

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Larbi Tébessi –Tébessa  
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie des Êtres Vivants



Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MASTER

En : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie

**Analyse de quelques paramètres morpho-dendrométriques  
du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) dans la  
région de Tébessa**

Date de soutenance : 09/06/2022

Par :

- ALOUI Massinissa

Devant le jury

BOUDJABI Sonia	MCA	Université de Tébessa	Présidente
NEFFAR Souad	Professeur	Université de Tébessa	Promotrice
CHENCHOUNI Haroun	MCA	École nationale supérieure des forêts Khenchela	Co-promoteur
GHEDABNIA Karima	MAA	Université de Tébessa	Examinatrice

Année universitaire 2021/ 2022

# DÉDICACES

## *A mes très chers parents (Abd El-kader & Nacira)*

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien-être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés et vos prières pour moi.

Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

## *A Mes adorables sœurs*

Nadine et Mebarka.

Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de joie, de santé et de prospérité.

## *A la mémoire de nos défunts*

Ma grand-mère Berka & A mes grands-pères Ali et Hammana, que Dieu ait pitié de leurs âmes.

## *A ma grande mère Djemâa*

Je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine du bonheur et de santé.

## *A mes chers amis*

Akrem, Fouad, Karim, Marwan, Mohamed, Oussama, Salah, Tarek, Yahia

## *A ma chère Leila*

Que Dieu vous protège et nous apporte une vie pleine de bonheur et de santé

(Micho&Pisso)

A toute la promotion E.E (2021-2022)

Je vous dédie ce MODESTE travail

« ALOUI Massinissa »

## **Remerciements**

*Louanges à Dieu, Seigneur Tout Puissant, de m'avoir donné la santé, guidé sur le chemin de la Science et permis d'achever ce travail, résultat de toute une formation.*

*J'aimerais adresser mes remerciements à :*

- Dr. Boudjabi Sonia d'avoir accepté de présider ce jury*
- Mme. Ghedabnia Karima d'avoir expertisé ce travail*
- Mes promoteurs : Mme Neffar Souad et Dr. Chenchouni Haroun (Ecole Nationale supérieure des forêts de Khenchela) d'avoir accepté d'orienter ce travail. Qu'ils trouvent ici toute ma gratitude et mes profonds respects.*
- Les chefs de circonscription des forêts Bir EL Ater et d'El Malabiod qui m'ont assuré le terrain, leurs précieux conseils et leur inestimable aide.*
- Tous les enseignants du département des Êtres Vivants sans exception qui ont contribué à ma formation.*

*Aloui Massinissa*

## Résumé

Le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) est une espèce autochtone, rustique et à grande plasticité écologique. L'objectif principal de cette étude consiste à évaluer les effets du climat et de l'exposition sur quelques paramètres morpho-dendrométriques liés à cette espèce dans la région de Tébessa (Nord-Est algérien). Le long d'un transect Nord-Sud, deux stations : Ghar Abada et Djebel Foua sont choisies, soumises respectivement à un climat semi-aride et aride. Un total de 12 caractères quantitatifs a été évalué : la circonférence du tronc (à 1,3m), la hauteur de l'arbre, la largeur et la longueur du houppier et les traits foliaires (longueur, largeur de la feuille, nombre de folioles, longueur du pétiole, etc.). L'analyse de la variance a permis de révéler un effet significatif du climat ( $P < 0,05$ ) et l'absence de l'effet du facteur « exposition » ( $P > 0,05$ ) sur la plupart des paramètres. Les traits étudiés semblent aussi plus développés sous climat aride comparé au climat semi-aride. La variabilité dans la réponse du pistachier de l'Atlas aux effets du climat et de l'exposition interprète sa grande adaptabilité vis-à-vis des différents milieux.

**Mots clés:** Tébessa, semi-aride, aride, dendrométrie, feuille, *Pistacia atlantica*.

## Abstract

The Atlas pistachio tree (*Pistacia atlantica* Desf.) is an autochthonous, hardy species with great ecological plasticity. The main objective of this study is to evaluate the effects of climate and exposure on some morpho-dendrometric parameters related to this species in the Tébessa region (North-East Algeria). Along a North-South transect, two stations were chosen: Ghar Abada and Djebel Foua, subjected to a semi-arid and arid climate respectively. A total of 12 quantitative traits were assessed: trunk circumference (at 1.3m), tree height, crown width and length and leaf traits (length, leaf width, number of leaflets, petiole length, etc.). The analysis of variance revealed a significant effect of climate ( $P < 0.05$ ) and the absence of the effect of the "exposure" factor ( $P > 0.05$ ) on most of the parameters. The traits studied also seem to be more developed under arid climate compared to semi-arid climate. The variability in the response of the Atlas pistachio to the effects of climate and exposure interprets its great adaptability to different environments.

**Key words:** Tébessa, semi-arid, arid, dendrometry, leaf, *Pistacia atlantica*.

## المخلص

تعتبر شجرة الفستق الأطلس (*Pistacia atlantica* Desf.) نوعا أصليا ذو مرونة بيئية عالية. تهدف هذه الدراسة الى تقييم آثار المناخ والتعرض على بعض المعايير المورفومترية لهذا النوع في منطقة تبسة (شمال شرق الجزائر). وعلى طول مقطع الشمال-الجنوب، تم اختيار محطتين: غار عبادة وجبل فوة، اللتان تتميزان على التوالي بمناخ شبه جاف وجاف. تم تقييم 12 معيارا كمي: محيط الجذع (1.3 متر)، ارتفاع الشجرة، عرض التاج وطوله، خصائص الورقة (الطول، وعرض الورقة، عدد الوريقات، طول العنق، وما إلى ذلك). كشف تحليل التباين عن وجود تأثير كبير للمناخ ( $P < 0.05$ ) وعدم وجود تأثير لعامل التعرض ( $P > 0.05$ ) على معظم المعايير، كما تبدو السمات التي تمت دراستها أكثر تطورا في المناخات الجافة مقارنة بالمناخات شبه جافة. إن التباين في استجابة شجرة الفستق الأطلسي لآثار المناخ والتعرض يفسر قدرتها العالية على التكيف مع البيئات المختلفة.

**الكلمات المفتاحية:** تبسة، مناخ شبه جاف، مناخ جاف، قياس الأشجار، الأوراق، الفستق الأطلسي

## Sommaire

Résumés .....	i
Sommaire.....	iii
Liste des figures.....	v
Liste des tableaux.....	vi
Abréviation.....	vii
<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>

### Chapitre 1. Etat de l'art

1. Position systématique du pistachier de l'Atlas .....	4
2. Caractères botaniques.....	6
2.1. Tronc.....	6
2.2. Feuilles.....	7
2.3. Fleurs.....	8
2.4. Fruits.....	9
2.5. Racines.....	10
3. Répartition géographique.....	10
4. Exigences écologiques.....	12
4.1. Climat.....	12
4.2. Sol.....	12
5. Ennemis du pistachier.....	12
6. Intérêts du pistachier de l'Atlas.....	14
7. Régénération du pistachier : où réside la difficulté ? .....	15

### Chapitre 2. Matériel et méthode

1. Présentation de la région d'étude.....	17
1.1. Localisation géographique .....	17
1.2. Climat général.....	18
1.3. Sol .....	20
1.4. Relief.....	21
1.5. Végétation.....	22
2. Choix des stations d'étude .....	23
3. Echantillonnage.....	24

<i>4. Matériel utilisé</i> .....	25
<i>5. Paramètres mesurés</i> .....	26
<i>5.1. Circonférence</i> .....	26
<i>5.2. Diamètre du tronc</i> .....	26
<i>5.3. Autres paramètres</i> .....	27
<i>5.4. Détermination de l'âge des arbres</i> .....	27
<i>5.5. Traits des feuilles</i> .....	28
<i>6. Analyses statistiques</i> .....	29

### **Chapitre 3. Résultat**

<i>1. Nombre de sujets estimés à l'œil nu</i> .....	31
<i>2. Morpho-dendrométrie des sujets de pistachier étudiés dans la région de Tébessa..</i>	33
<i>2.1. Circonférence (Cf) du tronc à hauteur de poitrine (1,30m)</i> .....	33
<i>2.2. Hauteur totale de l'arbre</i> .....	34
<i>2.3. Longueur du houppier</i> .....	35
<i>2.4. Diamètre du houppier</i> .....	36
<i>3. Corrélations entre les paramètres dendrométriques du pistachier de l'Atlas</i> .....	37
<i>3.1. Sous climat semi-aride</i> .....	37
<i>3.2. Sous climat aride</i> .....	37
<i>4. Variation morphométrique des feuilles du pistachier de l'Atlas</i> .....	38
<i>4.1. Longueur de la feuille</i> .....	38
<i>4.2. Longueur du limbe</i> .....	38
<i>4.3. Longueur du pétiole</i> .....	39
<i>4.4. Largeur de la feuille</i> .....	39
<i>4.5. Longueur de la foliole terminale</i> .....	39
<i>4.6. Largeur de la foliole terminale</i> .....	39
<i>4.7. Nombre de folioles</i> .....	39
<i>4.8. Nombre de paires de folioles</i> .....	39
<b>Chapitre 4. Discussion générale et conclusion</b> .....	43
<b>Références bibliographiques</b> .....	50
<b>Annexes</b> .....	59

## Liste des figures

Numéro	Titre	Page
<b>Figure 1</b>	Sujets du pistachier de l'Atlas à différentes saisons	6
<b>Figure 2</b>	Le tronc du pistachier de l'Atlas	6
<b>Figure 3</b>	Morphologie des feuilles des différentes espèces de pistachier	7
<b>Figure 4</b>	Feuilles du pistachier de l'Atlas	8
<b>Figure 5</b>	Fleur du pistachier de l'Atlas	9
<b>Figure 6</b>	Fruit du pistachier de l'Atlas	9
<b>Figure 7</b>	Le système racinaire du pistachier de l'Atlas au bord d'un Oued	10
<b>Figure 8</b>	Aire naturelle de <i>P. atlantica</i>	11
<b>Figure 9</b>	Distribution de <i>P. atlantica</i> en Algérie	12
<b>Figure 10</b>	Observation sous microscope optique des deux espèces de pucerons inventoriées	13
<b>Figure 11</b>	Forme des galles observées dans les zones d'étude	14
<b>Figure 12</b>	Régénération naturelle du pistachier de l'Atlas trouvée dans la zone d'étude	15
<b>Figure 13</b>	Localisation de la région et des stations d'étude illustrant les différentes altitudes	17
<b>Figure 14A</b>	Diagramme ombrothermique de la région de Tebessa	18
<b>Figure 14B</b>	Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de Saf Saf El Oussra (Bir El Ater) (1998-2014)	19
<b>Figure 15</b>	Carte des sols de la wilaya de Tébessa (Conservation des forêts, 2014).	20
<b>Figure 16</b>	Carte des bassins et sous bassins versant de la wilaya de Tébessa (Conservation des foret, 2014).	21
<b>Figure 17</b>	Carte forestière de la wilaya de Tébessa (Conservation des forêts, 2014)	22
<b>Figure 18</b>	Délimitation des stations d'étude	23
<b>Figure 19</b>	(A) Utilisation du ruban mètre ; (B) Niveau de mesure dans des différents cas	26
<b>Figure 20</b>	(A) L'interface de l'application de télémètre électronique version 2.8.0 ; B : La prise des différentes mesures de l'arbre en utilisant le télémètre électronique version 2.8.0	27
<b>Figure 21</b>	Deux rondelles de tronc du pistachier de l'Atlas, prises à 1,30m du sol	28
<b>Figure 22</b>	Localisation des traits morphométriques de la feuille du pistachier de l'Atlas	29
<b>Figure 23</b>	Des sujets du pistachier de l'Atlas dans les deux stations sur différents substrats	32
<b>Figure 24</b>	Box plots représentant la variation spatiale (intra et inter-stations) des valeurs moyennes (○) et des quartiles de la circonférence des arbres du pistachier dans la région de Tébessa (Nord-est Algérie).	33
<b>Figure 25</b>	Box plots représentant la variation spatiale (intra et inter-stations) des valeurs moyennes (○) et des quartiles de la hauteur totale des arbres du pistachier dans la région de Tébessa (Nord-est Algérie).	34



<b>Figure 26</b>	Box plots représentant la variation spatiale (intra et inter-stations) des valeurs moyennes (○) et des quartiles de la longueur du houppier des arbres du pistachier dans la région de Tébessa (Nord-est Algérie).	<b>35</b>
<b>Figure 27</b>	Box plots représentant la variation spatiale (intra et inter-stations) des valeurs moyennes (○) et des quartiles de diamètres du houppier des arbres du pistachier dans la région de Tébessa (Nord-est Algérie).	<b>36</b>

### Liste des tableaux

<b>Numéro</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau 1</b>	Les sous-espèces de <i>P. atlantica</i>	<b>5</b>
<b>Tableau 2</b>	Synthèse des caractéristiques des stations étudiées	<b>24</b>
<b>Tableau 3</b>	Nombre total de sujets de pistachier recensé sur terrain	<b>31</b>
<b>Tableau 4</b>	L'âge estimé des sujets du pistachier de l'Atlas dans toutes les stations	<b>31</b>
<b>Tableau 5</b>	Corrélations (coefficients de Pearson) entre les différents paramètres dendrométriques sous climat semi- aride (Corrélations marquées à $P < 0,05$ )	<b>37</b>
<b>Tableau 6</b>	Corrélations (coefficients de Pearson) entre les différents paramètres dendrométriques sous climat aride (Corrélations marquées à $P < 0,05$ )	<b>38</b>
<b>Tableau 7</b>	Variation spatiale (intra et inter-stations) des valeurs moyennes, minimale et maximale des différents traits des feuilles du pistachier de l'Atlas dans la région de Tébessa (Nord-est algérien)	<b>40</b>

## Liste des abréviations

**AR** : Aride

**Cf** : Circonférence

**Clim** : Climat

**D** : Diamètre du tronc

**DF** : Djbel foua

**D. houppier** : Diamètre du houppier

**GA** : Ghar abada

**HT** : Hauteur totale

**Long.H** : Longueur du houppier

**L.F** : Longueur de la feuille

**L.L** : Longueur du limbe

**L.P** : Longueur du pétiole

**La.F** : Largeur de la feuille

**L.fol** : Longueur de la foliole terminale

**La.fol** : Largeur de la foliole terminale

**N.fol** : Nombre de folioles

**N.P.fol** : Nombre de paires de folioles

**S-A** : Semi- aride

**N** : Versant Nord

**S** : Versant Sud

*Introduction*  
*générale*

La dégradation du patrimoine végétal résulte d'une multitude de facteurs de nature anthropique et écophysiological. Ainsi, un grand nombre de phanérophytes se trouvant en lisière de forêt ou hors-forets ou épars sont devenus des espèces rares, vulnérables ou menacés (Mhirit, 1999). Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), les arbres hors forêt sont définis en relation avec les forêts et les autres terres boisées (Bellefontaine *et al.*, 2001). Autrement dit, ce sont des terres avec un couvert arboré supérieur à 10 %, d'une superficie supérieure à 0,5 hectare et où les arbres doivent atteindre *in situ* une hauteur minimale de 5 m à maturité.

Les arbres isolés et hors forêt reçoivent peu d'attention en Algérie et leur évaluation reste méconnue car la plupart des inventaires forestiers n'en tiennent pas compte. Les informations disponibles proviennent souvent d'études sectorielles, limitées géographiquement, utilisant des méthodes différentes et finalement souvent éloignées de celles pratiquées pour l'évaluation des forêts (Bellefontaine *et al.*, 2005). Parmi ces espèces, le pistachier ou le bétoum (*Pistacia atlantica* Desf.), dont le choix n'est pas fortuit.

En Afrique du Nord, cette espèce arborescente autochtone, s'étend depuis l'Atlas tellien, où elle se mêle au cèdre de l'Atlas, jusqu'au Sahara central où elle côtoie l'Acacia. Elle s'installe presque sur tous les étages bioclimatiques (méditerranéen, subhumide, humide, aride, semi-aride, saharien supérieur et inférieur). Il s'agit d'une espèce endémique des régions steppiques et sahariennes pouvant survivre en montagne et dans certaines terres dites marginales. Sa rusticité et son adaptation aux milieux les plus variables (Limane *et al.*, 2014) la rend particulièrement intéressante pour les programmes de reforestation appelés à remédier au recul des essences forestières exigeantes en eau (Belhadj, 2007). Outre cet avantage, le pistachier de l'Atlas figure parmi les taxons les plus menacés par l'érosion génétique (Ghorbel *et al.*, 2001 ; Rankou *et al.*, 2018). Mais malheureusement, son emploi se heurte à des connaissances insuffisantes, ou fragmentaires, concernant sa diversité, son écologie et les techniques de sa multiplication.

Notre étude est préliminaire et se propose d'identifier l'espèce dans son milieu naturel, en commençant par les traits morpho-dendrométriques de l'arbre : la circonférence, la hauteur de l'arbre, le houppier et les traits quantitatifs des feuilles dans une région de l'Est algérien (Tébessa) dans deux stations soumises à deux variantes climatiques : Ghar Abada (El Malabiod, climat semi-aride) et Djebel Foua (Bir El-Ater, climat aride)

Ce mémoire se subdivise en une introduction générale donnant un aperçu sur la taxinomie, la biogéographie et l'écologie du pistachier de l'Atlas, suivie d'un chapitre « Matériel et Méthodes » décrivant la zone d'étude et la méthodologie adoptée, un chapitre « Résultats », donnant suite à une « Discussion et conclusion générale ». À la fin, la liste des références bibliographiques exploitées et l'annexe des traitements statistiques.

# *Chapitre 1*

## *Etat de l'art*

## 1. Position systématique du pistachier de l'Atlas

Le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) est un puissant arbre de la famille des Anacardiaceae. Le genre *Pistacia* renferme 11 espèces (Seigue, 1985) et même 13 espèces ou plus (Karimi *et al.*, 2009). Parmi les plus connues : *Pistacia vera* L., *Pistacia khinjuk* Stocks., *Pistacia lentiscus* L. et *Pistacia atlantica*. Cette dernière à feuillage caduque présente une forme moyenne d'une série très homogène de pistachiers dont la distinction ne se fait que par le nombre des folioles, leur dimension et d'autres éléments jamais très incontestablement fixés (Monjauze, 1980), cependant Al-Saghir *et al.* (2006) suggèrent d'ajouter des données cytologique, anatomique, ou moléculaire pour affiner les relations taxonomiques et évolutives.

D'après GBIF (Global Biodiversity Information Facility, 2021), la position systématique de ce phanérophyte est la suivante :

**Règne** : Plantae

**Phylum** : Tracheophyta

**Classe** : Magnoliopsida

**Sous Classe** : Rosidea

**Ordre** : Sapindales

**Famille** : Anacardiaceae

**Genre** : *Pistacia*

**Espèce** : *Pistacia atlantica* Desf. 1799

D'après Yaaqobi *et al.* (2009), cette espèce est représentée par 4 sous espèces, à savoir *mutica*, *cabulica*, *kurdica* et *atlantica*. Une synthèse a été faite par Karimi *et al.*, (2009), illustrée dans le tableau 1.

**Tableau 1.** Les sous-espèces de *P. atlantica* (Karimi *et al.*, 2009)

Espèce	Sous-espèce	Nom des auteurs
<i>P. atlantica</i> Desf.	<i>subsp. latifolia</i> DC. ( <i>syn. P. mutica</i> Fisch. et C. A. Mey., <i>P. cabulica</i> Stocks.) <i>subsp. kurdica</i>	Zohary (1952)
<i>P. atlantica</i>	<i>subsp. mutica</i> (Fisch. et C. A. Mey.) <i>subsp. cabulica</i> (Stocks.) <i>subsp. kurdica</i> (Zoh.)	Rechinger (1963)
<i>P. atlantica</i> <i>P. eurycarpa</i> Yalt. ( <i>syn. subsp. kurdica</i> )	/	Yaltirik (1967)
<i>P. atlantica</i>	<i>subsp. atlantica</i> <i>subsp. cabulica</i> <i>subsp. mutica</i>	Zohary (1972)
<i>P. atlantica</i>	<i>subsp. latifolia</i> ( <i>syn. subsp. mutica</i> ) <i>subsp. cabulica</i>	Al Yafi (1978)
<i>P. atlantica</i> <i>P. eurycarpa</i> ( <i>syn. subsp. kurdica</i> )	/	Kafkas <i>et al.</i> (2002)
<i>P. atlantica</i> <i>P. eurycarpa</i> ( <i>syn. subsp. kurdica</i> )	<i>subsp. mutica</i>	Karimi (2008)

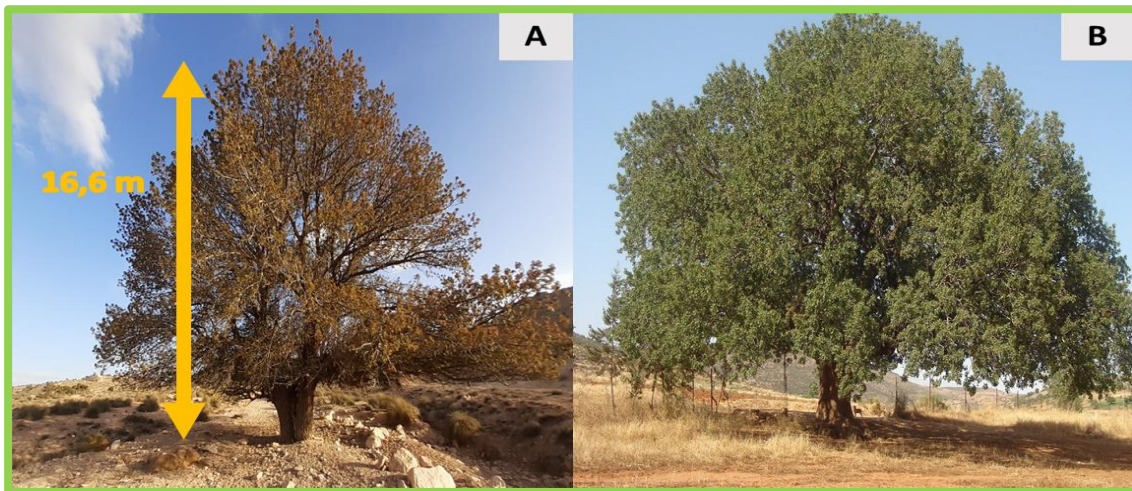
Le pistachier de l'Atlas a différents noms vernaculaires locaux : elbetoum, botma, betouma ou btouma ou encore boutmaia en Arabe, local et Iggh en berbère (Evreinoff, 1955 ; Monjauze, 1980).

