

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AMAR THELIDJI- LAGHOUAT
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : sciences écologiques

OPTION : Ecologie végétale et environnement

Thème

**Phénologie et Comportement adaptative du (*Pistachier atlantica*)
Pistachier de l'Atlas par rapport à leur spectre biogéographique.**

Présenté par :

M^{elle} : DENNAKA Amina

M^{elle} : LAIDI Aouali

M^{elle} : YOUSSEFI Khadidja

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	qualité
ROUGHI Taher	MCB	Président
HAMIDA Lamine	MCB	Examineur
CHAIBI Rachid	Pr	Encadreur

Année universitaire : 2024/2025

Remerciement

*Tout d'abord, je remercie DIEU qui a éclairé
mon chemin et qui m'a armée de courage pour
achever mes études*

*Au terme de ce travail, je m'exprime
mes profonds remerciements à mon promoteur*

*Mr. CHAIBI Rachid d'avoir proposé ce thème et de m'avoir encadrée
et suivies*

la progression de ce travail. Je le remercie infiniment

Pour leur aide et leur conseil judicieux.

Mes vifs remerciements aux membres de jury, pour

Avoir accepté d'évaluer mon travail. J'exprime

Mes sincères remerciements à, Mr. ROUGHI Taher,

Mr HAMIDA Amine

Je tiens à remercier aussi : Mr BENSOUILLAH

Sofyane, SOUFI Ibtissem. YUCEFI Mostefa, Mr BOUMEDIENNE

A.Madjid, ROUGHI Taher

*Le corps d'enseignants qui ont assuré ma formation en Ecologie ;
A tous les personnels du laboratoire du département de Biologie ; Tous
ceux qui ont contribué de près ou loin dans l'élaboration de mon
travail.*

Dédicace :

*Nous n'avons entamé les débuts que par Sa guidance,
et nous n'avons atteint les fins que par Son succès,
et nous n'avons réalisé nos objectifs que par Sa grâce.*

*Louange à Dieu qui m'a accordé la réussite pour concrétiser cette étape dans
mon parcours universitaire.*

J'offre le fruit de mes efforts :

À moi-même, ambitieuse et persévérante, qui ne m'a jamais déçue.

*À ma grand-mère bien-aimée, que j'aurais tant aimé voir en ce jour de mon
diplôme (que Dieu lui fasse miséricorde).*

*À mon grand-père cher, El Hadj Mohamed El Majdoub, mon soutien et mon
appui depuis le début de mon parcours scolaire.*

*À mon père adoré, Youssefi Lazhari, qui a porté la peine et la sueur de son
front, qui m'a appris que le succès ne vient qu'avec la patience, et dont je
porte le nom avec fierté.*

*À ma précieuse mère, qui a fait du paradis un droit sous ses pieds, qui a
facilité les épreuves par ses prières, mon premier soutien et ma source de
force.*

*À mes frères et sœurs bien-aimés, mon pilier solide, mon espoir, ceux qui ont
renforcé mon bras et furent pour moi des sources inépuisables.*

*À mes camarades de route avec qui j'ai partagé le chemin vers le succès :
Amína Dennaka, Laidi Aouali, Youssefi Zouleikha, Laidi Yamina, Belkheir
Souria.*

*À mon enseignant, Abdelkader Issaoui, à qui revient le mérite de m'avoir
aidée à atteindre les plus hauts rangs (que Dieu le récompense).*

*À tous ceux qui m'ont aimée et que j'ai aimés, qui furent un soutien fidèle et
un appui tout au long de ce chemin : amis loyaux, compagnons des années et
des épreuves*

*Je demande à Dieu que ce diplôme soit pour moi un début de bonheur dans
ma vie,*

*qu'Il me guide vers ce qui est bon pour ma religion et ma vie,
et qu'Il m'accorde la capacité de rendre la pareille à tous ceux qui ont été un
bienfait pour moi.*

YOUSSEFI Khadidja

Dédicace

À ceux dont la présence a été une bénédiction inestimable...

À ma mère et à mon père, sources d'amour et de sérénité, qui ont été le premier moteur de chaque pas que j'ai franchi, et dont les prières m'ont accompagnée dans le silence.

À mes frères et sœurs : Mohamed Amine, Islam, Nesrine, Nadjla Ikram et Siham, ainsi qu'à notre petit trésor Anes Dennaka — vous êtes la chaleur, le soutien et la joie constante dans mon cœur.

À ma précieuse famille : la famille Dennaka et la famille Chaïbi, et à mon oncle bien-aimé Lazhari Youssefi — chacun de vous a laissé une empreinte unique dans mon parcours.

À mon professeur respecté, M. Chaïbi Rachid, modèle de savoir et d'intégrité, mes sincères remerciements pour votre accompagnement et vos conseils précieux.

À mes chères amies de route : Youssefi Khadidja, Aouali Laidi ; et à mes adorables amies : Laidi Amina, Belkheir Souria, Ayat Lhelali et Zouleikha Youssefi — je vous remercie profondément pour votre présence, votre soutien et votre affection durant toutes ces années.

À Younes Neciri, merci pour ton aide précieuse et ta sincérité — tu as été un véritable appui au bon moment.

Et à mes camarades de l'université, avec qui j'ai partagé l'effort, les rires et les souvenirs, je vous adresse toute ma gratitude et mon affection.

Ce travail est le fruit de votre soutien à tous. Je vous le dédie avec une reconnaissance infinie.

DENNAKA Amina

Dédicace

Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du fond du cœur à ceux qu'on aime et qu'on remercie en exprimant la gratitude et la reconnaissance durant toute notre existence.

Je dédie ce modeste travail A mon cher père que Dieu le protège.

A la bougie qui a éclairé mon chemin depuis ma naissance, à celle dont j'ai prononcé le premier mot, source de ma vie et de mon bonheur, à ma mère que Dieu la protège.

A mes chers frères : Amina, Mohamed, Ibrahim, Ahmaïda

À mon ami sur cette travail : Amina et Khadidja

A mes chères Soeurs : souria, sabrine, kholoud, fatima, naima

A tout la famille : Laidi

A mes très chères copines.

A ma promotion deuxième année Master

Enfin à tous qui ont participé de près ou de loin pour l'accomplissement de ce modeste travail

LAIIDI Aouali

SOMMAIRE :

Remerciement

Dédicace

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

Résumé

INTRODUCTION..... 01

CHAPITRE 1 : PARTIE BIBLIOGRAPHIE

I. généralités sur le pistachier de l'atlas 05

II. aire de répartition du *pistacia atlantica* desf. 05

II.1. dans le monde..... 05

II.2. en Algérie..... 06

III. caractéristiques botaniques et physiologiques..... 07

III.1. systématique..... 07

III.2. description..... 08

III.2.1. les feuille du pistachier..... 08

III.2.2. les fleurs du pistachier 09

III.2.3. les fruits du pistachier 10

III.2.4. le système racinaire du pistachier de l'atlas 11

III.3. phénologie et cycle de développement..... 11

III.4. caractéristiques physiologiques face au stress hydrique..... 11

III.5. utilisations traditionnelles et importance écologique 12

IV. le comportement adaptatif de *pistacia atlantica* 12

IV.1. adaptations morphologiques 12

IV.2. adaptations physiologiques 12

IV.3. plasticité phénologique	13
IV.4. résilience écologique	13
V. le mode de croissance de <i>pistacia atlantica</i>	13
V.1. croissance juvénile	13
V.2. croissance végétative	13
V.3. croissance reproductivité	
V.4. maturation et sénescence	14
VI. exigences écologiques de <i>pistacia atlantica</i>	14
VI.1. exigences édaphiques	14
VI.2. exigences écologiques de <i>pistacia atlantica</i>	15
VI.2.1. exigences climatiques.....	15
VI.2.1.1. pluviométrie.....	15
VI.2.1.2. Température	15
VI.2.1.3. Lumière	15
VI.2.1.4. Vent	15
VI.3. La multiplication.....	16
V. Ecologie et synécologie de <i>Pistacia atlantica</i>	16
V.1. Ecologie	16
VI.1.1. Adaptation édaphique	17
VI.1.2. Amplitude bioclimatique	17
VI.1.3. Améliorations apportées.....	17
VI.2. Exigences climatiques et écologiques de <i>Pistacia atlantica</i>	18
VI.2.1. Pluviométrie optimale	18
VI.2.2. Résistance thermique	18
VI.2.3. Répartition bioclimatique	18

VI.2.4. Limites de distribution forestière	18
VI. Synécologie de <i>Pistacia atlantica</i>	19
VII. Utilisation	22

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

I. site expérimental.....	24
I.1. stations d'études	24
I.2. choix des sites d'étude.....	24
II. climatologie de la région d'étude (el-khneg et madna)	25
II.1. el-khneg.....	25
II.1.1. caractérisation bioclimatique.....	25
II.1.1.1. le climat	25
II.1.1.2. température.....	25
II.1.1.3. précipitation.....	25
II.1.1.4. diagramme d'ombrothermique de gaussen.....	26
II.2. madna	27
II.2.1. caractérisation bioclimatique de la zone d'étude	27
II.2.1.1. le climat	27
II.2.1.2. température	27
II.2.1.3. précipitations	27
II.2.1.4. diagramme ombrothermique de gaussen.....	27
II.3. synthèse climatique	28
III. étude expérimentale	29
III.1. analyse physico-chimiques des sols.....	29
III.2. analyse des sols aux laboratosire	29
III.2.1. matériels utilisés.....	29

III.2.1.1. sur terrain (in situ)	29
III.2.1.2. au laboratoire (in vitro)	29
III.2.2. matériel biologique	29
III.2.3. produits chimiques utilisés.....	29
III.2.2. mesure du ph.....	29
III.2.3. mesure de la conductivité électrique (CE) et salinité du sol.....	30
III.2.4. mesure d'humidité	31
III.2.5. analyse granulométrique.....	32
III.2.5.1. exécution du tamisage au laboratoire.....	32
III.2.5.2. calculs des proportions des particules granulométriques.....	33
III.2.5.3. pourcentages des refus simples.....	33
III.2.6. détermination de la teneur en matière organique et du carbone organique par calcination.....	34
III.2.6.1. carbone organique (% c)	35
III.2.7. mesure des paramètres NO_3 , NO_2 , Cl_2 , alcalinité, conductivité et dureté du sol.....	35
I.V. morphométrie des graines de pistachier de l'atlas.....	35
IV.1. méthodologie de collecte et d'analyse	35
V. morphométrie des feuilles de pistachier de l'atlas.....	36
VI. extraction polyphénol	37
VI.1. préparation de l'extrait aqueux de feuilles de pistachier de l'atlas	37

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

I. résultats de l'analyse granulométrique	41
I.1. analyse granulométrique du sol du site de madna	41
I.2. analyse des résultats.....	41
I.2.1. composition générale du sol	41

I.2.1.1. Madna	41
I.2.2. distribution détaillée des particules	42
I.2.3 classification du sol	43
I.2.4. propriétés attendues du sol	43
I.3. analyse comparative des paramètres physico-chimiques entre les stations el-khneg et madna	43
I.3.1. paramètres de base	43
I.3.2. composés azotés et chlorés	44
I.3.3. minéralisation et conductivité	45
I.3.4. matière organique	46
II. analyse comparative de la distribution des graines entre deux stations d'étude	47
II.1. distribution granulométrique et caractérisation morphologique.....	47
II.2. analyse comparative inter-stations	48
II.3. implications écologiques et génétiques	49
III. calcul la longueur et largeur et le poids des graines	49
IV. calcul la longueur et largeur des feuilles	54
V. Calcule la masse u polyphénol dans les feuilles u pistachier d'atlas.....	60
DISCUSSION GENEGALE.....	61
CONCLUSION.....	66
Perspectives.....	67
REFERENCES	68

LISTE DES FIGURES :

N°	Titre	Page
01	Pistachier de l'Atlas en Algérie dans les deux régions (El-khneg et Madna)...	05
02	Distribution géographique de <i>Pistacia atlantica</i> Desf. dans le monde.....	06
03	Répartition du pistachier de l'Atlas en Algérie.....	07
04	Les feuilles du <i>Pistacia atlantica</i>	09
05	Les fleurs du <i>Pistacia atlantica</i> Desf.....	10
06	Le fruit du pistachier <i>Pistacia atlantica</i> Desf.....	11
07	Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région de Laghouat 2008-2017.....	26
08	Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région de Madna.....	28
09	présentation de la mesure du pH du Sol.....	30
10	Mesure de la conductivité électrique (CE) et salinité.....	31
11	Représenté la mesure d'Humidité au laboratoire.....	31
12	Représentation du matériel utilisé pour l'analyse granulométrique.....	33
13	Matériel utilisé pour les mesures de matières organique.....	34
14	les trois figures représentées les mesures la longueur et largeur et poids des grains au laboratoire.....	36
15	les trois figures représentées les mesures la longueur et largeur des feuilles au laboratoire.....	37
16	la préparation de solution (Extraits aqueux de Pistachier d'Atlas)	38
17	Filtration des extraits aqueux de Pistachier d'Atlas.	38
18	préparation du polyphénol.....	39
19	Composition granulométrique du sol du site de Madna.....	41
20	Distribution granulométrique détaillée du sol du site de Madna.....	42
21	Représentation graphique des valeurs de pH dans les deux sites.....	44
22	Représentation graphique Composés Azotés et Chlorés dans les deux sites....	46
23	Représentation graphique de Minéralisation et Conductivité dans les deux sites.....	46

24	Représentation graphique de Matière Organique dans les deux sites.....	46
25	les trois graphes représentent le poids, longueur et largeur des graines de l'arbre de Pistachier d'Atlas dans la station d'el-khneg.....	51
26	les trois graphes représentent le poids, longueur et largeur des graines de l'arbre de Pistachier d'Atlas dans la station de Madna.....	53
27	les graphes représentent les nombres des feuilles sur chaque bourgeon de l'arbre de Pistachier d'Atlas.....	55
28	les graphes représentent largeur et longueur des feuilles dans la station (el-khneg)	57
29	les graphes représentent largeur et longueur des feuilles dans la station (Madna)	59
30	le graphe représente la masse du polyphénol dans les feuilles du pistachier d'atlas dans les deux stations.....	60

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
01	les coordonnées des stations d'études.....	24
02	Moyenne Mensuelle et Annuelle des températures de la région de Laghouat..	25
03	Moyennes mensuelles et annuelles des précipitations de la région de Laghouat.	26
04	Températures mensuelles moyennes de la région de Madna	27
05	Précipitation mensuelles moyennes de la région de Madna	27
06	L'échelle d'interprétation d'acidité du sol en fonction de pH du sol.....	30
07	L'Echelle d'interprétation de la salinité du sol en fonction de la conductivité électrique.....	30
08	Classes granulométriques utilisées pour notre travail.....	32
09	L'échelle de classification des sols selon la teneur en matière organique.....	34
10	La distribution détaillée des différentes classes granulométriques se présente.	42
11	l'analyse physico-chimique.....	47
12	L'analyse quantitative des échantillons prélevés dans les deux stations.....	48

Phénologie et comportement adaptative du (*Pistacia atlantica*) Pistachier de l'Atlas par apport à leur spectre biogéographique

Résumé :

Le *Pistacia atlantica* (pistachier de l'Atlas) est une espèce ligneuse indigène des zones arides et semi-arides du Maghreb, du Proche-Orient et d'Asie occidentale, connue pour sa remarquable capacité d'adaptation aux conditions environnementales extrêmes. Ce travail vise à étudier la phénologie (cycle annuel de développement) et le comportement adaptatif de cette espèce en fonction des variations biogéographiques, à travers la comparaison de deux stations contrastées : El-Khneg et Madna, qui présentent des différences notables en matière de climat, sol et disponibilité en eau, les résultats obtenus mettent en lumière une plasticité phénologique significative. L'espèce ajuste les périodes de floraison, de débourrement et de sénescence foliaire en fonction des contraintes climatiques locales, ce qui témoigne d'une stratégie adaptative efficace face à la sécheresse et aux sols pauvres en matière organique. D'un point de vue morphologique, des différences nettes ont été observées dans la taille des feuilles, la morphométrie des graines et leur poids moyen, traduisant une réponse directe aux conditions édaphiques et climatiques, sur le plan physiologique, le pistachier de l'Atlas manifeste des mécanismes remarquables : fermeture rapide des stomates, production accrue de polyphénols, et accumulation d'osmolytes protecteurs tels que la proline et les sucres solubles. Par ailleurs, la présence d'un système racinaire pivotant profond (> 3 m) lui permet d'exploiter efficacement les nappes phréatiques, ces résultats confirment l'intérêt écologique majeur du *Pistacia atlantica* dans les programmes de reboisement et de lutte contre la désertification, ainsi que sa valeur en tant que réservoir génétique pour les écosystèmes steppiques méditerranéens.

Mots-clés : Pistachier de l'Atlas, phénologie, adaptation, spectre biogéographique, sol, stress hydrique, diversité génétique.

Phenology and adaptive behavior of *Pistacia atlantica* (pistachio Atlas) in relation to its biogeographic spectrum

Abstract :

Pistacia atlantica (Atlas pistachio) is a native woody species of the arid and semi-arid regions of the Maghreb, the Middle East, and West Asia, recognized for its outstanding ability to adapt to extreme environmental conditions. This study aims to investigate the phenology (annual development cycle) and adaptive behavior of this species according to its biogeographic spectrum, through a comparative analysis of two contrasting sites : El-Khneg and Madna, characterized by distinct climatic conditions, soil properties, and water availability, the results revealed significant phenological plasticity. The species adjusts its flowering, bud burst, and leaf senescence periods in response to local climatic constraints, demonstrating effective adaptive strategies against drought and nutrient-poor soils. Morphologically, notable variations in leaf size, seed morphometry, and average seed weight were recorded, indicating direct responses to edaphic and climatic conditions, on the physiological level, *Pistacia atlantica* shows remarkable mechanisms : rapid stomatal closure during drought, increased polyphenol production, and accumulation of protective osmolytes such as proline and soluble sugars. Additionally, the deep taproot system (> 3 m) allows efficient access to groundwater resources, these findings highlight the major ecological role of *Pistacia atlantica* in afforestation and desertification control programs, as well as its value as a genetic resource for Mediterranean steppe ecosystems.

Keywords : Atlas pistachio, phenology, adaptive behavior, biogeographic spectrum, soil, water stress, genetic diversity.

الظواهر الفينولوجية والسلوك التكيفي لشجرة الفستق الأطلسي (*Pistacia atlantica*) بالنسبة لطيفها البيوجغرافي

الملخص:

تُعدُّ شجرة *Pistacia atlantica* (الفستق الأطلسي) من الأنواع النباتية البرية المميزة بقدرتها الكبيرة على التكيف مع الظروف البيئية القاسية، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة من المغرب العربي، والمشرق، وآسيا الغربية. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الفينولوجيا (المراحل التطورية السنوية) والسلوك التكيفي لهذا النوع النباتي حسب اختلاف طيفه البيوجغرافي بين محطتين متباينتين بيئيًا: الخنق ومادنة، اللتين تختلفان من حيث الظروف المناخية، الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، ومستوى الضغط المائي، أظهرت النتائج أن *Pistacia atlantica* يمتلك قدرة عالية على تعديل مواعيد الإزهار، التبرعم، وتساقط الأوراق تبعًا لاختلاف الظروف المناخية (كمية الأمطار، درجة الحرارة، الرطوبة). كما أبانت الدراسة وجود فروق واضحة في المورفولوجيا مثل حجم الأوراق وشكل البذور ووزنها، إضافة إلى اختلافات في المحتوى الفسيولوجي للبوليفينولات، مما يدل على آليات دفاعية متقدمة ضد الإجهاد المائي والملوحة وقلوية التربة، من جهة أخرى، أظهر الفستق الأطلسي قدرة على تطوير نظام جذري عميق واستراتيجيات فيزيولوجية مثل غلق الثغور في فترات الجفاف، والتقليل من معدل التبخر، وإنتاج مركبات أوسموبروتيكتريس كالبرولين والسكريات الذائبة. هذه السمات تمكنه من البقاء والنمو في بيئات متدهورة، تؤكد نتائج هذه الدراسة الدور البيئي الهام لـ *Pistacia atlantica* في تثبيت التربة، تعزيز التنوع البيولوجي، والمساهمة في برامج التشجير ومكافحة التصحر، مما يجعله نموذجًا مثاليًا لأنواع النباتات المتكيفة مع التغيرات المناخية والضغط البيئية.

الكلمات المفتاحية: الفستق الأطلسي، الفينولوجيا، السلوك التكيفي، الطيف البيوجغرافي، التربة، الإجهاد المائي، التنوع الوراثي.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.), également connu sous le nom vernaculaire de Betoum, est une espèce ligneuse xérophile de la famille des Anacardiaceae, reconnue pour sa remarquable résistance aux conditions environnementales extrêmes (**Monjauze, 1980**).

