الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة 20 اوت1955- سكيكدة
UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA

Faculté des Sciences
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master
Filière : Sciences agronomiques
Spécialité : Systèmes de production agroécologique

Intitulé :

Influence des conditions climatiques sur la variabilité morphologique (feuillage) de l'espèce *Fraxinus Angustifolia* Vahl (1804), le frêne en Algerie.

PRESENTE PAR :

M^LLE BOUDMAGH Sofia
M^LLE HARKAT Ibtihel
M^LLE LOUAR kaoutar

Membre de Jury :

M^me OUDJANE Faiza (MCA)	**Présidente**	**Université du 20 Août 1955 – Skikda**
M. HAFSI Zakaria (MCB)	**Encadrant**	**Université du 20 Août 1955 – Skikda**
M^me SOUILAH Nabila (MCA)	**Examinatrice**	**Université du 20 Août 1955 – Skikda**

Année universitaire 2025/2026

Remerciements

❖ Avant tout, nous remercions Dieu, le Tout-Puissant, de nous avoir accordé la santé, la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce mémoire.

❖ Nous adressons nos plus sincères remerciements à **Monsieur HAFSI Zakaria**, notre encadrant, pour son accompagnement précieux, ses conseils avisés, sa rigueur scientifique, sa disponibilité constante ainsi que pour la confiance qu'il nous a accordée tout au long de l'élaboration de ce travail.

❖ Nous exprimons également notre vive reconnaissance aux **MEMBRES DU JURY (Mesdames, OUDJANE Faiza et SOUILAH Nabila)** , qui nous font l'honneur d'examiner ce mémoire et de l'évaluer. Nous les remercions pour l'intérêt qu'ils portent à notre travail ainsi que pour leurs remarques et suggestions constructives.

❖ Nos remerciements s'adressent également à l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation universitaire et à l'acquisition des connaissances qui nous ont permis de réaliser cette étude.

❖ Enfin, nous remercions chaleureusement toutes les personnes qui, par leur soutien moral, scientifique ou matériel, ont participé de près ou de loin à l'aboutissement de ce mémoire.

❖ À tous, nous adressons nos plus sincères remerciements.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents.

À mon père, pour son soutien, ses sacrifices et ses précieux conseils qui m'ont accompagnée tout au long de mon parcours.

À ma mère, pour son amour infini, sa patience, ses encouragements et ses prières qui ont toujours été ma plus grande source de motivation.

À mes chers frères Yahia et Abderrahmane, pour leur affection, leur soutien et leur présence à mes côtés.

À mes amis(es), pour leur amitié sincère, leur aide et tous les moments partagés durant mes années d'études.

À toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.



Kawther.

Dédicace

À mon cher père, Avec toute ma reconnaissance et mon profond respect.

Merci pour tes sacrifices, ton soutien constant, tes précieux conseils et ta confiance en moi.

Tu as toujours été ma source de force et de motivation.

Ce travail est le fruit de tes efforts et de tout ce que tu as fait pour moi.

À ma chère mère, Pour son amour infini, sa tendresse, ses prières et son soutien constant qui m'ont accompagnée à chaque étape de ce parcours.

À mes frères et sœurs, Zineb, Oumayma, Mohamed et Hamza, Pour leur affection, leur présence et leurs encouragements.

Et enfin, à moi-même, Pour avoir cru en mes rêves, pour n'avoir jamais abandonné malgré les obstacles, et pour avoir mené ce projet jusqu'au bout avec détermination et passion.

Je vous dédie ce travail avec amour et gratitude, en espérant qu'il soit une source de fierté pour vous.



Ibtihel

Dédicace

À ma chère famille, À ma famille bien-aimée, qui m’a soutenu(e), encouragé(e) et accompagné(e) tout au long de mon parcours, je dédie ce diplôme avec toute ma gratitude et mon affection.

Merci pour votre amour, votre patience, vos sacrifices et vos prières qui m’ont donné la force d’avancer et de réussir.

Ce succès est aussi le vôtre, car sans votre soutien, je ne serais pas arrivé(e) jusqu’ici.

Avec tout mon amour et ma reconnaissance



SOFIA

Abréviations

A ou IC	Amplitude thermique annuelle moyenne (T max - T min)
ACP	Analyse en composantes principales
ANOVA	Analyse de la variance
CF	Couleur de la feuille
DDD	Distance maximale entre dents de foliole développée en mm
DDT	Distance maximale entre dents de foliole terminale en mm
DM	Distance maximale entre paires de folioles le long du rachis (mm)
DND	Distance maximale entre nervures visibles de foliole développée en mm
DNT	Distance maximale entre nervures visibles de foliole terminale en mm
FAD	Forme de l'apex de la foliole droite développée
FAT	Forme de l'apex de la foliole terminale
FBD	Forme de la base de la foliole basale
FBT	Forme de la base de la foliole basale
FFD	Forme de foliole droite développée
FFT	Forme de foliole terminale
FP	Forme du pétiole de la feuille
LND	Longueur de foliole droite développée
LNF	Longueur de la feuille en mm
LNP	Longueur du pétiole en mm
LNT	Longueur de foliole terminale en mm
LRD	Largeur de foliole droite développée
LRF	Largeur de la feuille en mm
LRT	Largeur de foliole terminale en mm
M	Valeur de la moyenne des maximas du mois le plus chaud (°C)
m	Valeur de la moyenne des minimas du mois le plus froid (°C)
M'	Valeur de la moyenne des minimas du mois le plus chaud (°C)
NDD	Nombre des dents de la marge
NDT	Nombre des dents de la marge
NF	Nombre de folioles de la feuille
NND	Nombre des nervures secondaires visibles
NNT	Nombre des nervures secondaires visibles
NN	Nombre des nervures secondaires visible
P	Pluviométrie totale annuelle (mm/an)
PF	Position des folioles développées ou longues
Q3	Quotient pluviothermique d'Emberger modifié par Stewart
SF	Symétrie de la feuille
SFDG	Symétrie foliole droite et gauche
T	Valeur de la moyenne annuelle (°C)
TF	Type de feuille
T max	Valeur la plus forte des moyennes mensuelles (°C)
T min	Valeur la plus faible des moyennes mensuelles (°C)

LISTE DES TABLEAUX

Titre	Page
Figure 1 : Répartition du genre Fraxinus dans le monde. Carte réalisée à l'aide d'une intelligence artificielle.	6
Figure 2 : Allure générale de Fraxinus angustifolia - Station de Zenadia-	8
Figure 3 : Ecorce de Fraxinus angustifolia -Station de Zenadia	9
Figure 4 : Feuillage de Fraxinus angustifolia - Station de Zenadia-	10
Figure 5 : Habitat favorable au frêne de la station de Zenadia, Sétif.	11
Figure 6 : Aire de reptation du Fraxinus angustifolia dans le monde.	12
Figure 7 : Localisation des deux sites d'échantillonnage de notre espèce. El Ghedir (E) et Zenadia (Z).	14
Figure 8 : Matériel de laboratoire utilisé (Pied à coulisse et papier millimétrique)	23
Figure 9 : Dimensions d'une feuille dentée (B).	24
Figure 10 : Analyse en composantes principales des variables morphologiques quantitatives et environnementales : Cercle de corrélation des variables et Diagramme de dispersion des 60 arbres.	41

LISTE DES TABLEAUX

Titre	Page
Tableau 1 : Principales caractéristiques géographiques des sites étudiés.	14
Tableau 2 : Caractéristiques des stations climatiques de référence, périodes et sources des données (O.N.M. d'Alger).	16
Tableau 3 : Paramètres et indices climatiques appliqués pour les sites d'échantillonnage.	16
Tableau 4 : Données thermiques (en C°) et pluviométriques (en mm) corrigées des sites étudiés	18
Tableau 5 : Types et sous-types de continentalité thermique selon Rivas-Martinez (2005)	19
Tableau 6 : Valeurs de l'amplitude annuelle moyenne et Bioclimats corresponds selon les classifications de Rivas-Martinez (2005).	19
Tableau 7 : Pluviométrie, températures et quotients d'aridité des sites étudiés	20
Tableau 8 : Variables morphologiques quantitatives mesurées.	25
Tableau 9 : Variables morphologiques qualitatives étudiées.	26
Tableau 10 : Caractéristiques des caractères quantitatifs mesurés	32
Tableau 11 : Fréquences (%) pour les variables qualitatives par station (feuilles)	35
Tableau 12 : Corrélations entre les variables quantitatives mesurées relative aux feuilles.	38
Tableau 13 : Valeurs propres issues de l'ACP.	40
Tableau 14 : Corrélations entre les variables sur le plan factoriel (1x2).	40

Table des Matières

Titre **Page**

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction **1**

CHAPITRE I : PRÉSENTATION DE L'ESPÈCE

1. Présentation du genre fraxinus 2

1.1 Généralités et Description 2

1.2 'Taxonomie et clés de classification des espèces du genre 2

1.3 Caractères dendrologiques 3

3.1 Caractères Morphologiques (Appareil Végétatif) 3

3.1.1 Le Feuillage 3

3.1.2 Les Rameaux et Bourgeons. 3

3.1.3 L'Écorce et le Port. 3

3.2 Caractères Reproducteurs. 4

3.2.1 Les Inflorescences et Fleurs . 4

3.2.2 Le Fruit : La Samare. 4

3. Propriétés Anatomiques du Bois 4

4. Aire de répartition du genre 4

2. Présentation de l'espèce étudiée - Fraxinus angustifolia Kahl-. 6

2.1 Etymologie 6

2.2 Classification botanique 6

2.3 Caractères dendrologiques de l'espèce. 7

2.3.1 Caractères botaniques 7

2.3.2 caractères écologiques 9

2.4Répartition géographique de l'espèce 10

2.5Usage médicinale 9

CHAPITRE II : ÉTUDE DU MILIEU, MATÉRIEL & MÉTHODES

1. Étude du milieu 12

1.1 Étude physique 12

1.1.1 Choix et caractéristiques 12

1.1.2 Cadre administratif et biogéographique 13

1.1.2.1 El Ghedir 13

1.1.2.2 Zenadia 13

1.1 Etude climatique 14

1.1.1 Sources et périodes des données météorologiques 14

1.1.2 Paramètres et indices climatiques étudiés 15

1.1.3 Données et paramètres climatiques 15

1.1.4 Synthèse climatique 15

1.1.4.1 La continentalité 18
1.1.4.2 La sécheresse 20
2. Matériel et méthodes 20
2.1 Matériel 20
2.1.1 Matériel végétal 20
2.1.2 Matériel expérimental 20
2.2 Méthodes 20
2.2.1 Etude morphométrique 20
2.2.1.1 Choix des caractères 20
2.2.1.2 Mensurations 20
2.2.2 Méthodes d'analyses statistiques 25
2.2.2.1Types des caractères 25
2.2.2.2 Tests de normalité 25
2.2.2.3 Statistiques descriptives
2.2.2.4 Tests de significativité
2.2.2.5 Tests de corrélation
2.2.2.6 Analyses factorielles
2.2.2.7 Logiciels appliqués

CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Résultats
1.1 étude Morphométrie 26
1.1.1 Les caractères quantitatifs 26
1.1.1.1 Longueur de la feuille (LNF) 26
1.1.1.2 Largeur de la feuille (LRF) 26
1.1.1.3 Nombre de folioles de la feuille (NF) 26
1.1.1.4 Longueur du pétiole (LP) 26
1.1.1.5 Distance maximale entre les paires de folioles le long du rachis (DM) 26
1.1.1.6 Longueur de la foliole droite développée (LND) 27
1.1.1.7 Largeur de la foliole droite développée (LRD) 27
1.1.1.8 Nombre de nervures secondaires visibles (NND) 27
1.1.1.9 Nombre de dents de la marge (NDD) 27
1.1.1.10 Distance maximale entre les dents de la foliole développée (DDD) 27
1.1.1.11 Distance maximale entre les nervures visibles de la foliole développée (DND) 27
1.1.1.12 Longueur de la foliole terminale (LNT) 28
1.1.1.13 Largeur de la foliole terminale (LRT) 28
1.1.1.14 Nombre de nervures secondaires visibles de la foliole terminale (NNT) 28
1.1.1.15 Nombre de dents de la marge de la foliole terminale (NDT) 28
1.1.1.16 Distance maximale entre les dents de la foliole terminale (DDT) 28
1.1.1.17 Distance maximale entre les nervures visibles de la foliole terminale (DNT) 28
1.1.2 Les caractères qualitatifs 30
1.1.2.1 Type de feuille TF 30
1.1.2.2 Forme du pétiole de la feuille FP 30
1.1.2.3 Symétrie de la feuille SF
1.1.2.4 Couleur de la feuille (CF) 30
1.1.2.5 Position des folioles développées ou longues (PF) 30

1.1.2.6 Forme de la foliole droite développée (FFD) 30
1.1.2.7 Forme de P'apex de la foliole droite développée (FAD) 31
1.1.2.8 Forme de la base de la foliole droite développée (FBD) 31
1.1.2.9 Symétrie foliole droite et gauche (SFDG) 31
1.1.2.10 Forme de la foliole terminale (FFT) 31
1.1.2.11 Forme de P'apex de la foliole terminale (FAT) 31
1.1.2.12 Forme de la base de la foliole terminale (FBT) 31
1.2 Analyse de la diversité morphologique 33
1.2.1 Tests de significativité 33
1.2.2 Tests de corrélation 33
1.2.3 Test multivariés 35
2. Discussion 38
2.1 Déterminisme géo-climatique et structuration de la diversité morphologique foliaire. 38
2.2 Comparaison des données recueillies 38
Conclusion générale 42
Références bibliographiques 43
Annexes 47
Résumé

Introduction

En Algérie, les représentants de cette famille des *Oleaceae*, et plus particulièrement le genre *Fraxinus* L. occupe une place essentielle et singulière dans le paysage forestier, notamment au niveau des écosystèmes du nord et du nord-est du pays (Alatou, 1994 ; Bouzid *et al.,* 2018).

