

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد- تلمسان

Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEN

كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et des Sciences de la Terre et
de l'Univers



Département de biologie

Mémoire

Présenté par

KERMOUNI SERRADJ Marwane

TEBBAL Safa Hadhoum

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER

En Biologie

Option : Génétique.

Thème

**Caractérisation morpho métrique du thuya de berberie
(*Tetraclinis articulata*) au niveau des wilaya Tlemcen et sidi bel
Abbes**

Soutenu le 07-07-2021, devant le jury composé de :

Président	GAOUAR Semir Bechir Suheil	Professeur	Université de Tlemcen.
Examineur	BOUKHARI Rachid	M A A	ESA Mostaganem.
Encadrant	.BOURI Amina	M C B	ESA Mostaganem.

Année universitaire 2020/2021.

Remerciements

En préambule à ce mémoire nous remercions **ALLAH** qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail, et le courage durant ces longues années.

On voudrait tout d'abord adresser toute nos reconnaissances à la directrice de mémoire **Madame BOURI AMINA**, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils qui ont contribué à alimenter notre réflexion

On adresse nos sincères remerciements spécialement au professeur **GAOUAR S B S** ; responsable de la spécialité génétique, pour ses conseils et pour le temps qu'il a consacré à nous apporter les idées, les outils, les méthodologies indispensables à cette recherche.

On désire aussi remercier tout **l'équipe du parc national de Tlemcen et Sidi Bel Abbese** en particulier les forestiers pour leur soutien et le temps qu'ils ont bien voulu nous consacrer et bien sûr on remercie la société de **la forêt modèle** – qui nous a aidé à faire l'extraction des huiles essentiels.

A mes collègues **Benchai** et **Touenti** je vous remercie énormément pour votre collaboration sur terrain et pour la réalisation de ce modeste travail.

On tient à remercier infiniment nos familles **TEBBAL** et **KERMOUNI SERRADJ**, nos parents, qui nous a aidé aux cours de ces années, nos frères, nos sœurs, pour leur patience, leurs encouragements, et leur soutien sans faille et permanent.

A tous ceux qui m'ont aidé lors de ce travail, merci à tous.

Dédicace

Au nom de Dieu, Clément, Miséricordieux

On dédie ce modeste travail à :

A nos chers parents, qui nous ont toujours encouragés, pour leurs sacrifices, leurs soutiens, et leurs précieux conseils aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de nous combler, que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A nos frères et nos sœurs qui n'ont cessé d'être pour nous des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

A tout la famille **TEBBAL , OUCHERIF et KERMOUNI
SERRADJ**

A tous les étudiants de notre promotion

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible

A nos chers amis, qui nous rendent la vie plus belle.

A tous étudiants de la promotion de génétique 2021.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible.

ملخص:

شجرة العرعار هو نبات مستوطني طبي وعطري ذو اهمية اقتصادية هامة جدا، وفقا لأبحاثنا لم تكن هناك دراسات متعمقة تهتم بهذا النوع من النباتات.

تهدف هذه الدراسة الى التوصيف المورفومتري لأربعة مجموعات من نبات العرعار في أربع مناطق على مستوى غرب الجزائر: عين فزة (غابة يفرى)، عين غرابة (غابة أحفير)، بني سنوس (غابة زريفات) وسيدي بلعباس (غابة تينيرا) باستخدام

9 معايير مورفولوجية حيث خضعت هذه الدراسة الاحصائية الى برنامج R و Rstudio

تم تحديد التنوع الظاهري من قبل مؤشر التنوع الذي قدر ب 0.958 في مستويات مختلفة كما اظهرت نتائج تحليل المراسلات المتعددة (ACP) والتصنيف الهرمي (CAH) تميزا واضحا بين المناطق.

عند استخلاص الزيوت الاساسية للمناطق الاربعة تبين ان منطقة بني سنوس كان مردودها اوفر بالنسبة لغيرها من المناطق وهذا امر بالغ الاهمية بالنسبة للافاق الاقتصادية في المستقبل.

الكلمات المفتاحية: العرعار-مستوطني-طبي - التوصيف المورفومتري -تنوع ظاهري -مؤشر التنوع -الزيوت الاساسية

-المردود

Résumé :

Le thuya de berberie (*Tetraclinis articulata*) est une espèce endémique, médicinale et aromatique de la famille des cupressacées avec un intérêt économique très important.

Selon nos recherches bibliographiques aucune étude ne s'est intéressée à cette espèce ; objectif de notre étude est basée sur la caractérisation morpho-métriques de 4 populations de thuya réparties dans quatre régions au niveau de l'ouest d'Algérie : Ain fezza (Forêt Yfri) , Ain ghraba (foret Ahfire) , Beni snous (foret zarifate) et Sidi Bel Abess (foret de Tenira) en utilisant 9 traits agro-morphologiques qui ont fait l'objet d'une étude statistique par les logiciels R et R studio.

La diversité phénotypique a été déterminée par l'indice de diversité Shannon-Weaver (H') à différents niveaux. Les H' estimés ont montré une large variabilité phénotypique pour les différents traits avec un H' moyen de 0,958. Les résultats de l'analyse des correspondances multiples (ACP) et de la classification hiérarchique (CAH) ont montré une nette distinction entre les populations.

L'extraction des huiles essentiels était faite pour les quatre populations de thuya, le rendement en huile essentiels des arbres de la population de Beni Snouss était plus important que celui des autres populations ce qui est très important pour des perspectives économiques ultérieurs.

Mots clés : espèce endémique – médicinale – la caractérisation morphométrique – diversité – variabilité phénotypique – huile essentielles – rendement

Abstract:

Tetraclinis articulate is an endemic, medicinal and aromatic species of the cupressaceae family with a very important economic interest.

According to our bibliographic research, no study has been carried out on this species; the objective of our study is based on the morpho-metric characterisation of 4 populations distributed in four regions in western Algeria: Ain fezza (Yfri forest), ain ghraba (ahfire forest), beni snous (Zarifate forest) and Sidi Bel Abess (Tenira forest) using 9 agro-morphological traits which were statistically studied using the R and R studio software.

Phenotypic diversity was determined by the Shannon-Weaver diversity index (H') at different levels. The estimated H' showed a large phenotypic variability for the different traits with a mean H' of 0.958. The results of the multiple correspondence analysis (PCA) and hierarchical clustering (HCA) showed a clear distinction between the populations.

The extraction of essential oils was done for all four populations, the yield of essential oils from the trees of the beni Snouss population was higher than that of the other populations which is very important for future economic perspectives.

Keywords : endemic species - medicinal - economic interest - morphometric characterization - diversity - phenotypic variability - essential oil - yield

Sommaire :

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
INTRODUCTION GÉNÉRALE	
1 Origine et distribution géographique :.....	4
1.1 Au Maroc :.....	5
1.2 En Tunisie :.....	5
1.3 En Algérie :.....	5
2 Importance, Production et commerce international	6
3 Caractéristiques botaniques de Thuya de barbarie	7
3.1 Position systématique	7
3.2 Les caractères morphologiques et physiologiques :	8
3.2.1 Caractères morphologiques	8
3.2.2 Caractères physiologiques.....	10
4 Génétique de <i>Tetraclinis articulata</i> :	11
5 Écologie.....	12
5.1 Conditions climatiques	12
5.2 Conditions édaphiques	12
5.3 Altitude	12
6 Composition chimique de la plante :	13
6.1 L'huile essentielle du bois.....	13
6.2 L'huile essentielle des racines	13
6.3 L'huile essentielle des cônes	14
6.4 L'huile essentielle des graines	14
6.5 L'huile essentielle des branches	14
6.6 L'huile essentielle des feuilles.....	15
6.6.1 Au Maroc :.....	16
6.6.2 En Algérie :.....	16
7 Usage et propriétés thérapeutiques.....	17
7.1 Médecine traditionnelle.....	17
7.2 Autres utilisations :.....	18
8 Huiles essentielles	18
8.1 Définition de l'huile essentielle :	18
8.2 Localisation de l'huile essentielle :.....	19
8.3 Techniques d'extraction des huiles essentielles :.....	19

8.4	Les techniques conventionnelles	19
8.4.1	Hydro distillation :	19
8.4.2	Extraction par entraînement à la vapeur d'eau	20
8.4.3	Expression à froid.....	21
8.4.4	Extraction par des solvants organiques.....	22
8.5	Les techniques innovantes :.....	22
8.5.1	Extraction assistée par les ultrasons :.....	22
8.5.2	Extraction assistée par les micro-ondes :.....	23
8.5.3	Extraction par fluide à l'état CO2 supercritique :.....	23
8.6	Toxicité.....	24

Chapitre 01 : Protocole Expérimental

1	Présentation des zones d'étude	25
1.1	Wilaya de Tlemcen	25
1.1.1	Situations géographiques	25
1.1.2	Le cadre édaphique	28
1.1.2.2	Ain ghoraba :.....	28
1.1.2.3	Beni snous.....	29
1.1.3	Le cadre hydrologique.....	29
1.1.4	L'étude climatique.....	30
1.1.4.1	Précipitation.....	30
1.1.4.2	Température	30
1.2	Sidi Bel Abbes.....	31
1.2.1	Situation géographique de la zone d'étude :.....	31
1.2.2	Hydrographie	32
1.2.3	Cadre pédologique.....	32
1.2.4	Propriétés climatique	33
1.2.4.1	Précipitation.....	33
1.2.4.2	Température	33
1.2.5	Forêt domaniale de Tenira :.....	34
1.2.5.1	GEOLOGIE:.....	34
1.2.5.2	SOLS :.....	34
1.2.5.3	Caractéristiques édaphiques des profils types :.....	35

Chapitre 02 : Materiele Et Methodes

1	Objectifs du travail :	36
2	Stations d'études.....	36

2.1	Critère du choix :.....	37
2.2	Programme des sorties :.....	37
3	Échantillonnages et mesures morpho-métriques :	37
4	Analyse statistique.....	38
5	L'extraction des huiles essentielles	38
5.1	Le matériel végétal	38
5.2	Méthodes de préparation de l'extrait de l'huile essentielle de Thuya	38
5.2.1	La distillation à la vapeur d'eau.....	38
5.2.2	Le rendement d'huile essentielle	40
Chapitre 03 : Résultats Et Discussion		
1.	Prospection sur terrain et constatation.....	41
2.	PARAMÈTRES QUANTITATIFS.....	41
2.1	Analyse descriptive.....	41
2.2	Analyse de variance ANOVA 1.....	43
2.3	Corrélation de PEARSON	44
2.4	L'analyse en composantes principales ACP (individus).....	47
2.5	ACP (variables)	48
2.6	Indice de Shannon et Weaver (tableau 08).....	49
2.7	Classification hiérarchique ascendante (CAH)	51
3.	PARAMÈTRES QUALITATIFS :	52
3.1	Distribution des classes phénotypiques.....	52
3.2	Khi-deux	53
3.2.1	Couleur des aiguille/ région :	53
3.2.2	couleur de la bille / région :	54
3.3	Indice de Shannon et Weaver	55
3.4	Analyse des correspondances multiples (ACM).....	56
4.	Rendement de l'extraction de l'huile essentielle.....	57
Conclusion et perspectives		59
Références.....		61

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Aire de répartition du thuya de barbarie en méditerrané Sud-Occidentale.....	04
Figure 02 : Répartition du thuya de Berberie dans la région de Tlemcen.....	06
Figure 03 : caryotype de tetraclinis articulata (Chromosome idiograms. X 1500).....	11
Figure 04 : Évolution en composés majoritaires des huiles essentielles des feuilles de Tetraclinis articulata au cours du séchage à l'ombre.....	16
Figure 05 : technique d'extraction par hydro distillation d'huile.....	21
Figure 06 : description schématique de la technique d'extraction à la vapeur d'eau.....	22
Figure 07 : Extraction par expression à froid.....	23
Figure 08 : schéma de la technique d'extraction par les micro-ondes.....	24
Figure 09 : localisation des zones d'études Tlemcen.....	27
Figure 10 : Carte de situation géographique de la wilaya de SIDI BEL ABBES (Source site internet : Découpage administratif de l'Algérie & Monographie, Carte de situation géographique de la wilaya de SIDI BEL ABBES)	31
Figure 11 : vue par satellite sur la foret de Ténira.....	34
Figure 12 : Graphe des individus (ACP).....	46
Figure 13 : Graphe des variables (ACP) Les variables libellées sont celles les mieux représentées sur le plan.....	47
Figure 14 : Arbre hiérarchique.....	49
Figure 15 : Classification Ascendante Hiérachique des individus.....	50
Figure 16 : représentation des différentes couleurs des billes de thuya dans les quatre régions.....	51
Figure 17 : représentation des différentes couleurs des aiguilles de thuya dans les quatre régions.....	52
Figure 18 : Analyse des correspondances multiples (ACM).....	55

LISTE DES PHOTOS

Photo 01 : Écorce de thuya.....	08
Photo 02 : Les aiguilles de thuya.....	09
Photo 03 : Les cônes de thuya.....	10
Photo 04 : Les rejets de souche du thuya de berbérie.....	11
Photo 05 : Vue réelle sur la forêt de l'Ain fezza	26
Photo 06 : Vue réelle sur la forêt de l'Ain ghoraba	26
Photo 07 : Vue réelle sur la forêt de Beni snous	27
Photo 08 : Le séchage de la plante.....	38
Photo 09 : La distillation à la vapeur d'eau.....	38
Photo 10 : l'obtention de l'huile essentielle et d'hydrolat.....	39

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : Donnée géographique des stations météorologiques retenues.....	28
Tableau 02 : stations d'études.....	35
Tableau 03 : Paramètres quantitatifs et qualitatifs étudiés.....	36
Tableau 04 : l'analyse descriptive des mesures morpho-métriques des arbres.....	41
Tableau 05 : représentation de coefficient de variation par ANOVA.....	42
Tableau 06 : test tuckey (HSD).....	42
Tableau 07 : corrélation de PEARSON	43
Tableau 08 : Indice de diversité relative de Shannon-Weaver (H').....	49
Tableau 09 : contingence entre la région et la couleur des aiguilles.....	52
Tableau 10 : contingence entre la région et la couleur des billes	53
Tableau 11 : L'indice relatif de Shannon et Weaver des différents caractères qualitatifs étudiés des géotypes de thuya.....	54
Tableau 12 : Représente le rendement dans les régions d'étude.....	56

Liste des abréviations

HE : huile essentielle.

R : Rendement de l'huile en %.

PA : Poids de l'huile en g.

PB : Poids de la plante en g.

CRF : Circonférence de l'arbre

HA : La hauteur.

HP : L'houpier

LG1 : La longueur de branche primaire.

LG2 : La longueur de branche secondaire.

LG AIG : La longueur des aiguilles.

CL AIG: La couleur des aiguilles.

CL BI : La couleur des billes.

Type région: Le type de région.

N : nord.

W : Ouest.

g : Gramme.

°C : Degré Celsius

ACP : Analyse en composants principales

CAH : Classification hiérarchique ascendante

m : mètre

ha : hectare

mm : millimètre

TA : Tetraclinis Articulata

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction

Depuis la plus haute antiquité, les hommes se sont soignés avec les plantes qu'ils avaient à leur disposition. Employer une plante plutôt qu'une autre, été le plus souvent le fruit du hasard, la religion, la superstition et l'expérience. Plusieurs théoriciens musulmans ont entrepris d'expliquer l'action des plantes sur l'organisme depuis l'antiquité gréco-romaine. Le romain Pline l'Ancien (23-79 AJ), à la fois amiral, écrivain et naturaliste, a écrit une histoire naturelle en 37 volumes. L'ouvrage de "Dioscoride" sur la matière médicale (*De materia medica*) a décrit tous les médicaments en usage à son époque et demeura l'une des sources les plus consultées par les médecins (**Iserin, 2001**).

De plus, les produits forestiers non ligneux ont éveillé un intérêt considérable en Afrique au cours de ces dernières années pour leur contribution à l'économie des ménages et la conservation de la biodiversité végétale (**Betti, 2002**).

L'Algérie recèle d'un patrimoine végétal important par sa richesse et sa diversité dans les régions côtières, les massifs montagneux, les hauts-plateaux, la steppe et les oasis où on y trouve plus de 3000 espèces végétales. Parmi ces ressources naturelles, les plantes aromatiques et médicinales occupent une large place et jouent un grand rôle dans l'économie nationale. Elles sont utilisées dans différents domaines : industrie, alimentaire, conserverie, pharmaceutique et phytothérapie. (**Duraffourd et al, 1997**).

Au niveau du Nord-Ouest de l'Algérie ; (région de notre étude) un patrimoine très riche en plantes vertueuses. Parmi ces plantes Médicinales on a le thuya de berberie (*Tetraclinis articulata*) (**Vahl Masters**). De la famille des Cupressacée, cette espèce est endémique du bassin méditerranéen occidental. En dehors de son aire Nord-africaine, on ne rencontre que deux stations limitées, l'une dans la province de Carthagène en Espagne et l'autre à Malte. Cet arbre constitue un élément important de la végétation maghrébine (Maroc, Algérie et Tunisie) Les forêts de thuya assurent un rôle important dans la vie économique. (**Bourkhiss et al, 2015**).

En effet, cette essence forestière est utilisée en menuiserie, dans la préparation des produits cosmétique et en médecine traditionnelle en raison de ses effets thérapeutiques, particulièrement son huile essentiel qui est extrait à partir de ses feuilles et réalisé par distillation. (**Bourkhiss et al, 2015**).

Malheureusement, très peu d'étude ont été réalisées sur cet arbre, d'où l'intérêt de notre travail qui porte sur l'étude des caractéristiques morphométriques de *Tetraclinis articulata*

Cette étude est basée sur la caractérisation morphométrique des différentes populations de thuya rencontrées dans notre zone d'étude et sur l'extraction des huiles essentielles à partir des feuilles.

Notre thèse s'articule sur deux parties :

1. une analyse bibliographique
2. la deuxième partie concerne le volet expérimental comportant trois chapitres :
zone d'étude, matériels et méthodes, et résultats et discussions et à la fin conclusion et perspectives

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1 Origine et distribution géographique :

Le thuya de berberie (*tetraclinis articulata* Vahl Master) est une plante endémique du bassin méditerranéen, En dehors de son espace d'Afrique du Nord, on le trouve également dans deux stations restreintes comme la région de Carthagène en Espagne et l'autre à Malte (Bourkhiss et al, 2016).

Il se développe à des statures qui vacillent du niveau de l'océan jusqu'à 1800 m d'altitude dans un milieu méditerranéen en zone semi-sèche, on le trouve au Maroc, en Algérie et en Tunisie, (selon Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources 2011).

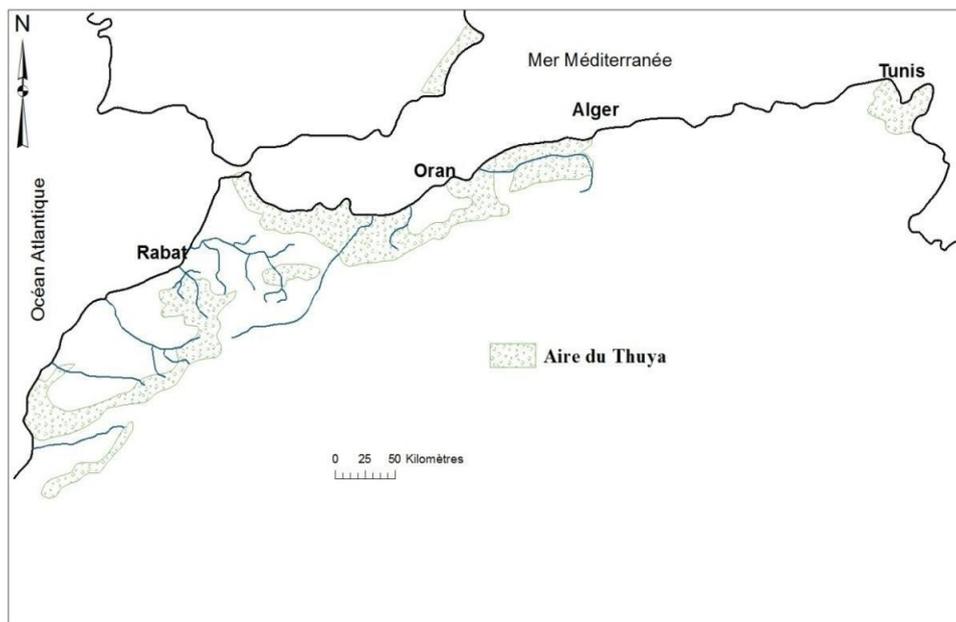


Figure 01 : Aire de répartition du thuya de barbarie en méditerrané Sud-Occidentale d'après Quezel (1980), modifiée par Hadjadj (2016).