Cette espèce a été ajoutée à la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) et a été considérée comme une espèce quasi-menacée (Rankou *et al.*, 2018).



## 2. Caractères botaniques

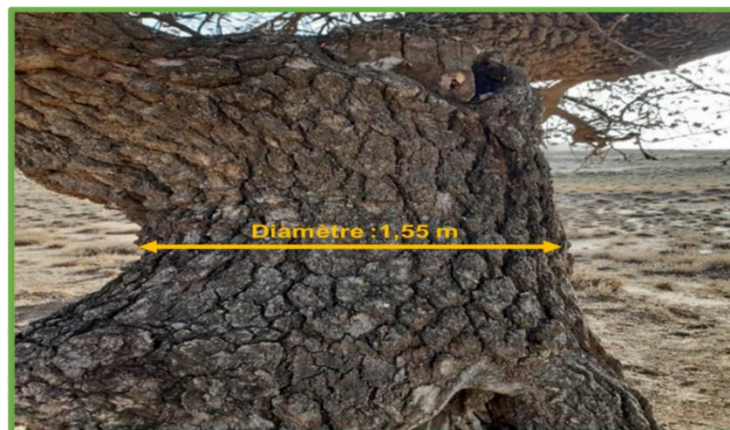
Le pistachier de l'Atlas est un puissant arbre de 10 à 15 m de hauteur (Monjauze, 1968), pouvant même atteindre 20 m (Yaaqobi *et al.*, 2009) (Fig. 1). Il a une certaine ressemblance avec le frêne (Seigue, 1985) et au térébinthe (Monjauze, 1980). La couronne en boule dans la jeunesse, s'étale en demi-sphère en vieillissant (Benaradj *et al.*, 2015).



**Figure 1.** Sujets du pistachier de l'Atlas à différentes saisons :  
A : au printemps (Cliché Aloui, 2022) ; B : en été (google.com)

### 2.1. Tronc

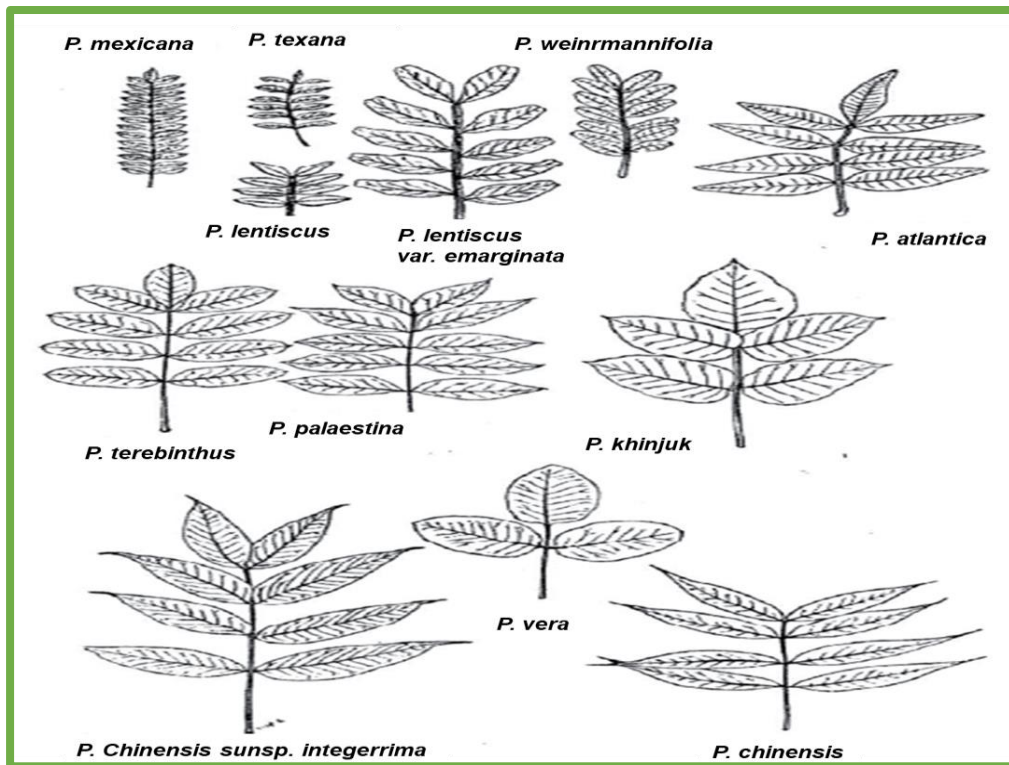
L'arbre possède un tronc court (Fig. 2), mesurant 1 mètre de diamètre (Seigue, 1985), ou plus avec une circonférence pouvant atteindre 5 mètres (Belhadj, 2001), à écorce persistante sombre crevassée en petits carreaux chez les vieux arbres. La production de résine par écorce par temps chaud est un caractère identique chez toutes les espèces du genre et surtout les bétoums (Monjauze, 1980).



**Figure 2.** Le tronc du pistachier de l'Atlas (Cliché Aloui, 2022).

## 2.2. Feuilles

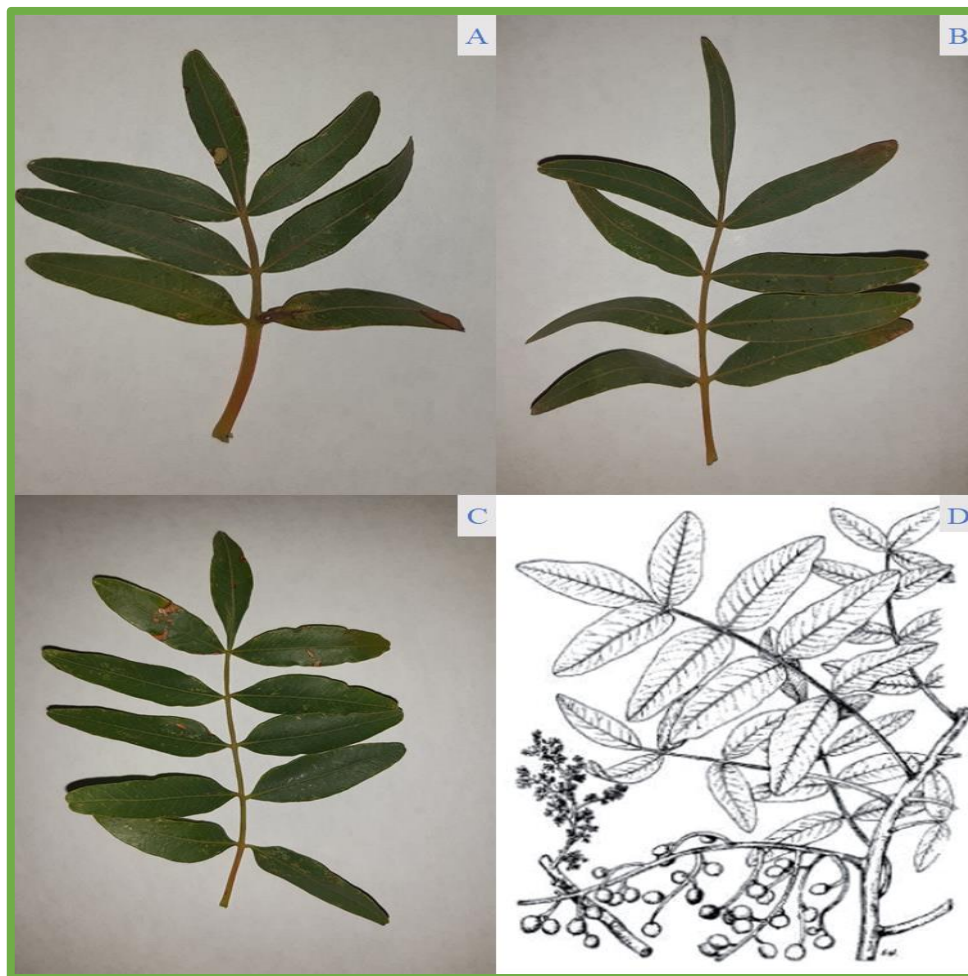
La figure ci-dessous (Fig. 3) présente les différentes formes des feuilles du genre *Pistacia*, y compris *P. atlantica* car la forme, le nombre, la taille et l'orientation des folioles sont un critère primordial pour la distinction des espèces du *Pistacia* (Zohary, 1952 in Amara et al., 2020).



**Figure 3.** Morphologie des feuilles des différentes espèces de pistachier, modifié (Zohary 1996 in Fetati, 2017)

Les feuilles du pistachier sont composées, imparipennées et caduques (Seigue, 1985), plus larges que celles de *Pistacia terebinthus* et *Pistacia lentiscus*, dépassant rarement les 12 cm (Monjauze, 1980). Les paires de folioles sont au nombre de 3 à 4 (Seigue, 1985) et jusqu'à 5 avec un total de 7 à 11 folioles (Fig. 4) mesurant entre 2,5 à 6 cm de longueur et 0,5 à 1,5 cm de largeur. Les folioles sont de couleur vert foncé dessus et pâle dessous (Yatrik, 1967 in Kafkas et Perl-Treves, 2001) et de forme rhomboïdale avec leur plus grande largeur au tiers inférieur du limbe à pétiole peu ailé (Lendant, 1975 ; Monjauze, 1980).

Monjauze (1980) ajoute que la présence dans le plan foliaire et sur la marge de chaque foliole d'une ligne de poils presque microscopiques, courbés vers l'apex et parallèles entre eux, peut être un bon caractère typique du bétoum.



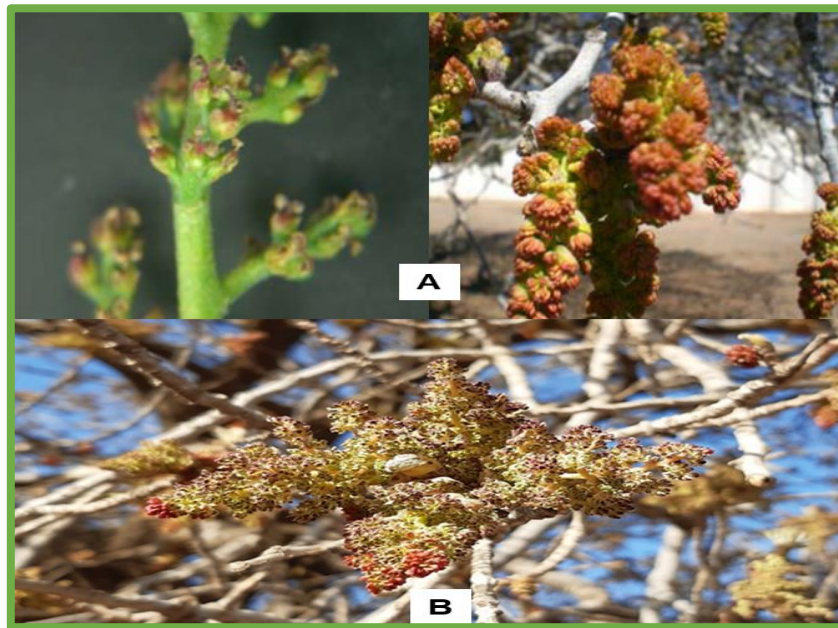
**Figure 4.** Feuilles du pistachier de l'Atlas

(A : feuille à 3 paires 7 folioles ; B : feuilles à 4 paires 9 folioles ; C : feuille a 5 paires 11 folioles (Cliché Aloui, 2022) ; D : rameau fructifié (Zohary 1996 *in* Fetati, 2017).

### 2.3. Fleurs

Le pistachier de l'Atlas est une espèce dioïque (Monjauze, 1980), cependant, Kafkas *et al.* (2001) et Djamila *et al.* (2018) ont signalé l'existence de quelques pieds monoïque en Turquie et en Algérie. Les fleurs mâles sont regroupées en inflorescences réunies à la base et portant des sacs polliniques jaunes de forme ronde, par contre les fleurs femelles sont réunies en panicules courtes, portant des ovaires à ovule unique (Fig. 5A) (Ghorbel *et al.*, 2001). La floraison a lieu entre février et mars (Nadjat et Tayeb, 2020). D'après Mehdeb *et al.* (2021), la floraison des individus femelles est retardée d'un intervalle de 7 à 10 jours par rapport à celle des individus mâles.



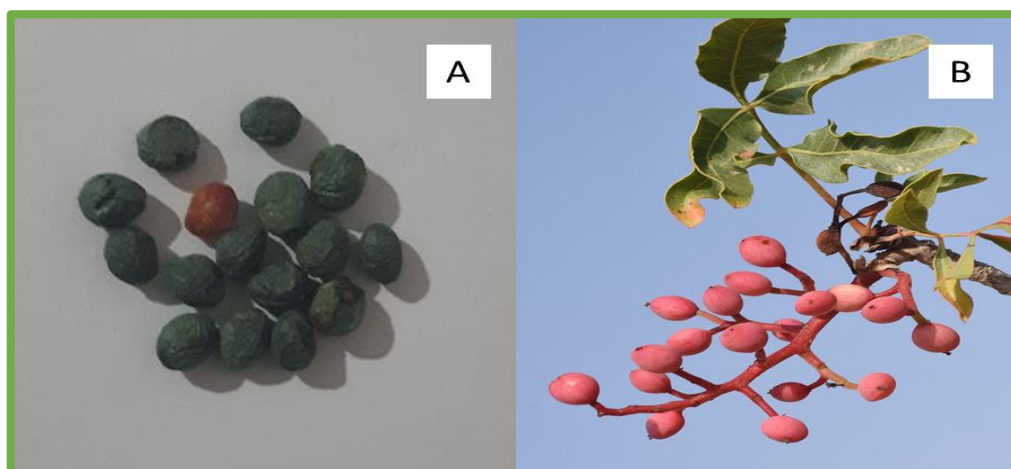


**Figure 5.** Fleur du pistachier de l'Atlas

(A : fleur femelle à gauche, fleur male à droite (Yaaqobi *et al.*, 2009) ; B : fleur male (Cliché Aloui, 2022)).

## 2.4 Fruits

Les fruits du bétoum sont des drupes appelées « ghodim » par les Algériens (Mehdeb *et al.*, 2021). Ils sont de couleur verte (Fig. 6 A) tournant au bleu foncé ou au noir à maturité (Août à Septembre) (Ghorbel *et al.*, 2001). Ils ont la taille d'un pois avec une forme ovale, parfois allongée et de taille similaire ou plus petite que celle des fruits de *P. terebinthus*. Ils mesurent 5,9-8,5 mm de long et 4,2-6,2 mm de large (Monjauze, 1980). Le poids de 100 noix varie entre 8,34 et 15,43 g (Atli *et al.*, 2001).



**Figure 6.** Fruit du pistachier de l'Atlas

(A : Fruit séché (Cliché Aloui, 2022) ; B : Fruit n'a pas encore atteint la maturité (POWP, 2022))

## 2.5. Racines

Les racines du pistachier de l'Atlas peuvent atteindre 5 à 6 m de profondeur (Ait-Radi, 1997 *in* Belazouz, 2020). Cette espèce investit sa biomasse racinaire avec modération pour optimiser l'acquisition des ressources hydrominérales, inégalement réparties dans l'espace et dans le temps (Limane *et al.*, 2014). Sous des climats semi-arides, le pistachier de l'Atlas développe un système racinaire principalement superficiel, suffisant pour ses besoins hydrominéraux constants. Avec l'augmentation de l'aridité climatique et édaphique le long du gradient, il adopte une stratégie phréatophytique, en augmentant la longueur et l'épaisseur de ses racines profondes en contact avec les niveaux profonds humides, protégés de l'évaporation pendant les longues saisons sèches (Limane *et al.*, 2014). Selon la même source, la variabilité de l'architecture racinaire de *Pistacia atlantica* est due à des facteurs abiotiques (les précipitations, la durée de la saison sèche et la teneur du sol en limons).

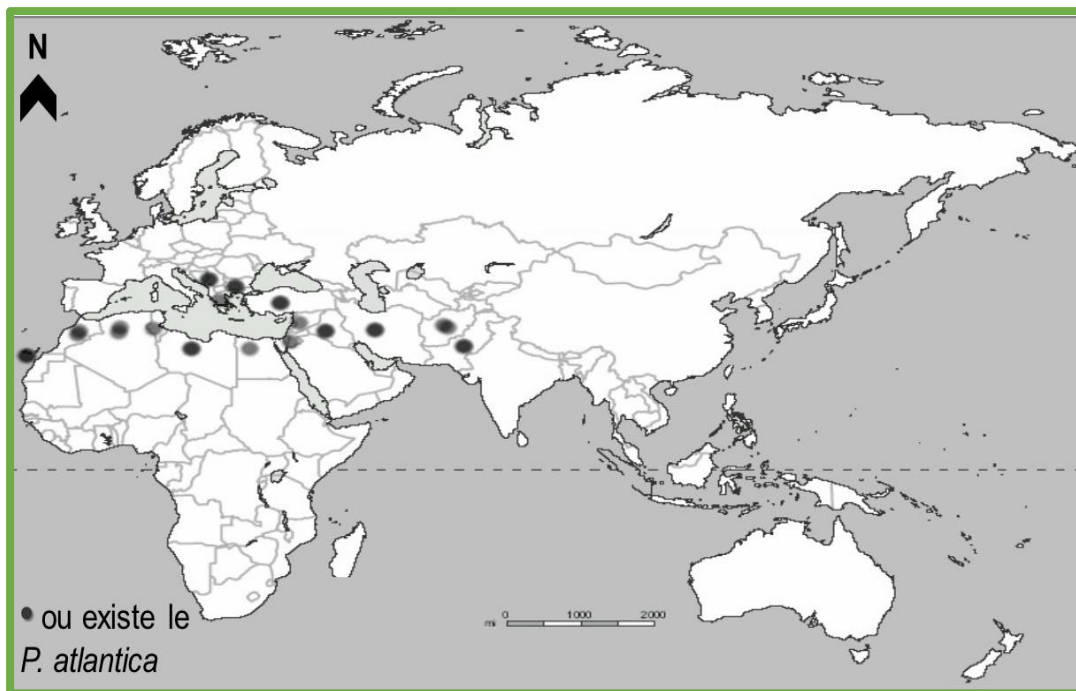


**Figure 7.** Le système racinaire du pistachier de l'Atlas au bord d'un Oued (Cliché Aloui, 2022).

## 3. Répartition géographique

Selon Monjauze (1980) et Anwar et Rabbani (2001), le pistachier de l'Atlas est l'arbre le plus ubiquiste de l'Afrique du Nord et du Proche-Orient. Il colonise une vaste région géographique à partir des îles de Canaries jusqu'à l'Inde en passant par le Nord de l'Afrique et des pays de

l'Est de la méditerranée (Fig. 8). Par conséquent, cette espèce ne peut être considérée comme endémique à l'Afrique du Nord (Monjauze, 1980), contrairement à ce qui a été avancé par Lendant (1975) et Ozenda (1991), en tant qu'espèce indigène du Nord de l'Afrique. D'un autre côté, El Zerey-Belaskri et Benhassaini (2016) rapportent que lorsqu'une espèce présente une grande aire de répartition, la fragmentation des habitats et les potentialités d'adaptation à la variabilité écologique peuvent conduire à des subdivisions intraspécifiques, des sous-espèces, des variétés et des écotypes reproducteurs. C'est le cas du pistachier de l'Atlas.



**Figure 8.** Aire naturelle de *P. atlantica* (Al-saghir, 2006).

La variété *Pistacia atlantica* var. *atlantica* est indigène de l'Algérie et au Nord d'Afrique (Zohary, 1996 in Belhadj *et al.*, 2008).

L'établissement de la carte de distribution du pistachier de l'Atlas par Monjauze (1968) (Fig. 9) a révélé sa présence dans toutes les zones pas trop arrosées du Nord, et spécialement sur les Hauts Plateaux (Lendant, 1975) et les Dayas de la région situées entre Laghouat et Biskra et même au Hoggar (Ozenda, 1991). Cette espèce peut pousser de façon spontanée dans les forêts dégradées, les dépressions et les vallées, sous forme de quelques individus épars (Ghorbel *et al.*, 2001).

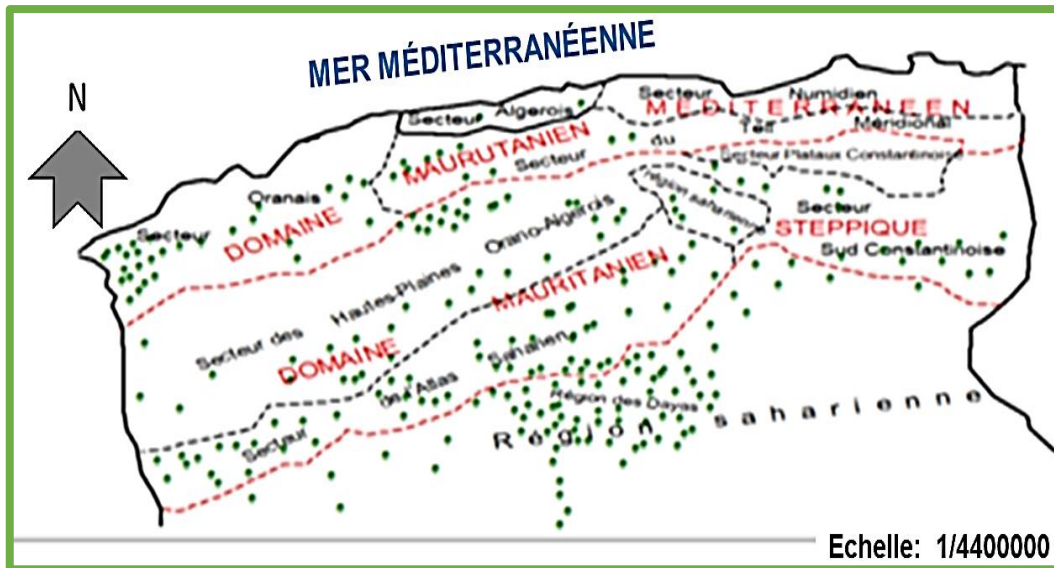


Figure 9. Distribution de *P. atlantica* en Algérie (Monjauze, 1968).