Parmi les représentants du genre *Fraxinus*, le frêne oxyphylle (*Fraxinus angustifolia* Vahl, 1804) constitue une espèce d'une importance capitale sur les plans écologique, sylvicole et patrimonial dans le bassin méditerranéen (Hinsinger et *al.,* 2013). Il s'agit d'un arbre caducifolié, caractérisé par ses folioles étroites et ses bourgeons hivernaux brun-rouille. En Algérie, *Fraxinus angustifolia* se développe principalement dans les étages bioclimatiques subhumides à humides, le long des cours d'eau (ripisylves), dans les plaines alluviales et les zones humides de basse à moyenne altitude, là où la disponibilité en eau édaphique compense l'aridité estivale méditerranéenne (Rameau *et al.,* 1989 ; Meddour *et al.,* 2004).

Peu d'études approfondies ont été menées en Algérie sur la variabilité morphologique du feuillage cet espèce et son comportement adaptatif, contrairement à d'autres régions du bassin méditerranéen où des recherches ont mis en évidence la plasticité foliaire du frêne en réponse au stress hydrique et thermique (Wallander & Albert, 2000 ; Seiler *et al.,* 2026).

Ainsi, l'objectif principal de ce travail est d'étudier l'influence des conditions climatiques sur la variabilité morphologique du feuillage de *Fraxinus angustifolia* Vahl (1804) dans deux populations naturelles algériennes soumises à des contrastes environnementaux distincts, à savoir la population de Zenadia à Sétif et celle d' EL Ghedir à Skikda. Cette approche descriptive et comparative vise à mieux comprendre les capacités d'adaptation phénotypique de ce frêne face aux contraintes climatiques actuelles en Algérie.

Pour atteindre cet objectif, ce mémoire est structuré en trois chapitres distincts, précédés de cette introduction :

- **Le premier chapitre** présente une synthèse bibliographique approfondie sur l'espèce.
- **Le deuxième chapitre** est consacré à la description géographique et bioclimatique des zones d'étude, à la présentation du matériel et à la méthodologie.
- **Le troisième chapitre** expose les résultats obtenus, accompagnés de leur analyse statistique, de leur interprétation et d'une discussion approfondie.

Ce travail se conclut par une synthèse des résultats principaux, suivie de perspectives et de recommandations.

CHAPITRE I

PRESENTATION DE L'ESPECE



I. Présentation du genre *Fraxinus* L.

1. Généralités et description

Les *Oleaceae* sont une famille de plantes comprenant environ 600 espèces réparties dans 24 genres, principalement des arbres, des arbustes et quelques lianes. Leur distribution géographique est très étendue, couvrant principalement l'Eurasie, l'Afrique, l'Australie et l'Amérique. Cette famille existe depuis le Miocène supérieur, comme en témoigne la présence de pollen fossile datant de cette époque (Johnson, 1957).

Le genre *Fraxinus* (Tourn.) L. se range dans l'ordre botanique des *Lamiales* (Bromhead 1838), famille des Oléacées (Hoffmannseg et Link, 1809) (Paris and Moyse, 1976), elle comprend 600 espèces réparties en 25 genres (WALLANDER 200).

En 1753, Linné décrit le genre Fraxinus pour la première fois dans son ouvrage *Species plantarum* (Kints, 1771). Depuis, près de 800 taxons (espèces, sous espèces et variétés) ont été reconnues, dont la majorité est aujourd'hui tombée en synonymie. Le genre *Fraxinus* inclue 48 espèces répandues, principalement, dans les régions tempérées et subtropicales de l'hémisphère nord (Wallander,2012).

2. Taxonomie et clés de classification des espèces du genre

Les classifications historiques de Knoblauch, Taylor et Johnson plaçaient initialement les espèces du genre *Fraxinus* dans la tribu des *Fraxineae* au sein de la sous-famille des *Oleoideae* (famille des *Oleaceae*).

En 1897, Knoblauch décrit 39 espèces de *Fraxinus*, qu'il subdivise traditionnellement en deux sous-genres sur la base de critères morphologiques :

- ***Ornus*** **:** comprenant les taxons dont les fleurs naissent sur une panicule terminale en même temps que les feuilles.
- ***Fraxinaster*** **:** comprenant tous les taxons caractérisés par des inflorescences latérales.

Plus tard, en 1920, 63 espèces ont été reconnues par la classification de von Lingelsheim, regroupées selon ces deux mêmes sections (Kostova, 2007).

Actuellement, la famille des *Oleaceae* est divisée en 5 tribus (*Myxopyreae*, *Fontanesieae*, *Forsythieae*, *Jasmineae* et *Oleeae*). Le genre *Fraxinus* est désormais rattaché à la sous-tribu des *Fraxininae*, elle-même incluse dans la tribu des *Oleeae* (Wallander & Albert, 2008).

De plus, selon la dernière révision de la classification phylogénétique du genre *Fraxinus*, 45 espèces ont été formellement retenues et réparties en six sections distinctes : *Fraxinus*, *Sciadanthus*, *Pauciflorae*, *Melioides*, *Ornus* et *Dipetalae*, tandis que trois espèces restent classées comme *incertae sedis* (Wallander,2012 ; Wallander, 2008). Au sein de cette structure, *Fraxinus angustifolia* Vahl fait partie intégrante de la section *Fraxinus*, qui regroupe trois autres espèces : *F. mandshurica*, *F. nigra* et *F.*

excelsior (une espèce génétiquement et morphologiquement très proche de *F. angustifolia* Vahl) (Wallande,2011).

3. Caractères dendrologiques

3.1 Caractères Morphologiques (Appareil Végétatif)

3.1.1 Le Feuillage

- **Disposition :** Les feuilles sont systématiquement **opposées-décussées**, un trait anatomique constant et partagé avec la majorité des autres genres de la famille des *Oleaceae* (Wallander & Albert, 2000).
- **Structure :** Elles sont **composées-imparipennées**, comptant le plus souvent entre 5 et 15 folioles selon les espèces (Rameau *et al.,* 1989). Les folioles sont généralement sessiles (sans petit pétiole) à sub-sessiles, et présentent des marges dentées ou sérulées (Virginia Tech Dendrology, 2026).
- **Exceptions et variations :** Il existe de rares cas de feuilles simples chez certaines espèces spécifiques comme *Fraxinus anomala* ou la variété horticole *Fraxinus excelsior var. diversifolia* (International Dendrology Society, 2026).
- **Base du pétiole :** L'insertion du pétiole principal sur le rameau est marquée par un renflement ou "coussinet" très net (Rameau et al., 1989).

3.1.2 Les Rameaux et Bourgeons

- **Rameaux :** Ils sont forts, rigides, légèrement aplatis ou trigones au niveau des nœuds, de couleur gris-vert à beige, et parsemés de lenticelles pâles et allongées (Virginia Tech Dendrology, 2026).
- **Morphologie des bourgeons :** En hiver, le bourgeant terminal est gros, pyramidal ou conique, encadré à sa base par deux bourgeons axillaires opposés plus petits (Rameau et al., 1989).
- **Couleur (critère interspécifique) :** La couleur des écailles des bourgeons est un descripteur taxonomique clé. Ils sont **noir mat à velouté** chez *Fraxinus excelsior*, tandis qu'ils sont **brun-rouille à brun-gris** chez d'autres espèces comme *Fraxinus angustifolia* ou *Fraxinus americana* (Rameau et al., 1989 ; Virginia Tech Dendrology, 2026).

3.1.3 L'Écorce et le Port

- **Port :** Ce sont de grands arbres de canopée (20 à 40 m de haut) montrant un tronc rectiligne, un houppier globulaire mais léger laissant passer la lumière, et un système racinaire étendu et traçant (Rameau et al., 1989).
- **Écorce :** Longtemps lisse et gris clair durant la jeunesse de l'arbre, elle développe tardivement un rhytidome (écorce externe) crevassé longitudinalement, dessinant des rides sinueuses en forme de losanges (crêtes rhomboédriques) (Virginia Tech Dendrology, 2026).

3.2 Caractères Reproducteurs

3.2.1 Les Inflorescences et Fleurs

Le genre est divisé sur le plan de l'évolution florale en deux sections majeures (Wallander & Albert, 2000) :

1. **Section *Ornus* (Frênes méliphiles/à fleurs) :** Les fleurs sont dites "complètes", possédant un calice et une corolle de pétales blancs ou crème. Elles sont parfumées, entomophiles (pollinisées par les insectes) et s'épanouissent en larges panicules terminales *en même temps* que les feuilles apparaissent ou juste après (International Dendrology Society, 2026).
2. **Section *Fraxinus* (Frênes apétales) :** Les fleurs sont réduites à leur plus simple expression : elles n'ont **pas de pétales** et souvent pas de calice. Groupées en grappes denses, elles sont anémophiles (pollinisées par le vent) et s'ouvrent au tout début du printemps, bien *avant* la sortie des feuilles (Rameau et al., 1989).

- **Régime sexuel :** La sexualité est complexe et instable. Le genre présente souvent des espèces polygames, dioïques ou trioïques, où l'on observe sur un même arbre (ou des arbres distincts) des fleurs uniquement mâles, uniquement femelles ou hermaphrodites (Wallander & Albert, 2000).

3.2.2 Le Fruit : La Samare

- Le fruit caractéristique est une **samare simple** pérenne (Rameau et al., 1989).
- Il s'agit d'un fruit sec qui ne s'ouvre pas à maturité (indéhiscent), contenant une seule graine logée à la base. La graine est prolongée par une aile membraneuse coriace, aplatie et asymétrique, morphologie spécifiquement adaptée à la dispersion par le vent (anémochorie) (International Dendrology Society, 2026).

3. Propriétés Anatomiques du Bois

- **Structure cellulaire :** Le bois de frêne possède une **zone initiale poreuse** très marquée. Les vaisseaux formés au printemps sont très larges et visibles à l'œil nu, disposés en lignes concentriques, tandis que le bois d'été présente des vaisseaux fins et épars (Rameau *et al.,* 1989).
- **Propriétés mécaniques :** Le bois présente un aubier blanc-rosé très large. C'est un matériau lourd, dur, réputé mondialement pour sa **résistance aux chocs, sa flexibilité et son élasticité exceptionnelles**, des propriétés directement liées à la structure de ses fibres de bois d'été (Virginia Tech Dendrology, 2026).

4. Aire de répartition du genre

Le genre ***Fraxinus*** possède une répartition mondiale de type holarctique, principalement confinée aux zones tempérées et subtropicales de l'hémisphère Nord (Hinsinger *et al*., 2013).

Son histoire biogéographique, marquée par des migrations anciennes, s'articule autour de trois grands foyers de biodiversité (Hinsinger *et al.,* 2013).

- L'Eurasie occidentale et le bassin méditerranéen abritent des espèces majeures comme *Fraxinus excelsior* et *Fraxinus angustifolia*, ce dernier s'étendant jusqu'en Afrique du Nord (Beck, 2016 ; Rankou, 2017).
- L'Asie orientale (Chine, Japon) représente le plus grand réservoir de taxons du genre, notamment avec *Fraxinus mandshurica* (Hinsinger et al., 2013).
- Enfin, l'Amérique du Nord regroupe une vingtaine d'espèces s'étendant du Canada jusqu'au Mexique (Nesom, 2010).

Les limites de cette aire mondiale sont dictées par des facteurs écologiques stricts, en particulier la sensibilité des arbres aux gelées tardives et une forte exigence en eau qui les cantonne souvent aux milieux frais ou alluviaux (Beck, 2016).