Figure représente la répartition de thuya au niveau du bassin méditerranéen: Algérie, Maroc et Tunisie et deux stations limités Carthage et Malte.

1.1 Au Maroc :

Il est incomparable, l'arbre du bio-climat doux et chaud semi-sec, les massifs primaires sont vus sur le versant méditerranéen du Rif de Tétouan à Al Houseima, le Rif oriental, les Monts de Beni - Snassène et Dehbou , la carte centrale du livre particulièrement focale, les vallées du niveau focal et la Meseta occidentale. Le Haha et l'Idaoua-Tanane, le Haut Atlas Et la carte du compteur. C'est tout sauf un arbre bas dépassant de temps en temps 1400 m.(**Abourouh Mohamed et al, 1999. Le grand livre du foret marocain**).

Il occupe une superficie de 725000 ha. Son aire marocaine actuelle est d'environ 607900 ha localisée principalement dans les étages semi-arides océaniques et maritimes, entre le niveau de la mer et 1500 m d'altitude. **Benabid (1976)**.

1.2 En Tunisie :

Le thuya de Barbarie ne couvre que 30 000 ha (**Boudy, 1950**), des pentes du Haut-Est jusqu'à une ligne allant de Bizert au mont Zaghouane et Hammamat ((**Maire, 1952**)). Il se développe sur calcaire, silice, et étonnamment sur sol gypseux. Étant donné qu'il est tout autour appauvri (**El hamrouni, 1978**). Sa région bioclimatique semble être plus large puisqu'on le trouve depuis le stade osseux dans ses variations douces, calmes ou fraîches jusqu'à l'étage supérieur du doux et doux subhumide (**Fennane, 1987**).

1.3 En Algérie :

Tetraclinis articulata occupe une superficie estimée à 160 000 ha, localisée en majorité dans la région ouest du pays. La quasi-totalité des peuplements se présentent sous forme de taillis (**Ahmed Haddad et al, 2006**).

Les chiffres avancés par l'administration des forêts varient entre 143000 ha et 130000 ha (**Letrech B-N, 1991**), et Selon **Quezel et Santa (1962)** qui ont mentionné que le thuya est très commun dans le secteur Oranais, assez commun dans le secteur Algérois et dans le sous-secteur des hauts plateaux et il est très rare dans la grande Kabylie.

Dans la région nord ouest d'Algérie, les peuplements de thuya ne s'individualisent pas et sont le plus souvent en mélange avec le Pin d'Alep. On les trouve dans les circonscriptions de Cherchel, Média, Ténès, et Theniet el Had sous forme de vieux taillis dégradés par les incendies, ils se trouvent aussi dans les régions de Delles et Lakhdaria sous forme de pied isolé et petit bouquet puis dans la vallée de l'oued sahel vers M'Chandella sur le piémont sud de lalla Khadîdja du Djurdjura (**Lapie et Maige, 1914 et Hadjadj Aoual, 1995**).

Dans la région de Tlemcen le thuya réapparaît entre la mer et le grand massif de chêne vert de Sebdou où il forme des boisements isolés généralement dégradés (Miloudi, 1996). Sur une superficie totale de 9017.69 Km², la wilaya de Tlemcen couvre une superficie forestière totale de l'ordre de 137 217 ha de forêts et le reste composé de maquis et broussaille dans la région de Tlemcen et particulièrement dans les Monts des Trara (Forêt domaniale de HONAINA, BENI MENIR, NEDROMA, AIN KEBIRA, BENI OUARSOUS, BENI KHELLAD, et TOUENT) le thuya forme des peuplements purs. Dans les Monts de Tlemcen, il se trouve mélangé avec le chêne vert et le genévrier oxycèdre, on le trouve aussi dans la forêt domaniale de TAMAKSALT au niveau des Plaines telliennes de MAGHNIA-TLEMEN et de REMCHI (Bneder, 2009).

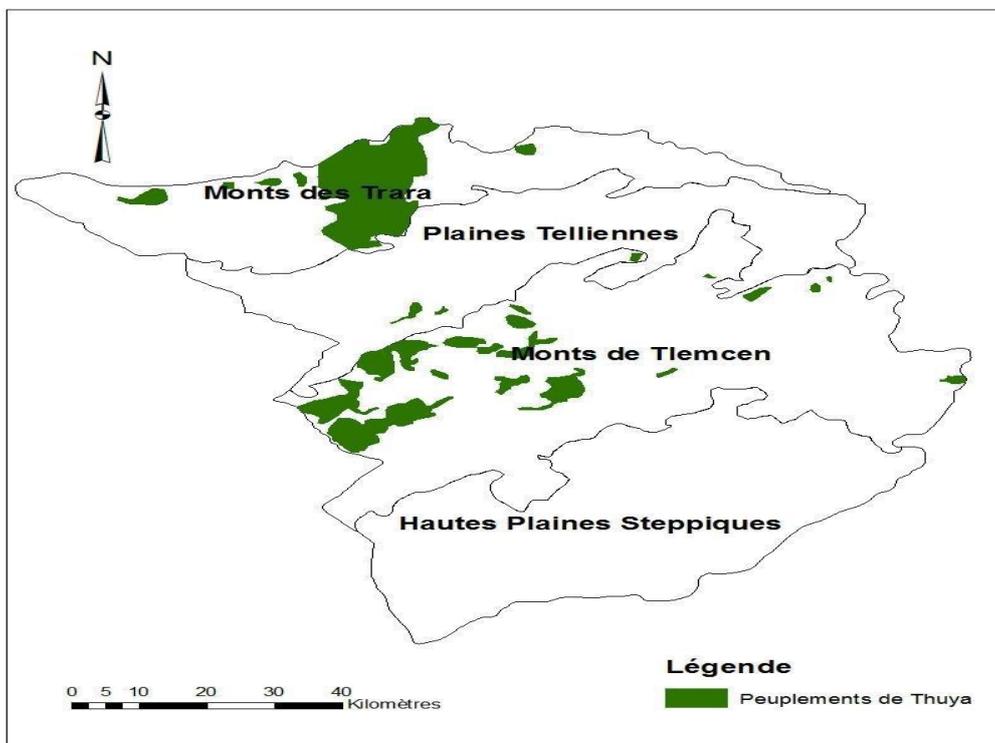


Figure 02 : Répartition du thuya de Berberie dans la région de Tlemcen (Hadjadj, 2016).

2 Importance, Production et commerce international

Le cèdre berbère (*Tetraclinis articulata*), un type résineux thermoxérophile de la famille des Cupressacées, constitue une composante importante de la végétation des backwoods d'Afrique du Nord puisqu'il couvre plus de 1 000 000 hectares (EL MOURIDI, 2011).

Cet arbre joue un rôle financier important dans le domaine de l'artisanat, en raison de son bois important utilisé en ébénisterie et de son écorce riche en gomme, dont les concentrés sont utilisés dans l'assemblage de teintures spécifiques (**Montassir et al., 2017; Mhirit et Benchekroun , 2006**).

- La Tétracinaie a également un travail important dans la création de nectar, puisqu'elle est riche en lamiacées (*Thymus subsp, Artemisia subsp, Lavandula subsp,...* etc.) C'est tout sauf un retour élevé de nectar, ce qui donne au nectar suivant une brillante qualité.

Le thuya est également d'un intérêt incroyable pour le reboisement des terres moyennes, c'est un type d'arbre qui s'adapte à un environnement sec, nié, rural lumineux et offre l'extraordinaire avantage d'écartier la souche (**BOUDY,1952**).

Il convient, dans les travaux de protection du sol et de reconstruction (**AYACHE, 2007**), au motif qu'il peut adhérer à la pierre sur les pentes les plus raides, en raison de sa charpente racinaire serrée et rotative (**AYACHE, 2007**).

Au Maroc, le thuya joue un rôle important dans la sécurité des sols. En effet, cette espèce comprend de grandes populations dans des conditions difficiles comme celle des crêtes d'Essaouira (**D.R.E.F., 2002**).

3 Caractéristiques botaniques de Thuya de barbarie

3.1 Position systématique

Le thuya de barbarie (*Tetraclinis articulata* Vahl master) a été décrit par **Vahl (1791)** sous le nom de thuya articulata , par la suite il a été reporté au genre *Tetraclinis* par **Benth (1883)** et **Maire (1952)**.

Du point de vue taxonomique, cette essence fait partie de :

Embranchement	Spermatophytes
Sous – embranchement	Gymnospermes
Ordre	Coniférales
Famille	Cupressacées
Sous – famille	Caliitroide

Genre	<i>Tetraclinis</i>
Espèce	<i>Tetraclinis articulata</i>

NB : Tetra du grec tettara : 4 ; Kliné : lit.

3.2 Les caractères morphologiques et physiologiques :

3.2.1 Caractères morphologiques

Tetraclinis articulata est un arbre souvent petit et buissonnant de 6 à 15 m de hauteur (rarement 20m) et d'un diamètre de 0.5 m (rarement 1m), parfois avec deux ou plusieurs troncs à la base (**Farjon, 2005**).

Le système racinaire : Les racines de thuya sont généralement traçantes et peuvent aussi être pivotantes dans des situations particulières. Elles donnent un réseau serré et dense pour fixer solidement l'arbre dans les sols rocheux et déclives. Cette espèce émet abondamment les rejets de souche jusqu'à un âge très avancé (**Fennane, 1984**).

L'écorce : Il est crevassée dans les deux sens, peu épaisse et forme une sorte de quadrillage serré. Il contient des canaux résinifères renfermant une résine exploitable (gomme sandaraque) (**Boudy, 1952**).



photo 01 : Écorce de thuya (photo réelle 2019).

Les rameaux : Les rameaux verts et articulés (Quezel et Santa, 1963) sont recouverts de feuilles en très petites écailles de 1 à 18 mm de long et 1 à 1.5 mm de large (Farjon, 2005), opposées mais paraissant verticillées par 4, en partie soudées à la tige dont chaque entre nœud est entouré par 4 feuilles (Quezel et Santa, 1963).

Le bois : est très léger, tendre et aromatique. Il peut se fendre facilement (Nichane, 2010) et résiste bien à la pourriture (Bouayad Alam, 2015).

Comme toutes les essences résineuses ou conifères, a une structure simple et homogène « structure homoxylée ». Il est caractérisé par la présence de cellules, assurant le soutien et la conduction de la sève, les trachéides, munies de ponctuations auréolées (Haddad et al, 2005).

Les feuilles : Se sont réduites à des écailles aplaties, allongées et opposées-décussées. Les feuilles sont en aiguilles bleutées, de 1-2 cm chez les jeunes plantes. Elles vont ensuite, chez les plantes adultes, laisser la place aux feuilles en écailles, persistantes, opposées et plus ou moins verticillées par 4. (Boudy, 1952).



photo 02 : Les aiguilles de thuya (photo réelle 2019)

Les fleurs : Les fleurs monoïques, de couleur brune sont aussi petites que les feuilles, et se trouvent à l'extrémité des rameaux (Baba Aissa, 2000).

Les fruits : Ce sont des cônes verts de 10 à 15 mm de long, devenant marron prématurité (**Farjon, 2005**), constitués de 4 valve munies au sommet d'un appendice plat et réfléchi (**Quezel et santa, 1963**).

Les grains : sont allongées de 5 mm de long et 2 mm de large (**Fasla, 2009**), portent dans chaque cote, deux fines ailes de 3 à 4 mm de long (**Farjon, 2005**). Elles ont entre trois et six cotylédons (**Bajaj, 1996**).



photo 03 : Les cônes de thuya (photo réelle2019)

3.2.2 Caractères physiologiques

T.A est une variété monoïque, qui dépasse rarement 6-8 m de hauteur et atteint une largeur totale de 30 cm. Quelques sujets anciens, mesurant jusqu'à 20 m de haut et 1 m de large ont été remarqués, mais ces parties restantes sont extrêmement rares (**HADJADJ-AOUL, 1995**). L'arbre fleurit au moment de la récolte (octobre) et s'avère fructueux l'été qui l'accompagne (juin, juillet). Cette fructification commence vers l'âge de 15 ans et se poursuit jusqu'à un âge extrêmement avancé. Le lancement des cônes, qui reste similaire à celui de nombreuses espèces adaptées à la chaleur, n'a lieu qu'à la fin de l'été (**BOUDY, 1952**).

La création de graines est généralement acceptable, voire excellente, et l'enjeu d'une reprise régulière par plantation n'est pas entravé par la quantité de graines livrées (**HADJADJ-AOUL, 1995**). La durée de vie des graines continue de 6 à 8 mois (**EMBERGER, 1938 ; GRECO, 1967**). Les graines ont répanu les parties restantes restreintes et la plupart des graines se trouvent au pied même de l'arbre, contrairement au pin d'Alep, qui est nettement plus anémochore (**ACHERAR, 1981**). De même, le cèdre berbère est l'un des rares conifères à écarter de la souche jusqu'à un âge exceptionnellement avancé, vers 400 ans (**BOUDY, 1952**). C'est ce qui donne à ces peuplements une allure de taillis et a sans doute contribué

fondamentalement à leur entretien dans les forêts maghrébines (HADJADJ-AOUL, 1995). Les semis sont fondamentalement les mêmes que ceux du pin d'Alep, avec lesquels ils peuvent être embrouillés. A vrai dire, tous deux présents au cours de la première année de petites feuilles à un bon moment d'environ un centimètre. C'est juste plus tard que les petites feuilles du semis de cèdre s'emboîtent comme des écailles à quatre plis pour former de petites brindilles exprimées de marque. Cela donne un feuillage extrêmement léger et donc le revêtement de cèdre reste suffisamment brillant (HADJADJ-AOUL, 1995)



photo 04 : Les rejets de souche du thuya de berberie. (photo réelle 2019)

4 Génétique de *Tetraclinis articulata* :

Le thuya de barbarie est une espèce monoïque diploïde possédant un nombre chromosomique $2n=22$.

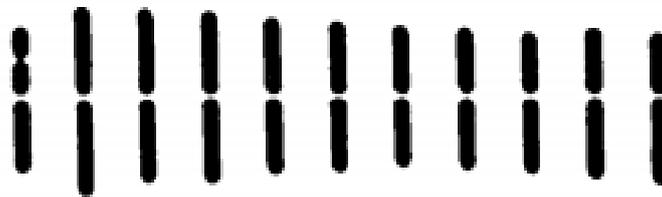


Figure 03: caryotype de *tetraclinis articulata* (Chromosome idiograms. x 1500). (HAIR, 1968).

5 Écologie

le thuya a depuis longtemps été considéré comme essence forestière de seconde ordre , malgré sa vitalité physiologique et sa longévité , sa résistant remarquable aux différents facteurs de dégradation , sa faible exigence écologique vis-à-vis de la nature du sol et des précipitations .

5.1 Conditions climatiques

Le thuya est une moelle légère thermophile et xérophile décrite par ses faibles besoins en eau de 300 à 500 mm/an. Son idéal biologique est lié à l'étage bioclimatique semi-sec avec une variation calme douce, chaude et chaude ; il crée également dans un stade subhumide avec une variation chaude, délicate et douce sur sol séparatif (calcaire), il craint le froid humide et penche vers les ouvertures chaudes (**Quezel, 2000**).

Alors en Algérie le thuya occupe essentiellement l'étage semi-aride, étage le plus répandu d'ailleurs en Oranie. Il peut inonder le sub-humide du fait de la hauteur (**Hadjadj Aoual, 1988**).. Elle a été observé dans différents secteurs ou la pluviométrie se situe ente 300 et 700 mm/an n'intéressent pas de grandes étendues (algérois).

Son optimum devrait se situer entre 300 et 500 mm/an (valeur du littoral oranais) (**Hadjadj, 1995**).

5.2 Conditions édaphiques

Sur le plan lithologique le thuya se trouve aussi bien sur les roches siliceuses que sur les roches calcaire et les sols fertihalitiques plus au moins profonds .Il a cependant une préférence pour les sols calcaires, parce qu'ils sont plus aérés et plus chauds (**Hadjadj Aoual, 1995, Boudy, 1952**).

En Algérie, on le rencontre sur tous les étages, sur le crétacé, dans les régions de l'Ouarsenis et Ténès, sur le Jurassique dans celles de Frenda, Saida et Tlemcen et sur le quaternaire et pliocène dans celle de Mostaganem (**Boudy, 1950**).

5.3 Altitude

Le thuya ne se trouve pas en hautes altitudes, mais plutôt sur les plateaux dans la basse et moyenne altitude , Sa limite supérieure est de 1800 mètres (Grand Atlas), sa limite inférieure est variable, il va jusqu'au bord de la mer mais dans le grand Atlas il n'apparaît qu'à 800 ou 1000 mètres d'altitude (**Boudy, 1952**).

En Algérie le thuya existe en altitude maximale de 1400 m en montagne sèche (Djebel Reguirat), on le trouve jusqu'au bord de la mer dans la région de Mostaganem (**Hadjadj Aoual, 1995**). En haute altitude, le thuya se trouve écarté par des essences plus résistantes aux froids tels que le Chêne vert et le Genévrier oxycèdre. (**Alcaraz, 1982**) et (**Hadjadj Aoual, 1995**).

Dans les Monts de Tlemcen, l'essence, occupe le bas de l'étage méso-méditerranéen, néanmoins on observe son installation à des altitudes entre 1000 et 1020 m dans ce même étage (**Benab dellah, 2011**).

6 Composition chimique de la plante :

Plusieurs travaux ont été effectués sur la composition chimique des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata*. En général, elles concernent la composition de l'huile essentielle d'un seul ou bien de diverses parties du végétal (feuilles, rameaux, cônes, branches, graines, racines et bois ou sciure du bois).

6.1 L'huile essentielle du bois

À notre connaissance, huit publications font état de la composition chimique des huiles essentielles du bois et de la sciure du bois de *T. articulata* :

- Le composé majoritaire de l'huile essentielle du bois de thuya de l'Oued Cherrat (Maroc) est le carvacrol (28,0%), suivi de p-méthoxythymol (22,1%), le thymohydroquinone (16,1%), le cédrool (7,2%), le terpinén-4-ol (5,4%) et l' α -pinène (3,8%) (**Ait Igri et al, 1990**).

Zrira et al. (2005) ont déterminé la composition chimique de 2 échantillons de la sciure du bois récoltés dans les régions de khemisset (80 km nord de Rabat, Maroc) et d'Aoulouz (600 km sud de Rabat, Maroc). Le carvacrol (21,3%, 36,4%), l' α -cédrène (10,1%, 13,1%), le Synthèse bibliographique 11 cédrool (1,0%, 7,3%) et le terpinèn-4-ol (2,8%, 6,0%) sont les principaux composants respectivement.

6.2 L'huile essentielle des racines

Une seule étude concerne l'huile essentielle des racines de *T.A* prélevées dans la région de Zaghouan (**Tékaya-Karoui et al, 2007**). Ce travail réalisé en Tunisie fait état d'une composition très riche en camphène (70,2%). Elle renferme aussi une quantité appréciable en acétate de bornyle (16,6%), suivi par le γ -cadinène (2,9%) et le camphène (1,6%).

6.3 L'huile essentielle des cônes

D'après nos recherches, seulement trois études concernent l'huile essentielle des cônes de *Tetraclinis articulata* (Buhagiar et al., 2000 ; Tékaya-Karoui et al., 2007 ; Chikhouné et al., 2013). Ces études, réalisées en Malte et en Algérie, rapportent une composition chimique dominée par l' α -pinène (68,2% en Malte, 57,5-75,0% en Algérie), suivi par le limonène (16,6% et 10,6-20,9%). Nous notons également la présence de β -myrcène (3,6-10,6%) dans l'huile essentielle d'Algérie (Chikhouné et al. 2013). Par contre, Tékaya-Karoui et al. 2007, rapportent une composition très différente. Cet échantillon originaire de Tunisie renferme plusieurs composés présents en quantités appréciables : p-cymène-8-ol (10,4%), trans-pinocarvéol (6,1%), acétate de fenchyle (5,1%) et carvone (5,3%).

