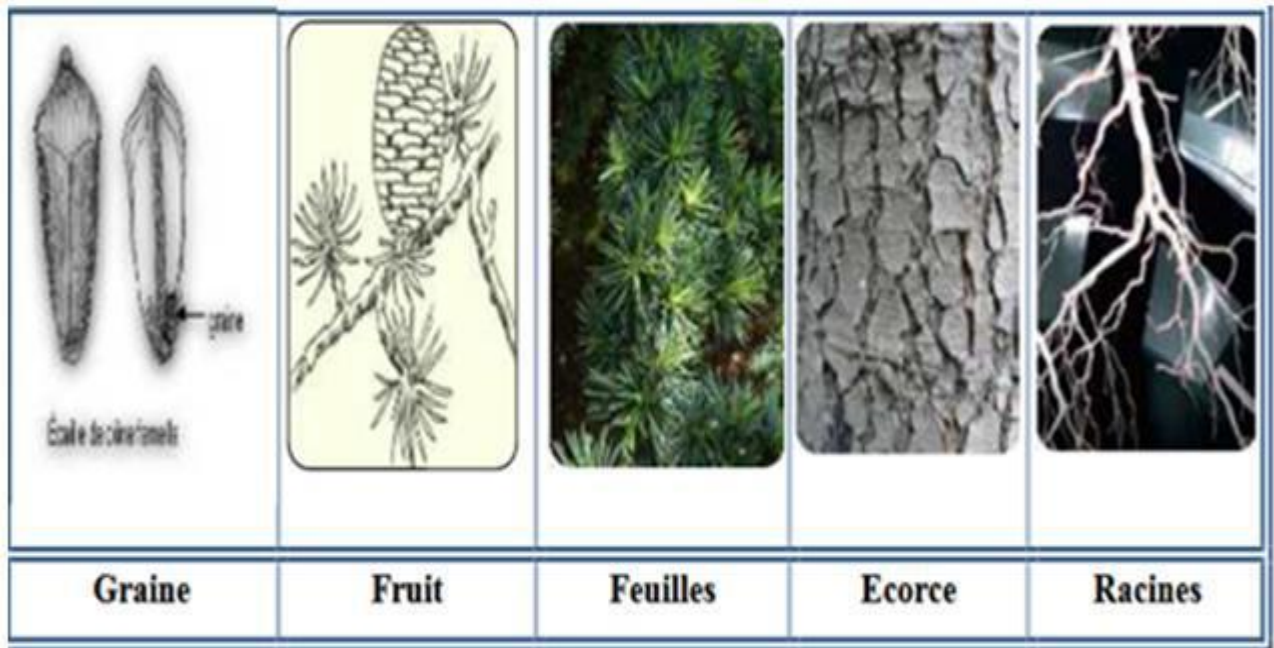


Figure 4 : Caractères botaniques du cèdre d'Atlas.

1.5. Biologie du cèdre l'atlas

La régénération naturelle est un paramètre primordial dans le rajeunissement, le renouvellement et finalement la pérennité d'un peuplement forestier. En Algérie, selon Boudy (1952) la régénération naturelle est exposée à une série de facteurs tels que : les pâturages, le développement de la couche herbacée, le manque d'humidité et les futaies vieillissantes. Pour obtenir une régénération suffisante, il faut qu'il y ait une succession de plusieurs années humides, 3 où 4 ans au moins, non entrecoupées d'années sèches. La régénération est liée à la fertilité de la station, à la présence d'une végétation de chêne vert et sur le sol profond riche en carbone, sodium et magnésium (Belghazi, 2000).

La régénération du cèdre est soumise à des contraintes climatiques étroites, déterminées par les exigences de la plante vis-à-vis de l'eau, du sol et du froid (Le compte et Le poutre, 1975). En effet, l'installation et le développement des semis est possible que si les conditions écologiques soient favorables pour l'ensemble du :

- Cycle de production des graines (floraison, pollinisation, fécondation, développement et maturation morphologique et physiologique des cônes).
- Cycle d'ensemencement (désarticulation, dissémination et germination des graines - installation et maintien des semis) (Khanfouci, 2005).

1.6. Ecologie du cèdre de l'atlas

Le cèdre de l'atlas est une essence de montagne pouvant supporter des conditions écologiques variables (Boudy, 1950). Les conditions écologiques pour cet arbre varient selon plusieurs facteurs dont les plus importants sont :

1.6.1. Pluviométrie

En Algérie, les cédraies reçoivent une tranche pluviométrique variant de 500 mm à 1400 mm environ (Halimi, 1980 ; Khanfouci, 2005).

1.6.2. Température

Le cèdre croit sous des températures moyennes annuelles comprises entre 8 et 4 °C (Toth, 1980 ; Derridj, 1990).

1.6.3. Etage bioclimatique

Les cédraies algériennes se développent dans l'étage bioclimatique semi-aride (Aures et Hodna), subhumide (Theniet El Had et Belazma) et humide (Djurdjura et Chrea).

1.6.4. Exposition

Elle joue un rôle important dans la répartition des pluies et des températures, les vents humides sont de direction nord-ouest. Ainsi, les expositions faisant face à ces vents sont plus arrosées, elles portent les plus belles cédraies (Boukerker, 2016).

1.6.5. Substrat et sol

En Algérie, comme au Maroc, le cèdre pousse sur roches acides (granites, quartzites, schistes) ou non acides (roches calcaires, marnes, dolomie, basalte, grès calcaires).

La nature de la roche mère et la profondeur du sol jouent un rôle important dans la croissance du cèdre. En générale, il préfère les sols calcaires, craint les milieux trop argileux et trop humides (Boudy, 1952 ; Durant, 2000).

1.7. Ennemis du cèdre de l'Atlas

Plusieurs espèces d'insectes existent dans les cédraies du bassin méditerranéen et commettent des dégâts (Fabre, 1976). L'arbre de cèdre souffre des attaques de champignons pathogènes (Alexandrian, 1992) et les insectes (Fabre, 1976)

1.7.1. Insectes

Les chercheurs de l'INRA signalent des peuplements spontanés du cèdre de l'atlas du nord par un riche complexe d'insectes phytophages dont les processionnaires et les scolytes (Boudy, 1950).

a) Insectes mangeurs des feuilles (Défoliateurs)

En Algérie, l'insecte a été découvert en 1982 dans les cédraies du Bélemza, depuis sa présence a été confirmée à la suite d'investigations dans les cédraies (Gachi *et al*, 1986 ; Gachi, 1989).

b) Insectes mangeurs des graines

Le chalcidien seminivore (*Mégastigmus Pinopinis*) est un insecte parasite de la graine en particulier durant les années de faible production (Toth, 1978).

c) Insectes suceurs de la sève

Puceron de cèdre (*Cedrobium Loportei*) est un puceron caractérisé par la production du miellat, qui colle aux feuilles et gêne l'assimilation chlorophyllienne (Ghachi, 1989).

1.7.2. Champignons

L'arbre de cèdre souffre des attaques de champignons pathogènes (Alexandriane, 1992), principalement *Trametes Pine* et *Ungulina Officinalis* (Elyousfi, 1994), qui causent de très graves dégâts en provoquant des pourritures (Alexandrian, 1992)

1.8. Usage et intérêt du cèdre de l'Atlas :

L'importance du cèdre de l'atlas découle de l'intérêt bioécologique et socio-économique ainsi que de ses qualités qui lui permettent d'occuper une place primordiale dans la forêt méditerranéenne.

Le cèdre donne un excellent bois d'œuvre, notamment en ébénisterie, charpente, et bois de mine, en menuiserie, il est employé aussi en pharmacie et parfumerie, il donne une belle futaie quand les conditions sont favorables (Hubert, 2003). Lors de la distillation du bois de cèdre on obtient une huile aromatique employée à diverse fins, en Pharmacopée traditionnelle, elle est utilisée contre l'anxiété chronique, la cystite et les affectants de la peau et des branches (Rahmani, 2003).

Leurs multiples usages constituent dans : la protection des sols, milieu de prospérité d'une riche biodiversité animale et végétale (Demarteau, 2006) à sa rusticité et à son ambiance esthétique et attrayante pour le tourisme (Pijut, 2000).

2. Généralité sur la phytochimie

La phytochimie s'intéresse à l'analyse et l'étude des composés actifs des plantes, leurs structures, leurs cycles de synthèse, et leurs processus de transformation qui se produisent au cours de la vie de la plante.

2.1. Métabolites

Les composés phytochimiques, souvent appelés métabolites, sont des composants bioactifs naturels, se trouve souvent dans les aliments comme les légumes, les fruits, les graines, les noix... Bien qu'il existe des dizaines de milliers de composés phytochimiques, seul un nombre restreint a été isolé et identifié à partir de plantes (Singh et Chaudhuri, 2018). On distingue deux principales classes de métabolites : métabolites primaires et métabolites secondaires, cette dernière comporte les substances phytochimiques les plus efficaces.