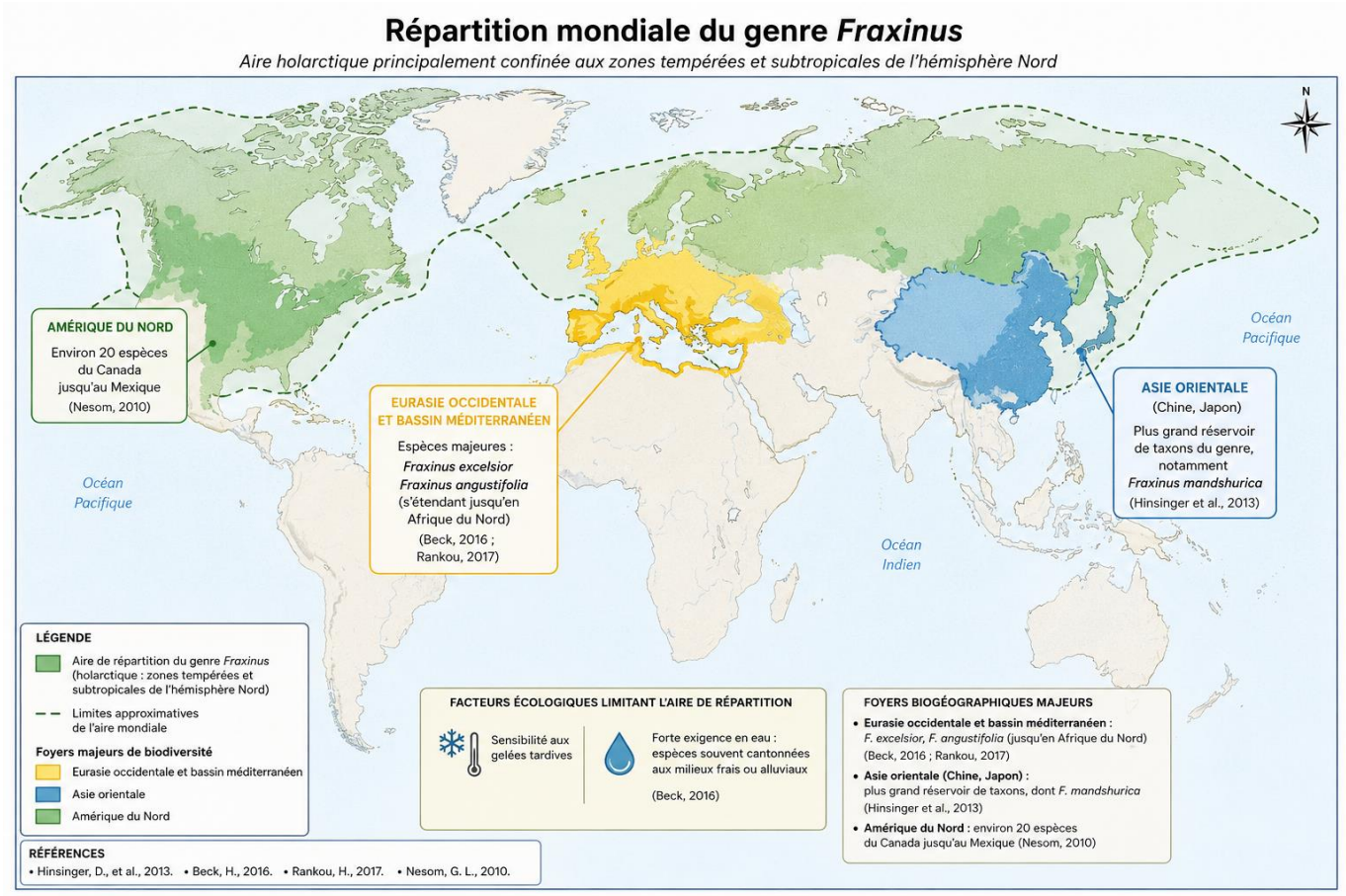


Figure 6. Répartition du genre *Fraxinus* dans le monde. Carte réalisée à l'aide d'une intelligence artificielle, d'après Hinsinger *et al.* (2013), Beck (2016), Rankou (2017) et Nesom (2010).

2. Présentation de l'espèce étudiée – *Fraxinus angustifolia* Kahl-

2.1 Etymologie

Le nom latin *Fraxinus angustifolia* Vahl possède différents synonymes nomenclaturaux ou taxonomiques, parmi lesquels : *Fraxinus oxyphylla* M. Bieb., *Fraxinus tamariscifolia* Vahl (Hanel et al., 2021) et *Fraxinus rotundifolia* Mill. (Wallander, 2008). En raison de sa vaste répartition, plusieurs dénominations vernaculaires ont été attribuées à cette espèce :

- **Noms berbères :** *Taslent*, *tasslène*, *asseln*, *aslen*, *islène*, *islen* et *tabouchicht* (Aït Youssef, 2006 ; Boudmagh et al., 2026).
- **Noms arabes :** *Sella*, *sellane*, *rasleut*, *dandar*, *dardâr*, *derdâr* et *mesharouane*. Son fruit s'est longtemps appelé *lsâne et-tir*, *lsan usfur*, *lisan al-asafir*, *hebb dedâr* et *tmer derdâr* (Fourment & Roques, 1943 ; Paris & Moyse, 1976).
- **Noms français :** Frêne à feuilles étroites, frêne oxyphylle, frêne du Sud et frêne de Kabylie (FRAXIGEN, 2005 ; Paris & Moyse, 1976).
- **Noms anglais :** *Narrow-leaved ash* et *Southern ash* (FRAXIGEN, 2005).

2.2 Classification botanique

Dans la classification phylogénétique actuelle du genre *Fraxinus*, *Fraxinus angustifolia* Vahl est rattaché à la section *Fraxinus*, l'une des six sections reconnues au sein du genre. Cette section comprend quatre espèces (*F. angustifolia*, *F. excelsior*, *F. mandshurica* et *F. nigra*) partageant des caractéristiques morphologiques et génétiques communes, ce qui témoigne de leur étroite parenté évolutive (Wallander, 2012). La classification classique de *Fraxinus angustifolia* Vahl selon **Cronquist (1981)** est la suivante (Singh, 2010 ; Kadereit, 2004 ; Adams et *al.* 2015 ; Kuttan et *al.,* 2011) :

Rang taxonomique	***Taxon***
Règne	*Plantae*
Sous-règne	*Tracheobionta (Plantes vasculaires)*
Division	*Magnoliophyta (Angiospermes)*
Classe	*Magnoliopsida (Dicotylédones)*
Sous-classe	*Asteridae*
Ordre	*Scrophulariales*
Famille	*Oleaceae*
Genre	*Fraxinus* L.
Espèce	*Fraxinus angustifolia Vahl*

Alors que la classification **phylogénétique** de l'espèce *Fraxinus angustifolia* Vahl (APG IV, 2016) est comme suit (Allantospermum *et al.,* 2016) :

Clade / Rang	*Taxon*
Clade	*Angiospermes*
Clade	*Mesangiospermes*
Clade	*Eudicotylédones (Dicotylédones vraies)*
Clade	*Superastéridées*
Clade	*Astéridées*
Clade	*Lamiidées (Euastéridées I)*
Ordre	*Lamiales*
Famille	*Oleaceae*
Tribu	*Oleeae*
Sous-tribu	*Fraxininae*
Genre	*Fraxinus L.*
Section	*Fraxinus*
Espèce	*Fraxinus angustifolia Vahl*

2.3 Caractères dendrologiques de l'espèce

2.3.1 Caractères botaniques

Fraxinus angustifolia Vahl., décrite initialement par Martin Vahl dans son ouvrage *Enumeratio Plantarum* en 1804 (Hanel et *al.,* 2021), est un arbre ou arbuste méso- à macrophanérophyte pouvant atteindre 15 mètres de hauteur (figure 1). Il possède une racine pivotante très profonde, un port droit et large, un houppier assez compact, des branches de couleur jaunâtre à brun-gris et des ramules vert-olive poilus à l'extrémité (Ait Youssef, 2006, Rameau et *al.* 2008, Dupérat et *al.,* 2008).



Figure 01. Allure générale de *Fraxinus angustifolia* - Station de Zenadia- (Boudmagh *et al.*, 2026)

Son **écorce** (figure 2) est crevassée transversalement par des crêtes saillantes. Sa face externe est verruqueuse et de couleur gris-cendré, alors que sa face interne est brune (Ait Youssef, 2006,, Dupérat et *al*., 2008).



Figure 02. Ecorce de *Fraxinus angustifolia* -Station de Zenadia- (Boudmagh *et al.*, 2026)

Les **bourgeons** sont le plus souvent d'un brun jaunâtre, gros, légèrement aplatis latéralement et arrondis. Le bourgeon terminal d'un long ramule est régulièrement un bourgeon à feuilles. Juste en dessous sont disposés, de façon opposée ou presque opposée, les bourgeons à fleurs. Ces derniers diffèrent nettement des bourgeons végétaux : ils sont presque globuleux, couverts d'écales grises tirant sur le brun, veloutés et bordés de cils à maturité. Les bourgeons à fleurs sont densément regroupés sur les jeunes rameaux, parfois par trois en verticilles, ce qui permet de les distinguer des bourgeons à feuilles qui sont strictement opposés deux à deux (Fukarek, 2014).

Les **feuilles** (figure 3) sont de couleur jaune-verdâtre, composées, opposées, caduques et légèrement coriaces. À maturité, elles mesurent de 12 à 25 cm de long et sont pennées, comptant 5 à 13 folioles. Ces folioles sont étroites, de forme ovale (4 à 9 cm de long sur 1,5 à 2,5 cm de large), presque sessiles et asymétriques à la base. Longuement acuminées, elles sont glabres et luisantes sur la face supérieure, et légèrement pubescentes le long de la nervure dorsale. Leurs bords sont pourvus de dents espacées, peu profondes mais très aiguës, étalées et réfléchies vers le sommet. Chaque dent correspond à l'aboutissement d'une nervure secondaire. Ces nervures partent obliquement de la nervure principale et forment des anastomoses marginales en arc (Ait Youssef, 2006, Mathieu, 1860).



Figure 01. Feuillage de *Fraxinus angustifolia* - Station de Zenadia- (Boudmagh *et al.*, 2026)

La **période de floraison** s'étend de la mi-décembre jusqu'à la fin du mois de janvier (FRAXIGEN, 2005). L'inflorescence se compose de 15 à 20 fleurs (Wallander, 2012) disposées en grappes simples, non ramifiées, longues de 3 à 7 cm. Les fleurs sont petites, de couleur brun-rougeâtre, dépourvues de calice et de corolle (fleurs apétales). Elles peuvent être hermaphrodites, dioïques (mâles) ou polygames.

Fraxinus angustifolia est une espèce anémophile (pollinisation par le vent). Les sacs polliniques, de forme oblongue et divisés au milieu par un profond sillon, surmontent un rachis parfois pubescent de couleur blanche à blanc-jaunâtre. L'ovaire est biloculaire, chaque loge contenant deux ovules. Cependant, un seul ovule par locule se développe pour donner une samare monosperme (Ait Youssef, 2006 ; Wallander and Albert, 2000, Fukarek, 2014).

Le **fruit** est une samare de couleur brun clair, lancéolée et linéaire, atténuée aux deux extrémités, arrondie ou aiguë et souvent mucronée au sommet. Chaque graine est munie d'une aile membraneuse latérale qui est issue de l'allongement du péricarpe (Ait Youssef, 2006, Mathieu, 1860).

2.3.2 Caractères écologiques

Fraxinus angustifolia Vahl est une espèce héliophile, thermophile et mésophile à mésohygrophile, exigeant une forte luminosité comprise entre 60 et 100 % de lumière directe. Elle se développe préférentiellement dans des régions recevant une pluviométrie annuelle moyenne de 400 à 800 mm et occupe généralement des altitudes comprises entre 0 et 1 000 m, pouvant exceptionnellement atteindre 2 000 m (Fraxigen, 2005, Crivellaro & Schweingruber, 2013).

Sur le plan édaphique, cette espèce affectionne les sols profonds, dont la profondeur varie entre 40 et 100 cm, avec un volume exploitable compris entre 0,45 et 0,9 m^3/m^2. Bien qu'elle puisse croître sur différents types de sols (figure 4) , notamment les sols limoneux, limono-sableux et limono-argilo-sableux, elle présente une préférence pour les sols argilo-sableux. Elle tolère également une large gamme de conditions chimiques, se développant sur des sols dont le pH varie de 5,0 à 8,0, allant de légèrement acides à neutres ou basiques (Rameau et *al.* 2008 ; Fraxigen, 2005).



Figure 4. Habitat favorable au frêne de la station de Zenadia, Sétif (Boudmagh et *al.*, 2026)

2.4 Répartition géographique de l'espèce

Le *Fraxinus angustifolia* Vahl est une espèce principalement thermo- à méso-méditerranéenne. Elle s'étend sur l'Europe méridionale et orientale (du Portugal à l'Ouest jusqu'à la mer Noire à l'Est), elle est rencontrée également en Afrique du Nord (Maroc, Algérie et Tunisie) et en Asie occidentale (Iran, Caucase et sud de la Russie). Néanmoins, sa répartition géographique reste essentiellement méditerranéenne (Caudullo et *al.*, 2017 ; FRAXIGEN, 2005).

