

Ministère de l'Enseignement  
Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -  
Faculté des Sciences  
Dpartement des sciences agronomiques



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة  
كلية العلوم  
قسم علوم الفلاحة

## Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

**Je soussigné :** Monsieur Laib Djamel Eddine, **Président de Jury**, Certifie que :

**L'étudiant (e) :** BELKAHLA IMANE

**Spécialité :** Systèmes de production agroécologique

**Intitulé :** Etude des morpho-taxonomiques (feuilles) de l'espèce *Juniperus phoenecia* L. (1753), au sein de deux populations naturelles d'Algérie.

**A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.**

**Président de Jury**

Ministère de l'Enseignement  
Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -  
Faculté des Sciences  
Dpartement des sciences agronomiques



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة  
كلية العلوم  
قسم علوم الفلاحة

## **Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master**

**Je soussigné : Monsieur Laib Djamel Eddine, Président de Jury, Certifie que :**

**L'étudiant (e) : CHOUIT NAZIHA**

**Spécialité : Systèmes de production agroécologique**

**Intitulé : Etude des morpho-taxonomiques (feuilles) de l'espèce Juniperus phoenecia L. (1753), au sein de deux populations naturelles d'Algérie.**

**A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.**

**Président de Jury**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة

UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Systèmes de production agroécologique

Intitulé :

Etude morpho-taxonomique (feuilles) de l'espèce *juniperus phoenecin* L.(1753) ,au sein de deux populations naturelles d'Algérie

PRESENTE PAR :

M<sup>lle</sup> BELKAHLA IMANE

M<sup>lle</sup> CHOUIT NAZIHA

Membre de Jury:

M. LAIB Djamel Eddine (MCA) Présidente Université du 20 Août 1955 – Skikda

M. HAFSI Zakaria (MCB) Encadrant Université du 20 Août 1955 – Skikda

M<sup>me</sup> SAYED Ibtissem (MCB) Examinatrice Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire 2024/2025

# *Remerciements*

Nous débutons en exprimant notre gratitude la plus sincère envers ALLAH, LE TOUT-PUISSANT, pour nous avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires à l'accomplissement de ce modeste travail.

Nous tenons à adresser nos remerciements les plus profonds à notre encadrant, M. HAFSI Zakaria, pour ses précieux conseils, sa disponibilité constante, son suivi rigoureux et sa bienveillance tout au long de la réalisation de ce projet.

Nous exprimons également notre vive reconnaissance aux membres du jury, M. LAIB Djamel Eddine, en qualité de Présidente, et Mme SAYED Ibtissem, en qualité d'Examinatrice, pour avoir accepté d'évaluer ce travail avec professionnalisme, attention et bienveillance.

Nos remerciements s'adressent aussi à la Direction des Forêts de la wilaya de Skikda – Subdivision d'El Hadaik, pour l'accueil chaleureux, la collaboration efficace et le soutien apporté durant notre travail de terrain.

Enfin, nous exprimons toute notre gratitude à toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, contribué à la réussite de ce mémoire, par leur aide, leurs encouragements ou leur soutien moral.

## اهدا

بسم الله الرحمن الرحيم  
الحمد لله الذي علم الإنسان ما لم يعلم، وسهل لنا طريق العلم والفهم، والصلاة والسلام  
على سيدنا محمد، خير معلم وقُدوة

إلى من كان أول قُدوتي، ومعلمي الأول، إلى  
والدي العزيز جمال،  
منك تعلّمت أن الإصرار يصنع النجاح، وأن الكلمة الصادقة تبني روحًا قوية. فكل إنجازي ما هو  
إلا امتداد لجهودك وتربيتك، دمت سندًا وفخرًا لي ما حييت

إلى من كانت الدعوة الطيبة منها طريقًا للتيسير إلى أمي الغالية صليحة، يا نبع الحنان والرضا، دمت بركة أيامي وسكينتي،  
ومصدر قوتي ودعائي الدائم

إلى أخي الغالي أمين، وإلى أختي الحبيبتين ريان وآية وإلى صغيري  
الجميل محمد،  
أنتم زينة أيامي، وسند قلبي في الخفاء

إلى كل عائلتي الكريمة  
لكم من الحب والدعاء ما يعجز عنه القلم

إلى شلتي العزيزة وصديقتي الجميلات و رفيقات التعب والفرح، رفيقات الدرب الطويل،  
والذكريات التي لا تُنسى،  
لكنّ مكانٌ خاص في قلبي وفي هذا الإنجاز أهديك هذه المذكرة، عربونَ محبة وامتنان، ودعائي أن يبقى  
عطاؤكم في حياتي لا ينضب

إلى أستاذي الفاضل الدكتور حفصي زكريا، الذي لم يبخل عليّ بتوجيه أو دعم، بكل الشكر والتقدير  
لعلمك وصبرك

أما الشكر الأعماق والتقدير الأسمى،  
فهو إلى التي لم تغب عن دعائي لحظة، الذي لم يبخل عليّ بتوجيه أو دعم، إلى نزيهة، التي  
كانت لي أختًا وسندًا في كل مراحل هذا العمل،  
أكرمك الله كما أكرمتني، وجزاك عني خير الجزاء وجودك في  
حياتي نعمة، وفي هذه المذكرة أثر لا يُمحى

إلى كل من كان له في هذا الإنجاز نصيب، ولو بكلمة أهديك هذا العمل المتواضع. راجية من الله أن يكون بداية خير لما هو  
أنت



إيمان

## اهدا

الحمد لله حمدًا يليق بجلاله، ويبلغ من الشكر تمامه، ومن الثناء كماله، حمدًا يُوفي نعمه، ويكافئ فضله، ويستجلب مزيد إحسانه، فما التوفيق إلا من عنده، وما السداد إلا بلطفه  
{ وما توفيقِي إلا بالله عليه توكلت وإليه أنيب } [هود: 88]

إلى والديّ عبد الحفيظ ومسيكة قلبي  
من كانا لي بعد الله سكناً وأماناً، وسنداً لا يميل، ونبعاً لا يجفّ عطاؤه؛ إليكما يا من غرستما في دربي نور اليقين، وسقيتما روحي بصبركما ورضاكما ودعائكما الذي كان لي الحصن والحبل والنور، أهدي هذا العمل المتواضع عرفاناً بجميلكما، ووفاءً لفضلكما الذي لا تُوفيه صفحات، ولا تقي به كلمات

إلى معلمتي الكريمة، فردوستي  
التي كانت منارة علم، ومثار إلهام فكان توجيهها نوراً يستدل به قلبي في دروب التعلّم، فلك مني كل الشكر والتقدير والدعاء بأن يجعل الله لك من العلم ميراً لا ينقطع، ومن الأثر الطيب ما لا يزول،

إلى إخوتي وأخواتي كل باسمه  
من كانوا دفاءً للقلب في برد الأيام، وملاد النفس عند الضيق، إليكم حباً لا يُقاس، ودعاءً لا ينقطع، وامتناً يسكن في القلب ما دام فيه نبض

إلى أستاذي المشرف، الدكتور حفصي زكرياء  
أبعث له شكري المقرون بالامتنان، على صبره وتوجيهه الكريم، ودعمه النبيل الذي أثمر هذا العمل.

إلى صديقات دربي شلتي المنحوسة  
من تقاسمن معي لحظات السهر والقلق، وفرحة التقدّم، وصدق النية في كل خطوة، لكنّ في القلب بقدر كل لحظة صدق وعون.

وأخيراً، إلى زميلتي وشريكة هذا العمل ايم  
من كانت يداً تُعين، وقلباً يُشجع، وعقلاً لا يعرف الكلل، فكان جهدنا المشترك ثمرة صبر وعزم، لك خالص شكري على صدقك، وحضورك النبيل، وعلى ما مضينا فيه معاً خطوة بخطوة

هذا الإهداء أكتبه تواضعاً لا مباهاة، ووفاءً لا تكلف فيه، وأسأل الله أن يجعله خالصاً لوجهه، مباركاً في أثره، نافعاً لمن قرأه، شاهداً لنا لا علينا.

نزيهة



## Liste des abréviations

<b>F</b>	Filfila
<b>A</b>	Azerou Oughilass
<b>LRp</b>	Longueur de la ramification principale
<b>NRp</b>	Nombre de ramifications primaires
<b>LRb</b>	Longueur de la ramification basale
<b>ERb</b>	Épaisseur de la ramification basale
<b>NRSb</b>	Nombre de ramifications secondaires basales
<b>NERb</b>	Nombre d'écailles sur la ramification basale
<b>ERf</b>	Épaisseur de la ramification finale
<b>NERf</b>	Nombre d'écailles sur 5mm de la ramification finale
<b>T</b>	Valeur de la moyenne annuelle (°C)
<b>m</b>	Valeur de la moyenne des minimas du mois le plus froid (°C)
<b>M</b>	Valeur de la moyenne des maximas du mois le plus chaud (°C)
<b>T min</b>	Valeur la plus faible des moyennes mensuelles (°C)
<b>T max</b>	Valeur la plus forte des moyennes mensuelles (°C)
<b>P</b>	Pluviométrie totale annuelle (mm/ an)
<b>A ou IC</b>	Amplitude thermique annuelle moyenne (T max- T min)
<b>Q3</b>	Quotient pluviothermique d'Emberger modifié par Stewart
<b>AFM</b>	Analyse en composantes principales
<b>CHA</b>	Classification hiérarchique ascendante

## Liste des Tableaux

N°	Titre du Tableau	Page
1	Caractéristiques des trois sections du genre <i>Juniperus</i> (Adams 2014).	4
2	Caractéristiques botaniques et répartition géographique des genévriers en Algérie d'après Maire (1952) et Quézel & Santa (1962).	9
3	Principales caractéristiques géographiques des sites étudiés.	19
4	Caractéristiques des stations climatiques de référence (O.N.M. d'Alger).	22
5	Paramètres et indices climatiques appliqués pour les sites d'échantillonnage.	22
6	Données thermiques (°C) et pluviométriques (mm) corrigées des sites étudiés.	24
7	Types de régime saisonnier correspondants aux sites d'échantillonnage.	24
8	Types et sous-types de continentalité thermique selon Rivas-Martinez (2005).	25
9	Valeurs de l'amplitude annuelle moyenne et bioclimats correspondants selon Rivas-Martinez (2005).	26
10	Pluviométrie, températures et quotients d'aridité des sites étudiés.	28
11	Liste des caractères morphologiques quantitatifs et qualitatifs étudiés.	31
12	Caractéristiques des variables quantitatives mesurées pour les feuilles.	36
13	Fréquences (%) pour les variables qualitatives par station.	37
14	Corrélations entre les variables quantitatives mesurées relatives aux ramules.	38
15	Valeurs propres issues de l'ACP.	40
16	Corrélations entre les variables sur le plan factoriel (1×2).	40
17	Comparaison des données recueillies pour l'espèce dans la littérature.	45

## Liste des Figures

N°	Titre de la Figure	Page
1	Aire naturelle de répartition des trois sections dans le monde ( <i>Mao et al., 2010</i> ).	5
2	Répartition du genre <i>Juniperus</i> dans le monde ( <i>Farjon et al., 2013</i> ).	7
3	Aire naturelle de répartition des espèces du genre <i>Juniperus</i> L. en Algérie ( <i>Hafsi, 2018</i> ).	8
4	Aspect général de <i>J. phoenicea</i> dans la région d’Azrou Oughilass de Bouira ( <i>Belkahla et Chouit</i> ).	12
5	Tronc de genévrier rouge avec son écorce à Azrou Oughilass ( <i>Belkahla et Chouit</i> ).	13
6	Feuilles écailleuses de <i>J. phoenicea</i> à Azrou Oughilass ( <i>Belkahla et Chouit, 2025</i> ).	14
7	Galbules de <i>J. phoenicea</i> à Filfila - Skikda ( <i>Belkahla et Chouit, 2025</i> ).	15
8	<i>J. phoenicea</i> dans des conditions extrêmes – Gorges de l’Ardèche, France ( <i>Mandin, 2010</i> ).	16
9	Répartition orographique de <i>J. phoenicea</i> et <i>J. turbinata</i> dans le monde.	17
10	Localisation des sites d’échantillonnage : Filfila (F) et Azrou Oughilass (A).	19
11	Diagramme ombrothermique de Bagnouls & Gausсен pour les deux stations.	27
12	Climagramme d’Emberger : situation des deux sites d’échantillonnage.	29
13	Matériel utilisé : stéréoscope et pieds à coulisse digital.	31
14	Partie végétative étudiée (ramule).	32
15	Analyses en composantes principales (ACP) des variables morphologiques quantitatives (G1) et environnementales (G2) concernant les ramules. Cercle de corrélation des variables (A) ; Diagramme de dispersion des 60 arbres (B) ; Dendrogramme de la classification hiérarchique (C).	41

## Table de matières

	Page
<b>Remerciements</b>	
<b>Dédicaces</b>	
<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : PRÉSENTATION DE L'ESPÈCE</b>	
<b>1. Aperçu sur le genre <i>Juniperus</i></b>	<b>3</b>
1.1. Description et évolution	3
1.2. Taxonomie et clé de classification	3
1.2.1. Section <i>Caryocedrus</i> Endlicher (1847)	4
1.2.2. Section <i>Juniperus</i> (Syn. : <i>sect. Oxycedrus</i> , Spach, 1841)	4
1.2.3. Section <i>Sabina</i> (Syn. : <i>sect. Sabina</i> , Spach, 1841)	4
1.3. Caractéristiques botaniques	5
1.4. Répartition géographique	6
1.4.1. Dans le monde	6
1.4.2. En Méditerranée	7
1.4.3. En Algérie	8
1.5. Monographie des espèces en Algérie	10
1.5.1. <i>Juniperus communis</i> L.	10
1.5.2. <i>Juniperus oxycedrus</i> L.	10
1.5.3. <i>Juniperus thurifera</i> L.	10
1.5.4. <i>Juniperus phoenicea</i> L. (espèce étudiée)	10
1.5.5. <i>Juniperus sabina</i> L.	10
1.6. Intérêts et usages	10
<b>2. Description de l'espèce étudiée</b>	<b>11</b>
2.1. Étymologie	11
2.2. Systématique	11
2.3. Caractéristiques botaniques	11
2.3.1. Allure générale	11
2.3.2. Port et écorce	12
2.3.3. Feuilles – Fleurs	13
2.3.4. Fruits et graines	14

2.4. Écologie et biologie	15
2.4.1. Exigences climatiques et édaphiques	15
2.4.2. Régénération du genévrier rouge	16
2.5. Répartition géographique	16
2.5.1. Dans le monde	16
2.5.2. En Algérie	17
2.6. Intérêts et usages	18

## CHAPITRE II : ÉTUDE DU MILIEU, MATÉRIEL ET MÉTHODES

<b>1. Étude du milieu</b>	<b>19</b>
1.1. Cadre physique	19
1.1.1. Choix et localisation	19
1.1.2. Contexte biogéographique	20
1.1.2.1. Filfila (Skikda)	20
1.1.2.2. Azrou Oughilass (Bouira)	21
1.2. Cadre climatique	21
1.2.1. Sources et périodes des données	22
1.2.2. Paramètres climatiques étudiés	22
1.2.3. Données climatiques	23
1.2.4. Synthèse climatique	23
1.2.4.1. Régime saisonnier	23
1.2.4.2. Continentalité	25
1.2.4.3. Sécheresse	26
<b>2. Matériel</b>	<b>30</b>
2.1. Matériel végétal	30
2.2. Dispositif expérimental	30
<b>3. Méthodes</b>	<b>30</b>
3.1. Étude morphométrique	30
3.2. Méthodes statistiques	32
3.2.1. Types des caractères	32
3.2.2. Tests de normalité	32
3.2.3. Statistiques descriptives	32
3.2.4. Tests de significativité	33
3.2.5. Tests de corrélation	33
3.2.6. Analyses factorielles	33
3.2.7. Logiciels appliqués	33

## CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION

<b>1. Résultats</b>	<b>34</b>
1.1. Morphométrie	34
1.1.1. Caractères quantitatifs	34
1.1.1.1. Longueur de la ramification principale	34
1.1.1.2. Nombre de ramifications primaires	34
1.1.1.3. Longueur de la ramification basale	34
1.1.1.4. Épaisseur de la ramification basale	34
1.1.1.5. Nombre de ramifications secondaires	35
1.1.1.6. Nombre d'écailles sur ramification basale	35
1.1.1.7. Épaisseur de la ramification finale	35
1.1.1.8. Nombre d'écailles sur 5 mm de ramification finale	35
1.1.2. Caractères qualitatifs	36
1.1.2.1. Forme des ramules	36
1.1.2.2. Couleur des ramules	36
1.2. Analyse de la diversité morphologique	37
1.2.1. Significativité	37
1.2.2. Corrélation	37
1.2.3. Tests multivariés	39
1.2.3.1. Analyse factorielle multiple (AFM)	39
<b>2. Discussion</b>	<b>42</b>
2.1. Pressions abiotiques	42
2.2. Comparaison avec la littérature (Tableau 17)	45
<b>Conclusion</b>	<b>46</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>47</b>
<b>Résumé / Abstract</b>	

## Introduction

Bien que la forêt algérienne abrite une biodiversité remarquable dans l'espace méditerranéen, caractérisée par une forte richesse spécifique, elle reste soumise à des contraintes climatiques sévères et irrégulières, notamment des périodes prolongées de sécheresse. Ces conditions affectent négativement la croissance des arbres ainsi que leur régénération naturelle. À cela s'ajoutent les pressions humaines intenses telles que le surpâturage, les coupes de bois et les incendies, qui persistent depuis des décennies et affectent particulièrement la végétation forestière. Parmi les conifères, la tribu des *Junipereae* Koch, appartenant à la famille des Cupressaceae Rich. ex Bartl., est représentée par un seul genre, *Juniperus* L., qui regroupe environ soixante-quinze espèces (Adams, 2014a).

Ces espèces présentent une diversité morphologique marquée, allant des formes rigides à aiguilles piquantes aux formes souples à feuillage écaillé. Elles occupent une place importante dans la végétation méditerranéenne. Toutefois, leur rôle phytoécologique varie selon les groupes : ce sont souvent des espèces pionnières participant activement à la dynamique des groupements préforestiers, mais elles se développent aussi dans des conditions écologiques extrêmes (Quézel & Médail, 2003).

Outre les problèmes liés à la dégradation des formations à genévriers, la taxonomie du genre *Juniperus* demeure encore débattue (Quézel & Médail, 2003). En Algérie, cinq taxons principaux sont recensés (Quézel & Médail, 2003):

- *Juniperus phoenicea* (var. *eu-phoenicea* et var. *turbinata*), c'est notre espèce étudiée.
- *J. oxycedrus* (ssp. *macrocarpa* et ssp. *rufescens*),
- *J. thurifera* var. *africana*,
- *J. communis* ssp. *hemisphaerica*,
- *J. sabina* var. *sabina*

Le présent travail vise à étudier la variation phénotypique intra- et inter-populations de l'espèce *Juniperus phoenicea* L. à travers l'analyse morphologique de ses feuilles écailleuses, dans deux stations contrastées d'Algérie (littorale -Filfila- et continentale Azrou Oughilass). Cette étude a pour but de définir le statut morphologique et dynamique des populations étudiées et d'évaluer leur capacité d'adaptation aux pressions environnementales évolutives.