Cette essence forestière endémique se distingue par une plasticité écologique exceptionnelle, lui permettant de coloniser un gradient bioclimatique étendu, depuis les étages humides jusqu'aux zones arides (**Monjauze, 1980**). Sa distribution géographique couvre l'Afrique du Nord, le Sahara septentrional, la Méditerranée orientale, le Moyen-Orient, l'Asie centrale, et s'étend des Îles Canaries jusqu'au Pamir (**Quézel et Médail, 2003**).

En Algérie, bien que désormais dispersé, le Pistachier de l'Atlas demeure l'espèce emblématique de l'Atlas saharien et l'une des rares essences arborescentes persistant dans les écosystèmes arides et semi-arides, avec une présence relictuelle jusqu'au cœur du Hoggar (**Monjauze, 1980**). Cette espèce manifeste une tolérance édaphique notable, prospérant sur divers substrats, notamment calcaires, à l'exception des sols sableux, et démontre une résistance exceptionnelle aux vents violents et aux longues périodes de sécheresse (**Boudy, 1950**).

Malgré sa résilience écologique, le Pistachier de l'Atlas connaît un déclin préoccupant sous l'effet conjugué des pressions anthropiques et des changements climatiques (**Benhassaini et Belkhodja, 2004**). Cette régression constitue un indicateur alarmant de désertification biologique dans les écosystèmes fragiles d'Afrique du Nord (**Ifticene-Habani et al., 2022**). Les facteurs anthropiques, tels que le défrichement intensif, le surpâturage, les coupes illicites et l'exploitation non raisonnée des terres, souvent pour le commerce du charbon de bois, représentent les principales menaces (**Monjauze, 1982**). Ces pressions sont exacerbées par l'intensification des sécheresses récurrentes liées aux changements climatiques (**Ifticene-Habani et al., 2022**).

La régénération naturelle du Pistachier de l'Atlas est particulièrement limitée, se produisant principalement sous la protection du Jujubier (*Ziziphus lotus*), qui agit comme une plante nurse en offrant un abri contre le pâturage et les conditions climatiques défavorables, notamment dans les dépressions topographiques appelées dayas (**Boukais, 2021**). Cependant, cette régénération reste insuffisante pour assurer le renouvellement des populations vieillissantes (**Monjauze, 1980**).

Le Pistachier de l'Atlas représente un patrimoine biologique et culturel inestimable pour les populations des zones arides et semi-arides d'Afrique du Nord (**Monjauze, 1980**). Depuis des millénaires, cette espèce multifonctionnelle joue un rôle central dans l'économie traditionnelle des communautés nomades et sédentaires. Ses fruits, appelés localement "El

Khodiri", sont valorisés à des fins alimentaires, notamment broyés comme garniture d'une "pizza berbère", et médicinales (**Monjauze, 1980**). Son bois dense est utilisé comme combustible et matériau de construction, tandis que son feuillage sert de fourrage pour le bétail en période de disette (**Monjauze, 1980**). L'oléorésine exsudée par son écorce possède des applications pharmaceutiques et artisanales (**Ifticene-Habani et al., 2022**).

Écologiquement, le Pistachier de l'Atlas contribue à la stabilisation des écosystèmes fragiles grâce à son système racinaire pivotant, qui accède aux ressources hydriques profondes et lutte contre l'érosion et la désertification (**Boudy, 1950**). Ces caractéristiques en font une espèce clé dans les programmes de reforestation et de restauration écologique des zones dégradées (**Ifticene-Habani et al., 2022**).

De nombreuses études ont exploré l'écologie et la biologie du Pistachier de l'Atlas en Algérie et dans le bassin méditerranéen. Les travaux de **Monjauze (1980)** ont posé les bases de la connaissance de cette espèce, décrivant sa distribution, ses exigences écologiques et ses potentialités sylvicoles (**Monjauze, 1980**). **Boudy (1950)** a documenté son adaptation aux conditions édaphiques et climatiques des zones arides méditerranéennes (**Boudy, 1950**). Plus récemment, **Benhassaini et Belkhodja (2004)** ont mis en évidence la dégradation alarmante des populations algériennes et la nécessité d'interventions conservatoires urgentes (**Benhassaini et Belkhodja, 2004**).

Des recherches spécifiques ont porté sur la répartition et les caractéristiques morphologiques dans plusieurs régions d'Algérie (**Belhadj et al., 2007; Belhadj et al., 2008; Benhassaini et al., 2007**). D'autres travaux ont analysé le complexe stomatique (**Kadi-Bennane et al., 2005; Smail-Sadoun, 2005**) et la composition des huiles essentielles (**Mamri, 2008; Gourine et al., 2009**). Dans la région de Laghouat, **Boukais (2021)** a synthétisé les propriétés des sols sous Pistachier de l'Atlas, soulignant sa préférence pour les substrats calcaires et sa tolérance au stress hydrique (**Boukais, 2021**). À El-Bayadh, **Malki (2020)** a caractérisé les variations biométriques des feuilles et des fruits en fonction des conditions environnementales (**Malki, 2020**).

Malgré ces contributions, les connaissances sur la morphologie et l'écologie du Pistachier de l'Atlas dans la région spécifique de Laghouat (Kheneg et Madna) restent fragmentaires. Cette lacune justifie la présente étude, qui vise à approfondir la caractérisation morphologique de cette espèce dans son habitat naturel au sein de cette zone géographique particulière.

Ce travail s'inscrit dans une démarche de conservation et de valorisation du patrimoine biologique représenté par le Pistachier de l'Atlas dans la région de Laghouat. L'objectif principal

est de contribuer à l'amélioration des connaissances sur cette espèce emblématique à travers une caractérisation morphologique détaillée dans son milieu naturel, spécifiquement dans les localités de Kheneg et Madna (wilaya de Laghouat).

- Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique. Cette synthèse présentant les paramètres écologiques étudiés ainsi que les résultats obtenus dans les sites de Kheneg et Madna
- Le deuxième chapitre est consacré aux matériel et méthodes utilisés pour la réalisation de ce travail.
- Les résultats obtenus sont présentés dans le troisième chapitre et discutés dans ce même chapitre.
- Et enfin nous terminerons par une conclusion générale synthétisant les principaux apports de l'étude et proposant des recommandations pour la conservation de l'espèce.

CHAPITRE I :
PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

I. généralités sur Le Pistachier de l'Atlas :

Le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) (Figure N° 1), appelé localement el betoum, botma, betouma ou btouma en arabe et Iggh en berbère, est une espèce largement répandue en Afrique du Nord. Son aire de distribution atteint ses limites extrêmes, où il forme des peuplements clairsemés, notamment dans les dayas (**Letreuche-Belarouci, 1981**).



Figure N° 1 : Pistachier de l'Atlas en Algérie dans les deux régions (El-khneg et Madna), (Originel, 2025).

II. Aire de répartition du *Pistacia atlantica* Desf. :

II.1. Dans le monde :

* Le **Pistacia atlantica* Desf.* présente une aire de répartition étendue, couvrant les régions méditerranéenne et irano-touranienne (**Zohary, 1952, 1987 ; Quézel et Médail, 2003**).

* Cependant, certains auteurs le considèrent comme endémique d'Afrique du Nord (**Manjauze, 1980 ; Ozenda, 1983 ; Belhadj et al., 2008**).

* Cette espèce est remarquablement adaptée aux conditions arides, tolérant divers types de sols, y compris les sols alcalins, et pouvant survivre avec des précipitations annuelles de 150 mm, voire moins (**Benhssaini et Belkhodja., 2004**).

* Sa croissance lente lui permet de s'établir et de persister dans des environnements où peu d'autres espèces arborées peuvent survivre.

Son aire de distribution englobe une vaste zone comprenant le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Libye, la Syrie, la Jordanie, la Palestine, l'Iran et l'Afghanistan (**Kaska et al., 1996 ; Khaldi et Khouja, 1996 ; Sheibani, 1996**), (Figure N° 2)



Figure N° 2 : Distribution géographique de Pistacia atlantica Desf. dans le monde (Caudullo Welk & San-Miguel-Ayanz J. 2017)

II.2. En Algérie :

- Le Pistacia atlantica se manifeste en Algérie sous forme de groupements isolés, particulièrement dans l'Atlas Saharien et le Sahara septentrional (**Monjauze, 1968**).
- Il s'épanouit dans les zones arides et semi-arides, notamment les Hautes-Plaines, où il trouve des conditions favorables dans les lits d'oueds et les dayas.
- Sa robustesse et sa tolérance à la sécheresse en font une espèce précieuse pour les projets de reboisement visant à protéger les steppes pastorales (Figure N°3).

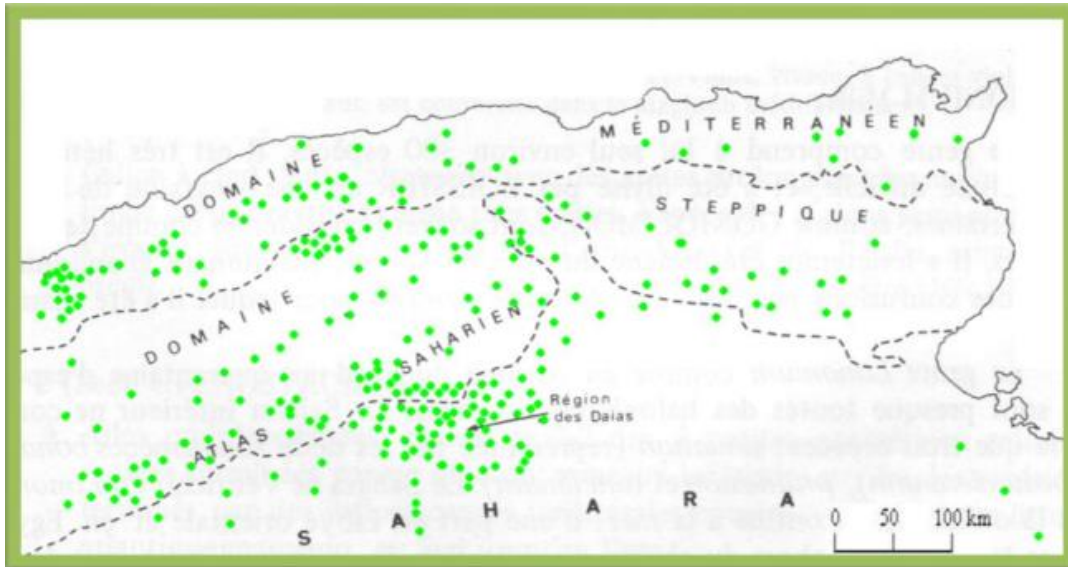


Figure N°3 : Répartition du pistachier de l'Atlas en Algérie (d'après **Monjauze, 1968, in Ozenda, 1977**).

III. Caractéristiques botaniques et physiologiques :

III.1. Systématique :

Selon (Yaqobi et *al.*, 2009).

Règne	Plantae
Embranchement	Tracheobionta
Super-division	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Sapindales
Famille	Anacardiaceae
Genre	<i>Pistacia</i>
Espèce	<i>Pistacia atlantica</i> Des

III.2. Description :

Le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) est un arbre imposant pouvant atteindre 15 à 20 mètres de hauteur et un diamètre de 1 mètre. Sa longévité exceptionnelle s'étend sur plusieurs siècles (**Monjauze, 1968, 1980, 1982**).

Sur le plan morphologique, cette espèce présente certaines similitudes avec le frêne, notamment par la structure de son pétiole foliaire et son écorce (**Seigue, 1985**).

III.2.1. Les feuilles du pistachier :

Les feuilles du *Pistacia atlantica*, espèce emblématique des zones arides et semi-arides d'Algérie, présentent une morphologie bien adaptée aux conditions écologiques difficiles de ces régions. Il s'agit de feuilles composées imparipennées, généralement formées de 3 à 9 folioles, dont une foliole terminale, ce qui constitue un critère distinctif par rapport à d'autres espèces du genre *Pistacia*. Les folioles, de forme ovale à lancéolée, mesurent entre 2 à 6 cm de long et 1 à 3 cm de large, avec une texture coriace et une surface recouverte d'une fine cuticule cireuse qui limite la perte d'eau par transpiration un trait adaptatif important face à la sécheresse (**Ozenda, 2004**). La face supérieure des feuilles est d'un vert foncé brillant, tandis que la face inférieure est plus pâle, souvent teintée de gris, avec des nervures légèrement pubescentes. Le pistachier de l'Atlas est une espèce caducifoliée, perdant ses feuilles à l'automne pour limiter les pertes hydriques pendant la saison froide, ce qui reflète son comportement xérophytique (**Quézel & Médail, 2003**). Des recherches menées dans les régions steppiques d'Algérie ont également montré que la faible surface foliaire relative contribue à une efficacité élevée de l'utilisation de l'eau, ce qui confère à cette espèce une résilience particulière face au changement climatique (**Benhouhou et al., 2011**).



Figure N°4 : Les feuilles du *Pistacia atlantica*
Webographie [1].

III.2.2. Les fleurs du pistachier :

Les fleurs du *Pistacia atlantica* Desf. Sont de petite taille, apétales (sans pétales), et unisexuées, ce qui signifie que chaque fleur est soit mâle soit femelle, en accord avec la nature dioïque de l'espèce (**Ozenda, 2004**). Les fleurs mâles et femelles sont portées par des individus différents, ce qui nécessite la présence simultanée des deux sexes pour assurer la pollinisation. Les inflorescences apparaissent précocement au printemps, sous forme de panicules axillaires ou terminales, souvent avant l'apparition des feuilles (**Quézel & Médail, 2003**).

Les fleurs mâles se caractérisent par la présence de cinq étamines bien développées, contenant un pollen léger et abondant, adapté à une pollinisation anémophile (par le vent). Les fleurs femelles, quant à elles, présentent un ovaire supère trilobulaire avec un style court terminé par trois stigmates (**Pignatti, 1982**). L'absence d'éléments attractifs comme les pétales colorés ou le nectar confirme que la reproduction est assurée sans intervention des insectes, mais principalement par le vent.

La floraison de *Pistacia atlantica* se déroule entre mars et avril, avec des variations selon l'altitude et les conditions climatiques locales. Dans les régions de l'Atlas saharien et des Hauts Plateaux algériens, la floraison peut précéder le développement foliaire, ce qui optimise l'efficacité de la pollinisation anémophile (**Benhouhou, 2005**).



Figure N°5 : Les fleurs du *Pistacia atlantica* Desf [2]

Webographie.

III.2.3. Les fruits du pistachier :

Le fruit du pistachier est une drupe monosperme, mesurant 6 à 8 mm de long et 5 à 6 mm de large. Selon **Ozenda (1977)**, il présente une couleur rougeâtre en début de développement, puis devient bleuâtre à maturité (**Ait Said, 2003**). Ces fruits, qualifiés de samares par (**Morsli ., 1992**), atteignent généralement leur pleine maturité à partir du mois de septembre.

La germination des graines du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) est réputée difficile. D'après **Monjauze (1980)**, leur forte teneur en huile les rend difficilement conservables au-delà d'un printemps, sauf en chambre froide, où elles peuvent rester viables plusieurs années. Cependant, cette affirmation est contestée par **Khellil et Khellal (1980)**, qui ont observé une perte rapide du pouvoir germinatif après seulement quelques mois de conservation, même en milieu frais.

Ces mêmes auteurs soulignent que des alternances de sécheresse et d'humidité du sol inhibent la germination et peuvent même entraîner la mort de la graine. Par ailleurs, **Ait Radi (1977)** note que les fruits du pistachier de l'Atlas sont légèrement plus gros que ceux du *Pistacia lentiscus*, avec environ 10 000 graines par kilogramme.



Figure N° 6 : Le fruit du pistachier *Pistacia atlantica* Desf
Webographie [3].

III.2.4. Le système racinaire du Pistachier de l'Atlas :

Le Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) possède un système racinaire à l'architecture bien hiérarchisée. Selon **Khichane (1988)**, il se compose principalement:

- d'un pivot vertical épais, orthogéotrope, caractérisé par une croissance rapide et indéfinie.
- de racines latérales fines, plagiotropes, dont la croissance est plus lente et limitée dans le temps.

Cette structure racinaire combine ainsi un ancrage profond grâce au pivot principal et un réseau secondaire moins développé, adapté aux conditions environnementales difficiles.

III.3. Phénologie et cycle de développement :

La phénologie de *Pistacia atlantica* en Algérie suit un cycle adapté aux conditions arides et semi-arides. La floraison se produit généralement entre mars et avril, précédant l'apparition des feuilles. La fructification s'étend du printemps à la fin de l'été. La chute des feuilles débute à la fin de l'automne, ce qui marque l'entrée en dormance hivernale. Cette espèce montre une adaptation marquée aux variations climatiques saisonnières, notamment grâce à une floraison précoce avant le développement foliaire, ce qui réduit la transpiration en période de floraison, (**Khelifi, L. et al. 2016**)

III.4. Caractéristiques physiologiques face au stress hydrique :

Pistacia atlantica montre une grande tolérance au stress hydrique. Elle régule sa photosynthèse, ferme ses stomates en cas de sécheresse sévère, et présente une accumulation d'osmolytes comme la proline pour maintenir son activité cellulaire. Cette capacité

d'ajustement osmotique lui permet de conserver une croissance minimale pendant les périodes de stress prolongé, typiques des zones arides algériennes. (Chabani, F. et al. 2020).

III.5. Utilisations traditionnelles et importance écologique :

Le pistachier de l'Atlas est utilisé traditionnellement pour ses propriétés médicinales (résine, écorce, feuilles) et comme porte-greffe pour les pistachiers cultivés (*Pistacia vera*). Il est également valorisé dans les programmes de reboisement en zones arides en raison de sa résilience. Sur le plan écologique, il favorise la biodiversité en fournissant refuge et alimentation à de nombreuses espèces animales, (Bouazza, M. et al. 2012).

IV. Le comportement adaptatif de *Pistacia atlantica* :

Le *Pistacia atlantica* est une espèce remarquable par sa capacité d'adaptation aux milieux contraignants, notamment les zones arides et semi-arides du Maghreb, du Moyen-Orient et de l'Asie centrale. Son comportement adaptatif se manifeste à travers plusieurs mécanismes morphologiques, physiologiques et phénologiques qui assurent sa survie et sa pérennité dans des environnements hostiles

IV.1. Adaptations morphologiques :

L'une des stratégies fondamentales du *Pistacia atlantica* est le développement d'un système racinaire pivotant très profond, pouvant dépasser 3 mètres dans les sols meubles. Cette adaptation permet à l'arbre de puiser l'eau dans des nappes souterraines peu accessibles aux autres espèces.

Les feuilles, petites et coriaces, sont souvent caduques en été dans les régions les plus sèches. Cette caduque estivale temporaire permet de limiter la perte d'eau par transpiration. De plus, l'écorce est épaisse, rugueuse et résistante aux hautes températures et aux feux de surface. (Chahma & Bouazza, 2008)

IV.2. Adaptations physiologiques :

Sur le plan physiologique, le pistachier de l'Atlas possède une grande capacité à fermer rapidement ses stomates en période de stress hydrique, réduisant ainsi les pertes hydriques tout en maintenant un minimum de photosynthèse. Il est également capable d'entrer en quiescence physiologique (ralentissement métabolique) pendant les mois les plus chauds et secs, et de reprendre rapidement son activité dès l'arrivée des premières pluies, on observe aussi une concentration plus élevée en composés phénoliques et en substances osmoprotectrices dans ses

tissus (acides aminés, sucres solubles), ce qui confère une meilleure résistance à la sécheresse. (Ouahmane et al., 2006)

IV.3. Plasticité phénologique :

Le *Pistacia atlantica* présente une plasticité phénologique, c'est-à-dire une capacité à modifier son calendrier de développement en fonction des conditions climatiques. Ainsi, dans les années plus sèches, la floraison est parfois retardée, raccourcie, voire supprimée, au profit de la survie végétative, cette flexibilité lui permet de s'adapter aux variations interannuelles des précipitations et de température, en évitant de gaspiller de l'énergie dans la reproduction quand les ressources sont insuffisantes. (Benhassaini et al., 2003).

IV.4. Résilience écologique :

En plus de ses mécanismes individuels, *Pistacia atlantica* joue un rôle clé dans la résilience des écosystèmes où il est présent. Il est souvent l'une des dernières espèces ligneuses à subsister dans les zones dégradées, contribuant ainsi à la stabilisation des sols, à la régénération des parcours, et à la fourniture d'habitats pour la faune, malgré la pression anthropique (déboisement, surpâturage), cette espèce continue de démontrer une capacité remarquable à persister dans les paysages sahélo-steppeiques. (Ait Said et al., 2013).

V. Le mode de croissance de *Pistacia atlantica* :

V.1. Croissance juvénile :

La croissance débute par la germination de la graine, généralement au printemps, suite à des conditions hivernales humides qui favorisent l'imbibition du tégument. Durant cette phase, la croissance est prioritairement souterraine : le plant développe un système racinaire pivotant capable de s'enfoncer jusqu'à 2 mètres de profondeur. Ce système racinaire permet à la jeune plante d'explorer les couches profondes du sol à la recherche d'humidité, condition essentielle à sa survie dans les milieux arides. La croissance aérienne (tige, feuilles) reste réduite, limitant ainsi la transpiration (Chahma & Bouazza, 2008).