En effet, cette espèce a montré une grande tolérance vis-à-vis de son environnement ; le facteur changement climatique semble actuellement agir favorablement sur l'extension de sa distribution géographique globale (Temunović et *al.,* 2012).



Figure 5. Aire de reptation du *Fraxinus angustifolia* dans le monde (Caudullo et *al.*, 2017)

2.5 Usage médicinale

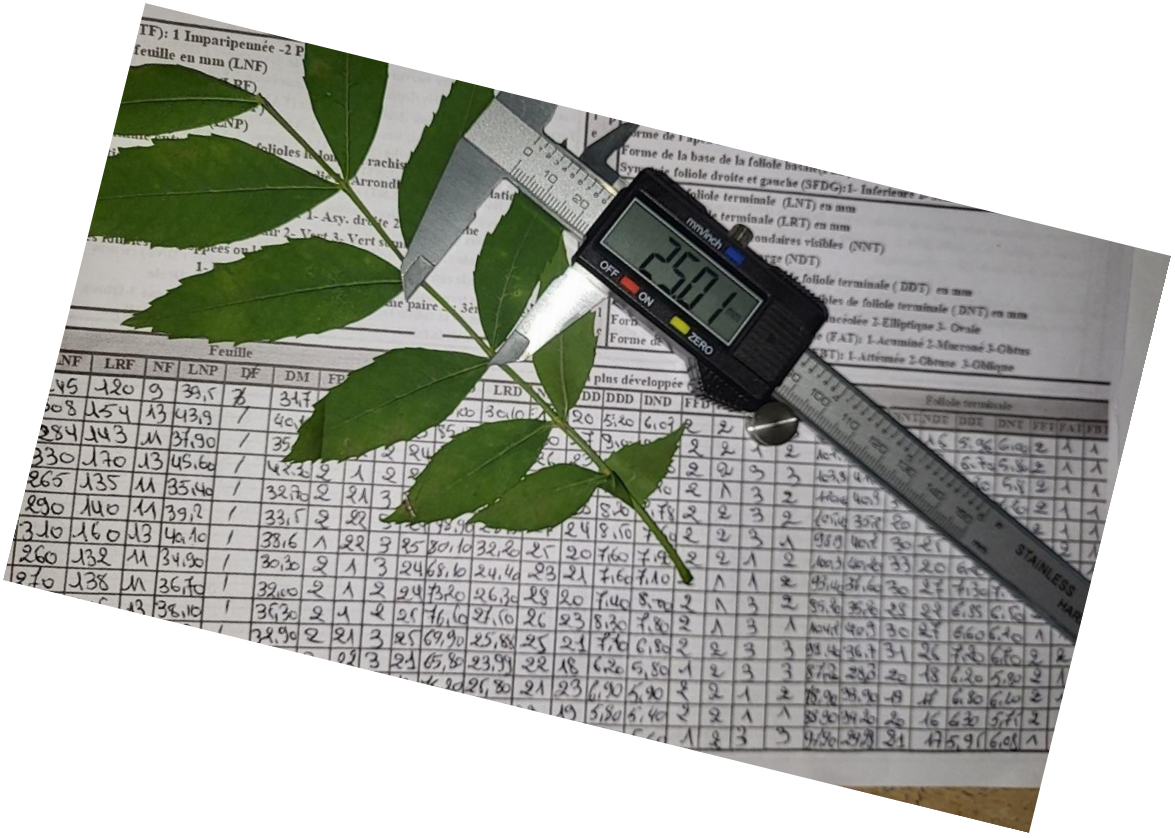
La plante médicinale *Fraxinus angustifolia* Vahl est exploitée depuis l'Antiquité (Hippocrate et Théophraste) à travers toute son aire de répartition, principalement pour l'usage thérapeutique de ses parties aériennes — les feuilles et l'écorce — tandis que ses racines ne sont employées que dans une moindre mesure (Fournier & Boisvert, 2010).

Cette essence est historiquement réputée pour ses propriétés anti-inflammatoires puissantes, indiquées dans le traitement du rhumatisme musculaire chronique, du rhumatisme goutteux et de la goutte (Fournier & Boisvert, 2010).

De nos jours, les enquêtes ethnobotaniques menées en Algérie confirment que les préparations artisanales de ses feuilles et de son écorce sont couramment administrées par voie interne pour leurs vertus laxatives, fébrifuges, antirhumatismales, vermifuges et antidiarrhéiques, l'écorce faisant également l'objet d'un usage spécifique pour lutter contre les calculs biliaires (Ait Youssef, 2006 ; Rameau, 2008).

CHAPITRE II

ETUDE DU MILIEU, MATERIEL & METHODES



1. Etude du milieu

1.1 Etude physique

1.1.1 Choix et caractéristiques

L'étude actuelle a été effectuée sur les feuilles de deux populations naturelles algériennes (tableau 1 et figure 6) de l'espèce *Fraxinus Angustifolia* kahl.

Les principales caractéristiques géographiques des sites échantillonnés sont indiquées dans le tableau 3.

Tableau 1. Principales caractéristiques géographiques des sites étudiés.

Site	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Localisation (Wilaya)
El Ghedir (E)	170	36°41'N	6°58'E	Skikda
Zenadia (Z)	1013	36°12'N	5°23'E	Sétif

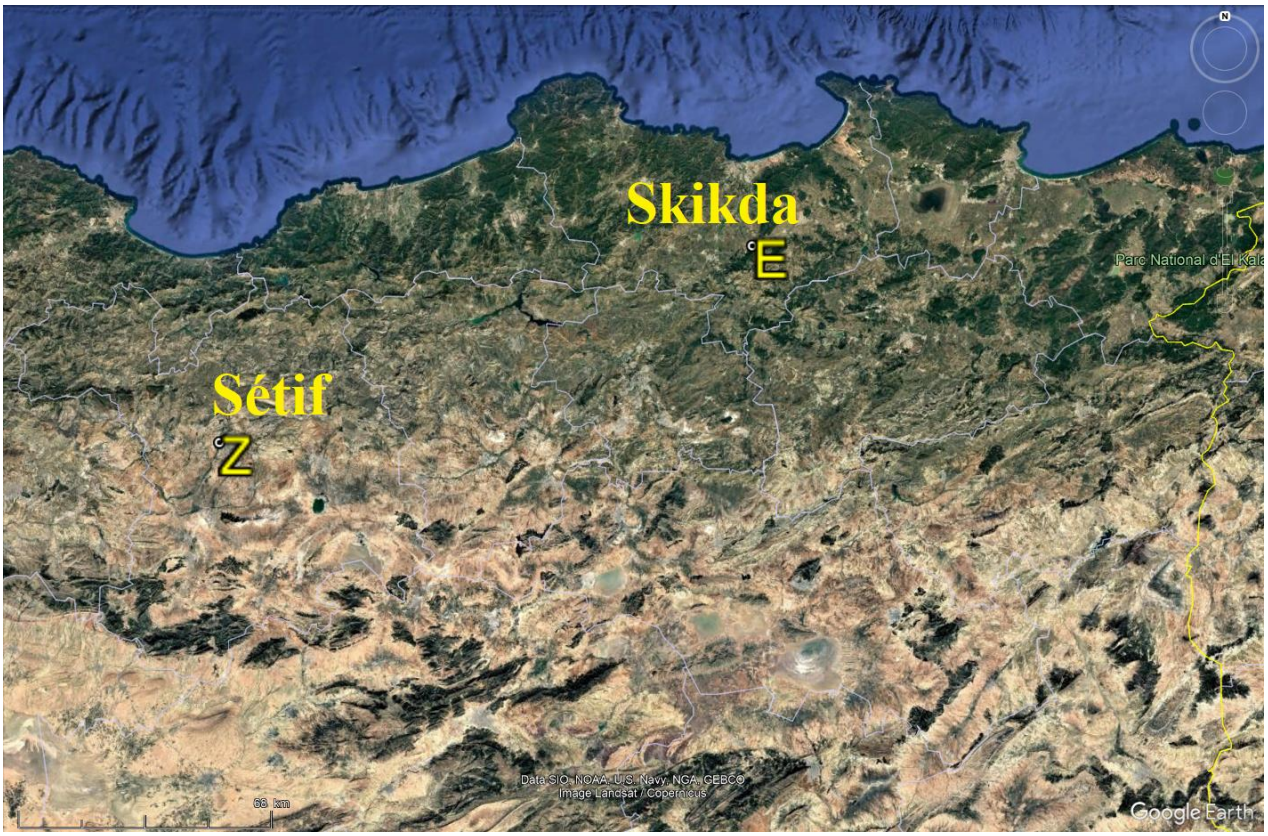


Figure 6. Localisation des deux sites d'échantillonnage de notre espèce. El Ghedir (E) et Zenadia (Z).

1.1.2 Cadre administratif et biogéographique

1.1.2.1 El Ghedir

La forêt de Ghedir, située dans la wilaya de Skikda au Nord-Est de l'Algérie, s'inscrit dans le domaine forestier du Tell oriental, une région caractérisée par une forte couverture forestière et une organisation écologique influencée par le climat méditerranéen humide à subhumide. Elle relève administrativement du domaine forestier national géré par les services forestiers de l'État. À l'échelle régionale, la wilaya de Skikda se distingue par un important couvert forestier composé principalement de chêne-liège, de chêne zeen et de formations de maquis, dans un contexte bioclimatique favorable à la végétation forestière dense (Direction Générale des Forêts, 2010 ; PNST/CERIST, 2022).

Sur le plan géomorphologique, la forêt de Ghedir repose sur des formations telliennes constituées principalement de terrains marno-gréseux et numidiens, connus pour leur sensibilité à l'érosion hydrique. Le relief est collinéen à montagneux, avec des pentes relativement fortes favorisant le ruissellement, l'incision des talwegs et le transport des sédiments vers les oueds temporaires (Merazga & Ghariiani, 2023 ; PNST/CERIST, 2022). Cette dynamique rend ces milieux particulièrement sensibles à la dégradation des sols en cas de pression anthropique ou de déboisement.

1.1.2.2 Zenadia

La forêt de Zenadia, située au nord de la ville de Sétif dans les Hautes Plaines sétifiennes, constitue un espace forestier périurbain relevant du domaine forestier de l'État et géré par la Conservation des forêts de la wilaya de Sétif. Elle se développe dans un contexte géomorphologique de plateaux légèrement ondulés à forte altitude (environ 1000–1100 m), caractérisés par des formations sédimentaires continentales sensibles à l'érosion hydrique, sous un climat semi-continental à tendance semi-aride marqué par une forte irrégularité des précipitations (Direction Générale des Forêts, 2010 ; Mihi, 2012).

Sur le plan floristique, la forêt présente un couvert végétal relativement dégradé et discontinu, dominé par des reboisements de pin d'Alep (*Pinus halepensis*), associés localement à des formations de chêne vert (*Quercus ilex*) et tandis que les zones ouvertes sont occupées par des espèces steppiques et xérophiles telles que l'alfa (*Stipa tenacissima*), l'armoise (*Artemisia herba-alba*), le romarin (*Rosmarinus officinalis*) et le lentisque (*Pistacia lentiscus*), traduisant une transition progressive entre milieu forestier méditerranéen dégradé et steppe des Hautes Plaines (Quezel & Santa, 1962 ; Ozenda, 1991 ; Mihi, 2012).

1.1 Etude climatique

1.1.1 Sources et périodes des données météorologiques

Les données météorologiques exploitées sont issues des bulletins climatiques mensuels de l'Office National Météorologique (O.N.M) d'Alger. Elles sont recueillies sur une période trentenaire pour les deux sites d'échantillonnage (Tableau 2).

Tableau 2. Caractéristiques des stations climatiques de référence, périodes et sources des données (O.N.M. d'Alger).

Station météorologique	Période	Cordonnées Lambert		Altitude (m)	Sites d'échantillonnage
		Latitude	Longitude		
Skikda	1996/2025	36,93°N	6,95°E	7	El Ghedir
Sétif	1996/2025	36,18°N	5,42°E	1038	Zenadia

1.1.2 Paramètres et indices climatiques étudiés

Les paramètres et les indices climatiques retenus dans l'étude du climat de chaque site d'échantillonnage sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3. Paramètres et indices climatiques appliqués pour les sites d'échantillonnage.

Paramètres & indices climatiques		
Paramètres thermiques	T	Valeur de la moyenne annuelle (°C).
	m	Valeur de la moyenne des minimas du mois le plus froid (°C).
	M	Valeur de la moyenne des maximas du mois le plus chaud (°C).
	T min	Valeur la plus faible des moyennes mensuelles (°C).
	T max	Valeur la plus forte des moyennes mensuelles (°C).
Paramètres pluviométriques	P	Pluviométrie totale annuelle (mn/ an).
Indices climatiques	A ou Ic	Amplitude thermique annuelle moyenne (T max- T min).
	Q_3	Quotient pluviothermique d'Emberger modifié par Stewart.