Dans cette optique, le mémoire s'articule, après l'introduction, autour de trois chapitres principaux :

- Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique sur l'espèce étudiée, incluant sa description botanique, sa classification et sa répartition géographique.
- Le deuxième chapitre décrit le cadre physique et bioclimatique des deux stations, le dispositif expérimental ainsi que les méthodes d'échantillonnage et de traitement des données.
- Le troisième chapitre expose les résultats obtenus, accompagnés de leur analyse et discussion.

Enfin, une conclusion viendra clore ce travail en récapitulant les principaux résultats et apports de l'étude.

# CHAPITRE I

## PRESENTATION DE L'ESPECE



### 1. Aperçu sur le genre *Juniperus*

#### 1.1 Description et évolution

Les genévriers (*Juniperus* L.) occupent une place importante dans le paysage nord-africain, essentiellement en raison de leur rusticité et de leur dynamisme (Quézel & Gast, 1998). Ce genre est composé d'environ 75 espèces qui sont généralement dioïques (Adams et Schwarzbach, 2013 ; Adams, 2014), il est le deuxième plus grand genre de conifères (Miller, 1977 ; Farjon, 2010).

Le genre *Juniperus* possède un grand intérêt biogéographique car ses espèces sont les vestiges de formations pré-steppiques plus répandues lors des phases froides et sèches du pléistocène (Quézel & Médail, 2003).

#### 1.2 Taxonomie et clé de classification des espèces du genre *Juniperus*

D'après Gaussen (1968), Callen (1976) et Debazac (1991), la systématique du genre *Juniperus* L. est la suivante :

Règne	<i>Plantae</i>
Sous règne	<i>Tracheobionta</i>
Embranchement	<i>Spermaphytes</i>
Sous-embranchement	<i>Gymnosperme</i>
Division	<i>Pinophyta</i>
Classe	<i>Pinopsida</i>
Ordre	<i>Pinales</i>
Famille	<i>Cupressaceae</i>
Sous famille	<i>Cupressoideae</i>
Tribu	<i>Junipereae</i>
Genre	<i>Juniperus</i>

En ce qui concerne la classification des espèces de ce genre, plusieurs botanistes (Tournefort, 1694 ; Spach, 1841 ; Endlicher, 1847 ; Carrière, 1855 ; Antoine, 1857 ; Gaussen, 1968 ; Emberger, 1968) les ont regroupés en différentes sections selon la morphologie des feuilles, des cônes, des graines et des pollens, etc....

## CHAPITRE I. PRESENTATION DE L'ESPECE

Les études récentes de Farjon (2005-2010) et Adams (2014) qui ont utilisé la morphologie, la chimie (terpènes) ainsi que le séquençage d'ADN (RAPD) ont permis de subdiviser les genévriers en trois sections monophylétiques, comme suit :

### 1.2.1 Section *Caryocedrus* Endlicher (1847)

C'est la section la plus primitive du genre (tableau 1 et figure 1). Elle est monotypique, représentée par une seule espèce *J. drupacea* Labill. (Adams, 2014) qui se répartit uniquement sur l'est méditerranéen (Grèce, Turquie, Syrie et Liban) (Maerki & Frankis, 2015).

Les arbres de cette espèce sont dioïques avec une hauteur de 30 m ou plus. Les feuilles sont aciculaires avec deux bandes stomatiques à la face supérieure. Les graines sont trois, fusionnées (non séparées) pour faire une drupe (fausse baie) (Adams, 2014).

### 1.2.2 Section *Juniperus* (Syn.: sect. *Oxycedrus*, Spach, 1841)

Quatorze espèces et neuf variétés sont connues dans cette section (tableau 1). Ce sont des arbres ou des arbustes dioïques. Les feuilles sont aciculaires, comme celles de la section *Caryocedrus* avec une zone d'abscission basale, verticillées en trois (Adams, 2014).

### 1.2.3 Section *Sabina* (Syn. : sect. *Sabina*, Spach, 1841)

C'est la section la plus avancée (tableau 1) avec une grande diversité (61 espèces, 23 variétés et 8 formes), elle contient la plupart des espèces de ce genre. Les feuilles sont non aciculaires, (subulées), décurrense. Contrairement aux autres sections, c'est la seule qui contient des espèces monoïques (Adams, 2014).

Tableau 1. Caractéristiques des trois sections du genre *Juniperus* (Adams 2014).

<i>Caryocedrus</i>	<i>Juniperus</i>	<i>Sabina</i>
1 espèce	14 espèces	60 espèces
Méditerranée	1 Circumboréal + 13 Méditerranée, Asie	Hémisphère nord
Feuilles aciculaires (en aiguilles)	Feuilles aciculaires (en aiguilles)	Feuille squamiformes (en écailles) Dioïque
Dioïque	Dioïque	Dioïque ou monoïque
Cônes 30-40 mm	Cônes 8-25 mm	Cônes 6-15 mm
3 graines/cône	Généralement 3 graines	1 à 10 ou 12 graines
Cônes boisés	Cônes boisés ou résineux	La plupart croustillante ou cônes résineux
Cônes pourpres	Cônes bleu-foncés, bleuâtres, noirs, marrons, rouges, bruns rougeâtres.	Cônes bleus, noirs, rouges, cuivre, Marrons, roses, verts.
Feuilles entières	Feuilles entières	Feuilles entières et dentelées

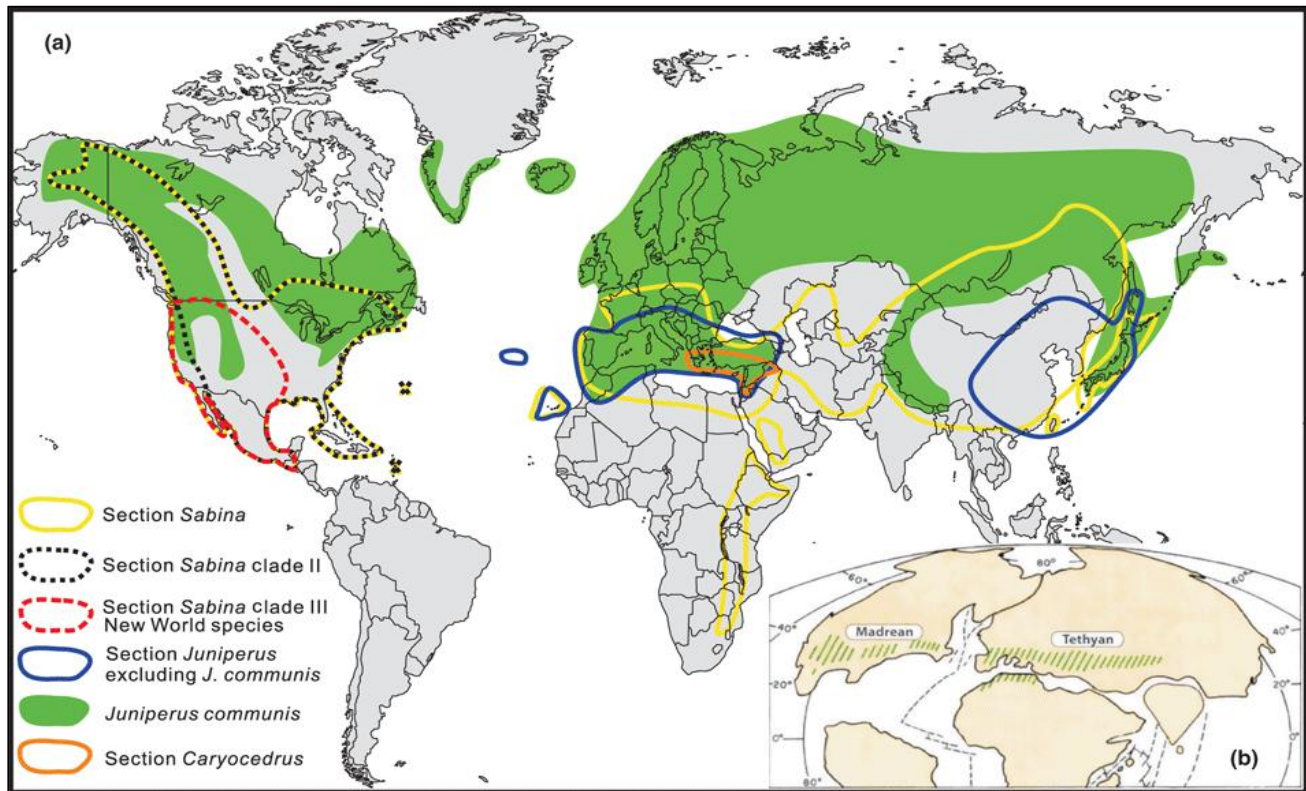


Figure 1. Aire naturelle de répartition des trois sections dans le monde (Mao et *al.*, 2010).

### 1.3 Caractéristiques botaniques

Le genre *Juniperus* présente un port très variable selon les espèces, allant de l'arbuste tapissant de 15 cm de haut jusqu'à l'arbre atteignant 30 m (Callen, 1976). Ces espèces peuvent être dioïques ou monoïques (Callen, 1976). Le bois du genévrier est odorant et rougeâtre (Gaussen, 1982 ; Seigue, 1985).

Les feuilles sont de deux types (Maire, 1952) : les unes sont linéaires, en alène, piquantes, articulées, carénées, non glanduleuses en-dessous, verticillées par trois et disposées sur six rangs (cas de *J. communis*) ; les autres sont très courtes, le plus souvent en écailles, non articulées, glanduleuses en-dessous, opposées ou verticillées par deux, imbriquées sur quatre à six rangs (cas de *J. sabina*).

Les organes mâles sont des chatons allongés composés de nombreuses étamines peltées, tandis que les organes femelles sont formés de 3 à 8 écailles opposées ou verticillées, devenant charnues et fusionnant en une pseudo-baie contenant une à deux graines non ailées par écaille (Callen, 1976). Les cônes, appelés galbules, sont particuliers et formés d'écailles plus ou moins complètement soudées entre elles (Rameau et *al.*, 2008).

Les graines, au nombre de trois généralement, sont complètement soudées aux écailles de la baie (Guinochet & Devilmorn, 1973) ; elles sont enveloppées par des écailles très imbriquées qui les enferment dans un fruit appelé « baie », assez semblable à une drupe chez les Angiospermes (Gaussen, 1982 ; Seigue, 1985). Ces baies peuvent être disséminées par les oiseaux qui ne digèrent pas les graines et les rejettent, ce qui favorise leur germination (Gaussen, 1982 ; Seigue, 1985).

### 1.4 Répartition géographique

Le genre *Juniperus* présente un port très variable selon les espèces, allant de l'arbuste tapissant de 15 cm de haut jusqu'à l'arbre atteignant 30 m (Callen, 1976). Ces espèces peuvent être dioïques ou monoïques (Callen, 1976). Le bois du genévrier est odorant et rougeâtre (Gaussen, 1982 ; Seigue, 1985).

Les feuilles sont de deux types (Maire, 1952) : les unes sont linéaires, en alène, piquantes, articulées, carénées, non glanduleuses en-dessous, verticillées par trois et disposées sur six rangs (cas de *J. communis*) ; les autres sont très courtes, le plus souvent en écailles, non articulées, glanduleuses en-dessous, opposées ou verticillées par deux, imbriquées sur quatre à six rangs (cas de *J. sabina*).

Les organes mâles sont des chatons allongés composés de nombreuses étamines peltées, tandis que les organes femelles sont formés de 3 à 8 écailles opposées ou verticillées, devenant charnues et fusionnant en une pseudo-baie contenant une à deux graines non ailées par écaille (Callen, 1976). Les cônes, appelés galbules, sont particuliers et formés d'écailles plus ou moins complètement soudées entre elles (Rameau et al., 2008).

Les graines, au nombre de trois généralement, sont complètement soudées aux écailles de la baie (Guinochet & Devilmorn, 1973) ; elles sont enveloppées par des écailles très imbriquées qui les enferment dans un fruit appelé « baie », assez semblable à une drupe chez les Angiospermes (Gaussen, 1982 ; Seigue, 1985). Ces baies peuvent être disséminées par les oiseaux qui ne digèrent pas les graines et les rejettent, ce qui favorise leur germination (Gaussen, 1982 ; Seigue, 1985).

#### 1.4.1 Dans le monde

Le genre *Juniperus* a la répartition la plus large par rapport à tous les genres des conifères (figure 2), mais sa répartition est limitée dans l'hémisphère Nord, seulement en Afrique où certaines espèces traversent l'équateur (Farjon et al., 2013).

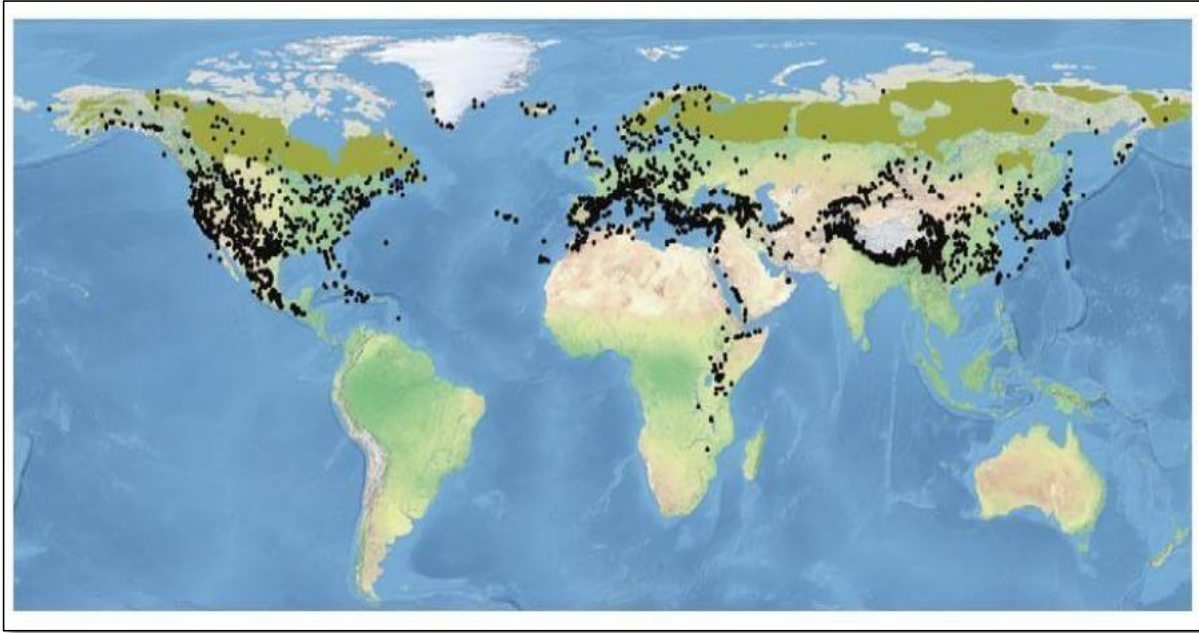


Figure 2. Répartition du genre *Juniperus* dans le monde (Farjon et al., 2013).

### 1.4.2 En méditerranée

D'après Callen (1976), les *Juniperus* méditerranéens sont rencontrés en Afrique du Nord, en Europe, en Asie mineure et au niveau des Balkans.

Et selon Quézel et Médail (2003), les genévriers en région méditerranéenne peuvent se répartir, du point de vue écologique en plusieurs ensembles :

1. **Les genévriers thermophiles au thermo- méditerranéen** : *J. phoenicea*, *J. turbinata*, *J. macrocarpa* et *J. navicularis* ;
2. **Les genévriers à peu près intégralement liés à des structures forestières** : *J. oxycedrus* dans l'ambiance de la chênaie sclérophylle, *J. communis* au Supra- méditerranéen dans les chênaies caducifoliées et les formations à pin sylvestre, *J. drupacea* et *J. foetidissima*, dans les cédraies, les forêts à pin de Pallas et les sapinières orientales ;
3. **Les genévriers essentiellement liés à l'étage oro-méditerranéen** : *J. thurifera* sur les montagnes du Maghreb et *J. excelsa* sur celles de méditerranée orientale ;
4. **Les genévriers largement préférentiels des milieux steppiques** : *J. turbinata* et *J. thurifera* ;
5. **Les genévriers de souche eurasiatique, montagnards surtout** : *J. communis* et *J. sabina*.

### 1.4.3 En Algérie

En Algérie, les genévriers sont représentés par cinq espèces : *Juniperus oxycedrus* (ssp. *macrocarpa* et ssp. *rufescens*), *J. phoenicea* (var. *eu-phoenicea* et var. *turbinata*), *J. thurifera* var. *africana*, *J. communis* ssp. *eu-communis* var. *hemisphaerica* (Maire, 1952) ainsi que *J. sabina* (voir tableau 2 et figure 3).

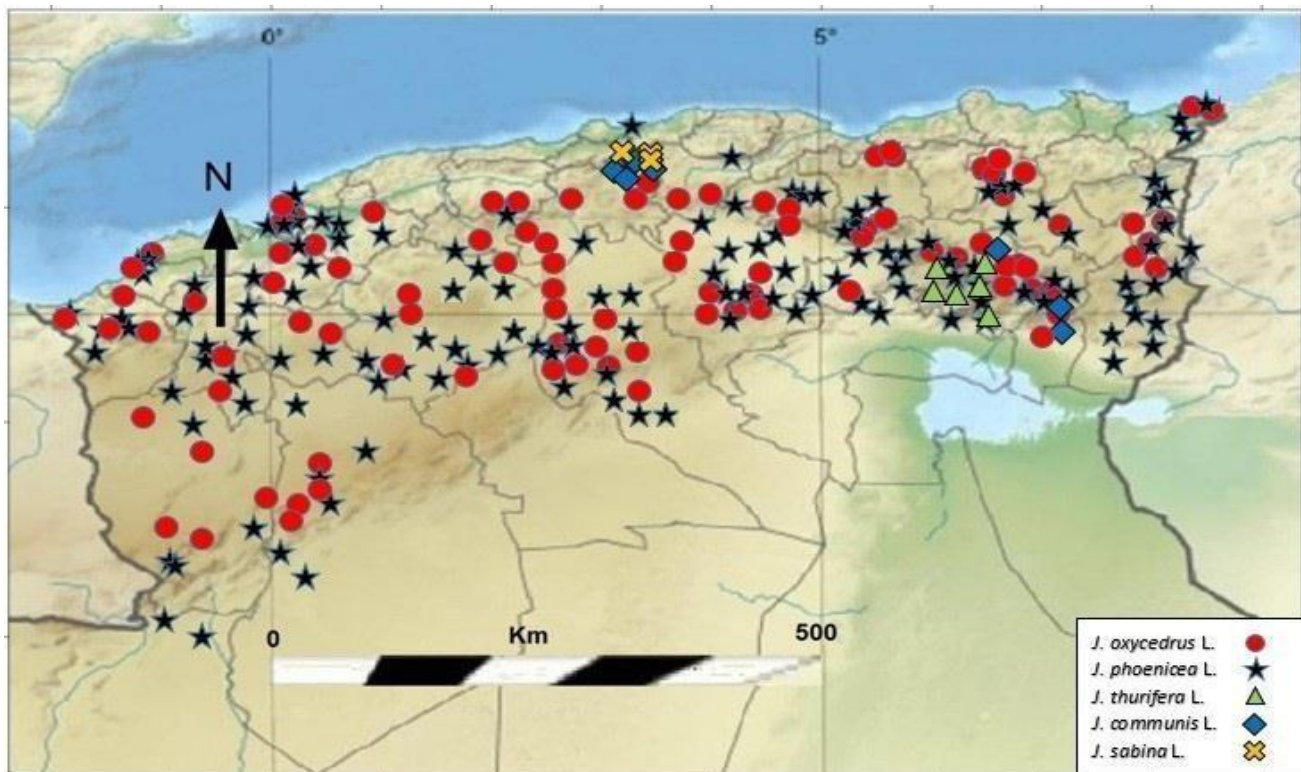


Figure 3. Aire naturelle de répartition des espèces du genre *Juniperus* L. en Algérie (Hafsi, 2018)

## CHAPITRE I. PRESENTATION DE L'ESPECE

Tableau 2. Caractéristiques botaniques et répartition géographique des genévriers en Algérie d'après Maire (1952) et Quézel & Santa (1962).