6.4 L'huile essentielle des graines

Un seul échantillon d'huile essentielle des graines de thuya récoltées à Msida (Malte) contient deux composés majoritaires : l' α -pinène (46,3%), et le limonène (25,3%). D'autres composés sont présents en quantités appréciables, il s'agit de : germacrène D (5,0%), acétate de bornyle (2,2%), sabinène (1,7%), myrcène (1,5%), camphre et β -caryophyllène (1,1%) (Buhagiar et al., 2000).

6.5 L'huile essentielle des branches

Au Maroc (Essaouira, Oued Cherrat), deux compositions des huiles essentielles des brindilles ont été mises en évidence. La première est dominée par l' α -pinène (37,2%) et le limonène (23,3%) (Bourkhiss et al., 2007c), tandis que le deuxième échantillon est caractérisé par la prédominance de l'acétate de bornyle (30,5%), suivi par le camphre (18,6%) et le bornéol (10,2%) (Ait Igri et al. 1990).

- L'huile essentielle des branches de thuya prélevées également au Maroc (Khemisset) contient l' α -pinène (30,2%) et le limonène (22,3%) comme composés majoritaires. On note également la présence du widdrol (5,4%) et de l'acétate de bornyle (4,8%) (Bourkhiss et al., 2007a, 2010b).

- L'huile essentielle des branches terminales (ligneuses et non ligneuses) de Malte est caractérisée respectivement par l' α -pinène (31,0% ; 46,4%), suivi par l'acétate de bornyle (19,1% ; 19,9%), le camphre (18,1% ; 7,3%) ; et le limonène (3,8% ; 6,2%) (Buhagiar et al., 2000).

- En Tunisie, les principaux composants dans l'huile essentielle des branches terminales (non ligneuses) étaient le muuroène (29,0%) et le 4,6-diméthylloctane-3,5-dione (22,4%) tandis que le camphène (43,2%), le (Z)- β -ocimène (11,7%) étaient les composés majoritaires dans les branches terminales (ligneuses) (Tékaya-Karoui et al., 2007).

6.6 L'huile essentielle des feuilles

La composition chimique des huiles essentielles des feuilles fraîches et sèches de thuya prélevées au mois de décembre dans la région de Marrakech est dominée respectivement par l' α -pinène (41,0% ; 23,0%) et l'acétate de bornyle (20,6% ; 36,4%) (Achak et al., 2009). En revanche, dans un autre échantillon récolté au mois de janvier dans la même région, les auteurs identifient l'acétate de bornyle (26,8%) et le camphre (22,4%) comme composés majoritaires, suivis par l' α -pinène (7,2%) et le bornéol (6,4%) (El Jemli et al., 2016).

Enfin, une autre étude porte sur l'évolution des composés majoritaires des huiles essentielles extraites des feuilles de thuya de Berbérie de provenance du Maroc, au cours du séchage à l'ombre (Figure 8). Les composés majoritaires sont l'acétate de bornyle (30,6%), le camphre (18,6%), l' α -Pinène (16,8%), le limonène (5,7%) et le Bornéol (4,7%). La concentration cumulative de ces cinq principaux constituants est passée de 61,1%, le premier jour, à 65,3% le treizième jour du séchage à l'ombre. Elle atteint son maximum, soit 70,8%, au septième jour du séchage. Ils soulignent également des fluctuations irrégulières durant la période de séchage. À titre d'exemple, l' α -pinène varie de 23,54%, le premier jour, à 28,78% le treizième jour, tandis que l'acétate de bornyle évolue de 30,74% à 22,27% pendant la même Synthèse bibliographique. Les autres constituants demeurent pratiquement constants durant la période de stockage (Bourkhiss et al., 2009b).

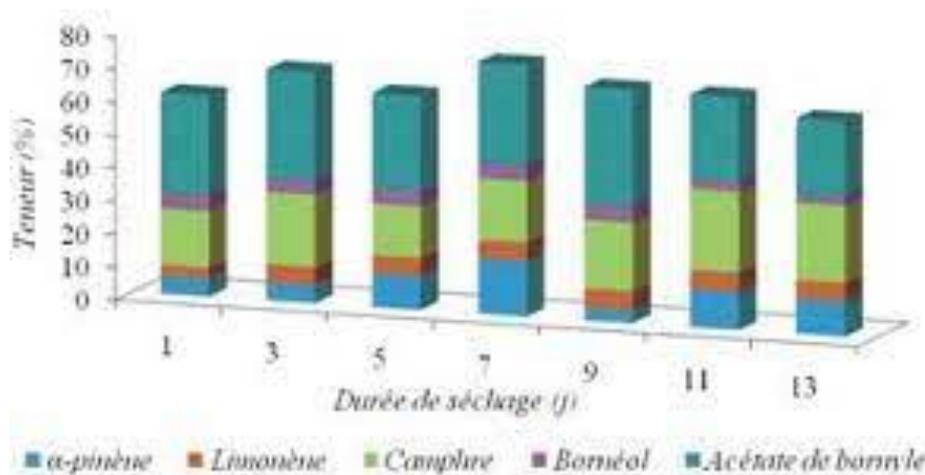


Figure 04 : Évolution en composés majoritaires des huiles essentielles des feuilles de *Tetraclinis articulata* au cours du séchage à l'ombre

6.6.1 Au Maroc :

Dans région d'Amsa (près de Tétouan), le composé majoritaire est le camphre (19,1%), suivi de l'acétate de bornyle (16,5%) et de bornéol (9,6%) (**Barrero et al., 2005**).

L'étude menée par **Bourkhiss et al. (2007c)** sur *Tetraclinis articulata* (Vahl) provenant de la région d'Essaouira ont montré que l'huile essentielle des feuilles est caractérisée par la prédominance du camphre (31,6%) et de l'acétate de bornyle (25,4%).

- Dans la région de Khemisset, deux compositions ont été mises en évidence, dont le composé majoritaire est l'acétate de bornyle (30,7% ; 30,6%, respectivement) suivi par l' α -pinène (23,5% ; 16,8%, respectivement) et le limonène (23,31% ; 5,7%, respectivement). Le camphre est également présent à des teneurs appréciables (17,3% et 18,6%, respectivement) (**Bourkhiss et al., 2007b, 2009a, 2010b**).

La composition chimique des huiles essentielles des feuilles fraîches et sèches de thuya prélevées au mois de décembre dans la région de Marrakech est dominée respectivement par l' α -pinène (41,0% ; 23,0%) et l'acétate de bornyle (20,6% ; 36,4%) (**Achak et al., 2009**). En revanche, dans un autre échantillon récolté au mois de janvier dans la même région, les auteurs identifient l'acétate de bornyle (26,8%) et le camphre (22,4%) comme composés majoritaires, suivis par l' α -pinène (7,2%) et le bornéol (6,4%) (**El Jemli et al., 2016**).

6.6.2 En Algérie :

Benali Toumi et al. (2011) ont effectué une étude sur des échantillons des feuilles de *Tetraclinis articulata* prélevées dans trois régions différentes de l'Ouest algérien : El Haçaiba (Sidi Bel Abbés), Ouled Mimoun (Tlemcen) et Frenda (Tiaret). Les composés majoritaires présentent une variabilité quantitative et sont respectivement, le camphre (26,7% ; 31,6% ; 23,4%), l'acétate de bornyle (25,8% ; 17,1% ; 24,6%), le bornéol (12,9% ; 14,3% ; 6,6%), le limonène (2,7% ; 3,0% ; 10,1%) et l' α -pinène (3,7% ; 6,5% ; 11,3%).

- Dans la région d'Alger, les composés majoritaires sont respectivement l' α -pinène (24,9% ; 19,8%) et l'acétate de bornyle (40,2 ; 59,2%) dans deux échantillons prélevés, respectivement dans deux stations différentes : Hammam Melouane et Tipaza (**Chikhouné et al., 2013**). On note aussi la présence du camphre, mais à faibles teneurs (2,3% ; 4,8%, respectivement).

- La composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de *Tetraclinis articulata*

provenant de la région de Ghazaouet (Tlemcen), est nettement dominée par l'acétate de bornyle (52,1%) suivi de caryophyllène (7,51%), de germacrène D (5,6%) et de l'oxyde de caryophyllène (5,0%). Par contre, le camphre est également présent à une très faible teneur (2,1%) (**Abi-Ayad et al., 2013**).

Une seule étude porte sur la composition chimique des huiles essentielles des parties aériennes de *Tetraclinis articulata*. Très récemment, **Bouayad Alam et al. (2014)** ont identifié, par CPG-SM, 54 constituants dont l' α -pinène (32,0%) est le composé majoritaire, suivi par le cédrol (11,0%), le 3-carène (9,6%), le limonène (4,3%), le sabinène (4,3%) et le (E)- β -caryophyllène (4,0%).

7 Usage et propriétés thérapeutiques

7.1 Médecine traditionnelle

Cette espèce de bois est largement utilisée dans la médication conventionnelle en raison de ses divers effets curatifs. . En réalité, divers morceaux de thuya sont proposés dans le traitement des contaminations intestinales, des maux d'estomac, des maladies respiratoires, du diabète, de l'hypertension et de la fièvre (**Zahir et Rahmani, 2020**).

- Au Maroc, les populations riveraines utilisent cette essence de bois dans la médication coutumière. Les différentes parties de l'arbre, notamment les feuilles et les rameaux, sont utilisées dans le traitement des maladies intestinales et respiratoires. (**Bellakhdar et al, 1997**).

- En Tunisie et dans d'autres pays d'Afrique du Nord, le thuya est utilisé dans la médecine humaine et vétérinaire conventionnelle, en particulier contre les maladies intestinales et respiratoires et contre les contaminations cutanées (**Le Floch, 1983 ; Buhagiar et al, 2000**).

- Les feuilles de Thuya sont utilisées par la population provinciale algérienne dans la médication conventionnelle. **Amar (2001)** a noté des utilisations dans les régions suivantes :

* Considération dentaire, pour l'expulsion de l'obscureissement et le traitement des caries dentaires. Les feuilles de thuya sont utilisées en décoction en ajoutant quelques gouttes de vinaigre et de sel, en se brossant doucement les dents.

* Mélangées à de la grenadine, elles sont utiles et convaincantes pour calmer les problèmes d'estomac, les maladies, les problèmes respiratoires.

7.2 Autres utilisations :

- ✓ **Le bois** de thuya est utilisé surtout dans le secteur artisanal en menuiserie et en ébénisterie (**Hadjal-Chebheb, 2014**).
- ✓ **La gomme** sandaraque produite par *Tetraclinis articulata* est totalement exportée à l'étranger. Elle est utilisée dans la fabrication de vernis de luxe et en industrie pharmaceutique (**Bellakhadar 1997 et Boudy 1952**).
- ✓ **La résine** du thuya (la sandaraque) est utilisée dans :
 - a) L'industrie pour préparer les vernis, les laques, et est particulièrement évaluée pour préserver les peintures (**Farjon, 2005**).
 - b) La préparation des lames microscopique en remplaçant le baume de Canada (**Fasla, 2009**).
 - c) Les ciments dentaires et en fumigation (**Seth, 2004**).
 - d) Elle servirait surtout à la fabrication de colle (**Mered Chiali, 1973**).

8 Huiles essentielles

8.1 Définition de l'huile essentielle :

Ce sont des substances lisses, instables, à l'odeur et à la saveur généralement solides, prélevées sur les différents morceaux de certaines plantes odorantes, par les techniques de raffinage, d'enfleurage, d'articulation, de dissolution ou par différentes stratégies (**Belaiche, 1979 ; Valnet, 1984 ; Wichtel et Anthon, 1999**). Pour **Bruneton (1999)**, les huiles fondamentales (= substances = huiles instables) sont "des résultats de structures communément très perplexes contenant des normes imprévisibles contenues dans les plantes et le ciel est la limite à partir de là ou moins ajusté lors de l'arrangement".

La norme française **AFNOR NF T75-006** caractérise l'huile fondamentale comme : " un élément obtenu à partir d'une matière première végétale soit par entraînement à la vapeur d'eau,

soit par cycles mécaniques à partir de l'épicarpe de Citrus, et qui sont isolés de l'étage fluide par des cycles réels "(Garnero, 1996).

8.2 Localisation de l'huile essentielle :

Selon Bruneton (1999), les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs, les plantes capables d'élaborer les constituants qui composent ces huiles essentielles sont connues sous le nom de plantes aromatiques, réparties dans un nombre limité de familles, ex : Myrtacées, Lauracées, Rutacées, Lamiacées, Astéracées, Apiacées, Cupressacées, Poacées, Zingibéracées, Pipéracées, etc.

Les huiles essentielles se trouvent dans tous les organes de la plante : racines, fruits, graines, fleurs, feuilles, écorces, bois, etc. ... Elle se forment dans des cellules spécialisées le plus souvent regroupées en canaux ou en poches sécréteurs et elles sont ensuite transportées dans différentes parties de la plante, lors de croissance de cette dernière (Bernard et al, 1988).

8.3 Techniques d'extraction des huiles essentielles :

L'extraction des huiles fondamentales de la matière végétale peut se faire à l'aide de plusieurs stratégies, dont le choix dépend de la zone histologique de l'huile dans la plante et de son utilisation (Marouf et Tremblin, 2009).

Quelques créateurs les caractérisent en deux groupes : Les techniques conventionnelles dites à l'ancienne et la stratégie inventive.

8.4 Les techniques conventionnelles

8.4.1 Hydro distillation :

Il s'agit de la méthode la moins complexe et la plus largement utilisée pour extraire les huiles fondamentales, et elle est utilisée depuis assez longtemps (Meyer-Warnod, 1984). Avicenne (980-1037) n'a pas tardé à encourager l'extraction à l'aide d'un alambic pour obtenir une huile fondamentale de rose non altérée.

L'hydroraffinage par le cadre de Clevenger est suggéré par la troisième version de la Pharmacopée européenne pour garantir le rendement des HE. Ce cadre permet la réutilisation des condensats par le biais d'un cadre de co-endossement (Bohra et al., 1994 ; Asbahani et al., 2015).

La règle consiste à immerger purement et simplement le matériel végétal à traiter dans un flacon chargé d'eau qui est ensuite porté au chaud, les fumées hétérogènes vont se rassembler sur une surface virale et l'HE sera alors, à ce moment-là, isolée par contraste d'épaisseur (**Bruneton, 1993 ; Ferhat et al., 2010**). Le réchauffement permet le dynamitage des organes contenant l'huile fondamentale dans la structure de la plante et l'arrivée de particules imprévisibles.

- Le turbo raffinage est une variante améliorée de cette stratégie, il a l'avantage de réduire le temps de raffinage, l'utilisation de l'énergie et d'obtenir des rendements exceptionnels. Par ailleurs, c'est tout sauf une méthode de décision pour les arômes ou les bois dont les huiles fondamentales sont difficiles à éliminer (**Fernandez et Chemat, 2012**).

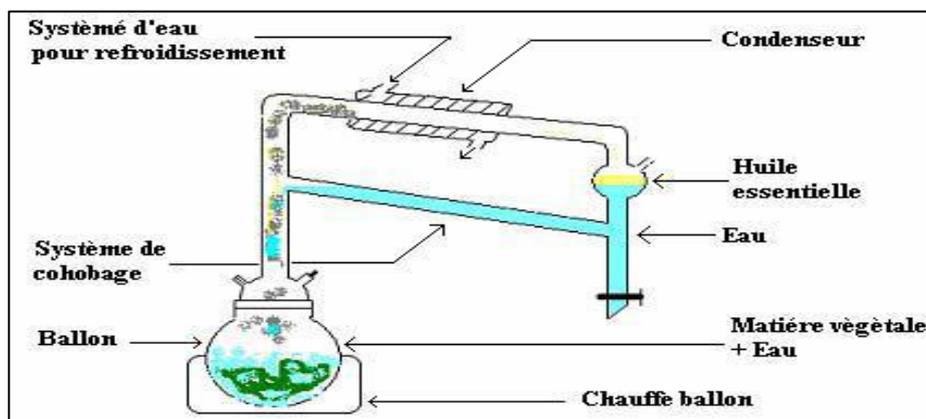


Figure 05 : technique d'extraction par hydro distillation d'huile (**Hernandez Ochoa, 2005**)

8.4.2 Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

C'est le moyen le plus répandu pour l'obtention des huiles essentielles dans les entreprises de petite taille et plus généralement dans l'industrie. Contrairement à l'hydro distillation, il n'y a pas de contact direct entre la matière végétale et l'eau et c'est la vapeur ascendante qui est le vecteur d'extraction (**Masango, 2005**)



Figure 06 : description schématique de la technique d'extraction à la vapeur d'eau
(Li *et al.* 2014)

8.4.3 Expression à froid

L'articulation froide est une extraction sans réchauffement réservée aux produits naturels à base d'agrumes (citron, mandarine, orange, pamplemousse). Le standard de ce cycle mécanique consiste à dynamiter les petites vésicules et les poches de substances. Le gaz délivré est déplacé par un flot d'eau. L'interaction consiste à fixer le produit naturel sur une coupe munie d'arêtes vives et une autre coupe pour l'enfermer. Une lame ronde fait une ouverture à la base du produit naturel. En exerçant une pression sur les séparateurs du produit naturel, on enlève le jus qui sera déplacé vers la cueilleuse tandis que la moelle est extraite de la peau et recueillie avec un jet d'eau. L'émulsion eau-gaz est ensuite isolée par décantation. L'intérêt de cette méthode réside dans l'acquisition d'un gaz qui n'a subi aucune altération de substance liée à la chaleur. De plus, elle est associée à la création d'un jus de produit biologique (Bas er et Buchbauer, 2010 ; Wilson2010).

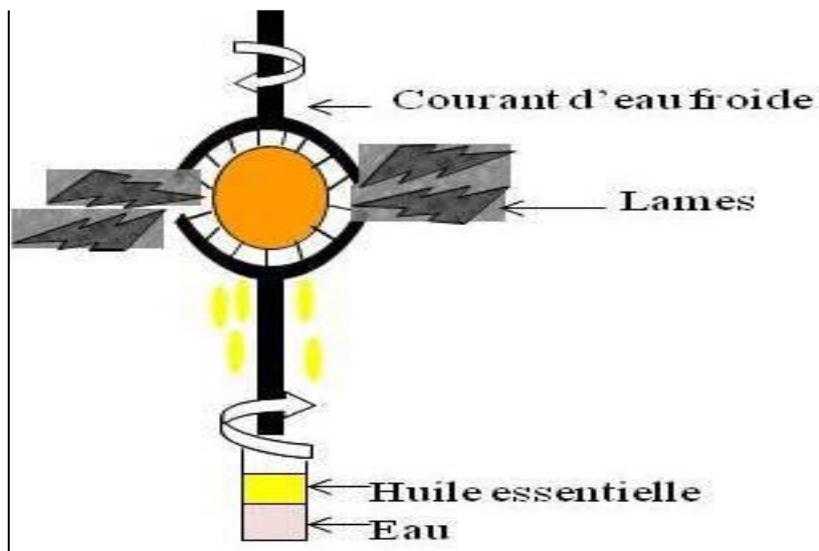


Figure 07 : Extraction par expression à froid.

8.4.4 Extraction par des solvants organiques

Cette technique consiste à placer dans un extracteur, un solvant volatile et la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant va se charger en molécules aromatiques, avant d'être envoyé au concentrateur pour y être distillé à pression atmosphérique (Hernandez 2005).

Cependant, les rendements sont généralement plus importants par rapport à la distillation et cette technique évite l'action hydrolysant de la vapeur d'eau. Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont : l'hexane, cyclohexane, l'éthanol, moins fréquemment le dichlorométhane et l'acétone. (Lucchesi 2005).

8.5 Les techniques innovantes :

Les techniques conventionnelles permettent d'obtenir des extraits de qualité équivalente mais dans des délais plus courts par rapport à ceux des techniques traditionnelles (Fernandez et Chemat, 2012).

8.5.1 Extraction assistée par les ultrasons :

L'extraction par les ultrasons est une technique de laboratoire développée en 1950 (Vinatoru, 2001). Cette technique permet de mettre le matériel végétal en contact avec le solvant (eau ou solvant organique) est immergé dans un bain à sonication maintenu à une agitation constante.

8.5.2 Extraction assistée par les micro-ondes :

L'avantage de ce procédé est de réduire considérablement la durée de distillation et d'incrémenter le rendement (Lucchesi, et al, 2004).