V.2. Croissance végétative :

À partir de la 2^e ou 3^e année, si les conditions sont favorables (notamment en eau), la croissance aérienne devient plus active. La plante forme un tronc principal, souvent court et tordu dans les milieux rocheux ou ventés, ainsi que des branches latérales asymétriques. Les feuilles pennées, à folioles coriaces et caduques, sont adaptées à limiter les pertes hydriques.

Le rythme de croissance reste lent, de 10 à 30 cm/an selon les sites. Le houppier prend une forme semi-globuleuse avec un feuillage modéré. (Benhassaini et al., 2003)

V.3. Croissance reproductive :

La phase reproductive commence vers l'âge de 6 à 10 ans. Le *Pistacia atlantica* est une espèce dioïque, c'est-à-dire que les arbres mâles et femelles sont distincts. Les fleurs mâles apparaissent en panicules avant les feuilles et libèrent du pollen abondant, tandis que les fleurs femelles donnent des drupes ovoïdes qui mûrissent vers la fin de l'été. La floraison a lieu entre mars et avril, et la maturation des fruits se produit entre août et septembre. La production est souvent variable d'une année à l'autre, influencée par la disponibilité en eau et les conditions climatiques. (Ouahmane et al., 2006).

V.4. Maturation et sénescence :

À maturité, l'arbre peut atteindre une hauteur variant entre 5 et 15 mètres. Le tronc devient massif et crevassé, l'écorce épaisse offrant une protection contre la sécheresse et les incendies de surface. L'arbre peut vivre plus de 200 ans. La sénescence est lente, et même les vieux individus conservent parfois une activité reproductive sporadique. Leur présence dans les écosystèmes permet une régénération naturelle lorsque les conditions le permettent. (Benhassaini et al., 2003).

VI. Exigences écologiques de *Pistacia atlantica* :

VI.1. Exigences édaphiques :

Le Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.), espèce à large répartition et de caractère méditerranéen, présente une certaine plasticité vis-à-vis des conditions pédologiques. D'après Khalif (1959), il montre une préférence pour :

- les sols argileux et argilo-limoneux (comme ceux des dayas à *Ziziphus lotus*)
- les alluvions des plaines (Seigue, 1985).

Cependant, Monjauze (1980) souligne sa remarquable adaptation à la sécheresse atmosphérique, tout en notant sa grande tolérance à la nature du sol. En effet, cette espèce est capable de coloniser des milieux extrêmement variés au sein de son aire de répartition, dépassant souvent les limites écologiques attribuées aux autres formations végétales.

VI.2. Exigences écologiques de *Pistacia atlantica* :

VI.2.1. Exigences climatiques :

VI.2.1.1. Pluviométrie :

Le Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) présente une large amplitude pluviométrique dans son aire de répartition. Les observations révèlent :

- Zones humides : Jusqu'à 1000 mm/an sur son aire septentrionale (versant ouest du Zaccar, région d'Alger) et 600 mm sur le bord méridional de l'Atlas tellien (**Morsli, 1992**).
- Zones semi-arides : 250 mm dans les plaines de Boghar (Ksar el Boukhari) et Boughzoul (Médéa)
- Zones arides : 70 mm dans la région de Ghardaïa (**Sahli, 1997**).

Seulement 47,6 mm à Tamanrasset (**Kadi-Bennane, 2004**).

Cette répartition démontre l'extraordinaire adaptabilité de l'espèce à des gradients pluviométriques extrêmes, depuis les climats subhumides jusqu'aux conditions hyperarides sahariennes.

VI.2.1.2. Température:

Selon **Sahli (1997)**, *Pistacia atlantica* Desf. présente une forte résistance aux températures élevées, pouvant supporter jusqu'à 49°C, comme observé dans la région de Ghardaïa. Cependant, le pistachier de l'Atlas est sensible aux gelées en l'absence d'un couvert forestier protecteur. Il tolère également des températures très basses, atteignant -12°C dans la zone de Djelfa (**Aït Radi, 1979**). Toutefois, les jeunes plants sont vulnérables aux gelées récurrentes, particulièrement en milieu semi-aride (**Abdelkrim, 1977**).

VI.2.1.3. Lumière :

Selon **Monjauze (1968)**, le bétoum (*Pistacia atlantica*) est une essence héliophile à l'état adulte, nécessitant une exposition directe à la lumière. En revanche, à un stade juvénile, les semis se développent principalement à l'abri des fourrés de jujubier (*Ziziphus lotus* L.), bénéficiant ainsi d'une protection initiale. Par ailleurs, **Aït Radi (1979)** a souligné qu'un ombrage excessif pouvait nuire à la fructification du pistachier de l'Atlas, confirmant ainsi son adaptation écologique à des conditions lumineuses spécifiques selon son stade de croissance.

VI.2.1.4. Vent:

D'après **Monjauze (1968)**, le bétoum (*Pistacia atlantica*) est une espèce anémophile, dépendant du vent pour sa pollinisation. À l'état adulte, il résiste aux vents violents grâce à son système racinaire puissant, qui assure un ancrage solide au sol.

VI.3. La multiplication :

Le pistachier se multiplie aussi bien par semis que par voie végétative. En pépinière, comme pour toutes les essences forestières, ses graines nécessitent une stratification avant le semis. Celui-ci ne doit pas être effectué avant que la température moyenne atteigne au moins 12°C (**Monjauze, 1968**).

V. Ecologie et synécologie de *Pistacia atlantica* :

V.1. Ecologie :

Le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) présente une amplitude écologique et une plasticité remarquables, se rencontrant depuis le cœur du Sahara jusqu'aux marges du bioclimat humide, comme dans la chaîne du Rif. Il colonise divers milieux : fissures de rochers et falaises (où il adopte une forme prostrée et plaquée contre la paroi), terrains plats sur sols profonds ou très rocailleux, lits d'oueds et grandes dépressions temporairement humides (**Quezel & Medail, 2003**).

En Afrique du Nord, son aire de répartition s'étend entre les latitudes 28° et 37°N, avec une altitude allant jusqu'à 1500–2000 m. Selon **Zohary (1952)**, *Pistacia atlantica* est une essence forestière qui pénètre dans les forêts de chênes xérophiles jusqu'à 2000 m à l'ouest et 3000 m à l'est de son aire. Cependant, dans le bassin méditerranéen oriental, **Quezel et al. (1980)** observent que ses peuplements ne dépassent guère 300 m d'altitude, occupant les stations les plus chaudes et arides, où ils forment une végétation à tendance steppique, particulièrement répandue en Anatolie sud-orientale (notamment dans le bassin de l'Euphrate).

On le rencontre également en petits peuplements dans les hauts plateaux, au niveau des dayas, ainsi que dans les zones les plus arrosées de l'Atlas saharien, où il peut atteindre 2000 m d'altitude (**Quezel, 1965**). **Belhadj (1999)** confirme sa présence jusqu'à 2000 m dans les montagnes sèches (Atlas saharien).

Plusieurs auteurs, dont **Monjauze (1968)** et **Khelil & Kellal (1980)**, soulignent que son développement optimal se situe entre 600 et 1200 m d'altitude.

Répartition altitudinale

Alcaraz (1969) rapporte la présence du pistachier de l'Atlas à des altitudes variées, allant de 45 m dans la région de Mohammedia (Ouest algérien) jusqu'à 590 m à Mascara. En Oranie, il est largement répandu sur les hautes plaines telliennes, notamment celles de Sidi Bel Abbès (plaine de Sidi Bel Abbes et Sidi Bel Benyoub) et de Mascara (Ghriss), où son altitude varie entre 400 m et 720 m (**Alcaraz, 1982**). Dans la zone d'étude, le Bétoum (*Pistacia atlantica*) se rencontre entre 249 m et 970 m d'altitude.

VI.1.1. Adaptation édaphique :

Le pistachier de l'Atlas est une espèce peu exigeante quant à la nature du sol (Negre, 1962). Il s'adapte à divers substrats, à l'exception des sols sableux. Il montre une préférence pour :

- Les sols argileux et les alluvions des plaines (Boudy, 1955 ; Seigue, 1985).
- Les terrains argilo-limoneux, notamment dans les dayas associées à *Ziziphus lotus* (Khalife, 1959).
- Les roches calcaires en montagne sèche, où il se cantonne souvent aux dépressions des vallées à sol gypso-calcaire (Boudy, 1955).
- Les piedmonts argileux, les lits d'oueds et les dayas (Daget & Godron, 1974).

En Anatolie (Méditerranée orientale), les formations à *Pistacia atlantica* colonisent principalement les fonds de vallées, sur des substrats alluvionnaires ou des cailloutis épais (Quezel et al., 1980).

VI.1.2. Amplitude bioclimatique :

Le pistachier de l'Atlas est une espèce xérophile et très rustique, capable de supporter de longues périodes de sécheresse. Son aire de répartition couvre une large gamme bioclimatique :

- Du bioclimat saharien jusqu'aux marges de l'humide, dans des variantes chaudes, tempérées, voire fraîches (El Oualidi et al., 2004).
- Du subhumide à l'aride inférieur (avec des précipitations minimales de 150 mm/an), dans des conditions hivernales douces à fraîches (Daget & Godron, 1974).
- Selon Monjauze (1968), les limites pluviométriques favorables à son développement climacique se situent entre 200 et 600 mm/an.

VI.1.3. Améliorations apportées :

- Organisation thématique : Séparation claire entre données altitudinales, édaphiques et bioclimatiques.
- Phrasé plus fluide : Suppression des répétitions et harmonisation des tournures.
- Mise en valeur des références : Intégration cohérente des sources sans alourdir le texte.
- Précision scientifique : Conservation des données techniques tout en améliorant la lisibilité.

VI.2. Exigences climatiques et écologiques de *Pistacia atlantica* :

VI.2.1. Pluviométrie optimale :

Selon **Boudy (1952)**, le pistachier de l'Atlas trouve ses conditions pluviométriques idéales entre l'isohyète 200 et 250 mm. Cependant, son amplitude est bien plus large :

- Pluviométrie maximale : jusqu'à 1000 mm dans sa limite septentrionale (ouest d'Alger et versant ZECCAR)
- Pluviométrie minimale : seulement 68 mm enregistrés à Ghardaïa (**Monjauze, 1968**).

En Algérie occidentale, il se développe entre 395 mm (Sidi Bel Abbès) et 670 mm (Zarrif) (**Monjauze, 1968**).

VI.2.2. Résistance thermique :

L'espèce présente une remarquable tolérance aux extrêmes thermiques :

- Supporte des températures minimales de -12°C (région de Djelfa)
- Résiste à des maximales de 49°C (Ghardaïa) (**Monjauze, 1968**)

VI.2.3. Répartition bioclimatique :

Le **Houerou (1995)** observe sa présence dans les zones écoclimatiques nord-africaines :

- Semi-aride
- Aride supérieure
- Aride moyen

Avec des températures minimales mensuelles (m) comprises entre +1 et +11°C

Alcaraz (1982) note son association fréquente avec le jujubier, dans des formations caractérisées par :

- Indice d'aridité Q2: 32,2 à 51,1 (semi-aride à subhumide)
- Températures hivernales (m): +1,5°C à 4,5°C (hiver frais à tempéré) Positionnement dans le climagramme d'Emberger **Monjauze (1968)** a précisé sa répartition bioclimatique:
- Étages : saharien (variantes fraîche et tempérée), aride (fraîche et tempérée), semi-aride (froide, fraîche et tempérée), subhumide (frais et tempéré), humide tempéré
- Optimum écologique : moitié supérieure de l'étage aride tempéré et partie tempérée de l'étage semi-aride

VI.2.4. Limites de distribution forestière :

Selon **Monjauze (1968)** établit que :

- La limite inférieure (Q2=30) correspond au seuil de formation des forêts complètes de Bétoum (associé à *Juniperus phoenicea* et *Olea europaea*)

- La limite supérieure (vers l'humidité) rejoint la limite inférieure du chêne zeen (vers l'aridité)

VI. Synécologie de *Pistacia atlantica* :

Distribution dans les formations végétales **Monjauze (1968)** souligne la présence du Bétoum dans divers types de formations :

- Formations forestières, broussailleuses ou steppiques
- Exclusivement xérophiles, sauf en limite des zones humides où son aire pluviothermique jouxte les limites inférieures des Quercetum fagineae

➤ **La présence/absence du Pistachier dans ces formations dépend :**

1. Des conditions climatiques locales
2. Des essences concurrentes
3. Du degré d'ouverture du milieu

➤ **Répartition bioclimatique :**

En zone subhumide :

- Présence très discrète (individus isolés)
- Dans des communautés dominées par les chênes sclérophylles (**Quezel & Medail, 2003**)
- Absent des maquis à olivier et lentisque.
- Ne subsiste qu'en marge des peuplements de chêne-liège (**Monjauze, 1968**)

En zone semi-aride :

- Participation épisodique à des groupements végétaux
- Associé principalement à :
 - *Olea europaea*
 - *Ceratonia siliqua*
 - *Tetraclinis articulata*
 - *Juniperus turbinata* (**Quezel & Medail, 2003**)

➤ **Dynamique des associations végétales :**

- Dans la Tétracлинаie:
 - Cohabitation possible avec l'olivier et le caroubier
 - Condition nécessaire : peuplement clairsemé (ex: forêt ouverte de Maghnia)
 - Ces formations peu denses résistent mieux aux incendies (**Monjauze, 1968**)

➤ **Secteur oranais (aire occidentale du Thuya) :**

- Présence dans des lambeaux d'Oléo-pistacetum sur fortes pentes
- Formation très claire où Bétoums et oliviers constituent l'unique strate arborescente

- Sur pentes douces cultivées : réduit à des individus isolés (**Monjauze, 1968**)

➤ **Particularités algériennes :**

Dans le sud de l'Atlas tellien et les flancs de l'Atlas blidéen :

- L'alliance *Tetraclinis articulatae*-*Pistacia atlanticae* (**Rivas-Martinez et al., 1986**) caractérise les groupements préforestiers.
- Associée au chêne vert et au pin d'Alep.
- Abondance du chêne kermès sur substrats marneux et marno-calcaires.

➤ **Répartition et associations végétales de *Pistacia atlantica* au Maghreb :**

- Statut phytosociologique au Maroc :

Au Maroc, le Pistachier de l'Atlas caractérise, avec le Thuya (*Tetraclinis articulata*), une sous-alliance spécifique : *Pistacia atlanticae* (appartenant à l'alliance *Asparago-Rhamnion*, ordre des *Pistacio-Rhamnietalia*) (**El Oualidi et al., 2004**).

- Dynamique des groupements végétaux :

Dans les zones plus froides et sèches, le groupement à Genévrier rouge (*Juniperus phoenicea*) remplace la *Tétracлинаie*, avec la présence du Bétoum lorsque le couvert forestier est lâche (**Monjauze, 1968**).

- L'augmentation des températures minimales ($> +1,5^{\circ}\text{C}$) réduit la résistance du Pin d'Alep à la sécheresse, favorisant l'expansion du Thuya, du Jujubier (*Ziziphus lotus*) et du Bétoum dans son aire de répartition (**Alcaraz, 1969**).

- Distribution en bioclimat arid :

En milieu aride, les peuplements de Pistachier adoptent une distribution contractée :

- Principalement en bordure des lits d'oueds

Dans des dépressions inondées temporairement en hiver, accumulant d'épaisses couches d'alluvions fins (**Quezel & Medail, 2003**)

- Ces habitats (dayas) présentent :

- Une strate pérenne pauvre, dominée par *Ziziphus lotus* (parfois accompagné d'*Artemisia herba-alba*)
- Une riche communauté d'annuelles méso-hygrophiles se développant en saison humide

- Particularités écologiques dans l'Atlas saharien

Entre les versants est et ouest de Laghouat (Atlas saharien), le Pistachier forme des peuplements dispersés :

- Localisés dans des dépressions circulaires (dayas)

- Systématiquement associé au Jujubier, dont les épines protègent les jeunes plants (**Ozenda, 1954**)
- Constituant des formations résiduelles dans des dayas alluviales à sol lourd (**Quezel, 2000**)

- Formations pré forestières marocaines :

Dans l'étage aride moyen marocain, (**Quezel et al., 1980**) décrivent des formations claires :

- Dominées par *Juniperus phoenicea* et *Pistacia atlantica*
- Avec présence d'*Ephedra* spp.
- Évoluant vers une végétation steppique à *Artemisia* et localement *Stipa tenacissima*
- Phénomène accentué par l'augmentation de la xéricité et des températures

Abdelkrim (1992) a montré les limites méridionales des formations à *Pistacia atlantica* dans les lits d'Oueds, des ravins et des zones d'épandage du Hoggar. Il a proposé l'association relictuelle à *Pistacia atlantica* (Bétoum) et *Myrthusnivelli* (Tefeltes), dénommée *Pistacio-Myrtetumnivellei* ass.nov. C'est une association stable, subclimacique à l'image du *Zizipho-Pistacietum atlanticae* des dayas du Sahara septentrional.

En effet toute la région comprise entre l'Atlas saharien, Ghardaia et l'erg occidental, correspond précisément à une zone de transition caractérisée par la steppe à *Haloxylon coparium* et au pays des dayas à pistachier de l'Atlas (**Quezel, (1965). Ozenda (1958 ; 1977)**), signale que les dayas et les dépressions fermées sont caractérisés par l'association *Pistacia atlantica* et *Ziziphus lotus*. C'est au milieu des peuplements de ce jujubier qu'il peut atteindre une taille suffisante pour résister aux herbivores.

D'une manière générale, dans le centre des dayas, le Bétoum (*Pistacia atlantica*) (Strate arboré) se développe à l'abri des buissons de jujubiers, la végétation herbacée étant rejetée à l'extrême périphérie de cette daya (**Taibi et al, 1999**).

Dans la steppe les jujubiers sont le plus souvent les seules espèces ligneuses présentes et on peut observer fréquemment des semis de Bétoum (*Pistacia atlantica*) au sein des touffes de jujubiers (**Letreuch-Belarouci, 1995**).

Monjauze en 1968 précise que la régénération du Bétoum ne se manifeste le plus souvent que sous abri. Cet abri peut être offert par n'importe quelle végétation broussailleuse suffisamment dense, comme les touffes d'*Asparagus stipularis*, *Asparagus albus*, *Lycium intricatum* et *Calycotome intermedia*. Dans le sud et dans les plaines cultivées du Tell, le seul abri possible est généralement la touffe du jujubier, à condition qu'elle ne soit pas recépée à trop grande fréquence.

Abdelkrim (1992) signale que le développement ou la régénération du pistachier de l'atlas dans sa limite méridionale n'est plus privilégiée à cause des conditions extrêmes.

Dans les étages aride et saharien, il se trouve le plus souvent en compagnie du jujubier, dans les dépressions alluviales et le long du réseau hydrographique (**Djebaili, 1984**). C'est probablement « un élément de la forêt primitive sans être l'aboutissement définitif de l'évolution » comme l'écrit (**Monjauze, 1968**).

VII. Utilisation :

Pistacia atlantica est une espèce aux usages multiples. Les populations locales l'utilisent de différentes manières :

- **Porte-greffe** : Elle sert de support pour le pistachier cultivé (*P. vera*), grâce à sa résistance aux conditions édaphiques extrêmes.
- **Source alimentaire** : Ses fruits sont comestibles, et les habitants en extraient une huile très prisée.
- **Habitat faunique** : Étant souvent le seul arbre présent dans les zones steppiques, le pistachier de l'Atlas offre un abri à de nombreux animaux, les protégeant de la chaleur et des rayonnements solaires.

Monjauze (1968) rapporte que les communautés locales exploitaient également la résine de son écorce pour fabriquer des onguents en médecine traditionnelle. Cette plante possède en effet des propriétés antiseptiques, antifongiques et est utilisée dans le traitement des affections abdominales (**Baba Aissa, 2000**).

CHAPITRE II :
MATERIELS ET
METHODES

I. Site expérimental :

I.1. stations d'études :

Notre travail a pour objectif une démarche de conservation et de valorisation du patrimoine biologique représenté par le Pistachier de l'Atlas dans la région de Laghouat. L'objectif principal est de contribuer à l'amélioration des connaissances sur cette espèce emblématique à travers une caractérisation morphologique détaillée dans son milieu naturel, nous avons travaillé sur deux stations, distribuées sur deux zones de la région de Laghouat, (el-khneg et madna).

-LE SITE 1 : Dayat d'El-khneg se situe au Sud de la Laghouat a environ 16 km de la commune de Kheneg, (DSA. 2008)

- LE SITE 2 : La région de Madna est localisée à 80 km au Nord du chef-lieu de la Wilaya de Laghouat et à 40 km au sud de la Daïra d'Aflou.