2.2. Métabolites primaires

Ce sont des polymères construits à partir des unités moléculaires simples : acides aminés, acides gras et sucres. Ils se retrouvent dans toutes les espèces et ont un rôle essentiel dans le développement et le fonctionnement de base et de la production des cellules (Djaber, 2017). Leurs productions de fait en grande quantité, mais leurs valeurs ajoutées sont très faibles. Parmi les métabolites primaires on trouve :

2.2.1. Glucides

Représentent la source principale d'énergie qui assure le fonctionnement des différents processus physiologiques au sein de la cellule.

2.2.2. Lipides

Constituent d'une part une source d'énergie et d'une autre part ont un rôle important dans la structuration des cellules, surtout les membranes cellulaires.

2.2.3. Acides aminés

Représentent l'élément de base pour la formation des protéines (Bruneton, 2009).

2.3. Métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques très complexes obtenus par plusieurs voies de biosynthèses. Ces molécules ne participent pas directement au développement et à la croissance de la plante (Kliebenstein *et al*, 2012).

Ils interviennent principalement dans l'interaction de la plante avec son environnement biotique et abiotique (Pavarini *et al*, 2012), permettant à la plante de s'adapter aux changements environnementaux (Hary *et al*, 1985). En outre, ils sont considérés comme un moyen de défense contre les attaques pathogéniques (Hale *et al*, 2004). Il existe trois grandes familles de métabolites secondaires chez les plantes : les alcaloïdes, les terpènes, et les polyphénols (Ravon *et al*, 2000).

2.3.1. Alcaloïdes

Le terme « alcaloïde » a été introduit par *W. Meisner* au début du XIX^{ème} siècle pour désigner les substances naturelles réagissant comme des bases (Aniszewski, 2007).

Les alcaloïdes sont des substances naturelles, organiques provenant essentiellement des plantes et contiennent au moins un atome d'azote dans leur structure chimique, avec un degré variable de caractère basique. Depuis l'identification et l'isolement du premier alcaloïde - à savoir la morphine - à partir de l'opium en 1804, plus de dix mille alcaloïdes ont été isolés à partir des plantes (Hesse *et al*, 2002). Ils peuvent être principalement trouvés dans les espèces dicotylédones. Certains de leurs représentants ont une importance médicale. Ils sont répertoriés en fonction des acides aminés dont ils proviennent et de leurs principales sources de médicaments (**Fig.5**).

➤ Classification des alcaloïdes

Selon leurs acides aminés précurseurs, les alcaloïdes sont regroupés dans plusieurs catégories telles que (Bruneton, 2009) :

- ✚ Les alcaloïdes tropaniques ;
- ✚ Les alcaloïdes pyrrolizidiniques ;
- ✚ Les alcaloïdes quinolizidiniques ;
- ✚ Les alcaloïdes indolizidiniques ;
- ✚ Les alcaloïdes pipéridiniques ;
- ✚ Les alcaloïdes pyridiniques ;
- ✚ Les alcaloïdes isoquinoléiques ;
- ✚ Les alcaloïdes indoliques ;
- ✚ Les alcaloïdes quinoléiques ;
- ✚ Les alcaloïdes imidazoliques ;
- ✚ Les bases puriques.

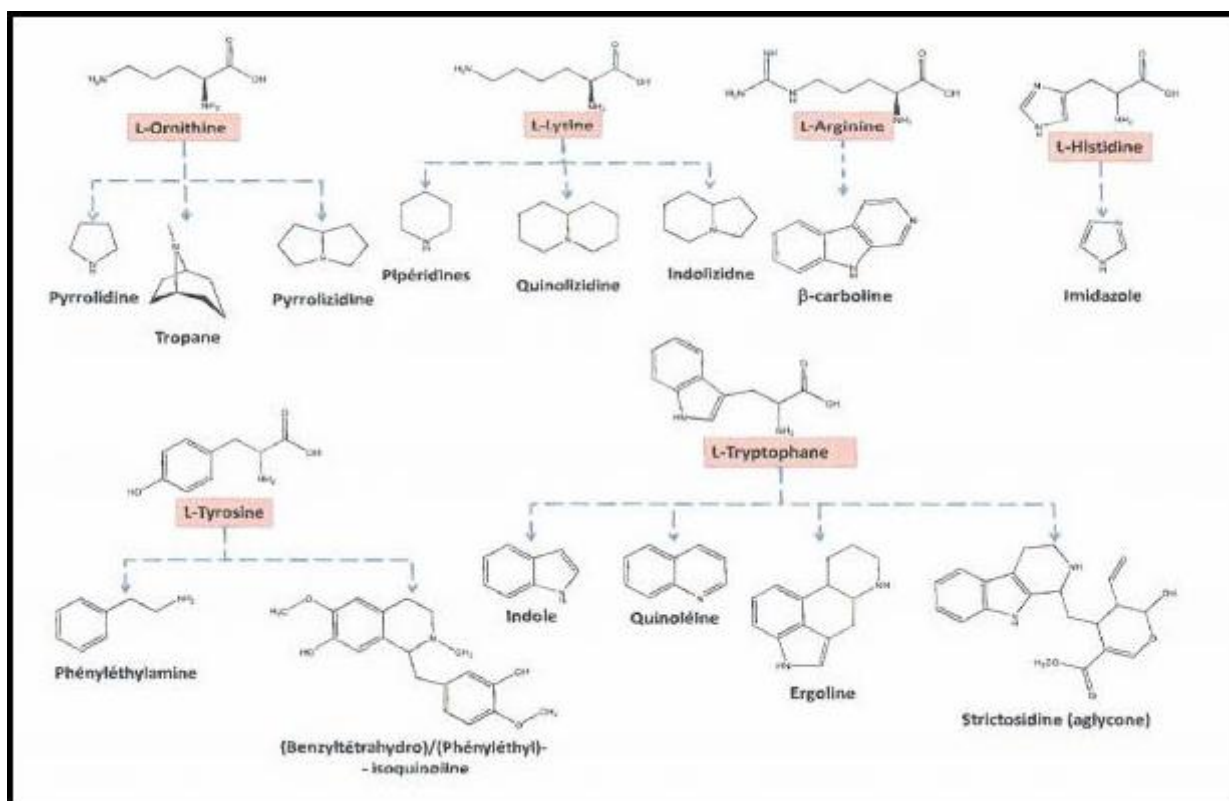


Figure 5 : Origine biosynthétique de différentes classes d'alcaloïde. Les noyaux de base de ses différents alcaloïdes dérivent des acides aminés du métabolisme.

➤ Role des alcaloïdes

Ces substances peuvent jouer plusieurs rôles importants (Hopkins, 2003) :

- ❖ Protection des plantes lors leurs interactions avec les autres organismes et avec l'environnement
- ❖ Protection des plantes contre les stress biotiques tel que les pathogènes et les herbivores
- ❖ Protection des plantes contre les stress abiotiques tel que les rayons et les variations de la température (Croteau *et al*, 2000).
- ❖ Les alcaloïdes sont très utilisés en médecine et en industrie pharmaceutique, ce sont des principes actifs très efficaces par exemple : la codéine et la morphine sont des antitussif et des analgésiques.
- ❖ Utilisé en médecine pour ces propriétés analgésiques ; la morphine (Verpoorte *et al*, 2002)

2.3.2. Terpènes

Les terpènes constituent le groupe le plus large des métabolites secondaires végétaux avec plus de 20000 composés (Hartmann, 2007). Sont des substances généralement lipophiles qui dérivent d'une entité simple à atome de carbone, et sont synthétisés à partir de la voie du mévalonate (Hopkins, 2003).

Les terpénoïdes sont classés en fonction du nombre et de l'organisation structurale des carbones formés par l'arrangement linéaire des unités isoprène suivi de la cyclisation et des réarrangements du squelette carboné avec une caractéristique empirique connue sous le nom de règle de l'isoprène (**Tableau 4**) (Zwenger et Basu, 2008).

Tableau 4 : Classification des terpénoïdes

Nom	Nombre d'unités d'isoprène	Nombre d'atomes de carbone	Formule générale
Hémiterpénoïdes	1	5	C ₅ H ₈
Monoterpénoïdes	2	10	C ₁₀ H ₁₆
Sesquiterpénoïdes	3	15	C ₁₅ H ₂₄
Diterpénoïdes	4	20	C ₂₀ H ₃₂
Sesterpénoïdes	5	25	C ₂₅ H ₄₀
Triterpénoïdes	6	30	C ₃₀ H ₄₈
Tétraterpénoïdes	7	40	C ₄₀ H ₆₄
Polyterpénoïdes	> 8	> 40	(C ₅ H ₈) _n

2.3.3. Polyphénols

Les composés phénoliques ou (les polyphénols) sont des métabolites secondaires végétaux impliqués dans des fonctions telles que la défense contre les prédateurs, la protection contre les dommages causés par les rayons UV et le stress environnemental ou la reproduction, entre autres (Huang *et al*, 2009). Cette famille regroupe plusieurs milliers des molécules spécifiques (Clé *et al*, 2008). Ils sont caractérisés par la présence d'au moins d'un noyau benzénique au quel est directement lié au moins un groupement hydroxyle libre, ou engagé dans une autre fonction tels que : éther, ester, hétéroside.....etc. (Bruneton, 2009).