Cette technique repose sur le fait que le matériel végétal est placé dans un réacteur au sein d'un four micro-ondes sans ajout d'eau ou de solvant. Le chauffage interne de l'eau contenue dans la plante permet d'en dilater ses cellules et conduit à la rupture des glandes et des réceptacles oléifères, donc l'HE sera libérée et évaporée avec l'eau de la plante (Wang, et al, 2006).

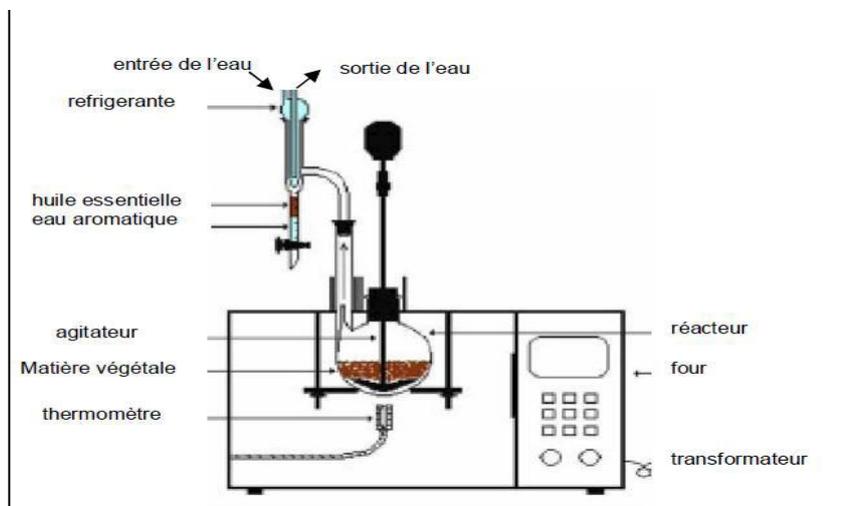


Figure 08 : schéma de la technique d'extraction par les micro-ondes (Lagunez-Rivera, 2006)

8.5.3 Extraction par fluide à l'état CO₂ supercritique :

L'innovation de ce procédé provient de l'utilisation de solvants dans leur état supercritique, c'est-à-dire dans les états de température et de facteur de pression où le dissolvant se trouve dans un état intermédiaire avec les stades fluide et gazeux et présente des propriétés physico-chimiques distinctes. La norme dépend en grande partie du CO₂ pour sa simplicité d'obtention des facteurs de pression et des températures de base. (Leszczynska, 2007).

Le CO₂ est fondu par refroidissement et conditionné à la pression d'extraction choisie, puis, à ce moment-là, il est infusé dans l'extracteur contenant le matériel végétal. Par la suite, le fluide se développe pour passer à l'état de vapeur pour être dirigé vers un séparateur où il sera isolé en concentré et dissoluble. (Chemat 2009).

8.6 Toxicité.

La plupart des examens remarquent que le cèdre poirier épineux n'est pas nocif (**Zahir et al, 2020**). Sa sécurité a été démontrée chez les souris (**Jemli et al, 2016**) et les rongeurs (**Sadiki et al, 2018**).

Beaucoup plus fascinant est l'effet d'un examen qui a montré que le concentré fluide non raffiné des feuilles de *T. articulata* de la localité d'Oran ne montre pas de nocivité cytologique concernant les cellules essentielles du foie de porc (**Rached et al, 2018**).

Chapitre 01

Protocole Expérimental

1 Présentation des zones d'étude

les régions d'examen dans l'inspection a été achevée sont situées dans les wilayas de : Sidi Bel Abbès, elle est située au nord-ouest du pays, avec une étendue nord variant entre $35^{\circ} 11' 38''$ et 0° longitudes $38^{\circ} 29'$, elle est limitée vers le nord par la wilaya d'Oran, vers le nord-ouest par la wilaya d'Ain Témouchent, vers le haut est par la wilaya de Mascara, vers l'ouest par la wilaya de Tlemcen, vers l'est par les wilayas de Mascara et Saida, vers le sud par les wilayas de Nâama et El-Bayad, vers le sud-est par la wilaya de Saida. Tlemcen est située dans la partie occidentale du nord-ouest de l'Algérie.

Elle est située entre 34° et $35^{\circ} 30'$ de longitude nord et $1^{\circ} 20'$ et $2^{\circ} 30'$ de longitude ouest. L'enquête a été réalisée dans trois stations situées dans la wilaya de Tlemcen : Station d'Ain fezza et station d'Ain ghoraba et station de Beni snous et une station située à Sidi Bel Abbès : la station de Ténira.

1.1 Wilaya de Tlemcen

A Tlemcen le thuya se cantonne exclusivement dans l'étage bioclimatique semi-aride à variante chaude, douce, et même fraîche pouvant se développer à une altitude maximale de 1400 m. Les conditions écologiques difficiles de la région permettent à cette espèce de se maintenir là ou d'autres espèces ne sont présentes qu'à l'état de broussaille (**Benabdeli, 1996**).

Au cours de ce chapitre afin de pouvoir évoquer convenablement les conditions dans lesquelles se développe le thuya, les points suivants seront développés :

- Le cadre édaphique.
- Le cadre Hydrographie.
- L'étude climatique.

1.1.1 Situations géographiques

Ain fezza (Forêt Yfri) : La forêt domaniale d'Yfri se situe administrativement dans la commune d'Ain-Fezza, cette dernière est située à l'Est de la Wilaya de Tlemcen, à 12 km de chef-lieu de la wilaya, appartenant à la Daïra de Chetouane (**C.F.T ,2016**). C'est une région montagneuse localisée à 846 mètres d'altitude. Elle est limitée au Nord par les communes d'Amieur et Sidi Abdelli, à l'Ouest par les communes de Tlemcen et Chetouane, à l'Est par la commune d'Ouled Mimoun Et au Sud par la commune d'Oued Chouly



photo 05 : vue réelle sur le foret de l'Ain fezza (**photo réelle 2019**).

Ain ghoraba : est une ville située dans la daïra de Mansourah et la wilaya de Tlemcen. La ville compte 5068 habitants depuis le dernier recensement de la population (**APC AIN GHORABA, 2018**) Localisée à 829 mètres d'altitude.



photo 06 : vue réelle sur le foret de l'Ain ghoraba (**photo réelle 2019**).

Beni sous : se situe à 35 km à l'ouest de la ville de Tlemcen et s'étend d'Est en Ouest sur 40 km jusqu'à la frontière marocaine. C'est une région montagneuse au relief très accidenté localisée à 835 mètres d'altitude.



photo 07 : vue réelle sur le forêt de Beni snous (photo réelle 2019).

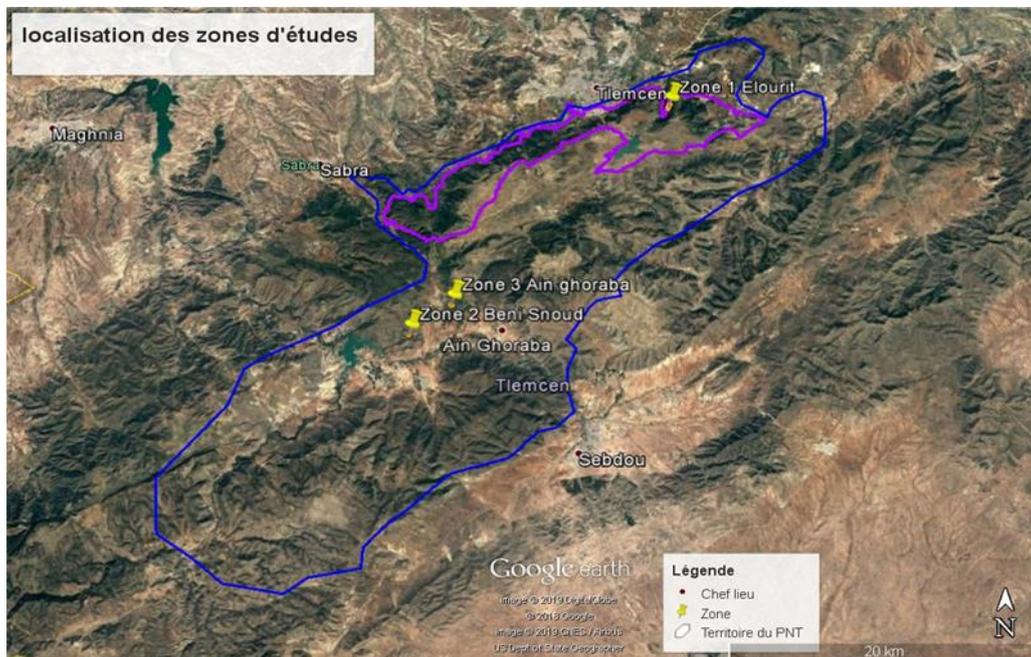


Figure 09: localisation des zones d'études Tlemcen (Benaissa H, 2019)

Tableau 01 : Donnée géographique des stations météorologiques retenues.

stations	Altitude (m)	Latitude (N)	Longitude (w)
Ain fezza	846 m	34° 52' 38" N	1° 14' 7" W
Ain ghoraba	829 m	34° 42' 50"N	1° 23' 21"W
Beni snous	835 m	34° 38' 35" N	1° 33' 41"W

1.1.2 Le cadre édaphique

1.1.2.1 *Ain fezza*

Les terres de la localité d'Ain Fezza sont caractérisées par une variété de types de sols, dont l'agencement est le suivant (**SARL Cabinet La Grande Bleue, 2016 ; in Lakehal, 2016**).

- Les sols alluviaux : possédant un espace de 600 ha au sud, sont dépeints par une surface fine et une grande fécondité et sont des sols à forte attente.
- Sols argilo-marneux à prédominance de boue, décrivant la partie orientale du district sur des zones tendrement inclinées avec des pentes allant de 0-8%, avec une profondeur > 60 cm, impliquant un espace de 2100 ha. Ce sont des sols de potentiel acceptable.
- Les sols de grès marneux et de calcaire : ce sont des sols insuffisamment évolués sur un territoire déséquilibré (inclinaison de 8 à 10%), avec une faible profondeur. Ce sont des sols à potentiel normal avec par endroits une couche extérieure calcaire.
- Les sols de terre marneuse à forte teneur en calcaire : dans ces terrains, les boues entrent en contact avec les morceaux de grès et de dolomie encadrant une zone avalancheuse instable au nord de la commune, d'autant plus précisément au sud-est de la ville, possédant 320 ha de terrains peu inclinés

1.1.2.2 *Ain ghoraba* :

Les sols fersiallitiques : ce type de sol est souvent associé au climat méditerranéen, suivant le degré de rubéfaction, ils sont soit bruns, soit rouges (**Hadjadj-Aoual, 1995**).

- Les sols calcimagnésiques : Les sols calcimagnésiques sont très riches en Ca²⁺ et /ou Mg²⁺, on peut aussi distinguer les sols bruns calcaires sur substrat Marno-calcaire et les sols bruns calciques rencontrés sur grès, peu calcaire et schiste (Dahmani, 1997).

- Les sols peu évolués : sont formés sous l'action de l'érosion, on distingue les régosols qui sont des solums rencontrés en amont des zones d'ablation, très minces comportant à moins de 10 cm de profondeur. (Baize et Girard, 2008)

8.7.2.3 *Beni snous*

- Les sols de désintégration mal créés : ce sont des sols normaux pour les pentes qui dépendent constamment de la désintégration. Les meilleurs matériaux et les matières naturelles disparaissent rapidement. Ils sont appelés régosols quand ils se trouvent sur des matériaux délicats (craie, terre, marne, sable, etc.) Ces sols sont appelés lithosols quand ils se trouvent sur des matériaux durs.

Sols d'apport mal créés

- Les sols colluviaux ou sols de bas de pente sont encadrés par des matériaux éliminés par désagrégation des pentes supérieures. Ces sols sont généralement dépourvus d'eau souterraine.
- Les sols alluviaux décrivent les nouvelles réserves faites par les cours d'eau et les ruisseaux (oued khemis) lors des inondations. Souvent, ces sols sont dotés d'une solide nappe phréatique (en relation avec les inondations et le faible niveau d'eau du cours d'eau) et sont pour la plupart fructueux et simples à développer : ils sont plats, de surface sédimentaire légère et très bien pourvus en eau. (ANONYME 03).

1.1.3 Le cadre hydrologique

Ain fezza : Le réseau hydrologique de Ain Fezza est composé essentiellement de l'Oued Saf-Saf, avec un écoulement permanent les eaux pluviales des Oued Tassadorine, Oued Ferroudj, etc. De direction Sud-Est à Nord-Ouest et vers Oued Chouly de direction Sud-Ouest à Nord-Est. Le réseau hydrographique intermédiaire est constitué par des cours d'eau secondaires dont le plus important est Oued Ain Fezza, qui prend naissance sur les hauteurs Sud de la commune, divisé l'agglomération chef-lieu (**SARL Cabinet La Grande Bleue, 201 ; in Lakehal 2016**).

Ain ghoraba : Les montagnes de Tlemcen, constituées de roches sédimentaires calcaires ou dolomitiques, offrent toute l'étendue des modèles karstiques (résurgences, puits, cascades...). Ainsi, la présence d'un cours d'eau superficiel comparable au bassin versant de la Tafna, qui prend naissance à Ghar Boumaza à une altitude de 1045 mètres au nord de Sebdu (**Ouahab, 2015**). La région d'examen est traversée par une organisation hydrographique importante,

constituée de cours d'eau fondamentaux et auxiliaires. Les canaux auxiliaires sont pris en charge par quelques feeders et châabats, parmi lesquels : Oued Thaghout, Oued Oucif, etc.

Beni snous : Le réseau hydrologique de cette zone encavée où les conditions de vie sont assez dures : c'est en quelque sorte une oasis où les ressources naturelles sont gérées d'une manière rigoureuse. Le relief très escarpé est fortement disséqué avec des fortes pentes et un réseau de drainage assez dense : le cours d'eau principal porte le même nom que la localité Beni snous coule dans des gorges profondes et contribue d'une manière importante à l'alimentation des nappes alluviales et du barrage de Beni Bahdel situé à 8 km. (**Anonyme 04**).

1.1.4 L'étude climatique

1.1.4.1 Précipitation

Le pluviomètre a une importance de premier ordre. C'est suivant la quantité d'eau qui tombe ou pluviosité que dépendra normalement l'approvisionnement en eau des végétaux. (**Zarco, 1965**)

Ain fezza : La Précipitation moyenne annuelle de cette station durant la nouvelle période est respectivement : 454 mm.

Ain ghoraba : La Précipitation moyenne annuelle de cette station durant la nouvelle période est respectivement : 351 mm.

Beni snous : La Précipitation moyenne annuelle de cette station durant la nouvelle période est respectivement : 428 mm.

1.1.4.2 Température

(**Pequy, 1970**) définit La température comme une qualité de l'atmosphère non comme une grandeur physique mesurable.

Ain fezza : La température moyenne annuelle de cette station durant la nouvelle période est respectivement : 16°C.

Ain ghoraba : La température moyenne annuelle de cette station durant la nouvelle période est respectivement : 19°C.

Beni snous : La température moyenne annuelle de cette station durant la nouvelle période est respectivement : 18°C.

1.2 Sidi Bel Abbès

1.2.1 Situation géographique de la zone d'étude :

La wilaya de Sidi Bel Abbès borde la partie sud-ouest du Tell algérien. Située au nord-ouest du pays, avec une étendue septentrionale variant entre $35^{\circ}11'38''$ et $0^{\circ}38'29''$ de longitude, elle est limitée au nord par la wilaya d'Oran, au nord-ouest par la wilaya d'Ain Témouchent, au nord-est par la wilaya de Mascara, à l'ouest par la wilaya de Tlemcen, à l'est par les wilayas de Mascara et Saida, au sud par les wilayas de El-Bayad et El-Naama, et aussi au sud-est de Saida Couvrant un espace de 9150 63 km² (par exemple 15% de l'espace absolu du domaine public) avec une population de 212 935 occupants et une altitude de 486 m, elle comprend 15 Dairas et 52 collectivités. La superficie consacrée à l'agriculture est de 392 545 ha (42%).

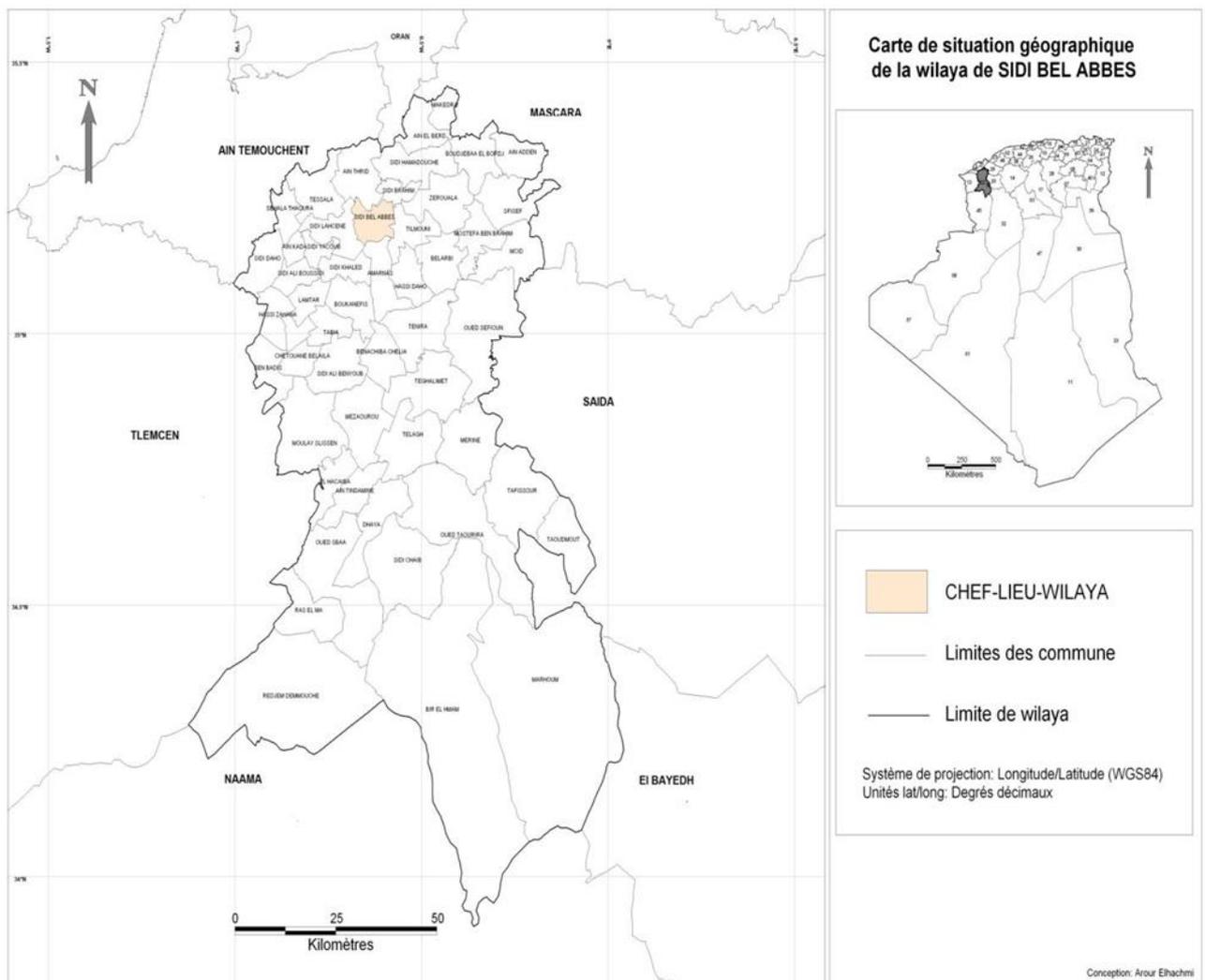


Figure 10: Carte de situation géographique de la wilaya de SIDI BEL ABBES

(Source site internet : Découpage administratif de l'Algérie & Monographie, Carte de situation géographique de la wilaya de SIDI BEL ABBES)

1.2.2 Hydrographie

L'organisation hydrographique de la Wilaya de Sidi Bel Abbés est extrêmement développée, mais la plupart du temps adressée par des cours d'eau impermanents. Elle est divisée en trois sous-bassins versants :

Cheurfa II : sur la partie ouest (5.385.000 Ha) ;

Bouhanifia sur la partie orientale (288.000 Ha) ;

Chott Echergui sur la partie sud (262.000 Ha).