I.2. Choix des sites d'étude :

Le choix des zones où pousse le pistachier s'est fait sur la base de critères scientifiques et réalistes visant à garantir l'exactitude des résultats et la pertinence des conditions d'étude, l'accent a été mis sur ces deux régions en raison de leur densité importante en pistachiers, ce qui permet de collecter des données de terrain suffisantes et fiables, ces régions se caractérisent également par la diversité de leurs caractéristiques environnementales (en termes de sol, de climat et de relief).

Les coordonnées géographiques des stations retenues, ont été localisées à l'aide d'un GPS (Tableau N°1).

Tableau N° 1 : les coordonnées des stations d'études.

Sites	Coordonnées	
	Nord	Est
El-khneg	33° 69' 00''	2° 66' 17''
Madna	33° 56' 07''	02° 26' 13''

II. Climatologie de la région d'étude (EL-KHNEG et MADNA) :

II.1. el-khneg : (On parle généralement de l'état de Laghouat)

II.1.1. Caractérisation bioclimatique :

II.1.1.1. Le climat :

La division du globe terrestre en douze zones climatiques par utilisations d'indices **Gausse** (1957), positionne la wilaya de Laghouat dans deux grandes zones climatiques. Les valeurs des indices affectent la partie nord de la wilaya dans la zone climatique méditerranéenne et la partie sud de la wilaya dans la zone climatique désertique.

En général, le climat de Laghouat a été classé selon **Koppen et Geiger (1951)**, un climat désertique froid. Au cours de l'année la température moyenne est de 17,4°C, chaque année les précipitations sont en moyenne de 176m (**CDT, Dubief, 2015**).

II.1.1.2. Température :

La température est élément du climat le plus important était donnée que tous les processus métabolique en dépendant (**Dajoz, 2006**). Les températures de la région d'étude collectées durant la période allant de 2008 à 2017 sont récapitulées dans le (Tab.13).

Tableau N°2 : Moyenne Mensuelle et Annuelle des températures de la région de Laghouat (2008-2017).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne
Température °C	8.73	9.88	13.62	18.04	22.61	28.01	32.20	30.20	25.36	19.99	12.89	8.97	19.67

Source : **ONM. Laghouat 2018.**

II.1.1.3. Précipitation :

D'après **Djebaili (1978)**, la précipitation c'est le facteur primordial qui permette de déterminer le type de climat, La pluviométrie annuelle varie selon plusieurs paramètres locaux caractéristiques de chaque région dont l'altitude, l'exposition et l'orientation jouent le rôle principal. Les précipitations moyennes mensuelles de la région d'étude collectées durant la période allant de 2008 à 2017 sont récapitulées dans le (Tab, 14).

Tableau N°3 : Moyennes mensuelles et annuelles des précipitations de la région de Laghouat (2008-2017).

Tableau N°3 : Moyenne Mensuelle et Annuelle de la précipitation de la région de Laghouat (2008-2017).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total (mm)
Précipitation (mm)	9.77	8.58	10.56	18.72	9.93	7.45	7.96	10.85	27.53	23.31	12.45	19.3	155.27

Source : ONM. Laghouat 2018

II.1.1.4. Diagramme d’Ombrothermique de GAUSSEN :

Le diagramme Ombrothermique permet de représenter les éléments du climat, d'une région, du point de vue précipitations et températures, pendant une période donnée. Il permet également de déterminer les périodes sèches et humides de l’année (**Dajoz, 1985**).

D’après **Dajoz (1985)**, Gausсен, considère que la sécheresse s’établit lorsque la pluviosité mensuelle (P), exprimée en mm, est inférieure au double de la température moyenne, exprimée en degrés Celsius ($P \text{ (mm)} < 2T \text{ (}^\circ\text{C)}$). Pour localiser les périodes humides et sèches de la zone d’étude, nous avons tracé le diagramme Ombrothermique pour les périodes allant de 2008-2017 de la région de Laghouat (Fig, 26), il fait apparaître une seule période sèche s’étalant sur les 12 mois de l’année.

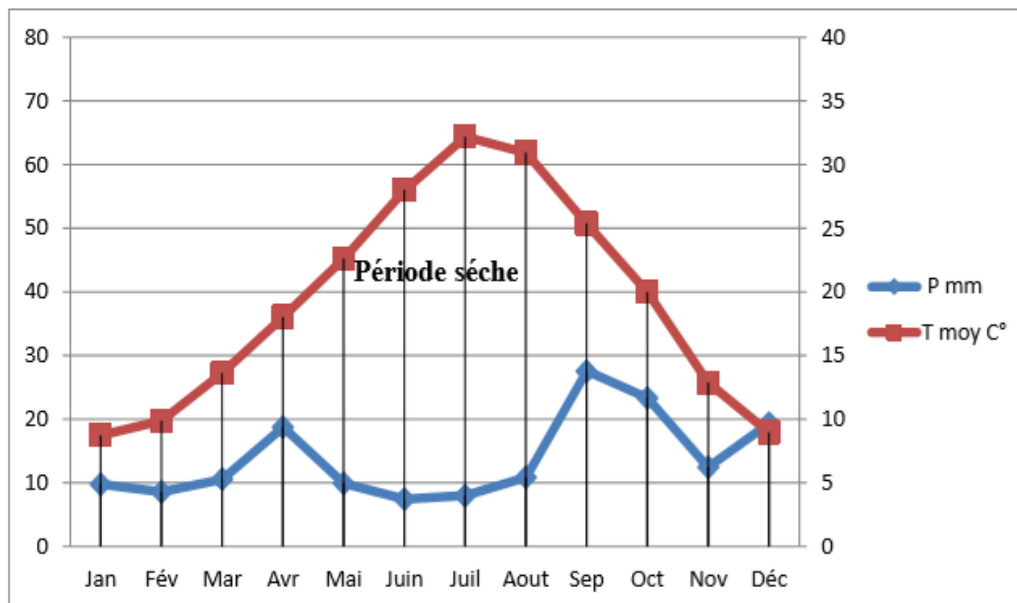


Figure N°7 : Diagramme Ombrothermique de Gausсен de la région de Laghouat 2008-2017.

II.2. Madna :

II.2.1. Caractérisation bioclimatique de la zone d'étude :

II.2.1.1. Le climat :

La zone d'étude située dans un étage bioclimatique semi-aride qui est caractérisé par une chaleur excessive et une précipitation insuffisante et variable, on y trouve cependant des contrastes climatiques. Ceux-ci résultent en général des différences de température, de saison des pluies et de degré d'aridité. Lorsqu'on décrit la zone semi-aride, on distingue trois grands types de climats : le climat méditerranéen, le climat tropical et le climat continental.

II.2.1.2. Température :

Les données de la température enregistrées dans cette région, reflète l'image réelle des de la particularité de certains composant du climat à savoir l'altitude et l'alternance saisonnière.

Le tableau ci-dessus exprime les températures mensuelles moyennes enregistrées de l'année 1993 jusqu'à 2023 de la région de Madna .

Tableau N° 4 : Températures mensuelles moyennes de la région de Madna [1993-2023]

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Max °C	19,21	21,24	25,85	30,08	35,28	40	42	41,35	37,57	31,23	24,75	20,13
min°C	-3,54	-3	-1,87	1,48	5,71	11,43	17,4	17,35	11,29	5,81	0,33	-2,78
T°C	7,83	9,12	11,98	15,78	20,49	25,72	29,4	29,7	24,43	18,52	12,54	8,67

II.2.1.3. Précipitations :

A partir des données enregistrées sur une période de 30 ans (1993-2023).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P(mm)	19,99	14,13	18,92	25,36	22,86	16,09	12,87	20,34	30,32	28,27	21,31	17,94
Tmoy	7,83	9,12	11,98	15,78	20,49	25,72	29,7	29,35	24,43	18,52	12,54	8,67

II.2.1.4. Diagramme ombrothermique de Gaussen :

Les diagrammes ombrothermiques de Gaussen sont construits en reportant les mois sur l'axe des abscisses, les précipitations sur un premier axe des ordonnées, et les températures sur un second, en veillant à doubler l'échelle de celle des précipitations (**Faurie et al., 2002**). La saison sèche est identifiée lorsque la courbe des précipitations croise celle des températures, selon les travaux de Gaussen (in **Faurie et al., 2002**).

II.3. Synthèse climatique :

Le climat influence directement les êtres vivants, en déterminant leur répartition et leur capacité à se développer dans un lieu donné. Il est donc naturel que les climatologues et les phytogéographes cherchent à comprendre les relations entre le climat et la végétation. Ces relations entre les paramètres climatiques et la végétation ont fait l'objet de nombreuses études bioclimatiques, où les auteurs ont conclu que, indépendamment de leur composition floristique, tous les groupements végétaux qui se développent dans des zones isoclimatiques sont homologues et équivalents. Cela signifie que le climat façonne la végétation, laquelle n'est que l'expression biologique du milieu (**Emberger, 1955 ; Le Houérou, 1980**).

Afin de mieux appréhender les relations entre le climat et la végétation, plusieurs auteurs ont élaboré des méthodes de classification visant à caractériser les différents bioclimats, en s'appuyant sur des indices bioclimatiques qui prennent en considération les variables majeures telles que la pluviométrie, la température et l'évapotranspiration.

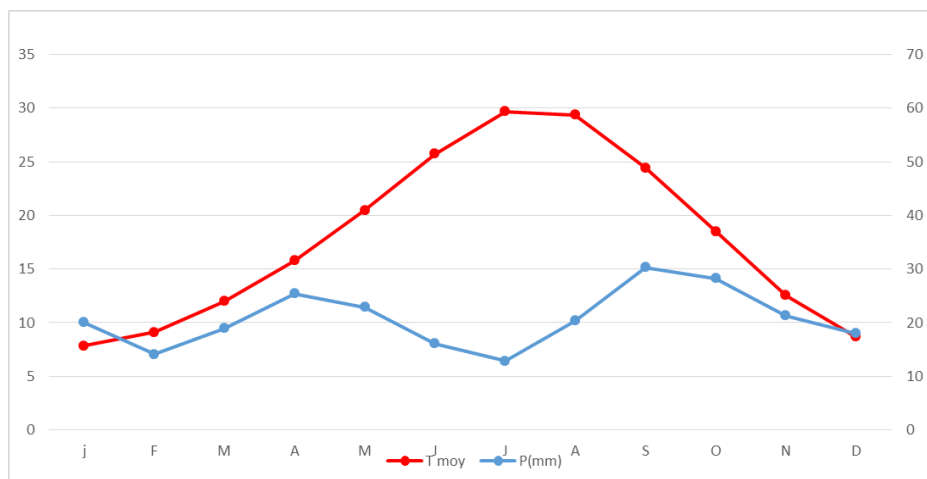


Figure N° 8 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région de Madna

III. Etude expérimentale :

III.1. Analyse physico-chimiques des sols :

Des échantillons de sol provenant des deux sites étudiés, Dauat Kheneg et Madna, ont été prélevés et acheminés au laboratoire afin de réaliser des analyses physico-chimiques approfondies. Les principaux paramètres évalués incluent le pH, la conductivité électrique, la salinité, les solides dissous totaux (TDS), ainsi que d'autres indicateurs pertinents.

III.2. Analyse des sols aux laboratoires :

III.2.1. Matériels utilisés :

Pour les besoins de notre étude, divers matériels ont été utilisés.

III.2.1.1. Sur terrain (in situ)

- Des sacs en papier pour ramener la végétation.
- Appareil photo pour la prise des photos.

III.2.1.2. Au laboratoire (in vitro)

- Balance pour la mesure de poids
- Un tamis mécanique pour effectuer l'analyse granulométrique du sol.
- pH-mètre pour mesurer l'acidité du sol.
- Un four à moufle pour brûler la matière organique.
- Agitateur magnétique , Bécher, Creusés, Cuillère, Erlenmeyer, Eprouvette, Passoire , Boite pétrie , Fiole , Entonnoir .
- évaporateur rotatif , Papier filtre .
- Conductimètre , Un flacon de bandelettes

III.2.2. Matériel biologique : sols, feuilles et Graines du *Pistacia Atlantican*

III.2.3. Produits chimiques utilisés : eau distillé, éthanol, Méthanol

III.2.2. Mesure du pH :

La détermination du pH est réalisée à l'aide d'un pH-mètre (voir Figure n° 9) par une méthode de mesure électrique. Le pH est évalué sur une suspension sol/liquide dans un rapport de 1/10. Le liquide utilisé est de l'eau déminéralisée, permettant ainsi la mesure du pH-eau.

Pour ce faire, 50 g de sol sont mélangés à 500 mL d'eau déminéralisée, respectant le rapport sol/eau de 1/10. La suspension est homogénéisée par agitation pendant 30 minutes à l'aide d'un agitateur magnétique. Par la suite, le pH de la solution est mesuré à l'aide du pH-mètre. En complément, la température des suspensions sol/eau est également déterminée à l'aide du même appareil.

Tableau N°6 : L'échelle d'interprétation d'acidité du sol en fonction de pH du sol (Baize, 1988).

pH	<3.5	3.5-4.2	4.2-5	5-6.5	6.5-7.5	7.5-8.7	>8.7
Classe	Hyper acide	Très acide	Acide	Faiblement acide	Neutre	Basique	Très Basique



Figure N° 9 : présentation de la mesure du pH du Sol (Orinal 2025)

III.2.3. Mesure de la conductivité électrique (CE) et Salinité du sol :

Dans le cadre de la mesure de la conductivité électrique et de la salinité, comme illustré dans la (Figure n°10), nous avons employé un conductimètre pour analyser une suspension de terre fine. Le rapport massique sol/liquide, constitué de sol et d'eau déminéralisée, a été fixé à 1/10.

Tableau N° 7 : L'Echelle d'interprétation de la salinité du sol en fonction de la conductivité électrique (Aubert 1978)

CE (us/cm)	0 – 0.6	0.6 – 1.2	1.2 – 2.4	2.4 - 6	> 6
Extrait 1/10	Non salé	Peu salée	Salé	Très salé	Extrêmement salé

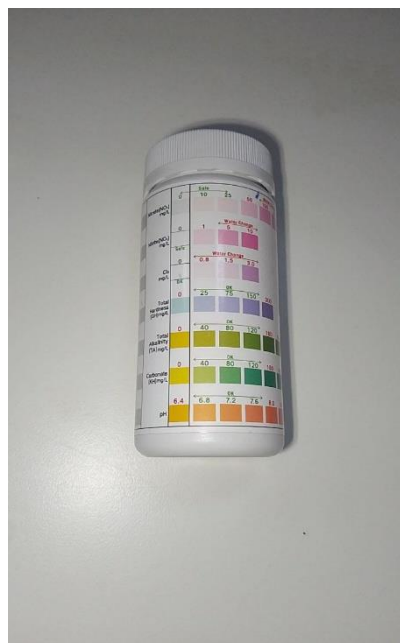


Figure N° 10 : Mesure de la conductivité électrique (CE) et salinité (Orinal 2025)

III.2.4. Mesure d'Humidité :

Nous avons déposé l'échantillon de sol sur une feuille de papier et l'avons exposé à la lumière solaire directe dans le laboratoire pendant une durée de 24 heures. Par la suite, nous avons procédé à la détermination de sa masse à l'aide d'une balance de précision et avons consigné les données obtenues (voir figure N° 11).



Figure N° 11 : Représenté la mesure d'Humidité au laboratoire (Cliché Original)

III.2.5. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique a été réalisée sur un échantillon de terre fine, composé d'éléments de diamètre inférieur à 2 mm, dans le but de quantifier la répartition des différentes fractions granulométriques constituant les agrégats. Cette étude a été menée par tamisage à sec, sans prétraitement chimique, en utilisant une série de tamis aux mailles de 6 mm, 2 mm, 500 μm , 250 μm , 200 μm et 20 μm , ainsi qu'un fond de récupération. Les fractions obtenues ont été classées selon l'échelle d'Atterberg, telle que définie par Legros (1993), avec les catégories suivantes en fonction des diamètres des particules : limons et argiles (< 50 μm), sables très fins (50-100 μm), sables fins (100-250 μm), sables moyens (250-500 μm), sables grossiers (500-1000 μm) et sables très grossiers (1000-2000 μm). En tenant compte des diamètres des ouvertures des tamis disponibles au sein des laboratoires du département Écologie, les classes de particules adoptées pour cette analyse sont détaillées dans le tableau n°8.

Tableau N°8 : Classes granulométriques utilisées pour notre travail.

Taille de la particule (micro mètre)	Type de fraction granulométrique
$\Phi < 50 \mu\text{m}$	Argile et Limons
$50 \mu\text{m} < \Phi < 500 \mu\text{m}$	Sables fins et moyens
$500 \mu\text{m} < \Phi < 2000 \mu\text{m}$	Sables grossiers

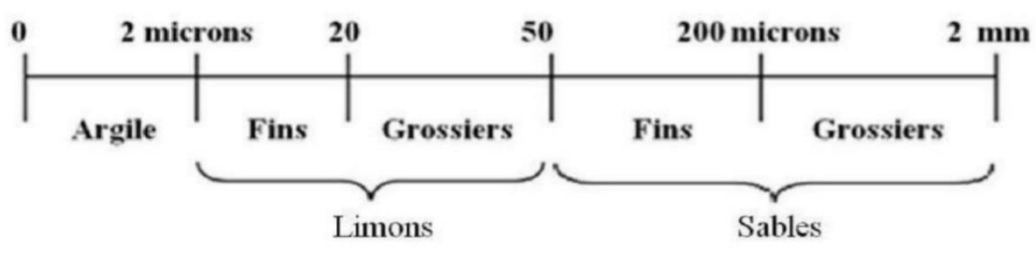


Figure N° 19 : Classification des textures pédologiques (Duchaufour, 1997)

III.2.5.1. Exécution du tamisage au laboratoire :

Le sédiment, d'une masse de 200 g de terre ou de substrat, est soumis à une analyse granulométrique par passage à travers une série de tamis (voir Figure n° 18), dont les ouvertures, ou mailles, décroissent de manière progressive de haut en bas. Cette série de tamis est placée sur une tamiseuse et soumise à des vibrations pendant une durée déterminée. Chaque tamis retient une fraction du sédiment, désignée sous le terme de "refus de tamis". Ce refus correspond à une classe granulométrique spécifique, délimitée par une borne inférieure, correspondant à la maille du tamis considéré, et une borne supérieure, correspondant à la maille du tamis immédiatement supérieur dans la série.

III.2.5.2. Calculs des proportions des particules granulométriques :

Dans le cadre de l'analyse granulométrique par tamisage, chaque tamis retient une fraction spécifique du matériau, appelée refus. Deux approches peuvent être adoptées pour quantifier ces fractions, bien qu'elles convergent vers des résultats identiques. La méthode privilégiée ici repose sur la pesée des refus accumulés sur une série de tamis.

III.2.5.3. Pourcentages des refus simples :

Chaque fraction retenue par un tamis est pesée individuellement, et son poids est consigné. Soient p_1 , p_2 , et p_3 les poids des refus respectivement sur le premier, le deuxième et le troisième tamis, et PT le poids total de l'échantillon de sol soumis au tamisage. Les pourcentages de refus, notés $\%r_1$, $\%r_2$, et $\%r_3$, sont calculés selon les formules suivantes :

$$\%r_1 = (p_1 \times 100)/PT ; \%r_2 = (p_2 \times 100)/PT ; \%r_3 = (p_3 \times 100)/PT.$$

Cette méthode permet une détermination précise de la répartition massique des particules en fonction de leur taille, exprimée en pourcentage du poids total de l'échantillon.



Figure N° 12 : Représentation du matériel utilisé pour l'analyse granulométrique (Orinal 2025)

III.2.6. Détermination de la teneur en matière organique et du carbone organique par calcination :

Cette méthode analytique est conçue pour quantifier la teneur en matière organique totale présente dans les amendements organiques et les supports de culture destinés à l'amélioration des sols, en tenant également compte de l'eau de constitution associée aux argiles. L'échantillon est préalablement réduit à une granulométrie de 2 mm par broyage, puis soumis à une calcination à une température de 550 °C. La perte de masse observée lors de cette combustion est attribuée à la dégradation thermique de la matière organique. Le traitement thermique est réalisé dans un four à moufle à 550 °C pendant une durée de 5 heures (voir Figure N° 13). Le taux de matière organique (M.O.) est ensuite calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$MO\% = \frac{\text{poids sol sec (g)} - \text{poids sol incinéré}}{\text{poids sol sec}} * 100$$



Figure N° 13 : Matériel utilisé pour les mesures de matières organique (Orinal 2025).