Les composés phénoliques peuvent se diviser en plusieurs classes selon la complexité du squelette carboné, le degré de modification de squelette (méthylation, hydroxylation...) et les liaisons possibles avec d'autres molécules (lipides, protéines, autres métabolites) (Benhamou, 2009). Ces composés phénoliques forment une grande famille de composés chimiques hétérogènes, subdivisée en plusieurs classes des composés dont les principales classes sont (**tableau 5**) :

1. Les acides phénoliques ;
2. Les anthocyanes ;
3. Les tanins ;
4. Les flavonoïdes (Lincoln *et al*, 2002).

Tableau 5 : Les différents groupes de composés phénoliques (Macheix *et al*, 2005).

Squelette carboné	Nom de groupe
C6	Phénols simples
C6-C1	Acides hydroxybenzoïques
C6-C3	Acides phénoliques
C6-C4	Naphtoquinones
C6-C2-C6	Stilbènes
C6-C3-C6	Flavonoïdes
(C6-C3) ₂	Lignanes
(C6-C3) _n	Lignines
(C15) _n	Tannins

2.3. Importance des métabolites secondaires

- ✚ Il est actuellement bien clair que les métabolites secondaires jouent un rôle substantiel dans les relations de la plante avec son environnement et dans la signalisation intracellulaire. Parmi les fonctions majeures de ces métabolites :
- ✚ La défense contre les herbivores (insectes, mollusques, vertébrés).
- ✚ La défense contre les microorganismes pathogènes (virus, bactéries, champignons).
- ✚ La réponse et adaptation aux conditions de stress abiotique.
- ✚ L'attraction des pollinisateurs ou des animaux disséminateurs de semences.
- ✚ Rôle dans les interactions plante-plante en tant qu'agents de signalisation (Hartmann, 2007).

2.4. Huiles essentielles (HE)

2.4.1. Définition

Une huile essentielle est la fraction odorante volatile extraite des végétaux (Daniel, 2006). Elle se forme dans un grand nombre de plantes comme produits du métabolisme secondaire (Sanon *et al*, 2002). C'est une sécrétion naturelle qui s'effectue dans différentes parties de la plante : feuilles, écorce ou fleurs (Chénier et Sami-Machado, 2006).

Selon les normes ISO 9235, une huile essentielle est définie comme « Produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, soit par distillation à sec ».

2.4.2. Origine des huiles essentielles

Dans les plantes, les HE n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. Elles sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent en général dans des cellules glandulaires spécialisées, situées en surface de la cellule et recouvertes d'une cuticule. Elles peuvent être stockées dans divers organes : fleurs, feuilles, écorces, bois, racines, rhizomes, fruits, bulbes ou graines (Brunetton, 1999). Dans une même plante, ces huiles peuvent se retrouver à la fois dans différentes organes mais la composition chimique varie d'un organe à un autre. (El Abed et Kambouche, 2003).

2.4.3. Composition chimique des huiles essentielles

Les HE sont constitués principalement de deux groupes de composés odorants distincts selon la voie métabolique de synthèse. Il s'agit des terpènes (mono et sesquiterpènes), prépondérants dans la plupart des essences, et des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (El Haib, 2011)

2.4.4 Composés terpéniques

Il s'agit d'une famille de composés largement répandus dans le règne végétal (voir 2.3.2.P13).

Tableau 6 : principales familles des terpènes et des dérivés des huiles essentielles

Guignard, 1996 ; Bruneton, 1990 ; Valnet, 2003 ; Boudoux et Zhiri, 2009 ; Mayer, 2012)

Famille biochimique	Composés typiques	Propriétés
Les terpènes	α-pinène, le β-pinène, 3-carène, limonène et carotène	Actions drainantes lymphatiques, stimulantes, et anti-infectieuses
Les alcools terpéniques	Menthol et linalol	Puissants anti-infectieuses à large spectre, bactéricides, viricides et fongicides
Les aldéhydes terpéniques	Géranial, néral, citromellal	Anti-inflammatoires, décontractants, calmants et analgésiques

2.4.5. Composés aromatiques :

Les composés aromatiques sont beaucoup moins fréquemment rencontrés que les terpènes mais sont souvent caractéristiques de certaines huiles essentielles de la famille des apiaceae (anis, fenouil, persil, etc.). Ces composés peuvent présenter diverses fonctions chimiques :

- ✚ Aldéhydes (Cinna aldéhyde) ;
- ✚ Alcools (alcool cinnamique) ;
- ✚ Phénols (chavicol, eugénol) ;
- ✚ Oxydes (anéthol, élémi ciné, estragole, méthyl eugénol, etc.) ou bien des hétérocycles oxygénés (apiole, myristicine, safrole) (Bruneton, 1997).

La combinaison entre ces composants, donnent aux HE des nouvelles propriétés, en plus de celles spécifiques à chaque constituant pris séparément (Loucchis *et al*, 2004).

2. 5. Utilisations des huiles essentielles

2. 5.1. En thérapie

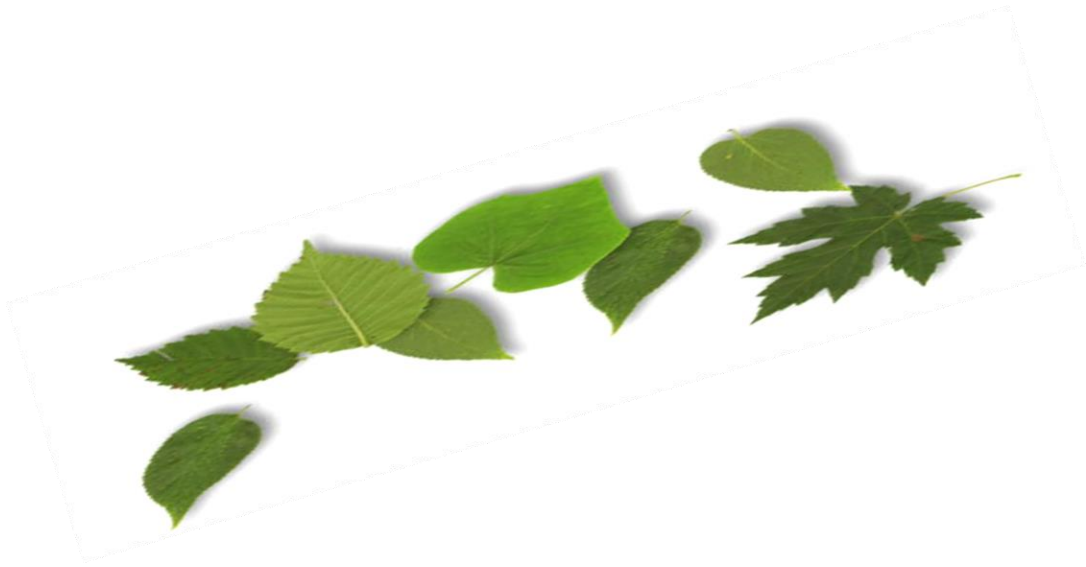
Actuellement, les huiles essentielles sont très utilisées en aromathérapie, une branche de la phytothérapie qui utilise les huiles essentielles pour traiter plusieurs maladies (Fined, 2010). Les HE utilisées doivent posséder de nombreux critères de qualité (Baudoux et Zhiri, 2009) dont la certification botanique de l'espèce, l'organe producteur, l'origine géographique et le mode de culture sont les plus importantes (Franchomme *et al*, 2001).

Les huiles essentielles sont utilisées en plusieurs catégories de médecine, tel que la médecine dentaire, l'exemple le plus courant est la listerine : un puissant antiseptique chirurgical utilisée également sous forme de bain de bouche pour le soin de santé bucco-dentaire (Fined, 2010).

2.5.2. En industrie

Depuis l'Antiquité, les extraits aromatiques des plantes ont été utilisés dans différentes formulations des médicaments et des parfums. Afin de donner une odeur agréable au produit, masquage de l'odeur des principes actifs, meilleure régularité dans l'utilisation du produit du fait de la sensation agréable apportée, mais aussi comme conservateurs, du fait des propriétés antimicrobiennes fréquemment rencontrées (Lang, 2012). Ces huiles sont intégrées dans des crèmes et des écrans solaires ainsi que dans de nombreux produits (Valnet, 2003). Le menthol, extrait à partir de la menthe, a des utilisations variées dans les produits tels que les dentifrices, les mousses, les cigarettes et des préparations pharmaceutiques orales (Gelal *et al*, 1999).