Elle est située dans la cuvette "Oranie - Chott Chergui". Les cours d'eau importants sont (Oued El Hamar, Sarsar, El Gor, Mekerra, Bou Zoulai, Neksifia, Laouza, Tenira, Melghigh, Mouzen, Tissaf, Sarno et Oued Mebrouh). **(un rapport de la Direction de l'Hydraulique).**

Ils sont alimentés par des précipitations et par des sources dont la plus importante est d'Ain-Skhouna (débit 100 l/s).

Les oueds et autres viennent se jeter au oued Mekerra le plus important Oued de la wilaya d'environ 113 Km qui prend ses sources avant Ras El Ma et traversant la ville de Sidi Bel Abbés en aval ou il conflue avec l'oued Sarno et devient l'oued Mebtouh (wilaya de Mascara), puis devient l'oued SIG en aval du barrage de SIG avant d'aboutir dans les marais de la Macta près de la Méditerranée.

Sur le plan hydrographique, la plaine de Tilmouni se caractérise par une série de confluent de régime saisonnier sec en été susceptibles de générer des apports exceptionnels.

1.2.3 Cadre pédologique

Les principaux types de sols rencontrés dans la wilaya de Sidi Bel Abbés sont : les sols alluviaux ; les sols de coques calcaires ; les sols calcaires ; les sols de couleur terreuse rosée.

L'urbanisation dans la cuvette de la Mekerra est faible et pensée autour d'humbles communautés situées le long du chenal de la Mekerra (Ras El Ma, El Haçaïba, Mouley Slissen, Sidi Ali, Sidi Khaled, Boukhanéfis, Benyoub, Sidi Lahcen et Sidi Bel Abbès).

Seulement 20% de la cuvette est couverte de bois, essentiellement dans les massifs accidentés entre El Haçaïba et Mouley Slissen ainsi que dans les régions en pente non cultivables, qui sont essentiellement constituées de pins d'Alep et de chênes verts.

En amont de Ras El Ma, près de 80% du bassin versant créer est concerné par les cultures céréalières. Entre Ras El Ma et El Haçaïba, l'alfa, qui couvrait de vastes régions, a été supplanté par les cultures céréalières.

Entre Sidi Ali Benyoub et Sidi Bel Abbés, les récoltes de céréales sont en grande partie liées à des rendements optionnels comme les plantations ou les oliveraies. (HALLOUCHE ; 2007).

1.2.4 Propriétés climatique

A wilaya de Sidi Bel Abbes est décrite par un environnement semi-parc, qui se caractérise par une saison sèche et chaude et une saison fraîche. A l'instar de tout le nord de l'Algérie, la wilaya de Sidi Bel Abbes a connu d'importantes mutations : baisse des précipitations, corruption naturelle, affaiblissement de la maturité des sols, etc. Les précipitations annuelles normales dans la wilaya sont de l'ordre de 400 mm, selon les états orogéographiques des espaces. Le volume normal des précipitations annuelles est de l'ordre de 1,6 milliard de mètres cubes, circulant régulièrement de manière inefficace dans l'existence, obligeant à un type d'abus communément soumis à la pluie. C'est tout sauf un environnement caractérisé par une inadéquation et une mauvaise appropriation interannuelle et occasionnelle des précipitations, entraînant régulièrement une pénurie d'eau dans le district (GUENFOUD A, 2009).

1.2.4.1 Précipitation

À conception des précipitations montre une incohérence annuelle et interannuelle qui peut être expliquée par l'aridité actuelle de l'environnement. Étant donné que la ville de Sidi Bel Abbes est située entre l'isohyète 350-375, les assurances annuelles normales ne dépassent pas exceptionnellement 400 mm/an, comme en 1996 où elles ont atteint 479,9 mm. (ONM, 2020)

1.2.4.2 Température

Les températures traduisent la prépondérance des influences continentales sur les influences maritimes. Elles varient selon l'altitude, la force et la direction du vent, l'amplitude de leur variation, tant annuelle que journalière, est caractéristique de la région connue pour ses hivers froids et ses étés brûlants, ses nuits fraîches en été et ses journées chaudes (ONM,2020)

1.2.5 Forêt domaniale de Tenira :

La forêt de Tenira est située à 16 Km au Sud de Sidi Bel-Abbés et à 12 Km au Nord de Teghalimet et à 9 Km à l'Est de Boukanefis. Elle est traversée dans sa partie Ouest par la RN 13 qui relie Sidi Bel-Abbès à Telagh et longée au Sud par la route départementale sur 13 Km.

La surface globale de cette forêt est de 8800 ha et comprend 11 cantons. (ENAOUDA Zineddine)



Figure 11: vue par satellite sur la foret de Ténia

1.2.5.1 GEOLOGIE:

La forêt de Tenira repose sur des terrains secondaires du Jurassique, le relief est assez médiocre, formé d'empilements de couches rocheuses, de calcaire, de grès ou de dolomite qui donnent au sol un aspect superficiel.

Les calcaires présents sont compacts et se manifestent sous forme de mélange de cailloux et de sables. (ENAOUDA Zineddine)

1.2.5.2 SOLS :

La forêt repose sur des sols superficiels caractérisés par enclavements entre les affleurements rocheux. Les horizons supérieurs sont constitués de mélange de sable et de cailloux calcaires. (ENAOUDA Zineddine)

1.2.5.3 Caractéristiques édaphiques des profils types :

Le sol de la forêt de Tenira évolue sous l'influence du facteur climatique et celui de la roche mère (**KADIK, 1986**). Les sols analysés appartiennent dans la plupart des cas aux sols de la zone montagneuse.

C'est un sol contenant une quantité suffisante de matière organique, la teneur en calcaire actif est relativement élevée. Ce sol est caractéristique dans la forêt de Tenira.

Chapitre 02

Matériels Et Méthodes

1. Objectifs du travail :

L'objectif global de cette étude vise à caractériser sur le plan morphologique le thuya de berberie « *tetraclinis articulata* » au niveau de l'ouest Algérien.

Plus explicitement les Objectifs à atteindre sont :

- L'identification des différents peuplements de thuya au niveau de la zone d'étude ;
- Caractérisation de l'espèce par le biais des marqueurs morphologiques ;
- Une approche révélatrice de la variabilité génétique existante au niveau des différents peuplements de thuya par l'étude biométrique (caractères quantitatifs et qualitatifs) ;
- Révélation de l'importance et la valorisation du thuya du berberie ;
- L'extraction de l'huile essentielle à partir des différents échantillons du thuya ;
- Fabrication du savon à base d'huile de thuya du berberie extraits.

1.1 Stations d'études

Les stations d'études visitées sont des forêts (la forêt de Tenira à Sidi bel abbés, la forêt d'Yefri Ain fezza , la forêt de Ain ghoraba et la forêt de Beni snous) L'ensemble de ces stations appartient à des étages bioclimatiques semi-aride.

Tableau 02 : stations d'études

Station	Commune	Wilaya	Étage bioclimatique
Forêt Tenira	Tenira	Sidi bel abbés	Semi-aride sec et froid
Forêt d'yefri	Ain fezza	Tlemcen (Chetouane)	Semi-aride supérieur à hiver tempéré
Forêt Ain gharaba	Ain ghoraba	Tlemcen (Mansourah)	Semi-aride sec
Forêt Beni snous	Beni snous	Tlemcen (Beni snous)	Semi-aride froid

1.2 Critère du choix :

Les critères de choix des stations expérimentales ont été basés sur :

- L'importance des peuplements de thuya de berberie dans la région.
- Accessibilité au terrain et possibilité de l'aide des forestiers.

1.2.1 Programme des sorties :

Au total, nous avons réalisé 04 sorties sur terrain,

- Février 2019 : wilaya de Tlemcen, forêt d'Yfri (Ain fezza), forêt de Ain ghoraba et forêt de Beni snous ;
- Janvier 2021 : sidi bel abbés, foret de Tenira.

Ces sorties ont concerné :

- ✓ la prise des échantillons des feuilles de chaque station.
- ✓ réalisation des mesures morpho-métriques sur les différents paramètres à étudier.

1.3 Échantillonnages et mesures morpho-métriques :

Pour la réalisation de cette étude, nous avons effectuées des sorties sur terrain dans les quatres stations choisies. Six caractères (Paramètres quantitatifs) relatifs à l'arbre et à ses composantes ont été mesurés ; et deux paramètres qualitatifs (tableau 03)

Tableau 03 : Paramètres quantitatifs et qualitatifs étudiés

L'échantillonnage	Les paramètres
120	<p>Paramètre quantitatifs : Circonférence de l'arbre.(CRF) La hauteur. (HA) L'houpier. (HP) La longueur de branche primaire (LG 1) La longueur de branche secondaire. (LG2) la longueur des aiguilles. (LG AIG)</p> <p>paramètres qualitatifs : La couleur des aiguilles. (CL AIG) La couleur des billes. (CL BI)</p>

1.4 Analyse statistique

Les mesures morpho métrique ont été analysées selon le logiciel R.

Les données recueillies ont fait l'objet d'analyses statistiques suivantes :

- ANOVA
- l'indice de la diversité génétique (H),
- ACP : Une analyse en composantes principales, (réalisée afin de regrouper les individus homogènes qui portent les mêmes caractères étudiés en se basant sur les mensurations morpho métriques (réalisé sur paramètres quantitatifs) pour différencier les échantillons selon ces critères, définir une classification des arbres et construire une typologie qui consiste à identifier des individus assez semblables entre eux.
- ACM : Une analyse factorielle des correspondances multiples, (utilisée pour les variables qualitatives afin de présenter des caractéristiques qualitatives communes).
- Les distances génétiques (méthode de Nei (Nei et al., 1987),
- CAH : classification hiérarchique ascendante ou Dendrogramme phylogénétique (méthode UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic)) réalisé sur la base des distances génétiques calculées entre les différents échantillons de thuya,

1.5 L'extraction des huiles essentielles

1.5.1 Le matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué de feuilles du Thuya de Berbérie récoltées dans son habitat naturel dans les régions suivantes ; Ain Ghoraba, Ain fezza, Beni snous, Sidi bel abbés. La plante fraîchement collectée a été séchée sur du papier à l'ombre, à température ambiante et dans un endroit sec à l'abri de l'humidité pendant quelques jours jusqu'au moment de préparation des extraits de l'huile essentielle.

1.5.2 Méthodes de préparation de l'extrait de l'huile essentiel de Thuya

1.5.2.1 La distillation à la vapeur d'eau

Après le séchage, les feuilles ont été utilisées pour la préparation de concentrés fluides par raffinage, cette convention a été faite par trois exemples de feuilles de Berberia Thuja provenant de divers assortiments. Cette stratégie est connue depuis l'artefact, utilisant la vapeur pour éliminer les substances odorantes. La vapeur est fournie à l'usine par un appareil de chauffage. Le feu ne doit pas être trop solide, car l'eau et la substance végétale doivent distiller en même

temps à une température inférieure à 100°C. Ainsi, les normes d'odeur douce ne seront pas ajustées. La substance végétale se consolide avec la fumée d'eau pour former un mélange gazeux homogène. Ce mélange circule dans la boucle lavée à l'eau froide, ce qui donne une accumulation dont le dernier fluide se retrouve dans l'essencier. L'HE étant plus légère que l'eau, elle affleure à un niveau superficiel et est recueillie par débordement. L'eau de raffinage qui contient les morceaux hydrosolubles de la substance raffinée est récupérée pour créer l'hydrolat ou eau florale.



photo 08 : Le séchage de la plante. (photo réelle 2021)



photo 09 : La distillation à la vapeur d'eau. (photo réelle 2021)

1.5.2.2 Le rendement d'huile essentielle

Le rendement d'HE et le rapport du poids entre le poids d'huile extraite et le poids de la plante à traiter.

Le rendement est exprimé en pourcentage et calculé par la formule suivante :

$$R = [PA / PB] \times 100$$

R : Rendement de l'huile en %.

PA : Poids de l'huile en g.

PB : Poids de la plante en g.

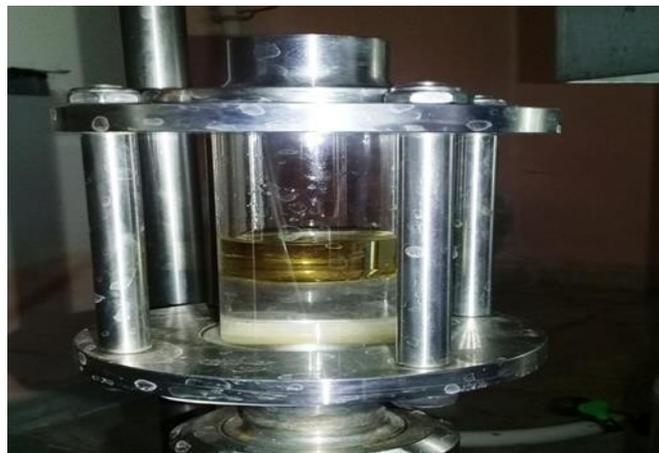


photo 10 : l'obtention de e l'huile essentielle et d'hydrolat (**photo réelle 2021**)

Chapitre 03

Résultats et discussion

1. Prospection sur terrain et constatation

Il ressort des enquêtes réalisées dans les quatre régions que :

- La forêt de tenira situé à Sidi Bel Abbesse à une altitude de 486 m est caractérisée par une présence abondante de thuya, arbre qui semblait très âgée et où nous avons découverts le plus grand arbre dans notre échantillons cette région était aussi caractérisée par un sol argileux et qui semble pauvre en sels minéraux chose qui a été confirmé par la recherche bibliographique qui démontre que cette terre est jurassique. **(ENAOUDA Zineddine)**
- La forêt d'Yefri située à Ain Fezza à une altitude 846 m, est une région montagneuse caractérisée par un sol argilo-marneux avec un calcaire présent en faible profondeur, le thuya de berberie est très abondant dans cette région, arbre qui semblait très âgée.
- La forêt de Beni Snous est une forêt montagneuse localisée dans une altitude de 835 m, cette dernière est caractérisée par une présence très abondante en peuplement de thuya qui semblait très jeune et par un sol peu évolués, d'après les garde forestier de la région cette singularité de la région par rapport aux autres aurais été le résultat d'une érosion qui a eu lieu.
- La forêt d'Ain Ghoraba est localisée à Tlemcen à une altitude de 829 m, une région rurale indiquée par une présence abondante de thuya, arbre qui semblait jeunes et elle se distingue par un sol fersialitique.

2. PARAMÈTRES QUANTITATIFS

2.1. Analyse descriptive

Le tableau ci-dessous présente les résultats des mesures effectuées sur les arbres des quatre populations étudiés (Ain Fezza, Ain Ghoraba, Beni snouss, et Sidi el Abbas) après avoir effectué l'analyse descriptive.

Résultats et discussion

Tableau 04 : l'analyse descriptive des mesures morpho-métriques des arbres

Paramètres	Moyenne	Ecart-type	Erreur Std	Variance	Min	Max
HA	430.6	169.1845	15,44499726	28623.39	161.0	1200.0
HP	204.3	108.3484	9,89121782	11739.38	34	650.0
CRF	27.16	19.37294	1,768572211	375.3109	06.0	117.0
LG1	111.0	55.50327	5,066940844	3080.613	26.0	350.0
LG2	43.65	25.08629	2,290148804	629.3218	15.0	190.0
LG AIG	02.303	0.6974833	0,063673845	0.486483	01.0	05.4

La hauteur de l'arbre (HA) présente des valeurs moyennes allant de 161 pour la région de Ain ghraba Jusqu'à 1200 pour la population de la région de Sidi Bel Abbas avec une moyenne de 430.6 ;

Le houppier (HP) présente des valeurs moyennes allant de 34 pour la région de Sidi Bel Abbas jusqu'à 650 pour la même région avec une moyenne de 204.3 ;

La circonférence (CRF) de l'arbre présente des valeurs moyennes allant de 6 pour la région de Ain ghraba jusqu'à 117 pour la région de Sidi Bel Abbas avec une moyenne de 27.16 ;

La longueur de la branche primaire (LG1) présente des valeurs moyennes variant de 26 pour la région de Ain fezza jusqu'à 350 pour la région de Beni senouss avec une moyenne de 111 ;

La longueur de la branche secondaire (LG2) présente des valeurs moyennes variant de 15 pour la région de Sidi Bel Abbas jusqu'à 190 pour la même région avec une moyenne de 43.65 ;

La longueur des aiguilles (LG AIG) possède des valeurs moyennes variant de 1 pour la région de Sidi Bel Abbas jusqu'à 5.4 pour la même région avec une moyenne de 2.3.

2.2 Analyse de variance ANOVA 1

Dans cette analyse on a étudié l'effet des différentes régions sur les paramètres (quantitatifs) par un test d'ANOVA 1, les résultats sont représentés par le tableau 05

Tableau 05 : représentation de coefficient de variation par ANOVA

Paramètres	F value	P value
HA (cm)	12.49	3.9e-07 ***
HP (cm)	16.1	8.14e-09 ***
CRF (cm)	16.69	4.42e-09 ***
LG1 (cm)	9.45	1.23e-05 ***
LG2 (cm)	11.06	1.94e-06 ***
LG AIG (cm)	6.834	0.000279 ***

*** : ANOVA, différences très hautement significatives ($\alpha < 0,001$)

A partir des résultats d'analyses de la variance, on conclue que tous les caractères étudiés montrent des différences très hautement significatives, (les valeurs enregistrées sont inférieures au seuil de signification (0,001)).

Le Test de Tuckey HSD a été également réalisé dans le but de montrer d'effectuer une analyse où on a étudié la différence de chaque paramètre (quantitatif) entre tous les régions étudié, les résultats sont représentés par le (tableau 06)

Comme on peut le voir dans la tableau ci-dessus (test ANOVA), il existe au moins une différence significatives entre les échantillons c'est pour cela qu'on a effectué un test de tukey HSD pour tous les paramètres ; ce qui a donné des résultats montrant que les individus de la région de Sidi Bel abbés sont très différent de ceux des 3 autre régions de Tlemcen ; la seule qui avais une petite similitude avec elle est la région de beni senousse avec un seuil de 0.11 pour tous les paramètres. (Tableau 06)

Tableau 06: test tuckey (HSD)

	HA	HP	CRF	LG1	LG2	LG AIG
AG_AF	0.81	0.79	0.94	0.96	0.95	0.09
BS_AF	0.08	3.1 e -4	0.004	0.04	0.24	0.01
SD_AF	4.8 e -5	1 e -7	1.2 e -6	3.8 e -5	4.7 e -5	0.8
BS_AG	0.007	0.007	6.6 e -4	0.13	0.08	0.92
SD_AG	1.1 e -6	5.8 e -6	1 e -7	2.3 e -4	5.1 e -6	0.008
SD_BS	0.11	0.23	0.16	0.15	0.03	0.001

AG : Ain Ghraba – AF : Ain Fezza – BS : Beni Senousse – SD : Sidi Belabasse

2.3 Corrélation de PEARSON

Cette corrélation nous permet d'étudier les liens entre les différents paramètres quantitatifs.

Tableau 07 : corrélation de PEARSON

	HA	HP	LG2	LG AIG	CRF	LG1
HA	1					
HP	0,76940662 + S***	1				
LG2	0,54506111 + S**	0,66112068 + S***	1			
LGAIG	0,5926479 + S***	0,33522285 NS	0,18616231 NS	1		
CRF	0,88012228 + S***	0,85462386 + S***	0,70607349 +S***	0,44991337 NS	1	
LG1	0,71305049 + S***	0,71862517 + S***	0,7549642 +S***	0,27570174 NS	0,79421871 +S***	1

(S***) très hautement significatif.

Après le traitement des données statistique par un test de corrélation de Pearson on a remarqué qu'il existe principalement des liens forts entre les paramètres, HA HP, LG2, LGAIG, CRF et LG1.

Ces résultats ont été confirmés par l'analyse multi variée (figure 13) ACP (**Grphe des variables (ACP)** Les variables libellées sont celles les mieux représentées sur le plan).