1.1.3 Données et paramètres climatiques

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

Les valeurs thermiques sont corrigées en fonction du gradient altitudinal, pour chaque tranche de 100 mètres de dénivelé. La correction appliquée est de –0,7 °C pour les températures maximales (M) et de –0,4 °C pour les températures minimales (m).

Par ailleurs, les précipitations annuelles sont ajustées en fonction de l'altitude, avec une augmentation de 40 mm par 100 m selon Seltzer (1946). Dans le cas des stations situées en milieu semi-aride, une correction additionnelle de 20 mm est parfois appliquée, conformément aux travaux de Djebaili (1984).

Les données corrigées relatives aux températures et même celles relatives aux précipitations des sites étudiés (Tableau 4).

1.1.4 Synthèse climatique

1.1.4.1 La continentalité

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

De nombreux auteurs ont utilisée **l'amplitude thermique annuelle moyenne « A »** qui augmente avec l'éloignement de la mer afin d'évaluer le degré de continentalité. Cette amplitude se définie par l'écart entre les températures moyennes mensuelles extrêmes (T max-T min) de l'année d'une station météorologique (Emberger, 1971 ; Rivas-Martinez, 2005 ; Mokhtari *et al*., 2013). Elle a une influence de la première grandeur de la répartition de la végétation et, par conséquent, sur les frontières de nombreux bioclimats (Rivas-Martinez, 2005).

Rivas-Martinez (2005) qui a défini trois types et dix-huit sous-types de **continentalité thermique** (avec son indice Ic= A) dans le monde (Tableau 5).

Tableau 4. Données thermiques (en C°) et pluviométriques (en mm) corrigées des sites étudiés

Site / Paramètre		J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D	Moyenne	Somme
El Ghedir	**m**	**1,33**	2,23	3,83	5,53	8,43	12,13	15,03	15,33	11,43	8,43	5,33	2,83	**6,89**	-
	M	8,21	8,61	8,61	14,11	20,81	24,21	26,51	**27,21**	18,41	17,21	13,21	9,11	**15,00**	-
	T	**4,77**	5,42	6,22	9,82	14,62	18,17	20,77	**21,27**	14,92	12,82	9,27	5,97	**10,94**	
	P	95,26	80,26	60,17	48,51	42,24	13,72	2,35	11,27	40,67	65,95	118,68	111,33	-	694,50
Zenadia	**m**	**0,58**	1,48	3,08	4,78	7,68	11,38	14,28	14,58	10,68	7,68	4,58	2,08	**6,90**	-
	M	6,89	7,29	7,29	12,79	19,49	22,89	25,19	**25,89**	17,09	15,89	11,89	7,79	**15,03**	-
	T	**3,73**	4,38	5,18	8,78	13,58	17,13	19,73	**20,23**	13,88	11,78	8,23	4,93	**10,97**	-
	p	25,29	23,35	36,42	40,66	41,87	15,85	13,55	26,02	47,07	30,61	35,33	25,05	-	385,10

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

Tableau 5. Types et sous-types de continentalité thermique selon Rivas-Martinez (2005a)

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

L'application de cette classification aux sites d'échantillonnage révèle (Tableau 6) qu'El Ghedir et Zenadia présentent un bioclimat similaire : Eu-océanique atténué avec un indice Ic = 16,5 °C.

Tableau 6. Valeurs de l'amplitude annuelle moyenne et Bioclimats corresponds selon les classifications de Rivas-Martinez (2005).

Site	Ic=A (°C)	Bioclimat
El Ghedir (E)	**16.5**	Eu-océanique atténué
Zenadia (Z)	**16.5**	Eu-océanique atténué

1.1.4.2 La sécheresse

- **Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger**

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

$$Q_2 = \frac{1000P}{\frac{(M+m)(M-m)}{2}} \qquad \text{ou} \qquad Q_2 = \frac{2000P}{M^2-m^2}$$

P : Précipitations annuelles totales (mm) ;

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

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

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

Stewart (1969) a développé une formule simplifiée de ce quotient pluviothermique d'Emberger pour l'Algérie et le Maroc, qui est défini comme suit : $Q_3 = 3.43\ P/M\text{-}m$

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

P : Précipitations totales annuelles en mm ;

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

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

Le climagramme d'Emberger fait intervenir deux facteurs essentiels, d'une part la sécheresse représentée par le quotient pluviothermique Q_3 en ordonnées et d'autre part la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en abscisses (Stewart, 1969). Plus ce quotient pluviothermique est élevé, plus le climat est plus humide (Dajoz, 1985).

L'application de la formule précédente (tableau 7 et figure 7) montre l'existence de deux bioclimats allant de Sub-humide Frais pour El Ghedir (Q_3= 92.04) jusqu'au Semi-aride Frais pour Zenadia (Q_3 =51.31)

Tableau 7. Pluviométrie, températures et quotients d'aridité des sites étudiés

Site	T (°C)		P (mm/an)	Q3	Bioclimats
	M (°C)	m (°C)			
El Ghedir (E)	27.21	1.33	694.5	92.04	Sub-humide Frais
Zenadia (I)	25.89	0.58	385.1	51.31	Semi-aride Frais

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

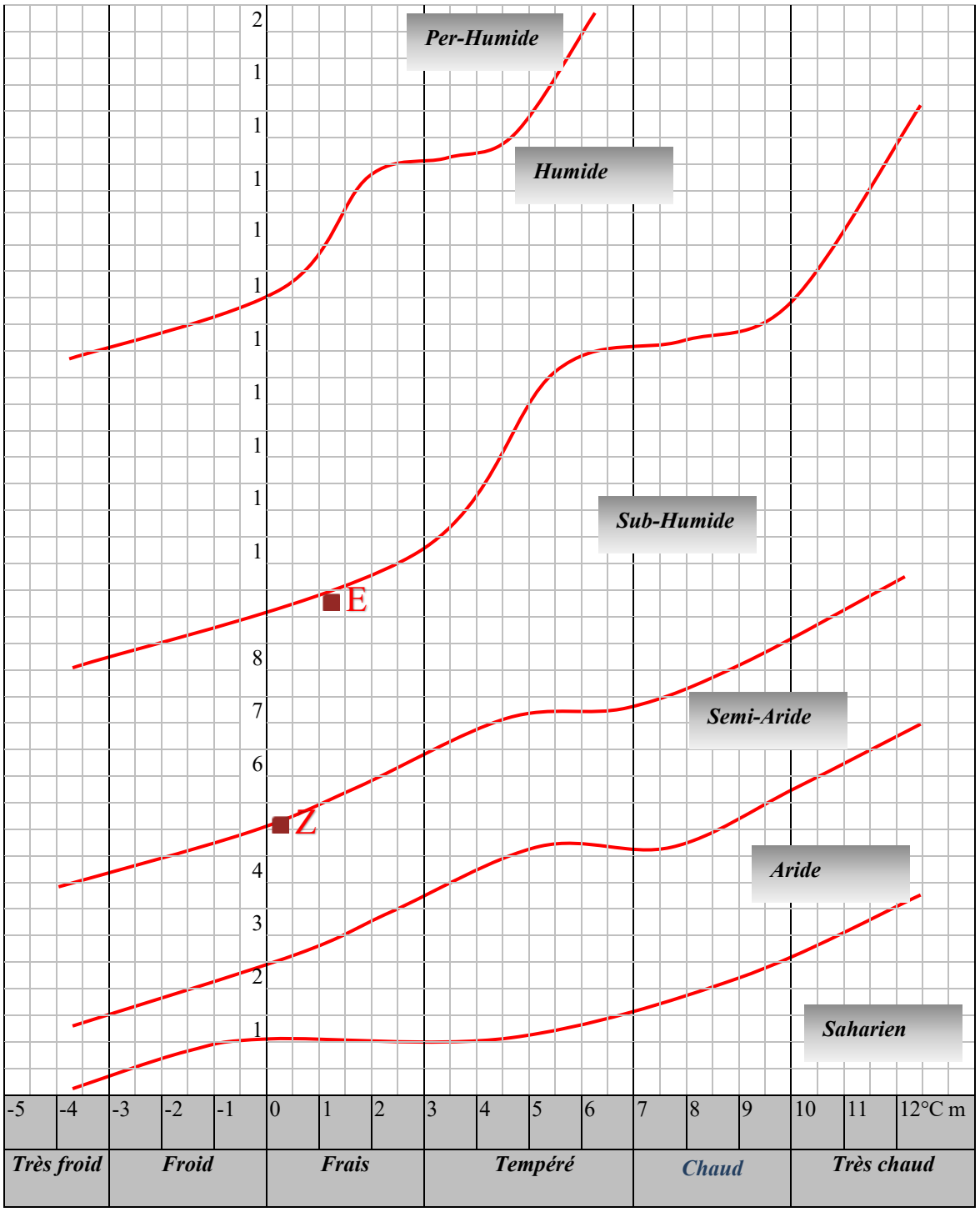


Figure 7. Situation des sites d'échantillonnage dans le climagramme d'Emberger concernant notre espèce. El Ghedir (E) et Zenadia (Z).

2. Matériel et méthodes

2.1 Matériel

2.1.1 Matériel végétal

La récolte a concerné les feuilles de deux populations naturelles existantes en Algérie pour notre espèce *Fraxinus Angustifolia* kahl (Tableau 3).

L'échantillonnage a été réalisé au cours de la campagne 2025–2026. Un total de trente arbustes a été sélectionné de manière aléatoire par population, soit soixante individus au total pour les deux stations étudiées. Par la suite, trente feuilles saines et matures ont été prélevées sur la périphérie de la couronne de chaque arbre échantillonné, ce qui représente un ensemble de 1 800 feuilles au total pour les deux stations.

2.1.2 Matériel expérimental

L'étude de la variabilité phénotypique de notre espèce a été réalisée au niveau du laboratoire pédagogique d'agronomie à l'université 20 Aout 1955 de Skikda. Le matériel utilisé est le suivant :

- **Sur terrain :** Sécateurs et ciseaux, Agrafeuse, Sacs en papier et Appareil photo numérique.
- **Au laboratoire :** Pieds à coulisse, Boites de conservation (papiers), papiers millimétriques.

2.2 Méthodes

2.2.1 Etude morphométrique

2.2.1.1 Choix des caractères

À notre connaissance, il n'existe pas de protocole descriptif standardisé spécifiquement dédié au genre *Fraxinu*s. Par conséquent, les caractères phénotypiques quantitatifs et qualitatifs retenus dans cette étude (tableaux 8 et 9) ont été sélectionnés en s'appuyant sur plusieurs travaux de morphométrie réalisés sur des espèces du genre *Fraxinus* ainsi que sur d'autres taxons de la famille des *Oleaceae*. Parmi ces travaux, on peut citer notamment les études de morphométrie foliaire et de variabilité phénotypique chez les frênes (Vasic et *al.*, 2013 ; Boshier et *al.,* 2000 ; Kleinschmit & Bacilieri, 1990), ainsi que des recherches portant sur la diversité morphologique des espèces ligneuses méditerranéennes.

2.2.1.2 Mensurations

Les mesures pour les feuilles (figures 8 et 9) concernant notre espèce ont été effectuées à l'aide d'un pied à coulisse digital (150 mm) et un papier millimétrique.