#### 4. Exigences écologiques

##### 4.1. Climat

Le pistachier de l'Atlas a une plasticité assez remarquable en résistant au froid et à la sécheresse (Lendant, 1975). Il s'installe dans les régions semi-arides et arides (région du Sud 0-150 mm de précipitations) (Belhadj, 1999 ; Ghorbel *et al.*, 2001) et pousse même dans les zones subhumides (régions du Nord, 480 mm de précipitations), à des altitudes allant de 100 à 2000 m d'altitude (Ghorbel *et al.*, 2001), atteignant même 3000 m d'altitude au Pakistan (Anwar et Rabbani, 2001). Selon Belhadj (1999), les conditions climatiques de la plupart des montagnes et des zones semi-arides lui offrent les possibilités d'existence en Algérie.

Il est important de signaler que les steppes arborées à *P. atlantica* sont en régression à cause des changements climatiques (Tassin, 2012).

##### 4.2. Sol

Le betoum pousse bien dans tous les types de sol, y compris les zones rocheuses (Djamila *et al.*, 2018), mais évite les sables (Guerine et Hadjadj, 2019). Il préfère les terrains argileux profonds et les alluvions des plaines (Seigue, 1985).

#### 5. Ennemis du pistachier

Le pistachier de l'Atlas peut être attaqué par beaucoup de ravageurs tels que les hyménoptères, les coleoptères, les homoptères, les hétéroptères et les diptères avec d'inégales



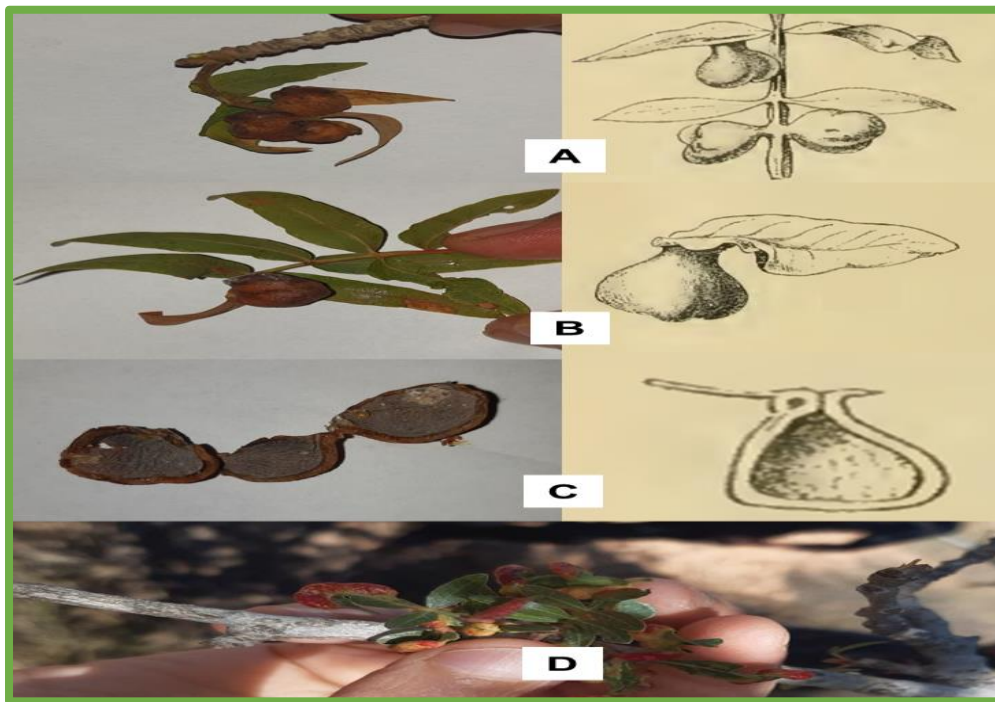
fréquences (Chebouti *et al.*, 2011), des champignons du sol, cas de *Verticillium dahliae* Kleb (Monastra *et al.*, 1997), des cochenilles, cas du céroplaste du figuier (*Ceroplastes rusci* L.), les scolytes et les pucerons. Ces derniers s'attaquent à l'arbre en produisant des galles de différentes formes et tailles, provoquant des modifications morphologiques, anatomiques ou physiologiques (Louzabi *et al.*, 2016). Parmi ces pucerons, il y a *Forda riccobonii* et *Geoica mimeuri* (Fig.10) responsables respectivement des galles en forme de croissant ou globuleuses (Fig. 11) (Louzabi *et al.*, 2020).

La rouille et la pourriture du cœur du tronc sont les plus graves maladies du pistachier. La rouille qui s'attaque aux feuilles, est provoquée par le champignon *Pileolaria terebenthi* (Evreinoff, 1955). Cette maladie entraîne la chute presque totale des feuilles surtout des jeunes arbres et plants en pépinière. Enfin, les bétoums sont tôt ou tard soumis à une pression anthropogénique et du bétail (Monjauze, 1980).



**Figure 10.** Observation sous microscope optique des deux espèces de pucerons inventoriées. (1- Ailé de *Geoica mimeuri*; 2- Antenne de *Geoica mimeuri*; 3- Ailé de *Forda riccobonii*; 4- Antenne de *Forda riccobonii* (Louzabi *et al.*, 2020)).





**Figure 11.** Forme des galles observées dans les zones d'étude

(A : Feuille portant trois galles de forme globuleuse ; B : Aspect extérieur d'une foliole et d'une galle de forme globuleuse ; C : Section longitudinale d'une galle de forme globuleuse ; D : galle en forme de croissant). À gauche (Cliché Aloui, 2022), à droite (Houard, 1912).

## 6. Intérêts du pistachier de l'Atlas

Les nombreux avantages du pistachier de l'Atlas peuvent être énumérés comme suit :

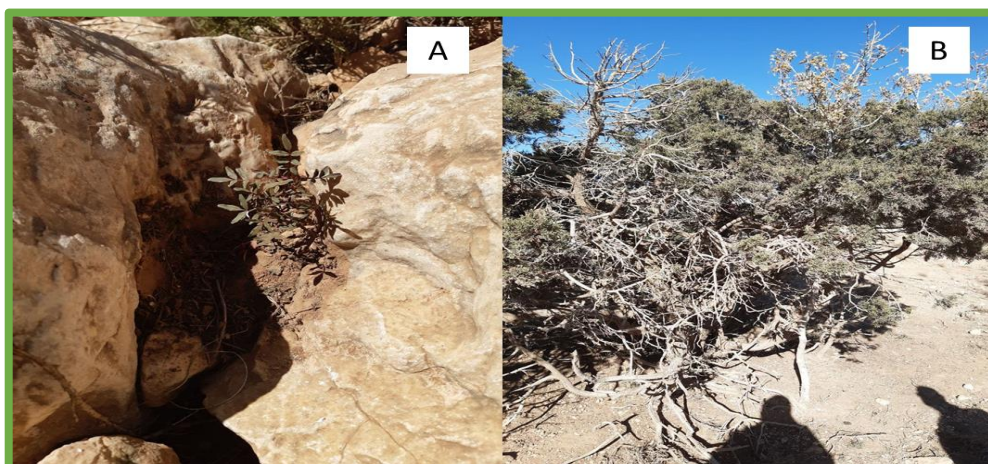
- Il est considéré comme le porte greffe de *Pistachia vera* et le plus résistant à l'asphyxie racinaire par rapport aux autres espèces de son genre (Monastra *et al.*, 1997).
- Son bois est un bois d'artisanat et excellent pour le chauffage et la carbonisation (Monjauze, 1980).
- *P. atlantica* est une espèce protectrice de bassins-versants (Le Hourerou, 1995) et est utilisée dans des projets de replantation en Afrique du Nord (Ahmed *et al.*, 2021).
- Espèce remédiatrice des sols et des eaux polluées : cas de stress causé par une toxicité par le zinc (Daoudi *et al.*, 2016).
- Il joue un rôle de liaison entre les divers types de forêts (Monjauze, 1980).
- Il constitue un aliment fonctionnel, car il est riche en nutriments, notamment en sucres, acides gras, acides aminés, minéraux, vitamines et antioxydants (Ahmed *et al.*, 2021). En Algérie, l'huile extraite est souvent mélangée aux dattes écrasées et peut être consommée à tout moment de la journée avec du petit lait (Belhadj, 2001). L'huile des graines, les feuilles et la résine de l'espèce sont traditionnellement utilisées à des usages médicaux (Batlle *et al.*, 2001 ; Belhadj, 2001 ; El Hilaly *et al.*, 2003). En effet, différentes parties du végétal

présentaient des propriétés antimicrobiennes, antifongiques, anti-inflammatoires, analgésiques, antinociceptives et anti-inflammatoires, cicatrisantes des plaies, anticancéreuses, cytotoxiques, anticholinestérasiques, antidiabétiques, hépatoprotectrices, protectrices des érythrocytes, inhibitrice de l'uréase, antihypertenseur, cicatrisante des fissures du mamelon, activités antileishmaniennes et antiplasmodiales (Ahmed *et al.*, 2021). L'analyse chimique de l'huile essentielle des feuilles et d'oléorésine de *P. atlantica* réalisée par Benabdallah *et al.* (2017) a identifié la présence de 36 différents composants chimiques.

### 7. Régénération du pistachier : où réside la difficulté ?

D'après Lendant (1975), la régénération du pistachier de l'Atlas est lente et insuffisante et nécessite des mesures de protection contre le bétail (spécialement dans les zones arides). Cette espèce régénère par semis ou rejet de souche est associé au Proche Orient avec *Quercus ithaburensis*, *Pinus halepensis* et *Zyziphus lotus* en Afrique du Nord, formant une brousse très dégradée et très dispersée (Seigue, 1985 ; Belhadj, 2001 ; Guerrine et Hadjaj, 2019) et avec *Juniperus oxycedrus* et *Retama sphaerocarpa* (Monjauze, 1980).

Sa régénération peut être facilitée et protégée par les espèces sus-citées, si abondantes partout sur les terres négligées d'Afrique du Nord ainsi que dans les thalwegs ou mghraders du pré-Sahara et dans les Dayas du Sud. Dans ces terres marginales ou subdésertiques, le bétoum a longtemps trouvé mieux qu'ailleurs le biotope favorable pour bien se développer (Monjauze, 1980). N'empêche, que sa semence est trop huileuse pour pouvoir se conserver longtemps dans la nature. Même en cave et stratifiée dans du sable, elle ne peut garder son pouvoir germinatif plus d'un printemps. Sa dissémination est principalement zoochorique, basée principalement sur les oiseaux (Monjauze, 1980).



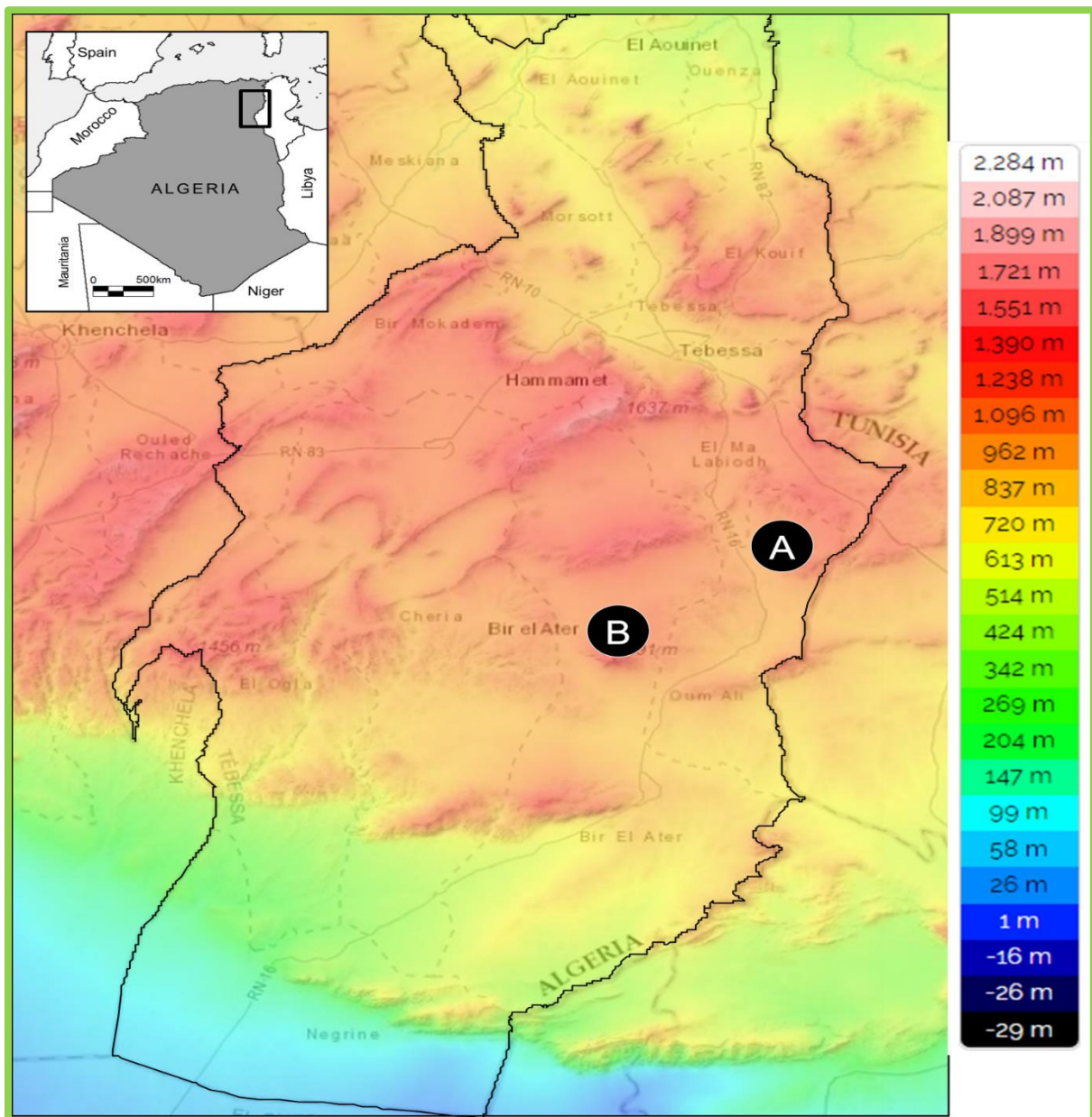
**Figure 12.** Régénération naturelle du pistachier de l'Atlas trouvée dans la zone d'étude (A : à l'intérieur d'une fissure de roche ; B : près d'un genévrier oxycedre) (Cliché Aloui, 2022).

*Chapitre 2 :*  
*Matériel et méthodes*

## 1. Présentation de la région d'étude

### 1.1. Localisation géographique

Le présent travail a été réalisé dans la région de Tébessa (Nord-est algérien). Elle est limitée au Nord par la wilaya de Souk-Ahras, au Nord-ouest par la wilaya de Oum el Bouaghi, à l'Ouest par la wilaya de Khenchla et au Sud par la wilaya d'El-Oued. Elle s'étend sur une superficie de 14227 Km<sup>2</sup> avec un étagement bioclimatique allant du semi-aride au Nord vers un climat plus sec et chaud au Sud (Fig. 13).



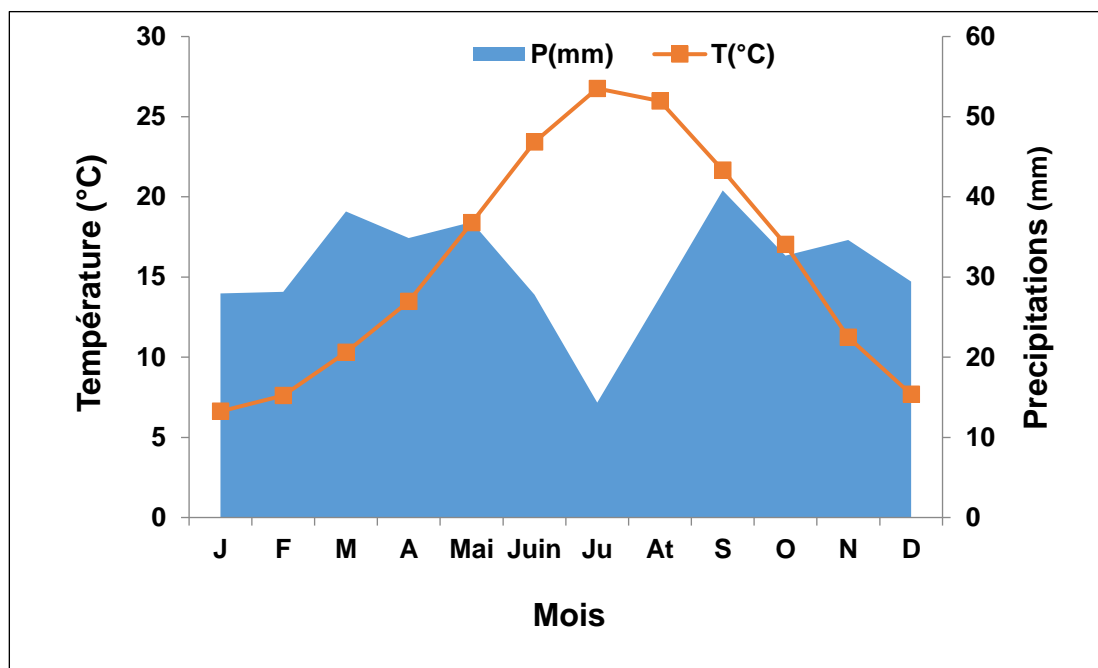
**Figure 13.** Localisation de la région et des stations d'étude illustrant les différentes altitudes (A : Ghar Abada ; B : Djebel Foua)



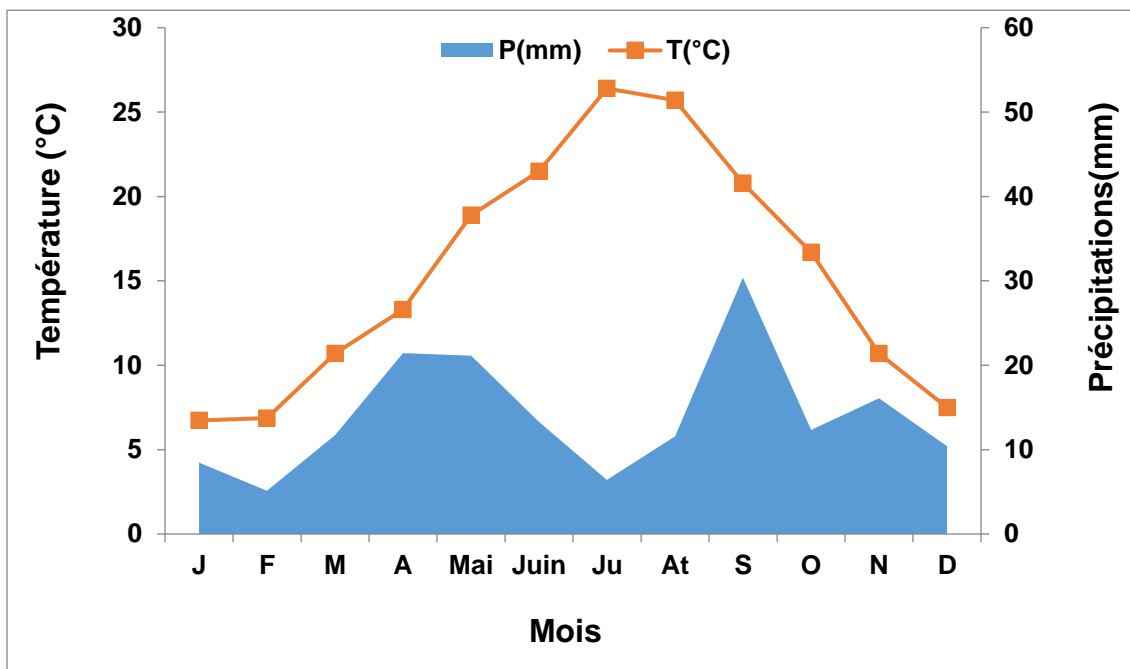
## 1.2.Climat général

La synthèse bioclimatique est prise du travail réalisé par Rezkallah et Khelifi (2020), basée sur les données climatologiques de Tebessa sur une période de 46 ans (1972- 2018) et celles de Saf Saf El Oussra dont les données ont été fournies par l'Agence Nationale des Ressources en Eau de Tebessa (ANRH) pour la période (1998-2014).

L'indice de De Martonne est de 14,43 dans la station de Ghar Abada (Tebessa) traduisant un climat semi-aride. Le diagramme ombrothermique révèle une période sèche, se situant entre les mois de Mai et Octobre (Fig. 14A). La température moyenne annuelle est de 15,84°C et les précipitations moyennes annuelles sont de 371 mm. En revanche, la station de Djebel Foua (Bir El Ater) est sèche toute l'année avec un indice de De Martonne de 6,60 (Fig. 14B). Les précipitations sont de l'ordre de 168,36 mm alors que la température moyenne est de 15,48°C. Septembre est le mois le plus pluvieux avec 30,38mm alors que les plus faibles pluies sont en Février (5,12 mm). La température maximale est enregistrée en Juillet (26,4°C) et la minimale en Janvier 6,73°C.