Section	Espèce / Variété	Caractéristiques	Répartition	Référence
<i>Oxycedrus</i>	<i>J. communis</i> var. <i>hemisphaerica</i>	Buisson bas ( $\leq 150$ cm), feuilles avec une seule bande blanchâtre, fruits bleus à noir-bleu (5–7 mm)	Hautes montagnes : Djurdjura, Aurès	Quézel & Santa (1962)
	<i>J. oxycedrus</i> subsp. <i>rufescens</i>	Fruits rougeâtres (6–15 mm), fleurs mâles subglobuleuses (1 mm)	Forêts de montagne, toute l'Algérie	Quézel & Santa (1962)
	<i>J. oxycedrus</i> subsp. <i>macrocarpa</i>	Fruits brun-rouge (8–15 mm), fleurs mâles ovoïdes (1,5–2 mm), formes intermédiaires avec <i>rufescens</i>	Dunes littorales, rarement à l'intérieur	Quézel & Santa (1962)
<i>Sabina</i>	<i>J. phoenicea</i> var. <i>eu-phoenicea</i> / <i>turbinata</i>	Arbre de 4–8 m, monoïque, feuilles imbriquées, fruits rouges brillants (6–15 mm)	Dunes, collines, montagnes	Maire (1952), Quézel & Santa (1962)
	<i>J. thurifera</i> var. <i>africana</i>	Arbre jusqu'à 20 m, dioïque, ramules tétragones, galbules réticulés (6–8 mm)	Hautes montagnes sèches : Aurès	Quézel & Santa (1962)
	<i>J. sabina</i>	Arbrisseau $\leq 4$ m, monoïque ou dioïque, fruits non réticulés, rameaux arqués	Rochers de haute montagne : Djurdjura	Quézel & Santa (1962)

### 1.5 Monographie des espèces retrouvées en Algérie

#### 1.5.1 *Juniperus communis* L.

Le genévrier commun (*Juniperus communis* L.) est une espèce dioïque. Il est généralement associé à une végétation de zones dégradées ou en cours de régénération, telles que les friches, les landes ou les pelouses herbeuses (Riou-Nivert, 2001 ; Callen, 1976).

#### 1.5.2 *Juniperus oxycedrus* L.

Le genévrier cade (*Juniperus oxycedrus* L.), également appelé oxycèdre, est un petit arbre ou un arbrisseau répandu dans les régions côtières méditerranéennes, allant du Maroc à l'Iran. Il constitue l'une des espèces caractéristiques des garrigues et des maquis. Les cônes, comestibles lorsqu'ils sont frais, sont de couleur brun à orange (Lebreton et al., 1991).

#### 1.5.3 *Juniperus thurifera* L.

Le genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.), connu localement sous les noms berbères Aywel ou Thazenzna, est un arbre ou arbuste généralement dioïque, bien que des individus monoïques soient parfois observés (Borel & Polidori, 1983 ; Conrad, 1986 ; Badri, 2003).

#### 1.5.4 *Juniperus phoenicea* L. ( Notre espèce choisie)

*Juniperus phoenicea* L., communément appelé genévrier de Phénicie ou genévrier rouge, est un arbuste bien adapté au climat méditerranéen aride (Caudullo & Rigo, 2016 ; Becker et al., 1982 ; Adams et al., 2002).

#### 1.5.5 *Juniperus sabina* L.

*Juniperus sabina* L. (section *Sabina*) est un arbuste ou arbrisseau, monoïque ou dioïque, très ramifié dès la base. Il forme des buissons denses et verts, dépassant rarement 1 à 1,5 m de hauteur, bien qu'il puisse atteindre 3 à 4 m dans les stations abritées (Maire, 1952 ; Farjon, 2010).

### 1.6 Intérêts et usages

De nombreuses espèces de *Juniperus* sont utilisées en aménagement paysager pour leur diversité ornementale (Adams, 1993). Leur bois, parfumé, solide et résistant à la décomposition, est exploité à des fins domestiques (Dallimore et al., 1967 ; Herbst, 1978). Le feuillage aromatique et les résines sont appréciés pour leurs propriétés médicinales (diurétiques, dépuratives, hypoglycémiantes) et spirituelles, notamment via les huiles essentielles utilisées en parfumerie, savonnerie et parfois en médecine (Callen, 1976 ; Laszlo, 2000 ; Schirner, 2004). Les baies servent aussi à aromatiser certaines viandes, comme le porc, ou la choucroute (Dallimore et al., 1967 ; Callen, 1976 ; Laszlo, 2000 ; Schirner, 2004).

### 2. Description de l'espèce étudiée (*Juniperus phoenicea* L.)

#### 2.1 Étymologie

Le *Juniperus phoenicea* L. est connu sous plusieurs noms :

- **Nom vernaculaire arabe** : العرعار الأحمر (*Arar*)
- **En français** : Genévrier rouge, Genévrier de Phénicie
- **En anglais** : Phoenician Cedar, Berry Bearing Cedar
- **En berbère** : Aghagh, Taqa, Tawrirt (Ait Youssef, 2006 ; Quézel & Gast, 1998)

#### 2.2 Systématique

La position systématique du *Juniperus phoenicea* L. selon Quézel & Santa (1962), Teibi (1992), et Adams (2004) est :

- **Genre** : *Juniperus* L.
- **Espèce** : *Juniperus phoenicea* L.

Cependant, sa classification a longtemps été sujette à débat (Quézel & Médail, 2003 ; Hafsi, 2018), avec plusieurs étapes de révision :

- **Maire (1952)** : distingue deux variétés selon des critères morphologiques :
  1. *var. eu-phoenicea* (avec 3 formes),
  2. *var. turbinata* (du littoral).
- **Gaussen (1968)** : élargit à 5 variétés : *turbinata*, *canariensis*, *lycia*, *mollis*, *megalocarpa*.
- **Lebreton & Thivend (1981)** : décrivent *ssp. eu-mediterranea*.
- **Rivas-Martinez et al. (1993)** et **Lebreton & Pérez de Paz (2001)** : élèvent *J. phoenicea* et *J. turbinata* au rang d'espèces.
- **Farjon (2005-2010)** et **Farjon & Filer (2013)** : reconnaissent deux sous-espèces :
  - *ssp. phoenicea*
  - *ssp. turbinata* (Guss.) Nyman
- **Adams (1996)** : adopte également cette distinction.
- **Adams & Schwarzbach (2013)** ; **Adams (2014a)** : sur la base de données ADN, confirment la séparation taxonomique entre *J. phoenicea* et *J. turbinata*, suivant l'hypothèse de Martinez et al. (1993) et Lebreton & Pérez de Paz (2001).

#### 2.1 Caractéristiques botaniques

##### 2.1.1 Allure générale

Le *Juniperus phoenicea* est un arbuste dressé ou arbrisseau touffu (Figure 4), de forme

## CHAPITRE I. PRESENTATION DE L'ESPECE

---

pyramidale, résineux et aromatique que font de 4 à 8 mètres de haut, des peuplements ouverts (Bouilet, 2007).



**Figure 4. Aspect général du *J. pheonicea* dans la région d’Azrou Oughilass de Bouira (Belkahla et Chouit).**

### 2.1.2 Port et écorce

Le tronc ou les branches larges écailleuses (figure 5) sont exfoliants en longues bandes, de couleur gris. (Farjon, 2010). Les branches forment une corbeille très compacte de rejets, dont certaines ont 5 mètres de diamètre et 3 mètres de hauteur (Boudy, 1950). L’écorce est de couleur brun rouge légèrement lamelleuse fibreuse (Rameau et *al.*, 2008).



**Figure 5. Tronc de genévrier rouge avec son écorce de la station d’Azrou Oughilass de Bouira (Belkahla et Chouit).**

### **2.1.3 Feuilles**

Selon Varlet (1992) et Maire (1952), les feuilles (figure 6) sont fort petites, charnues, d'un vert foncé, ovales, convexes abtutes fortement, imbriquées, appliquées contre les rameaux, semblables à de petites écailles ; possèdent de très petites glandes à résine. Par contre, les feuilles juvéniles sont squamiformes.



**Figure 6. Feuilles écailleuses de *J. phoenicea* de la station la station d’Azrou Oughilass de Bouira (Belkahla et Chouit).**

### **Fleurs**

D'après Chaumonton (1945), les fleurs males disposées en petits chartons ovales ou arrondis situés à l'extrémité des rameaux, munis d'écailles pédicellées, en forme de bouclier ; elles tiennent lieu de calice. Les étamines sont composées de trois ou quatre anthères, placées sous chaque écaille. Dans la fleur femelle, les écailles sont épaisses, aigues, disposées sur quatre rangs. Ces écailles croissent et deviennent charnues en formant une baie arrondie, contenant ordinairement trois noyaux à une seule loge.

### **2.1.4 Fruits et graines**

Selon Seigue (1985), le fruit (8 à 15 mm) est brun rouge à maturité. Il est formé d'écailles soudées, opposés en croix, charnues avec une pulpe jaune, fibreuse et résineuse (figure 7).

Les graines sont 3-8 par cône, relativement petites inégales, 4 mm de longueur, et aplaties (Farjon, 2010). Les graines sont de quatre à neuf par fruit, ovales, aux extrémités aigues avec une enveloppe dure qui retarde la germination (Seigue, 1985).



**Figure 7. Galbules de *J. phoenicea* de la station de Filfila - Skikda (Belkahla et Chouit).**

### **2.2 Ecologie et Biologie de l'espèce**

La plupart des auteurs ont souligné l'excellent pouvoir d'adaptation du genévrier dans les conditions écologiques difficiles.

#### **2.2.1 Exigences climatiques et édaphiques**

Selon Boudy (1950) et Rameau et *al.* (2008), le *J. phoenicea* s'adapte à des contextes climatiques méridionaux variés. Il peut végéter dans des conditions très sévères et supporter de graves mutilations. Il résiste mieux à l'aridité au froid, surtout au vent, moins bien aux incendies. Cette espèce est présente dans les garrigues, les maquis, les terres boisées, les sols pierreux et les roches calcaires (figure 8), les dunes de sable en altitude entre 1 m et 2400 m, aussi où il y'a prédominance de calcaire, roche granitique, grès, serpentine, roche volcanique (Farjon, 2010).



Figure 8. *J. phoenicea* développé dans des conditions extrêmes - Gorges de l'Ardèche, France- (Mandin, 2010).

### 2.2.2 Biologie et régénération du genévrier rouge

- **Floraison et fructification** : La floraison se produit en **avril** par **anémogamie** (pollinisation par le vent), et la maturation des fruits est presque **achevée en juillet** (Agest, 1960).
- **Germination** : La germination est **lente et difficile**, mais elle est **facilitée** par le passage des graines dans le **tube digestif des animaux**. Les **oiseaux** jouent un rôle important dans la dissémination, surtout dans les milieux peu concurrencés (Seigue, 1985).
- **Régénération** : La régénération se fait **partiellement par rejets**, mais surtout par **semis naturels**. Les graines peuvent rester longtemps dans le sol sans germer. Une régénération complète par semis nécessite une période de **20 à 25 ans** (Body, 1950).
- **Longévité** : Malgré une **taille modeste**, l'espèce peut vivre **très longtemps**. Par exemple, un individu de **1,5 m de haut** et **8 cm de diamètre** peut atteindre **1150 ans**. Dans les gorges en France, certains arbres vivants dépassent **1500 ans**, et certaines souches mortes sont en place depuis **plusieurs millénaires** (Mandal, 2005).

## 2.3 Répartition géographique

### 2.3.1 Dans le monde

Le genévrier de Phénicie (figure 9 ) est une espèce dont l'aire de répartition est circumméditerranéenne, il se trouve aussi bien dans certaines régions du littoral que sur les basses montagnes dont l'altitude ne dépasse pas 2000 m (Ait Youssef, 2006 ; Gandini, 2006).

## CHAPITRE I. PRESENTATION DE L'ESPECE

Au niveau mondial, il se produit (Seigue, 1985 ; Dakki, 2003 ; Mazur et *al.*, 2003 ; Achak et *al.*,2009) en :

- Europe méridionale (sud de la France, l'est du Portugal, Espagne) ;
- Asie tempérée et subtropicale (Turquie, Chypre, l'ouest de l'Arabie Saoudite, Israël, Jordanie) ;
- Océan atlantique (îles Canaries) ;
- En Afrique du nord (Algérie, Maroc, Tunisie, Lybie et Egypte).

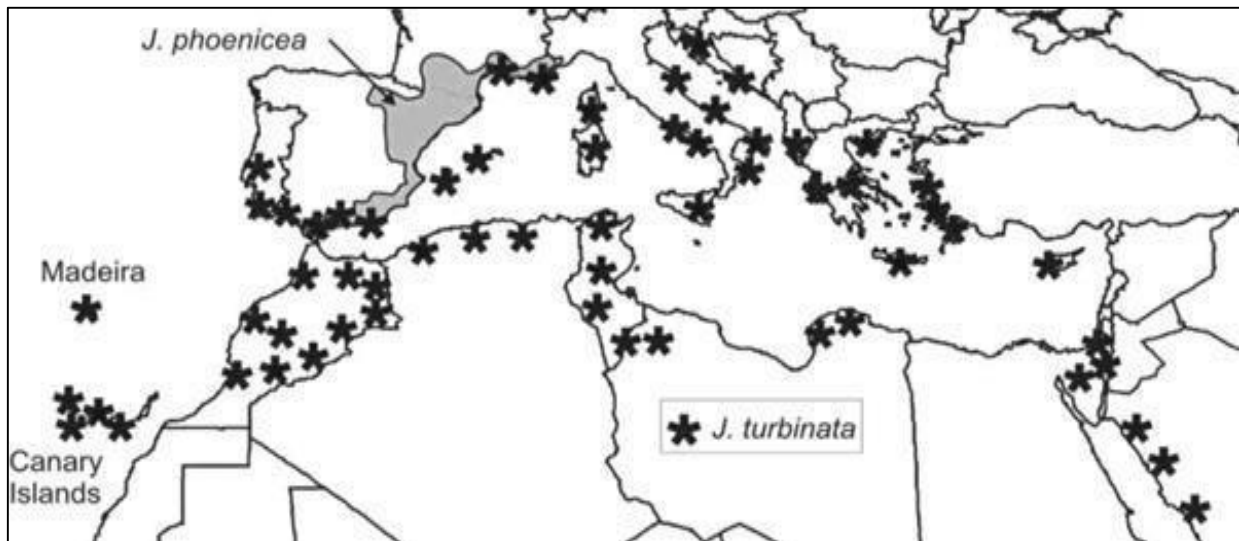


Figure 9. Répartition orographique des deux espèces : (*J. phoenicea* et *J. turbinata*) dans le monde.

### 2.3.2 Répartition du genévrier rouge (*Juniperus phoenicea* L.) en Algérie

Le genévrier rouge couvre environ 227.000 ha, soit 10 % des forêts algériennes (Louni, 1994).

Il est fréquent :

- sur le littoral,
- dans les hauts plateaux,
- dans l'Atlas saharien de l'Oranais, de l'Algérois et du Constantinois (Ait Youssef, 2006).

Il est plus rare ailleurs, mais on le retrouve :

- sur les dunes littorales et dans les collines côtières de la Barbarie,
- dans les montagnes des Aurès, particulièrement au sud (régions de Maafa et Beni Fodhala), avec 1.950 ha recensés (Abdessamed, 1981 ; Dakki, 2003 ; Ait Youssef, 2006).

### 2.4 Intérêts et usages

#### a) Usages médicinaux traditionnels

- Feuilles : soignent le diabète, la diarrhée, les rhumatismes, et les maladies bronchopulmonaires.
- Fruits : en poudre, traitent les ulcérations cutanées et les abcès.
- Feuilles + cônes : utilisés comme hypoglycémiant oral (Le Floc'h, 1983 ; Bellakhder, 1997 ; Boullard, 2001).

#### b) Activités biologiques reconnues

- Antioxydante, antidiabétique, anti-obésité (Keskes et al., 2014),
- Hépatoprotectrice (Laouar et al., 2017),
- Anticancéreuse (Cairnes et al., 1980),
- Anti-inflammatoire, antibactérienne (Derwich et al., 2010),
- Antifongique (Mansouri, 2011).

#### c) Utilisations écologiques et pratiques

- Bois imputrescible : clair (houppier), jaune sombre (cœur), idéal pour la construction et l'ébénisterie ; très bon bois de feu, bien que de faibles dimensions.
- Feuillage : parfois donné au bétail, ou utilisé en décoction contre les troubles digestifs (Seigue, 1985).