. Dans l'industrie agro-alimentaire ; les HE pourraient être employés comme agents de Conservation contre les champignons phytopathogènes et les microorganismes envahissant les denrées alimentaires (Bandoniène *et al*, 2000). Elles sont intégrées, aussi, dans les boissons, les confiseries, les produits laitiers, les sauces et dans la boulangerie (Bruneton, 1999)



CHAPITRE 02:
MATERIELS ET METHODES



1. Présentation générale des zones d'études

1.1. Cédraie de Theniet El Had

La cédraie de Theniet El Had est régie comme parc national depuis 1923 (Berthonnet, 2010). Le 23 juillet 1983, la cédraie est déclarée à nouveau parc national par décret présidentiel n° 83/459, la superficie du parc national est de 3424 ha dont 2968 ha couverte de végétation, la cédraie occupe 1000 ha d'environ (PNTEH, 2006). Il s'agit d'un écosystème montagneux situé dans la partie nord de la wilaya de Tissemsilt, il s'étend sur les deux communes, Theniet El Had et Sidi Boutouchent (Chouaki *et al*, 2006).

Le parc national est distant de 1.8km du chef-lieu de Daïra de Theniet El Had (**Fig.6**) il est localisé entièrement dans la Wilaya de Tissemsilt, et à 147 km de la capitale Alger (Kacha *et al*, 2017), suivant les coordonnées géographiques :

- ✓ 35°54'4'' et 35°49'41'' de latitude Nord
- ✓ 02°02'4'' et 01° 52'45'' de longitude Est
- ✓ Altitude : varie entre 858 à 1787 m

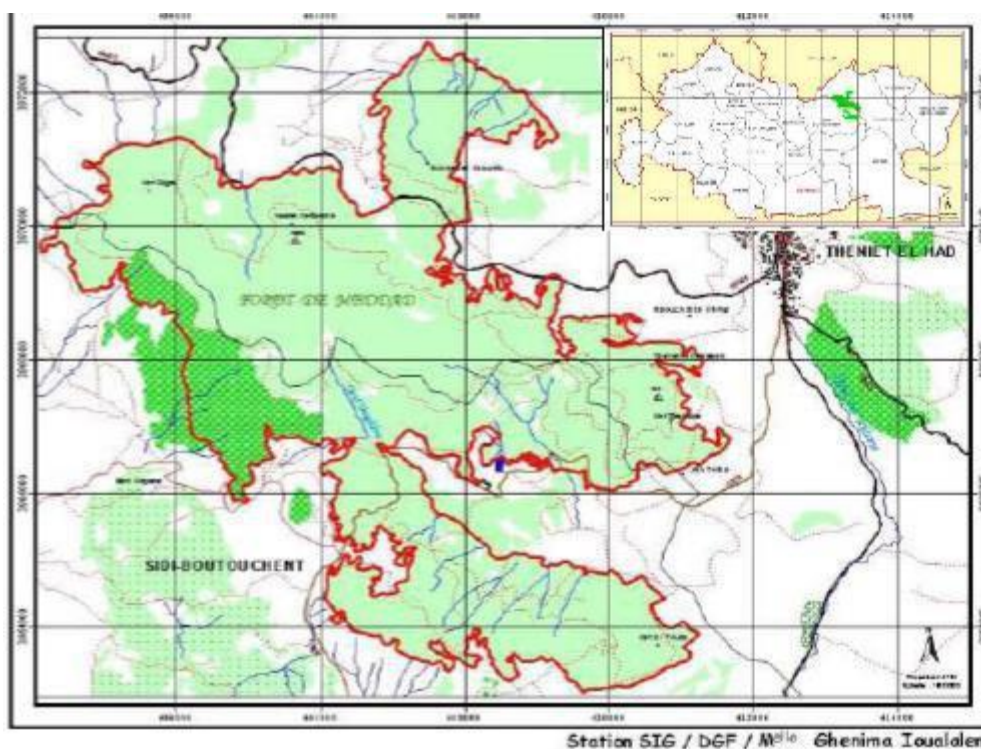


Figure 6 : Situation géographique et localisation du parc national de Theniet El Had

Selon Sarmoum (2016), le Parc national de Theniet El Had reçoit des précipitations allant de 500 à 800 mm/an. Les températures moyennes varient entre $-2,2^{\circ}\text{C}$ et 32°C . Le bioclimat change selon l'altitude, il est de type semi-aride à hiver frais ($<1000\text{m}$), subhumide à hiver frais ($1000-1500\text{m}$) et humide à hiver froid ($>1500\text{m}$).

1.2. Cédraie d'Ain Antar

La forêt domaniale d'AIN ANTAR, située dans la partie centrale du massif de l'Ouarsenis. Sur le plan forestier, elle est rattachée à la conservation des forêts de la wilaya de Tissemsilt, circonscription de Bordj Bounaama, canton de Sidi Abdelkader (Anonyme, 1984).

Pour accéder à cette zone (cédraie) il faut emprunter la route N°19 reliant la ville de Tissemsilt et celle de Chéelif, en passant par Bordj Bounaama, agglomération située à 8 km l'Est de la zone d'étude (Anonyme, 1984).

L'altitude est comprise entre 1000 m (limite inférieure de la cédraie), jusqu'à 1983 m (point culminant du massif), mais la cédraie n'atteint pas les sommets, la limite supérieure se trouve à 1689m (Anonyme, 1984). La cédraie de Ain Antar est formée par une superposition des couches dures (calcaires jurassique) d'une épaisseur de 700m à 800m, et rétrécies vers le sommet avec des crêtes aigues.

La pluviosité annuelle varie de 506 mm à 766 mm Les températures varient de $0,27^{\circ}\text{C}$ (janvier) à $32,2^{\circ}\text{C}$ (aout). La période sèche s'étale entre trois à 04 mois (mai-septembre). Le bioclimat est de type subhumide à hiver frais (1500m) et humide à hiver froid ($>1500\text{m}$) (Sarmoum, 2016).

1.3.Cédraie de Zaccar

La cédraie de Zeccar est une cédraie artificielle située dans la région d'Ain Nessour. Elle est rattachée à la commune d'Ain Turki (Wilaya de Ain Defla). Le mont de Zeccar fait partie de la chaîne atlasique du littoral dont l'altitude varie de 700 à 1576m. le substrat géologique dominant est le calcaire.

A 700 m d'altitude, les précipitations annuelles est de l'ordre de 720mm/an. Les températures varient de $4,2^{\circ}\text{C}$ (janvier) et $32,9^{\circ}\text{C}$ (juillet). La période sèche s'étale de trois mois (juin-aout). Le bioclimat est de type subhumide à hiver tempéré et humide à hiver frais.

Chapitre II : Matériels et Méthodes



Figure 7 : Carte de localisation des trois cedraies (Ain Antar, Theniet El Had, Zeccar) (Google, earth, 2020).

Lieu-dit	Pépinière.
Cordonnées	35°51'28 03'' Nord.
Géographiques	2°00'08 06'' Est.
Altitude (m)	1407 m.
Exposition	Nord.
Pente	15°
Sol	MBE.
Végétation	Cèdre de l'atlas.

Tableau 7 : Récapitulatif des caractéristiques des stations

2. Choix des stations d'étude

Trois stations écologiques (Theniet El Had, Ain Antar, et Zaccar) ont été choisies au départ pour l'étude de la photochimie du cèdre d'Atlas. Malheureusement, les conditions défavorables liées à la pandémie COVID19 nous ont empêchés de le faire. A cet effet, une seule station a fait l'objet de collecte de matériel végétal. Il s'agit de la station « Pépinière » au niveau de la cédraie de Theniet El Had dont les caractéristiques écologiques sont données dans le tableau

3. Collecte du matériel végétal

Cette étude s'intéresse sur différentes parties de la plante de cèdre à savoir : les aiguilles, l'écorces et les rameaux. L'échantillonnage a été réalisé sur trois arbres choisis subjectivement parmi les arbres existants dans la population. Les échantillons collectés ont été nettoyé et lavé avec l'eau courante afin de se débarrassés de toute poussière et matière étrangère ou autre impuretés. Ensuite, ils ont été séchés à l'air libre (l'air ambiant) pendant 15 jours (**Fig.8**).



Figure 8 : Mise en séchage des aiguilles, des rameaux et des écorces du cèdre.

3.1. Préparation des échantillons

Après le séchage, les échantillons ont été broyées à l'aide d'un moulin à café et tamiser à l'aide d'un tamiseur automatique (Retsch, Germany) pour obtenir une poudre homogène et fine. Les poudres obtenues ont été conservé dans des flacons en verre stérile à l'abri de la lumière, pour éviter la photo-oxydation des substances actives, jusqu'à l'utilisation ultérieure (**Fig.9**).