Tableau N°9 : L'échelle de classification des sols selon la teneur en matière organique (Schafee, 1975 in Raula, 2005)

MO%	< 0.5%	0.5 à 1.5	1.5 à 2.5	2.5 à 6	6 à 15
Nature du sol	Très pauvre en MO%	Pauvre en MO%	Moyennement pauvre en MO%	Riche en MO%	Très riche en MO%

III.2.6.1. Carbone organique (% C) :

Dans les sols, le carbone est présent sous deux formes principales : minérale, notamment sous forme de carbonates, et organique, incluant les débris végétaux et les colloïdes humiques. La détermination du taux de carbone organique constitue une approche analytique clé pour estimer une fraction significative de la matière organique totale du sol. Selon Pétard (1993), le pourcentage de carbone organique (CO) est calculé à l'aide de la formule spécifique décrite dans ses travaux, permettant une évaluation précise de cette composante essentielle à la fertilité et à la structure des sols.

$$CO\% = \frac{MO\%}{1.72} * 100$$

Tel que :

MO : la matière organique en %.

CO : carbone organique en %.

III.2.7. Mesure des paramètres NO₃ , NO₂ , Cl₂ , alcalinité, conductivité et dureté du sol

Les paramètres NO₃ , NO₂ , Cl₂ , alcalinité, conductivité (C) et dureté du sol ont été évalués à l'aide de bandelettes de test spécifiques pour l'analyse de l'eau. Préalablement, une solution diluée à 1/10 a été préparée en laboratoire, et les mesures des différents paramètres ont été réalisées par la suite (voir Figure 14).

IV. Morphométrie des graines de pistachier de l'Atlas :

Dans le cadre des expérimentations menées sur le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*), les semences ont été obtenues à partir de fruits récoltés sur des arbres adultes situés dans les régions de Madna et de Kheneg (voir figures correspondantes). Par ailleurs, pour l'extraction des polyphénols, des feuilles ont été prélevées directement sur les branches des mêmes arbres.

IV.1. Méthodologie de collecte et d'analyse :

La méthodologie adoptée pour l'analyse morphométrique des graines s'est déroulée en plusieurs étapes rigoureuses. Tout d'abord, un échantillon de 100 grammes de graines a été pesé afin de déterminer le nombre de graines contenu dans cette masse. Ensuite, un tri des graines a été effectué en fonction de leur couleur, suivi d'un comptage précis pour chaque catégorie chromatique. Enfin, un sous-échantillon de 30 graines par couleur a été sélectionné pour des

mesures détaillées, incluant la longueur, la largeur et le poids de chaque graine, dans le but de caractériser leurs variations morphologiques.

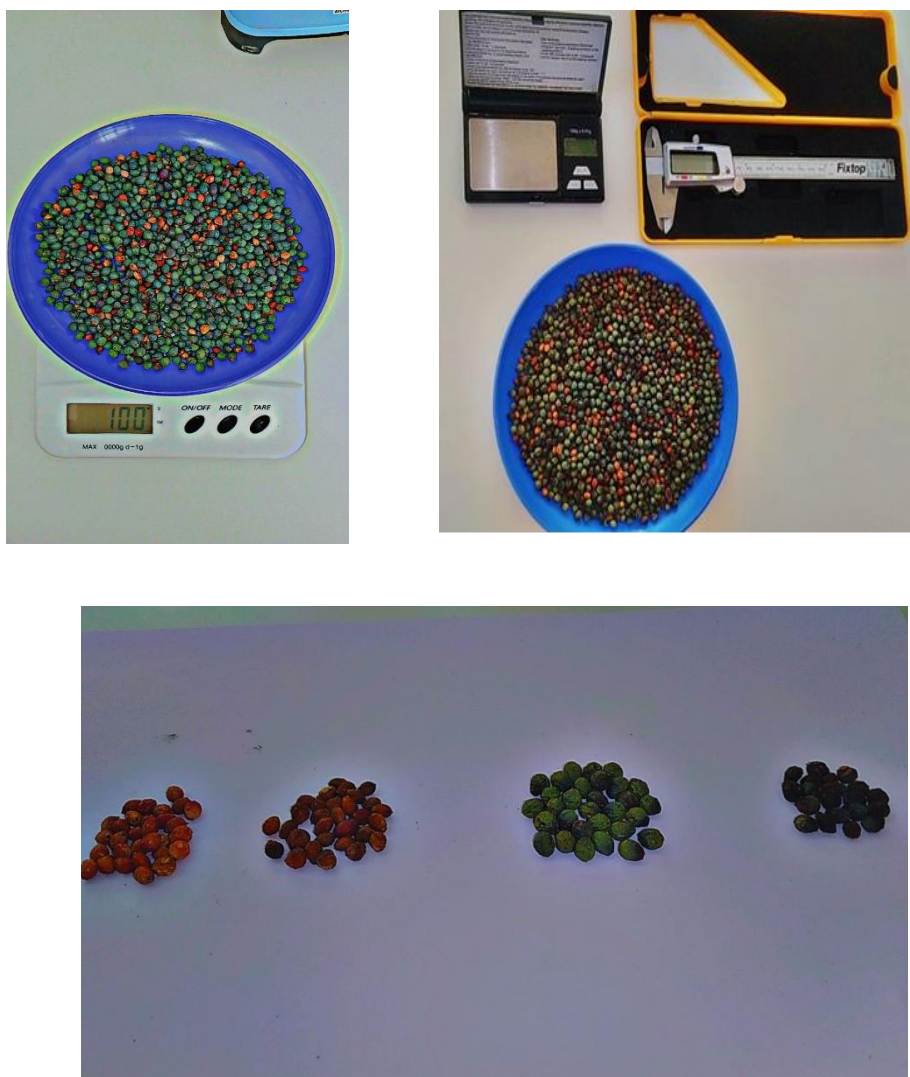


Figure N° 14 : les trois figures représentées les mesures la longueur et largeur et poids des grains au laboratoire. **(Orinal 2025)**

V. Morphométrie des feuilles de pistachier de l'Atlas :

Dans le cadre d'une étude morphométrique des feuilles du pistachier de l'Atlas, nous avons collecté un échantillon de branches. Pour chaque branche, nous avons procédé au dénombrement des bourgeons présents. Par la suite, le nombre de feuilles associées à chaque bourgeon a été recensé avec précision. Enfin, un sous-échantillon de 30 feuilles a été prélevé sur chaque branche, et leurs dimensions, à savoir la longueur et la largeur, ont été mesurées à l'aide d'une règle graduée.

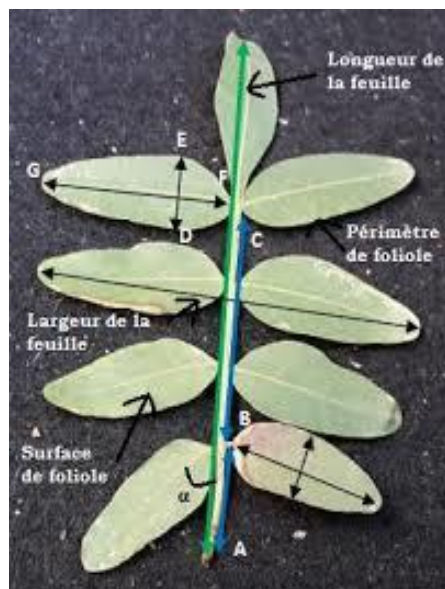


Figure N° 15 : les trois figures représentées les mesures la longueur et largeur des feuilles au laboratoire. (Orinal 2025).

VI. Extraction polyphénol :

VI.1. Préparation de l'extrait aqueux de feuilles de pistachier de l'Atlas :

Les feuilles de pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) ont été récoltées dans les régions de Madna et Kheneg en décembre 2024. Après collecte, les feuilles ont été soumises à un séchage pendant une période de 90 jours afin d'éliminer l'humidité résiduelle. Par la suite, elles ont été fragmentées en petits morceaux, puis réduites en poudre fine par broyage.

La préparation des extraits a été réalisée en laboratoire selon un protocole standardisé. À cet effet, 5 g de poudre de feuilles ont été pesés avec précision à l'aide d'une balance électronique. La poudre a ensuite été transférée dans un flacon, auquel 50 mL d'éthanol ont été ajoutés comme solvant d'extraction. La suspension obtenue a été soumise à une agitation continue pendant 24 heures à l'aide d'un agitateur mécanique, afin de favoriser l'extraction des composés polyphénoliques.



Figure N° 16 : la préparation de solution (Extraits aqueux de Pistachier d'Atlas) (Orinal 2025)

Après l'agitation nous avons procédé à sa filtration, pour cela nous avons utilisé du papier filtre, nous avons laissé l'opération pendant quelques minutes jusqu'au passage totale du surnageant dans un bécher. Après cette filtration nous avons obtenu une solution limpide (liquide de composition homogène et sans particules).



Figure N° 17 : Filtration des extraits aqueux de Pistachier d'Atlas. (Orinal 2025)

Après filtration par un papier filtre, nous pesons un ballon fond rond vide puis on y ajoute la solution aqueuse dans ballon fond rond. L'extrait aqueux de les deux stations (khneg

et medna) a été évaporé par rota vapeur et après cette méthode nous pesons le ballon fond rond avec le polyphénol brut pour connaître la quantité du méthanol nous ajouterons plus tard. dans la premier station (kheneg) L'extrait phénolique brut est repris dans 11.8 ml de méthanol et repris dans 9.65 ml de méthanol dans le deuxième station (medna) et conservé des tubes en verre, jusqu'à utilisation.(figure N° 18)



Figure N° 18 : préparation du polyphénol (Orinal 2025).

CHAPITRE III :
RESULTATS ET
DUSCUSSION

I. Résultats de l'analyse granulométrique :

I.1. Analyse Granulométrique du Sol du Site de Madna :

L'analyse granulométrique est une méthode fondamentale pour déterminer la distribution des particules du sol selon leur taille. Cette analyse permet de classer le sol et de prédire son comportement physique et mécanique. Le document attaché présente les résultats d'une étude granulométrique réalisée sur un échantillon de sol provenant du site de Madna.



Figure N° 19 : Composition granulométrique du sol du site de Madna

I.2. Analyse des Résultats :

I.2.1. Composition Générale du Sol :

I.2.1.1. Madna :

L'analyse granulométrique du sol du site de Madna révèle deux fractions principales :

- **Sables** : 38,07% de l'échantillon total
- **Limons et argiles** : 61,93% de l'échantillon total

Cette répartition montre une prédominance significative de la fraction fine (limons et argiles) par rapport à la fraction sableuse

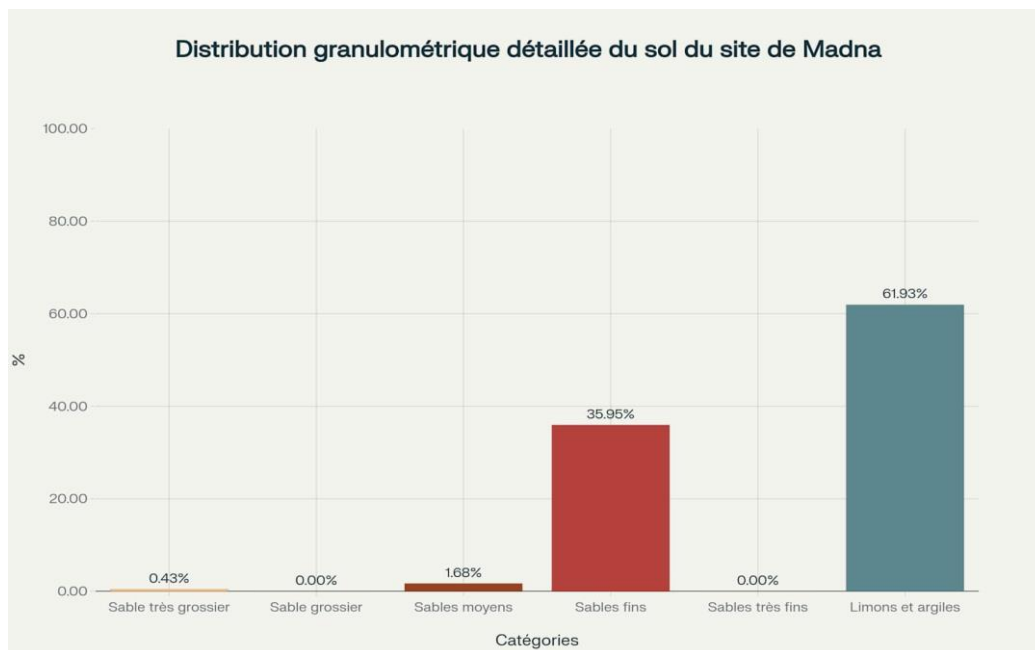


Figure N° 20 : Distribution granulométrique détaillée du sol du site de Madna

I.2.2. Distribution Détaillée des Particules :

La distribution détaillée des différentes classes granulométriques se présente comme suit :

Tableau N° 10 :

Classe granulométrique	Diamètre	Pourcentage (%)
Sable très grossier	1000-2000 μm	0,435
Sable grossier	500-1000 μm	0
Sables moyens	250-500 μm	1,675
Sables fins	100-250 μm	35,955
Sables très fins	<100 μm	0
Limons et argiles	<20 μm	61,934
Total		100

On observe que parmi les sables, la fraction dominante est celle des sables fins (100-250 μm) qui représente 35,955% de l'échantillon total. Les autres fractions sableuses sont soit absentes (sable grossier et sables très fins), soit présentes en très faible quantité (sable très grossier à 0,435% et sables moyens à 1,675%).

I.2.3 Classification du Sol :

Selon le triangle textural français (GEPPA - Groupe d'Étude des Problèmes de Pédologie Appliquée), un sol contenant environ 62% de limons et argiles et 38% de sables peut être classifié comme un sol limono-argileux à argilo-limoneux. Cette classification correspond à la catégorie "LAS" (Limon Argilo-Sableux) ou "La" (Limon argileux) dans le système français

I.2.4. Propriétés Attendues du Sol :

Un sol limono-argileux présente généralement les caractéristiques suivantes :

1. **Rétention d'eau** : Bonne capacité de rétention d'eau grâce à la proportion importante de particules fines
2. **Drainage** : Drainage modéré à faible en raison de la prédominance des particules fines
3. **Aération** : Aération moyenne, meilleure que celle d'un sol purement argileux grâce à la présence de sables
4. **Fertilité** : Généralement bonne fertilité naturelle avec une capacité d'échange cationique modérée à élevée
5. **Travail du sol** : Sol qui peut devenir lourd et collant lorsqu'il est humide, mais qui reste plus facile à travailler qu'un sol purement argileux

I.3. Analyse Comparative des Paramètres Physico-chimiques entre les Stations El-Khneg et Madna :

L'analyse des paramètres physico-chimiques constitue une approche fondamentale pour l'évaluation de la qualité des milieux aquatiques et la compréhension des processus écologiques qui s'y déroulent. Les données présentées offrent une caractérisation détaillée de deux stations distinctes, El-Khneg et Madna, permettant ainsi d'établir une comparaison rigoureuse de leurs propriétés hydrologiques.

I.3.1. Paramètres de Base :

Les mesures thermiques révèlent une température quasi-identique entre les deux stations, avec 24,5°C à El-Khneg et 24,7°C à Madna, suggérant des conditions thermiques relativement homogènes dans la zone d'étude. Le potentiel hydrogène présente également une remarquable similitude avec des valeurs de 8,68 et 8,70 respectivement, indiquant un milieu légèrement alcalin dans les deux cas.

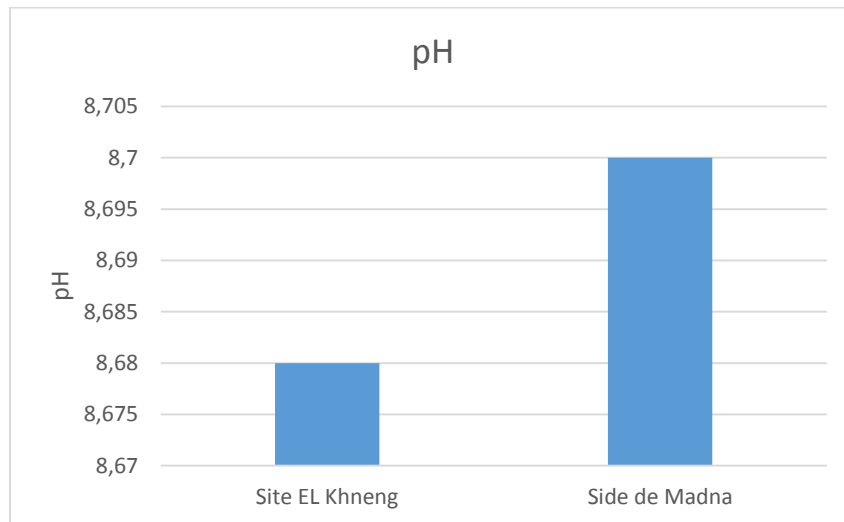


Figure N° 21 : Représentation graphique des valeurs de pH dans les deux sites

I.3.2. Composés Azotés et Chlorés :

Une différence significative est observée concernant la concentration en nitrates (NO_3^-), avec une valeur de 10 unités à El-Khneg contre une absence totale à Madna. Cette disparité pourrait être attribuée à des variations dans les apports organiques ou à des différences dans les processus de nitrification-dénitrification entre les deux sites. En revanche, les concentrations en nitrites (NO_2^-) et en chlore libre (Cl_2) sont indétectables dans les deux stations, suggérant l'absence de contamination récente ou de traitement chloré.

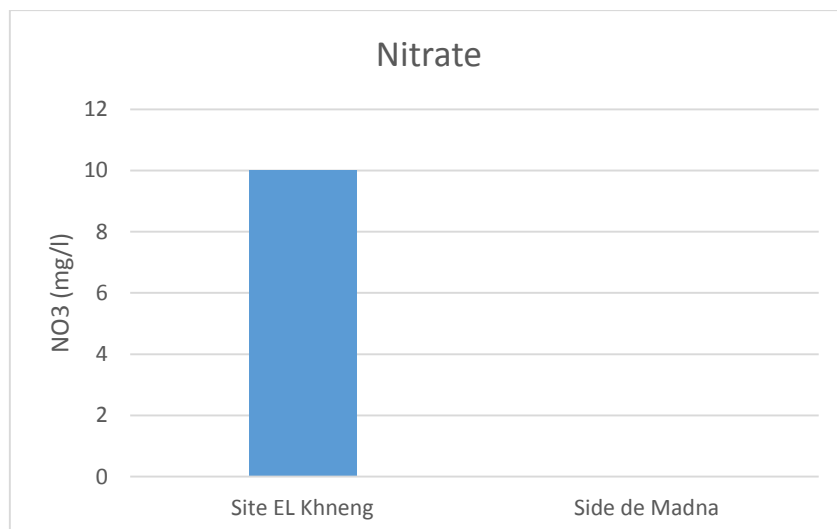
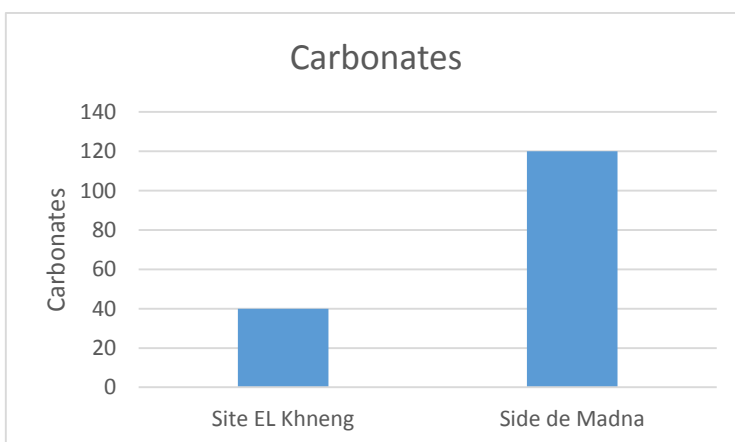
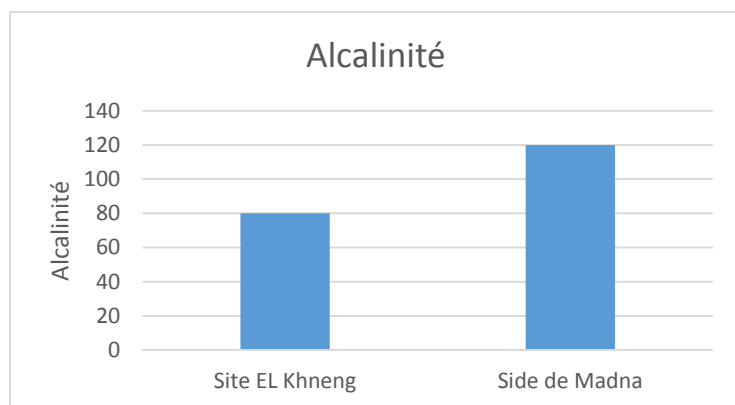
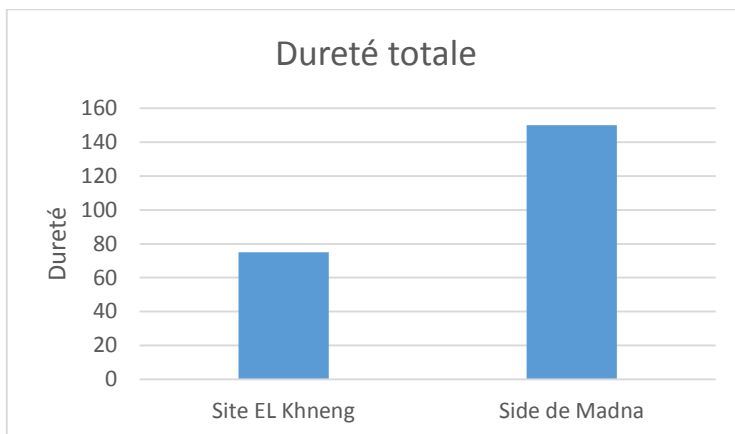


Figure N° 22 : Représentation graphique Composés Azotés et Chlorés dans les deux sites

I.3.3. Minéralisation et Conductivité :

La dureté totale (Hardness) présente un contraste marqué avec 75 unités à El-Khneg contre 150 unités à Madna, indiquant une concentration en ions calcium et magnésium deux fois plus élevée dans la seconde station. Cette tendance se confirme avec les carbonates, qui affichent des valeurs de 40 et 120 respectivement, ainsi qu'avec l'alcalinité, mesurée à 80 à El-Khneg et 120 à Madna. Ces données suggèrent une minéralisation plus importante à Madna, hypothèse corroborée par les mesures de conductivité électrique (110 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à El-Khneg contre 213 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à Madna)



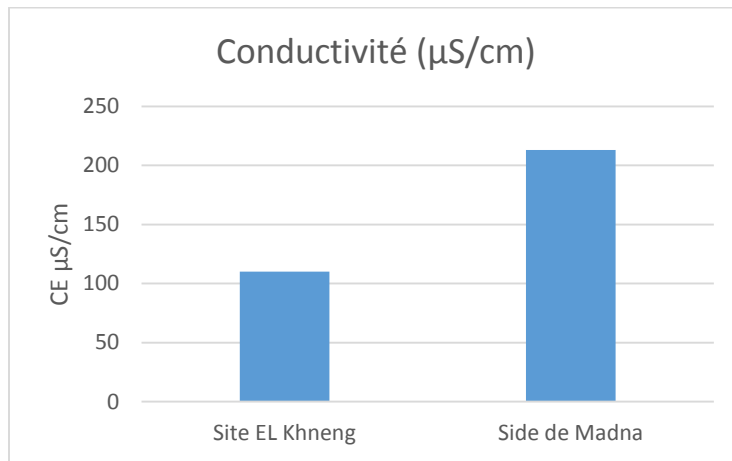


Figure N° 23 : Représentation graphique de Minéralisation et Conductivité dans les deux sites

I.3.4. Matière Organique :

La teneur en carbone organique présente également une variation notable entre les deux sites, avec 1,87 g/kg à El-Khneg et 2,88 g/kg à Madna. Cette différence de 54% pourrait refléter des variations dans les apports allochtones, la productivité primaire ou les processus de décomposition entre les deux stations.