Figure 08. Matériel de laboratoire utilisé

(Pied à coulisse et papier millimétrique)

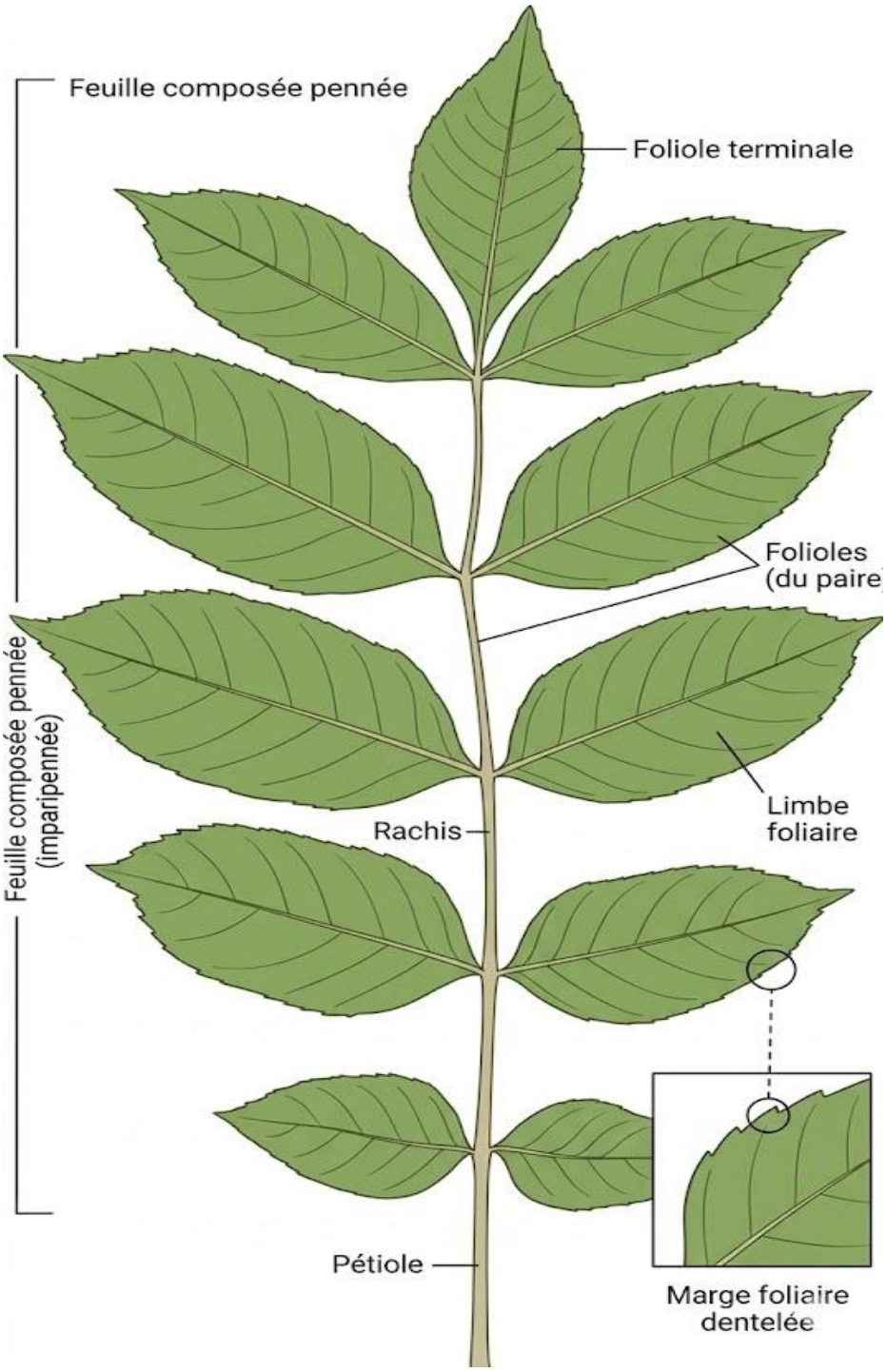


Figure 09. Dimensions d'une feuille dentée (B).

Tableau 8. Variables morphologiques quantitatives mesurées.

Organe	Caractère	Abréviation
Feuille	Longueur de la feuille en mm	LNF
	Largeur de la feuille en mm	LRF
	Nombre de folioles de la feuille	NF
	Longueur du pétiole en mm	LNP
	Distance maximale entre paires de folioles le long du rachis (mm)	DM
Foliole droite développée	Longueur de foliole droite développée	LND
	Largeur de foliole droite développée	LRD
	Nombre des nervures secondaires visibles	NND
	Nombre des dents de la marge	NDD
	Distance maximale entre dents de foliole développée en mm	DDD
	Distance maximale entre nervures visibles de foliole développée en mm	DND
Foliole terminale	Longueur de foliole terminale en mm	LNT
	Largeur de foliole terminale en mm	LRT
	Nombre des nervures secondaires visibles	NNT
	Nombre des dents de la marge	NDT
	Distance maximale entre dents de foliole terminale en mm	DDT
	Distance maximale entre nervures visibles de foliole terminale en mm	DNT

Tableau 9. Variables morphologiques qualitatives étudiées.

Organe	Caractère	Abréviation	Codification
Feuille	Type de feuille	TF	1 = Imparipennée ; 2 = Paripennée
	Forme du pétiole de la feuille	FP	1 = Arrondie ; 2 = Arrondie aplatie ; 3 = Aplatie
	Symétrie de la feuille	SF	1 = Symétrique ; 2 = Asymétrique droite ; 3 = Asymétrique gauche
	Couleur de la feuille	CF	1 = Vert clair ; 2 = Vert ; 3 = Vert sombre
	Position des folioles développées ou longues	PF	1 = Basale ; 2 = Médiane ; 3 = Apicale
Foliole droite développée	Forme de foliole droite développée	FFD	1 = Lancéolée ; 2 = Elliptique ; 3 = Ovale
	Forme de l'apex de la foliole droite développée	FAD	1 = Acuminé ; 2 = Mucroné ; 3 = Obtus
	Forme de la base de la foliole basale	FBD	1 = Atténuée ; 2 = Obtuse ; 3 = Oblique
	Symétrie foliole droite et gauche	SFDG	1 = Inférieure ; 2 = Semblable ; 3 = Supérieure
Foliole terminale	Forme de foliole terminale	FFT	1 = Lancéolée ; 2 = Elliptique ; 3 = Ovale
	Forme de l'apex de la foliole terminale	FAT	1 = Acuminé ; 2 = Mucroné ; 3 = Obtus
	Forme de la base de la foliole basale	FBT	1 = Atténuée ; 2 = Obtuse ; 3 = Oblique

2.2.2 Méthodes d'analyses statistiques

2.2.2.1 Types des caractères

Les caractères morphologiques retenus dans le cadre de notre étude, sont de type quantitatifs (mesurables) et qualitatifs (une expression discontinue, observables).

2.2.2.2 Tests de normalité

La normalité des données a été vérifiée à l'aide du test de Kolmogorov Smirnov. La distribution de l'échantillonnage tend à suivre la loi normale (taille des échantillons suffisamment grande N =30).

2.2.2.3 Statistiques descriptives

Les statistiques élémentaires ont été calculées à l'échelle intra et inter-populations pour notre espèce pour les variables : Quantitatives : moyenne, minimum, maximum, écart-type et coefficient de variation et qualitatives : effectifs (pourcentage)

2.2.2.4 Tests de significativité

Dans notre étude, nous avons analysé deux groupes (populations), indépendants ou appariés selon le protocole expérimental. Pour comparer les variables quantitatives entre les deux populations, un test t de Student a été réalisé à l'échelle intra-population. À l'échelle inter-population, une analyse de la variance à un seul facteur (ANOVA) a été utilisée.

2.2.2.5 Tests de corrélation

Le coefficient de corrélation « r » avec sa valeur comprise entre -1 et 1, a été appliqué pour voir la liaison entre l'ensemble des variables quantitatives.

2.2.2.6 Analyses factorielles

Les analyses multivariées ont été appliquées pour les arbres :

- **Analyse en composantes principales (ACP) :** L'analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée pour les variables quantitatives relatives aux feuilles (tableau 12) avec les variables environnementales (altitude, latitude et longitude, température maximale M et minimale m, précipitation P, indice de Continentalité Ic et coefficient d'Emberger Q_3).
- **- Classification ascendante hiérarchique (CAH) :** une classification ascendante hiérarchique (CHA) par la méthode Ward via la distance euclidienne a été appliquée pour les trois populations étudiées. Les points (arbres) à classer étant repérés par les coordonnées des deux premiers axes factoriels.

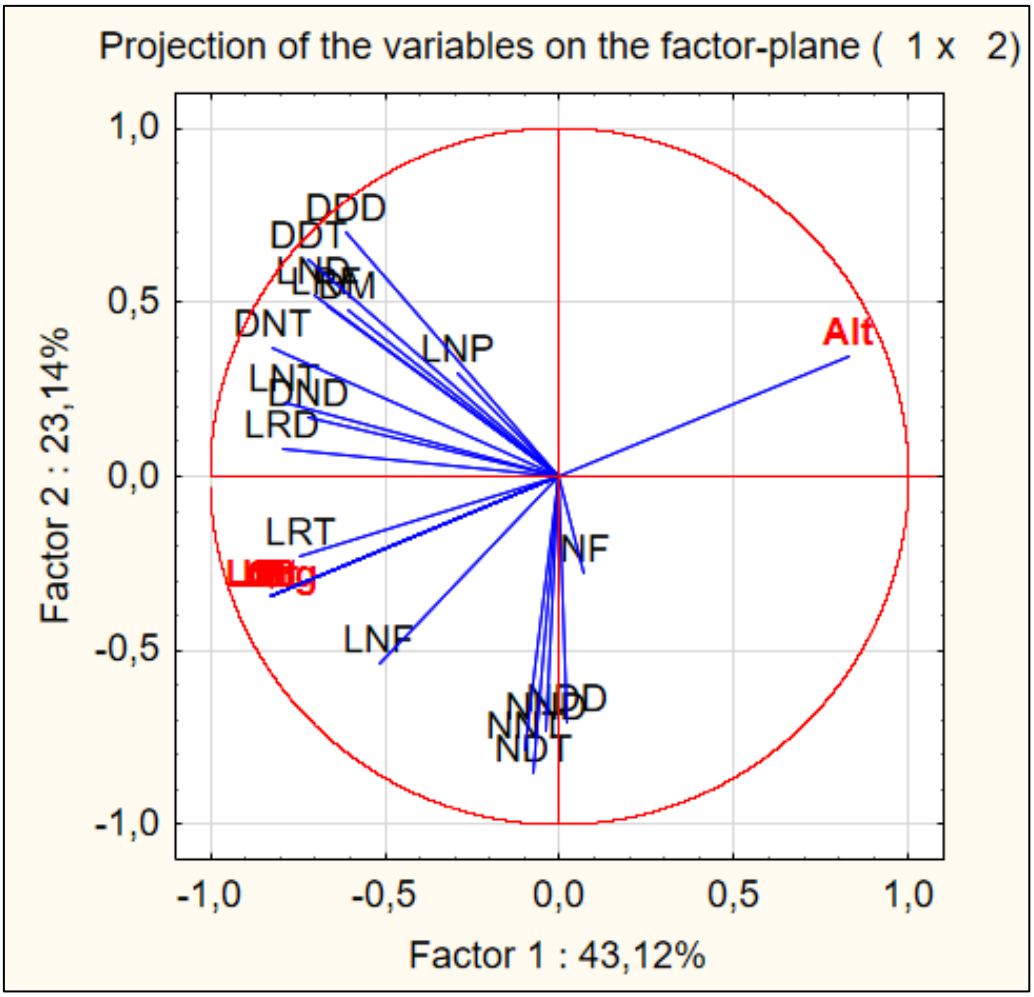
2.2.2.7 Logiciels appliqués

L'ensemble de ces tests a été effectué à l'aide des programmes suivants :

STATISTICA 12 et R 4.4.0.

CHAPITRE III

RESULATS & DISCUSSION



1. Résultats

1.1 Étude morphométrique

1.1.1 Les caractères quantitatifs

1.1.1.1 Longueur de la feuille (LNF)

La longueur des feuilles enregistrée au niveau d'El Ghedir varie entre 89,84 mm et 476 mm, avec une moyenne de 237,28 mm. À Zenadia, la moyenne est de 200,88 mm, avec des valeurs comprises entre 67 mm et 391 mm.

Pour l'ensemble de l'espèce, la longueur moyenne des feuilles est de 219,08 mm, avec un écart-type de 56,64 mm et un coefficient de variation de 25,85 %. Les feuilles les plus longues ont été observées à El Ghedir (tableau 10).

1.1.1.2 Largeur de la feuille (LRF)

À El Ghedir, la largeur moyenne des feuilles est de 148,33 mm, avec des valeurs variant entre 14 mm et 453 mm. L'écart-type est de 33,10 mm et le coefficient de variation de 22,99 %. À Zenadia, la moyenne enregistrée est de 139,58 mm, avec une étendue comprise entre 16 mm et 278 mm, un écart-type de 27,41 mm et un coefficient de variation de 19,64 %.

Pour l'espèce, la largeur moyenne des feuilles est de 143,95 mm, avec une étendue de 14 mm à 453 mm (tableau 10).

1.1.1.3 Nombre de folioles de la feuille (NF)

Le nombre moyen de folioles par feuille est de 10,00 à El Ghedir et de 9,79 à Zenadia. Dans les deux populations, les valeurs varient entre 5 et 18 folioles.

La moyenne de l'espèce est de 9,90 folioles, avec un écart-type de 2,17. La population d'El Ghedir présente les valeurs les plus élevées (tableau 10).

1.1.1.4 Longueur du pétiole (LP)

La longueur moyenne du pétiole est de 43,34 mm à El Ghedir, avec une étendue comprise entre 14,77 mm et 88,93 mm. À Zenadia, la moyenne enregistrée est de 42,91 mm, avec des valeurs variant entre 13,76 mm et 98,27 mm. La moyenne générale pour l'espèce est de 42,48 mm (tableau 10).