# CHAPITRE II

ETUDE DU MILIEU,  
MATERIEL & METHODES



### 1. Etude du milieu

#### 1.1 Cadre physique

##### 1.1.1 Choix et localisation

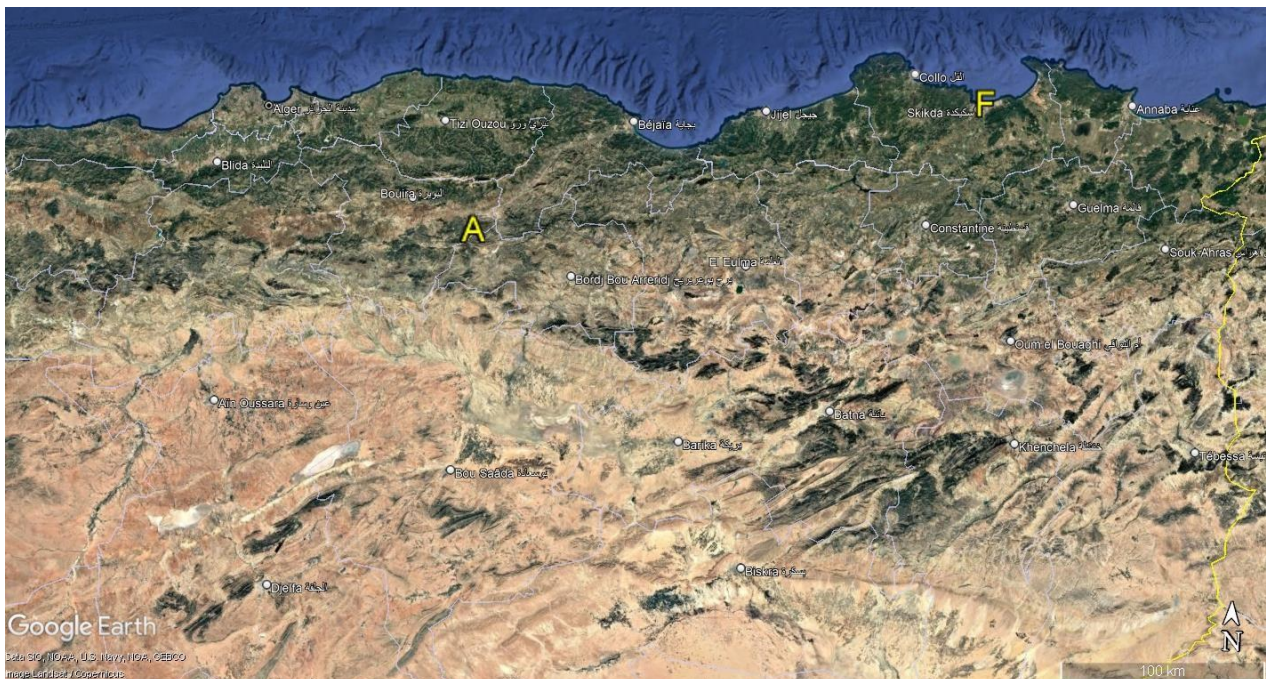
L'étude entreprise a été effectuée sur les feuilles de deux populations naturelles algériennes (tableau 3 et figure 10) de l'espèce *Juniperus phoenicea* L.

Le choix des deux populations nous a été dicté par un ensemble de considérations d'ordre pratique et scientifique, à savoir : la variabilité des bioclimats, la présence d'un nombre suffisant d'individus et la possibilité d'accès au terrain.

Les principales caractéristiques géographiques des sites d'échantillonnage sont indiquées dans le tableau 3.

**Tableau 3. Principales caractéristiques géographiques des sites étudiés.**

Site	Altitude (m)	Cordonnées Lambert	Localisation (Wilaya)
<b>Filfila (F)</b>	66	36°53' N 06°58' E	Skikda
<b>Azrou Oughilass (Z)</b>	1500	36°15' N 04°15' E	Bouira



**Figure 10. Localisation des sites d'échantillonnage de notre espèce en Algérie. Filfila (F) à Skikda et Azrou Oughilass (A) à Bouira.**

### 1.1.2 Contexte biogéographique

#### 1.1.2.1 Filfila (Skikda)

Selon Bououden (2014), le massif de Filfila est situé dans le nord-est de l'Algérie, à environ 25 km à l'est de Skikda et à 530 km d'Alger. Il appartient au domaine interne de la chaîne alpine d'Algérie nord-orientale et s'intègre dans le socle cristallin de la Petite Kabylie (Kherroubi, 2011). Il s'agit d'un ensemble géologique complexe où affleurent des formations métamorphiques et carbonatées du Lias, intrudées par des granitoïdes d'âge langhien (Mebrouk et *al.*, 2013).

Le climat de la région est typiquement méditerranéen, influencé par la proximité de la mer. Il se caractérise par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. Les précipitations sont abondantes en hiver, atteignant plus de 800 mm/an dans les zones nordiques et sur les reliefs les plus élevés (Boulaïbal et *al.*, 2021).

La végétation du Djebel Filfila se compose d'un maquis dense et difficilement pénétrable, incluant notamment des broussailles, du chêne-liège (*Quercus suber*), des oliviers sauvages (*Olea europaea var. sylvestris*) et diverses herbacées (Sahli, 2014). La végétation est particulièrement dense en dehors des zones exploitées, comme les carrières où elle devient très clairsemée, à l'exception de la périphérie orientale et septentrionale qui reste couverte de chêne-liège.

Le relief du secteur est accidenté et montagneux, présentant des vallées profondes, des sommets arrondis et des affleurements rocheux. Le massif montre également un relief karstique marqué, typique des zones calcaires, avec la présence de dolines, de pitons rocheux et de collines calcaires (Hamina et *al.*, 2022).

Le réseau hydrographique est modérément dense, structuré par des oueds profonds et étroits tels que l'oued Sabaoun et l'oued Righa. L'écoulement suit initialement une direction est-ouest avant de se réorienter nord-ouest et sud-est, permettant un drainage efficace vers la mer Méditerranée (Brahimi et *al.*, 2020).

Des nappes aquifères sont localisées dans les alluvions et les dépôts colluviaux qui comblent les dépressions du nord-est de la région. Ces eaux souterraines sont principalement de type chloritosodique et hydrocarbonaté, et leur alimentation est favorisée par la perméabilité des calcaires fissurés du Djebel Filfila. À l'inverse, les formations schisteuses (flyschs) en périphérie sud-est, peu perméables, favorisent le développement de nappes sporadiques (Zerrouki et *al.*, 2019).

### 1.1.2.2 Azrou Oughilass (Bouira)

Azrou Oughilass est situé dans la wilaya de Bouira, à environ 120 km au sud-est d'Alger. Ce site fait partie du massif du Djurdjura, dans la chaîne tellienne au nord de l'Algérie. Il appartient au domaine interne de l'Atlas tellien, plus précisément à la Kabylie septentrionale, zone montagneuse connue pour ses fortes pentes et sa richesse écologique (Zerdane, 2013).

Le climat de la région est méditerranéen (Csa selon Köppen-Geiger), caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers froids et humides, avec des précipitations annuelles pouvant dépasser 400 mm (Affroun & Gheliaoui, 2019). Ces précipitations sont renforcées par l'effet orographique du Djurdjura, qui concentre l'humidité sur ses versants nord. La température moyenne annuelle est estimée autour de 14,4 °C (Climate-Data.org, 2024).

La végétation naturelle y est dense, constituée de maquis méditerranéens typiques avec des espèces telles que le chêne-liège (*Quercus suber*), le pin d'Alep (*Pinus halepensis*), l'olivier sauvage (*Olea europaea* var. *sylvestris*), et le genévrier (*Juniperus* spp.). Cette diversité végétale, autrefois bien équilibrée, est menacée par des activités humaines non contrôlées. En effet, le site subit des pressions importantes telles que les dépôts sauvages d'ordures ménagères, le rejet direct des eaux usées domestiques, et la déforestation, qui affectent la régénération naturelle de la végétation (Fedjkhi, 2023). Ces actions dégradent non seulement le paysage mais aussi la qualité du sol et de l'eau.

Le sous-sol de la région est formé principalement de schistes et de calcaires fissurés, ce qui permet l'infiltration de l'eau et la formation de nappes aquifères locales. Toutefois, ces ressources sont aujourd'hui vulnérables à la pollution anthropique, notamment en raison de la minéralisation des eaux de surface et souterraines (Affroun & Gheliaoui, 2019).

Enfin, les conditions topographiques accentuent les risques naturels dans cette zone. Le relief accidenté, combiné aux précipitations importantes et à l'érosion des sols due à la perte de couverture végétale, favorise les glissements de terrain et l'instabilité des versants. Ces processus géodynamiques représentent une menace réelle pour les habitants et les infrastructures locales (Anonyme, 2022).

## 1.2 Cadre climatique

L'étude des éléments constitutifs du climat, tels qu'utilisés dans les recherches écologiques, repose sur la mesure de plusieurs variables climatiques permettant de définir les différentes composantes du climat. s du climat.

**1.2.1 Sources et périodes des données météorologiques**

Les données météorologiques exploitées sont issues des bases de données climatiques fournies par la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) et le WorldClim, sur une période trentenaire pour les deux sites d'échantillonnage (tableau 4).

**Tableau 4. Caractéristiques des stations climatiques de référence (O.N.M. d'Alger).**

Station météorologique	Période	Cordonnées Lambert		Altitude (m)	Site d'échantillonnage
		Latitude	Longitude		
Skikda	1994 / 2024	36°54 N	06°53 E	7	Filfila (F)
Bouira	1994 / 2024	30°20N	04°12 E	555	Azrou Oughilass (A)

**1.2.2 Paramètres et indices climatiques étudiés**

Les paramètres et les indices climatiques retenus dans l'étude du climat de chaque site d'échantillonnage sont présentés dans le tableau 5.

**Tableau 5. Paramètres et indices climatiques appliqués pour les sites d'échantillonnage.**

Paramètres & indices climatiques		
<b>Paramètres thermiques</b>	T	Valeur de la moyenne annuelle (°C).
	m	Valeur de la moyenne des minimas du mois le plus froid (°C).
	M	Valeur de la moyenne des maximas du mois le plus chaud (°C).
	M'	Valeur de la moyenne des minimas du mois le plus chaud (°C).
	T min	Valeur la plus faible des moyennes mensuelles (°C).
	T max	Valeur la plus forte des moyennes mensuelles (°C).
<b>Paramètres pluviométriques</b>	P	Pluviométrie totale annuelle (mm/ an).
<b>Indices climatiques</b>	A ou Ic	Amplitude thermique annuelle moyenne (T max- T min).
	Q <sub>3</sub>	Quotient pluviothermique d'Emberger modifié par Stewart.

### 1.2.3 Données et paramètres climatiques

La température de l'air et les précipitations sont les deux paramètres atmosphériques le plus fréquemment mesurés dans les réseaux de mesure météorologique (Leroy, 2002).

Des extrapolations de valeurs thermiques sont effectuées suivant un gradient altitudinal de 100 mètres de dénivelée, calculé sur la base de  $-0,7^{\circ}\text{C}$  pour le maxima (M) et de  $-0,4^{\circ}\text{C}$  pour le minima (m) (Seltzer, 1946). Pour les précipitations, une augmentation de 40 mm s'ajoute aussi aux totales annuelles tous les 100 m d'altitude (Seltzer, 1946) dans le site de Filfila alors que pour le site de Azrou Oughilass qui se trouve dans le plateau steppique, presque subdésertique, nous avons adopté le gradient pluviométrique proposé par Djebaili (1984) qui est de 20 mm pour 100 m de dénivellation.

Les données corrigées relatives aux températures mensuelles et annuelles (moyennes, minimales et maximales) et même celles relatives aux moyennes mensuelles et aux totales annuelles des précipitations des sites étudiés (tableau 5).

### 1.2.4 Synthèse climatique

Plusieurs auteurs ont proposé des indices climatiques qui sont des combinaisons des moyennes des différentes composantes du climat notamment la température et les précipitations (Emberger, 1955).

#### 1.2.4.1 Le régime saisonnier

La notion du régime saisonnier a été définie en premier par Musset (1935). Cette méthode consiste à calculer la somme des précipitations par saison et à effectuer un aménagement ou un classement saisonnier par ordre de pluviosité décroissante en désignant chaque saison par son initial, par conséquent, ce système permet de définir un indicatif saisonnier de chaque site.

Les données présentées dans le tableau 7 révèlent 2 types de régime saisonnier de sorte qu'il est :

- De type HAPE pour le site de Filfila où les précipitations importantes sont celles de l'hiver (535.7 mm).
- De type PHAE concerne l'autre site de Azrou Oughilass dont les précipitations importantes sont celles qui tombent en Automne (129.6 mm).

## CHAPITRE II. ETUDE DU MILIEU, MATERIEL & METHODES

**Tableau 6. Données thermiques (en C°) et pluviométriques (en mm) corrigées des sites étudiés**

Site / Paramètre		J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D	Moyenne	Somme
Filfila à Skikda	m	7,8	7,7	8,6	10,5	13,3	16,5	19,2	20,0	18,3	15,1	11,4	8,7	13.1	—
	M	15,7	16,2	17,1	19,1	21,8	24,7	28,0	28,5	26,9	23,9	20,1	16,7	21.5	—
	T	11,73	11,93	12,83	14,78	17,53	20,58	23,58	24,23	22,58	19,48	15,73	12,68	17.3	—
	P	119,0	97,0	78,0	62,8	30,9	13,5	3,0	10,0	31,1	77,4	102,4	127,0	—	752.2
Azrou Oughilass à Bouira	m	3,2	4,2	6,2	9,2	13,2	17,2	20,2	20,2	17,2	12,2	7,2	4,2	11,2	—
	M	12,4	13,4	16,4	20,4	24,4	29,4	33,4	33,9	28,4	22,4	16,4	12,4	22	—
	T	7,8	8,8	11,3	14,8	18,8	23,3	26,8	27,1	22,8	17,3	11,8	8,3	16,6	—
	p	57,9	48,3	57,9	48,3	38,6	19,3	9,7	9,7	29,0	48,3	67,6	77,3	—	676

*m*, moyenne des minima du mois le plus froid en °C ; *M*, moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C ; *P*, Pluviométrie totale annuelle en mn/ an (Source : O.N.M., Office national de la météorologie d'Alger).

**Tableau 7. Types de régime saisonnier correspondants aux sites d'échantillonnage.**

Site	H	P	E	A	Type de régime saisonnier
Filfila (F)	343,1	171,7	26,5	210,9	HPAE
Azrou Oughilass (A)	183,5	144,9	38,6	144,9	HPAE

**1.2.4.2 Evaluation de la continentalité**

La continentalité d'un climat résulte de la combinaison des facteurs thermiques et pluviaux interactifs pour distinguer les types de pluviosité (climats continentaux, semi-continentaux et maritimes) (Mokhtari *et al.*, 2013).

**- La continentalité thermique**

De nombreux auteurs ont utilisée l'amplitude thermique annuelle moyenne « A » augmente avec l'éloignement de la mer afin d'évaluer le degré de continentalité. Cette amplitude se définit par l'écart entre les températures moyennes mensuelles extrêmes ( $T_{\max} - T_{\min}$ ) de l'année d'une station météorologique (Emberger, 1971 ; Rivas-Martinez, 2005 ; Mokhtari *et al.*, 2013).

Rivas-Martinez (2005) qui a défini trois types et dix-huit sous-types de continentalité thermique (avec son indice  $I_c = A$ ) dans le monde (tableau 8).

**Tableau 8. Types et sous-types de continentalité thermique selon Rivas-Martinez (2005)**

Types	Sous-types	A ou $I_c$ (°C)
<b>Hyperocéanique</b> (0-11 C°)	Ultra-hyperocéanique accentué	0-2
	Ultra-hyperocéanique atténué	2-4
	Eu-hyperocéanique accentué	4-6
	Eu-hyperocéanique atténué	6-8
	Sub-hyperocéanique accentué	8-10
	Sub-hyperocéanique atténué	10-11
<b>Océanique</b> (11-21 C°)	Semi-hyperocéanique accentué	11-13
	Semi-hyperocéanique atténué	13-14
	Eu-océanique accentué	14-16
	Eu-océanique atténué	16-17
	Semi-continental accentué	17-19
	Semi-continental atténué	19-21
<b>Continental</b> (21-66 C°)	Sub-continental accentué	21-24
	Sub-continental atténué	24-28
	Eu-continental accentué	28-37
	Eu-continental atténué	37-46
	Hyper-continental accentué	46-56
	Hyper-continental atténué	56-66

L'application de cette classification pour les deux sites d'échantillonnage (tableau 9) révèle que le site du littoral de Filfila se distingue par son Semi-hyperocéanique atténué avec une valeur de ( $A=12,5^{\circ}\text{C}$ ) par rapport à l'autre site d'Azrou Oughilass qui a le type semi-continentale atténué ( $A= 19.3^{\circ}\text{C}$ ).

**Tableau 9. Valeurs de l'amplitude annuelle moyenne et Bioclimats correspondants selon les classifications de Rivas-Martinez (2005)**

Site	Ic=A (°C)	Bioclimat
Filfila (F)	12.5	Semi-hyperocéanique
Azrou Oughilass (A)	19.3	Semi-continentale atténué

$A=(T_{max}-T_{min})$ , amplitude thermique annuelle moyenne en °C.

### 1.2.4.3 Evaluation de la sécheresse

#### - Indice de Bagnouls et Gausson (1953) et diagramme ombrothermique

Un des indices les plus utilisés encore à l'heure actuelle est l'indice de Bagnouls et Gausson (1953).

Pour repérer les mois secs et humides d'une localité, généralement des diagrammes ombrothermiques sont tracés. Ces diagrammes superposent les deux courbes de températures (T) et de précipitations (P), à la fois en ordonnées sur deux axes, pour les 12 mois de l'année (en abscisses) ce qui permet de définir une aire ombrothermique. Plus l'aire est importante et plus la saison est sèche (Faurie *et al.*, 1980 ; Frontier *et al.*, 2004).

L'analyse des diagrammes ombrothermiques établis selon la méthode de Bagnouls et Gausson (Figure 11) révèle une période de sécheresse estivale marquée dans les deux stations étudiées. Toutefois, une nuance apparaît entre les deux sites : la station d'Azrou Oughilass présente une période sèche plus longue, s'étalant sur environ quatre mois et deux tiers, tandis que celle de Filfila connaît une période sèche légèrement plus courte, de quatre mois et un tiers. Cette différence reflète les variations locales des conditions climatiques, notamment en lien avec l'altitude et la continentalité.