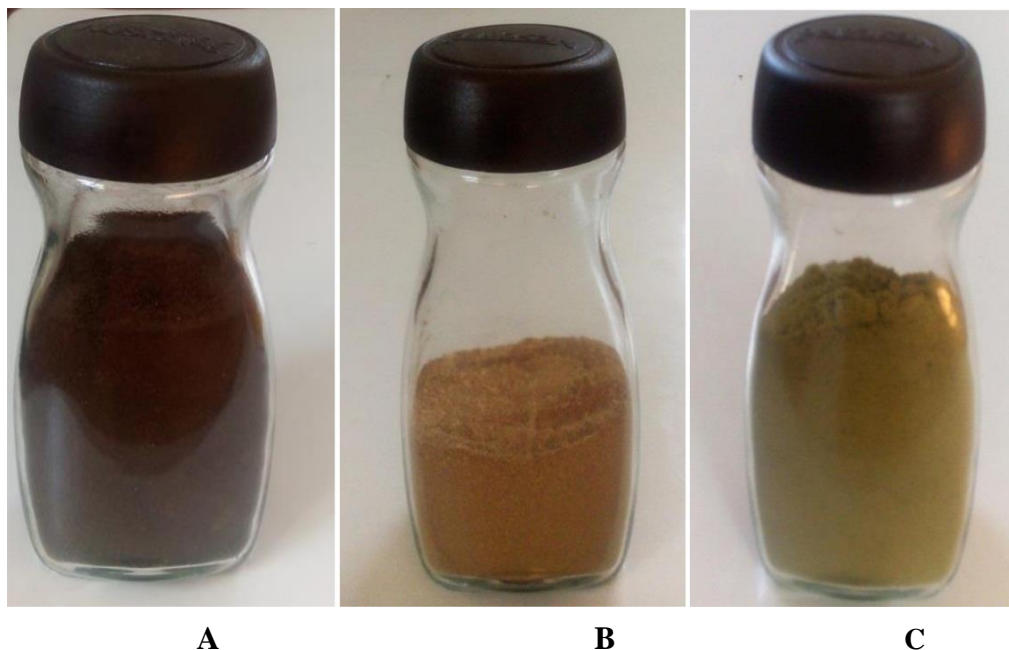


Figure 9 : Echantillons après broyage : (A) rameau, (B) écorce et (C) aiguille.

3.2. Extraction des huiles essentielles

Il existe plusieurs méthodes d'extraction des huiles essentielles. Dans notre travail, l'hydrodistillation a été choisie pour sa facilité et disponibilité dans notre laboratoire de biotechnologie et amélioration des plantes.

Dans un ballon contient 500 ml de l'eau, 50 g de la matière végétale de chaque échantillon a été ajouté, puis a été mis en ébullition. Ce ballon est surmonté d'un coute en verre relié à un réfrigérant qui sert à condensé la vapeur d'eau contenant l'huile extraite. L'huile est séparée de l'eau par décantation. La durée de l'extraction dure en moyenne de 3 à 4 heures. Apres avoir laissé reposer le contenu quelques secondes selon le protocole de Zadeh et Younssi, 2002.

Ce processus a été répété plusieurs fois jusqu'à ce que le matériel végétal soit terminé.

4. Rendement en huile essentielle

Le rendement en huile essentielle correspond au rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue et la masse de matière végétale. Il est exprimé en pourcentage. Il est estimé par la formule suivante :

$$\mathbf{RHE\ \% = \frac{mHE}{mMV} \times 100}$$

Sachant que :

RHE % : Rendement en huile essentielle (%)

mHE : Masse d'huile essentielle (g)

mMV : Masse de matériel végétal (50 g)

4. Analyse de la composition métabolique des huiles essentielles du cèdre d'atlas

Les analyses de la composition métabolique se réalisent en suivant le protocole utilisé dans Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico-Chimiques de **Bousmail- Tipaza (CRAPC)**. Elles sont effectuées à l'aide d'un chromatographe liquide (HPLC) (Milford, MA, USA) équipé d'une pompe modèle 600 et d'un contrôleur de gradient modèle 600, auxquels ont été connectés un échantillonneur automatique modèle 717 et un détecteur à barrette de photodiodes modèle 996. Les colonnes étaient une série de deux Chromolith Performance RP-18e (100 x 4,6 mm DI). Le solvant est : (A) eau / acide formique (99,5 / 0,5). Le gradient était linéaire à un débit de 4 ml / min, et les proportions suivantes de solvant ont été utilisées : 0 à 13 min, 10 à 100%, 13 à 14 min, 100%. Le volume d'injection était de 20 μ L. La détection a été réalisée à 280 nm pour les différents standards (5 standards ont été programmés) (β - Himachalène, α - Himachalène, α -Pinène, α -Cedrene et Longifolène). La quantification a été réalisée en utilisant la méthode standard externe. Toutes les analyses sont effectuées en trois répétitions.



CHAPITRE 03 : RESULTATS ET INTERPRETATION



Chapitre III : Résultats et Interprétation

1. Rendement en huiles

essentielles

1.1. Dans les rameaux

Les résultats du dosage des huiles essentielles du rameaux du cèdre d'Atlas sont présentés dans le tableau (8).

Tableau 8 : Rendement en huiles essentielles des rameaux

Partie	Rendement	Technique	Zone	Hauteur
Rameaux	2.1%	Hydrodistillation	Algérie(Blida)	Benuoaklil (2018)
	2.78%	Hydrodistillation	Moyen atlas central (Maroc)	Satrani <i>et al</i> (2007)
	2.56%	Entrainement à la vapeur	Maroc	Aberchane et Fechtal (2004)
	2.55%	Hydrodistillation		
	0.001-1.11%	Hydrodistillation	Theniet el had, Tissemsilt (Algérie)	Aissa et Chaoune(2019)
	0.123%	Hydrodistillation	Bainem Sud (Algérie)	Bouzarne (2004)
	0.126%		Bainem Est (Algérie)	
	0.7-2.4%	Entrainement a la vapeur	Région de Khénifra, Moyen atlas central (Maroc)	Ammone <i>et al</i> (1985)
	0.45-2.68%	Hydrodistillation		

Selon le tableau (8), on remarque que le rendement en huiles essentielles dans les rameaux du cèdre varie de 0,001% (Theniet El Had, Algérie) à 2,78% (Moyen central Atlas, Maroc). Quant au résultat lié à la méthode d'extraction des huiles essentielles, nous remarquons que la plus part des travaux ont utilisé l'hydrodistillation, probablement à la disponibilité du matériel. Les deux méthodes donnent un rendement presque égal pour la même zone d'étude comme c'est le cas pour Ammoune *et al*, (1985) et Aberchane et Fechtal (2004).

Chapitre III : Résultats et Interprétation

1.2. Dans les aiguilles

Les résultats des travaux effectués sur le dosage des huiles essentielles dans les aiguilles sont Présentés dans le tableau 9.

Tableau 9 : Rendement en huile essentielle des aiguilles et les écorces

Partie	Rendment	Technique	Zone	Hauteur
Aiguilles	1.20%	Hydrodistillation	Bainem (Algérie)	Boudaren <i>et al</i> (2004)
	0.098%		Est (Djurdjura)	
	0.094%		Sud (Djurdjura)	
	0.089%		Ouest (Djurdjura)	
	0.12%	Hydrodistillation	Blida (Algerie)	Benouaklil(2018)
	1.82%	Hydrodistillation	Boulmane (Maroc)	Derwich <i>et al</i> (2010)
	1.2-1.7%	Hydrodistillation	Aures et Djurdjura (Algerie)	Boudarne <i>et al</i> (2004)
	0.25%	Hydrodistillation	Theniet El Had (Tissemsilt)	Hadji et Bessayeh (2011)
	3.06%	Soxhlet		

L'hydrodistillation des aiguilles de *Cedrusatlantica* a fourni un rendement en huile essentielle qui oscille entre 0,08% (Djurdjura, Algérie) et 1,82% (Boulman, Maroc) et ce pour la méthode d'hydrodistillation. Quant à la méthode de Soxhlet, elle donne un meilleur rendement (3,06%), mais cette méthode n'a été utilisée que pour la cédraie de Theniet El Had (Hadji et Besayah, 2011).

Chapitre III : Résultats et Interprétation

2. Caractérisation des huiles essentielles du cèdre d'Atlas

Les extraits de *Cedrus atlantica* ont fait l'objet de diverses études, que ce soit au niveau de l'isolement et de l'élucidation structurale de nouvelles molécules (extraits et huiles essentielles) qu'au niveau de la composition chimique des huiles essentielles. Nous les résumons dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 10 : Composition chimique des rameaux du cèdre

Type de l'huile Essentiel Composés	(Aberchane et al, 2003) Maroc	(Anne-Marie, 2014) Maroc	(Benouaklil, 2018) Algérie (Blida)
Longifolène	0,35%	0,6%	11,22%
α - Himchalène	10,87%	15,1%	15,00%
β - Himchalène	33,81%	9,5%	31,55%
γ - Himchalène	6,89%	42,7%	-
α - Calacorène	-	0,5%	-
épi- Cubénol	-	0,8%	-
(Z)- α - Atlantone	5,9%	0,8%	-
(E)- α - Atlantone	1,93%	4,1%	-
α -Pinène	-	-	0,06%
α -Longipinene	-	-	0,16%
γ -Selinene	-	-	1,88%
α -Cedrene	-	-	0,34%
Iso-longefolène	-	-	2,27%
α -Cadénène	-	-	4,08%

D'après le tableau (10) l'huile essentielle du rameaux du cèdre est composé essentiellement de β -Himachalène (33,81%) suivi par α - Himachalène (10,87%), γ - Himachalène (6,89%), et α -Atlantone (5,9%) (Aberchane *et al*, 2003). Selon Anne Marie (2014), on note la prédominance du γ - Himachalène (42,7%), suivi par α - Himachalène (15,1%), et β - Himachalène (9,5%) respectivement. Tandis que, pour Benouaklil (2018), le β - Himachalène domine avec 31,55% ; α - Himachalène (15%) et Longifolène (11,22%).