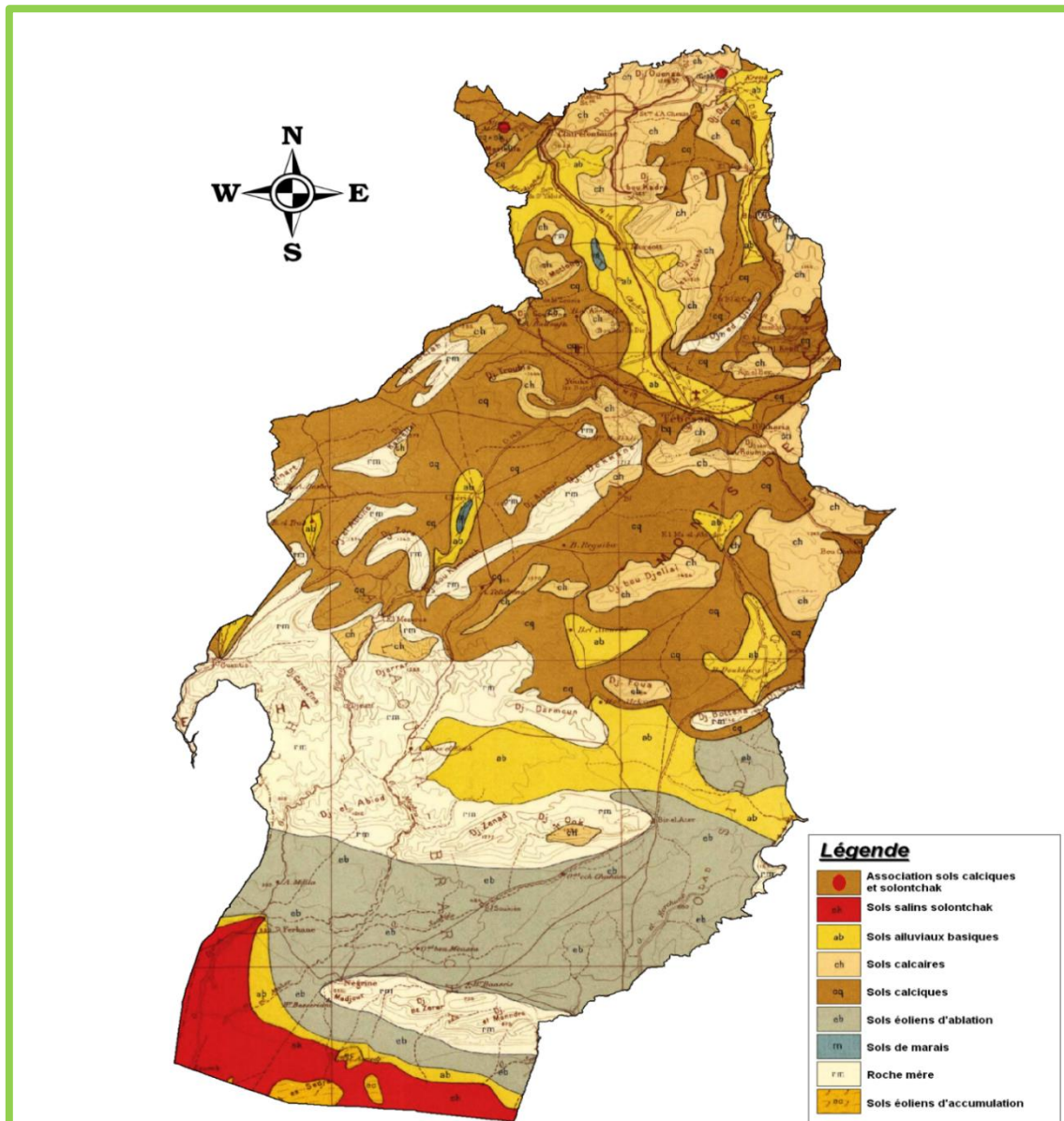
**Figure 14A.** Diagramme ombrothermique de la région de Tebessa (1972-2018) (Rezkallah et Khelifi, 2020)



**Figure 14B.** Diagramme ombrothermique de Gausse et Bagnouls de Saf Saf El Oussra (Bir El Ater) (1998-2014) (Rezkallah et Khelifi, 2020)

### 1.3.Sol

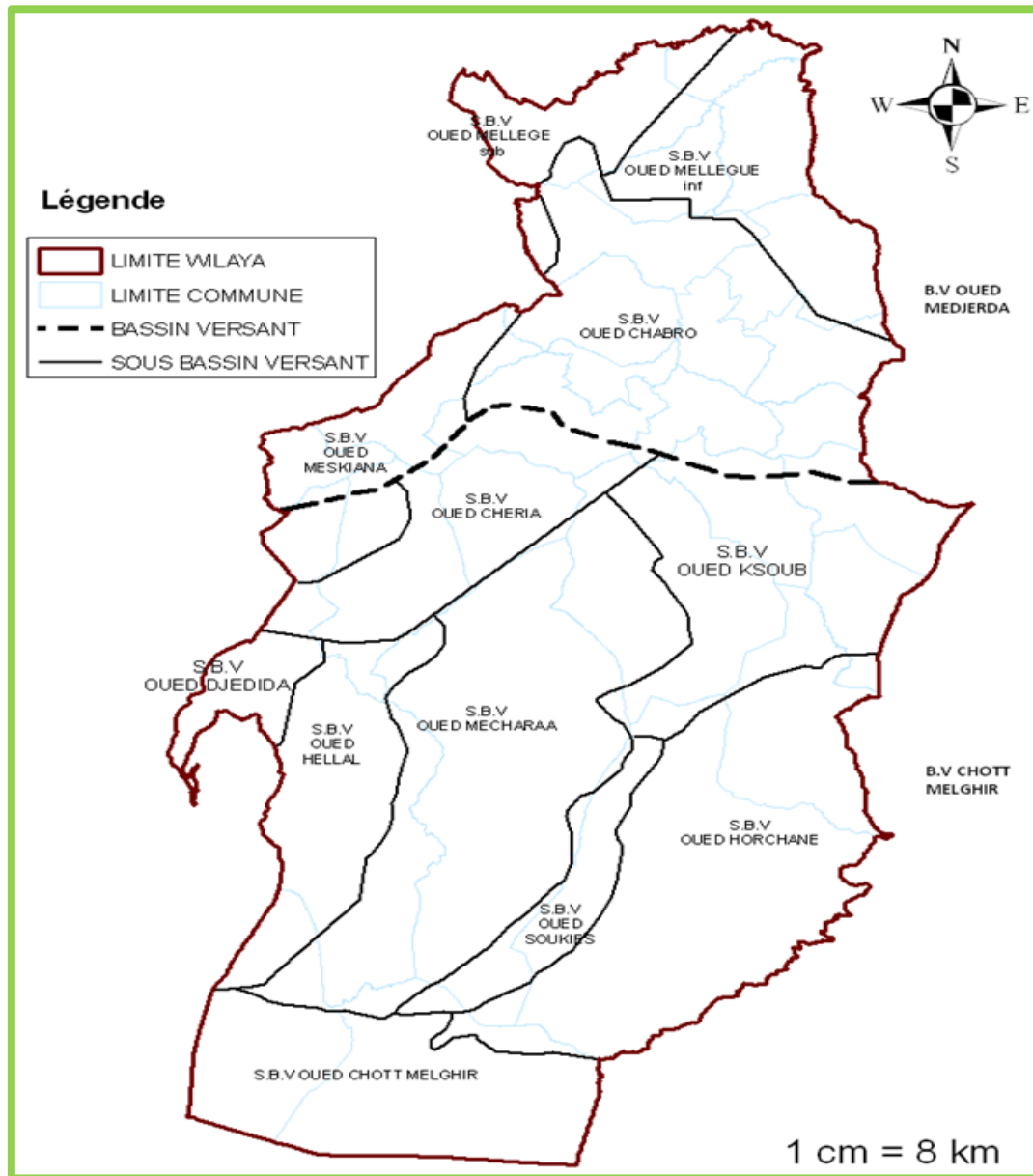
D'après l'Atlas des sols africains dans le référentiel mondial des sol (WRB : World reference base for soil resources), la plupart des sols de la région d'étude sont Haplic calcisols (CLha) caractérisés par l'accumulation des carbonates de calcium (Dewitt *et al.*, 2013). Ces sols se trouvent dans les milieux arides et semi-arides caractérisés par de faibles teneurs en matière organique, squelettiques et sujets à l'érosion (Halitim, 1988). Les sols des deux stations étudiées varient entre, sols calcaires, sols calciques et sols alluviaux basiques (Fig. 15).



**Figure 15.** Carte des sols de la wilaya de Tébessa (Conservation des forêts, 2014).

### 1.4. Relief

Les stations, objet de ce travail font partie du bassin versant Chott Melghir ; sous bassin versant d'Oued Ksoub pour Ghar Abada et la partie Sud et Est de Djbel Foua et le sous bassin versant d'Oued El Mechraa pour la partie Nord et Ouest de Djbel Foua (Fig. 16).



**Figure 16.** Carte des bassins et sous bassins versant de la wilaya de Tébessa (Conservation des foret, 2014).



### 1.5. Végétation

La wilaya de Tébessa appartient à l'étage bioclimatique semi-aride qui se caractérise par une végétation steppique où l'armoise blanche et l'alfa prédominent, associées au romarin, genévrier et quelques forêts et maquis de pin d'Alep et du chêne vert surtout au Nord (Le Houerou, 1995). Une grande superficie du territoire est utilisée pour l'agriculture (Fig. 17).

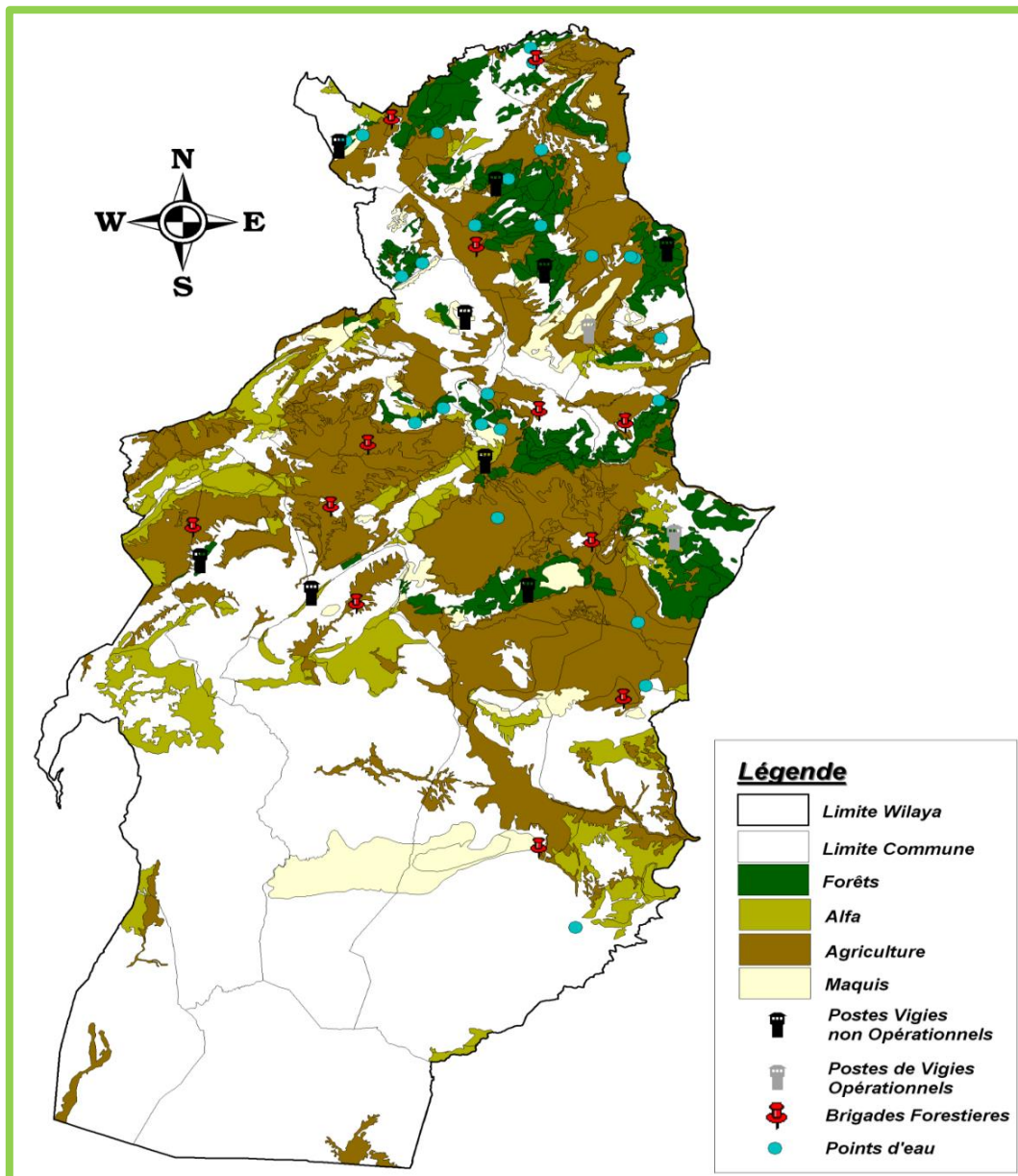
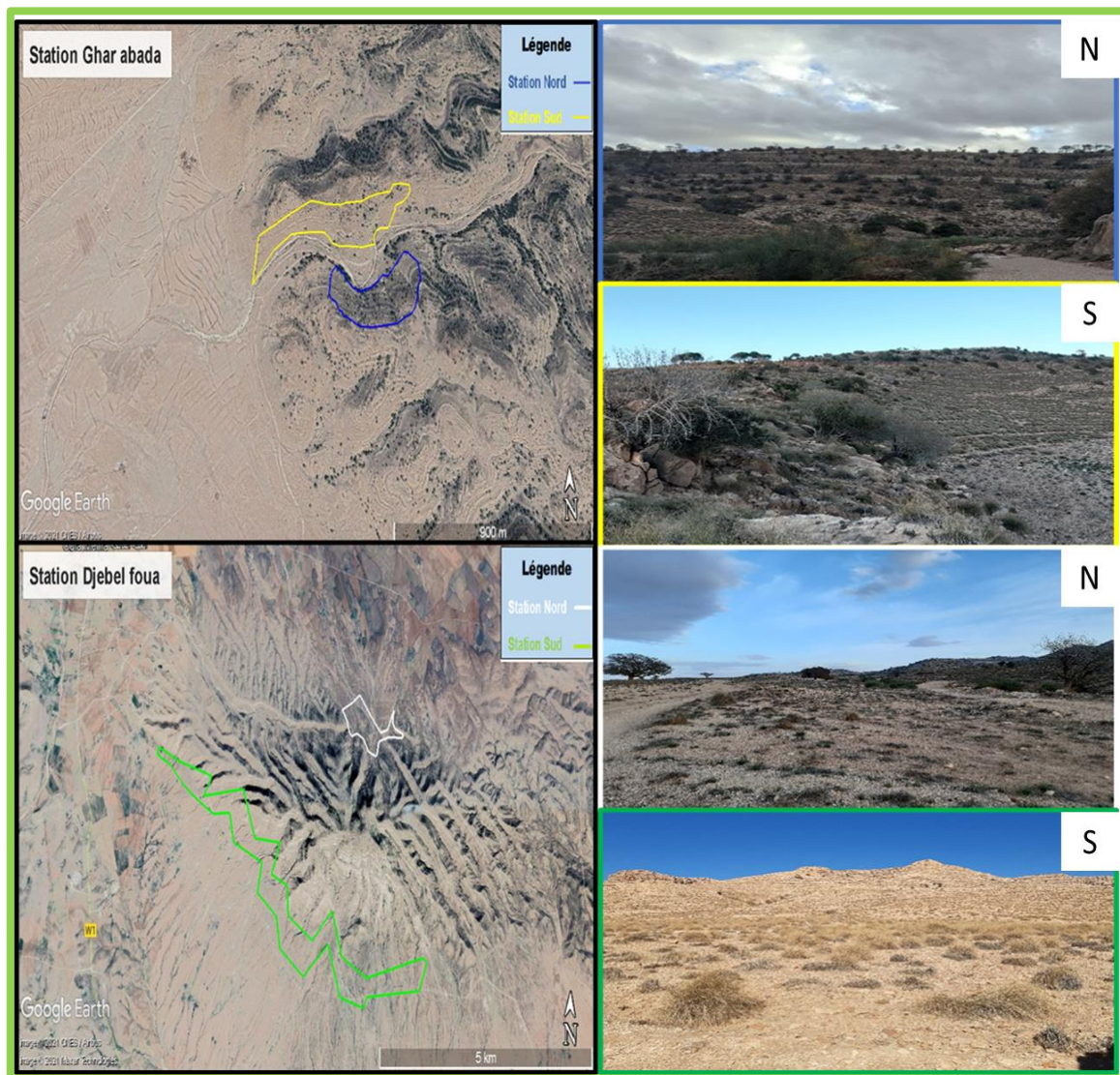


Figure 17. Carte forestière de la wilaya de Tébessa (Conservation des forêts, 2014)

## 2.Choix des stations d'étude

Deux stations ont fait l'objet de cette étude : Ghar Abada (El Maalabiod) et Djebel Foua (Bir El Ater), situées respectivement sous deux climats (semi-aride et aride) (Fig. 13 ; Fig. 18).

Le choix des stations a été dicté par des considérations d'ordre pratique et scientifique : (i) la sécurité et la facilité d'accès aux stations, (ii) la présence d'un nombre d'individus suffisant de l'espèce étudiée pour faire les mensurations biométriques sous les deux variantes climatiques (semi-aride et aride).



**Figure 18.** Délimitation des stations d'étude (À gauche, Image satellitaire Google Earth, à droite clichés Aloui (2021), N : Versant Nord, S : Versant Sud).

Tableau 2. Synthèse des caractéristiques des stations étudiées

Caractéristiques	Ghir Abada		Djebel Foua	
	Nord	Sud	Nord	Sud
Latitude	35°6.3710'N	35°6.4460'N	34°58.0560'N	34°57.1960'N
Longitude	8°17.3440'E	8°16.8640'E	8°1.0350'E	7°58.9560'E
Altitude (m)	1060,5	1041,5	1175,5	1110
Superficie (ha)	7,52	10,8	56,9	323
Pente	35°- 45°	30°- 45°	0°- 25°	5°- 30°
Sol	Sols calcaires- Sosl calciques – Sols alluviaux basiques		Sols calcaires-Sols calciques- Sols alluviaux basiques	
Végétation et espèces accompagnatrices	Steppes dégradées : <i>Pinus halepensis</i> L., <i>Juniperus phoenicea</i> L., <i>Stipa tenacissima</i> L., <i>Romarinus officinalis</i> L., <i>Artemisia herba alba</i> Asso., <i>Artemisia campestris</i> L., <i>Retama raetam</i> L., <i>Deverra tortuosa</i> Desf., <i>Peganum harmala</i> L.		Steppes dégradées : <i>Pinus halepensis</i> L., <i>Juniperus phoenicea</i> L., <i>Stipa tenacissima</i> L., <i>Romarinus officinalis</i> L., <i>Artemisia herba alba</i> Asso., <i>Artemisia campestris</i> L., <i>Astragalus armatus</i> L., <i>Capparis spinosa</i> L., <i>Zizyphus lotus</i> L., <i>Retama raetam</i> L., <i>Haloxylon salicornicum</i> Moq., <i>Deverra tortuosa</i> Desf., <i>Asparagus horridus</i> L., <i>Asphodelus</i> sp L., <i>Genista</i> sp L., <i>Globularia alypum</i> L., <i>Thymelaea hirsuta</i> L.	
Type de climat	Semi-aride		Aride	

### 3. Echantillonnage

Comme les individus de l'espèce étudiée sont éparpillés, isolés et rarement groupés, le prélèvement des échantillons s'est fait de façon subjective en choisissant les sujets les plus accessibles sur terrain. Par conséquent, le nombre d'arbres mesuré a été de 25 dans la station Ghar Abada (06 au Nord et 19 au Sud) et 44 dans la station de Djebel Foua (23 au Nord et 21 au Sud).

Etant donné la caducité du pistachier de l'Atlas, les sorties ont été réalisées le mois de Novembre 2021 afin de pouvoir collecter les feuilles. Les caractères morphologiques de ces dernières sont souvent utilisés par les taxonomistes pour différencier les taxons (Zohary, 1952 *in* Amara *et al.*, 2020). En effet, elles peuvent donner une idée de la variabilité des caractères adaptatifs et fournir des renseignements très intéressants pour la compréhension de la différenciation des populations naturelles (Nadjat et Tayeb, 2021). Dans le présent cas, un total de 470 feuilles a été collecté à raison de plus de 115 feuilles prises de sept arbres feuillus / versant (certains sujets commençaient déjà à perdre leur feuillage).