3 Corrélation entre HA (hauteur de l'arbre) et HP (houppier), LG2 (Longueur de la branche secondaire), LGAIG (Longueur de l'Aiguille), CRF (Circonférence) et LG1 (Longueur de la branche primaire)

P value $< \alpha$ ($0.000 < 0.05$) donc il existe une forte corrélation entre les paramètres mentionnés par un taux de corrélation égale a :

76% entre HP et HA

54% entre LG2 et HA

59% entre LGAIG et HA

71% entre LG1 et HA

88% entre CRF et HA

4 Corrélation entre HP (houppier) et HA (hauteur de l'arbre), LG2 (Longueur de la branche secondaire), LGAIG (Longueur de l'Aiguille), CRF (Circonférence) et LG1 (Longueur branche 1)

P value $< \alpha$ ($0.000 < 0.05$) donc il existe une forte corrélation entre les paramètres mentionnés par un taux de corrélation égale a :

76% entre HA et HP

66% entre LG2 et HP

85% entre LG1 et HP

71% entre CRF et HP

5 Corrélation entre LG2 (Longueur branche 2) et HP (houppier), HA (hauteur de l'arbre), LGAIG (Longueur de l'Aiguille), CRF (Circonférence) et LG1 (Longueur de la branche primaire)

P value $< \alpha$ ($0.000 < 0.05$) donc il existe une forte corrélation entre les paramètres mentionnés par un taux de corrélation égale a :

54% entre HA et LG2

66% entre HP et LG2

70% entre CRF et LG2

75% entre LG1 et LG2

6 Corrélation entre CRF (Circonférence) et HP (houppier), HA (hauteur de l'arbre), LG2 (Longueur de la branche secondaire), LGAIG (Longueur de l'Aiguille) et LG1 (Longueur de la branche primaire)

P value $< \alpha$ ($0.000 < 0.05$) donc il existe une forte corrélation entre les paramètres mentionnés par un taux de corrélation égale a :

88% entre HA et CRF

71% entre HP et CRF

70% entre LG2 et CRF

79% entre LG1 et CRF

7 Corrélation entre CRF (Circonférence) et HP (houppier), HA (hauteur de l'arbre), LG2 (Longueur de la branche secondaire), LGAIG (Longueur de l'aiguille) et LG1 (Longueur de la branche primaire).

P value $< \alpha$ ($0.000 < 0.05$) donc il existe une forte corrélation entre les paramètres mentionnés par un taux de corrélation égale a :

71% entre HA et LG1

85% entre HP et LG1

75% entre LG2 et LG1

79% entre CRF et LG1

8 Corrélation entre LGAIG (Longueur de l'aiguille) et HP (houppier), HA (hauteur de l'arbre), LG2 (Longueur de la branche secondaire), CRF (Circonférence) et LG1 (Longueur de la branche primaire)

P value $< \alpha$ ($0.000 < 0.05$) donc il existe une forte corrélation entre les paramètres mentionnés par un taux de corrélation égale à 59% entre LGAIG et HA.

9 Par contre les pourcentages de corrélation du caractère longueur aiguille avec les autres caractères étaient très faibles :

33% entre LGAIG et HP

18% entre CERF et LG2

44% entre LGAIG et LG1

27% entre LGAIG et CRF

Ce qui revient à dire que la corrélations des caractères HP (houppier), HA (hauteur de l'arbre), LG2 (Longueur de la branche secondaire), CRF (Circonférence) et LG1 (Longueur de la branche primaire) avec celui de longueur des aiguilles est très faibles.

2.4 L'analyse en composantes principales ACP (individus)

Ce jeu de données contient 120 individus et 10 variables, 4 variables qualitatives sont illustratives. L'inertie des axes factoriels indique d'une part si les variables sont structurées et suggère d'autre part le nombre judicieux de composantes principales à étudier.

Les deux premiers axes de l'analyse expriment 85.66% de l'inertie totale du jeu de données ; cela signifie que 85.66% de la variabilité totale du nuage des individus (ou des variables) est représentée dans ce plan. C'est un pourcentage élevé, et le premier plan représente donc bien la variabilité contenue dans une très large part du jeu de données actif. Cette valeur est nettement supérieure à la valeur référence de 43.77%, la variabilité expliquée par ce plan est donc hautement significative.

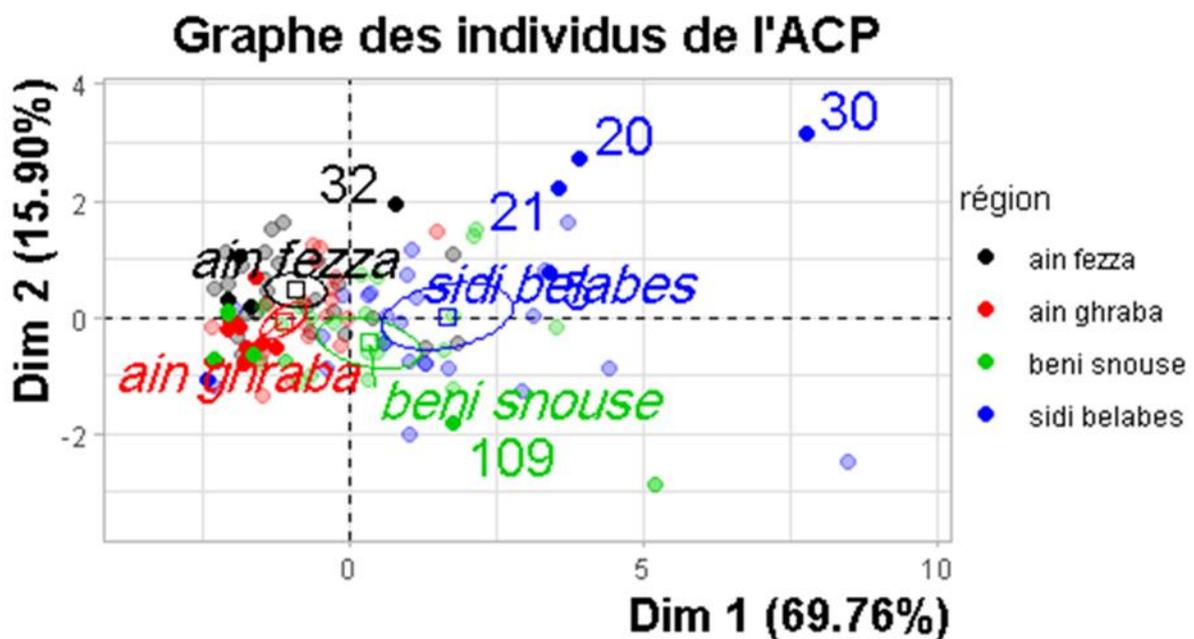


Figure 12 : Graphe des individus (ACP)

La projection des individus sur le plan factoriel (Figure 12) montre que :

La population d'arbres de la région de sidi bel abbés corrèle positivement avec l'axe 1 (caractérisée par des valeurs élevées pour le caractère couleur de la bille) ; alors que la population d'arbre de la région d'Ain Ghoraba est corrélée négativement avec l'axe 1.

D'autre part la population d'arbre de la région de Ain Fezza corrélé positivement avec l'axe 2 tandis que la population de la région de Beni Senous corrélé avec ce même axe mais négativement.

La probabilité critique du test de Wilks indique la variable dont les modalités séparent au mieux les individus sur le plan (i.e. ce qui explique au mieux les distances entre individus) , dans notre cas cette variable est la couleur d'aiguilles (clr aig).

clr	aig	région	type	région	clr	bil
3.344629e-10		5.995601e-10	2.280612e-04	8.000473e-03		

2.5 ACP (variables)

La projection des caractères sur le plan factoriel montre qu'ils sont répartis en deux groupes :

Le premier groupe composé d'un seul caractère qui est la longueur de l'aiguille (Lg.aig), ce caractère est corrélé positivement avec l'axe 2,

Le deuxième groupe comporte les caractères quantitatifs suivant : la hauteur de l'arbre (HA), la circonférence de l'arbre (Crf), le houppier (HP), la longueur de La branche primaire (Lg 1) et La longueur de branche secondaire. (Lg2). Ces derniers ont une corrélation positive avec l'axe 1.

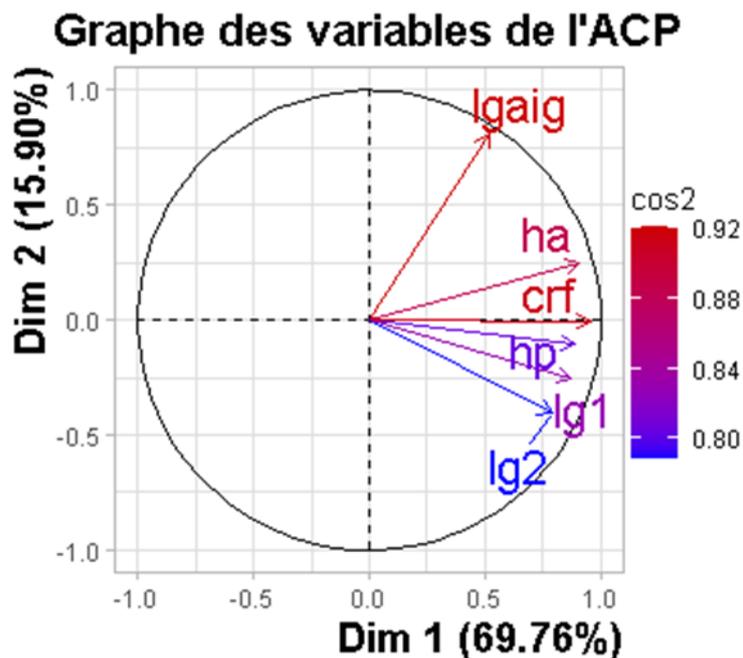


Figure 13 : Graphe des variables (ACP) Les variables libellées sont celles les mieux représentées sur le plan.

(HA (hauteur de l'arbre) et HP (houppier), LG2 (Longueur de la branche secondaire), LGAIG (Longueur de l'aguille), CRF (Circonférence) et LG1 (Longueur de la branche primaire).

2.6 Indice de Shannon et Weaver (tableau 08)

L'indice relatif de diversité (H' moyen) de l'ensemble des individus (thuya de berberie) et de l'ordre 0,958 reflétant une très grande diversité morphologique importante des échantillons de cette collection.

Le tableau ci-dessous présente les résultats des indices de variabilité de Shannon-Weaver pour les caractères étudiés ainsi que pour chaque population. Les moyennes des caractères les plus élevées sont : 0.967 pour le caractère hauteur et 0,96 pour le caractère de circonférence.

Cet indice varie entre 0,975 pour le caractère circonférence de (Crf) de la population de la région de Beni senoussi et 0,833 pour le même paramètre quantitatif de la population de la région d'Ain Ghraba.

L'indice varie aussi entre 0,933 pour le caractère houppier de l'arbre (HP) de la population de la région de Sidi bel abbés et 0.959 pour les deux populations des deux régions de Beni Senoussi et Ain Fezza.

Résultats et discussion

L'indice varie aussi entre 0,913 pour le caractère hauteur de l'arbre (HP) de la population de la région d'Ain Ghraba et 0.959 pour la population de la région de Beni Senouss.

L'indice varie aussi entre 0,85 pour le caractère longueur de la branche primaire (LG 1) de l'arbre de la population de la région de Sidi bel abbés et 0.959 Pour la population de la région de Ain Fezza.

L'indice varie de 0,83 pour le caractère longueur de la branche secondaire de l'arbre de la population de la région de Sidi bel abes et 0.93 Pour la population de la région de Beni Senouss.

L'indice oscille entre 0,84 pour le caractère longueur de l'aiguille de l'arbre de la population de la région de Ain ghraba et 0.94 pour la population de la région de Sidi bel abbés.

Signalons qu'aucun travail similaire n'a été fait, ce qui nous a privés de faire une discussion et une comparaison avec d'autres résultats et travaux.

Le tableau 08 : Indice de diversité relative de Shannon-Weaver (H')

Caractères	Ain fezza	Ain ghraba	Beni snouse	Sidi bel abes	Moyenne
HA	0,946965026	0,91324083	0,959239101	0,946965026	0,967545167
HP	0,959239101	0,95340368	0,959239101	0,933758547	0,960486577
CRF	0,913017377	0.8333498	0.97508374	0,932925371	0,96087209
LG1	0,959239101	0,94233135	0,953403684	0,854639322	0,957557925
LG2	0,888153178	0,85629062	0,934996052	0,834994184	0,957886902
LG AIG	0,857235708	0,84329765	0,93221496	0,941398947	0,948349242
Moyenne	0,92064158	0,89031899	0,95236277	0,9074469	0,95878298

2.7 Classification hiérarchique ascendante (CAH)

La classification réalisée sur les individus fait apparaître 3 classes. (figure 14)

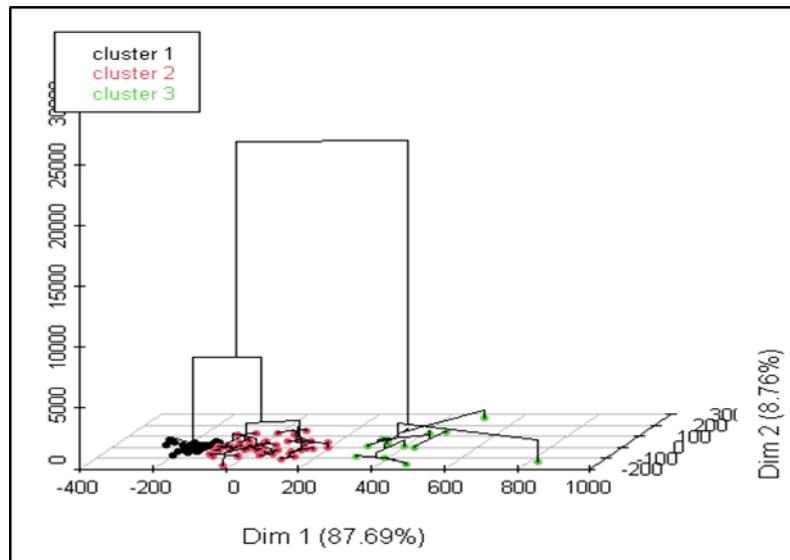


Figure 14- Classification hiérarchique ascendante (CHA)

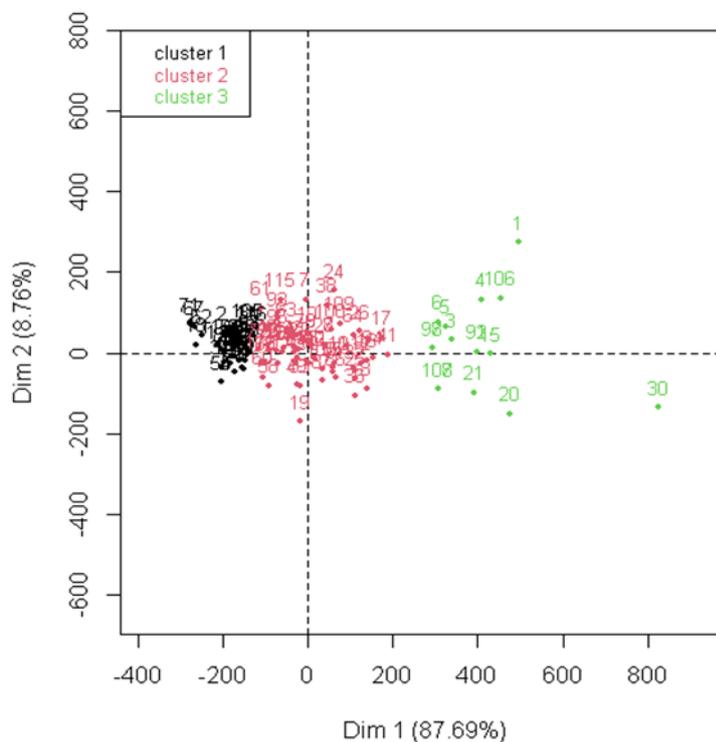


Figure 15 : Classification Ascendante Hiérarchique des individus (CHA)

La classe 1 est composé d'individus tels que 71, 67, 18, 62 et 119 partageant :

- de faibles valeurs pour les variables ha, crf, hp, lg1, lg2 et lgaig (de la plus extrême à la moins extrême).

La classe 2 est composée d'individus tels que 36, 26, 25, 32, et 64. Ce groupe est caractérisé par:

- des variables dont les valeurs ne diffèrent pas significativement de la moyenne.

La classe 3 est composée d'individus tels que 30, 1, 20, 21, 106 et 15. Ce groupe est caractérisé par:

- de fortes valeurs pour les variables crf, ha, hp, lg1, lg2 et lgaig (de la plus extrême à la moins extrême).

3. PARAMÈTRES QUALITATIFS :

3.1 Distribution des classes phénotypiques

Couleur d'aiguilles :

L'histogramme de la distribution des classes relatif au caractère couleur des aiguilles fait apparaître la dominance de la classe « vert » pour les arbres de la population de la région de Sidi Bel Abbes, la classe « vert clair » pour les arbres de la région de Beni Senous et Ain Ghoraba, la dominance aussi de la classe « vert foncé » pour la population d'arbre de la région de Ain Fezza.

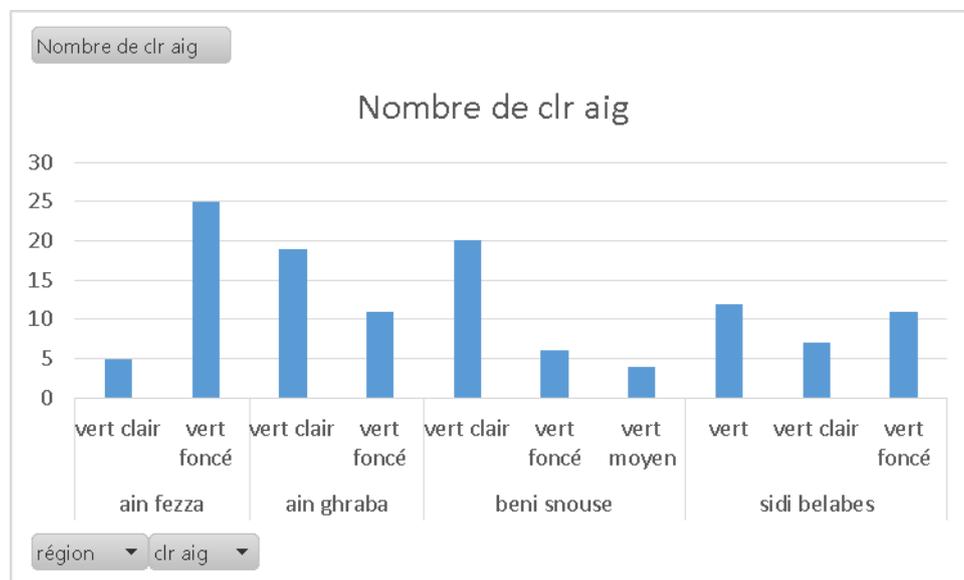


Figure 16 : représentation des différentes couleurs des aiguilles de thuya dans les quatre régions

Couleur de la bille :

L'histogramme de la distribution des classes relatif au caractère couleur des billes fait apparaître la dominance de la classe « pas de bille » pour les arbres de la population de la région de Sidi Bel Abbès, la classe « gris bleu » pour les arbres de la région de Beni Snouss et Ain Fezza, la dominance aussi de la classe « gris » pour la population d'arbre de la région de Ain Ghoraba.

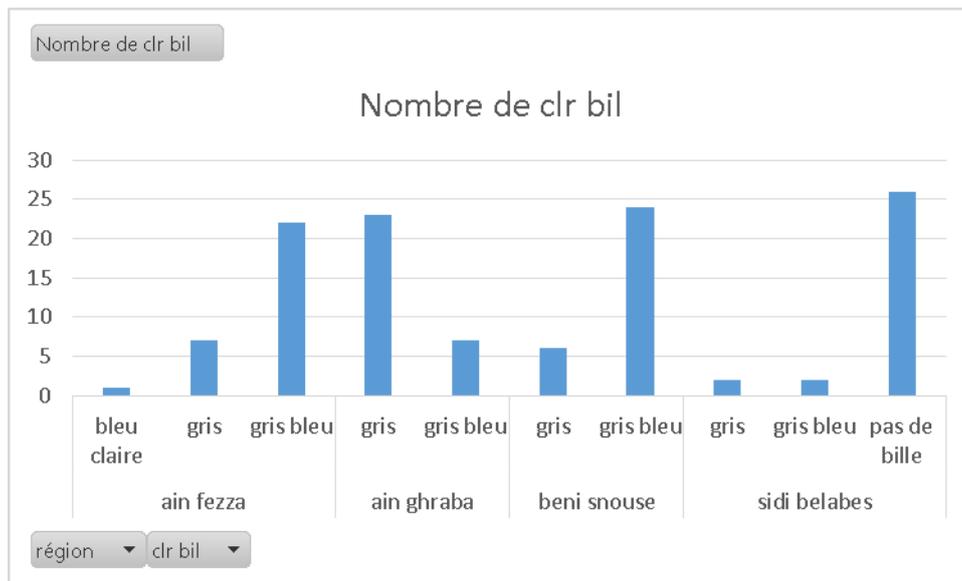


Figure 17 : représentation des différentes couleurs des billes de thuya dans les quatre régions

3.2 Khi-deux

Dans ce test de khi-deux on a étudié la relation entre la région et la couleur des aiguilles et celle avec la couleur de la bille.