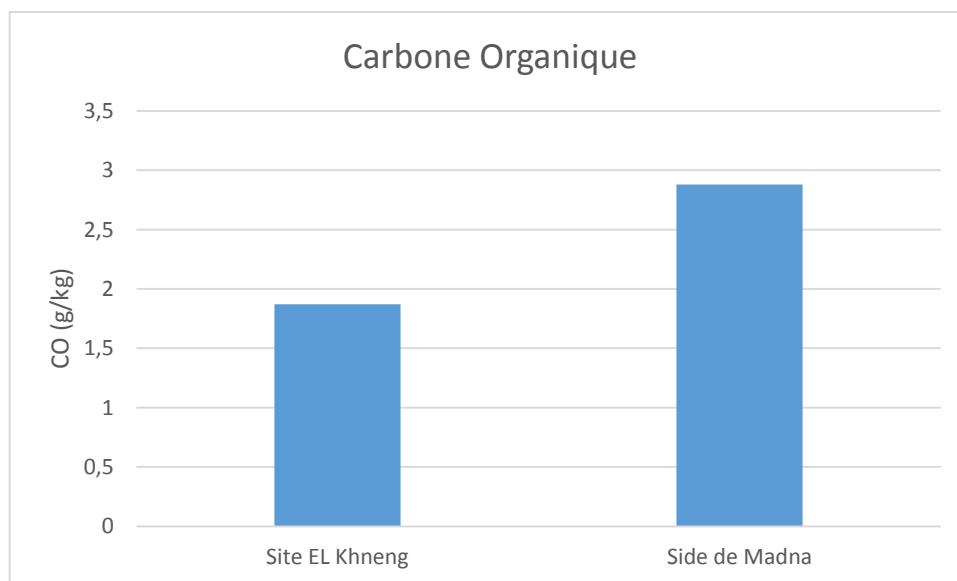


Figure N° 24 : Représentation graphique de Matière Organique dans les deux sites

Tableau N° 11 : l'analyse physico-chimique.

Paramètres	Zone EL-khneng	Zone de Madna
T °C	24,5	24.7
pH	8,68	8.70
NO₃	10	0
NO₂	0	0
Cl₂	0	0
Dureté	75	150
Carbonate	40	120
Alcalinité	80	120
Salinité	0	0
Conductivité (ms/cm)	110	213
Coranique (g/kg)	1,87	2,88

II. Analyse Comparative de la Distribution des Graines entre Deux Stations d'Étude :

II.1. Distribution Granulométrique et Caractérisation Morphologique :

L'analyse quantitative des échantillons prélevés dans les deux stations d'étude révèle des variations significatives dans la composition granulométrique des populations de graines étudiées.

Tableau N° 12 :

	Station d'el-Kheneg	station de madna
Couleur	N°	N°
vert	1182	1091
orange	145	68
noir	27	144
marron	177	42
Sans croute	0	44
Total	1531	1389
Poids	100g	100g

a- Station d'El-Khneg :

Les données morphométriques obtenues pour la station d'El-Khneg démontrent une distribution hétérogène des phénotypes observés. L'échantillon standardisé de 100 grammes présente une densité numérique totale de 1 531 graines, caractérisée par une prédominance marquée du morphotype vert (n = 1 182, soit 77,2% de la population totale). Les morphotypes secondaires incluent les graines marron (n = 177, 11,6%) et noires (n = 27, 1,8%), suggérant une stratification phénotypique claire au sein de cette population.

a- Station de Madna

La station de Madna présente une densité numérique légèrement inférieure avec 1 389 graines pour une masse équivalente de 100 grammes, indiquant une variation dans la masse unitaire moyenne des graines entre les deux sites. La distribution phénotypique révèle également une dominance du morphotype vert (n = 1 091, soit 78,5%), accompagnée d'une diversité morphologique accrue incluant les variants orange (n = 68, 4,9%), marron (n = 144, 10,4%), beige (n = 44, 3,2%) et des graines dépourvues de tégument externe (sans croûte).

II.2. Analyse Comparative Inter-Stations :

➤ **Similitudes Structurelles :**

Les deux populations présentent une architecture phénotypique convergente, caractérisée par la dominance statistiquement significative du morphotype vert, représentant respectivement 77,2% et 78,5% des effectifs totaux dans les stations d'El-Khneg et de Madna.

➤ **Divergences Phénotypiques :**

L'analyse comparative révèle des différenciations morphologiques remarquables entre les deux sites d'échantillonnage. La station d'El-Khneg se distingue par la présence exclusive de graines noires, absentes dans l'échantillon de Madna, ainsi que par une fréquence relative supérieure du morphotype orange. Inversement, la station de Madna présente une diversité phénotypique élargie avec l'occurrence de graines beiges et de graines sans tégument externe, morphotypes non observés dans la première station.

II.3. Implications Écologiques et Génétiques :

Ces variations inter-populations suggèrent l'existence de pressions sélectives différentielles ou de processus de dérive génétique spécifiques à chaque environnement. La diversité morphologique observée pourrait refléter des adaptations locales aux conditions édaphiques et climatiques particulières de chaque station d'étude

III. Calcul la longueur et largeur et le poids des graines :

A- El-khneg :

Dans le cadre de notre travail expérimentale, nous avons procédé à la collecte de 30 graines de l'arbre de Pistachier d'Atlas dans la première station d'étude (el-khneg) appartenant à une même espèce. Après leur récolte, nous avons entrepris une série de mesures visant à déterminer trois paramètres principaux pour chaque graine : le poids, la longueur et la largeur. Toutes ces mesures ont été réalisées avec précision en laboratoire. Une fois les données obtenues, nous les avons organisées dans un tableau, ce qui nous a permis d'avoir une vue d'ensemble claire et structurée des résultats.

Afin d'analyser ces données de manière plus lisible, nous avons ensuite calculé les moyennes pour chacun des trois paramètres (poids, longueur, largeur), en classant les graines selon leur couleur : vert, orange, noire et marron. Ces moyennes ont été utilisées pour générer un graphique en barres, facilitant ainsi la comparaison entre les différentes catégories.

Concernant les graines de couleur verte, la moyenne du poids mesuré est de 0.86 g, avec une longueur moyenne de 6.37 mm et une largeur moyenne de 5.25 mm. Pour les graines de couleur orange, le poids moyen est de 0.04 g, la longueur moyenne est de 5.75 mm, et la largeur moyenne est de 4.40 mm. En ce qui concerne les graines de couleur noire, elles présentent un poids moyen de 0.06 g, une longueur moyenne de 5.89 mm et une largeur moyenne de 4.53 mm. Enfin, les graines de couleur marron possèdent un poids moyen de 0.04g, une longueur moyenne de 5.68 mm, et une largeur moyenne de 4 mm.

La Graphe N ° 27 Montrent que le poids, longueur et largeur des graines d'arbre de Pistachier d'Atlas dans la station d'el-khneg on observe la couleur verte a le poids, longueur et largeur les plus importants par rapport aux autres couleurs, et le poids, longueur et largeur les plus faibles.

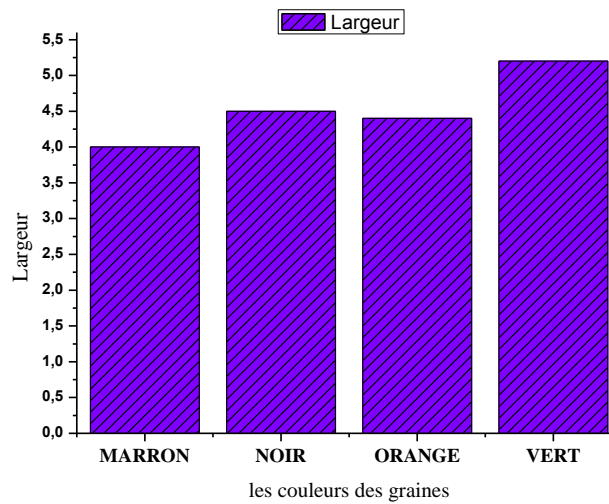
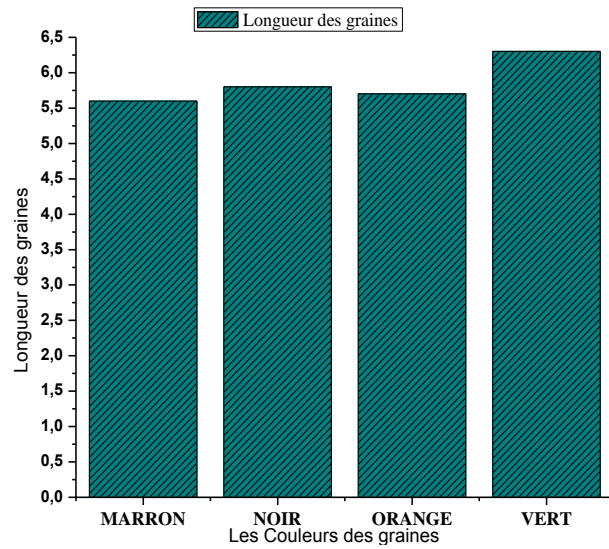
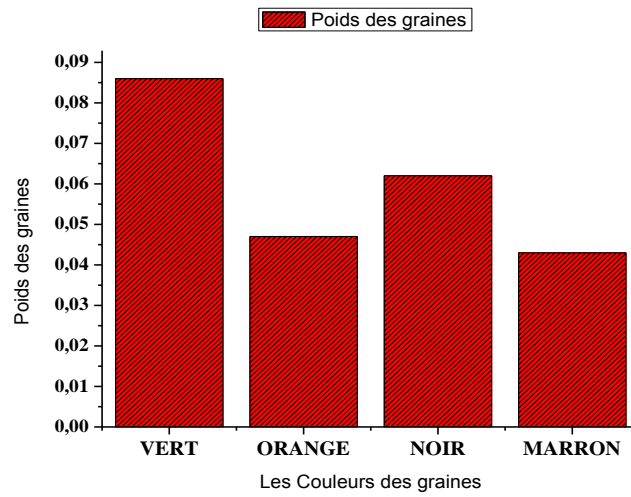


Figure N° 27 : les trois graphes représentent le poids, longueur et largeur des graines de l'arbre de Pistachier d'Atlas dans la station d'el-khneg.

B- Madna :

Dans le cadre de notre travail expérimentale, nous avons procédé à la collecte de 30 graines de l'arbre de Pistachier d'Atlas dans la première station d'étude (Madna) appartenant à une même espèce. Après leur récolte, nous avons entrepris une série de mesures visant à déterminer trois paramètres principaux pour chaque graine : le poids, la longueur et la largeur. Toutes ces mesures ont été réalisées avec précision en laboratoire. Une fois les données obtenues, nous les avons organisées dans un tableau, ce qui nous a permis d'avoir une vue d'ensemble claire et structurée des résultats.

Afin d'analyser ces données de manière plus lisible, nous avons ensuite calculé les moyennes pour chacun des trois paramètres (poids, longueur, largeur), en classant les graines selon leur couleur : vert, orange, beige et marron. Ces moyennes ont été utilisées pour générer un graphique en barres, facilitant ainsi la comparaison entre les différentes catégories.

Concernant les graines de couleur verte, la moyenne du poids mesuré est de 1.10 g, avec une longueur moyenne de 6.7 mm et une largeur moyenne de 5.6 mm. Pour les graines de couleur orange, le poids moyen est de 0.05 g, la longueur moyenne est de 6.2 mm, et la largeur moyenne est de 5 mm. En ce qui concerne les graines de couleur marron, elles présentent un poids moyen de 0.06 g, une longueur moyenne de 6.6 mm et une largeur moyenne de 5.2 mm. Enfin, les graines de couleur beige possèdent un poids moyen de 0.04 g, une longueur moyenne de 6.56 mm, et une largeur moyenne de 5.16 mm, Pour les graines sans croute, le poids moyen est de 0.08 g, la longueur moyenne est de 6.5 mm, et la largeur moyenne est de 5.2 mm

Le graphe N° montre que le poids, la longueur et la largeur des graines d'arbre de Pistachier d'Atlas dans la station de Madna. On observe que la couleur verte a le poids, la longueur et la largeur les plus importants par rapport aux autres couleurs, on remarque que la couleur beige est la plus légère par rapport aux autres, tandis qu'en termes de longueur et largeur, c'est la couleur orange qui est la plus courte et la moins large.

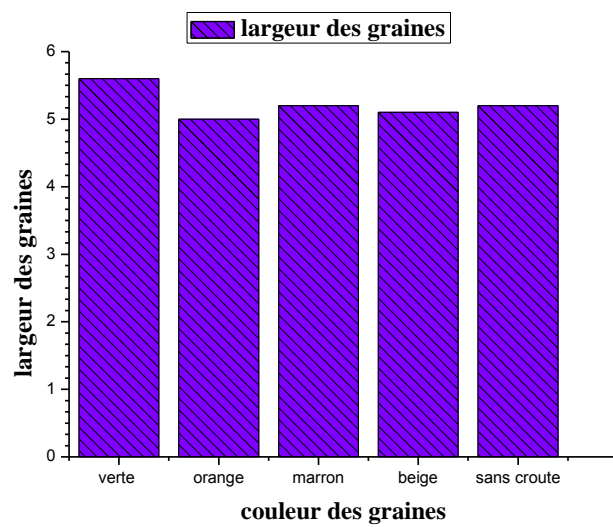
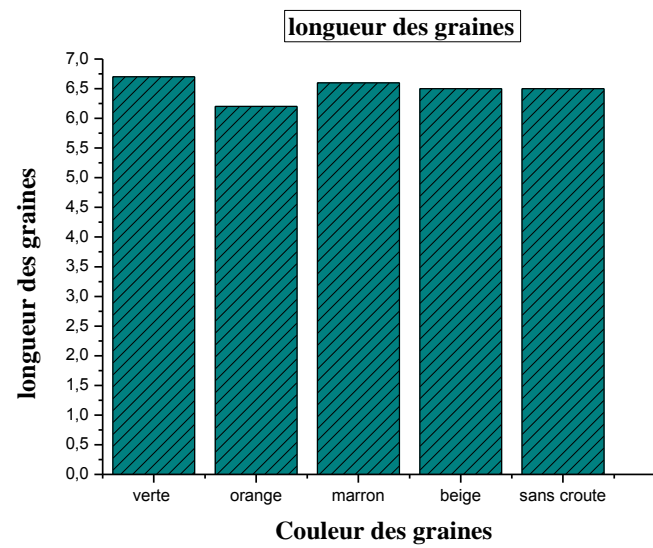
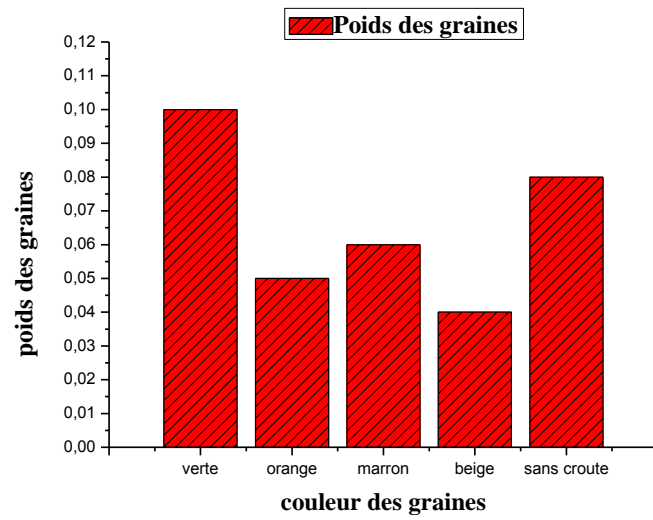


Figure N° 28 : les trois graphes représentent le poids, longueur et largeur des graines de l'arbre de Pistachier d'Atlas dans la station de Madna.

IV. Calcul la longueur et largeur des feuilles :

En se basant sur ce qui est présenté dans les deux courbes, l'axe horizontal représente la succession des bourgeons, chaque bourgeon étant identifié par un numéro spécifique (bourgeon n°1, bourgeon n°2, etc.). L'axe vertical, quant à lui, indique le nombre de feuilles présentes sur chaque bourgeon.

Dans la région d'el Kheneg, on remarque que le bourgeon n°1 contient le plus grand nombre de feuilles, soit 45 feuilles. Ensuite, le nombre de feuilles chute nettement, avec le bourgeon n°2 qui ne porte que 5 feuilles. Par la suite, une augmentation progressive est observée pour certains bourgeons, comme le bourgeon n°5 et le bourgeon n°6, qui comptent chacun 10 feuilles. Les bourgeons n°8 à n°11 présentent des nombres similaires, variant entre 8 et 9 feuilles chacun, avant une légère diminution dans les derniers bourgeons. Le nombre total de feuilles dans cette région est de 135, réparties de manière non homogène entre les bourgeons.

Dans la région de Madna, la répartition suit un schéma relativement similaire. Le bourgeon n°1 contient 50 feuilles, soit le nombre le plus élevé enregistré. Il est suivi par le bourgeon n°2 avec 7 feuilles. Ensuite, on observe une nouvelle augmentation progressive à travers les bourgeons suivants. Les bourgeons n°5 à n°11 comptent entre 6 et 13 feuilles chacun. Puis, le nombre diminue légèrement dans les bourgeons suivants. Notamment, le bourgeon n°16 ne possède que 4 feuilles. Le nombre total de feuilles dans cette région est estimé à 180.

Cette représentation graphique met en évidence des différences quantitatives claires dans la distribution des feuilles sur les bourgeons entre les deux régions, avec une nette prédominance du bourgeon n°1 dans les deux cas.