#### 4. Matériel utilisé

La collecte et les mensurations sur terrain ont été effectuées à l'aide du matériel suivant :

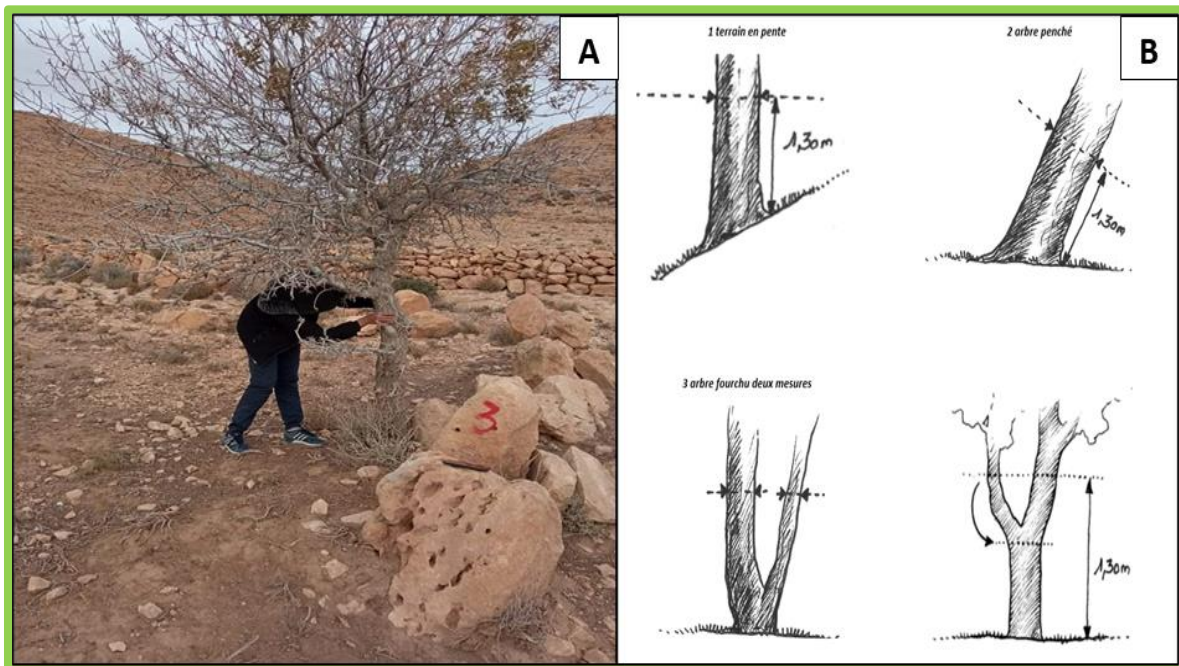
- Télémètre électronique (version 2.8.0) (laser) : pour mesurer la hauteur totale, le diamètre et la longueur du houppier des arbres échantillonnés.
- Boussole.
- G.P.S. (Global Positioning system).
- Mètre ruban forestier : pour mesurer la circonférence des arbres.
- Inclinomètre : pour estimer la pente
- Sachets en plastique : pour mettre les échantillons de feuilles à analyser et les protéger du dessèchement.
- Règle graduée (0,5 mm) : pour mesurer la longueur et la largeur des feuilles
- Appareil photo numérique.
- Peinture en aérosol : pour numéroter les sujets.
- Une tronçonneuse : pour prendre des rondelles des troncs d'arbre pour l'estimation de l'âge des sujets.
- Une loupe optique : pour compter les cernes.



## 5. Paramètres mesurés

Etant donné la disparité de distribution des arbres, un comptage à l'œil nu a été effectué au départ dans chaque versant de chaque station. Plusieurs paramètres quantitatifs ont été déterminés :

**5.1. Circonférence :** La circonférence est le contour de la section de l'arbre, mesurée perpendiculairement à l'axe du tronc avec une règle forestière ou un mètre ruban souple à une hauteur de 1,30 m (Fig. 19).



**Figure 19.** A : Utilisation du ruban mètre (Cliché Aloui, 2022) ; B : Niveau de mesure dans des différents cas (1 terrain en pente ; 2 arbres penchés ; 3 arbres fourchus : deux mesures) (Freytet et Bonnardot, 2020).

## 5.2. Diamètre du tronc

Le diamètre de l'arbre est déduit directement de la formule qui suit :

$$D = C / \pi \text{ ou } C = \pi \times D \text{ ou}$$

$$C = \pi \times 2 \times R$$

Avec C : circonférence (m) ; D : diamètre (m) ; R : rayon (m)

### 5.3. Autres paramètres

Les autres caractéristiques de l'arbre : hauteur totale, diamètre, longueur et largeur du houppier sont déterminées en se servant de l'application du télémètre électronique version 2.8.0 (Fig. 20A). Pour ce faire, la distance entre l'observateur et la cible à mesurer est fixée (Fig. 20B) à l'aide d'un mètre-ruban, puis la hauteur totale de l'arbre et la longueur du houppier sont déterminés directement du télémètre. Pour le diamètre de ce dernier, une moyenne est calculée suite à deux mesures ( $d_1$  et  $d_2$ ) prises perpendiculairement.

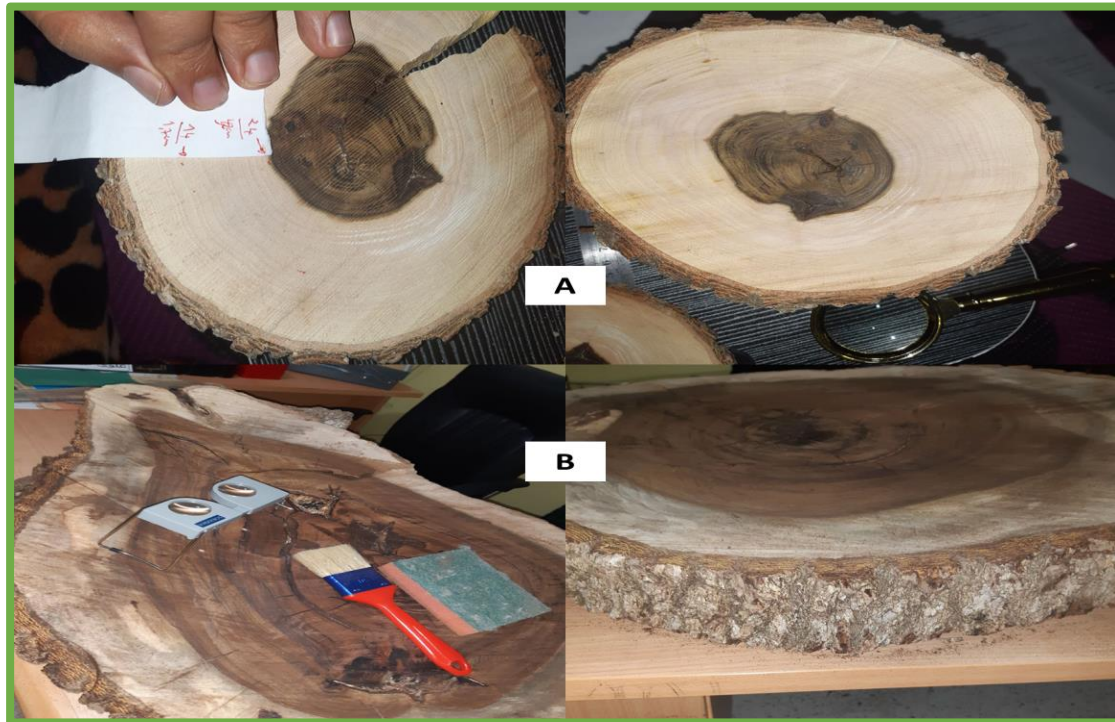


**Figure 20.** A : L'interface de l'application de télémètre électronique version 2.8.0 ; B : La prise des différentes mesures de l'arbre en utilisant le télémètre électronique version 2.8.0 (Cliché Aloui, 2022).

### 5.4. Détermination de l'âge des arbres

L'estimation de l'âge des arbres est faite par comptage des cernes sur des rondelles prélevées à 1,30m du sol. En raison des contraintes d'extraction de carottes avec la tarière de Pressler (Rabhi, 2011) et manque de moyens, deux rondelles d'un jeune et un vieil arbre ont été coupées (Fig. 21). À l'aide d'une loupe optique et une règle graduée, les cernes sont comptés dans les

quatre directions de la rondelle puis une moyenne est calculée pour éviter la sous ou la sur-estimation de l'âge. Avec cette méthode, l'âge est estimé par rapport à la circonférence. Il est très rare de pouvoir donner avec certitude l'âge exact d'un vieil arbre si l'on n'a pas de document attestant la date de sa plantation. Sans preuve, il est préférable de donner une approximation de l'âge avec une marge d'erreur (Freytet et Bonnardot, 2020).



**Figure 21.** Deux rondelles de tronc du pistachier de l'Atlas, prises à 1,30m du sol (A- rondelle d'un jeune sujet, B- rondelle d'un vieux sujet) (Cliché Aloui, 2022)

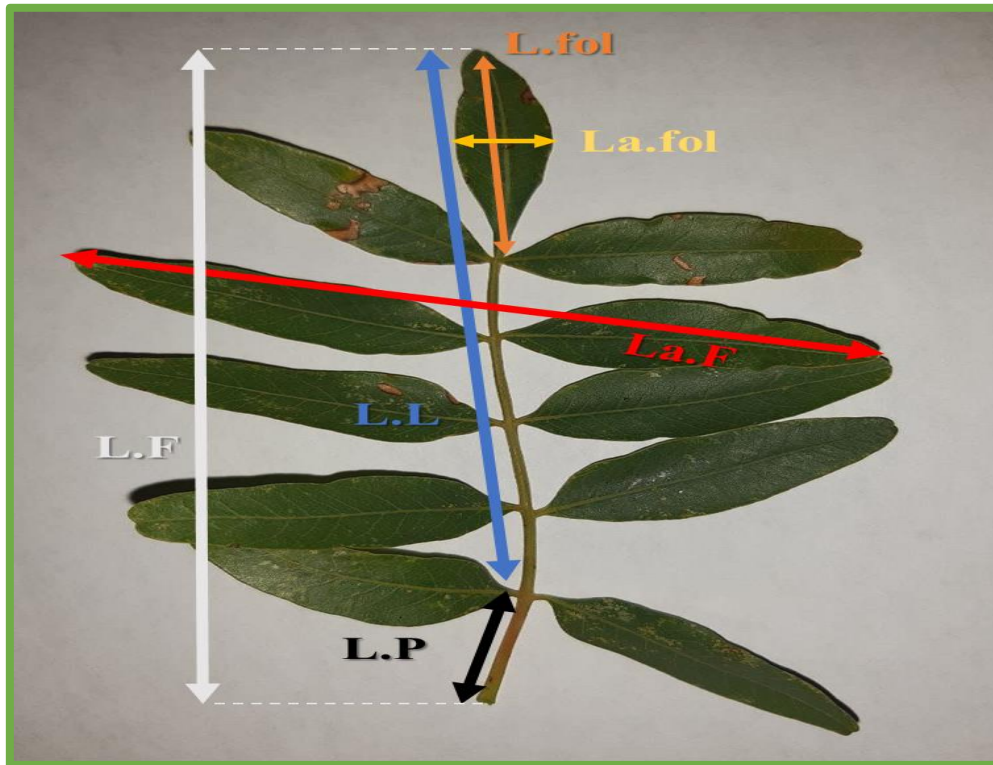
Il est à noter que les arbres dont le diamètre n'excède pas 22,5 cm sont considérés comme de la régénération naturelle (perche et petit bois) (Gaudin, 1996 *in* Guerine et Hadjadj, 2019).

### 5.5. Traits des feuilles

Parmi les traits quantitatifs des feuilles qui ont été mesurés (Fig. 22) :

- Longueur de la feuille « L.F » (cm)
- Longueur du limbe « L.L » (cm)
- Longueur du pétiole « L.P » (cm)
- Largeur de la feuille « La.F » (cm)
- Longueur de la foliole terminale « L.fol » (cm)

- Largeur de la foliole terminale « La.fol » (cm)
- Nombre de folioles « N.fol »
- Nombre de paires de folioles « N.P.fol »



**Figure 22.** Localisation des traits morphométriques de la feuille du pistachier de l'Atlas (Cliché Aloui, 2022)

## 6. Analyses statistiques

Les paramètres dendrométriques des arbres ont été représentés par des box plots (boîtes à moustache) dans lesquels plusieurs statistiques descriptives (minimum, Q1, médiane, Q3, maximum et moyenne) sont représentées.

L'analyse statistique s'est résumée en une série d'analyses de la variance au niveau  $\alpha = 0,05$  afin de tester les effets des facteurs étudiés : climat et exposition sur les différents paramètres morpho-dendrométriques. Pour le facteur dont l'effet est significatif, une comparaison des moyennes à l'aide du test de Tukey (HSD : Honest significant difference) est effectuée (Cf. *Annexe*). La relation entre les différents paramètres a été mise en évidence par le test de corrélation de Pearson à un seuil  $\alpha = 0,05$ . Les différents tests statistiques sont réalisés par une mixture de logiciels de statistiques à savoir : XLstat version 2014 et Statistica 6.0.



*Chapitre 3 :*  
*Résultats*

### 1. Nombre de sujets estimés à l'œil nu

Les comptages effectués sur terrain dans toute la zone ont permis d'estimer à l'œil nu l'effectif consigné dans le tableau 3.

**Tableau 3.** Nombre total de sujets de pistachier recensé sur terrain

Climat	Semi-aride (S-A)		Aride (AR)	
Station	Ghir Abada (GA)		Djebel Foua (DF)	
Versant	Nord	Sud	Nord	Sud
Nombre de sujets recensé	14	62	59	302
Nombre total de sujets recense	437			

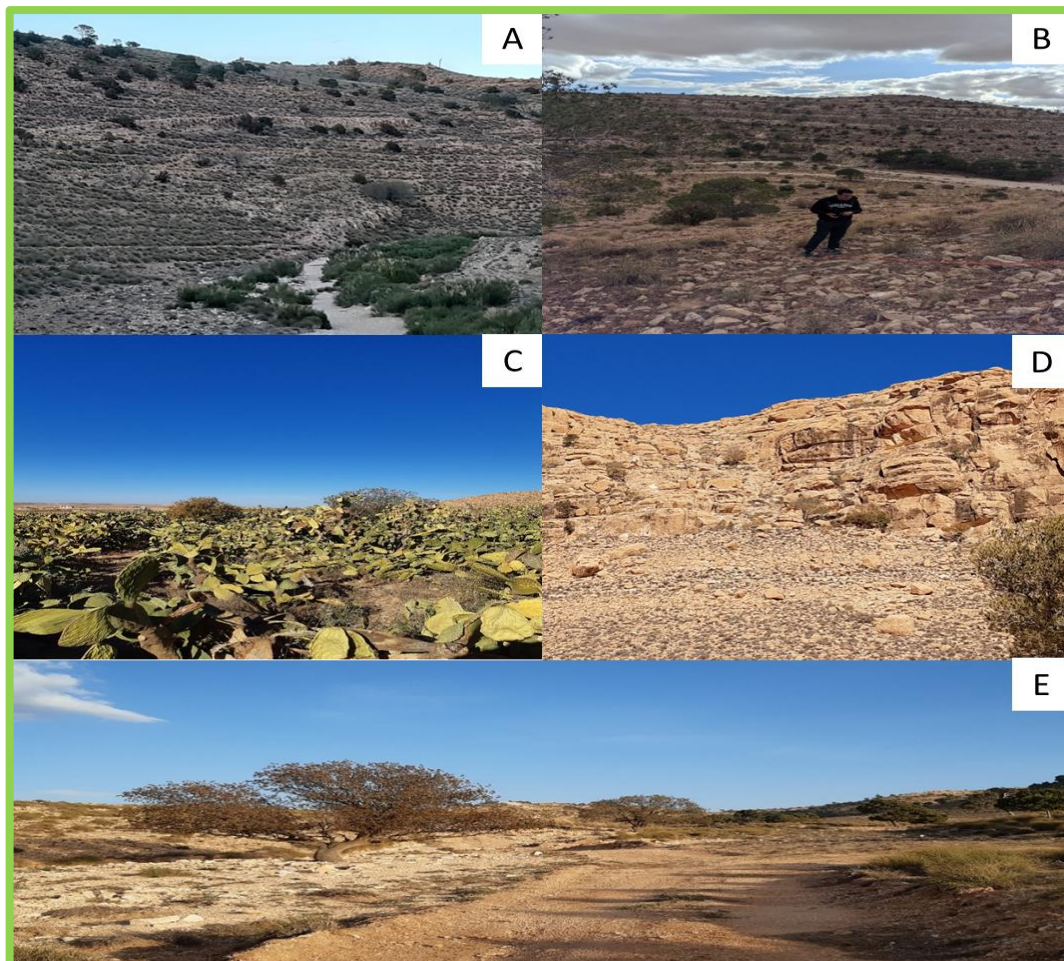
L'estimation visuelle sur terrain a permis de recenser 437 sujets avec une nette dominance dans la station aride marquée approximativement par 361 sujets contre 76 sujets sous climat semi-aride (Tab.3). L'âge est compris entre 22 ans à 190 ans dans toute la région. Cet âge oscille entre 22 et 190 ans dans la station aride vs dans la station semi-aride où il est compris entre 26 et 166 ans. Plus de 75%, sont des sujets jeunes contre 25% de vieux sujets (Tab. 4).

Ces sujets sont distribués aléatoirement et de façon éparpillée colonisant différents types de substrats : les lits d'Oueds, les ravins, les talwegs, les fissures des roches, les terrains rocailloux et dans les plantations de figuier de Barbarie (Fig. 23).

**Tableau 4.** L'âge estimé des sujets du pistachier de l'Atlas dans toutes les stations (DF-N : Djebel Foua Nord, DF-S : Djebel Foua Sud, GA-N : Ghar Abada Nord, GA-S : Ghar Abada Sud)

Statistiques	Région	DF-N	DF-S	GA-N	GA-S
1er Quartile	37,73	50,61	52,45	31,08	35,75
Médiane	58,18	77,82	58,18	36,7	58,18
3ème Quartile	90,91	142,05	74,55	37,73	86
Minimum	<b>22,18</b>	<b>24,64</b>	<b>22,18</b>	<b>29,55</b>	<b>26,27</b>

Maximum	190,45	190,45	101,55	51,64	166,18
Moyenne	73,05	98,78	60,27	36,98	67,41
Ecart-type	44,11	56,11	21,73	8,1	38,13
Vieux sujets	20,29%	43,48%	4,76%	0%	15,79%
Jeune sujets	79,71%	56,52%	95,24%	100%	84,21%
Vieux sujets par climat	25%		12%		
Jeunes sujets par climat	75%		88%		



**Figure 23.** Des sujets du pistachier de l'Atlas dans les deux stations sur différents substrats (A: station GA-S ; B: station GA-N ; C : station DF-S plantations de figuier de Barbarie ; D: station DF-S dans des roches ;E- station DF-N dans les lits d'oued) (cliché Aloui, 2022)

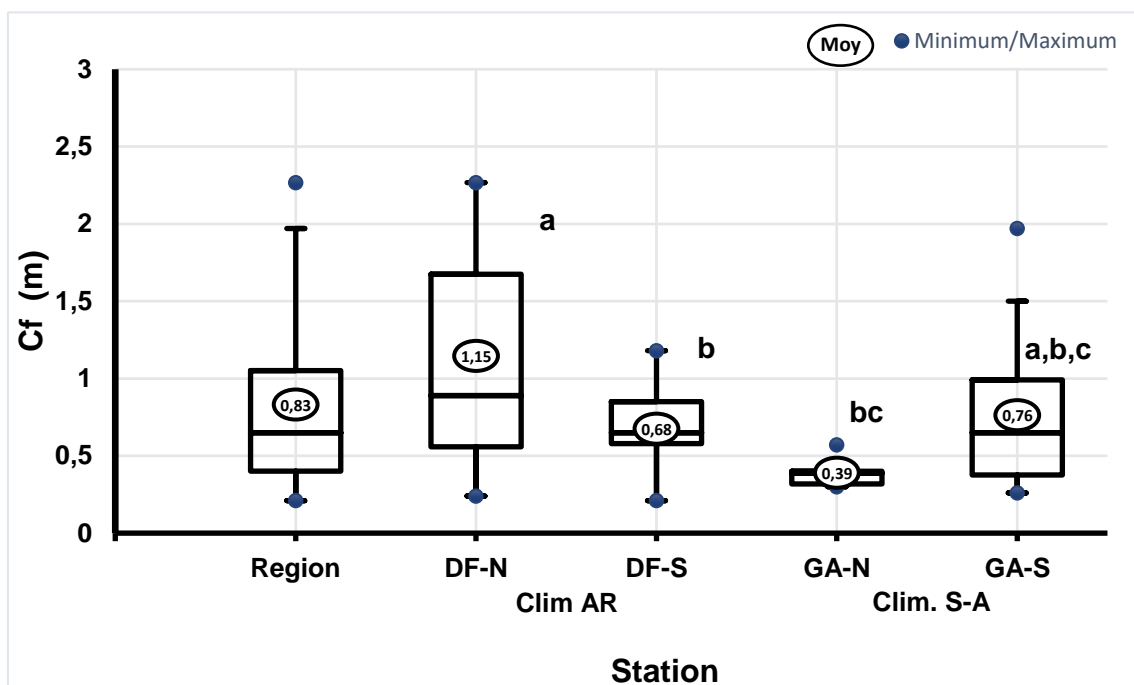
## 2. Morpho-dendrométrie des sujets de pistachier étudiés dans la région de Tébessa

### 2.1. Circonférence (Cf) du tronc à hauteur de poitrine (1,30m)

La variation de la circonférence (Cf) (m) selon l'exposition et le type de climat est illustrée par la figure 24. En moyenne, elle est de  $0,83 \pm 0,54$  m dans toute la région d'étude (min :0,21 m - max :2,27 m).

Sous climat semi-aride, dans la station GA-Sud, ce paramètre a enregistré une moyenne de 0,76 m (min :0,26 m - max :1,97 m) contre une moyenne de 0,39 m (min :0,30 m - max :0,57 m) au versant Nord. En revanche, sous climat aride, la circonférence est de 1,15m (min :0,24 m - max :2,27 m) sur le versant Nord et une moyenne de 0,68 m (min :0,21 m - max :1,18 m) sur le versant Sud.

L'analyse de la variance (Annexe 1) au niveau  $\alpha=0,05$  a révélé un effet significatif pour le climat ( $F_{(1,65)}=5,94$ ) ;  $P= 0,017$ ) et pour l'interaction (climat x exposition) :  $F_{(1,65)}= 9,46$  ;  $P= 0,003$ ). L'effet du facteur « Exposition » est déclaré non significatif ( $F_{(1,65)}= 0,13$  ;  $P= 0,71$ ). L'effet interactif (climat x exposition) a distingué une différence entre le S-A –Nord (moy : 0,39m) et l'AR-Nord (1,15m) ainsi qu'entre AR-Nord (1,15m) et AR-Sud (0,68m).