Couleur des aiguille/ région :

Selon les résultats du test de khi deux ; Les deux valeurs de khi carré (à 5% et à 1%) étaient respectivement de 16.91 et 21.66 ce qui est inférieur au khi deux seuil (65.64), donc l'hypothèse nulle (H_0 : pas de relation entre la variable et la région) est rejetée, donc H_1 est acceptée ce qui signifie qu'il y'a une relation entre le caractère qui est la couleur des aiguille et la région avec un risque d'erreur de 1%.

Remarque : la couleur des aiguilles vert moyen n'existe que dans la région de Beni snouss

Résultats et discussion

Tableau 09 : tableau de contingence (couleur de l'aiguille/ région)

	vert claire	Vert	vert foncé	vert moyen	Total général
sidi belabes	2,593137255	27	0,382075472	0	29,97521273
beni senouce	4,12254902	0	3,966981132	9	17,08953015
ain ghraba	3,06372549	0	0,382075472	0	3,445800962
ain fezza	4,710784314	0	10,41981132	0	15,13059563
Total général	14,49019608	27	15,1509434	9	65,64113947

Fonction	Résultats
khi carre	65,64113947
khi carre 5%	16,9189776
khi carre 1%	21,6659943

Couleur de la bille / région :

Le même résultat fut obtenu quant à la relation entre la couleur de la bille et la région par le test khi deux (tableau 10)

A un seuil de 5% et de 1% ; les valeurs du khi deux été respectivement de 16.91 et 21.66 nettement inférieur à la valeur khi carre (113,74) par conséquent l'hypothèse nulle (H_0 : pas de relation entre la couleur de la bille et la région) est rejetée. En conclusion on accepte hypothèse (H_1) donc il existe un lien entre la couleur de bille et la région avec un risque d'erreur de 1%.

Tableau 10: contingence entre la région et la couleur des billes

	gris	gris bleu	pas de bille	bleu claire	Total général
sidi belabes	5,921052632	10,04090909	58,5	0	74,46196172
beni senouce	1,289473684	7,640909091	0	0	8,930382775
ain ghraba	19,18421053	3,313636364	0	0	22,49784689
ain fezza	0,657894737	4,95	0	2,25	7,857894737
Total général	27,05263158	25,94545455	58,5	2,25	113,7480861

Fonction	Résultats
khi carre	113,7480861
khi carre 5%	16,9189776
khi carre 1%	21,6659943

3.3 Indice de Shannon et Weaver

L'indice relatif de diversité (H' moyen) de l'ensemble des individus (thuya de berberie) et de l'ordre 0,779 reflétant une grande diversité morphologique importante des échantillons de cette collection.

Le tableau ci-dessous présente les résultats des indices de variabilité de Shannon-Weaver pour les deux caractères qualitatifs étudiés. Les moyennes des caractères les plus élevées sont : 0.77 pour le caractère couleur des aiguilles et 0.78 pour le caractère de couleur de billes.

L'indice varie aussi entre 0,65 pour le caractère couleur des aiguilles de l'arbre de la population de la région de Ain fezza et 0.97 Pour la population de la région de Sidi bel abes.

L'indice varie aussi entre 0,44 pour le caractère couleur de billes de l'arbre de la population de la région de Sidi bel abbés et 0.78 Pour la population de la région d'Ain ghraba.

On remarque que par rapport aux résultats obtenus de l'indice relatif de Shannon et Weaver (H') pour les caractères quantitatives (0.95) le H' des deux caractères qualitatives est bas (0.77) ce qui signifie qu'il existe diversité génétique modérée de ces deux caractères (CL AIG), (CL BI).

Tableau 11: L'indice relatif de Shannon et Weaver des différents caractères qualitatifs étudiés des génotypes de thuya.

Caractères	Ain fezza	Ain ghraba	Beni snouse	Sidi bel abas	moyenne
Clr billes	0,69314718	0,78377695	0,721928095	0,441551671	0,788414205
Clr aiguilles	0,65002242	0,94807824	0,7835807	0,977561206	0,770557688
moyenne	0,6715848	0,867923	0,7527543	0,709556438	0,7794859465

3.4 Analyse des correspondances multiples (ACM)

Basée sur les caractères qualitatifs (couleur de la bille et couleur des aiguilles), l'ACM classe les individus en quatre groupes, chacun avec un ensemble de caractères qui le différencie :

La population de la région de Sidi Bel Abbès corrélée positivement avec l'axe 1 ; caractérisée par :

- ✓ Couleur des aiguilles : vert
- ✓ Couleur de bille : absence de bille

La population de la région de Ain Ghoraba corrélée positivement avec l'axe 2 ; caractérisée par :

- ✓ Couleur des aiguilles : vert clair
- ✓ Couleur de bille : gris

La population de la région de Beni Senousse corrélée positivement avec l'axe 2 ; caractérisée par :

- ✓ Couleur des aiguilles : vert moyen

La population de la région de Ain Fezza corrélée négativement avec l'axe 2 ; caractérisée par :

- ✓ Couleur des aiguilles : vert foncé
- ✓ Couleur de bille : gris et gris bleu

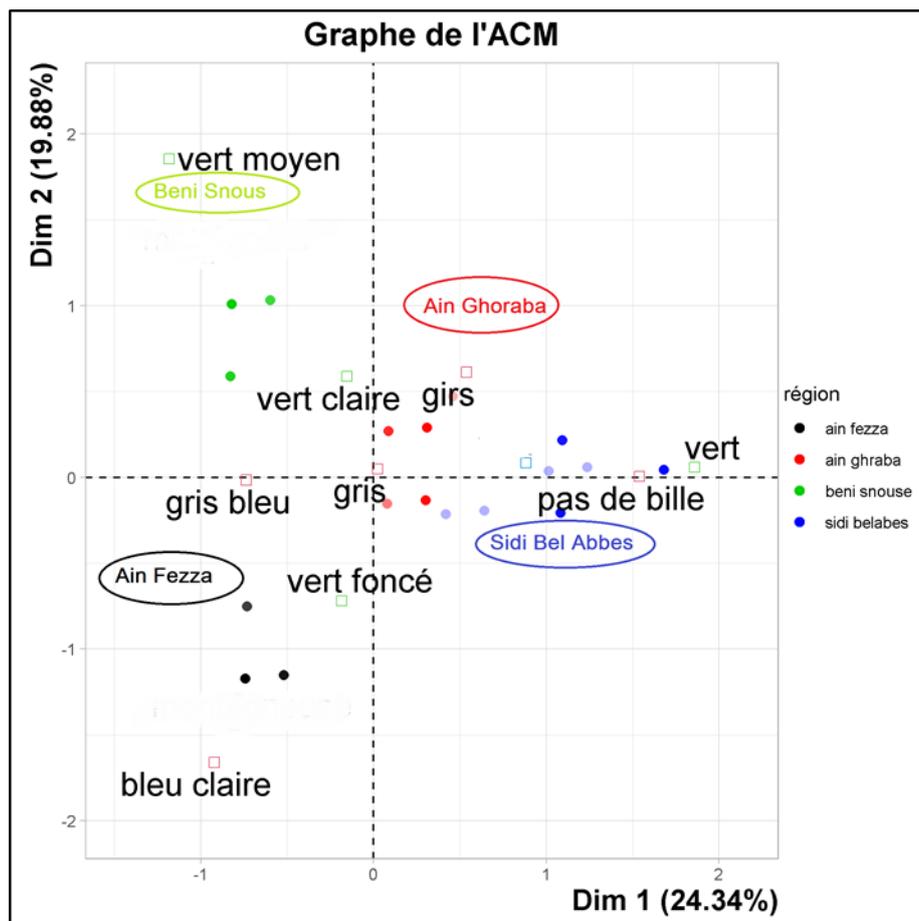


Figure 18 : Analyse des correspondances multiples (ACM)

4. Rendement de l'extraction de l'huile essentielle

Le rendement d'extraction en huile essentielle des feuilles de *tetraclinis articulatas* dans chaque région exprimé en pourcentage poids par rapport à la matière végétale sèche.

Tableau 12 : Représente le rendement dans les régions d'étude

Region	Poids de la plante en g	Rendement de l'huile en ml	Poids de l'huile en g	Rendement de l'huile en %
Ain fezza	12 600 g	11 ml	8 g	0,06 %

Résultats et discussion

Ain ghoraba	12 600 g	19 ml	17 g	0,13 %
Beni snous	12 600 g	22,3 ml	19 g	0,15 %
Sidi bel abbes	12 600 g	4 ml	2 g	0,01 %

On remarque que le rendement en l'HE obtenue après trois heures dans la région de Beni snous est Supérieur à celui de Ain ghoraba et Ain fezza et sidi bel abbes .

La faible production de peuplement du thuya présent dans sidi bel abbes et Ain fezza peut être justifié par leur état de dégradation très avancé (coupes illicites, surpâturage et incendies qui sont très marqués dans les zone d'étude), aussi par leur facteurs écologiques.

D'ailleurs, aux différentes mutilations, l'arbre réagit en émettant des rejets de souches, cela induit une augmentation de la densité et le rendement, la longueur des tiges et volumes, se trouvent aussi amoindris.

Le rendement en l'HE des feuilles de *tetraclinis articulatas* obtenue inférieure à celui rapporté par Barrero et al. (2005) lors d'une étude réalisée sur les feuilles de la même espèce provenant du Maroc. La teneur obtenue par ces auteurs pour une durée de six heures mais supérieure à celui cité par Boukhriss et al. (2007, 2009) En travaillant sur la même espèce qui provenait du Maroc (0,22 %) et à ceux rapportés par **Tékaya-Karaoui et al. (2007)** ; **Ben Jemia et al. (2012)** en travaillant sur la même espèce poussant en Tunisie. Les rendements obtenus par ces auteurs sont respectivement de 0,11% et 0,20%.

Cette différence en HE pourrait être expliquée selon **Kelen et Tepp (2008)** par le choix de la période de récolte car elle est primordiale en termes de rendement et la qualité de l'huile. La durée de séchage, la zone géographique, le climat et la partie de la plante étudiée, ce sont les facteurs entre autres qui peuvent avoir un impact direct sur le rendement en HE (**Vekiari et al, 2002**).

Conclusion et perspectives

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'Algérie, au sein du bassin méditerranéen, est un pays à forte diversité biologique compte tenu de son paysage contrasté (Yahi et al. 2012). La région tellienne qui s'étend au-delà de 4% de la superficie du territoire national englobe à elle seule 2/3 de la faune et de la flore algérienne. (Quezel, 1964; Véla & Benhouhou, 2007). Une diversité qui compte 289 espèces assez rares, 647 espèces rares, 640 espèces très rares, 35 espèces rarissimes, 168 espèces endémiques et 1779 plantes intéressantes à faire valoriser, selon les données de FAO daté de 2012 (FAO.2012).

D'où l'intérêt de notre travail qui consiste à identifier et à caractériser l'une de ces espèces qui est la *tetraclinis articulata* plus connu sous le nom de thuya de berberie au niveau de 4 régions différentes: Ain fezza, ain ghraba, beni snous et Sidi Bel Abesse en mesurant 9 paramètres 6 quantitatifs « Circonférence de l'arbre (CRF), hauteur (HA), houppier (HP), longueur branche primaire (LG1), longueur de branche secondaire (LG2), longueur des aiguilles (LG AIG) » et 2 qualitatifs « couleur des aiguilles (CL AIG), couleur des billes (CL BI).

Les donnée recueillie lors de nos sortie sur terrain ont été analysé statistiquement par le biais du logiciel R studio qui a démontré après ces analyses de notre base de donnée que les différent échantillons des différents population étaient bien différenciés une hypothèse qui a été confirmée grâce à l'indice relatif de Shannon Weaver de diversité (H' moyen) de l'ensemble de populations étudiées ($H'= 0,958$) prouvant ainsi la grande diversité qu'englobe ces quatre populations.

D'autres tests ont été également effectués :

La Corrélation de PEARSON qui nous a permis d'étudier les liens entre les différents paramètres quantitatifs et qui a démontrés qu'il existe principalement des liens forts entre les paramètres, HA HP, LG2, LGAIG, CRF et LG1. Ces résultats ont été confirmés par l'analyse multi variée ACM.

Les résultats de l'analyse des correspondances multiples (ACP) et de la classification hiérarchique (CAH) ont montré une nette et très bonne diversité de nos échantillons.

L'extraction des huiles essentielle a montré que la région de Beni snous donne un bon rendement en huile par rapport aux autres régions ce qui est très important pour des perspectives économiques ultérieur.

. D'après **Acherar (1981)**, **Barbero et al. (1990)**, **Hadjadj-Aouel (1995)**, **Benabdelli (1996)** et **Benabdellah (2011)**, en temps de réchauffement global et de désertification, le thuya se montre comme un arbre résistant qui peut se répandre dans l'étage thermo-méditerranéen voire le mésoméditerranéen inférieur au détriment d'autres formations forestières plus exigeantes en terme de: biogéographie, écologie, menaces et conservation de fraîcheur et d'humidité, ce qui fais de lui un candidat idéal pour combattre la désertification et les incendie de forêt.

En perspectives on suggère de :

- ✓ Augmenter le nombre d'échantillons afin d'étudier les variations intra-populations.
- ✓ Établir un protocole de gestion et de reboisement pour mieux protéger cette espèces ancestrale mais aussi pour protégé ça diversité génétique.
- ✓ l'implantation de cette espèce endémique pour la lutte contre la désertification (phénomène qui constitue l'un des problèmes majeur de notre pays).
- ✓ Procéder à Analyse physico chimiques de l'huile essentielle de nos arbres de thuya.
- ✓ L'application des huiles et des savons à base de l'huile essentielle de thuya dans le but de développer la phytothérapie par les plantes médicinales.
- ✓ Prévoir un séquençage d'ADN de la plante et une caractérisation moléculaire.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

A

- Abourouh Mohamed (1999)** le grande livre de la forêt marocaine , 1 vol .Edit Sprimont (Belgique) :Mardaga 280 p
- Abi-Ayad FZ, Abi-Ayad M, Lazouni HA, Rebiahi SA. (2013)** Evaluation of *Tetraclinis articulata* essential oil from Algeria flora as a potential source of antifungal activity and study of its chemical composition. *Indian Academy of Wood Science*, **10**, 9-15.
- Achak N, Romane A, Alifriqui M, Markouk M. (2009)** Chemical composition, organic and mineral contents of leaves of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters from the Tensift-Al Haouz, Marrakech region (Morocco). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, **12**, 198-204.*
- Acherar M. (1981)** La colonisation des friches par le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans les basses garrigues du monepelliérais. Thèse de doctorat, Sp, USTL, Montpellier, 210.
- Alcaraz C. (1982)** La végétation de l'Ouest algérien. Thèse d'état : Université de Perpignan. 415 p. + annexes. Cartes. Tableaux.
- Ait Igri M, Holeman M, Ildrissi A, Berrada M. (1990)** Contribution à l'étude des huiles essentielles des rameaux et de bois de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters. *Plantes Médicinales et Phytothérapie*, **24**, 36-43
- AYACHE F., 2007.** Les résineux dans la région de Tlemcen (aspect écologique et cartographie). Thèse de Magistère, Univ Abou Bekr Bekaid Tlemcen, 147 p.8
- Asbahani et al 2015** Essential oils: From extraction to encapsulation Pages 220-243 V 483
- Anonyme 1** :<https://fr.climate-data.org/afrique/algerie/oran/oran-540/> (consulter le 11/04/2021)
- Anonyme 2** :<https://fr.weatherspark.com/y/42390/M%C3%A9t%C3%A9o-habituelle-%C3%A0-Oran-Alg%C3%A9rie> (consulter le 11/04/2021)
- Anonyme 03**: [Www.ecosociosystemes.fr](http://www.ecosociosystemes.fr) (consulter le Juin 2019)
- Anonyme 04**: www.books.openedition.org (consulter le Juin 2019)
- Anonyme 05**: <https://www.elwatan.com/pages-hebdo/magazine/des-plantes-aromatiques-et-medicinales-dz-a-valoriser-18-03-2021>

B

- Baba Aissa F (2000)** Encyclopédie des plantes utiles flore d'Algérie et du Maghreb libérie Moderne-Rouiba .ed..Alger 368p
- Bajaj Y.P.S (1996)** :Biotechnology in agriculture and forestry .Sapringer .ed,New York 428

Références bibliographiques

- Barbero M., Bonin G., Quezel P., et Loisel R., 1990.** Les apports de la phytoécologie dans l'interprétation des changements et perturbations induits par l'homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens. *Forêt Méditerranéenne*. XII : 194-215
- Baser K.H.C., and Buchbauer G. (2010),** Handbook of essential oils: Science, Technology, and Applications. Ed. Taylor and Francis Group, LLC. UN. St. America. 994P
- Bellakhdar J, Claisse R, Fleurentin J, Yaunos C. (1991)** Repertory of standard herbal drugs in the Moroccan pharmacopoeia. *Journal of Ethnopharmacology*, **35**, 123-143.
- Bellakhdar J. (1997)** La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et Savoirs populaires-Saint-Etienne, Edition Ibis Press, 764.
- Belaiche , P (1979)** « Traité de phytothérapie et d'aromathérapie ». l'aromatogramme Ed Maloine. Paris. tome 1.
- Benabdellah M.A. (2011)** : Analyse phytoécologique des groupements à thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters) et à chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.) dans les monts de Tlemcen (Algérie occidentale). Thèse. Doctorat. Forest. Univ. Tlemcen, 270 p
- Benabdellik. (1996).** Aspects physiono-structural et dynamique des écosystèmes forestiers face à la pression anthropozoogène dans les Monts de Tlemcen et les Monts de Dhaya (Algérie septentrionale occidentale). Thèse Doc. Es Sc. Univ. Sidi Bel Abbes. T. 1, T. 2, Annexes. 356 p.
- Benabid A. (1976).** Etude écologique, phytosociologique et sylvo-pastorale de la Tétracлинаie de l'Amisttène. Thèse 3ème cycle. Univ. Aix Marseille III 155 p.
- Ben Jemia M, Sana Chaabane, Felice Senatore, Maurizio Bruno et Mohamed ElyesKchouk (2012):** Studies on the antioxidant activity of the essential oil and extract of Tunisian *Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast. (Cupressaceae), *Natural Product Research: Formerly Natural Product Letters*, DOI:10.1080/14786419.2012.717289
- BENAOUDA Zineddine** , diagnostic phytoécologique et édaphique et établissement d'une relation Végétation dans les forêts de Tanira - Khodida – Touazzne ([https- Univ-Tlemcenhttp://dspace.univ-tlemcen.dz > benaouda-zineddine](https://dspace.univ-tlemcen.dz/benaouda-zineddine)).
- Betti J.L (2002)** : Usages traditionnels des plantes médicinales et traitement des maux de dos dans la réserve de biosphère du Dja/Cameroun. In *history of health and diseases: Living and curing old age in the world/Old age in the world*, — Gueri, A. & Consiglière, S (ed). Genoa/Italy, 117-154
- Bernard T, Perineau F, Bravo P , Delmas M, et Gaset A (1988)** « informations chimie » oct 1988 n 298.179.
- Bohra et al 1994** Adsorptive recovery of water soluble essential oil components