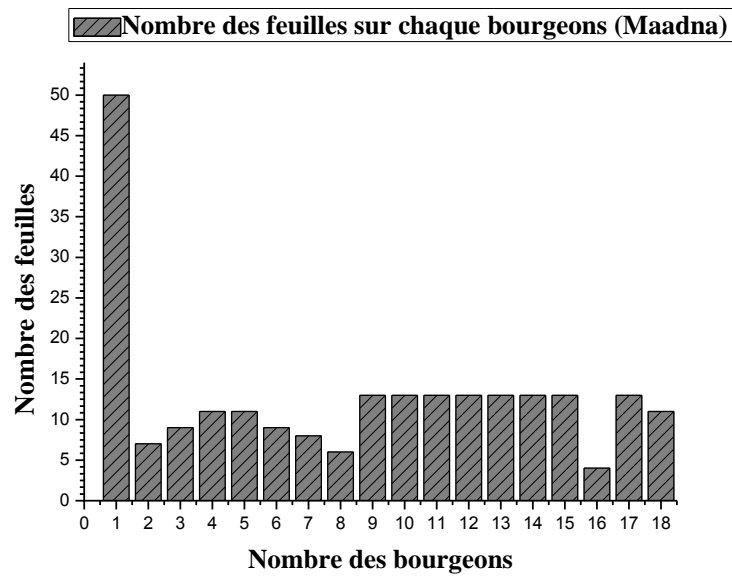
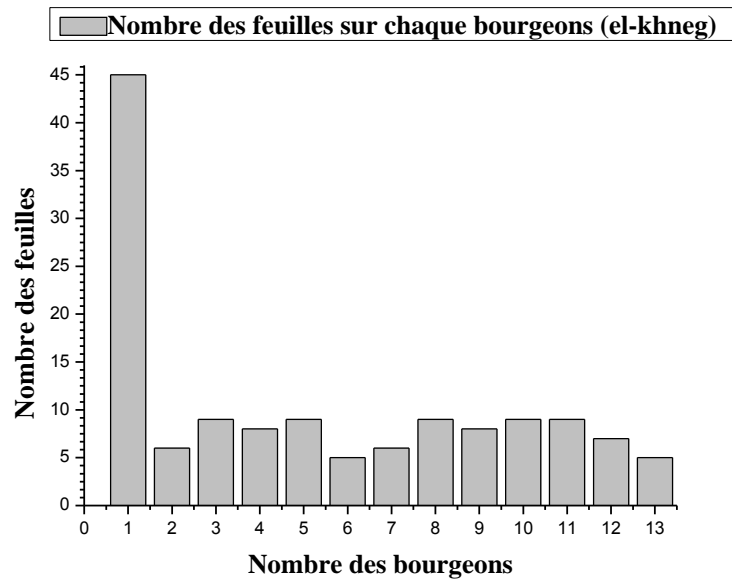


Figure N° 28 : les graphes représentent les nombres des feuilles sur chaque bourgeon de l'arbre de Pistachier d'Atlas.

A- El-Khneg :

Dans le cadre de cette étude, 30 feuilles de Pistachier d'Atlas ont été prélevées dans la région d'el-khneg, chaque feuille a été numérotée de 1 à 30 afin de faciliter leur identification. Pour chacune d'elles, deux paramètres morphométriques ont été mesurés : la longueur (en cm) et la largeur (en cm). Les longueurs varient entre 3 cm et 4.5 cm, tandis que les largeurs oscillent entre 0.8 cm et 4.1 cm. Ces données mettent en évidence une certaine variabilité morphologique entre les feuilles, ce qui pourrait être lié à des facteurs environnementaux ou génétiques. Par exemple, les feuilles numéro 3 et 24 présentent les longueurs maximales (4 et 4.5 cm respectivement). Tandis que la feuille numéro 9 affiche la largeur la plus faible (0.8 cm). Une analyse plus approfondie pourrait permettre de relier ces variations aux conditions écologiques locales de la zone d'étude.

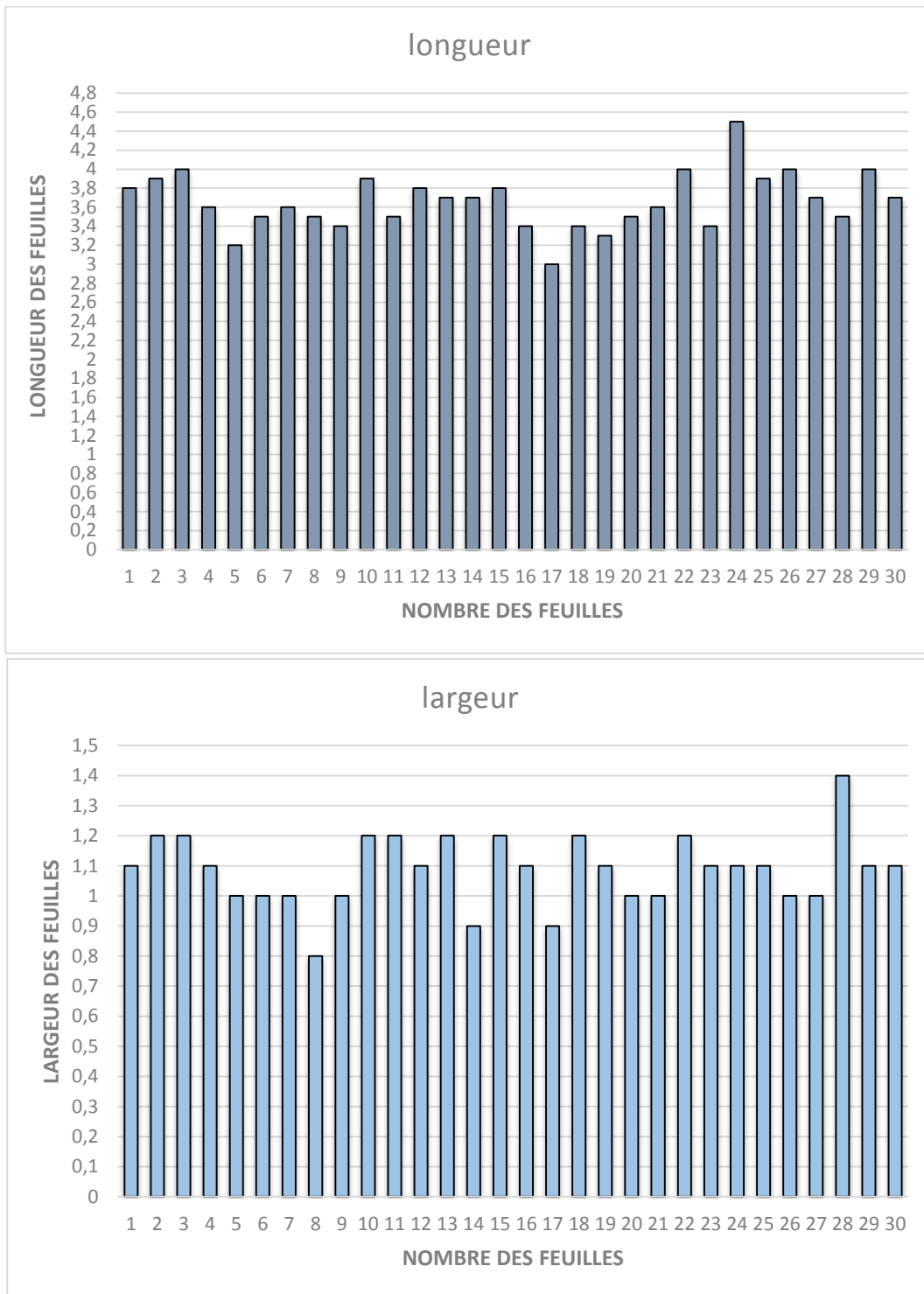


Figure N° 28 : les graphes représentent largeur et longueur des feuilles dans la station (el-khneg)

B- Madna :

Un totale de 30 feuilles de Pistachier d'Atlas a été prélevé dans la région de Madna. Chaque feuille a été identifiée par un numéro unique allant de 1 à 30. Deux paramètres ont été mesurés pour chaque échantillon : la longueur et la largeur, exprimées en centimètre. La longueur varie entre 3.5 et 4.6 cm, tandis que les largeurs s'étendent de 0.9 cm et 1.3 cm. Ces données ont été saisies dans un graphe correspondant respectivement au numéro de la feuille, à sa longueur et à sa largeur. Ce relevé constitue une base utile pour l'analyse quantitative de la morphologie foliaire de cette espèce dans les conditions locales spécifiques de la zone d'étude.

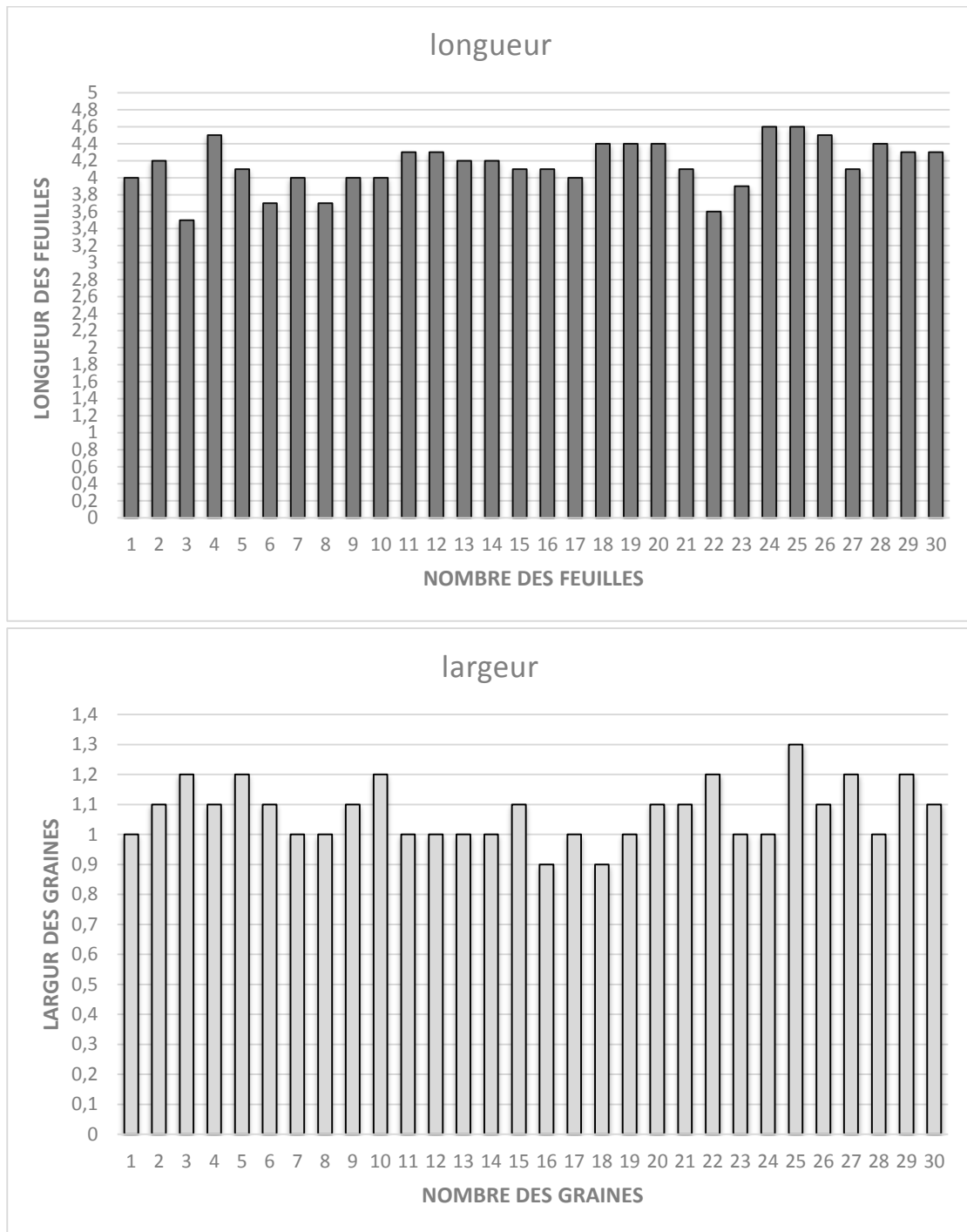


Figure N° 29 : les graphes représentent largeur et longueur des feuilles dans la station (Madna)

V. Calcule la masse du polyphénol dans les feuilles du pistachier d'atlas :

Le graphique présenté montre les valeurs mesurées de la teneur totale en polyphénols (exprimée en g/l) extraits des feuilles de *Pistacia atlantica* dans deux stations : Madna et El-Khneg. Le graphique indique que la teneur en polyphénols à la station de Madna est de 1,93 g/l, tandis qu'à la station d'El-Khneg, elle est plus élevée avec une valeur de 2,36 g/l. Les résultats sont représentés sous forme de barres verticales de couleur bleue, avec les valeurs inscrites à l'intérieur des barres. L'axe horizontal indique les stations étudiées et l'axe vertical correspond à la concentration en polyphénols.

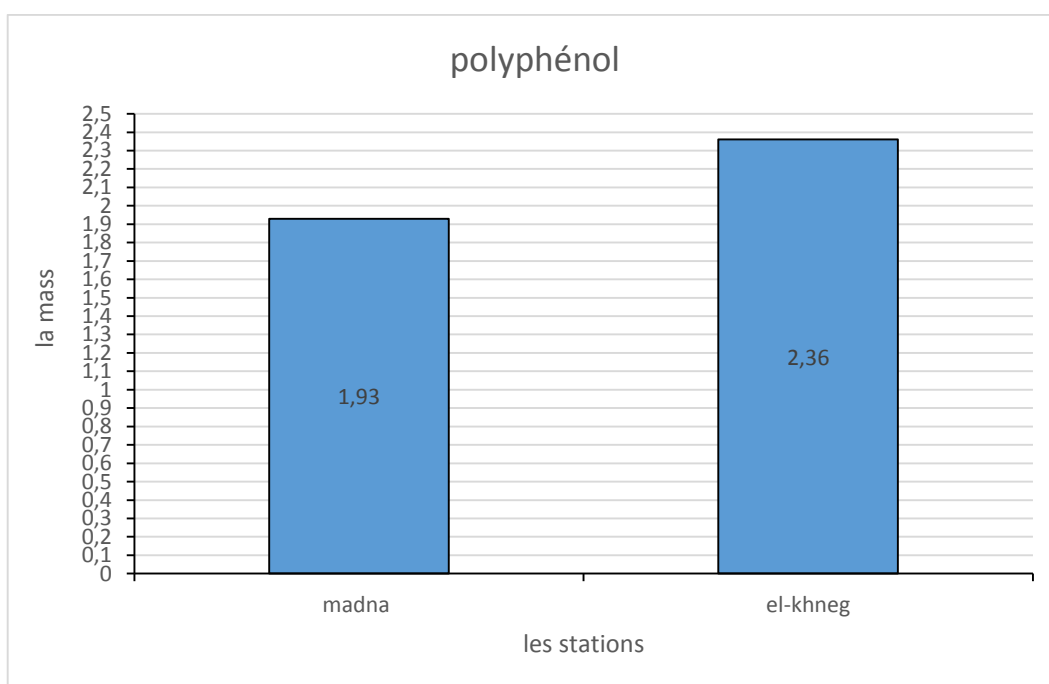


Figure N° 32 : le graphe représente la masse du polyphénol dans les feuilles du pistachier d'atlas dans les deux stations.

DISCUSSION GENEVALE :

Adaptation Édaphique et Tolérance aux Conditions Alcalines

Les analyses physico-chimiques des sols des stations d'El-Khneg et Madna montrent des valeurs de pH de 8,68 et 8,70 respectivement, indiquant une forte alcalinité dépassant la neutralité (pH 7,0). Cette alcalinité, typique des sols calcaires des zones semi-arides méditerranéennes, résulte de faibles précipitations et d'une évapotranspiration élevée. Un tel pH réduit la disponibilité de nutriments essentiels comme le fer (Fe), le zinc (Zn), le manganèse (Mn) et le phosphore (P), pouvant entraîner des carences nutritionnelles malgré une richesse minérale potentielle (Mengel & Kirkby, 2001). Le *Pistacia atlantica* démontre une tolérance remarquable à ces conditions, grâce à des mécanismes physiologiques évolutifs qui lui confèrent un avantage adaptatif dans ces écosystèmes (Ouahmane et al., 2006; Ennabili & Ater, 2005).

Variabilité Spatiale de la Minéralisation et Conductivité Électrique

La conductivité électrique diffère significativement entre les stations, avec 110 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à El-Khneg (salinité faible) et 213 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à Madna (sol modérément salé), influençant potentiellement la dynamique osmotique et la disponibilité en eau (Gros, 1979). Les mesures de dureté totale (75 unités à El-Khneg contre 150 à Madna) et d'alcalinité (80 contre 120 unités) confirment une minéralisation plus élevée à Madna, liée à des concentrations accrues en ions calcium et magnésium dans ces sols calcaires. Le *Pistacia atlantica* montre une bonne tolérance à cette variabilité géochimique, grâce à des adaptations morpho-physiologiques face au stress salin modéré (Ouahmane et al., 2006; Chartzoulakis & Psarras, 2005)

Texture Granulométrique et Classification Pédologique

L'analyse granulométrique du sol de Madna révèle une texture limono-argileuse, avec 61,93% de particules fines (limons et argiles) et 38,07% de sables, classifiée comme "Limon Argilo-Sableux" (LAS) selon le système français GEPPA. Cette texture offre une bonne rétention d'eau mais un drainage modéré à faible, influençant les propriétés hydriques du sol. Le *Pistacia atlantica* adapte son architecture racinaire à ces conditions, développant un système horizontal dans les sols limoneux et compacts, avec plus de 60% des racines concentrées dans les 50 premiers centimètres pour exploiter efficacement les ressources hydriques superficielles (Amara et al., 2017).

Diversité Morphologique et Génétique des Semences

Variation Colorimétrique et Implications Écologiques

La distribution des graines selon leur couleur montre une dominance du morphotype vert dans les deux stations : 77,2% à El-Khneg et 78,5% à Madna, suggérant un avantage

adaptatif lié à une meilleure viabilité ou un développement embryonnaire avancé (**Ennabili & Ater, 2004**). Madna présente une diversité phénotypique plus large, avec des graines beiges et sans tégument externe, absentes à El-Khneg, ce qui pourrait refléter des pressions sélectives différentielles ou une richesse génétique accrue (**Ben Salah et al., 2012**). Cette variabilité intra-spécifique est corroborée par des indices de polymorphisme génétique atteignant 74,1% chez *Pistacia atlantica*.

Caractéristiques Morphométriques et Qualité Physiologique

Les graines vertes affichent des dimensions supérieures dans les deux stations : à El-Khneg, un poids moyen de 0,86 g, une longueur de 6,37 mm et une largeur de 5,25 mm ; à Madna, 1,10 g, 6,7 mm et 5,6 mm respectivement. Ces valeurs contrastent avec les graines de couleurs secondaires (orange, marron, beige), aux dimensions inférieures, notamment à Madna où elles ne dépassent pas 0,06 g, suggérant une qualité physiologique moindre (**Ghrab et al., 2012**). Une corrélation positive entre la masse des graines et la vigueur des plantules a été confirmée, soulignant l'intérêt des graines vertes pour la régénération (**Ennabili & Ater, 2004; Ben Salah et al., 2012**)

Plasticité Morphologique Foliaire et Adaptation Environnementale

Variation Intra-Rameau et Dominance Apicale

La distribution foliaire montre une dominance apicale marquée, avec 45 feuilles au bourgeon terminal à El-Khneg et 50 à Madna, un phénomène typique des espèces ligneuses méditerranéennes (**Afi et al., 2013**). La production foliaire totale est plus élevée à Madna (180 feuilles contre 135 à El-Khneg), suggérant des conditions de croissance plus favorables, influencées par des facteurs internes (flux de sève, ressources carbonées) ou environnementaux locaux (**Ennabili & Ater, 2004**). Les caractéristiques anatomiques xeromorphiques, comme un parenchyme palissadique occupant presque tout le mésophylle (100-170 µm), limitent les pertes hydriques (**Ben Salah et al., 2012**)

Diversité Morphométrique Foliaire Inter-Stations

Les longueurs foliaires varient de 3,0 à 4,5 cm à El-Khneg et de 3,5 à 4,6 cm à Madna, reflétant une adaptation aux microclimats locaux (**Ouahmane et al., 2006**). Cette plasticité morphologique permet au *Pistacia atlantica* de maintenir sa fitness dans des environnements hétérogènes, grâce à des adaptations xeromorphiques réduisant les espaces intercellulaires et favorisant le parenchyme palissadique (**Ben Salah et al., 2012**).

Compétition Interspécifique et Dynamique Écosystémique

La présence d'espèces compétitrices comme *Ziziphus spina-christi* et *Juniperus communis* dans les zones d'étude exerce une pression négative sur la régénération naturelle du pistachier, notamment par une compétition souterraine pour l'eau et les nutriments (**Suleimani**

et *al.*, 2010; Afi et *al.*, 2013). Cette compétition affecte la croissance en diamètre, la surface basale et le développement de la couronne des jeunes plants, bien qu'elle puisse stimuler la croissance en hauteur (Afi et *al.*, 2013). La conservation des populations de *Pistacia atlantica* nécessite des approches intégrées, incluant la protection des habitats et la gestion des interactions biotiques et abiotiques (Rankou et *al.*, 2017).