Chapitre III : Résultats et Interprétation

Tableau 11 : Composition chimique des aiguilles du cèdre de l'Atlas

Type de l'huile Essentiel Composés	Aiguilles de cèdre de l'atlas du Maroc (Derwiche <i>et al</i> 2010)	Aiguilles de cèdre de l'atlas En Algérie (Benouaklil ; 2018)
α - Himachalène	4,15%	16 ,38
λ - Himachalène	7,62%	-
γ - Himachalène	3,02%	-
β - Himachalène	9,89%	30,08
(E)- α - Atlantone	6,67%	-
Transpinocarvéol	0,11%	-
α -Terpinéne	1,02%	-
Iso-caryophilène	3,14%	-
α -Pinène	14,85%	0,05
β - Pinène	1,35%	-
Cyméne	1,05%	-
Himachalol	0,10%	-
Myrcene	0,15%	-
Germacrene	3,52%	-
Terpinolene	0,38%	-
D-Limonène	-	0,02%
Limonaketone	-	1,30%
Bornéol	-	0,02%
α -Terpineol	-	0,04%
α -Cedrene	-	0,25%
Longefolène	-	14,45%
Iso-Longefolène	-	2,44%
α -Cadénène	-	4,55%

Chapitre III : Résultats et Interprétation

Quant à la composition chimique d'huiles essentielles des aiguilles du cèdre (Tableau 10), on constate, la dominance du α -Pinène (14,85%) suivi par β -Himachalène (9,89%) et λ -Himachalène (7,62%). Suite aux travaux de Derwich *et al.*, (2010) Au Maroc, et Benouaklil, (2018) en Algérie a démontré que ces composés majoritaires de l'huile essentielle des aiguilles sont : le β -Himachalène (30,08%), l' α -Himachalène (16,38%), Longifolène (14,45%) et le γ -Cadinène (4,55%). Cette huile est constituée de 13 composés dont 8 composés sont des sesquiterpénoides (69,03%) et 5 composés sont des monoterpénoides (1,43%).

Il en ressort que les composés majoritaires de l'huile essentielle des rameaux du cèdre se répartissent en composés monoterpéniques (1,39%) et 14 composés sesquiterpéniques. Les sesquiterpénoides prédominent (74,92%) Avec le β -Himachalène comme constituant majoritaire α -Himachalène et le Longifolène (Benouklil, 2018).

Par ailleurs, la figure 10, révèle que la composition chimique de l'huile essentielle du rameaux est comparable à celle des aiguilles, marquée par la dominance des sesquiterpéniques.

L'huile essentielle du cèdre de l'atlas est composée principalement (75%) du trois sesquiterpéniques hydrocarbures sont : α -himachalene, β -himachalene and γ -himachalene. Le β -himachalene est un hydrocarbure sesquiterpéniques bicyclique optiquement actif isolé par distillation fractionnée de l'huile essentielle du cèdre de l'Atlas et de l'Himalaya. Sa structure (Fig.11) renferme deux doubles liaisons (Krishna *et al.*, 1952).

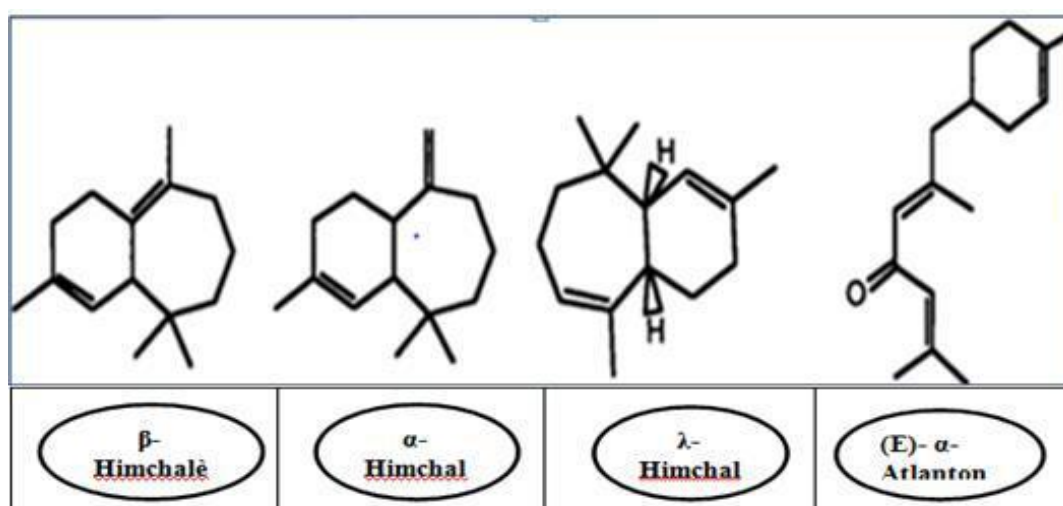


Figure 11. Structure chimique des constituants majeurs d'huile essentielle de cèdre (Aberchane *et al.*, 2003).



CONCLUSION



Conclusion

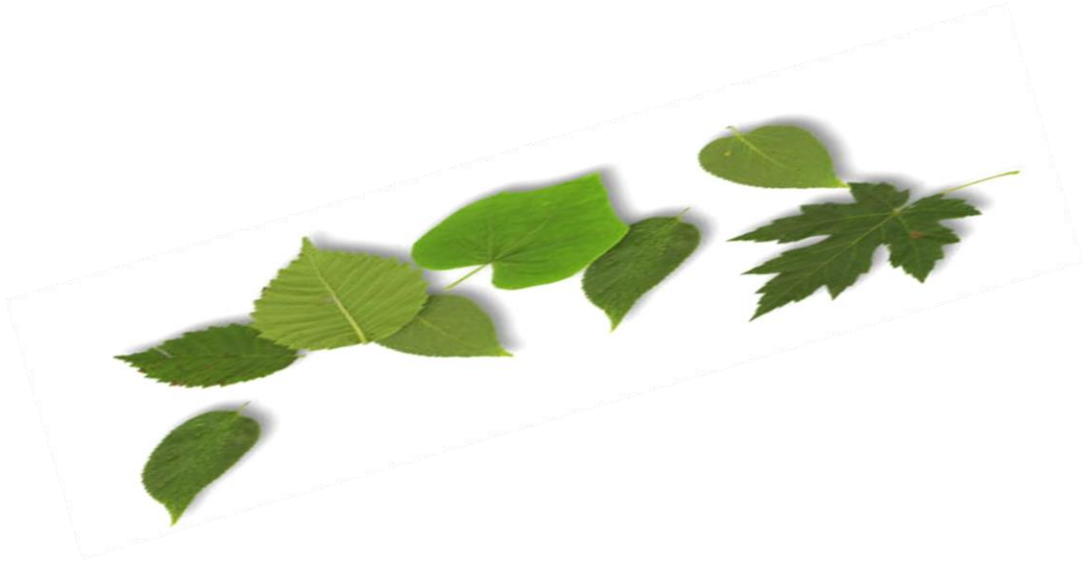
Conclusion

Au terme de ce travail, notre objectif consiste à l'extraction de l'huile essentielle chez le cèdre de l'atlas dans les trois parties : les aiguilles, l'écorce et les rameaux et la caractérisation des composés chimiques contenant dans cette huile. Pour ce faire, trois stations écologiques correspondantes aux trois cédraies (Theniet El Had, Ain Antar, et Zeccar) ont été choisies pour tester l'hypothèse d'éventuel changement du rendement en huile essentielle et sa composition chimique selon les facteurs du milieu (Exposition, sol, altitude, climat...etc). Malheureusement, la conjoncture sanitaire liée à la propagation du Covid 19 et le confinement ont empêché de réaliser toutes les parties de ce travail. A cet effet, notre travail s'est limité à la collecte du matériel végétal uniquement dans la cédraie de Theniet El Had. Après séchage et étalage des échantillons, l'analyse proprement dite n'a pas été réalisée à causes des conditions citées plus haut. Le reste du travail s'est limité à une description de la méthodologie et une comparaison des travaux ultérieures réalisés dans ce contexte.