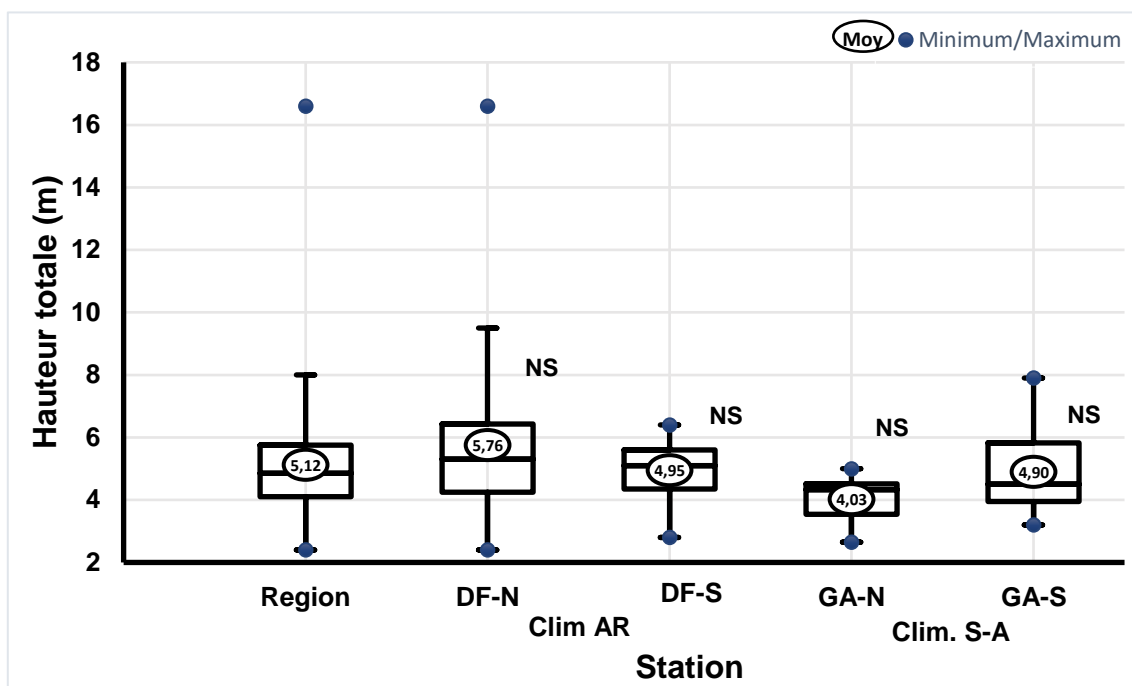
**Figure 24.** Box plots représentant la variation spatiale (intra et inter-stations) des valeurs moyennes (○) et des quartiles de la circonférence des arbres du pistachier dans la région de Tébessa (Nord-est Algérie). (DF-N : Djebel Foua Nord, DF-S : Djebel Foua Sud, GA-N : Ghar Abada Nord, GA-S : Ghar Abada Sud, Clim AR : Climat aride, Clim S-A : Climat semi-aride). Les mêmes lettres associées à chaque moyenne sont significativement non différentes suivant le test du Tukey.

## 2.2. Hauteur totale de l'arbre (m)

La figure 25 montre la variation de la moyenne de la hauteur totale des arbres du pistachier sous les 2 types de climat. Globalement, la moyenne enregistrée dans toute la région est de  $5,12 \pm 1,94$  m (min :2,4 m - max :16,6 m).

Dans l'exposition Sud de la station de GA, cette moyenne atteint une valeur de 4,90 m (min :3,20 m - max :7,90 m) contre 4,03m (min :2,65 m - max :5,00 m) au Nord. D'autre part, à la station DF, l'exposition Nord a signalé une moyenne de 5,76 m (min :2,4 m - max :16,6 m) et 4,95m (min :2,80 m - max :6,40 m) dans sa partie Sud.

L'analyse de la variance (Annexe 1) n'a révélé aucune différence significative aussi bien pour les facteurs « Climat »  $F_{(1,65)} = 2,81$  ;  $P=0,09$ , le facteur « Exposition »  $F_{(1,65)}=0,004$  ;  $P=0,94$ , que leur interaction  $F_{(1,65)} = 2,49$  ;  $P=0,11$ .



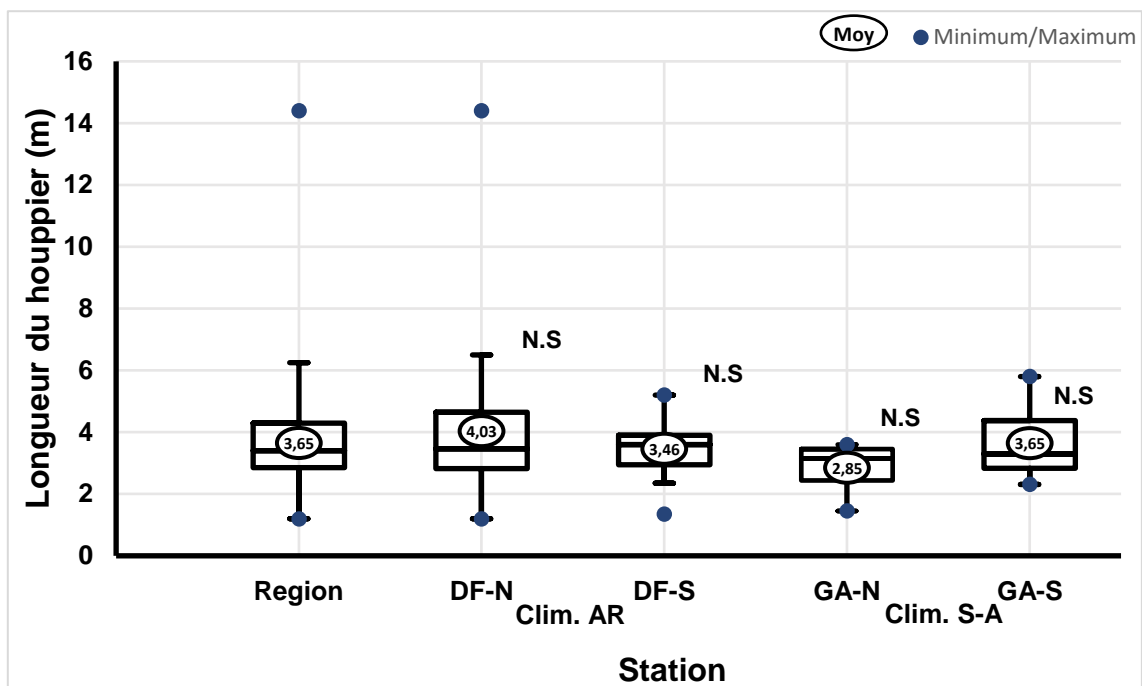
**Figure 25.** Box plots représentant la variation spatiale (intra et inter-stations) des valeurs moyennes (○) et des quartiles de la hauteur totale des arbres du pistachier dans la région de Tébessa (Nord-est Algérie). (DF-N : Djebel Foua Nord, DF-S : Djebel Foua Sud, GA-N : Ghar Abada Nord, GA-S : Ghar Abada Sud, Clim AR : Climat aride, Clim S-A : Climat semi-aride). NS : la différence est non significative ( $P>0,05$ ).

### 2.3. Longueur du houppier (m)

La figure 26 illustre la variation de la longueur du houppier des sujets échantillonnés selon l'exposition et le type de climat. En moyenne, elle est de  $3,65 \pm 1,72$  m avec des valeurs maximale et minimale respectives de 14,4m et 1,2m.

Sous climat semi-aride, au versant Sud, la moyenne enregistrée est de 3,65m (min :2,31 m - max :5,80 m) contre une moyenne de 2,85m (min :1,45 m - max :3,60 m) au versant Nord. Pourtant sous le climat aride, la moyenne est de 4,03m (min :1,20 m - max :14,4 m) au versant Nord et de 3,46m (min :1,35 m - max :5,2 m) pour la partie Sud.

L'analyse de la variance (Annexe 1) n'a révélé aucune différence significative aussi bien pour les facteurs « Climat »  $F_{(1,65)}=1,09$  ;  $P=0,29$ , le facteur « Exposition »  $F_{(1,65)}=0,05$  ;  $P=0,81$ , que leur interaction  $F_{(1,65)}=2,02$  ;  $P=0,15$ .



**Figure 26.** Box plots représentant la variation spatiale (intra et inter-stations) des valeurs moyennes (○) et des quartiles de la longueur du houppier des arbres du pistachier dans la région de Tébessa (Nord-est Algérie). (DF-N : Djebel Foua Nord, DF-S : Djebel Foua Sud, GA-N : Ghar Abada Nord, GA-S : Ghar Abada Sud, Clim AR : Climat aride, Clim S-A : Climat semi-aride. N.S : la différence est non significative ( $P>0,05$ )).

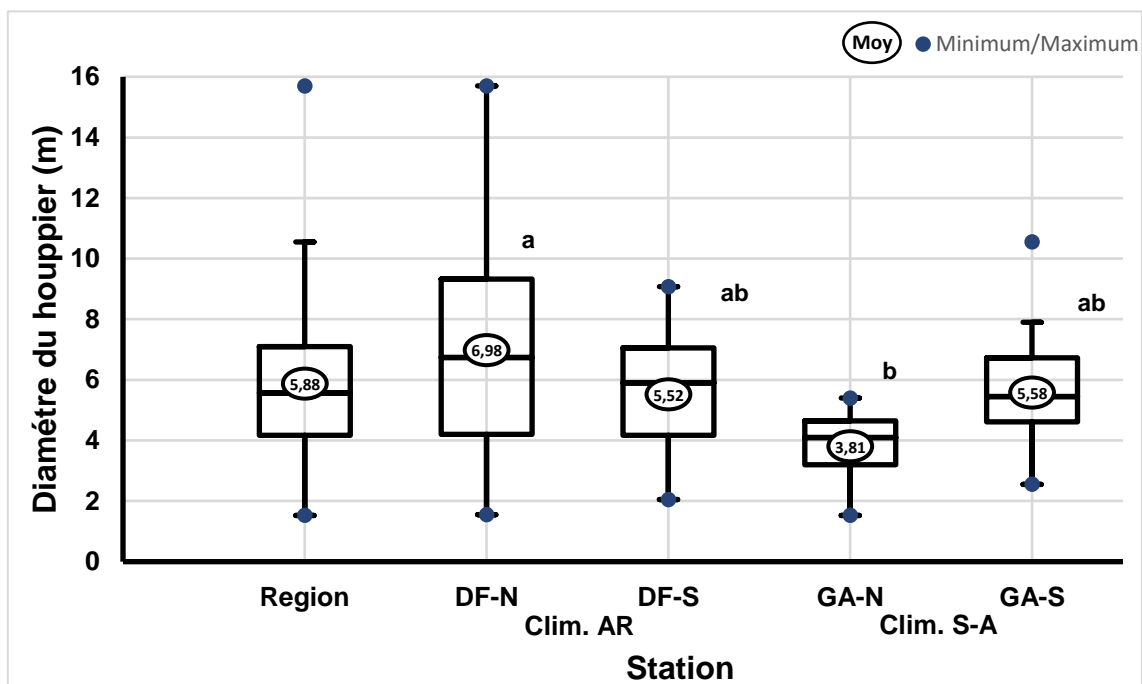
## 2.4. Diamètre du houppier (m)

La variation de diamètre du houppier des arbres de pistachier de l'Atlas dans la région d'étude est indiquée sur la figure 27. Une moyenne de  $5,88 \pm 2,71$  m est enregistrée (min : 1,53 m - max : 15,7 m).

Dans la station GA, ce paramètre a enregistré une moyenne de 3,81 m (min : 1,53 m - max : 5,4 m) au versant Nord et de 5,58 m (min : 2,55 m - max : 10,55 m) pour le versant opposé. En revanche, à la station DF Nord, la moyenne obtenue est de 6,98 m (min : 1,55 m - max : 15,7 m) contre une moyenne de 5,52 m (min : 2,05 m - max : 7,08 m) au Sud.

L'analyse de la variance (Annexe 1) au niveau  $\alpha=0,05$  a révélé un effet significatif pour le climat ( $F_{(1,65)}=4,59$ ) ;  $P= 0,03$ ) et pour l'interaction (climat x exposition) :  $F_{(1,65)}= 4,95$  ;  $P= 0,029$ ). L'effet du facteur « Exposition » est déclaré non significatif  $F_{(1,65)}= 0,04$  ;  $P= 0,83$ .

L'effet interactif (climat x exposition) a mis en évidence une différence entre le S-A –Nord (3,81) et l'AR-Nord (6,98).



**Figure 27.** Box plots représentant la variation spatiale (intra et inter-stations) des valeurs moyennes (○) et des quartiles de diamètres du houppier des arbres du pistachier dans la région de Tébessa (Nord-est Algérie). (DF-N : Djebel Foua Nord, DF-S : Djebel Foua Sud, GA-N : Ghar Abada Nord, GA-S : Ghar Abada Sud, Clim AR : Climat aride, Clim S-A : Climat semi-aride. Les mêmes lettres associées à chaque moyenne sont significativement non différentes suivant le test du Tukey

### 3. Corrélations entre les paramètres dendrométriques du pistachier de l'Atlas

#### 3.1. Sous climat semi-aride

La matrice de corrélation (Tab.5) a permis de distinguer plusieurs couples de paramètres corrélés significativement au niveau  $P < 0,05$ . Il s'agit des paramètres : HT - Cf.( $R=0,73$ ), Longueur du houppier – Cf. ( $R=0,69$ ), Longueur du houppier-HT ( $R=0,97$ ), Diamètre du houppier-Cf.( $R=0,74$ ), Diamètre du houppier- HT ( $R=0,81$ ), Diamètre du houppier -Longueur du houppier ( $R= 0,82$ ), Age – Cf (  $R=1$ ), Age –HT ( $R=0,73$ ), Age –Longueur du houppier ( $R=0,69$ ) et Age –Diamètre du houppier ( $R=0,74$ ).

**Tableau 5.** Corrélations (coefficients de Pearson) entre les différents paramètres dendrométriques sous climat semi- aride (Corrélations marquées à  $P < 0,05$ ) (Cf : Circonférence, HT : Hauteur du tronc, LH : Longueur du houppier ; DH : Diametre du houppier ; H/D : Hauteur du tronc/ Diamètre du tronc)

	Cf	HT	Long du houppier	Diam/ Houp	Age
Cf	1,00				
HT	0,73	1,00			
LH	0,69	0,97	1,00		
DH	0,74	0,81	0,82	1,00	
Age	1	0,73	0,69	0,74	1,00

#### 3.2. Sous climat aride

La matrice de corrélation (Tab.6) a permis de distinguer plusieurs couples de paramètres corrélés significativement au niveau  $P < 0,05$ . Il s'agit des paramètres HT-Cf ( $R= 0,68$ ), , Long. du houppier- Cf ( $R=0,6$ ), Long. Houppier- HT(  $R=0,98$ ), Diamètre du houppier- Cf (  $R=0,79$ ), Diamètre du Houppier / HT ( $R= 0,86$ ),Diam. Du Houp – Long. du houppier ( $R= 0,84$ ), Age – Cf ( $R=1,00$ ), Age –HT ( $R= 0,68$ ), Age – Long. Houppier ( $R=0,60$ ) et Age-Diametre du houppier ( $R=0,79$ ).



**Tableau 6.** Corrélations (coefficients de Pearson) entre les différents paramètres dendrométriques sous climat aride (Corrélations marquées à  $P < 0,05$ ) (Cf : Circonférence, HT : Hauteur du tronc, LH : Longueur du houppier ; DH : Diamètre du houppier ; H/D : Hauteur du tronc/ Diamètre du tronc)

	Cf	HT	LH	DH	Age
Cf	1,00				
HT	0,68	1,00			
LH	0,60	0,98	1,00		
DH.	0,79	0,86	0,84	1,00	
Age	1,00	0,68	0,60	0,79	1,00

#### 4. Variation morphométrique des feuilles du pistachier de l'Atlas

Le tableau 7 rassemble les valeurs morphométriques des feuilles du pistachier de l'Atlas dans la région d'étude. Les détails des analyses de la variance sont en Annexe (Annexe 2).

**4.1. Longueur de la feuille (cm) :** elle est en moyenne de  $8,59 \pm 1,67$  cm dans la région d'étude (min :4,10 cm - max :13,95 cm). Dans le versant Sud de la station de GA, cette moyenne atteint une valeur de 8,50 cm (min :4,85 cm – max :11,40 cm) et 8,23 cm (min :4,10 cm - max :13,60 cm) dans le versant Nord. Au Nord de la station de DF, la moyenne est de 8,92 cm (min :5,10 cm - max :13,95 cm) alors qu'elle est de 8,71 cm (min :5,20 cm - max :11,10 cm) dans le versant Sud. L'analyse de la variance a révélé un effet du facteur « Climat » au niveau  $P=0,003$ . Les effets « Exposition » et interactifs se sont déclarés non significatifs avec respectivement  $P=0,834$  et 0,117.

**4.2. Longueur du limbe (cm) :** la moyenne de ce paramètre pour toute la région est  $6,87 \pm 1,43$  cm (min :2,90 cm - max :11,40 cm). Pour le climat aride au versant Nord, la moyenne enregistrée est de  $7,20 \pm 1,44$  cm (min :3,80 cm - max :11,40 cm) et de  $6,95 \pm 1,24$  cm (min :3,80 cm - max :9,20 cm) pour le versant Sud. Au versant Nord de la station semi-aride, la moyenne est  $6,57 \pm 1,62$  cm (min :2,90 cm - max :11,20 cm) contre  $6,75 \pm 1,36$  cm (min :3,10 cm - max :9,45 cm) dans le versant Sud. L'analyse de la variance a révélé un effet « Climat » au niveau  $P=0,001$ , sans aucun significatif du « Exposition » ( $P=0,772$ ) et de l'interaction (climat x exposition) ( $P=0,097$ ).

**4.3. Longueur du pétiole (cm) :** la longueur moyenne dans toute la région est de  $1,72 \pm 0,51$  cm (min :0,55 cm - max :3,40 cm). Au Sud de DF, une moyenne de 1,76 cm est signalée contre 1,72 cm au Nord. Dans la station GA–N, la moyenne est de 1,65 cm vs 1,74 cm au Sud. L'analyse de la variance n'a révélé aucun effet significatif pour les 2 facteurs étudiés ( $P > 0,05$ ).

**4.4. Largeur de la feuille (cm) :** la moyenne de la largeur de la feuille est de  $6,64 \pm 1,30$  cm (min :3,50 cm - max :10,40 cm). Elle est pratiquement la même pour les deux versants avec 7 cm (min :4,20 cm - max :10,40 cm) dans la station aride contre 5,99 cm (min :3,50 cm - max :9,90 cm) sur le versant Nord et 6,55 cm (min :4,30 cm – max :10,20 cm) sur le versant Sud à la station semi-aride. L'analyse de la variance a révélé un effet significatif du « Climat » au niveau  $P < 0,001$ , de « Exposition » ( $P = 0,014$ ) et de l'interaction ( $P = 0,011$ ).

**4.5. Longueur de la foliole terminale (cm) :** la moyenne est de  $3,26 \pm 0,68$  cm dans la région (min :1,50 cm - max :5,50 cm). Sous climat aride, la moyenne au versant Nord est 3,21 cm (min :1,50 cm - max :4,90 cm) et 3,50 cm (min :2,10 cm - max :5,20 cm) sur le versant Sud. Sous climat semi-aride, la moyenne est de 3,11 cm (min :1,60 cm – max :5,50 cm) sur le versant Nord et pour le Sud, elle est de 3,23 cm (min :1,85 cm - max :4,85 cm). L'analyse de la variance a révélé uniquement un effet « Climat » ( $P = 0,002$ ) et un effet « Exposition » ( $P < 0,001$ ).

**4.6. Largeur de la foliole terminale (cm) :** La moyenne de ce paramètre dans la région est de  $0,88 \pm 0,21$  cm (min :0,30 cm - max :1,90 cm). Sous le climat aride, la moyenne marque au versant Nord 0,89 cm (min :0,50 cm - max :1,65 cm) contre 0,99 cm (min :0,60 cm - max :1,90 cm) au versant Sud. Dans la station semi-aride, versant Nord, la moyenne est de 0,79 cm (min :0,45 cm - max :1,40 cm) et 0,82 cm (min :0,30 cm - max :1,35 cm) sur le versant Sud. L'analyse de la variance a montré un effet « Climat » et un effet « Exposition » au niveau  $P < 0,001$  et un effet interactif ( $P = 0,03$ ).

**4.7. Nombre de folioles :** La moyenne enregistrée de ce paramètre est de  $9,20 \pm 1,61$  folioles par feuille (min :5 - max :13). Le plus faible nombre de folioles est de 5, signalée dans toutes les stations mais le maximum est enregistré dans la station de Djebel Foua- Nord avec 13 folioles par feuille. L'analyse de la variance a révélé un effet « Climat » ( $P < 0,001$ ) ; un effet « Exposition » ( $P = 0,009$ ) et un effet interactif ( $P < 0,001$ ).

**4.8. Nombre de paires de folioles :** ce paramètre a marqué une moyenne de  $4,10 \pm 0,80$  paires de folioles par feuille (min :2 - max :6) pour toute la région. Le nombre maximal est signalé dans la station de Djebel Foua- Nord. L'analyse de la variance a révélé également un effet « Climat » ( $P < 0,001$ ), un effet « Exposition » ( $P = 0,009$ ) et un effet interactif ( $P < 0,001$ ).