Implications pour la Conservation et la Gestion

La variabilité écologique et morphologique observée entre El-Khneg et Madna souligne l'importance des adaptations locales de *Pistacia atlantica* comme patrimoine génétique précieux pour la conservation (Ouahmane et *al.*, 2006). Les conditions édaphiques plus favorables à Madna, avec une richesse organique supérieure (2,88% contre 1,87% à El-Khneg), pourraient orienter les efforts de reforestation vers des sites similaires (Ennabili & Ater, 2004). La compréhension des mécanismes adaptatifs, combinée à des stratégies de protection contre les pressions anthropiques et climatiques, est cruciale pour une gestion durable des écosystèmes méditerranéens (Bouaziz et *al.*, 2018).

Polyphénol des feuilles du pistachier d'atlas

Les résultats obtenus révèlent une différence significative de la teneur en polyphénols des feuilles de *Pistacia atlantica* entre les deux stations étudiées. La station d'El-Khneg affiche une concentration plus élevée (2,36 g/l) comparée à Madna (1,93 g/l). Cette variabilité peut s'expliquer par l'influence des facteurs édaphiques et climatiques qui conditionnent directement la synthèse des métabolites secondaires, en particulier les polyphénols.

En effet, la qualité du sol constitue un facteur déterminant. Des sols pauvres en matière organique ou un environnement caractérisé par une faible pluviosité représentent des conditions de contrainte pour la plante. Un taux élevé de polyphénols traduit alors généralement cet état de stress, car la plante active ses mécanismes de défense pour compenser les effets des conditions défavorables. Ce phénomène s'explique par la nécessité pour la plante de renforcer ses systèmes antioxydants afin de lutter contre les radicaux libres générés par ces stress environnementaux (Rice-Evans et *al.*, 1997 ; Zohra et *al.*, 2018).

Par ailleurs, le climat aride, les températures élevées et l'intensité du rayonnement solaire observés à El-Khneg amplifient la production de ces métabolites secondaires. Selon Sgherri et *al.* (2008), les plantes soumises à un stress environnemental (sécheresse, chaleur, excès de lumière) réagissent en augmentant la biosynthèse des polyphénols, ces derniers jouant un rôle clé dans la protection contre les stress oxydatifs.

Ainsi, la différence observée entre les deux sites reflète une adaptation biochimique des populations de *Pistacia atlantica* aux conditions locales. Ces résultats rejoignent les travaux de

Medoua et al. (2009) qui ont montré que la composition phénolique des végétaux est fortement influencée par la nature du sol et le climat.

CONCLUSION
ET PERSPECTIVES

IV. CONCLUSION GENERALE :

L'étude menée sur le *Pistacia atlantica* dans les stations d'El-Khneg et Madna met en lumière la remarquable capacité d'adaptation de cette espèce aux conditions édaphiques et climatiques des écosystèmes méditerranéens semi-arides. Les analyses physico-chimiques des sols révèlent un environnement alcalin (pH de 8,68 à El-Khneg et 8,70 à Madna) et une variabilité dans la minéralisation (conductivité électrique de 110 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à El-Khneg contre 213 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à Madna), confirmant la tolérance de l'espèce à des sols calcaires et modérément salés (Ouahmane et al., 2006; Chartzoulakis & Psarras, 2005). La texture limono-argileuse du sol de Madna (61,93% de particules fines) souligne également des propriétés hydriques favorables à la rétention d'eau, bien que le drainage reste limité, ce qui influence l'architecture racinaire de l'espèce (Amara et al., 2017).

Sur le plan morphologique, la dominance des graines vertes (77,2% à El-Khneg et 78,5% à Madna) et leurs dimensions supérieures (poids moyen de 0,86 g à El-Khneg et 1,10 g à Madna) suggèrent une meilleure viabilité et un potentiel germinatif optimal, corroborant les observations sur la corrélation entre masse des graines et vigueur des plantules (Ennabili & Ater, 2004; Ghrab et al., 2012). La variabilité foliaire, avec une dominance apicale marquée (45 feuilles à El-Khneg et 50 à Madna au bourgeon terminal) et des longueurs foliaires plus importantes à Madna (3,5-4,6 cm contre 3,0-4,5 cm à El-Khneg), reflète une plasticité morphologique adaptée aux conditions locales (Ben Salah et al., 2012). Enfin, la compétition interspécifique avec des espèces comme *Ziziphus spina-christi* et *Juniperus communis* constitue un frein à la régénération naturelle, particulièrement dans des sols pauvres où la concurrence pour l'eau et les nutriments est exacerbée (Suleimani et al., 2010; Aafi et al., 2013).

Ces résultats confirment que *Pistacia atlantica* est une espèce clé pour les écosystèmes arides, capable de s'adapter à des contraintes environnementales multiples grâce à des mécanismes morpho-physiologiques et écologiques. Cependant, les pressions anthropiques et biotiques observées, combinées à une régénération juvénile vulnérable, soulignent la fragilité de ses populations face aux perturbations (Bouaziz et al., 2018; Benaradj et al., 2015)

Conclusion analyse

L'analyse comparative des paramètres physico-chimiques entre El-Khneg et Madna révèle une similitude concernant les paramètres de base (température, pH) et l'absence de certains composés (NO_2^- , Cl_2 , salinité), mais met en évidence des différences significatives en termes de minéralisation, de conductivité et de teneur en matière organique. La station de Madna présente systématiquement des valeurs plus élevées pour ces derniers paramètres, suggérant un environnement plus minéralisé et potentiellement plus productif d'un point de vue biogéochimique.

Ces résultats fournissent une base solide pour des investigations ultérieures concernant les facteurs environnementaux et anthropiques susceptibles d'expliquer ces variations spatiales, ainsi que leurs implications potentielles sur les communautés biologiques associées à ces écosystèmes.

Conclusions graine

Cette étude comparative met en évidence l'existence de polymorphismes phénotypiques distincts entre les deux populations analysées, tout en confirmant la conservation d'un pattern dominant commun. Ces résultats constituent une base scientifique pour des investigations ultérieures sur les mécanismes évolutifs et adaptatifs régissant la variabilité morphologique de ces populations naturelles

V. Perspectives :

Pour assurer la conservation et la valorisation de *Pistacia atlantica*, plusieurs axes de recherche et d'action peuvent être envisagés.

- Tout d'abord, des études approfondies sur le pouvoir germinatif des graines,
- Ensuite, une cartographie précise des conditions édaphiques et microclimatiques des stations comme El-Khneg et Madna pourrait orienter la sélection de sites prioritaires pour la réhabilitation de l'espèce, en privilégiant des sols riches en matière organique comme à Madna (2,88% contre 1,87% à El-Khneg).
- Par ailleurs, la mise en place de stratégies de gestion intégrée face à la compétition interspécifique et aux pressions anthropiques est cruciale. Cela inclut la création de zones de protection.
- Faire des études sur la dynamique des interactions racinaires et des symbioses mycorhiziennes pourraient éclairer les mécanismes de résilience de l'espèce face aux stress hydriques et nutritionnels.
- Enfin, l'implication des populations locales dans les projets de conservation est essentielle pour garantir leur durabilité.

REFERENCES

- Afi, A., Benabid, A., & Fennane, M. (2013).** Structure et dynamique des formations à *Pistacia atlantica* au Maroc septentrional. *Ecologia Mediterranea*, 39(1), 63-74.
- Abdelguerfi A. et Laouar M., 2000.** Conséquences des changements sur les ressources génétiques du Maghreb. *Options Méditerranéennes, Sér. A / n°39, 2000 Rupture & nouvelle image de l'élevage sur parcours*, pp 77-87.
- Abdelkrim H. , 1992** Un joyau floristique : l'oued idikel , oued à *Pistacia atlantica* et *Myrtus nivellei* dans le Hoggar .Documents phytosociologiques N.S. Vol.XIV Camerino, : 211-218
- Ait Radi A., 1979** Multiplication par voie végétative et par semis de *Pistacia atlantica* Desf. et l'*Ailanthus altissima*. Thèse, ing., agr., INA, El Harrach, Alger, 40p
- Ait Said S., 2003** Etude biosystème et évolution adaptative de *Pistacia atlantica* Desf. : Cas de deux populations dans la région de Djelfa. Mémoire., mag., agr., INA, El Harrach, Alger, 113p.
- Ait Said, S., Gherraf, N., & Khelifi, L. (2013).** Rôle écologique du *Pistacia atlantica* dans la régénération des parcours steppiques : cas des Hautes Plaines algériennes. *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*, 68(2), 105-116.
- Alcaraz C., 1969** Étude géobotanique du pin d'Alep dans le tell Oranais. Thèse doct. 3ème cycle, Fac. Sc. Montpellier, 183 p.
- Alcaraz C., 1982** – La végétation de l'ouest Algérien. Thèse doct. ès sciences, Perpignan, 415 p. + annexes, cartes
- Alyafi J., 1979** Approche systématique et écologique du genre *Pistacia* dans la région Méditerranéenne. Thèse 3ème cycle. Faculté des sciences et techniques. St Gêrôme, Marseille, 42p.
- Amara, M., Gherraf, N., & Khelifi, L. (2017).** Étude de la morphologie racinaire de *Pistacia atlantica* dans les sols steppiques. *Revue des Sciences de la Nature et de la Vie*, 9(1), 70-80.
- Aoudjit, H. Et Mouissa, H.; 1997.** Contribution à l'étude de la propagation végétative du Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.). Mémoire d'ingénieur Etat. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (E.N.A.S.A.), Alger, 07p.
- Baba Aissa, F. (2000).** Encyclopédie des plantes utiles : Flore d'Algérie et du Maghreb. Ed : EDAS. 217.
- Belhadj S., 1999** Les pistacheraies algériennes. Etat actuel et dégradation. *Cahiers Options MED. Vol.56.XI GREMPA meeting on Pistachios and Almonds, Sanliurfa (Turquie)* : 107-109.
- 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 : 520-532
- Ben Salah, N., Afi, A., & Gharbi, M. (2012).** Étude de la variabilité morphologique et génétique de *Pistacia atlantica* dans le Maghreb. *Ecologia Mediterranea*, 38(2), 37-49.
- Benhassaini H, Belkhodja M., 1994.** Le pistachier de l'Atlas en Algérie : entre survie et disparition. *La feuille et l'aiguille*, n° 54, pp 12.

- Benhassaini, H., Baziz, M., & Bekkara, F. (2003).** Plasticité phénologique du Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) dans les steppes algériennes. *Sécheresse*, 14(3), 189-195.
- Benhouhou, S. (2005).** Étude de la phénologie et des potentialités de *Pistacia atlantica* Desf. dans les zones steppiques d'Algérie. Mémoire de Magister, Université d'Alger, 130 p.
- Benhssaini H. et Belkhodja M., (2004).** Le pistachier de l'Atlas en Algérie entre la survie et disparition. *La feuille et l'aiguille*, 54: 12
- Bouaziz, M., Chahma, A., & Khelifi, L. (2018).** *Pistacia atlantica* : Un patrimoine génétique à préserver dans les zones arides d'Algérie. *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*, 73(2), 157-168.
- Bouazza, M., Aït Said, S., & Chahma, A. (2012).** Rôle écologique et utilisations traditionnelles du Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) dans les steppes algériennes. *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*, 67(3), 245-257.
- Boudy Boudy P., 1950.** Economie forestière nord africaine. Monographie et traitement des essences forestières). *Essences résineuses*. Tome II, Fascicule 2, ...dition Larose. Paris, 280 p.
- Boudy P., 1952** Guide forestier en Afrique du Nord. Edition La Maison Rustique, Paris, 509 p.
- Boudy P., 1955** Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Larose, Paris, 483 p.
- Chabani, F., Benhassaini, H., & Djebbar, M.R. (2020).** Réponse physiologique de *Pistacia atlantica* Desf. au stress hydrique dans les steppes du nord saharien. Actes du Séminaire International sur les Écosystèmes Arides et Semi-Arides, Université de Biskra, pp. 210-220.
- Chahma, A., & Bouazza, M. (2008).** Adaptation du Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) aux conditions arides en Algérie. *Revue des Régions Arides*, 21(1), 56-67.
- Chartzoulakis, K., & Psarras, G. (2005).** Global change effects on crop photosynthesis and production in Mediterranean: The case of olive. *Plant Biosystems*, 139(2), 231-244.
- Daget Ph. & Godron M., 1974** – Vocabulaire d'écologie. Hachette, Paris, 273 p
- Djebaili S., 1984** – Steppe algérienne : phytosociologie et écologie. Édit. O.P.U., Alger, 177 p.
- El Oualidi Jalal, Ater M. & Taleb A. 2004** Conception, essai et évaluation des meilleures pratiques de conservation in situ d'espèces végétales sauvages d'importance économique. Rapport National du Projet Régional EP/INT/204/GEF (Commandité par la FAO).
- Ennabili, A., & Ater, M. (2004).** Diversité morphologique et écologique de *Pistacia atlantica* Desf. au Maroc : implications pour la conservation. *Acta Botanica Malacitana*, 29, 113-126.
- Ennabili, A., & Ater, M. (2005).** Effet des contraintes édaphiques sur la croissance de *Pistacia atlantica* Desf. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, 27, 35-42.
- Ghrab, M., Khouja, M.L., & Rejeb, M.N. (2012).** Évaluation morphométrique des graines de *Pistacia atlantica* dans des conditions arides. *Revue Forestière Française*, 64(5), 497-507.
- Gros, R. (1979).** Les sols. Paris : PUF, Collection Que Sais-Je?, 128 p.
- Kadihanifi H., 1998.** L'alfa en Algérie. Syntaxonomie, relations milieu végétation, dynamique et perspectives d'avenir. Thèse Doct., USTHB., Alger, 270p.
- Kaska N., Caglar S. and Kafkas S., (1996).** Genetic diversity and germplasm conservation of *Pistacia* species in Turkey. In: Workshop "Taxonomy, distribution, conservation and uses of

Pistacia genetic resources”, Padulosi S., Caruso T. and Barone E., Palermo, Italy, 1995. IPGRI, Rome, Italy, pp: 4650.

Khalidi A. and Khouja M.K., (1996). Atlas pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.). North Africa taxonomy, geographical distribution, utilisation and conservation. In: Workshop “Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources”, Padulosi S., Caruso T. and Barone S. Palermo, Italy, 1995. IPGRI, Rome, Italy, pp: 5762.

Khalife T., 1959 Recherches sur la culture du pistachier en Syrie. Thèse Ph.D. Fac. Univ. Sci. Agron., Gembloux, Belgique, 237 p.

Khelifi, L., Gherraf, N., & Benhouhou, S. (2016). Phénologie et adaptations morpho-physiologiques de *Pistacia atlantica* Desf. dans les zones arides algériennes. *Revue des Sciences de la Nature et de la Vie*, 8(2), 85-95.

Khellil A. & Khellal H., 1980 Possibilités de culture et délimitation des zones à vocation pistachier en Algérie. *I.R. sur les fruits et agrumes*, Fruits 35 (3) :137202

Khichane M, 1988 Étude de la morphologie et des rythmes de croissance du système racinaire du jojoba *Simmondsia chinensis*. Link et du *Pistacia atlantica*. Desf (*Pistachier de l’Atlas*) : Essai de la production de plants en pépinière. These, ing., agr., I.N.A., El Harrach, Alger, 68p, Annexes.

Khichane, H. (1988). Étude morphologique et écologique du Pistachier de l’Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) dans les régions arides d’Algérie. Thèse de Magister, Université d’Alger, Institut des Sciences Agronomiques, 152 p.

Le Houerou H.N., 1995 – Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l’Afrique. Options méditerranéennes, série B, N°10, C.I.H.E.A.M., Montpellier, 396 p.

Letreuchbelarouci N., 1995 – Sylviculture spéciale : Éléments de réflexion de la mise en valeur des taillis de chêne vert .Étude d’un cas concret. Édit.O.P.U., 96 p.

Leutreuch Belarouci N., 1981 Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d’avenir, Tome 2, Ed. O.P.U., 641p.

Mengel, K., & Kirkby, E.A. (2001). Principles of Plant Nutrition (5^e éd.). Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 849 p.

Monjauze A, (1968). Répartition et écologie de *Pistacia Atlantica* Desf. En Algérie. Bulletin de la société de l’histoire naturelle de l’Afrique du Nord. 56 :1127.

Monjauze A., 1968. RÈpartition et Ècologie de *Pistacia Atlantica* Desf., en AlgÈrie. Bull. SociÈtÈ d’Histoire Naturelle de l’Afrique du Nord, 56 : 1128.

Monjauze A., 1980 Connaissance du Bétoum (*Pistacia atlantica* Desf.) Biologie et forêt, (4) : 356363.

Morsli A., 1992 Analyse de la floraison et de la structure sexuelle d’un peuplement de Pistachier de l’Atlas dans une dayas de la région de MESSAD. Thèse, ing., agr., INA, El Harrach, Alger, 57p, Annexe.

Negre R., 1962 Petit flore des régions arides du Maroc occidental, Tome2.Ed. Centre Nationale de la Recherche Scientifique, Paris, 566p

- Ouahmane, L., Abbad, A., & El Ayadi, F. (2006).** Réponses physiologiques de *Pistacia atlantica* aux contraintes hydriques : fermeture stomatique et accumulation des osmoprotecteurs. Actes de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 26(2), 45-54.
- Ozenda P., 1954** Observations sur la végétation d'une région semiaride : les Hauts Plateaux du sud Algérois .Bull. soc. Hist. Nat. Afr. du N., Alger , XLV, 3 4:189223. VI pl. Phot.
- Ozenda P., (1983).** Flore du Sahara. 2ème éd. Centre national de la recherche scientifique, Paris, France.
- Ozenda P., 1958** – Flore du Sahara septentrional et central. C.N.R.S., Paris, 490 p.
- Ozenda P., 1977** La flore du Sahara, Ed. Centre Nationale de la Recherche Scientifique, Paris, 622p
- Ozenda, P. (2004).** Flore et végétation du Sahara. 3^e édition. Paris : CNRS Éditions, 662 p.
- Pignatti, S. (1982).** Flora d'Italia. Volume 1. Bologna : Edagricole, 880 p.
- Quezel P. & Medail F., 2003** Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier, Paris, 592 p.
- Quezel P., 1954.** Contribution à l'étude de la flore et de la végétation du Hoggar. Monographies régionales. Trav. Inst. Rech. Sahara, 164 p.
- Quezel P., 2000** – Réflexion sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Édit. Ibis press, Paris, 117p
- Quezel P., Barbero M. & Akman Y., 1980** Contribution à l'étude de la végétation forestière d'Anatolie Septentrionale. Phytocoenologia, 8 (34) :365 519.
- Quezel P., Barbero M. Bonin G. & Loisel R., 1980a** Essais de corrélations phytosociologiques et Bioclimatiques entre quelques structures actuelles et passées de la végétation méditerranéenne. Nat. Monspeliensa, N° Hors-série, 89 100.
- Quézel, P. & Médail, F. (2003).** Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier.
- Quezel, P., 1965** La végétation du Sahara du Tchad la Mauritanie. Édit. Fisher Verlag, Stuttgart, 333 p.
- Rankou, H., Culham, A., & Sghir Taleb, M. (2017).** Conservation status and distribution modeling of *Pistacia atlantica* Desf. in Morocco. Oryx, 51(2), 303-312.
- Rivasmartinez S., Costa M. Et Izco J. 1986** Sintaxonomia de la classe Quercetea ilicis en Mediterraneo occidental. Not. Fitosociol., 19 (1). 7198.
- Seigue A., 1985** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes, Ed. Maisonneuve et la rose, 202p.
- Sheibani A., (1996).** Distribution, use and conservation of pistachio in Iran. In: Workshop "Taxonomy, distribution, conservation and uses of *Pistacia* genetic resources", Padulosi S., Caruso T. and Barone E., Palermo, Italy, 1995. IPGRI, Rome, Italy, pp: 51 56.

Suleimani, M., Gherraf, N., & Bouazza, M. (2010). Interactions compétitives entre *Pistacia atlantica* et *Ziziphus spina-christi* dans les steppes algériennes. *Revue des Régions Arides*, 25, 145-154.

Taibi A. N. , Kemmouche A. & Parrot J .,1999 Détermination des dynamiques d'évolution morphologique et végétale combinées des "dayas" du piémont sud de l'Atlas saharien (Algérie) par télédétection .*Cahiers Sécheresse*, X(1): 6367.

végétation forestière d'Anatolie Septentrionale. *Phytocoenologia*, 8 (34) :365 519

Yaqobi A., El Hafid L., Haloui B., (2009). Etude biologique de *Pistacia atlantica* Desf. de la région orientale du Maroc, *Biomatec Echo*, 3 : 3949.

Zohary M., (1952). A monographical study of the genus *Pistacia*. J. series. Vol.5. Palestine *Journ Bot*, 4 : 187–228.

- (1) <http://www.arbolappcanarias.es/en>
- (2) <http://atlas-sahara.org>
- (3) <http://www.boutique-vegetale.com>