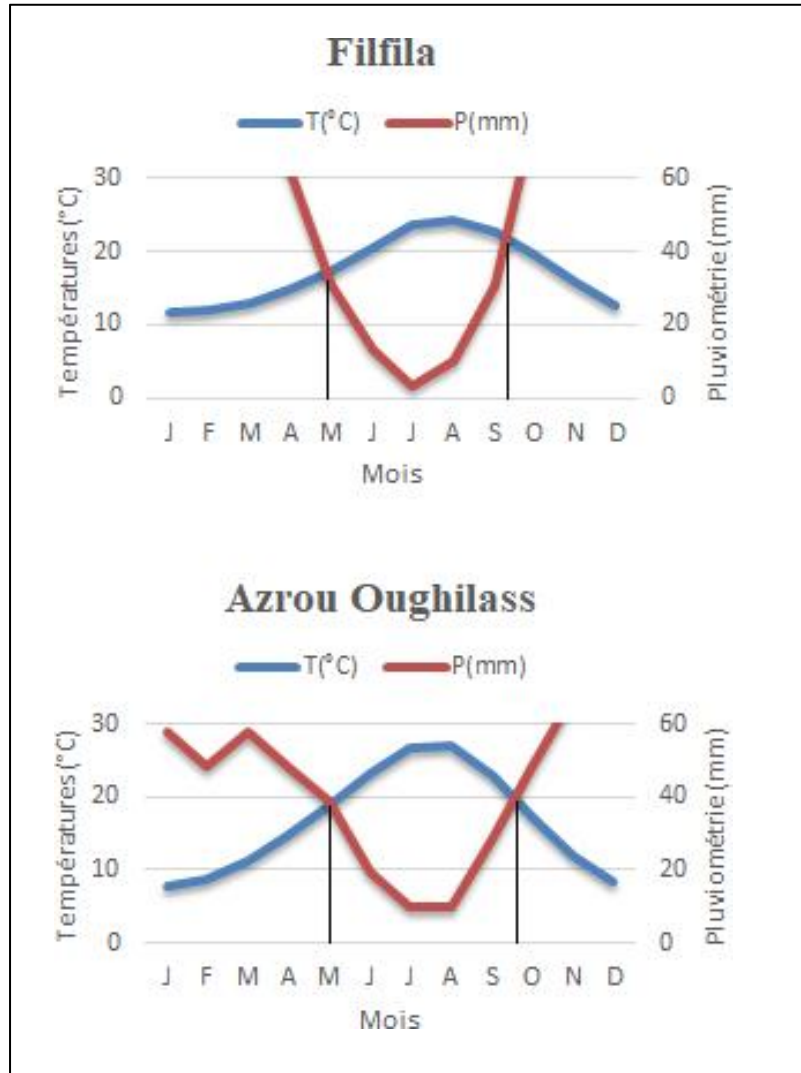


Figure 11. Diagramme ombrothermique de Bagnouls & Gaussen des deux stations d'échantillonnage. Filfila (F) et Azrou Oughilass (A).

- Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

Le quotient pluviothermique  $Q_2$  établi par Emberger (1955) est spécifique au climat méditerranéen. Il est le plus fréquemment utilisé en Afrique du Nord pour étudier la sécheresse globale. Ce système appelé « climagramme d'Emberger » permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée. Il est déterminé à partir de la formule suivante :

$$= \frac{P}{(M+m)(M-m)} \quad \text{ou} \quad = \frac{P}{M^2 - m^2}$$

P : Précipitations annuelles totales (mm) ;

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud (K°);

m : Moyenne des maxima du mois le plus froid (K°).

Les températures sont exprimées en Kelvin (K) :  $T_K = T_C + 273,15$ .

Stewart (1969) a développé une formule simplifiée de ce quotient pluviothermique d'Emberger pour l'Algérie et le Maroc, qui est défini comme suit :

$$= \frac{P}{M-m}$$

3.43 : Constante relative à la région : Algérie-Maroc ;

P : Précipitations totales annuelles en mm ;

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en C° ;

m : Moyenne des minima du mois le plus froid en C°.

Le climagramme d'Emberger fait intervenir deux facteurs essentiels, d'une part la sécheresse représentée par le quotient pluviothermique  $Q_2$  en ordonnées et d'autre part la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en abscisses (Stewart, 1969). Plus ce quotient pluviothermique est élevé, plus le climat est plus humide (Dajoz, 1985).

Le tableau 10 met en évidence les nuances climatiques entre les sites de Filfila et d'Azrou Oughilass à travers les données de température, de pluviométrie annuelle et le quotient pluviothermique d'Emberger ( $Q_3$ ). Filfila affiche un  $Q_3$  de 123,9, correspondant à un bioclimat sub-humide chaud, tandis qu'Azrou Oughilass, avec un  $Q_3$  de 75,6, relève du sub-humide tempéré. Cette nuance bioclimatique reflète l'influence de facteurs comme l'altitude et la position géographique sur les conditions écologiques locales. Ainsi, malgré leur appartenance au même grand type climatique, une différence nette subsiste entre leurs régimes thermiques et hydriques.

**Tableau 10. Pluviométrie, températures et quotients d'aridité des sites étudiés**

Site	T (°C)		P (mm/an)	Q <sub>3</sub>	Bioclimats
	M (°C)	m (°C)			
<b>Filfila (F)</b>	28,5	7,8	752,2	123,9	Sub-humide chaud
<b>Azrou Oughilass (Z)</b>	33,9	3,2	676,0	75,6	Sub-humide tempéré

*m*, moyenne des minima du mois le plus froid en °C ; *M*, moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C ; *P*, pluviométrie en mm/an ; *Q<sub>3</sub>*, quotient pluviothermique d'Emberger.

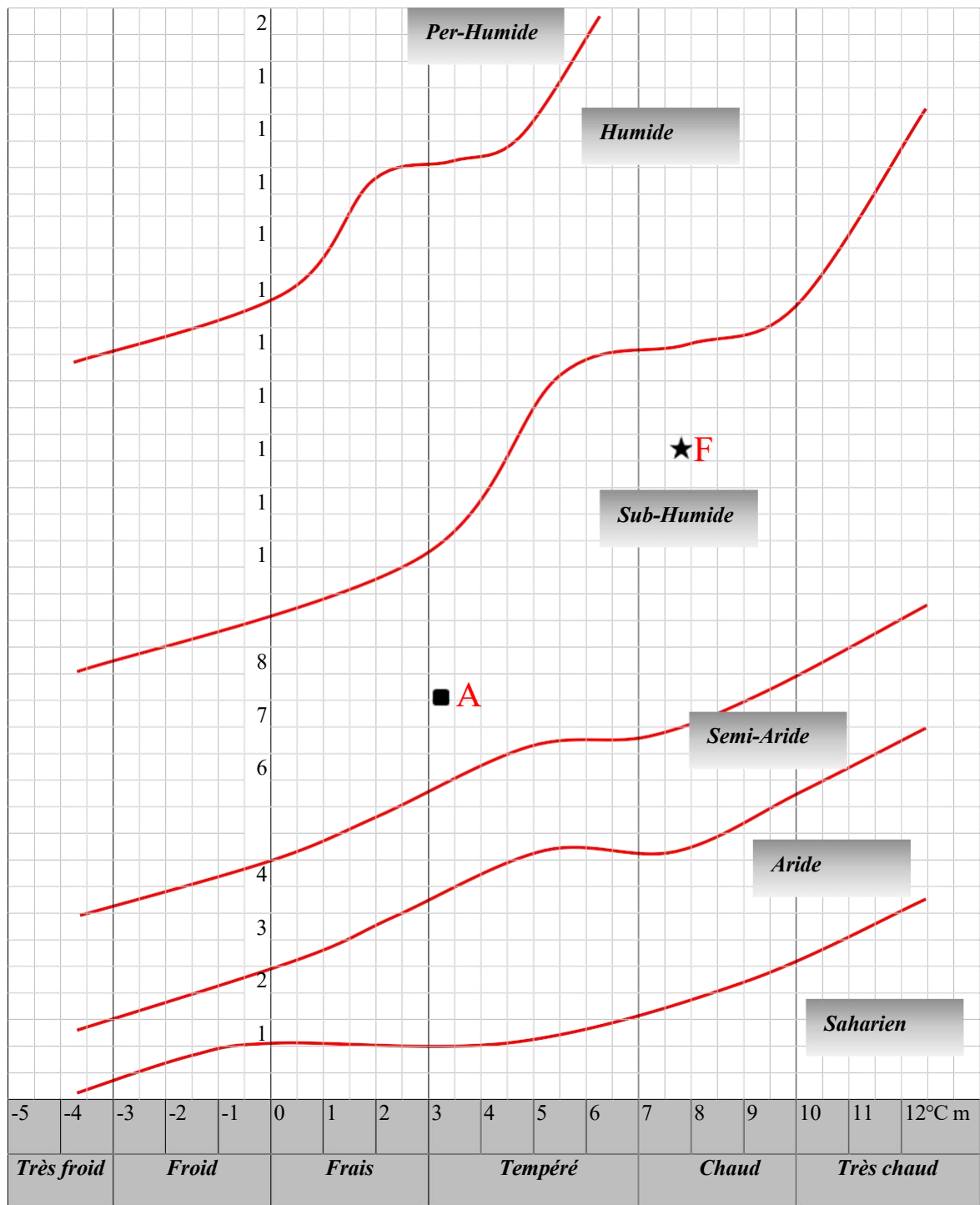


Figure 12. Situation des sites d'échantillonnage dans le climogramme d'Emberger concernant notre espèce. Filfila (F) et Azrou Oughilass (A).

### 2. Matériel

#### 2.1.1 Matériel végétal

L'échantillonnage a porté sur les feuilles de *Juniperus phoenicea* L., collectées auprès de trois populations naturelles présentes en Algérie. La récolte a été réalisée durant la campagne 2024–2025. Un total de trente individus a été sélectionné de manière aléatoire dans chaque population, soit 180 arbres au total. Sur chaque arbre, trente feuilles saines ont été prélevées autour de la couronne, ce qui représente un total de 1800 feuilles issues de deux stations d'étude.

#### 2.1.2 Dispositif expérimental

L'analyse de la variabilité phénotypique de l'espèce a été menée au sein du laboratoire pédagogique d'agronomie de l'Université du 20 Août 1955 de Skikda. Le matériel utilisé comprenait :

- **Sur le terrain** : sécateurs ou ciseaux, agrafeuse, sacs en papier, appareil photo numérique ;
- **Au laboratoire** : pied à coulisse, loupe binoculaire à zoom (Bentley Vision n°310828), pinces à bouts ronds, boîtes de conservation en plastique et en papier.

### 3. Méthodes

#### 3.1 Étude morphométrique

##### 3.1.1 Observation et sélection des caractères

L'étude de la diversité morphologique a reposé sur l'analyse de caractères morphologiques à la fois quantitatifs et qualitatifs (voir tableau 11). Ces caractères ont été choisis en s'appuyant sur diverses études antérieures relatives à *J. phoenicea* (Lebreton, 1983 ; Mazur et al., 2003–2010) ainsi qu'à des espèces proches (Gauquelin et al., 1988 ; Barbéro et al., 1994 ; Vela & Schäfer, 2013).

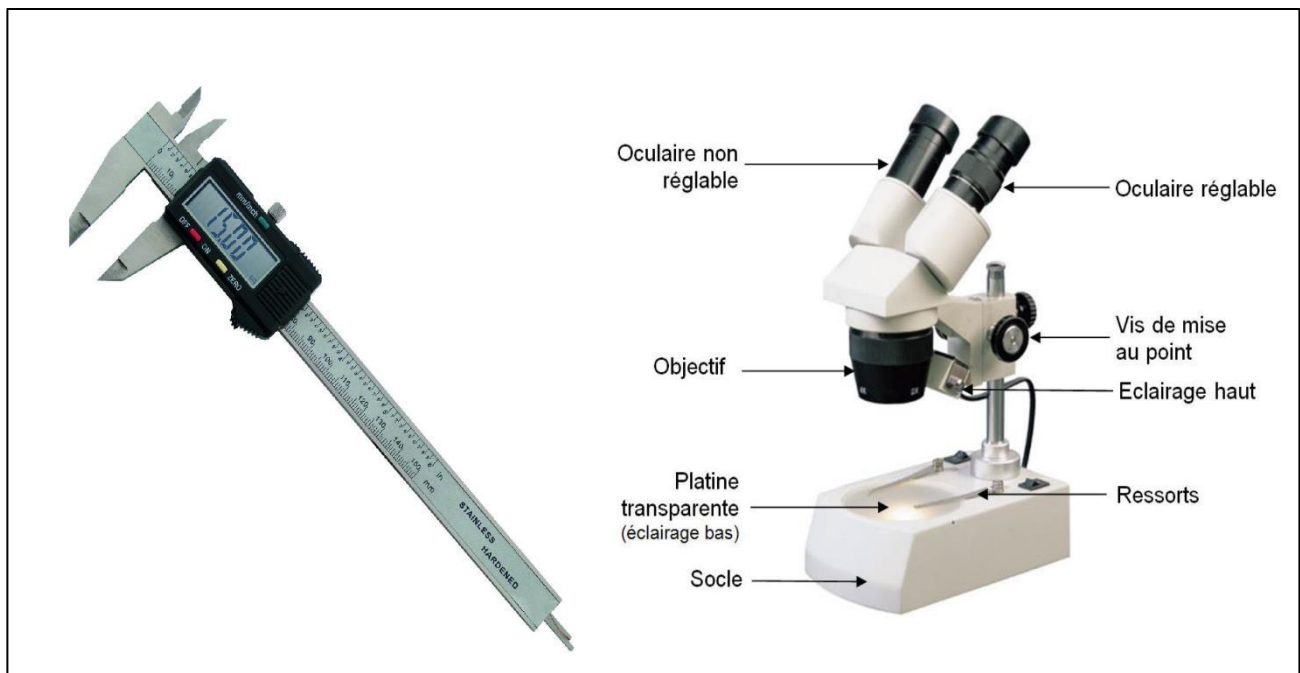
Comme l'indique Hafsi (2018), il existe plusieurs descripteurs phénotypiques permettant une identification rapide et simple de certaines espèces à l'œil nu. Toutefois, aucun guide spécifique n'existe actuellement pour les espèces du genre *Juniperus*. Ainsi, cette étude s'est appuyée sur des référentiels établis pour d'autres genres, tels que celui de l'IPGRI (1997) pour le pistachier, afin de compléter la caractérisation morphologique.

##### 3.1.1.1 Mensurations

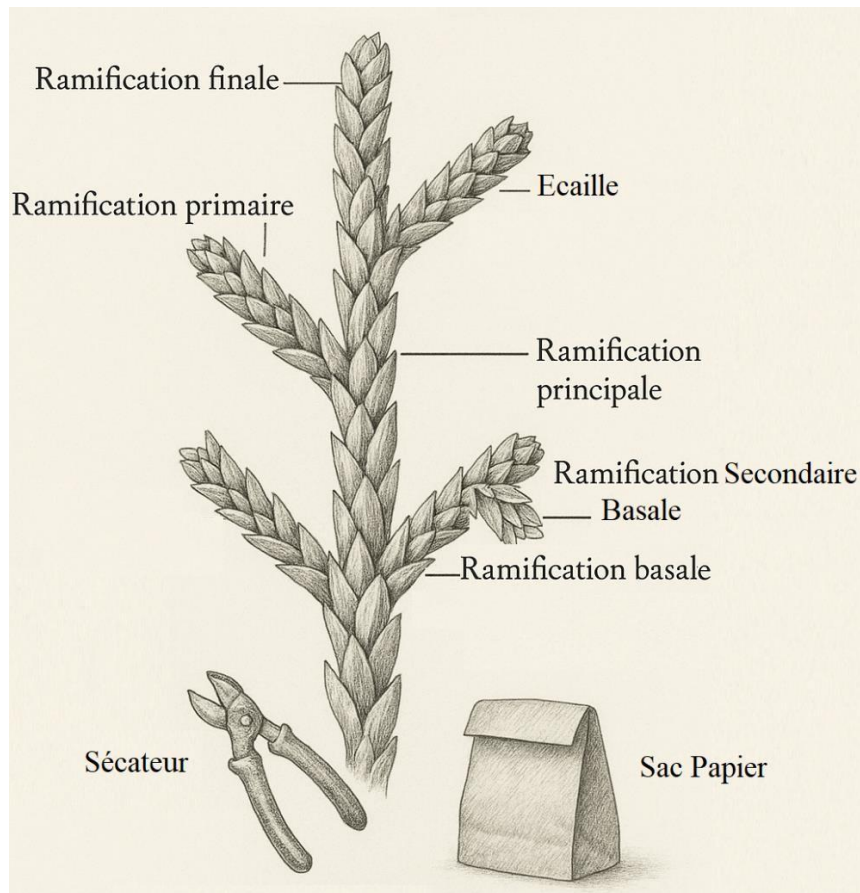
Les mesures pour les feuilles écailleuses (tableau 9, figures 13 et 14) concernant notre espèce ont été effectuées à l'aide d'un pied à coulisse digital (150 mm) à l'œil nu et/ou en utilisant un stéréoscope Optika (grossissement 40x).

**Tableau 11.** Liste des caractères morphologiques quantitatifs et qualitatifs étudiés.

Caractères morphologiques	
Quantitatifs	Longueur de la ramification principale en mm (LRp)
	Nombre de ramifications primaires (NRp)
	Longueur de la ramification basale en mm (LRb)
	Épaisseur de la ramification basale en mm (ERb)
	Nombre de ramifications secondaires basales (NRSb)
	Nombre d'écailles sur la ramification basale (NERb)
	Épaisseur de la ramification finale en mm (ERf)
	Nombre d'écailles sur 5mm de la ramification finale (NERb)
Qualitatifs	Forme de la ramule (Fr) : 1- Cylindrique ou subcylindrique ; 2-Tétragone 3- Aplatie
	Couleur de la ramule (Cr) : 1- Vert clair ; 2- Vert ; 3- Vert foncé



**Figure 13.** Matériel utilisé au laboratoire. Stéréoscope (Grossissement x40, Novex) et Pieds à coulisse digital (150 mm, Bricoman)



**Figure 14. Partie végétative étudiée (Ramule).**

### 1.2.5 Méthodes d'analyses statistiques

#### 1.2.5.1 Types des caractères

Pour mieux décrire la variabilité des populations de notre espèce, les caractères morphologiques retenus dans le cadre de notre étude, sont de type qualitatifs (une expression discontinue, observables) et quantitatifs (mesurables).

#### 1.2.5.2 Tests de normalité

La normalité des données a été vérifiée à l'aide du test de Kolmogorov Smirnov. La distribution de l'échantillonnage tend à suivre la loi normale (taille des échantillons suffisamment grande).

#### 1.2.5.3 Statistiques descriptives

Les statistiques élémentaires ont été calculées à l'échelle intra et inter-populations pour notre espèce pour les variables :

- Quantitatives : moyenne, minimum, maximum, écart-type et coefficient de variation.
- Qualitatives : effectifs et écart-type pour celles semi quantitatives.

### 1.2.5.4 Tests de significativité

Chez notre espèce, nous avons étudiées deux groupes indépendants ou appariés (populations). Donc, pour les comparer, il devient nécessaire d'utiliser le test t de *Student* pour les variables quantitatives et semi quantitatives exprimées en pourcentage (qualitatives réduites).

### 1.2.5.5 Tests de corrélation

Le coefficient de corrélation « r » avec sa valeur comprise entre -1 et 1, a été appliqué pour visualiser la liaison entre les variables quantitatives.

### 1.2.5.6 Analyses factorielles

Afin de visualiser la structuration de la diversité morphologique de nos populations, les analyses multivariées ont été appliquées pour les feuilles.

- **Analyse en composantes principales (ACP)**

L'Analyse factorielle multiple a été appliquée pour les variables quantitatives (tableau 9) avec les variables écologiques géographiques (altitude, latitude et longitude) et climatiques (Température maximale M, minimale m, Précipitation P, indice de continentalité Ic et coefficient d'Emberger Q<sub>3</sub>) pour voir le regroupement des arbres chez les populations étudiées.