**Tableau 7.** Variation spatiale (intra et inter-stations) des valeurs moyennes, minimale et maximale des différents traits des feuilles du pistachier de l'Atlas dans la région de Tébessa (Nord-est algérien)

Traits des feuilles	Type de climat		AR		S-A	
	Statistique	Région	DF-N	DF-S	GA-N	GA-S
	Nb. D'observations	470	115	122	116	117
L.F	Minimum	4,10	5,10	5,20	4,10	4,85
	Maximum	13,95	13,95	11,10	13,60	11,40
	Moyenne	8,59	8,92	8,71	8,23	8,50
	Ecart-type	1,67	1,72	1,43	1,90	1,54
<b>Anova</b>	<b>Effet -climat</b>		<b>Effet - exposition</b>		<b>Effet interactif</b>	
<i>F</i>	F <sub>(1, 466)</sub> = 8,89		F <sub>(1, 466)</sub> = 0,004		F <sub>(1, 466)</sub> = 2,45	
<i>P</i>	= 0,003		= 0,834		= 0,117	
L.L	Minimum	2,90	3,80	3,80	2,90	3,10
	Maximum	11,40	11,40	9,20	11,20	9,45
	Moyenne	6,87	7,20	6,95	6,57	6,75
	Ecart-type	1,43	1,44	1,24	1,62	1,36
<b>Anova</b>	<b>Effet -climat</b>		<b>Effet - exposition</b>		<b>Effet interactif</b>	
<i>F</i>	F <sub>(1, 466)</sub> = 9,89		F <sub>(1, 466)</sub> = 0,08		F <sub>(1, 466)</sub> = 2,75	
<i>P</i>	= 0,001		= 0,772		= 0,097	
L.P	Minimum	0,55	0,85	0,80	0,55	0,70
	Maximum	3,40	3,40	2,80	3,10	3,40
	Moyenne	1,72	1,72	1,76	1,65	1,74
	Ecart-type	0,51	0,54	0,45	0,58	0,46
<b>Anova</b>	<b>Effet -climat</b>		<b>Effet - exposition</b>		<b>Effet interactif</b>	
<i>F</i>	F <sub>(1, 466)</sub> = 0,83		F <sub>(1, 466)</sub> = 2,19		F <sub>(1, 466)</sub> = 0,213	
<i>P</i>	= 0,362		= 0,139		= 0,644	
La.F	Minimum	3,50	4,20	4,40	3,50	4,30
	Maximum	10,40	10,40	10,10	9,90	10,20
	Moyenne	6,64	7,01	7,00	5,99	6,55
	Ecart-type	1,30	1,31	1,21	1,22	1,19
<b>Anova</b>	<b>Effet -climat</b>		<b>Effet - exposition</b>		<b>Effet interactif</b>	
<i>F</i>	F <sub>(1, 466)</sub> = 41,78		F <sub>(1, 466)</sub> = 6,05		F <sub>(1, 466)</sub> = 6,38	
<i>P</i>	< 0,001		= 0,014		= 0,011	
L.fol	Minimum	1,50	1,50	2,10	1,60	1,85
	Maximum	5,50	4,90	5,20	5,50	4,85
	Moyenne	3,26	3,21	3,50	3,11	3,23
	Ecart-type	0,68	0,65	0,64	0,74	0,62
<b>Anova</b>	<b>Effet -climat</b>		<b>Effet - exposition</b>		<b>Effet interactif</b>	
<i>F</i>	F <sub>(1, 466)</sub> = 9,01		F <sub>(1, 466)</sub> = 11,68		F <sub>(1, 466)</sub> = 1,89	
<i>P</i>	= 0,002		< 0,001		= 0,170	
La.fol	Minimum	0,30	0,50	0,60	0,45	0,30
	Maximum	1,90	1,65	1,90	1,40	1,35
	Moyenne	0,88	0,89	0,99	0,79	0,82
	Ecart-type	0,21	0,22	0,22	0,18	0,17

<b>Anova</b>	<b>Effet -climat</b>		<b>Effet - exposition</b>		<b>Effet interactif</b>	
<b>F</b>	F <sub>(1, 466)</sub> = 54,817		F <sub>(1, 466)</sub> = 12,108		F <sub>(1, 466)</sub> = 4,611	
<b>P</b>	<0,001		<0,001		=0,032	
<b>N.fol</b>	Minimum	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	Maximum	13,00	13,00	11,00	11,00	11,00
	Moyenne	9,20	10,10	9,02	8,69	9,03
	Ecart-type	1,61	1,66	1,42	1,48	1,53
<b>Anova</b>	<b>Effet -climat</b>		<b>Effet - exposition</b>		<b>Effet interactif</b>	
<b>F</b>	F <sub>(1, 466)</sub> = 24,35		F <sub>(1, 466)</sub> = 6,82		F <sub>(1, 466)</sub> = 25,62	
<b>P</b>	P<0,001		=0,009		<0,001	
<b>N.P.fol</b>	Minimum	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	Maximum	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00
	Moyenne	4,10	4,55	4,01	3,84	4,02
	Ecart-type	0,80	0,83	0,71	0,74	0,77
<b>Anova</b>	<b>Effet -climat</b>		<b>Effet - exposition</b>		<b>Effet interactif</b>	
<b>F</b>	F <sub>(1, 466)</sub> = 24,35		F <sub>(1, 466)</sub> = 6,82		F <sub>(1, 466)</sub> = 25,62	
<b>P</b>	P<0,001		=0,009		<0,001	

Clim AR : Climat aride, Clim S-A : Climat semi-aride, DF-N : Djebel Foua Nord, DF-S : Djebel Foua Sud, GA-N : Ghar Abada Nord, GA-S : Ghar Abada Sud, L.F : Longueur de feuille, L.L : Longueur du Limbe, L.P : Longueur de pétiole, La.F : Largeur de feuille, L.fol : Longueur de foliole terminal, La.fol : Largeur de foliole terminal, N.fol : Nombre de foliole ,N.P.fol : Nombre de paires de folioles.

# *Chapitre 4*

## *Discussion générale et conclusion*

Les recherches sur l'écologie des espèces et leur dynamique passent avant tout par une étude morphométrique. Cet aspect permet une évaluation des paramètres qui n'existent pas dans la littérature (Benaradj, 2010), surtout pour les espèces considérées comme endémiques, non cultivées et protégées en Algérie, cas du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) (Benkheira *et al.*, 2005). Selon Habani (2016), cette espèce est très peu étudiée alors qu'elle occupe une place importante dans les écosystèmes steppique et saharien algériens. Constituant un cas écologique et biogéographique particulier.

Dans ce chapitre, nous allons essayer d'exposer les premiers résultats de cette évaluation morpho-dendrométrique.

#### ***Vue d'ensemble :***

Une estimation visuelle dans les 2 stations d'étude, semi-aride et aride, a permis de noter un total de 437 individus de pistachier de l'Atlas avec une nette dominance dans la station aride (361 sujets) contre (76 sujets) sous climat semi-aride.

Dans notre région, partie intégrante des parcours steppiques orientaux, les premières observations faites permettent de signaler que cette essence se présente sous forme de sujets distribués aléatoirement et de façon dispersée colonisant différents types de substrats : les lits d'Oueds, les ravins, les talwegs, les fissures des roches, les terrains rocaillieux et dans les plantations de figuier de Barbarie. Le même cortège floristique accompagne le pistachier de l'Atlas : *Pinus halepensis*, *Juniperus phoenicea*, *Stipa tenacissima*, *Rosmarinus officinalis*, *Artemisia herba alba*, *Artemisia campestris*, *Astragalus armatus*, *Capparis spinosa*, *Zizyphus lotus*, *Retama rae-tam*, *Olea europaea*, *Asparagus horridus*, *Asphodelus* sp, *Genista* sp, *Globularia alypum*, *Thymelaea hirsuta*, *Peganum harmala*, *Deverra tortuosa*, *Haloxylon salicornicum*. Son association aux espèces caractéristiques des milieux saharien, aride et semi-aride interprète sa très grande résistance aux changements globaux, notamment climatiques (Habani, 2016) et sa présence sur différents substrats traduit sa large plasticité écologique vis-à-vis du biotope.

Il a été avancé par Quezel et Medail (2003), qu'en bioclimat semi-aride, le pistachier de l'Atlas participe de façon épisodique à des groupements s'organisant le plus souvent autour d'*Olea europaea*, *Ceratonia siliqua* ou *Tetraclinis articulata* et *Juniperus turbinata*. En bioclimat aride, ce végétal est réparti souvent selon un mode contracté en bordure des lits d'Oueds ou dans des dépressions épisodiquement mises en eau lors de la saison froide.



Il s'agit généralement de "Dayas" où le cortège des pérennes est assez pauvre, mais *Ziziphus lotus* est toutefois souvent bien développé en sous-strate, avec parfois *Artemisia herba-alba*. En revanche, un riche cortège d'annuelles, en général méso-hygrophiles, se développe en période humide (Quézel et Médail, 2003). Il serait important de souligner que dans les stations d'étude du présent travail, le pistachier n'est pas obligatoirement accompagné de *Ziziphus lotus*, et c'est dans la majorité des cas.

En ce qui concerne l'âge des individus, la méthode des cernes, suite à une extrapolation, a limité un intervalle qui s'étend entre 22 et 190 ans. Le pourcentage des jeunes sujets (75-80%) est le triple ou quadruple des vieux sujets (20-25%). D'après Mansour (2011), cette prédominance traduit une régénération durant les dernières années.

Les 4 populations étudiées ont révélé une variabilité dans les caractères dendrométriques et ceux liés aux feuilles selon la variante climatique et l'exposition. Une comparaison avec les résultats de certaines recherches disponibles a été nécessaire pour mieux cerner les différences.

#### ***A-Dendrométrie :***

L'effet de l'**exposition** s'est révélé **absent** sur les quatre traits dendrométriques fixés, à savoir la circonférence du tronc, la hauteur de l'arbre, la longueur et le diamètre du houppier. Cependant, l'effet **climat** s'est montré **significatif** sur la **circonférence** de l'arbre, le **diamètre** du **houppier** et non significatif sur la hauteur de l'arbre et la longueur du houppier.

En effet, et bien que la circonférence soit plus **développée** sous climat aride (1,15m) vs le climat semi-aride (0,76m), elle reste bien inférieure à celle des sujets de Djelfa (climat semi-aride) avec (2,7 m) et Bechar (climat aride) avec (1,95m) et Thniet El Had (Tissemsilt, climat sub-humide frais) entre 2 et 3 m (Ifticene-Habani et Abdoun, 2018). Ces sujets sont aussi **plus hauts** que ceux de Tébessa (5,12m) contre (10,92 m) et (8,77m) respectivement à Djelfa et Bechar (Habani, 2016) et 8 à 12 m à Tissemsilt (Ifticene-Habani et Abdoun, 2018). Il en est de même pour le **diamètre du houppier** avec une valeur de (5,58 m) dans le semi-aride et (6,98m) dans l'aride alors qu'il est compris entre 12 et 16m à Djelfa selon la même source. Cette comparaison a mis en évidence d'un côté une nette différence dans les valeurs des paramètres, bien que sous les mêmes types de climat (aride et semi-aride) ; et d'un autre côté, les sujets de Tébessa sont plus développés sous climat aride.

D'après Quezel et Medail (2003), le pistachier de l'Atlas est un arbre de l'étage **bioclimatique aride et accessoirement** de l'étage semi-aride. L'espèce est xérophile, très rustique à grande amplitude vis-à-vis des facteurs climatiques et nullement affectée par les longues périodes de sécheresses. Il se développe sous une tranche pluviométrique allant de (250 mm à 1 000 mm) voire, moins de (100 mm) au Hoggar (Monjauze, 1968).

Belhadj (2007) a souligné le rôle prédominant de la pluviométrie et du quotient d'aridité dans l'évolution de la variabilité des caractères morphologiques du pistachier de l'Atlas dans les différents habitats. Pris isolément, l'effet du degré d'aridité **est ambigu**. Il semble bien que les particularités stationnelles induisent des variations différentielles au niveau de l'intensité de la réaction des arbres aux facteurs de l'environnement qui fluctuent d'une année à l'autre (Safar 1994 *in* Habani, 2016). Selon Baas (1976), les adaptations physiologiques peuvent modifier la réponse du cambium au climat au niveau de l'arbre et de l'espèce, de sorte que des différences de réponses de l'activité du cambium peuvent exister entre les espèces et entre les individus de la même espèce.

En ce qui concerne les corrélations entre les traits dendrométriques, elles sont toutes statistiquement positives, quels que soient le type de climat et l'exposition. Tous les coefficients de corrélation sont compris entre 0,60-1,00, traduisant une étroite relation entre eux. Les relations peuvent être expliquées par l'influence des facteurs stationnel, microclimatique et édaphique sur la morphologie des espèces végétales (Mansour, 2011). Cette positive corrélation a été également signalée par Habani (2016) sous climat aride et semi-aride où l'accroissement en hauteur chez le pistachier de l'Atlas influence la croissance des autres paramètres dendrométriques.

En tous les cas, le pistachier de l'Atlas se trouve dans des milieux ouverts contrairement au milieu forestier où le facteur espace n'est pas limitant. L'accroissement en diamètre de l'arbre influence la croissance du houppier. Ce qui donne à l'arbre une vigueur et une majestueuse allure.

La corrélation positive entre la hauteur de la plante et la circonférence (DBH) du tronc serait associée à une forte capacité de compétition et d'exploration du milieu (Iida *et al.*, 2014).

### **B- Traits foliaires**

Les observations de la variabilité de paramètres morphologiques spécifiques sont parfois suffisantes pour distinguer différentes espèces. Dans certains cas, un seul trait observé permet d'identifier une espèce ou un groupe d'espèces. Cependant, dans d'autres cas, un ensemble de traits doit être considéré pour caractériser une espèce (Lesins et Lesins 1979).

Appuyée par des valeurs numériques, la comparaison avec d'autres études a permis de noter ce qui suit :

**- Longueur des feuilles :** avec une moyenne de (8,59 cm), les feuilles sont moins longues que celles de Djelfa (11,04cm) et M'sila (10,34cm) (Doghbage *et al.*, 2018), de taille voisine de celle de Tlemcen (8,55 cm), et Tissemsilt (9,39 cm), tout en dépassant celles de Batna (4,32cm) (Nadjat et Tayeb, 2020). Dans la région orientale du Maroc, Yaaqobi *et al.* (2009) ont enregistré une longueur comprise entre (9,56 et 10,06 cm) dans les stations semi-arides et 9,49 cm dans les stations sahariennes.

Selon Monjauze (1980), la longueur de la feuille du pistachier de l'Atlas dépasse rarement 12 cm. Cette différence dans la taille des feuilles sous le même climat a été attribuée aux effets de l'altitude et la pluviométrie par Doghbage *et al.* (2018). Bien que dans notre cas, les feuilles sont plus longues sous climat aride (Précipitations de 168 mm), à l'opposé de la station semi-aride avec une pluviométrie de 371mm et celle de Tissemsilt sont moins longues que celles de Djelfa et M'sila.

**-Longueur du pétiole :** sans subir l'effet du climat et de l'exposition dans la zone d'étude, la longueur du pétiole des feuilles du pistachier est en moyenne de 1,72 cm. Cette longueur est bien inférieure à celle de M'sila (2,40cm) et Djelfa (2,04cm) (Doghbage *et al.*, 2018), Tlemcen (2,74cm), Batna (2,06cm) ou même sous climat subhumide de Tissemsilt (2,51cm)(Nadjat et Tayeb, 2020).

**-Largeur des feuilles :** en moyenne de 6,64cm, les feuilles sont moins larges que celles des sujets de M'sila (7,14cm) et Djelfa (7,44cm) (Doghbage *et al.*, 2018), Tlemcen (7,07cm) et supérieures à celles de Batna (4.36 cm) et Saida (6.10 cm) (Nadjat et Tayeb, 2020). Cette largeur oscille entre 6,42 et 7,05 cm dans les stations semi arides du Maroc oriental et 7,41 cm dans les stations sahariennes (Yaaqobi *et al.*,2009).

Dans notre cas, aucun effet de l'exposition, mais les feuilles restent plus larges dans l'aride comparé au semi-aride.

**-Longueur et largeur de la foliole terminale :** la foliole terminale a en moyenne une longueur de 3,26cm et une largeur de 0,88cm. Ses traits enregistrent 3,61cm et 1,12 cm à Djelfa et M'sila (Doghbage *et al.*, 2018) ; 3,59 cm et 1,29 cm à Tlemcen et 1,98 cm et 0,58 cm à Batna. En revanche, sous climat subhumide de Tissemsilt, les valeurs sont respectivement 4,01 cm et 1,31 cm (Nadjat et Tayeb, 2020). Yaakobi *et al.* (2009) ont enregistré des valeurs de l'ordre de 3,18 - 3,71 cm dans les stations semi-arides et 3,20 cm dans le climat saharien pour la longueur et 0,98-0,99 cm dans les stations semi-arides et 0,98 cm dans le climat saharien pour la largeur des sujets marocains. Dans notre cas, la foliole est plus longue et plus large dans l'aride, comparé au semi-aride. L'effet « exposition » est absent sur la largeur, mais significatif sur la longueur, qui est plus importante au Sud comparé au Nord.

**Nombre de folioles :** la moyenne enregistrée est de 9,20 folioles par feuille. Le nombre de folioles est de 8,54 pour M'sila et 9,37 pour Djelfa (Doghbage *et al.*, 2018) ; 8,60 folioles par feuille pour Tlemcen ; 8,40 pour Batna ; 9,43 pour Tissemsilt et 9,36 pour Laghouat (Nadjat et Tayeb, 2020). A Tébessa, le nombre de foliole est plus important dans l'aride sur le versant Nord où des feuilles avec 13 folioles par feuille ont été signalées.

**Nombre de paires de folioles :** Il y a en moyenne 4,10 paires de folioles par feuille pour toute la région. Compris entre 2 et 6, ce nombre est plus important dans l'aride sur le versant Nord. À Tlemcen, Tissemsilt et Laghouat, le nombre de paires de foliole oscille entre (3 - 5 paires) (Nadjat et Tayeb, 2020).

Il s'en déduit de ce qui précède, que les feuilles issues des 2 sites aux différentes expositions présentent une variation de leur traits, où à l'exception de la longueur du pétiole, le reste des paramètres (la longueur de la feuille, longueur du limbe, largeur de la feuille, longueur et largeur de la foliole terminale, nombre de folioles et nombre de paires de folioles) sont variables et **plus développés** sous climat aride comparé au semi-aride, accompagné d'un effet significatif exclusif du facteur « exposition » sur la longueur de la foliole terminale, le nombre de folioles et le nombre de paires de folioles. Pourtant, il est connu que les végétaux privilégient différents traits fonctionnels de manière à minimiser l'impact de la sécheresse en réduisant la taille des feuilles avec la présence de cire et de trichomes au fur et à mesure que l'aridité s'accroît (Dajoz, 2006 ; Poorter *et al.*, 2009) et que les feuilles des stations situées au Nord sont dans l'ensemble plus petites qu'aux stations du Sud (Cornet et Fontaine, 2019).

L'hétérogénéité observée entre les différentes populations selon les traits morphométriques aussi bien sous le même climat que sous des climats différents pourrait être attribuée d'un côté au facteur **âge** des individus (Daghbouge *et al.*, 2018), et d'un autre côté, pourrait résulter d'une forte hétérogénéité génotypique et une plasticité phénotypique sous l'influence de facteurs environnementaux (facteurs édaphiques, topographiques, climatiques et anthropiques) (Geber et Griffen, 2003 ; Royer *et al.*, 2008 ; Bonny et Dje, 2011), ou même à la dégradation de l'environnement, due au surpâturage et aux changements climatiques mondiaux entraînant une augmentation de la durée et de la sévérité des périodes de sécheresse qui compromettent la régénération naturelle du *P. atlantica* (Zaafouri et Chaieb, 1999). En effet, le critère **âge** n'a pas été pris en considération lors de nos prélèvements. Les populations étudiées sont hétérogènes composées de jeunes et vieux individus, se développant sur différents types de substrats rocheux dans le semi-aride et des lits d'oueds dans les stations arides.

En tous les cas, afin d'éviter les causes de variation liées à la croissance et au polymorphisme, il fallait réaliser les mesures sur des feuilles dites « caractéristiques » qui sont des feuilles adultes (Berrichi et Bouazzaoui, 2015).

En conclusion, cette contribution à l'étude morpho-dendrométrique du pistachier de l'Atlas dans les parcours steppiques dégradés de Tébessa a révélé une grande hétérogénéité dans les traits de l'arbre. La plupart des paramètres ont subi l'effet significatif du climat et l'absence de l'effet du facteur « exposition ».

En dehors du cadre purement technique de la foresterie, les arbres hors-forêt sont indispensables pour maintenir et rétablir la fertilité des sols, la diversité floristique des terres marginales et l'adoucissement des microclimats sur lesquels, ils se développent. Menacé d'une disparition, le pistachier de l'Atlas doit recevoir tous les soins particuliers.

Notre perspective se résume en :

- Déterminer le sex-ratio dans les populations des stations étudiées. Le nombre de sujets males traduit la longévité de l'espèce alors que les sujets femelles, qui sont des réserves semencières, assurent la production des graines afin de voir si les sites d'étude peuvent être favorables au développement de ce végétal.
- Caractériser le biotope du pistachier en analysant le sol et le cortège floristique.

*Références*  
*bibliographiques*



- Ahmed, Z. B., Yousfi, M., Viaene, J., Dejaegher, B., Demeyer, K., & Vander Heyden, Y. (2021). Four *Pistacia atlantica* subspecies (*atlantica*, *cabulica*, *kurdica* and *mutica*): A review of their botany, ethnobotany, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 265, 113329
- AL-Saghir, M. G. (2006). Phylogenetic analysis of the genus *Pistacia* (Anacardiaceae) (Thèse de doctorat, Université de Virginia Tech).
- Al-Saghir, M. G., Porter, D. M., & Nilsen, E. T. (2006). Leaf anatomy of *Pistacia* species (Anacardiaceae). *Journal of Biological Sciences*, 6(2), 242-244.
- Amara, M., Bouazza, M., Errouane, K., Kaid-Harche, M., Nafil, D., Pascalau, R., ... & Al-Saghir, M. G. (2020). Systematic Position of Desf. Subsp. in North-West Algeria: Anatomy and Biometry of Leaves. *Advanced Research in Life Sciences*, 4(1), 48-53.
- Anwar, R., & Rabbani, M. A. (2001). Natural occurrence, distribution and uses of *Pistacia* species in Pakistan. In Project on Underutilized Mediterranean Species. *Pistacia: towards a comprehensive documentation of distribution and use of its genetic diversity in Central & West Asia, North Africa and Mediterranean Europe*. Report of the IPGRI Workshop, 14-17 December 1998, Irbid, Jordan (Vol. 472, p. 45)
- Atli, H. S., Arpacı, S., Kaşka, N., & Ayanoglu, H. (2001). Wild *Pistacia* species in Turkey. In Project on Underutilized Mediterranean Species. *Pistacia: towards a comprehensive documentation of distribution and use of its genetic diversity in Central & West Asia, North Africa and Mediterranean Europe*. Report of the IPGRI Workshop, 14-17 December 1998, Irbid, Jordan (Vol. 472, p. 35).
- Baas, P. (1976). Some functional and adaptive aspects of vessels member morphology. In: Baas P., Bolton A. J., Catling D. M. (eds). *Wood structure in biological and technological research*. La Haye, Pays-Bas, Leiden University, Leiden Botanical Series, 3: 157-181. In Ifticene-Habani, N. et Messaoudne, M. 2016. Croissance radiale et sensibilité au climat du pistachier de l'Atlas, *Pistacia atlantica* Desf., en Algérie. *Bois et forêts des tropiques*, 2016, n°329(3).
- Batlle, I., Romero, M. A., Rovira, M., & Vargas, F. J. (2001). *Pistacia* in Mediterranean Europe. In Project on Underutilized Mediterranean Species. *Pistacia: towards a comprehensive documentation of distribution and use of its genetic diversity in Central & West Asia, North*

Africa and Mediterranean Europe. Report of the IPGRI Workshop, 14-17 December 1998, Irbid, Jordan (Vol. 472, p. 77).