- Bouayad Alam S, Gaouar Benyelles N, Dib M. EIA, Djabou N, Tabti L, Paolini J, Muselli A, Costa J. (2014)** Antifungal activity of essential oils of three aromatic plants from western Algeria against five fungal pathogens of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, **87**, 56-61.
- Bouayad Alam (2015)** : Activités antimicrobiennes et insecticides de *Thymus capitatus*, *Daucus crinitus* et *Tetraclinis articulata* sur la mineuse *Tuta absoluta* (Meyrick) et la microflore pathogène de la tomate *Lycopersicum esculentum*. Thèse. Doc. Univ. Tlemcen. 135 + Annexes.
- Boudy P. (1950)**. Economie forestière Nord-Africaine. Tome II : monographies et traitement des essences forestières, Fasc.2 : monographie et traitement du thuya de berbérie. Larousse, Paris. PP 707-739.
- Boudy P. (1952)**. Guide du forestier en Afrique du Nord. Paris maison rustique. 509 p : 94 figures. 1 carte.
- Bourkhiss B, Ouhssine M, Hnach M, Bourkhiss M, Satrani B, Farah A. (2007a)** Composition chimique et bioactivité de l'huile essentielle des rameaux de *Tetraclinis articulata*. *Bulletin de la Société de Pharmacie de Bordeaux*, **146**, 75-84.
- Bourkhiss M, Hnach M, Bourkhiss B, Ouhssine M, Chaouch A. (2007b)**. Composition chimique et propriétés antimicrobiennes de l'huile essentielle extraite des feuilles de *Tetraclinis articulata* (Vahl) du Maroc. *Afrique Science*, **03**, 232-242.
- Bourkhiss B, Ouhssine M, Hnach M, Amechrouq A, Chaouch A, Satrani B. (2007c)** Composition chimique de l'huile essentielle de *Tetraclinis articulata* (Vahl) du Maroc. *Physical & Chemical News*, **35**, 128-132.
- Bourkhiss M, Hnach M, Paolini J, Costa J, Chaouch A. (2009a)** Composition chimique des huiles essentielles de la sciure de bois et de feuilles de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters du Maroc. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, **78**, 281-289.
- Bourkhiss M, Hnach M, Bourkhiss B, Ouhssine M, Chaouch A, Satrani B. (2009b)** Effet de séchage sur la teneur et la composition chimique des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters. *Journal of Agrosolutions*, **20**, 44-48.
- Bourkhiss M, Hnach M, Paolini J, Costa J, Farah A, Satrani B. (2010b)** Propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires des huiles essentielles des différentes parties de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters du Maroc. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, **79**, 141-154.
- Bourkhiss A. Chaouch, M. Ouhssine, B. Rassam (2015):** ÉTUDE PHYSICOCHEMIQUE DE L'HUILE ESSENTIELLE DE TETRACLINIS ARTICULATA (VAHL) MASTERS DU PLATEAU CENTRAL MAROCAIN vol.9.No 37

Références bibliographiques

Bourkhiss (2016) Lakhifi T., Chouach A., Ouhsine M. (2016). Intérêt de l'huile essentielle du thuya de berbérie. *Phytothérapie* 14 : 109 – 111

Buhagiar J, Podesta MTC, Cioni PL, Flamini G, Morelli I. (2000) Essential oil composition of different parts of *Tetraclinis articulata*. *Journal of Essential Oil Research*, **12**, 29-32.

Bnouham , Mekhfi H., Legssyer A et Ziyat A., 2002. Medicinal plants used in the botanicals and plant allelochemicals in integrated pest management. *Pharmaceutical*

Bruneton J. (1999) Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 3^{ème} édition Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 1120.

C

Cherif I. (2012). Contribution à une étude phytoécologique des groupements à *Tetraclinis articulata* du littoral de Honaine (Algérie occidentale). Magister En Ecologie et Biodiversité des Ecosystèmes Continentaux. UNIVERSITE DE TLEMCEM.216 p

Chikhoun A, Hazzit M, Kerbouche L, Baaliouamer A, Aissat K. (2013) *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters essential oils : Chemical composition and biological activities. *Journal of Essential Oil Research*, **25**, 300-307.

C.F.T., 2016 : La situation de la commune D'Ain Fezza dans la wilaya de Tlemcen. 3P

Chemat F. (2009) Essential oils and aromas: Green extractions and Applications. HKB Publishers, Dehradun, 311.

D

Duraffourd C., Lapraz J-C., Chemli R. (1997). La plante médicinale de la tradition à la science. 1er congrès Intercontinental. Tunis. Ed. Granche. Paris

Djouahri A, Boudarene L, Meklati BY. (2013a) Effect of extraction method on chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oil from the leaves of Algerian *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters. *Industrial Crops and Products*, **44**, 32-36.

Djouahri A, Boualem S, Boudarene L, Baaliouamer A. (2015) Geographic's variation impact on chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils from wood and leaves of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters. *Industrial Crops and Products* **63**, 138–146.

Djouahri A, Saka B, Boudarene L, Baaliouamer A. (2016) Essential oil variability and biological activities of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters wood according to the extraction time. *Sous-press.*

D.R.E.F. (Direction Régionale des Eaux et Forêts), 2002. Thuya : importance écologique et économique. *Terre et Vie* 52: 4

E

El Jemli M, Kamal R, Marmouzi I, Doukkali Z, Boudida E H, Touati D, Nejjari R, El Guessabi L, Cherrah Y, Alaoui K. (2016) Chemical composition, acute toxicity, antioxidant and anti-inflammatory activities of Moroccan *Tetraclinis articulata* L. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, sous-press.

EL Hamrouni A. (1978). Etude phytosociologique et problème d'utilisation et d'aménagement dans les forêts de pin d'Alep de la région de Kasserine (Tunisie centrale). Thèse 3ème cycle. Univ. Aix Marseille III. 106 p.

El Moussaouiti M, Talbaoui A, Gmouh S, Aberchane M, Benjouad A, Bakri Y, Kamdem DP. (2010) Chemical composition and bactericidal evaluation of essential oil of *Tetraclinis articulata* Burl wood from Morocco. *Indian Academy of Wood Science*, 7, 14-18.

Emberger L. (1938) Les arbres au Maroc et comment les connaître. Vol I. Edition Larousse, Paris, 314.

EMBERGER L., 1954 -UN projet de classification des climats du point de vue phytogéographie. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, France*, 77, 97- 124

F

Farah A, Bouayoun T, Ghanmi M, El Bouri A, Bourkhiss B, Houari A, Satrani B. (2010) Chemical constituents of essential oils of wood and wood veneers of *Tetraclinis articulate* (Vahl) Masters from Morocco. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 13, 420-425.

Farjoun (2005) : A Monograph of cupressaceae and sciadopitys. Royal Botanic Gardens., Kew. ISBN 1842460684 <http://www.conifers.org/refs/farjon05.htm> (consult: 13.06.2019)

Fasla (2009) : Evaluation du potentiel antimutogène et génotoxique de plantes médicinales et analyse photochimique., Thèse. Mag., Dép. Bio., Fac. Sc., Univ. Es-Senia .Oran . 172p +annexes

Fennane M. (1984). Le thuya de berbérie au Maroc Aperçu phytogéographique et écologique. *Bull. Insti. Scient. N°8.Rabat*.

Fennane M. (1987). Etude phytoécologique des *Tetraclinaies* Marocaines. Thèse d'état. Annexes, tableaux phytosociologiques. Univ. Aix Marseille III. 150 p

Fernandez et Chemat , 2012. Les huiles essentielles comme ingrédients pour une chimie « verte ». In: Fernandez, Chemat (Eds) : La chimie des huiles essentielles

G

Références bibliographiques

Gourinard Y. Le littoral oranais (mouvements verticaux et anomalies gravimétriques). Publ. XIX^e Congr. Géol. Intenu Alger, 9,21-38. 1952a.

Greco J. (1966) L'érosion, la défense et la restauration des sols, le reboisement en Algérie. Ministère de l'agriculture et de la réforme Agraire, 393.

Garnero, J (1996) Huiles essentielles. Dossier : K345. Base documentaire : Constantes physico-chimiques vol. papier n : K2

H

Haddad (2008) : Caractéristiques anatomiques et papetières du bois de thuya de berbérie. Thèse de doctorat .Uni. Tlemcen. 140 p+ annexes.

Hadjadj-Aoual S. (1988). Analyse phytoécologique du thuya de Berbérie en Oranie. Thèse. Magistère. Univ. Oran. 150 p

Hadjadj-Aoual S. (1995). Les peuplements du thuya de berbérie (*Tetraclinis articulata*, Vahl, Master) en Algérie : phytoécologie, Syntaxonomie et potentialités sylvicoles. Thèse Doc. D'Etat : Université Aix-Marseille III. 159 p. + Annexes.

HADJADJ-AOUL S., CHOUIEB M., LOISEL R., (2009). Effet des facteurs environnementaux sur les premiers stades de la régénération naturelle de *Tetraclinis articulata* Vahl Master en Oranie. *Ecologia mediterranea*, vol. 35: 19-31.

HADJADJ K., 2016. Étude de la productivité du thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata* Vahl Mast.) dans l'ouest algérien dans la perspective de développement durable. Thèse de Doctorat en Foresterie, Univ. de Tlemcen, 185 p.

Hadjal Chebhab (2014) : Identification des principes actifs des huiles essentielles de quelques résineux et plantes aromatiques de provenance algérienne et tunisienne : étude de leurs activités biologiques à l'égard d'un insecte ravageur des graines stockées, *Callosobruchus maculatus*. F 1775 (Coleoptera: bruchidae). Thèse de Doctorat, Université de Tizi Ouzou, 103p.

HALLOUCHE B. ,2007.Cartographie des zones inondables de la plaine de Sidi Bel Abbès par l'approche hydro géomorphologique. Mémoire de Magister : Université Djilali Liabes - Sidi Bel Abbès.

Herzi N, Camy S, Bouajila J, Destrac P, Romdhane M, Condoret JS. (2013) Supercritical CO₂ extraction of *Tetraclinis articulata*: Chemical composition, antioxidant activity and mathematical modeling. *The Journal of Supercritical Fluids*, **82**, 72-82.

Références bibliographiques

Hernandez Ochoa L-R. (2005) – Substitution de solvants et matières actives de synthèse par une combine « solvant/actif » d'origine végétale. Thèse de doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse

I

I.U.C.N (2005) : , Effet des facteurs environnementaux sur les premiers stades de la régénération naturelle de *Tetraclinis articulata* (Vahl, Master) en Oranie (Algérie). *ecologia mediterranea*. Vol. 35 – 2009. Pp : 20 – 31.

(ISSN 0011-9164) « Traitement des eaux du bassin hydrographique de la Tafna »

j

J.B. Hair (1968) The Chromosomes of the Cupressaceae, *New Zealand Journal of Botany*, 6:3, 277-284, DOI: 10.1080/0028825X.1968.10428813

k

KADIK B (1986) .Aperçu sur les sols et la végétation des pineraies d'Eghti Sidi bel'Abbes. *Ann de rech for en AIG INRF VOL 7 – 22*.

Kiliç Ö. (2014) Essential oil composition of two Thuja L. (**Cupressaceae**) species from Canada. **Muş Alparslan University Journal of Science**, 2, 195-199.

L

Lagunez-Rivera, 2006 Lagunez Rivera, Luicita. *Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffé par induction thermomagnétique directe*. PhD, Institut National Polytechnique de Toulouse

Lapie G. et Maige A. (1914). Flore forestière de l'Algérie. Ed. ORLMAC. Paris 357 p.

Larabi F, Benhassaini H, Bennaoum Z. (2015) Essential oil composition of *Tetraclinis articulata* (Vahl.) Masters Leaves from Algeria. *International Journal of Herbal Medicine*, 2 (6), 31-33.

Le Floc'h E. (1983) Contribution to ethnobotanical study of the flora of Tunisia. Program flora and vegetation in Tunisia. *Tunisian Scientific Publications, Printing officially the Republic of Tunisia*, 36-37.

Références bibliographiques

Leszczynska, 2007 Management de l'innovation dans l'industrie aromatique. Cas des PME de la région de Grasse

Li Y, Fabiano-Tixier AS, Chemat F. (2014) Essential Oils as Reagents in Green Chemistry. Springer Briefs in Molecular Science (1^{ère} édition) Springer International Publishing, 71.

Lucchesi 2005 Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles

Lucchesi, M E Smadja, J ; Bradshaw S, Louw W, Chemat, F 2007 Solvent free microwave extraction of *Elletaria cardamomum* L : multivariate study of a new technique for the extraction of essential oil .J. Food Engineer.79,1079-1086

M

Maatoug M, Keller R, Benabdeli K, Dilem A. (2004) Études microdensitométriques du bois de thuya de Maghreb *Tetraclinis articulata* Vahl Masters et effets des facteurs stationnels sur sa qualité. Sciences & Technologie, 19-28.

Maire R. (1926). Principaux groupements de végétaux d'Algérie. Station centrale de recherche en Ecologie forestière CNREF., I.N.R.A. d'Algérie. 7 p.

Maire R. (1952). Flore de l'Afrique du nord. Tome XXXIII., Vol I, Edit. Le chevalier, Paris.366 p

Marouf A, Tremblin G. (2009) Abrégé de biochimie appliqué. EDP Sciences, France, 490.

Masango P. (2005) Cleaner production of essential oils by steam distillation. *J Clean Prod*, 13, 833-839.

Merad Chiali, R. (1973). "b. Plantes thérapeutiques: traditions, pratiques officinales, science et thérapeutique." Tec. Doc.

Meyer-Warnod, 1984 Natural essential oils: extraction processes and application to some major oils Vol 9, Num 2, pp 93-104

Miloudi A. (1996). La régénération du Thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata*), dans la forêt de Fergoug (Maroc). Thèse de magister. Inst. Nat. Agr. El Harrach. 150 p.

O

ONM 2021; l'office National de la Météorologie de Sidi Bel Abbas

Références bibliographiques

P

Paul iserin (2001): Larousse des plantes médicinales : identification, préparation, soins. 2ème édition de VUEF, Hong Kong.

Q

Quézel P, Santa S. (1962) Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Edition CNRS, Tome I, Paris, 1091.

Quézel P., SANTA S. (1962-1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertique méridionales Paris : Ed. C.N.R.S., 2 Vol, 1170 p.

Quézel P. (1980). Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. In Pesson : Actualité d'écologie forestière. Bordas Edit, Paris : 205 – 256.

R

Rached W., Zeghadab F., Bennaceurb M., Barrosa L., Calhelhaa R., Helenoa S., Alvesa M., Carvalho A., Maroufe A., Ferreira I. 2018. Phytochemical analysis and assessment of antioxidant, antimicrobial, antiinflammatory and cytotoxic properties of *Tetraclinis articulata*(Vahl) Masters leaves Industrial corps & product. 112 : 460-466.

S

Sliti S, Ayadi S, Dumarçay S, Khouja MA, Gérardin P, André E, Perrin D, Abderrabba M. (2016) Evaluation of essential oil composition and antioxidant capacity of hydromethanolic extracts of *Tetraclinis articulata*, depending on location and seasonal variations. *Journal of Materials and Environmental Science*, 7 (3), 968-980.

Satrani B, Farah M, Talbi M. (2004) Composition chimique et activité antibactérienne et antifongique de l'huile essentielle extraite du bois de *Tetraclinis articulata* du Maroc. *Annales des Falsifications et de l'Expertise Chimique*, 964, 75-84.

T

Tékaya-Karaoui (2007) : Essential oil composition of terminal branches, cones and. Pakistan Journal of Biological Sciences, 10, 2495-2499.

V

Références bibliographiques

Véla, E. & Benhouhou, S. (2007). Evaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *Comptes Rendus Biologies*, 330, 589- 605. doi: <https://doi.org/10.1016/j.crv.2007.04.006>

Vinatoru, 2001 An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs

W

Wang , et al , 2006 Biochemical and biological characterization of a neuroendocrine-associated phosphatase

Y

Yahi, N., Véla, E., Benhouhou, S., De Belair, G. & Gharzouli R. (2012). Identifying Important Plants Areas (Key Biodiversity Areas for Plants) in northern Algeria. *Journal of Threatened Taxa*, 4 (8), 2753–2765. doi: <https://doi.org/10.11609/JoTT.o2998.2753-65>.

Z

Zahir I., Rahmani A. 2020. Premier cas clinique d'eczéma de contact causé par *Tetraclinis articulata*. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 28 (2) : 342-346.

Zrira S, Benjilali B, Elamrani A. (2005) Chemical composition of the sawdust oil of Moroccan *Tetraclinis articulata* Vahl. *Journal of Essential Oil Research*, 17, 96-97.

ملخص:

شجرة العرعار هو نبات مستوطني طبي وعطري ذو اهمية اقتصادية هامة جدا، وفقا لأبحاثنا لم تكن هناك دراسات متعمقة تهتم بهذا النوع من النباتات.

تهدف هذه الدراسة الى التوصيف المورفومتري لأربعة مجموعات من نبات العرعار في أربع مناطق على مستوى غرب الجزائر: عين فزة (غابة يفرى)، عين غرابية (غابة أحفير)، بني سنوس (غابة زريفات) وسيدي بلعباس (غابة تينيرا) باستخدام 9 معايير مورفولوجية حيث خضعت هذه الدراسة الاحصائية الى برنامج R و Rstudio

تم تحديد التنوع الظاهري من قبل مؤشر التنوع الذي قدر ب 0.958 في مستويات مختلفة كما اظهرت نتائج تحليل المراسلات المتعددة (ACP) والتصنيف الهرمي (CAH) تميزا واضحا بين المناطق.

عند استخلاص الزيوت الأساسية للمناطق الاربعة تبين ان منطقة بني سنوس كان مردودها اوفر بالنسبة لغيرها من المناطق وهذا امر بالغ الاهمية بالنسبة للافاق الاقتصادية في المستقبل.

الكلمات المفتاحية: العرعار-مستوطني-طبي - التوصيف المورفومتري -تنوع ظاهري -مؤشر التنوع -الزيوت الأساسية -المردود

Résumé :

Le thuya de berberie (*Tetraclinis articulata*) est une espèce endémique, médicinale et aromatique de la famille des cupressacées avec un intérêt économique très important.

Selon nos recherches bibliographiques aucune étude ne s'est intéressée à cette espèce ; objectif de notre étude est basée sur la caractérisation morpho-métriques de 4 populations de thuya réparties dans quatre régions au niveau de l'ouest d'Algérie : Ain fezza (Forêt Yfri) , Ain ghraba (foret Ahfire) , Beni snous (foret zarifate) et Sidi Bel Abess (foret de Tenira) en utilisant 9 traits agro-morphologiques qui ont fait l'objet d'une étude statistique par les logiciels R et R studio.

La diversité phénotypique a été déterminée par l'indice de diversité Shannon-Weaver (H') à différents niveaux. Les H' estimés ont montré une large variabilité phénotypique pour les différents traits avec un H' moyen de 0,958. Les résultats de l'analyse des correspondances multiples (ACP) et de la classification hiérarchique (CAH) ont montré une nette distinction entre les populations.

L'extraction des huiles essentiels était faite pour les quatre populations de thuya, le rendement en huile essentiels des arbres de la population de Beni Snouss était plus important que celui des autres populations ce qui est très important pour des perspectives économiques ultérieurs.

Mots clés : espèce endémique – médicinale –la caractérisation morphométrique – diversité – variabilité phénotypique – huile essentielles – rendement

Abstract:

Tetraclinis articulate is an endemic, medicinal and aromatic species of the cupressaceae family with a very important economic interest.

According to our bibliographic research, no study has been carried out on this species; the objective of our study is based on the morpho-metric characterisation of 4 populations distributed in four regions in western Algeria: Ain fezza (Yfri forest), ain ghraba (ahfire forest), beni snous (Zarifate forest) and Sidi Bel Abess (Tenira forest) using 9 agro-morphological traits which were statistically studied using the R and R studio software.

Phenotypic diversity was determined by the Shannon-Weaver diversity index (H') at different levels. The estimated H' showed a large phenotypic variability for the different traits with a mean H' of 0.958. The results of the multiple correspondence analysis (PCA) and hierarchical clustering (HCA) showed a clear distinction between the populations.

The extraction of essential oils was done for all four populations, the yield of essential oils from the trees of the beni Snouss population was higher than that of the other populations which is very important for future economic perspectives.

Keywords : endemic species - medicinal - economic interest - morphometric characterization - diversity - phenotypic variability - essential oil - yiel