- **Classification ascendante hiérarchique (CAH)**

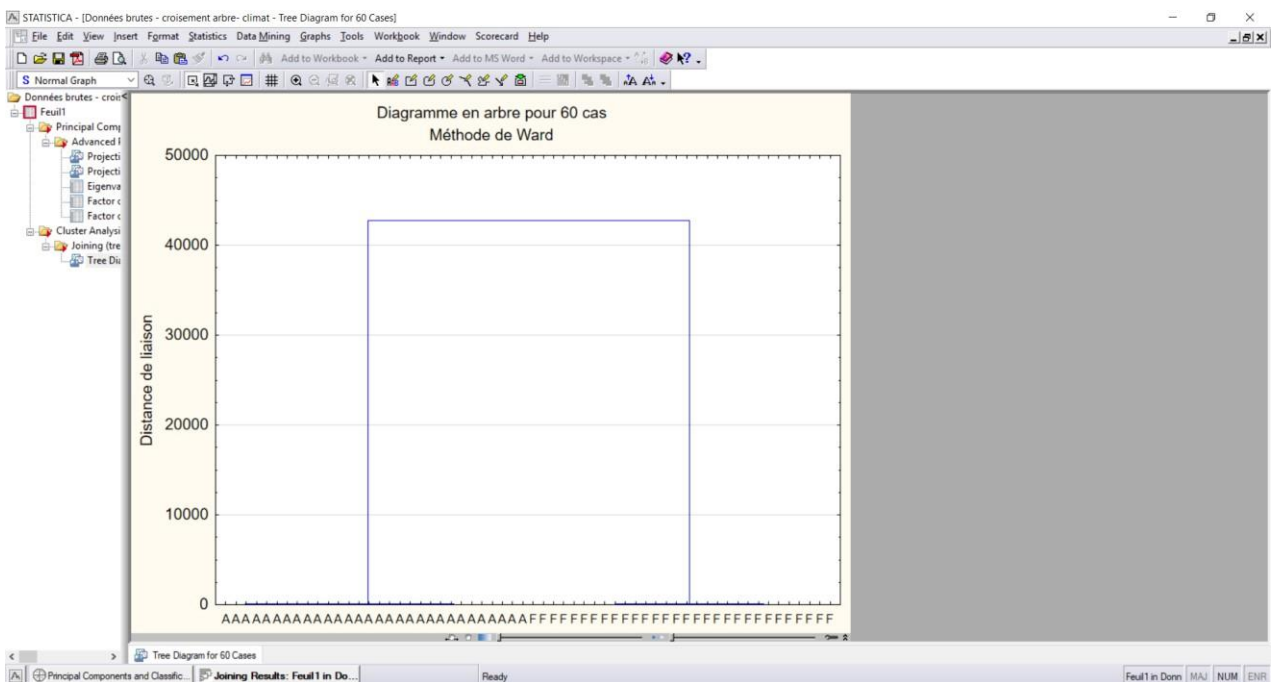
Dans notre étude, les méthodes hiérarchiques visent à regrouper en classes homogène (grande similarité) l'ensemble des arbres de chaque espèce étudiée.

### 1.2.5.7 Logiciels appliqués

L'ensemble de ces tests a été effectué à l'aide des programmes suivants : STATISTICA 12 et R 4.4.0.

# CHAPITRE III

## RESULTATS & DISCUSSION



### 1. Résultats

#### 1.1 Morphométrie

##### 1.1.1 Les caractères quantitatifs

###### 1.1.1.1 Longueur de la ramification principale

La longueur la ramification principale est en moyenne de 24.65 mm avec une étendue de 8.97-42.31 mm à Filfila. Par contre, Azrou Oughilass enregistre une moyenne de 39 mm avec une étendue de 11,68-112,30 mm. L'écart-type et le coefficient de variation sont de 6.10 mm- 24.73 % et de 16,42 mm- 42,11 %, respectivement pour Filfila et Azrou Oughilass.

La moyenne enregistrée pour l'espèce est de 31,78 mm. Les rameaux sont plus longs à Azrou Oughilass par rapport à l'autre station (tableau 12).

###### 1.1.1.2 Nombre de ramifications primaires

Le nombre de ramifications primaires est en moyenne de 6,60 avec son étendue de (3,00-14,00) ramifications à Filfila. Par contre, Azrou Oughilass enregistre la moyenne la plus petite pour l'espèce qui est de 5,66 ramifications avec une étendue de (2,00-10,00) ramifications.

L'écart-type et le coefficient de variation sont de 1,90 ramifications, 28,80 % et de 1,66 ramifications et 29,28%, respectivement pour Filfila et Azrou Oughilass. La moyenne enregistrée pour l'espèce est de 5.8 ramifications (tableau 12).

###### 1.1.1.3 Longueur de la ramification basale

La longueur de la ramification basale enregistre la moyenne de 12,45 mm avec une étendue de (2,14-29,23) mm à Filfila, tandis qu'à Azrou Oughilass, la moyenne est la plus grande (14,93) avec son étendue entre (2,77-33,99). Pour l'espèce, la moyenne indiquée est de 13.68 mm.

L'écart-type et le coefficient de variation sont de 4.30 mm 34,57% et de 5,75mm-38,53%, respectivement pour Filfila et Azrou Oughilass (tableau 12).

###### 1.1.1.4 Épaisseur de la ramification basale

L'épaisseur de la ramification basale nous a donné les moyennes suivantes : 0.92 mm et **0,05** mm avec leurs valeurs minimales et maximales de 0.74-1.10 mm et de **0,25-1,89** mm pour les stations Filfila et Azrou Oughilass, respectivement.

Concernant l'écart-type et le coefficient de variation, les valeurs enregistrées sont de 0.05 mm et 5.95 % à Filfila et de 0,17 mm et 15,88 % à Azrou Oughilass La moyenne enregistrée pour l'espèce est de 0,14 mm de sorte que les rameaux basaux sont plus épais à Filfila par rapport à l'autre station (tableau 12).

### 1.1.1.5 Nombre de ramifications secondaires basales

Le nombre de ramifications secondaires sur le rameau basal est en moyenne de 0.14 et 1,06 ramifications secondaires, respectivement, pour les stations Filfila et Azrou Oughilass. Leurs étendues sont les mêmes avec une valeur unique 0.00-3.00 ramifications secondaires. L'écart-type est égal à 0,06 et 1,04 ramifications secondaires, respectivement pour Filfila et Azrou Oughilass. La moyenne enregistrée pour l'espèce est égale à 0,59 ramifications secondaires, la plus importante est celle de la station d'Azrou Oughilass (tableau 12).

### 1.1.1.6 Nombre d'écailles sur la ramification basale

A Filfila, nous avons la moyenne la plus petite par station (39,18), qui varie entre la valeur minimale de 12 écailles et la valeur maximale de 64 écailles. Contrairement au niveau de Azrou Oughilass, la moyenne est égale à 54,78 écailles dans un intervalle (min- max) égal à 12,00-112,00) écailles. La moyenne enregistrée pour l'espèce est de 47,14 écailles (tableau 12).

### 1.1.1.7 Épaisseur de la ramification finale

Pour l'espèce, l'épaisseur de la ramification finale a donné une moyenne de 0,96 mm. Au niveau de Filfila, cette variable a enregistré une moyenne de 0,89 mm avec une étendue de 0.70-1.10 mm. Elle est plus petite par rapport à Azrou Oughilass qui a sa moyenne de 1,02mm et son étendue entre 0,32-1,81) mm. L'écart-type et le coefficient de variation sont de 0.06 mm - 6.41 % à Filfila et de 0,17 mm-16,77%, à Azrou Oughilass (tableau 12).

### 1.1.1.8 Nombre d'écailles sur 5mm de la ramification finale

Le nombre d'écailles sur les derniers 5mm de la ramification finale est en moyenne de 19,39 écailles pour Filfila et de 21,37 écailles à Azrou Oughilass. L'intervalle min-max a donné les mêmes valeurs (10-32 et 12-40 écailles) pour les deux stations, respectivement.

L'écart-type et le coefficient de variation sont de 3,14 écailles-16,19 % et 3,59 écailles - 16,80 %, respectivement, pour Filfila et Azrou Oughilass. La moyenne pour l'espèce est de 40 écailles, la valeur importante est enregistrée à Azrou Oughilass (tableau 12).

## CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION

### 1.1.2 Les caractères qualitatifs

#### 1.1.2.1 Forme des ramules

A partir des résultats obtenus, la forme aplatie est celle la plus importante au niveau de Filfila 99,22 % et même pour l'espèce (54,78%). La station d'Azrou Oughilass se distingue par sa forme Cylindrique ou subcylindrique avec 61,44 % (tableau 13).

#### 1.1.2.2 Couleur des ramules

D'après les résultats obtenus, on constate une dominance de la couleur (vert) des ramules de sorte que les proportions enregistrées sont 92,67 % à Filfila et 82,56 % à Azrou Oughilass. Donc, pour l'espèce, le vert est dominant (87,61%) (tableau 13).

**Tableau 12. Caractéristiques des variables quantitatives mesurés pour les feuilles.**

Caractères /Stations	Filfila (F)	Azrou Oughilass (A)	Moyenne (Espèce)
Longueur de la ramification principale en mm (LRp)	24,65±6,10*** (8,97-42,31) 24,73	39,00±16,42*** (11,68-112,30) 42,11	31,78±14,19 (8,97-112,30) 44,65
Nombre de ramifications primaires (NRp)	6,60±1,90*** (3,00-14,00) 28,80	5,66±1,66*** (2,00-10,00) 29,28	6,13±1,84 (2,00-14,00) 30,05
Longueur de la ramification basale en mm (LRb)	12,45±4,30*** (2,14-29,23) 34,57	14,93±5,75*** (2,77-33,99) 38,53	13,68±5,21 (2,14-33,99) 38,08
Épaisseur de la ramification basale en mm (ERb)	0,92±0,05*** (0,74-1,10) 5,95	1,05±0,17*** (0,25-1,89) 15,88	0,98±0,14 (0,25-1,89) 14,04
Nombre de ramifications secondaires basales (NRSb)	0,14±0,06NS (0,00-3,00) 317,78	1,06±1,04* (0,00-3,00) 97,83	0,59±0,91 (0,00-3,00) 153,8
Nombre d'écailles sur la ramification basale (NERb)	39,18±6,73*** (24,00-64) 17,1	54,78±19,67*** (12,00-112,00) 35,90	47,14±16,63 (12,00-112,00) 35,47
Épaisseur de la ramification finale en mm (ERf)	0,89±0,06*** (0,7-1,1) 6,41	1,02±0,17*** (0,32-1,81) 16,77	0,96±0,14 (0,7-1,81) 14,57
Nombre d'écailles sur 5mm de la ramification finale (NERf)	19,39±3,14*** (1,00-32,00) 16,19	21,37±3,59*** (12,00-40,00) 16,80	20,37±3,48 (1,00-40,00) 17,10

Moy, Moyenne ; ET, écart type ; Min, minimum ; Max, maximum ; Seuil de signification statistique \*,  $p < 0,05$  ; \*\*,  $p < 0,01$  ; \*\*\*,  $p < 0,001$  ; NS : Non significatif.

**Tableau 13. Fréquences (%) pour les variables qualitatives par station.**

Variables / Stations		Filfila (F)	Azrou Oughilass (A)	Moyenne (Espèce)
Forme	1- Cylindrique ou subcylindrique	0,22	61,44	30,83
	2- Tétragone	0,56	28,22	14,39
	3- Aplatie	99,22	10,33	54,78
Couleur	1- Vert clair	2,67	9,22	5,94
	2- Vert	92,67	82,56	87,61
	3- Vert foncé	4,67	8,22	6,44

## 1.2 Analyse de la diversité morphologique

### 1.2.1 Tests de significativité

A l'échelle intra-population, l'analyse de la variance à un seul facteur (Tableaux 1) pour les variables quantitatives a révélé des différences significatives entre les arbres de chaque population sauf la variable « Nombre de ramifications secondaires basales (NRSb) » de la station Filfila qui s'est révélé non significative.

A l'échelle inter-population, des différences non significatives ont été enregistrées pour toutes les variables par le test de *Student*.

### 1.2.2 Tests de corrélation

Les corrélations entre les différentes variables quantitatives des ramules sont présentées dans le tableau.

- Des corrélations fortes ( $r > 0,5$ ) et hautement significatives ( $p < 0,001$ ) sont observées entre :
  - L'épaisseur de la ramification basale (ERb) et : Le nombre de ramifications secondaires basales (NRSb ;  $r = 0,86$ ), Le nombre d'écailles sur la ramification basale (NERb ;  $r = 0,72$ ), L'épaisseur de la ramification finale (ERf ;  $r = 0,88$ ), Le nombre d'écailles sur la ramification finale (NERf ;  $r = 0,83$ ).
  - Le nombre de ramifications secondaires basales (NRSb) et : Le nombre d'écailles sur la ramification basale (NERb ;  $r = 0,78$ ), L'épaisseur de la ramification finale (ERf ;  $r = 0,71$ ), Le nombre d'écailles sur la ramification finale (NERf ;  $r = 0,74$ ).
  - Le nombre d'écailles sur la ramification basale (NERb) et : L'épaisseur de la ramification finale (ERf ;  $r = 0,57$ ), Le nombre d'écailles sur la ramification finale (NERf ;  $r = 0,65$ ).
  - L'épaisseur de la ramification finale (ERf) et le nombre d'écailles finales (NERf ;  $r = 0,81$ ).

Les autres corrélations enregistrées entre les variables sont généralement faibles à modérées ( $r < 0,5$ ), bien que certaines soient significatives.

### CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION

Tableau 14. Corrélations entre les variables quantitatives mesurées relatives aux ramules

Variables quantitatives	LRp	NRp	LRb	ERb	NRSb	NERb	ERf	NERf
Longueur de la ramification principale	1,00	-0,75***	0,59***	0,40**	0,60***	0,63***	0,24	0,27*
Nombre de ramifications primaires		1,00	-0,36**	-0,35**	-0,47***	-0,39**	-0,21	-0,23
Longueur de la ramification basale			1,00	0,42***	0,43***	0,63***	0,37**	0,29*
Épaisseur de la ramification basale				1,00	0,86***	0,72***	0,88***	0,83***
Nombre de ramifications secondaires basales					1,00	0,78***	0,71***	0,74***
Nombre d'écailles sur la ramification basale						1,00	0,57***	0,65***
Épaisseur de la ramification finale							1,00	0,81***
Nombre d'écailles sur 5mm de la ramification finale								1,00

Seuil de signification statistique \*,  $p < 0,05$  ; \*\*,  $p < 0,01$  ; \*\*\*,  $p < 0,001$

### 1.2.3 Tests multivariés

#### 1.2.3.1 Analyse factorielle multiple (AFM)

Le plan factoriel de l'analyse en composante principale explique une inertie totale de 82,24% de sorte que les deux premières dimensions (1x2) ont permis une meilleure interprétation des résultats. Le premier Axe donne 72,26%, alors que le deuxième résume 9,98 % de l'inertie totale (tableau 15 et figure 15).

L'analyse des corrélations met en évidence deux grands groupes de variables morphologiques en lien direct avec les conditions écogéographiques des stations étudiées.

➤ **Corrélations positives avec l'aridité (Q3) :** Les variables « Nombre de ramifications secondaires basales (NRp) », « Épaisseur de la ramification basale (ERb) » et « Épaisseur de la ramification finale (ERf) » présentent des corrélations fortement positives avec des coefficients respectifs de 0.88, 0.89 et 0.85. Ces paramètres traduisent une adaptation morphologique des individus aux contraintes climatiques liées à la sécheresse globale, exprimée par le quotient pluviothermique de Emberger (Q3). Cette tendance peut être interprétée comme une réponse adaptative au stress hydrique, favorisée par les facteurs ombro-géographiques, tels que :

- les précipitations annuelles (P),
- l'intensité du froid hivernal (m),
- la latitude (Lat) et la longitude (Long), qui modulent le régime thermique et hydrique.

➤ **Corrélations négatives avec la continentalité thermique (Ic) :** En revanche, les variables « Nombre de ramifications secondaires basales (NRSb ; -0.58) », « Nombre d'écailles sur la ramification basale (NERb ; -0.67) » et « Nombre d'écailles sur la ramification finale (NERf ; -0.73) » montrent des corrélations négatives significatives. Ces caractères sont associés à l'indice de continentalité thermique (Ic), traduisant l'effet des amplitudes thermiques saisonnières. Cette liaison indique une influence restrictive de la continentalité sur le développement de certains traits morphologiques. De plus, cette relation semble modulée par l'altitude (Alt), qui agit comme un facteur tampon, atténuant les effets extrêmes de la continentalité sur la morphologie végétale.

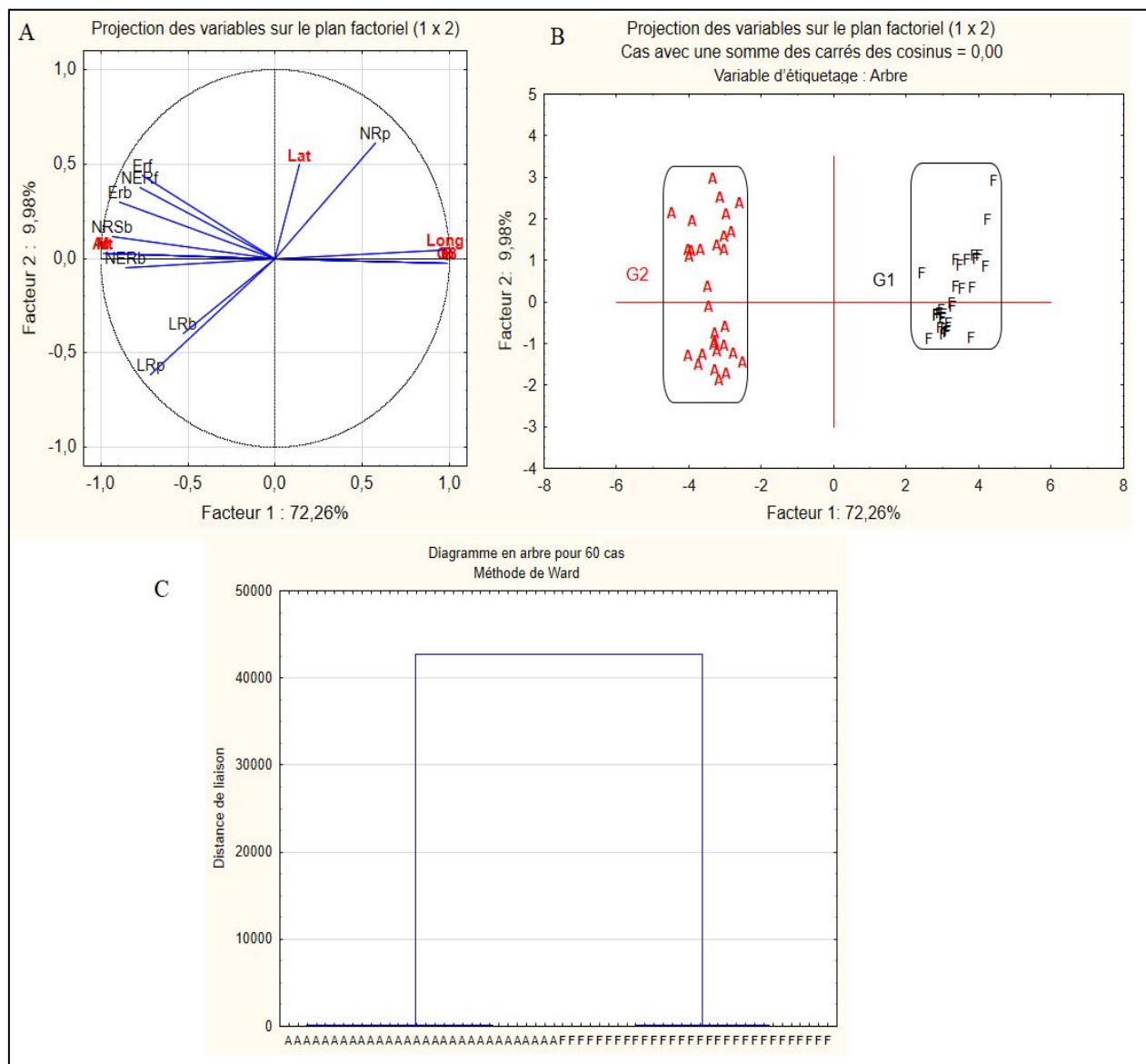
### CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION

Tableau 15. Valeurs propres issues de l'ACP.