Les résultats obtenus montrent que le rendement en huile essentielle varie de 0,001% à 2,78% pour le bois du cèdre d'Atlas. Les aiguilles contiennent un rendement qui varie entre 0,08% et 3,06%. A noté que la méthode d'hydrodistillation est la plus utilisée par les auteurs préalablement à la facilité d'accès à ce matériel. Les facteurs liés à la différence des résultats obtenus peuvent être d'origine diverse à savoir : la partie utilisée (rameaux, aiguilles, écorce) le lieu de récolté et la période de récolte.

Quant à la composition chimique des huiles essentielles du cèdre d'Atlas, nous constatons, une différence légère entre les différentes parties (aiguilles, rameaux) avec la prédominance des composés sesquiterpéniques hydrocarbures (α -himachalene, β -himachalene and γ -himachalene). Ces composés possèdent plusieurs actions antimicrobiennes, anti inflammatoire, bioinsecticide et cicatrisante, ce qui permet une meilleure valorisation de ces huiles dans le contexte économique.

Cette étude, quoique en majorité se base sur une recherche bibliographique a pu montrer l'intérêt que doit porter les gestionnaires au cèdre d'Atlas et de mieux valoriser cette espèce dans l'avenir. Ainsi, nous proposons d'élargir ce travail pour l'ensemble des cédraies algériennes.



REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES



Références Bibliographiques

- Abd El Krim Yelles-Chaouche, 2005** : La tectonique active de la région nord-algérienne
- Abderrahmane Medjerab et Latifa Henia, 2005** : Régionalisation des pluies annuelles dans l'Algérie nord-occidentale p10
- Aberchane A et Fechtal M, 2004**: Analysis of Moroccan Atlas Cedar wood Oil (*Cedrus atlantica* Manetti), Journal of Essential Oil Research, V.16, and (November/December), 542-547.
- Aissa et Chaoune, 2019**: Effet des huiles essentielles de (*Cedrus Atlantica*) sur les insectes ravageurs des grainent de cône dans le parc national de Thniet El Had
- Alexandrian D, 1992** : essences forestières, Guide techniques du forestier méditerranéen français, Edit°CEMAGREF-DICOVA.93.
- Anis zewski T, 2007**: Alkaloids-Secrets of life, Alkaloid chemistry, biological significance, applications and ecological role. Elsevier, Oxford, 334.p.
- Anne-Marie Nam, 2014** : Contribution de la RMN 13C à l'analyse des huiles végétales, huiles essentielles et résines (*Olea europaea*, *Pinus halepensis* et *Cedrus atlantica*)
- Anonyme, 1984** : Essor et fortune de la chanson de geste dans l'Europe et l'Orient latin. Actes Congrès Internationale de la Société Rencesvals. Padoue –Venis,29 aout -4septembre 1982, Mucchi Editor, Modena, 1984 2vol.1013p
- Badr Satrani, Mohamed Aberchane, Abdellah Farah, Abdelaziz Chaouch** : Baisse de l'incidence des cancers du sein entre 2005 et 2006 en France un phénomène paradoxal, archives, bulletin du cancer 2008.
- Bandoniene D, Pukalskas A, Venskutonis P R and Gruzdiene D, 2000**: Preliminary screening of antioxidant activity of some plant extracts in rapeseed oil. Food Research International, 33-785-791.
- Baudoux D et Zhiri A 2009** : Huiles essentielles hémotypes et leurs synergies, Edition Inspir.
- Baudoux D, et Zhiri A 2009** : Huiles essentielles hémotypes et leurs synergies, Edition Inspir.
- Belghazi et Ezzahiri, M. 2000** : Synthèse de quelques résultats sur la régénération naturelle de Cèdre de l'Atlas Au moyenne de l'Atlas Maroc. Sechresse. Vol ; 11(2), 79-84
- Benabid A, 1994** : Biogéographie phytosociologie et phytodynamique des cédraies de l'atlas cedrus Atlantic (Manetti) Ann. Rech. For. Maroc 27. 61- 76
- Benhamou N, 2009** : La résistance chez les plantes : principe de la stratégie défensive et applications agronomiques, Lavoisier, Paris, 376.p.
- Benuoaklil Fatouma, 2018** : Caractérisation phytochimique et étude des propriétés pharmacologiques du cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica*).

Références Bibliographiques

- Berthonnet A, 2010:**Parcs nationaux et tourisme en Algérie dans les années 1920, une expérience coloniale effacées par l’histoire. Pour mémoire, la revue du comité d’histoire, 9 : 164-169.
- Boudarene L, Rahim L, Baaliouamer A et Meklati B Y, 2004:** Analysis of Algerian essential oils from twigs, needles and wood of Cedrus atlantica Manetti by GC/MS, Journal of Es
- Boudy P, 1950 :** Economie forestière Nord–Africaines. Monographie et traitement des essences
- Boudy P, 1952 :** Guide du forestier en Afrique du nord, éd. : la maison rustique.
- Boukerker Hassen, 2016:** autoécologie et évaluation de la biodiversité dans les cédraies de cedrus Atlantic Manetti dans le parc national de Belemza (Batna, Algérie).Thèse.
- Bruneton J, 1990 :** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Technique et documentation Lavoisier, Paris, 915 p.25, 43-59
- Bruneton J, 1997:** pharmacognosie. Phytochimie, plante médicinale 2eme Edition .Tec doc édition. Paris. France
- Bruneton J, Pharmacognosie, phytochimie, 2009 :** plantes médicinales, Paris, 4ème édition Lavoisier 2009.
- Brunetton J, 1999 :** pharmacognosie; phytochimie, plantes médicinale 1999 3eme Edition Ed .Tec et DOC paris006
- Chaud Hary S K, Ceska O, Warrington p j, ashwood-smith M J:** increased furocaamarine content of celery during Storage, J.Agric, Food chem 1985, 33 (6), 1153-1157.
- Chénier V, Sami –Machado. P, 2006 :** Structures phénoliques et goût, les polyphénols en Agroalimentaires, Lavoisier, 398P.
- Clé C, Hill L M, Niggeweg R, Martin C R, Guisez Y, Prinsen E, jansen M A K 2008:** Modulation of chromogenic acid biosynthesis in Solanum Lycopersicon: consequences for phenolic accumulation and UV-tolerance. Phytochemistry 69, 2149-2156.Composition chimique et activité antimicrobienne de l’huile essentielle de Cœlacanthes mixtus, Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, V.146, (2007), 85-96.
- Croteau R, Kutchan T M, Lewis N G, 2000:** Natural Product (secondary metabolites) in: Buchnan, B, cruissen, W, and Jones, R, éd biochimistry and molecular biology of plants 1250-1318.
- Daniel M, 2006:** medicinal plants; chemistry and properties 2006.Ed; science publishers, P.59.77.
- Debazac E F, 1991 :** Manuel des conifères 2eme Edition. École national du génie rural, des eaux et des forêts ; p, 80
- Demarteau, 2006 :** Repenses de cedrus atlantica aux changements climatiques passes et futurs .Rev .Inter .Géol . Géog .Eco.Trop.N 31.PP :105 /146

Références Bibliographiques

- Derridj, 1990** : Etude des pollinisations de *Cedrus atlantica* Manetti en Algérie. Thèse doctorats. Univ. Paul Sabatier, Toulouse.288p
- Derwich E, Benziane Z et Boukir A, 2010**: Chemical composition and In vitro antibacterial activity of the essential oil of *Cedrus atlantica*, International Journal Of Agriculture & Biology, V.12, 381–385.
- Djaber Ali, 2017** : thèse matrices MALDI biothiophémiques spécifiques aux alcaloïdes ; études des mécanismes fondamentaux et application, le 12-07-2017.
Doi: 10.1016/j.indcrop.2018.03.048.
- Durant S M, Pettorelli N, Bashir S, Woodroffe R, Wachter T, Ornellas P, ... & Beddiaf M, 2012**:Forgotten biodiversity in desert ecosystems. Science, 336(6087), 1379-1380.
- El Abed D et Kambouche N, 2003** : « Les huiles essentielles », Dar El Gharb, Oran, 91p.
- El Haib A, 2011** : valorisation des terpènes naturels issus de plante marocaine par transformation catalytique, thèse de doctorat d'université Toulouse- Paul sabtier, France, pp, 158.
- El Yousfi M., 1994**: La sante du cèdre de l'Atlas au Maroc. In, Le cèdre de l'Atlas. Actes du séminaire international sur le cèdre de l'Atlas. Ifrane (Maroc), 7 – 11 Juin 1993. Annal de la recherche forestière au Maroc 27 (spécial). Pp : 594-611.
- Fabre J P, 1976** : Extension du cèdre et risques d'attaques d'insectes-rev. For.fr, 261-269.
- Farji F, 2005** : Etude de la durabilité d'un composite Multicouche en mélange de placages de durabilités variable thèse doctorat ENGREF. Montpellier 246 P
- Farjon A, 1990**: pinacée, drawing and descriptions of the genera *Abies*, *Cedrus*, *Pseudolarix*, *Keteleeria*, *Nothotsuga*, *Tsuga*, *Cathaya*, *Pseudotsuga*, *Larix* and *Picea*. Koeltz scientific books.330p
- Faurel L et Lafitte R, 1949** : Facteurs de répartition des cedraies dans le massif de Belezma .Extrait du Bull Soc .Hist.Nat.de l'Afrique du Nord .Thome 40 :178-186
- Fine D H, 2010**: Listerine: past, present and future—A test of thyme. Journal of Dentistry 38, S2–S5.Forestières. Ed Larousse. T2 : 529 – 619
- Franchomme P, Jollois Pet Pénoel D, 2001**: L'aromathérapie exactement, Encyclopédie del'utilisation thérapeutique des huiles essentielles, Éd. Roger Jolis, France.
- Gachi M. Khémici M. et Zamou M., 1986**: Sur la présence en Algérie de la processionnaire du cèdre T. Bonjeani Powell (*Lepidoptera thaumetopoeidaé*). Ann. Rech. Forest. Algérie I. Pp : 53-63.
- Gachi M., 1989**: Eco-biologie de la processionnaire du cèdre *Thaumetopoea bonjeani* Powel. (*Lepidoptera*, *Thaumetopoeidae*) en Algérie. Séminai International de Biologie -Constantine. Mai 1989, 13 p.
- Gelal A, Jacob B, Yul ET Benowitz N L, 1999**: Disposition kinetics and effects of menthol. Clin.