1.1.1.5 Distance maximale entre les paires de folioles le long du rachis (DM)

Ce caractère présente une moyenne de 34,92 mm à El Ghedir et de 32,48 mm à Zenadia. Les valeurs observées varient respectivement entre 10,18 mm et 83,26 mm, et entre 10,01 mm et 58,48 mm.

La moyenne de l'espèce est de 33,70 mm, avec un écart-type de 7,83 mm. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées à El Ghedir (tableau 10).

1.1.1.6 Longueur de la foliole droite développée (LND)

À El Ghedir, la longueur des folioles droites développées varie entre 30,44 mm et 162 mm, avec une moyenne de 74,75 mm. À Zenadia, la moyenne est de 68,47 mm, avec des valeurs comprises entre 30,97 mm et 141,10 mm.

La moyenne de l'espèce est de 71,61 mm. Les folioles les plus longues ont été observées à El Ghedir (tableau 10).

1.1.1.7 Largeur de la foliole droite développée (LRD)

La largeur moyenne des folioles droites développées est de 26,23 mm à El Ghedir et de 22,45 mm à Zenadia. Les étendues observées sont respectivement de 1,34 à 49,82 mm et de 1,34 à 45,67 mm.

Pour l'espèce, la moyenne est de 24,34 mm, avec un écart-type de 6,00 mm et un coefficient de variation de 24,64 % (tableau 10).

1.1.1.8 Nombre de nervures secondaires visibles (NND)

À El Ghedir, le nombre moyen de nervures secondaires visibles est de 19,67, avec des valeurs variant entre 10 et 35. L'écart-type est de 6,53 et le coefficient de variation de 33,19 %. À Zenadia, la moyenne est de 19,18, avec une étendue de 10 à 39, un écart-type de 7,18 et un coefficient de variation de 37,41 %.

La moyenne de l'espèce est de 19,50, avec une étendue comprise entre 9 et 43 (tableau 10).

1.1.1.9 Nombre de dents de la marge (NDD)

À El Ghedir, le nombre moyen de dents de la marge est de 8,87, avec des valeurs comprises entre 3,18 et 19,94. À Zenadia, la moyenne est de 7,76, avec une étendue de 2,17 à 19,06. Les écarts-types et coefficients de variation sont respectivement de 2,93 et 33,03 % à El Ghedir, et de 2,41 et 31,01 % à Zenadia (tableau 13).

1.1.1.10 Distance maximale entre les dents de la foliole développée (DDD)

La distance maximale entre les dents est en moyenne de 9,15 mm à El Ghedir et de 8,03 mm à Zenadia. Les étendues observées sont respectivement de 3,04 à 19,48 mm et de 3,30 à 19,47 mm.

Les écarts-types et coefficients de variation sont respectivement de 2,55 mm et 27,81 % à El Ghedir, et de 2,26 mm et 28,18 % à Zenadia. La moyenne de l'espèce est de 8,59 mm (tableau 10).

1.1.1.11 Distance maximale entre les nervures visibles de la foliole développée (DND)

La distance maximale entre les nervures visibles est de 86,22 mm à El Ghedir et de 76,08 mm à Zenadia.

Les valeurs observées varient respectivement entre 14,43 mm et 196,79 mm, et entre 15,36 mm et 140,23 mm. La moyenne de l'espèce est de 81,41 mm, avec un écart-type de 20,32 mm et un coefficient de variation de 24,96 % (tableau 13).

1.1.1.12 Longueur de la foliole terminale (LNT)

La longueur moyenne de la foliole terminale est de 31,62 mm à El Ghedir et de 23,91 mm à Zenadia. Les étendues observées sont respectivement de 12,30 à 69,49 mm et de 12,01 à 63,48 mm. Pour l'espèce, les valeurs varient entre 12,01 mm et 69,49 mm (tableau 10).

1.1.1.13 Largeur de la foliole terminale (LRT)

À El Ghedir, la largeur moyenne de la foliole terminale est de 1,14 mm, avec un écart-type de 1,00 mm et un coefficient de variation de 1,87 %. À Zenadia, la moyenne enregistrée est de 1,22 mm. La moyenne générale pour l'espèce est de 1,18 mm (tableau 10).

1.1.1.14 Nombre de nervures secondaires visibles de la foliole terminale (NNT)

Ce caractère présente des moyennes de 22,43 à El Ghedir et de 20,65 à Zenadia, avec des étendues variant respectivement entre 10 et 39, et entre 10 et 45.

La moyenne de l'espèce est de 21,59. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées à El Ghedir (tableau 10).

1.1.1.15 Nombre de dents de la marge de la foliole terminale (NDT)

À El Ghedir, le nombre moyen de dents est de 23,18, avec des valeurs comprises entre 9 et 45. À Zenadia, la moyenne est de 20,93, avec une étendue allant de 9 à 47. Les écarts-types et coefficients de variation sont respectivement de 8,05 et 34,72 % à El Ghedir, et de 7,66 et 36,49 % à Zenadia (tableau 10).

1.1.1.16 Distance maximale entre les dents de la foliole terminale (DDT)

À El Ghedir, la distance maximale entre les dents de la foliole terminale est en moyenne de 8,96 mm, avec des valeurs variant entre 2,31 mm et 20,84 mm. L'écart-type est de 3,24 mm et le coefficient de variation de 36,11 %. À Zenadia, la moyenne est de 7,45 mm, avec une étendue de 2,22 mm à 21,33 mm, un écart-type de 2,49 mm et un coefficient de variation de 33,49 %. La moyenne de l'espèce est de 8,24 mm (tableau 10).

1.1.1.17 Distance maximale entre les nervures visibles de la foliole terminale (DNT)

La distance maximale entre les nervures visibles de la foliole terminale est de 8,96 mm à El Ghedir et de 7,43 mm à Zenadia. Les étendues observées sont respectivement de 2,28 à 21 mm et de 3,33 à 21,90 mm. La moyenne enregistrée pour l'espèce est de 8,23 mm (tableau 10).

Tableau 10. Caractéristiques des caractères quantitatifs mesurés

Variable / Station	EL Ghedir (E)	Zenadia (Z)	Moyenne (Espèce)
Longueur de la feuille en mm	237,28 ± ***55,06 (89,84–476) 23,20	200,88 ±*** 52,19 (67–391) 25,98	219,08 ± ***56,64 (67–476) 25,85
Largeur de la feuille en mm	148,33 ± ***37,45 (14–453) 25,25	139,58 ± ***27,41 (16–278) 19,64	143,95 ±*** 33,10 (14–453) 22,99
Nombre de folioles de la feuille	10,00 ±*** 2,3 (5–18)23,26	9,79 ± ***1,99 (5–18) 20,31	9,90 ±* 2,17 (5–18) 21,89
Longueur du pétiole en mm	43,34 ±*** 12,00 (14,77–88,93) 27,68	42,48 ±*** 11,26 (13,76–98,27) 26,50	42,91 ± ***11,64 (13,76–98,27) 27,12
Distance maximale entre paires de folioles le long du rachis (mm)	34,92 ±*** 8,21 (10,18–83,26) 23,52	32,48 ±*** 7,23 (10,01–58,45) 22,26	33,70 ± ***7,83 (10,01–83,26) 23,24
Longueur de foliole droite développée	74,75 ± ***19,69 (30,44–162) 26,35	68,47 ± ***13,50 (30,97–141,10) 19,72	71,61 ± ***17,17 (30,44–162,00) 23,98
Largeur de foliole droite développée	26,23 ±*** 6,27 (1,34–49,82) 23,92	22,45 ±*** 5,05 (1,34–45,67) 22,48	24,34 ± ***6,00 (1,34–49,82) 24,64
Nombre des nervures secondaires visibles	19,67 ± ***6,53 (10–35) 33,19	19,18 ± ***7,18 (10–39) 37,41	19,42 ±*** 6,86 (10–39) 35,32
Nombre des dents de la marge	19,41 ± ***6,16 (9–38) 31,74	19,59 ±*** 6,69 (9–43) 34,17	19,50 ± 6,43 (9–43) 32,98
Distance maximale entre dents de foliole développée en mm	8,87 ± ***2,93 (3,18–19,94) 33,03	7,76 ± ***2,41 (2,17–19,06) 31,01	8,31 ± ***2,74 (2,17–19,94) 32,91
Distance maximale entre nervures visibles de foliole développée en mm	9,15 ±*** 2,55 (3,04–19,84) 27,81	8,03 ± ***2,26 (3,30–19,47) 28,18	8,59 ± ***2,47 (3,04–19,84) 28,78
Longueur de foliole terminale en mm	86,22 ±*** 22,18 (14,43–196,79) 25,73	76,08 ± ***16,49 (15,36–140,23) 21,67	81,41 ± ***20,32 (14,43–196,79) 24,96
Largeur de foliole terminale en mm	31,62 ±*** 8,76 (12,30–69,49) 27,69	23,91 ± ***6,58 (12,01–63,48) 27,54	27,96 ± ***8,70 (12,01–69,49) 31,11
Nombre des nervures secondaires visibles	22,43 ±*** 7,68 (10–39) 34,26	20,65 ± ***8,23 (10–45) 39,84	21,59 ± 7,99 (10–45) 37,03
Nombre des dents de la marge	23,18 ± ***8,05 (9–45) 34,72	20,99 ±*** 7,66 (9–47) 36,49	22,14 ±*** 7,94 (9–47) 35,86
Distance maximale entre dents de foliole terminale en mm	8,96 ± ***3,24 (2,31–20,84) 36,11	7,45 ±*** 2,49 (2,22–21,33) 33,49	8,24 ±*** 3,00 (2,22–21,33) 36,44
Distance maximale entre nervures visibles de foliole terminale en mm	8,95 ±*** 2,87 (2,28–21,68) 32,09	7,43 ±*** 2,17 (3,33–21,90) 29,15	8,23 ±*** 2,67 (2,28–21,90) 32,45

Moy, Moyenne ; ET, écart type ; Min, minimum ; Max, maximum ; Seuil de signification statistique *, $p < 0,05$; **, $p < 0,01$; ***, $p < 0,001$

1.1.2 Les caractères qualitatifs

1.1.2.1 Type de feuille TF

Au niveau intra et inter-population la forme Imparipennée est celle la plus abondante avec une valeur de **86,00**% pour l'espèce. Par station, nous avons les proportions (**81,67 %**%-**90,33** % pour les deux populations : Zenadia et EL Ghedir, respectivement (tableau 11).

1.1.2.2 Forme du pétiole de la feuille FP

La forme elliptique Arrondie aplatie est celle la plus importante au niveau intra et inter-population. A EL Ghedir, nous avons la valeur la plus grande (**87** %) pour cette forme comparativement à l'autre station qui a les proportion (76**,78** %), respectivement (tableau 11).

1.1.2.3 Symétrie de la feuille SF

On constate une dominance de la forme symétrique pour ce caractère (**52,17** %) chez l'espèce. Pareillement, a El Ghedir dont la proportion est **55,67 %**. A Zenadia, la forme asymétrique est dominante 51.32 % (tableau 11).

1.1.2.4 Couleur de la feuille (CF)

À l'échelle intra-populationnelle, une variabilité de la couleur des feuilles a été observée. La forme « vert clair » domine globalement au niveau de l'espèce avec un pourcentage de 36,39 %. Toutefois, une nette différenciation entre les deux stations a été enregistrée. La station de El Ghedir est caractérisée principalement par des feuilles vert sombre avec un taux élevé de 57,89 %, alors que la station de Zenadia présente une dominance marquée des feuilles vert clair atteignant 65,00 % (tableau 11).

1.1.2.5 Position des folioles développées ou longues (PF)

À l'échelle intra-populationnelle, la position des folioles développées montre une prédominance nette de la forme apicale. À l'échelle de l'espèce, cette forme représente 70,50% des individus observés. Les deux stations étudiées présentent également cette dominance, avec un pourcentage de 64,33 % à El Ghedir et de 71,11 % à Zenadia (tableau 11).

1.1.2.6 Forme de la foliole droite développée (FFD)

La forme elliptique constitue la forme dominante de la foliole droite développée aussi bien à l'échelle de l'espèce qu'au niveau des deux populations étudiées. Elle représente 71,83 % pour l'espèce, avec des proportions de 75,44 % à El Ghedir et 68,22 % à Zenadia. La forme lancéolée occupe la deuxième position avec 26,67 % pour l'espèce, tandis que la forme ovale demeure très faiblement représentée avec seulement 1,50 % (tableau 11).

1.1.2.7 Forme de l'apex de la foliole droite développée (FAD)

L'analyse de la forme de l'apex de la foliole droite développée montre une nette dominance de la forme mucronée au niveau de l'espèce avec une fréquence de 61,89 %. Cette dominance est également observée dans les deux stations étudiées avec 66,11 % à El Ghedir et 57,67 % à Zenadia. La forme acuminée vient en seconde position avec 35,28 % pour l'espèce, alors que la forme obtuse reste rare avec seulement 2,83 % (tableau 11).