**-Belazouz, D. (2020).** Synthèse bibliographique des travaux sur les mycoendophytes des racines, feuilles et fruits du pistachier de l'Atlas en Algérie (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

**-Belhadj, S. (1999).** Pistachio situation in Algeria. FAO-IHEAM Nucis. Newsletter, 8, 30.

**-Belhadj, S. (2001).** Les pistacheraies algériennes : Etat actuel et dégradation. In : Ak B.E. (ed.). XI GREMPA Seminar on Pistachios and Almonds. Zaragoza : CIHEAM. p. 107-109. (Cahiers Options Méditerranéennes ; n. 56). 11. GREMPA Seminar on Pistachios and Almonds, 1999/09/01-04, Sanliurfa (Turkey). <http://om.ciheam.org/om/pdf/c56/01600161.pdf>

**-Belhadj, S. (2007).** Étude éco-botanique de *Pistacia atlantica* Desf. (Anacardiaceae) en Algérie, préalable à la conservation des ressources génétiques de l'espèce et sa valorisation. Thèse de doctorat d'État en sciences agronomiques, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Algérie, 183 p.

**-Belhadj, S., Derridj, A., Auda, Y., Gers, C., & Gauquelin, T. (2008).** Analyse de la variabilité morphologique chez huit populations spontanées de *Pistacia atlantica* en Algérie. *Botany*, 86(5), 520-532.

**-Bellefontaine, R., Et-Tobi, M., & Mhirit, O. (2005).** Les « ligneux urbains et agrosylvopastoraux » des zones sèches et arides à faible couvert ligneux. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 16(4), 306-308.

**-Bellefontaine, R., Petit, S., Pain-Orcet, M., Deleporte, P., & Bertault, JG. (2001).** Les arbres hors forêt : vers une meilleure prise en compte. *Cahier FAO Conservation (Rome)*. 35 : 214 p.

**-Benabdallah, F. Z., Kouamé, R. O., El Bentchikou, M., Zellagui, A., & Gherraf, N. (2017).** Études ethnobotanique, phytochimique et valorisation de l'activité antimicrobienne des feuilles et de l'oléorésine du pistachier de l'atlas (*Pistacia atlantica* Desf.). *Phytothérapie*, 15(4), 222-229.

- Benaradj, A. (2010).** Contribution à l'étude phyto-écologique du *Pistacia atlantica* Desf. *atlantica* dans la région de Béchar (Sud-Ouest algérien). Mémoire de Magistère, Faculté des Science de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, Université de Tlemcen, 147p.
- Benaradj, A., Boucherit, H., Bouazza, M., & Hasnaoui, O. (2015).** Ethnobotanique du pistachier de l'atlas (*Pistacia atlantica*) auprès la population de Béchar (Algérie occidentale). *Journal of Advanced Research in Science and Technology*, 2(1), 139-146.
- Benchetrit, M. (1956).** Les sols d'Algérie. *Revue de géographie alpine*, 44(4), 749-761.
- Benkheira, A., Moreau, S., Benziene, A., Boudjadja, A., Gaouar, A., Kaabeche, M., Moali, A., Sellami, D., (2005).** Plan De Gestion Oglet Ed Daïra. Projet DGF/GEF/PNUD-ALG/00/G35/2005.
- Berrichi, M., & Bouazzaoui, A., (2015).** *Quercus faginea* in the Monts of Tlemcen (North-west Algeria): State of knowledge. *Ecologia Balkanica*, vol 7 (2): 21 -28.
- Bonny, S. B., & Djè, Y. (2011).** Variabilité morphologique et agronomique des variétés traditionnelles de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) Verdc. (Fabaceae)] de Côte d'Ivoire. *J Appl Biosci* 41 : 2820-2835.
- Boudouaya, M., Benhassaini, H., Bendimered-Mouri, F. Z., Mothe, F., & Fournier, M. (2015).** Évaluation de la durabilité naturelle du bois de *Pistacia atlantica* Desf. Du Nord de l'Algérie. *Bois & forets des tropiques*, 325, 49-58.
- Chebouti-Meziou, N., Doumandji, S., & Chebouti, Y. (2011).** L'Entomofaune Saisonnière du Pistachier de L'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) dans la Steppe Centrale de l'Algérie. *Silva Lusitana*. 19 (Especial) : 1-9.
- Cornet, F., & Fontaine, M. (2019).** Les traits foliaires sont-ils de bons indicateurs de variations environnementales régionales ? Le cas du chêne vert (*Quercus ilex* L.) dans la région du Pic Saint-Loup (Hérault, France). *Orpalm Synthesis*, 12(2), 35-52.
- Dajoz, R. (2006).** Précis d'écologie : Cours et Questions de Réflexions. Edition: Gauthier Villard, 8.

- Daoudi, S., Hamada, O., Doghbage, A., & Belhadj, S. (2016).** Effect of different concentrations of ZnSO<sub>4</sub> on *Pistacia atlantica* plantlets growth under semi-controlled conditions. Options Méditerranéennes. Série A, Séminaires Méditerranéens, (119), 119-122. <http://om.ciheam.org/om/pdf/a119/00007376.pdf>
- Dewitte, O., Jones, A., Spaargaren, O., Breuning-Madsen, H., Brossard, M., Dampha, A., ... & Zougmore, R. (2013).** Harmonisation of the soil map of Africa at the continental scale. Geoderma, 211, 138-153.
- Djamila, M., Hachemi, B., Leila, S., Ahmed, A., & Kharytonov, M. (2018).** First report of an exceptional monoecious type of *Pistacia atlantica ssp. atlantica* in Algeria (North Africa). Ukrainian Journal of Ecology, 8(2).
- Doghbage, A., Boukerker, H., & Belhadj, S. (2018).** Analyse eco-botanique comparative de deux populations du *pistacia atlantica* en algerie par le biais de marqueurs morphologiques foliaires. Courrier Du Savoir, 25, 119-126. Téléchargé le de <http://revues.univ-biskra.dz/index.php/cds/article/view/3788>
- El Zerey-Belaskri, A., & Benhassaini, H. (2016).** Morphological leaf variability in natural populations of *Pistacia atlantica* Desf. *subsp. atlantica* along climatic gradient: new features to update *Pistacia atlantica* subsp. *atlantica* key. International journal of biometeorology, 60(4), 577.
- El-Hilaly, J., Hmammouchi, M., & Lyoussi, B. (2003).** Ethnobotanical studies and economic evaluation of medicinal plants in Taounate province (Northern Morocco). Journal of Ethnopharmacology, 86(2-3), 149-158.
- Evreinoff, V. A. (1955).** Le Pistachier. Etude pomologique. In : Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée, vol. 2, n°7-9, Juillet-août-septembre 1955. pp. 387-415 ; doi : <https://doi.org/10.3406/jatba.1955.2236>
- Fetati, A. (2017).** Le pistachier de l'Atlas, cette ressource encore mal connue : Dynamique végétale du taxon *Pistacia atlantica* Desf. *ssp. atlantica* dans la région nord occidentale oranaise, Algérie. Éditions universitaires européennes.
- Freytet, F., & Bonnardot, B. (2020).** Mesurer les arbres Nouvelle fiche conseil. CAUE 77. <http://www.arbres-caue77.org/>

- **Global Biodiversity Information Facility (2021)**. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2022-02-14.
- Geber, M. A., & Griffen, L. R. (2003)**. Inheritance and natural selection on functional traits. *International journal of plant sciences*, 164(S3), S21-S42.
- Ghorbel, A., Salem-Fnayou, A. B., Chatibi, A., & Twey, M. (2001)**. Genetic resources of *Pistacia* in Tunisia. In Project on Underutilized Mediterranean Species. *Pistacia: towards a comprehensive documentation of distribution and use of its genetic diversity in Central & West Asia, North Africa and Mediterranean Europe*. Report of the IPGRI Workshop, 14-17 December 1998, Irbid, Jordan (Vol. 472, p. 62).
- Guerine, L., & Hadjadj, K. (2019)**. Ecodendrometric characterization of Atlas pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) Stands in the Ain Ben khelil Region (Southwestern Algeria). *Indian Forester*, 145(11): 911-920.
- Habani, N. (2016)**. Contribution à l'étude écodendrométrique et dendroécologique du Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) en Algérie. Thèse de Doctorat en Sc. Biologiques. USTHB. Alger. Algérie
- Halitim, A. (1988)**. Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p.
- Houard, C. A. V. (1912)**. Les zoocécidies des plantes d'Europe et du bassin de la Méditerranée Description des galles. Illustration. Bibliographie détaillée. Répartition géographique. Index bibliographique. Paris : A. Hermann. <http://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/8967>.
- Ifticene-Habani, N., & Abdoun, F. (2018)**. Croissance radiale et réponse au climat du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) dans le Parc national de Theniet El Had (Algérie). *Bois & forets des tropiques*, 335, 3-13.
- Iida, Y., Poorter, L., Sterck, F., Kassim, A. R., Potts, M. D., Kubo, T., & Kohyama, T. S. (2014)**. Linking size-dependent growth and mortality with architectural traits across 145 co-occurring tropical tree species. *Ecology*, 95(2), 353-363.
- Kafkas, S., Kaska, N., Cetiner, M. S., Perl-Treves, R., Gucluturk, H., & Karaca, S. (2001)**. Monoecious *P. atlantica* trees in the Yunt Mountains of Manisa province of Turkey. In XI GREMPA Seminar on Pistachios and Almonds. Zaragoza: CIHEAM (pp. 257-260).

- Kafkas, S., & Perl-Treves, R. (2001).** Morphological and molecular phylogeny of *Pistacia* species in Turkey. *Theoretical and Applied Genetics*, 102(6-7), 908-915.
- Karimi, H. R., Zamani, Z., Ebadi, A., & Fatahi, M. R. (2009).** Morphological diversity of *Pistacia* species in Iran. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 56(4), 561-571.
- Kassout, J., Ater, M., Ivorra, S., Barbara, H., Limier, B., Ros, J., ... & Terral, J. F. (2021).** Resisting Aridification: Adaptation of Sap Conduction Performance in Moroccan Wild Olive Subspecies Distributed Over an Aridity Gradient. *Frontiers in plant science*, 12, 1288.
- Le Houerou, H.N. (1995).** Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertisation. CIHEAM, Options Méditerranéennes, Séries B, 10, 396 p.
- Lendant, J.P., (1975).** Les essences forestières algériennes (indigène et exotique). Note pour le cours de dendrologie. 84 p.
- Lesins, K. A., & Lesins, I. (1979).** Genus *Medicago* (Leguminosae). A Taxogenetic Study (No. 583.32 L4).
- Limane, A., Smail-Saadoun, N., Belkebir-Boukais, A., & Kissoum-Hamdini, K. (2014).** Root architecture adaptation of *Pistacia atlantica* subsp. *atlantica* according to an increasing climatic and edaphic gradient: case of a north-south transect in Algeria. *Turkish Journal of Botany*, 38(3), 536-549.
- Louzabi, S., Belhadj, S., & Bouragba Brague, N. (2016).** Morphology of healthy leaves and galling leaves in *Pistacia terebinthus* L. In López-Francos A.(ed.), Rovira M.(ed.), Socias i Company R.(ed.). XVI GREMPA Meeting on Almonds and Pistachios. Zaragoza: CIHEAM (pp. 221-224). <http://om.ciheam.org/om/pdf/a119/00007395.pdf>
- Louzabi, S., Belhadj, S., Merbah, K. Z. A., & Brague, N. B. (2020).** Nouvelle observation de *Geoica mimeuri* (Gaumont 1930) et description de *Forda riccobonii* (Stefani 1899) sur *Pistacia atlantica* Desf. En Algérie. *Entomologie faunistique-Faunistic Entomology*.
- Mansour, C. (2011).** Contribution à l'étude de la répartition du Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf) dans la wilaya de Naâma–Cas de Gaaloul. Mémoire d'Ingéniorat foresterie. Université de Tlemcen.



- Mechiah, F., Boutelba, I., & Smail-Saadoun, N. (2021).** Variability of the rhizospheric mycodiversity of the Algerian *Pistacia atlantica* Desf. *Acta Ecologica Sinica*, <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2021.08.003>
- Mehdeb-Hireche, D., Azzaoui, M. E. S., Chahbar, S., & Benhassaini, H. (2021).** Genetic Variability of Reproductive Organs of Atlas Pistachio in Tiaret Region, Algeria. *International Journal of Bio-resource and Stress Management* 2021, 12(4), 377-384. [HTTPS://DOI.ORG/10.23910/1.2021.23090a](https://doi.org/10.23910/1.2021.23090a).
- M'Hirit, O. (1999).** Mediterranean forests: ecological space and economic and community wealth. *UNASYLVA-FAO*-, 3-15.
- Monastra, F., Rovira, M., Vargas, F.J., Romero, M.A., Batlle, I., Rouskas, D., & Mendes Gaspar A. (1997)** Caractérisation isoenzymatique de diverses espèces du genre *Pistacia* et leurs hybrides. Etude de leur comportement comme porte-greffe du pistachier *Pistacia vera* L. In : Germain E. (ed.). Amélioration d'espèces à fruits à coque : noyer, amandier, pistachier. Zaragoza : CIHEAM. p. 133-142. (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches ; n. 16). <http://om.ciheam.org/om/pdf/b16/97606105.pdf>
- Monjauze, A. (1968).** Répartition et écologie de *Pistacia atlantica* Desf. En Algérie. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de l'Afrique du nord*. 1-128.
- Monjauze, A. (1980).** Connaissance du bétoum *Pistacia atlantica* Desf. *Revue forestière française*.
- Nadjat, T., & Tayeb, S. (2020).** Effect of environmental conditions on morphological variability of leaves and fruits of five populations of *Pistacia atlantica* Desf. in North Algeria. *Biodiversity Research and Conservation*, 58(1), 1-12.
- Ozenda, P. (1991).** Flore de Sahara (3 édition mise à jour et augmentée) Paris. Editions du CNRS, 662.
- Poorter, H., Niinemets, Ü., Poorter, L., Wright, IJ., & Villar, R. (2009).** Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): A meta-analysis. *New Phytologist* 182:565–588.

- POWO (2022)**. "Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; <http://www.plantsoftheworldonline.org/> Retrieved 14 February 2022."
- Quézel, P., & Médail, F. (2003)**. Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Edition Elsevier, collection environnement, Paris, 571 p.
- Rabhi, K. (2011)**. Ajustement de modèles hauteur–circonférence–âge pour le chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd.) dans la forêt d'Akfadou (Tizi ouzou); effet de la densité et de la station (Doctoral dissertation, Université de Tlemcen-Abou Bekr Belkaid).
- Rankou, H., M'sou, S., Babahmad, R. A., Ouhammou, A., Alifriqui, M., & Martin, G. J. (2018)**. *Pistacia atlantica*. The IUCN Red List of Threatened Species.
- Rezkallah, D., & Khelifi, M. (2020)**. Mémoire de Master en Ecologie. Estimation du potentiel d'accumulation du carbone organique dans les sols steppiques réhabilités le long d'un gradient climatique. Mémoire de Master en Ecologie Université de Tébessa.
- Royer, D. L., McElwain, J. C., Adams, J. M., & Wilf, P. (2008)**. Sensitivity of leaf size and shape to climate within *Acer rubrum* and *Quercus kelloggii*. *New phytologist*, 179(3), 808-817.
- Seigue, A. (1985)**. La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes (Vol. 5). Maisonneuve & Larose. Paris France.
- Tassin, C. (2012)**. Paysages végétaux du domaine méditerranéen : Bassin méditerranéen, Californie, Chili central, Afrique du Sud, Australie méridionale. IRD éditions.
- Yaaqobi, A., El Hafid, L., & Haloui, B. (2009)**. Etude biologique de *pistacia atlantica* Desf. De la region orientale du maroc. *Biomatec Echo* | Volume 3 | Number 6 | pp. 39 – 49 |.
- Zaafouri M. S. & Chaïeb M. (1999)**. Arbres et arbustes de la Tunisie méridionale menacés de disparition. *Acta Botanica Gallica* 146(4) : 361-373. <https://doi.org/10.1080/12538078.1999.10515823>

# *Annexe*

## Annexe : Traitement statistique

### 1-Dendrométrie

1- **Analyse de la variance relative à la circonférence** (SC : Somme des carrés ; DDL : degré de liberté ; MC : moyenne des carrés)

2-

Source	SC	ddl	MC	F	P
Versant	1,43789	1	1,43789	5,9462	0,017491
Climat	0,03144	1	0,03144	0,1300	0,719598
Versant x Climat	2,28803	1	2,28803	9,4618	0,003068
Erreur	15,71812	65	0,24182		

2 **Analyse de la variance relative à la hauteur total du l'arbre** (SC : Somme des carrés ; DDL : degré de liberté ; MC : moyenne des carrés)

Source	SC	ddl	MC	F	P
Versant	10,236	1	10,236	2,8121	0,098360
Climat	0,016	1	0,016	0,0044	0,947442
Versant x Climat	9,089	1	9,089	2,4969	0,118923
Erreur	236,611	65	3,640		

3- **Analyse de la variance relative à la longueur du houppier** (SC : Somme des carrés ; DDL : degré de liberté ; MC : moyenne des carrés)

Source	SC	ddl	MC	F	P
Versant	3,2463	1	3,2463	1,0938	0,299510
Climat	0,1628	1	0,1628	0,0548	0,815583
Versant x Climat	6,0094	1	6,0094	2,0248	0,159534
Erreur	192,9166	65	2,9679		

4- **Analyse de la variance relative au diamètre du houppier** (SC : Somme des carrés ; DDL : degré de liberté ; MC : moyenne des carrés)

5-

Source	SC	ddl	MC	F	P
Versant	31,224	1	31,224	4,5939	0,035834
Climat	0,316	1	0,316	0,0464	0,830051
Versant x Climat	33,651	1	33,651	4,9509	0,029553
Erreur	441,802	65	6,797		

## 2- Feuilles

**1-Analyse de la variance relative à la longueur de la feuille** (SC : Somme des carrés ; DDL : degré de liberté ; MC : moyenne des carrés)

Source	SC	ddl	MC	F	P
Versant	45,21	1	45,21	15,72	0,000085
Climat	1,88	1	1,88	0,65	0,418736
Versant x Climat	18,93	1	18,93	6,58	0,010615
Erreur	1383,66	481	2,88		

**2-Analyse de la variance relative à la feuille sans limbe** (SC : Somme des carrés ; DDL : degré de liberté ; MC : moyenne des carrés)

Source	SC	ddl	MC	F	P
Versant	37,75	1	37,75	17,53	0,000034
Climat	4,13	1	4,13	1,92	0,166831
Versant x Climat	16,03	1	16,03	7,45	0,006591
Erreur	1035,48	481	2,15		

**3-Analyse de la variance relative à la longueur du pétiole** (SC : Somme des carrés ; DDL : degré de liberté ; MC : moyenne des carrés)

Source	SC	ddl	MC	F	P
Versant	0,336	1	0,336	1,298	0,255143
Climat	0,434	1	0,434	1,675	0,196265
Versant x Climat	0,120	1	0,120	0,465	0,495800
Erreur	124,670	481	0,259		

**4-Analyse de la variance relative à la largeur de la feuille** (SC : Somme des carrés ; DDL : degré de liberté ; MC : moyenne des carrés)

Source	SC	ddl	MC	F	P
Versant	89,50	1	89,50	55,08	0,000000
Climat	2,92	1	2,92	1,80	0,180533
Versant x Climat	20,52	1	20,52	12,63	0,000417
Erreur	781,52	481	1,62		

**5- Analyse de la variance relative à la longueur de la foliole** (SC : Somme des carrés ; DDL : degré de liberté ; MC : moyenne des carrés)

Source	SC	ddl	MC	F	P
Versant	8,037	1	8,037	16,78	0,000049
Climat	2,260	1	2,260	4,72	0,030333
Versant x Climat	0,015	1	0,015	0,03	0,860474
Erreur	230,363	481	0,479		

**6- Analyse de la variance relative à la largeur de la foliole** (SC : Somme des carrés ; DDL : degré de liberté ; MC : moyenne des carrés)

Source	SC	ddl	MC	F	P
Versant	3,2075	1	3,2075	71,492	0,000000
Climat	0,1524	1	0,1524	3,398	0,065898
Versant x Climat	0,0152	1	0,0152	0,339	0,560513
Erreur	21,5801	481	0,0449		

**7- Analyse de la variance relative au nombre de folioles** (SC : Somme des carrés ; DDL : degré de liberté ; MC : moyenne des carrés)

Source	SC	ddl	MC	F	P
Versant	56,73	1	56,73	24,68	0,000001
Climat	15,51	1	15,51	6,75	0,009688
Versant x Climat	59,72	1	59,72	25,98	0,000000
Erreur	1105,89	481	2,30		

**8- Analyse de la variance relative au nombre de paires de folioles** (SC : Somme des carrés ; DDL : degré de liberté ; MC : moyenne des carrés)

Source	SC	ddl	MC	F	P
Versant	14,184	1	14,184	24,68	0,000001
Climat	3,877	1	3,877	6,75	0,009688
Versant x Climat	14,930	1	14,930	25,98	0,000000
Erreur	276,472	481	0,575		