Nombre de valeur	Valeurs Propres	% Total variances	Cumul -Valeurs Propres	Cumul - %
1	11,56	72,26	11,56	72,26
2	1,60	9,98	13,16	82,24
3	1,02	6,37	14,18	88,61
4	0,78	4,88	14,96	93,49
5	0,39	2,44	15,35	95,93
6	0,22	1,37	15,57	97,30
7	0,14	0,90	15,71	98,21
8	0,14	0,85	15,85	99,06
9	0,07	0,44	15,92	99,49
10	0,06	0,35	15,97	99,84
11	0,02	0,16	16,00	100,00
12	0,00	0,00	16,00	100,00

Tableau 16. Corrélations entre les variables sur le plan factoriel (1x2).

Variables	Facteur 1	Facteur 2
LRp	-0,71	-0,62
NRp	0,58	0,61
LRb	-0,53	-0,40
Erb	-0,89	0,30
NRSb	-0,94	0,11
NERb	-0,86	-0,05
Erf	-0,76	0,44
NERf	-0,78	0,37
Alt	-0,99	0,03
Long	0,14	0,50
Lat	0,98	0,05
M	-0,99	0,03
m	0,99	-0,03
P	0,99	-0,03
Ic	-0,99	0,03
Q3	0,99	-0,03



**Figure 15. Analyses en composantes principales (ACP) des variables morphologiques quantitatives (G1) et environnementales (G2) concernant les ramules. Cercle de corrélation des variables (A) ; Diagramme de dispersion des 60 arbres (B) ; Dendrogramme de la classification hiérarchique (C).**

### 2. Discussion

Cette section reprend l'ensemble des résultats obtenus. Elle débat essentiellement l'effet des facteurs géographiques (altitude, latitude et longitude) et climatiques (thermiques et ombriques) sur les caractères phénotypiques étudiées. Par la suite, Elle inclut une étude comparative (tableau 17) pour quelques résultats obtenus dans la littérature de notre espèce.

#### 2.1 Pressions d'ordre abiotique

Selon Rivas-Martinez (2005), la délimitation des étages bioclimatiques se fait en fonction des facteurs thermo et ombro-climatiques. Et par conséquent, cela permet une expression plus simple de la notion végétation-climat. En plus, La diversité morphologique au sein d'une même espèce, appelée polymorphisme, repose sur des caractères taxonomiques mesurables, qui varient d'un individu à un autre (Bidault, 1971 ; Metro, 1975). Cette variabilité est particulièrement visible au niveau des organes aériens, notamment les feuilles, dont la persistance en conditions défavorables est rendue possible grâce à divers adaptations morphologiques et anatomiques (Ozenda, 2000).

L'analyse morphologique et écologique des populations étudiées (figure 1) met en évidence une structuration nette en fonction de deux gradients écogéographiques majeurs : la continentalité thermique (indice  $I_c$ ) et l'aridité (quotient pluviothermique d'Emberger  $Q_3$ ). Ces gradients influencent directement l'expression morphologique des individus, notamment à travers certaines variables foliaires et de ramification.

Parmi les deux populations analysées :

1. La population de Filfila forme un groupe morphologique distinct, caractérisé par un climat subhumide chaud ( $Q_3 = 123,9$ ) et un caractère semi-hyperocéanique ( $I_c = 12,5$  °C). Ce type de climat se traduit par des températures plus modérées et une humidité plus importante, favorisant ainsi une meilleure croissance végétative et le développement de caractères comme :
  - un nombre élevé de ramifications secondaires basales (NRp),
  - une épaisseur accrue des ramifications basales (ERb) et finales (ERf), fortement corrélés positivement à l'aridité (avec des coefficients de 0.88, 0.89 et 0.85, respectivement).

Ces caractéristiques morphologiques suggèrent une adaptation efficace au stress hydrique, favorisée par des conditions climatiques modérées et stables (effet de l'océanité).

2. En revanche, la population d'Azrou Oughilass évolue dans un climat subhumide tempéré ( $Q_3 = 75,6$ ) et de type semi-continental atténué ( $I_c = 19,3$  °C). Ce type de climat se distingue par

des amplitudes thermiques plus marquées et des précipitations plus faibles, ce qui entraîne une pression climatique plus forte.

Dans ce contexte, certaines variables comme : le nombre de ramifications secondaires basales (NRSb), le nombre d'écailles sur la ramification basale (NERb) et le nombre d'écailles sur la ramification finale (NERf) présentent des corrélations négatives significatives avec la continentalité thermique (valeurs de -0.58, -0.67 et -0.73, respectivement). Cela reflète une réduction morphologique de ces traits en réponse à des conditions climatiques plus extrêmes.

### 2.2 Comparaison des données recueillies dans la littérature (tableau 17)

La variabilité phénotypique des feuilles écailleuses est un aspect important pour la caractérisation des populations de genévriers. En comparant nos résultats pour les populations d'Azrou Oughilass (Bouira) pour *subsp. phoenicea* et de Filfila (Skikda) pour *subsp. turbinata* avec les travaux antérieurs, plusieurs observations émergent.

Concernant les travaux de Mazur et *al.* (2003, 2010 et 2015), qui ont étudié diverses populations méditerranéennes (Espagne, Maroc, Italie, Portugal, Grèce), nos données montrent une distinction notable. Pour le caractère « nombre d'écailles sur 5 mm de la ramification finale », nos valeurs pour *subsp. phoenicea* à Azrou Oughilass (16.19 écailles) et pour *subsp. turbinata* à Filfila (16.80 écailles) sont sensiblement inférieures à la gamme rapportée par Mazur et *al.* pour les deux sous-espèces (généralement entre ~21 et ~27 écailles).

En revanche, pour l'« épaisseur de la ramification finale », notre valeur pour *subsp. phoenicea* à Azrou Oughilass (1.02 mm) se situe dans la tranche supérieure des mesures de Mazur et *al.* (par exemple, 1.04 mm à Huesca, Espagne, 2003), tandis que notre valeur pour *subsp. turbinata* à Filfila (0.89 mm) est concordante avec certaines de leurs observations (par exemple, 0.90 mm en Andalousie, Espagne, 2003 ou 0.86 mm en Grèce, 2015). La forme « aplatie » que nous avons observée pour *phoenicea* à Azrou Oughilass n'est pas spécifiée dans les travaux de Mazur et *al.*

En comparant avec l'étude de Hafsi (2018) sur des populations algériennes de *subsp. phoenicea* (Dhayat Belkhir, Azrou Oughilass (Boussaâda), Dj. Boulateb), nos résultats pour Azrou Oughilass (Bouira) présentent des particularités. Notre nombre d'écailles (16.19) est inférieur à toutes les valeurs de Hafsi (18.51 - 20.67). Concernant l'épaisseur, notre mesure de 1.02 mm est nettement supérieure à celles de Hafsi (0.63 - 0.65 mm). Un point de divergence majeur est la forme des ramules : nous avons observé une forme « aplatie » à Azrou Oughilass (Bouira), alors que Hafsi décrit une forme « cylindrique ou subcylindrique » pour ses sites, y compris son Azrou Oughilass (Boussaâda). La couleur « vert » est cependant concordante.

Enfin, par rapport aux travaux de Mosbah et Zaouali (2020) sur deux populations algériennes (Arris pour *phoenicea* et Messida pour *turbinata*), nos données se distinguent également.

Pour *subsp. phoenicea*, notre population d'Azrou Oughilass (Bouira) a un nombre d'écaïlles (16.19) inférieur à celui d'Arris (23.26), mais une épaisseur légèrement supérieure (1.02 mm contre 0.94 mm). La forme « aplatie » de nos échantillons contraste avec la forme « cylindrique ou subcylindrique » d'Arris. En ce qui concerne *subsp. turbinata*, notre population de Filfila (Skikda) montre un nombre d'écaïlles (16.80) plus faible que celui de Messida (21.28). L'épaisseur est très similaire (0.89 mm à Filfila contre 0.88 mm à Messida), et la forme « cylindrique ou subcylindrique » est identique. La couleur « vert » de nos ramules à Filfila est légèrement moins intense que le « vert foncé » rapporté pour Messida.

Nos résultats pour Azrou Oughilass (*J. phoenicea*) et Filfila (*J. turbinata*) enrichissent la compréhension de la variabilité morphologique de ces genévriers en Algérie. Ils mettent en évidence des caractéristiques distinctives, notamment un nombre d'écaïlles plus faible pour les deux sites et une forme de ramule aplatie pour *J. phoenicea* à Azrou Oughilass, qui se démarque des descriptions antérieures. Cette diversité observée pourrait être liée aux facteurs écologiques spécifiques de chaque station, Azrou Oughilass (continental, aride, haute altitude) contrastant avec le site littoral.

Plus largement, les populations algériennes de *Juniperus phoenicea* (sensu lato) présentent souvent un mélange de caractères morphologiques, certains typiques de la sous-espèce *phoenicea* et d'autres de la sous-espèce *turbinata*. Cette situation suggère que la distinction stricte en deux clades séparés (*phoenicea* et *turbinata*) pour l'Algérie, telle que proposée par Maire (1952) et Quézel & Santa (1962), demeure discutable et nécessite une réévaluation.

La complexité taxonomique est accentuée par des rapports de co-occurrence des deux sous-espèces dans certaines localités (Hafsi, 2018) et la confirmation de la présence de *J. turbinata* en milieu continental, y compris en Algérie (Adams et al., 2006a; Adams et al., 2014). Ces observations ouvrent la voie à l'hypothèse d'introgessions et d'hybridations dans les zones de contact. De tels phénomènes, reconnus comme source de difficultés taxonomiques chez les *Juniperus* (Adams & Demeke, 1993), pourraient être influencés par les vertébrés disséminateurs. En effet, le comportement trophique sélectif des oiseaux vis-à-vis des fruits (Milla et al., 2013) peut jouer un rôle dans le flux génique et la distribution des traits morphologiques entre populations.

### CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION

Tableau 17. Comparaison des données recueillies pour l'espèce dans la littérature.

Caractères			Ramules			
			Nombre d'écailles sur 5 mm de la ramification finale	Épaisseur de la ramification finale (mm)	Forme	Couleur
<b>Subsp.</b> <i>phoenicea</i>	Mazur <i>et al.</i> (2003) (Espagne, Huesca)		27.74	1.04	-	-
	Mazur <i>et al.</i> (2010)	Maroc (Haut-Atlas. Agouti)	23.86	0,71	-	-
		Espagne (Teruel)	25.36	0,78	-	-
		Huesca et Teruel)	26.30	0.90	-	-
	Hafsi (2018) (Algérie)	Dhayat Belkhir (Djelfa)	20,67	0,65	Cylindrique ou subcylindrique	Vert
		Azrou Oughilass(Boussaâda)	20,02	0,63	Cylindrique ou subcylindrique	Vert
		Dj. Boulateb (Sétif)	18,51	0,64	Cylindrique ou subcylindrique	Vert
	Mosbah et Zaouali (2020) (Algérie)	Arris (Khenchela)	23.26	0.94	Cylindrique ou subcylindrique	Vert
<b>Nos résultats</b>	<b>Azrou Oughilass (Bouira) Algérie</b>		16.19	1.02	Aplatie	Vert
<b>Subsp.</b> <i>turbinata</i>	Mazul <i>et al.</i> (2003)	Espagne (Andalousie)	25.53	0,90	-	-
		Portugal (Estrémadure)	24.74	1,04	-	-
	Mazur <i>et al.</i> (2010)	Maroc (Kenitra)	21.84	0,74	-	-
		Portugal (Peniche)	24.67	0,75	-	-
		Italie (Crotone)	22.05	0,74	-	-
	Mazur <i>et al.</i> (2015)	Italie (Sicile)	27.34	0.77	-	-
		Grèce (Paliouri et Kyparissia)	24.35	0,86	-	-
	Mosbah et Zaouali (2020) (Algérie)	Messida (El-Kala, El Taref)	21.28	0.88	Cylindrique ou subcylindrique	Vert foncé
<b>Nos résultats</b>	<b>Filfila (Skikda) Algérie</b>		16.80	0.89	Cylindrique ou subcylindrique	Vert

## Conclusion

Ce travail constitue une contribution préliminaire à la compréhension de la diversité du complexe spécifique *Juniperus phoenicea* L. en Algérie. La variabilité phénotypique des feuilles écailleuses a été examinée aux échelles intra- et inter-populations à travers l'analyse de caractères morphologiques qualitatifs et quantitatifs.

L'échantillonnage réalisé montre que le genévrier rouge s'étend sur une large amplitude écologique, allant des zones à climat aride jusqu'aux zones humides. Cela reflète une forte capacité d'adaptation de l'espèce face aux contraintes environnementales.

Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les individus d'une même population (variabilité intra-population, analysée par ANOVA) ainsi qu'entre les populations (variabilité inter-population, test t de Student). Ces différences morphologiques semblent fortement influencées par des facteurs environnementaux, notamment la continentalité et l'aridité, en interaction avec les composantes géographiques telles que la latitude, la longitude et l'altitude, comme l'a montré l'analyse factorielle.

Par ailleurs, des facteurs biotiques tels que l'hybridation par ornithochorie pourraient également jouer un rôle dans cette variabilité, ce qui corrobore certaines hypothèses avancées dans la littérature scientifique.

La comparaison morphologique avec les données disponibles suggère que les deux populations algériennes étudiées (littorale et continentale) partagent des similitudes avec la sous-espèce *turbinata* pour certains caractères, et avec *phoenicea* pour d'autres. Par conséquent, la distinction intra- ou interspécifique de ces populations en tant que deux clades séparés demeure une question ouverte nécessitant des investigations supplémentaires. L'éventualité d'une influence hybridogène par dispersion ornithochore, déjà évoquée par certains auteurs, renforce cette hypothèse.

Enfin, pour approfondir la caractérisation de cette espèce en Algérie, il serait pertinent d'élargir l'étude à d'autres stations (notamment dans l'ouest et le sud du pays), en incluant l'analyse d'autres organes végétatifs et reproducteurs (drupes, graines, pollen, etc.), ainsi que des approches complémentaires telles que l'anatomie foliaire, les études physiologiques (germination), biochimiques (propriétés médicinales), génétiques et cartographiques.

## Références bibliographiques

1. ABDESSEMED, K. (1981). *Le cèdre de l'Atlas (Cedrus atlantica Manetti) dans le massif de l'Aurès et du Belezma -Etude phytosociologie, problème de conservation et d'aménagement. Thèse de doctorat, University d'Aix-Marseille. 199p.*
2. Achak, M., El Idrissi, A., Benchekroun, F., & El Ghazali, A. (2009). *Étude des écosystèmes forestiers au Maroc. Casablanca: Université Hassan II.*
3. ADAMS, R.P. & SCHWARZBACH, A.E. (2013). *Phylogeny of Juniperus using nr DNA and four cp DNA regions. Phytologia, 95, 179-187.*
4. ADAMS, R.P. (1993). *Juniperus. In : Flora of North America. Vol. 2. Pteridophytes and Gymnosperms (pp. 412-420). Nancy R. Morin (Ed.). Oxford University Press, NY. 475p.*
5. ADAMS, R.P. (1996). *Comparison of the leaf essential oil of Juniperus phoenicea, J. phoenicea subsp.eu-mediterraneale and J. phoenicea var. turbinata (Guss.) Parl. J. Essent. Oil. Oes, 8, 371-377. (Note : j'ai supposé que "371p" signifiait pp. 371-377 ou une page spécifique, ajusté pour plus de clarté comme intervalle de pages, si c'est une seule page, cela peut être ajusté)*
6. ADAMS, R.P. (2004). *Junipers of the world: the genus Juniperus. 3ème Ed. Canada : Trafford Publishing Co.*
7. ADAMS, R.P. (2014a). *Junipers of the World: the genus Juniperus. Trafford Publishing Co., Bloomington.*
8. ADAMS, R.P. (2014b). *Morphological comparison and key to Juniperus deltoides and J. oxycedrus. Phytologia, 96, 58-62.*
9. ADAMS, R.P., & DEMEKE, T. (1993). *Systematic relationships in Juniperus based on random amplified polymorphic DNAs (RAPDs). Taxon, 42, 553-572.*
10. ADAMS, R.P., NGUYEN, S. & LIU, J. (2006b). *Geographic variation in the leaf essential oils of Juniperus sabina and var. arenaria. J. Ess. Oil Res., 18, 497-502.*
11. ADAMS, R.P., PANDEY, N., REZZI, S. & CASANOVA, J. (2002). *Geographic variation in the Random Amplified Polymorphic DNAs (RAPDs) of Juniperus phoenicea, J. p. var. canariensis, J. p. subsp. eu-mediterranea, and J. p. var. turbinata. Biochem. Syst. Ecol., 30, 223-229.*
12. Affroun, M., & Gheliaoui, S. (2019). *Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux 2souterraines dans la région de Bouira (Algérie). Revue des Sciences de l'Eau, 32(1), 1-14.*
13. Agest, P. (1960). *La sylviculture en région méditerranéenne. Toulouse: Éditions de l'INRA.*
14. Ait Youssef, M. (2006). *La flore du Maroc: diversité et conservation. Rabat: Institut Scientifique.*
15. Anonyme (2022). *Risques naturels et aménagement du territoire en zones montagneuses : cas du massif du Djurdjura. Revue des Sciences Humaines et Sociales, 5(2), 85-99.*
16. ANTOINE, F. (1857). *Die Kupressineengattungen Arceuthos, Juniperus, und Sabina. Wien, 16p.*
17. Badri, W. (2003). *Étude écologique des forêts de cèdre de l'Atlas. Thèse de doctorat, Université de Tizi-Ouzou.*