Références Bibliographiques

- Guinard J L, 1996 :** Biochimie végétale Edition Masson paris France 255
- Hale A L, Meepagala K M, Oliva A, Aliotta G, duk SK, 2004:** phytotoxines from the leaves of *Ruta graveolens*. *J. Agric. food chem.* 2004, 52(11); 3345-3349.
- Halimi A, 1980 :** l'atlas Blidéen climat et étage végétaux Edi OPU, 523p
- Hartmann, 2007:** from waste Product to Eco chemicals; fifty years research of plant. *Secondary Metabolism; phytochemistry*, 68; 2831-2846. Haryet *al*, 1985
- Hesse .M, 2002:** alkaloids-nature's curseur blessing VHCA, Zurich Holy basil (*Ocimum sanctum* L.). *Industrial Crops and Products* 118:367-82.
- Hopkins W G, 2003:** physiologie végétale, éd. De Boeck, Bruxelles, 514.P.
- Huang W Y, CAI Y Z, and Zhang Y, 2009:** Natural Phenolic Compounds From Medicinal Herbs and Dietary Plants: Potential Use for Cancer Prevention. *Nutr. Cancer*, 62, 1-20. [CrossRef] [PubMed]
- Hubert M, 2003:** Vos bois mode d'emploi, ED, IDF, 174P Hydrodistillation and microwave hydrodiffusion and gravity planté dans une zone de chêne vert (*Quercus ilex*) de la région méditerranéenne. Française. Ed. I.N.R.A. Vivaldi. Avignon. France. 40p.
- Kacha S, Adamou-Djarbaoui M, Marniche F et Prins W, 2017:** the richness and diversity of Lepidoptera species in different habitats of the national Park Thniet El Had (Algerie). *Journal of Fundamentals and Applied Sciences*, 9(2):746-769
- Khanfouci Mohamed Salah, 2005:** Contribution à l'étude de la fructification régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus Atlantica* M) dans massif de la belle
- Kleibensteins D J and Osborne A, 2012:** Making new molecules evolution of pathways for novel metabolite in plants – Current opinion in plant biology, 15; 415-4
- Lang G, Buchbauer G, 2012:** A review on recent research results (2008-2010) on essential oils as antimicrobials and antifungals. A review. *Flavour and Fragrance Journal* 27, 13-39.
- Le compte M et Le poutre B, 1975:** Bilan de l'eau et condition d'existence de la cèdres dans le Moyen Atlas Basaltique (Maroc). *Ann. Rech. For. Maroc*, T.5.153- 288.
- Lincoln Taïz ET Zeiger Eduard, 2002:** plant physiology, Ed, sinauer associates, sunder, USA. 623. P
- Lucchi M E, Chematf and Smadjal J, 2004:** *Flavour and Fragrance Journal* FlavourFragre. J.19:134-138
- M'hirit et Benzyane, 2006:** Le cèdre d'atlas, p 39-49
- M'hirit O, 1999 :** la forêt méditerranéenne ; espace écologique, richesse économique et bien social, *Unasylva*, 197 (50).
- Macheix J, Fleuriet A, Jay Allemand C, 2005 :** les composés phénomenes des végétaux

Références Bibliographiques

- Madani Azzeddine, Valentina-Mariana Manoiu, 2016:** Quelles mesures d'adaptation aux changements climatiques prisent dans le secteur agricole par les agriculteurs et les pouvoirs publics dans la région d'Ain Defla (Algérie)
- Madjour Karim, 2014 :** Régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au niveau du Parc National du Djurdjura (Secteur de Tala-Guilef)
- Mate, 2014 :** Etude diagnostique sur la Biodiversité & les changements climatiques en Algérie Atelier de restitution des résultats de l'étude le 23 décembre Synthèse des discussions Yadh Labane/
Consultant international Référence : Rpt 006/14
- Mayer F, 2012 :** Utilisations thérapeutiques des huiles essentielles ; étude de cas en maison de retraite. Thèse de docteur en pharmacie, département de pharmacie, Université de Lorraine, 92 p.
- Messaoudene M, 2013:** Réflexion sur la structure des peuplements de chêne-liège32p
- Monet L, 1964 :** Manuel de paléontologie végétale. Masson et Cie ,3^{ème}Edition librairie de l'académie de médecine .Paris .168-169
- Pavarini D P, AvariniS P, Neihues M, Lopes N P, 2012:**Pharmacol. Ther, 66 -128-135.
- PNTH, 2006 :** Plan de gestion, parc national de Thniet El Had. Ministère de l'agriculture et du développement rural
- Pujos A, 2000:** Les milieux de la cédraie Marocaine. Etude d'une classification des cédraies de moyen atlas et du rif en fonction du sol et du climat de la régénération actuelle dans les peuplements, Ann, Rec., For. Maroc, 8 ; Rabat 283 P.
- Quezel P et Medail F, 2003 :** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen, Ed. Ns, dédid'écol et paléo.Univ.Aix Marseille II, 570p.
- Ravon P H, Evert R F, Eichhom, S E, 2000 :** Biologie végétale de Boeck supérieur, rétrospectif du dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le Parc national Rev; 3: 17
- Rion Nivert P, 2001 :** Les résineux, connaissance et reconnaissance. Tome I. 2^e Ed. Institut pour le développement forestier, Paris.
- Sanon A, Garba M, Auje J, Huigaurt, 2002:** journal of stored products research, 38,129
- Sarmoum M, 2008:** Impacte du climat sur le dépérissement du cèdre de l'atlas (*Cedrus Atlantica* Manetti) .Diagnostic dendroécologieque et climatique de la cédraie de Thniet El Had (wilaya de Tissemsilt). Mém.Mag.Univ.Houari BOUMEDIEN, Algerie.
- Sarmoum, 2016 :** Effet des facteurs stationnels sur la croissance radiale et la réponse du pin d'Alep au climat dans le massif de l'Ouarsenis, Algérie
- Singh D and Chaudhuri, 2018:** A review on phytochemical and pharmacological properties of

Références Bibliographiques

Thomas, 2013 : Génétique des populations temporelles des insectes voyageant dans le temps: une étude à long terme chez une guêpe spécialisée dans les semences Marie Suez, Cindy Gidoin, François Lefèvre, Jean-Noël Candau, Alain Chalon, Thomas Boivin Publié: 2 août 2013 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070818>

Toth J, 1980 : Le cèdre dans les pays du pourtour méditerranéen et dans deux autres pays et son importance forestière. Forestière méditerranéennes, II, (1), 23-30.

Toth J, 1978 : contribution à étude de la fructification et de la régénération naturelle du cèdre de l'atlas (*cedrus atlantica*).

Toth J, 1990 : Croissance, sylviculture et production de cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti)

Toth J, 2005 : Le cèdre de France - Etude approfondie de l'espèce. Ed. Le harmattan. Paris, 207p.

Toth, 1989 : Effets des facteurs d'environnement d'accroissement du cèdre d'Atlas. Bull. Soc. Et Nat .Vaucluse. Pp : 71-76

Valnet J, 2003 : Aromathérapie, 11ème édition, Edition Vigot

Verpoorte R, Choi Y H, Mustafa N R and Kim H K, 2002: Metabolomics: back to basics. *Phytochem Rev.* 7, 525-537.

Zwenger S, Basu C, 2008: Plant terpenoids: applications and future potentials. *Biotechnol Mol Biol*