18. BAGNOULS, F. & GAUSSEN, H. (1953). Saison sèche et indice xéothermique. *Bull. Soc. Hist. Toulouse*, (88), 3-4 et 139-239.
19. Bah, A., & Zaouali, J. (2020). Étude ethnobotanique de *Juniperus phoenicea* en Tunisie. *Journal of Ethnopharmacology*, 250, 112–118.
20. BARBERO, M., LEBERTON, P. ET QUEZEL, P. (1994). Sur les affinités bio systématiques et phytosociologiques de *Juniperus thurifera* L. et *Juniperis excelsa*. *Bieb. Ecol. Medit.*, 20 (3/4), 21-37.
21. Becker, M., et al. (1982). *Les forêts méditerranéennes: écologie, aménagement et conservation*. Paris: CNRS.
22. Bidault, P. (1971). *La flore forestière méditerranéenne*. Paris: Éditions du CNRS.
23. Borel, J. L., & Polidori, M. (1983). *La végétation du bassin méditerranéen*. Paris: CNRS.
24. Boudy, P. (1950). *Économie forestière nord-africaine*. Paris: Larose.
25. Bouilet, P. (2007). *Les écosystèmes forestiers méditerranéens: dynamique et gestion*. Montpellier: CIRAD.
26. Boulahbal, H., et al. (2021). Analyse climatique de la région nord-est algérienne. *Revue des Sciences de l'Environnement*, 16(2), 120–130.
27. Bououden, A. (2014). Étude géologique et géomorphologique du massif de Filfila. *Mémoire de Master, Université de Skikda*.
28. Brahimi, L., et al. (2020). Hydrographie des bassins côtiers de Skikda. *Revue Algérienne de l'Eau*, 12(1), 45–55.
29. Cairnes, D., et al. (1980). *Étude des forêts méditerranéennes*. Rome: FAO.
30. CALLEN, G. (1976). *Les conifères cultivés en Europe. Vol.1. Ed. Baillière*.
31. CARRIERE, E.A. (1855). *Traité général des conifères ou Description de toutes les espèces et variétés de ce genre aujourd'hui connues, avec leur synonymie, l'indication des procédés de culture et de multiplication qu'il convient de leur appliquer*. Paris, Chez l'Auteur. [Online] Available : <http://www.archive.org/>.
32. Caudullo, G., & Rigo, D. (2016). *Juniperus phoenicea* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *European Forest Institute*.
33. Chaumonton, J. (1945). *La végétation forestière de la région méditerranéenne*. Montpellier: Éditions de l'INRA.
34. Climate-Data.org (2024). Climat Bouira. <https://fr.climate-data.org>
35. CONRAD, M. (1986). Essai sur la répartition de *Juniperus thurifera* L. en Corse, en 1985-1986. *Le Monde des Plantes*, 423-424, 1-2.
36. DAJOZ, R. (1985). *Précis d'écologie*. Ed. Bordas, Paris, 505p.
37. Dakki, M. (2003). *Les zones humides du Maroc: écologie et gestion*. Rabat: HCEFLCD.
38. DALLIMORE, W., JACKSON, A.B. & HARRISON, S.G. (1967). *A handbook of Coniferae and Ginkgoaceae. 4th Ed. New York: St. Martin's Press. Xix, 729p*.
39. DEBAZAC, E.F. (1991). *Manuel des conifères. 2e éd. ENGREF, Nancy*.

40. Derwich, E., et al. (2010). *Analyse des huiles essentielles de Juniperus phoenicea*. *Journal of Essential Oil Research*, 22(5), 456–460.
41. DJEBAILI, S. (1984). *Steppe Algérienne phytosociologie et écologie*. Ed. Office des Publications Universitaires. Alger, p159.
42. EMBERGER L. (1968). *Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants : (éléments de Paléobotanique et de morphologie comparée)*. Ed. Masson et Cie., Paris.
43. EMBERGER, L. (1955). *Une classification biogéographique des climats*. *Rev. Trav. Labo. Bot. Géol. Zool. Fac. Sci., Montpellier*, 7, 1-43.
44. EMBERGER, L. (1971). *Travaux de botanique et d'écologie*. Ed Masson. Paris. Pp : 291-301.
45. ENDLICHER, S. (1847). *Synopsis Coniferarum*. Sangalli Apud Scheitlin & Zollikofer. pp.8-31.
46. FARJON, A. & FILER, D. (2013). *An atlas of the world's conifers: An analysis of their distribution, biogeography, diversity and conservation status*. Brill, Boston & Leiden.
47. FARJON, A. (2005). *A monograph of Cupressaceae and Sciadopitys*. Royal Botanic Gardens Press. Kew, London.
48. FARJON, A. (2010). *A handbook of the world's conifers*. Vol .2. Brill, Leiden & Boston.
49. FAURIE, C., FARRA, C. & MEDORI, P. (1980). *Écologie*. Éd. Baillière J.-B., Paris.
50. Fedjkhi, H. (2023). *Étude de l'impact des activités humaines sur la végétation forestière du Djurdjura (Bouira, Algérie)*. Mémoire de Master, Université de Bouira.
51. FRONTIER, S., PICHOD-VIALE, D., LEPRÊTRE, A., DAVOULT, D. & LUCZAK, CH. (2004). *Ecosystèmes, Structure, Fonctionnement, Evolution*. 3eme édition. Ed. Dunod. Paris, 549p.
52. Gandini, G. (2006). *Biodiversity in Mediterranean ecosystems*. Florence: Università degli Studi di Firenze.
53. Gauquelin, T., et al. (1988). *Les Juniperus du bassin méditerranéen: écologie et taxonomie*. *Ecologia Mediterranea*, 14(1), 25–34.
54. GAUSSEN, H. (1968a). *La résistance à la sécheresse des arbres xérophiles*. *Revue Forestière Française*, 1, 15-19.
55. GAUSSEN, H., LEROY, J-F. & OZENDA, P. (1982). *Précis de botanique*. Vol 2 .Végétaux supérieures. 2ème édition Masson, Paris.
56. Guinochet, M., & Devilmorn, A. (1973). *La végétation de la France*. Paris: Masson.
57. HAFSI Z. (2018). *Etude ecobotanique et morphologique des feuilles, des galbules et des surfaces épidermiques chez les espèces du genre Juniperus L. en Algérie*. Thèse de doctorat. Université Ziane Achour de Djelfa, 159p.
58. Hamina, M., et al. (2022). *Géomorphologie karstique du massif de Filfila*. *Annales de Géographie Physique et Environnementale*, 14(3), 99–112.
59. HERBST, J.R. (1978). *Physical properties and commercial Uses of western juniper*. *General Technical Report PNW-74*. Pp. 169-177.
60. IPGRI (1997). *Descriptors for Pistachio (Pistacia vera L.)*. Rome: International Plant Genetic Resources Institute.
61. KESKES H., MNAFGUI K., HADEN K., DAMAK M., EL FEKI A., ALLOUCHE N. (2014). *In*

- in vitro* anti-diabetic, anti-obesity and antioxidant properties of *Juniperus phoenicea* L. leaves from Tunisia. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, Vol. 4, pp. 649-655.
62. Kherroubi, A. (2011). *Structures et dynamique des chaînes telliennes en Algérie nord-orientale*. Thèse de doctorat, Université Mentouri, Constantine.
  63. Laouar, R., et al. (2017). *Évaluation de la biodiversité forestière en Algérie*. Alger: Ministère de l'Agriculture.
  64. LASZLO, P. (2000). *Le savoir des plantes*. Ed. Ellipses. Paris. 128p.
  65. Le Floch, E., Bellakhder, F., & Boullard, B. (1997). *Plantes médicinales du Maghreb*. Paris: Lavoisier.
  66. LEBART, L., MORINEAU, A. & PIRON, M. (2006). *Statistique Exploratoire Multidimensionnelle*. 4e Ed., Dunod, Paris.
  67. LEBRETON P. & PEREZ de PAZ, P.L. (2001). *Définition du Genévrier de Phénicie (Juniperus agr. phoenicea), reconsidéré à ses limites biogéographiques : Méditerranée orientale (Crète et Chypre) et Atlantique (Iles Canaries)*. *Bull. mens. Soc. linn. Lyon*, 70(4), 73-92.
  68. LEBRETON, P. (1983). *Nouvelles données sur la distribution au Portugal et en Espagne des sous-espèces du genévrier de phénicie. (Juniperus phoenicea L.)*. *Agron. Lusit.*, 42, 55-62.
  69. LEBRETON, P., BAYET, C. & MURACCIOLE, M. (1991). *Le statut systématique du genévrier oxycède Juniperus oxycedrus L. Cupressacées : Une contribution d'ordre biochimique et biométrique*. *Lazaroa*, 12, 21-42.
  70. LEBRETON, P., THIVEND, S. (1981). *Sur une sous-espèce du genévrier de phénicie " Juniperus phoenicea L., définie à partir de critères biochimiques*. *Nat. Monspeliensia Ser. Bot.*, 47, 1-12.
  71. LEROY, M. (2002). *La mesure au sol de la température et des précipitations*. *La Météorologie*, 39, 52-56.
  72. Louni, M. (1994). *La végétation forestière en Kabylie: étude écologique*. Tizi-Ouzou: Université Mouloud Mammeri.
  73. MAERKI, D. & FRANKIS M.P. (2015). *Juniperus drupacea in the Peloponnese (Greece). Trip report and rang map, with notes on phenology, phylogeny, paleontology, history, types and use*. *Bull. CCP*, 4 (1), 5-34.
  74. MAIRE, R. (1952). *Flore de l'Afrique du Nord*. *Encyclopédie biologique*. Volume 1. Éd. Paul Le Chevalier, Paris.
  75. Mandal, S. (2005). *Conservation of Mediterranean biodiversity*. Rome: FAO.
  76. Mandin, D. (2010). *Gestion durable des forêts méditerranéennes*. Paris: Éditions Quae.
  77. Mansouri, A. (2011). *La gestion des ressources forestières en Algérie*. Alger: ENEF.
  78. MAO, K., HAO, G., LIU, J., ADAMS, R.P. & MILNE, R.I. (2010). *Diversification and biogeography of Juniperus (Cupressaceae): variable diversification rates and multiple intercontinental dispersals*. *New Phytol.*, 188, 254-272.
  79. MAZUR, M., BORATYNSKA, K., MARCYSIAC, K., GOMEZ, D., TOMASZEWSKI, D., DIDUKH, J., BORATYNSKI, A. (2003). *Morphological variability of Juniperus phoenicea (Cupressaceae) from three distant localities on Iberian Peninsula*. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 72 (1), 71-78.

80. Mebrouk, A., Achour, Y., & Benaïssa, A. (2013). Granitoïdes de Filfila et métamorphisme de contact. *Bulletin du Service Géologique National*, 24(1), 57–66.
81. METRO, A. (1975). Terminologie forestière. Collection de Terminologie forestière multilingue. N°2 Association française des eaux et forêts. Conseil international de la langue française. 432p.
82. Milla, R., et al. (2013). Trait variation in Mediterranean woody species. *Functional Ecology*, 27(2), 424–433.
83. Miller, E. M. (1977). Risk, Uncertainty and Divergence of Opinion. *Journal of Finance*, 32(4), 1151–1168. [scirp.org](http://scirp.org)
84. Mokhtari, M., et al. (2013). Diversité génétique de *Juniperus phoenicea* en Algérie. *Revue Forestière Française*, 65(3), 215–222.
85. Musset, A. (1935). *La végétation forestière de l'Algérie*. Alger: Imprimerie Nationale.
86. OZENDA P. (2000). *Les végétaux : organisation et diversité biologique*. 2e Ed. Dunod. Paris. 516p.
87. QUÉZEL, P. & BARBERO, M. (1989). La formation à genévriers rampants du Djurdjura (Algérie). Leur signification écologique. Dynamique et syntaxonomique dans une approche globale des cédraies kabyles. *Lazaroo*, 11, 85-99.
88. QUÉZEL, P. & GAST, M. (1998). Genévrier. *Encyclopédie berbère*, 20. Gauda-Girrei. Aix-en-Provence, Edisud. Pp : 3016-3023.
89. QUÉZEL, P. & MÉDAIL, F. (2003). *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Editions scientifiques et médicales, Elsevier SAS.
90. QUÉZEL, P. & SANTA, S. (1962). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Tome 1. Éd. CNRS, Paris.
91. RAMEAU, J.C., MANSION, D. & DUME, G. (2008). *Flore forestière française*. Institut pour le développement forestier. Volume 3. Paris.

#### Références bibliographiques

92. RIOU-NIVERT, P. (2001). *Les résineux, Connaissance et reconnaissance*. Tome 1. 2e Ed. Institut pour le développement forestier, Paris.
93. RIVAS-MARTINEZ, S. (2005a). *Avances en Geobotánica. Discurso apertura curso 2005*. Real Acad. Farmacia. Madrid.
94. RIVAS-MARTINEZ, S. (2005b). Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España. Memoria del mapa de vegetación potencial d'España. Partie I. Pp : 10-12. [Online] Available : <http://www.globalbioclimatics.org>.
95. RIVAS-MARTINEZ, S., WILDPRET, W. & FEREZ DE PAZ, P.L. (1993). Datos sobre *Juniperus phoenicea* aggr. (Cupressaceae). *Itinera. Geobot.*, 7, 509-512.
96. Sahli, M. (2014). *Cartographie de la couverture végétale du massif de Filfila par télédétection*. Mémoire de Master, Université de Skikda.
97. Schirner, R. (2004). *Les conifères méditerranéens: écologie et gestion*. Marseille: IRD Éditions.
98. SEIGUE, A. (1985). *La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes*. Collections techniques agricoles et productions méditerranéennes. Editions G.P et Maisonneuve et Larose, Paris V.

99. SELTZER, P. (1946). *Le climat de l'Algérie. Inst. Météo. Et de Phs. Du globe d'Algérie. Ed. Carbonel. Algérie.*
100. SPACH, M.E. (1841). *Histoire naturelle des végétaux : Phanérogames. Dixième tome. Paris, Librairie encyclopédique de Roret. Pp. 305-323. [Online] Available : <http://gallica.bnf.fr/>.*
101. STEWART, P. (1969). *Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 59, 23-36.*
102. Teibi, N. (1992). *Étude phytosociologique des formations forestières en Algérie. Thèse de doctorat, Université d'Alger.*
103. TOURNEFORT, P. (1694). *Éléments de botanique ou méthode pour connaître les plantes. Tome 3. Paris, imprimerie royale. Pp. 314-316. [Online] Available : <https://books.google.fr>.*
104. Varlet, J. (1992). *La forêt méditerranéenne: écologie et aménagement. Paris: Masson.*
105. VELA, E. & SCHÄFER, P.A. (2013). *Typification de Juniperus thurifera var. africana Maire, délimitation taxonomique et conséquences nomenclaturales sur le Genévrier thurifère d'Algérie. Ecologia mediterranea, 39 (1), 69-80.*
106. Zerdane, H. (2013). *Étude phytosociologique des formations à Juniperus en Algérie. Thèse de doctorat, Université de Constantine.*
107. Zerrouki, N., & Boutefnouchet, L. (2019). *Étude hydrogéologique des nappes phréatiques dans les massifs calcaires de la Petite Kabylie. Journal Algérien de Géosciences, 7(2), 33–46.*

**Titre : Étude des caractères morpho-taxonomiques (feuilles) de l'espèce *Juniperus phoenicea* L. (1753), au sein de deux populations naturelles d'Algérie.**

**Résumé :**

La variabilité phénotypique des feuilles écailleuses de l'espèce *Juniperus phoenicea* L. a été évaluée aux niveaux intra- et inter-populations afin de mieux la caractériser en Algérie. Les échantillons ont été prélevés sur deux populations naturelles situées à Filfila et Azrou Oughliass. Trente arbres ont été sélectionnés aléatoirement dans chaque population. Dix caractères morphologiques ont été étudiés.

Les résultats obtenus ont été soumis à une analyse statistique. Les tests de significativité ont révélé une diversité morphologique importante aux niveaux intra- et interpopulationnels. Par ailleurs, l'analyse multivariée a permis de séparer clairement les deux populations en deux groupes distincts, en fonction de leurs facteurs environnementaux (continentalité et sécheresse).

Ces données suggèrent que cette espèce végétale est fortement influencée par les pressions de sélection abiotiques, qui constituent des facteurs déterminants de sa variabilité morphologique.

**Mots-clés : *Juniperus phoenicea*, morphologie, variabilité, populations, écailles, Algérie.**

**Title: Study of the morpho-taxonomic characters (leaves) of the species *Juniperus phoenicea* L. (1753), within two natural populations in Algeria.**

**Abstract**

The phenotypic variability of scale leaves in the species *Juniperus phoenicea* L. was assessed at both intra- and inter-population levels in order to better characterize it in Algeria. Samples were collected from two natural populations (Filfila and Azrou Oughliass). Thirty trees were randomly selected in each population. Ten morphological traits were evaluated.

The obtained results underwent statistical analysis. Significance tests revealed considerable morphological diversity at both intra- and inter-population levels. Moreover, the multivariate analysis clearly distinguished the two populations into separate groups based on their environmental factors (continentality and drought).

These findings suggest that this plant species behaves as a vegetation formation where abiotic selection pressures are key factors driving its morphological variability.

**Keywords: *Juniperus phoenicea*, morphology, variability, populations, scale leaves, Algeria.**

**العنوان: دراسة الصفات المورفولوجية والتصنيفية (للأوراق) لنبات العرعر الفينيقي (*Juniperus phoenicea* L.) ضمن مجموعتين طبيعيتين في الجزائر.**

**ملخص**

تم تقييم التنوع الشكلي لأوراق العرعر الفينيقي (*Juniperus phoenicea* L.) الحرشية على المستويين الداخلي (داخل المجموعة السكانية) والخارجي (بين المجموعات السكانية)، وذلك بهدف دراسته بشكل أفضل في الجزائر.

تم أخذ العينات من مجموعتين طبيعيتين بمنطقتي فلفلة وازرو أوغلياس، حيث تم اختيار ثلاثين شجرة بطريقة عشوائية من كل مجموعة. تم تقييم عشر صفات مورفولوجية لكل عينة.

خضعت النتائج للتحليل الإحصائي، وقد أظهرت اختبارات الدلالة وجود تنوع مورفولوجي ملحوظ على المستويين الداخلي والخارجي. كما أن التحليل متعدد المتغيرات مكّن من فصل المجموعتين إلى مجموعتين متميزتين، وفقاً للعوامل البيئية (مثل القارية والجفاف). تشير هذه النتائج إلى أن هذا النوع النباتي يتفاعل مع الضغوط البيئية اللاحيوية، والتي تُعد من العوامل الحاسمة في تحديد تنوعه الشكلي.

**الكلمات المفتاحية: العرعر الفينيقي، المورفولوجيا، التنوع، المجموعات السكانية، الأوراق الحرشية، الجزائر.**