1.1.2.8 Forme de la base de la foliole droite développée (FBD)

Concernant la forme de la base de la foliole droite développée, la forme atténuée apparaît comme la plus fréquente à l'échelle de l'espèce avec 59,06 %. Cette tendance est également observée dans les populations de El Ghedir (56,67 %) et de Zenadia (61,44 %) (tableau 11).

1.1.2.9 Symétrie foliole droite et gauche (SFDG)

L'étude de la symétrie des folioles droite et gauche révèle une dominance de la forme semblable au niveau de l'espèce avec un taux de 62,44 %. Cette même tendance est observée dans les deux stations avec 71,78 % à El Ghedir et 53,11 % à Zenadia (tableau 11).

1.1.2.10 Forme de la foliole terminale (FFT)

La forme elliptique de la foliole terminale domine largement au niveau de l'espèce avec une fréquence de 83,3 %. Cette dominance est également enregistrée dans les deux stations étudiées avec 79,1 % à El Ghedir et 79,13 % à Zenadia (tableau 11).

1.1.2.11 Forme de l'apex de la foliole terminale (FAT)

La forme mucronée de l'apex de la foliole terminale est la plus fréquente au niveau de l'espèce avec 52,7 %. Cette dominance est observée également à El Ghedir (54,5 %) et à Zenadia (54,52 %). La forme acuminée représente 42,9 % pour l'espèce, tandis que la forme obtuse demeure rare avec seulement 4,4 % (tableau 11).

1.1.2.12 Forme de la base de la foliole terminale (FBT)

Concernant la forme de la base de la foliole terminale, la forme atténuée domine très largement aussi bien au niveau de l'espèce que dans les deux stations étudiées. Elle atteint 96,3 % pour l'espèce, avec des valeurs de 95,0 % à El Ghedir et 95,02 % à Zenadia. Les formes obtuse et oblique restent très faiblement représentées avec respectivement 0,9 % et 2,8 % pour l'espèce (tableau 11).

Tableau 11. Fréquences (%) pour les variables qualitatives par station (feuilles)

Caractère / Organe	Variantes	EL Ghedir (E) %	Zenadia (Z) %	Espèce %
Type de feuille (TF)	1- Imparipennée	90,33	81,67 %	86,00
	2- Paripennée	9,67	18,33 %	14,00
Forme du pétiole de la feuille (FP)	1- Arrondie	12,44	23,11 %	17,78
	2- Arrondie aplatie	87,00	76,78 %	81,89
	3- Aplatie	0,56	0,11 %	0,33
Symétrie de la feuille (SF)	1- Symétrique	55,67	48,67 %	52,17
	2- Asymétrique droite	22,11	25,99 %	24,06
	3- Asymétrique gauche	22,22	25,33 %	23,78
Couleur de la feuille (CF)	1- Vert clair	7,78	65,00 %	36,39
	2- Vert	34,33	30,78 %	32,56
	3- Vert sombre	57,89	4,22 %	31,06
Position des folioles développées ou longues (PF)	1- Basale	4,34	0,22 %	0,94
	2- Médiane	31,33	28,67 %	28,56
	3- Apicale	64,33	71,11 %	70,50
Forme de la foliole droite développée (FFD)	1- Lancéolée	22,67	30,67 %	26,67
	2- Elliptique	75,44	68,22 %	71,83
	3- Ovale	1,89	1,11 %	1,50
Forme de l'apex de la foliole droite développée (FAD)	1- Acuminé	29,11	41,44 %	35,28
	2- Mucroné	66,11	57,67 %	61,89
	3- Obtus	4,78	0,89 %	2,83
Forme de la base de la foliole droite développée (FBD)	1- Atténuée	56,67	61,44 %	59,06
	2- Obtuse	3,89	1,67 %	2,78
	3- Oblique	39,44	36,89 %	38,17
Symétrie foliole droite et gauche (SFDG)	1- Inférieure	15,67	28,56 %	22,11
	2- Semblable	71,78	53,11 %	62,44
	3- Supérieure	12,56	18,33 %	15,44
Forme de la foliole terminale (FFT)	1- Lancéolée	17,4	17,45 %	13,9
	2- Elliptique	79,1	79,13 %	83,3
	3- Ovale	3,4	3,43 %	2,8
Forme de l'apex de la foliole terminale (FAT)	1- Acuminé	40,2	40,19 %	42,9
	2- Mucroné	54,5	54,52 %	52,7
	3- Obtus	5,3	5,30 %	4,4
Forme de la base de la foliole terminale (FBT)	1- Atténuée	95,0	95,02 %	96,3
	2- Obtuse	1,2	1,25 %	0,9
	3- Oblique	3,8	3,74 %	2,8

1.2 Analyse de la diversité morphologique

1.2.1 Tests de significativité

L'analyse statistique des caractères foliaires a été réalisée à l'aide d'une ANOVA à un seul facteur afin d'évaluer les variations intra-population (entre les arbres). Les résultats obtenus montrent des différences hautement significatives pour l'ensemble des variables quantitatives étudiées ($p < 0,001$), indiquant une forte variabilité entre les individus au sein des populations. Par ailleurs, le test t de Student appliqué pour la comparaison inter-populations confirme ces résultats en mettant en évidence des différences significatives entre El Ghedir et Zenadia pour la majorité des caractères morphologiques. Ces analyses statistiques soulignent ainsi l'existence d'une structuration morphologique marquée, à la fois au niveau intra- et inter-populationnel (tableau 10).

1.2.2 Tests de corrélation

Les corrélations entre les différentes variables quantitatives de l'appareil foliaire sont illustrées dans le tableau. Des corrélations fortes ($\geq 0,50$) et hautement significatives ($p < 0,001$) sont principalement observées entre (tableau 12):

- La largeur de la feuille (LRF) et la longueur de la foliole droite développée (LND), avec une valeur de $r = 0,76$.
- Le nombre des nervures secondaires visibles de la foliole développée (NND) et le nombre de dents de sa marge (NDD), avec une valeur de $r = 0,73$.
- Le nombre des nervures secondaires visibles de la foliole terminale (NNT) et le nombre de dents de sa marge (NDT), avec une valeur de $r = 0,79$.
- La longueur de la foliole terminale (LNT) et la largeur de la foliole terminale (LRT), avec une valeur de $r = 0,57$.
- La longueur de la foliole droite développée (LND) et la longueur de la foliole terminale (LNT), avec une valeur de $r = 0,66$.
- La distance maximale entre les dents (DDD) et la distance maximale entre les dents de la foliole terminale (DDT), avec une valeur de $r = 0,64$.
- La distance maximale entre les nervures (DND) et la distance maximale entre les nervures de la foliole terminale (DNT), avec une valeur de $r = 0,60$

Les autres variables présentent des corrélations modérées à faibles. On note notamment une corrélation négative significative mais plus faible entre le **nombre de folioles de la feuille (NF) et la longueur du pétiole (LNP)** ($r = -0,36$), indiquant que plus les folioles sont nombreuses, plus le pétiole tend à être court. Les relations restantes sont presque négligeables ($r < 0,30$).

Tableau 12. Corrélations entre les variables quantitatives mesurées relative aux feuilles.

Variables quantitatives	LNF	LRF	NF	LNP	DM	LND	LRD	NND	NDD	DDD	DND	LNT	LRT	NNT	NDT	DDT	DNT
Longueur de la feuille en mm	1,00	0,31 ***	0,34 ***	0,14 ***	0,38 ***	0,27* **	0,40 ***	0,54 ***	0,48 ***	0,01	0,33 ***	0,38 ***	0,47 ***	0,55 ***	0,55 ***	0,05	0,24 ***
Largeur de la feuille en mm		1,00	-0,12***	0,32 ***	0,53 ***	0,76* **	0,45 ***	0,03	-0,01	0,53 ***	0,53 ***	0,61 ***	0,32 ***	-0,00	-0,06	0,53 ***	0,55 ***
Nombre de folioles de la feuille			1,00	-0,36 ***	-0,01	-0,15 ***	0,01	0,02	0,11 ***	-0,12 ***	-0,10 ***	-0,25 ***	-0,04	-0,01	0,08	-0,19 ***	-0,2 5***
Longueur du pétiole en mm				1,00	0,37 ***	0,31 ***	0,19 ***	0,01	-0,02	0,19 ***	0,22 ***	0,27 ***	0,11 ***	-0,01	-0,04	0,19 ***	0,23 ***
Distance maximale entre paires de folioles le long du rachis (mm)					1,00	0,53 ***	0,43 ***	-0,10 ***	-0,04	0,41 ***	0,37 ***	0,49 ***	0,35 ***	-0,12 ***	-0,08	0,43 ***	0,40 ***
Longueur de foliole droite développée						1,00	0,50 ***	0,01	-0,03	0,60 ***	0,54 ***	0,66 ***	0,32 ***	-0,04	-0,12 ***	0,56 ***	0,57 ***
Largeur de foliole droite développée							1,00	0,13 ***	0,15 ***	0,37 ***	0,43 ***	0,50 ***	0,61 ***	0,11 ***	0,13 ***	0,40 ***	0,44 ***
Nombre des nervures secondaires visibles								1,00	0,73 ***	-0,31 ***	0,07	0,16 ***	0,21 ***	0,86 ***	0,72 ***	-0,24 ***	-0,04
Nombre des dents de la marge									1,00	-0,37 ***	-0,03	0,09 ***	0,17 ***	0,66 ***	0,73 ***	-0,30 ***	-0,12 ***
Distance maximale entre dents de foliole développée en mm										1,00	0,49 ***	0,44 ***	0,23 ***	-0,33 ***	-0,39 ***	0,64 ***	0,52 ***
Distance maximale entre nervures visibles de foliole développée en mm											1,00	0,48 ***	0,34 ***	0,10 ***	0,01	0,47 ***	0,60 ***
Longueur de foliole terminale en mm												1,00	0,57 ***	0,20 ***	0,13 ***	0,54 ***	0,59 ***
Largeur de foliole terminale en mm													1,00	0,28 ***	0,34 ***	0,37 ***	0,42 ***
Nombre des nervures secondaires visibles														1,00	0,79* **	-0,22 ***	-0,02
Nombre des dents de la marge															1,00	-0,33	-0,09 ***
Distance maximale entre dents de foliole terminale en mm																1,00	0,64
Distance maximale entre nervures visibles de foliole terminale en mm																	1,00

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

1.2.3 Test multivariés

L'analyse en composantes principales explique une inertie totale de **66,26 %**. Les deux premières dimensions (1X2) ont permis une meilleure interprétation des individus et des variables (Tableau 13). La première dimension (Axe 1) exprime **43,12 %** de la variance, alors que la deuxième (Axe 2) en résume **23,14 %**.

La projection des variables révèle que l'ensemble des caractères morphologiques et environnementaux sont corrélés plus ou moins fortement avec les deux axes (Tableau 14 et figure 10) :

a. **Le long du Facteur 1 (Axe global de taille et de géographie) :** On observe une forte corrélation négative avec la majorité des variables morphologiques de la feuille, notamment la longueur de la foliole terminale (**LNT** : $r = -0,79), la largeur de la foliole droite (**LRD** : r = -0,79$), ainsi que les distances inter-nervures (**DNT** : r = -0,82$; **DND** : r = -0,72).

   Du côté des facteurs environnementaux, cet axe est fortement structuré par une opposition géographique et climatique nette : l'altitude (**Alt**) y est positivement corrélée (r = 0,83$), tandis que la latitude (**Lat** : r = -0,83$), la longitude (**Long** : r = -0,83), les précipitations (**P** : r = -0,83) et le quotient bioclimatique d'Emberger (**Q3** : $r = -0,83) y sont négativement corrélés.

b. **Le long du Facteur 2 (Axe de la dentition et des nervures secondaires) :** Cet axe isole spécifiquement les variables liées au nombre de structures foliaires. On enregistre une très forte corrélation négative avec le nombre de dents de la foliole terminale (**NDT** : r = -0,85), le nombre de nervures de la foliole terminale (**NNT** : r = -0,79), ainsi que les dents et nervures de la foliole droite (**NND** : r = -0,73 ; **NDD** : r = -0,71$). En contrepartie, les distances maximales entre les dents (**DDD** : r = 0,70 ; **DDT** : r = 0,62$) y sont positivement corrélées. Aucune corrélation forte entre ces variables de dentition fine et les composantes environnementales n'a été signalée sur cet axe.

La projection des individus (60 arbres) obtenue par l'interaction des variables morphologiques et environnementales met en évidence deux groupes distincts (figure 10): **G1** et **G2**. Cette différenciation des deux groupes correspond aux deux stations d'origine (**EL Ghedir** et **Zenadia**). Elle s'explique principalement en fonction de l'aridité et des facteurs géographiques : les valeurs du quotient bioclimatique Q_3 s'accroissent de la station semi-aride fraîche (**Zenadia** avec Q_3 = 51,31, rattachée au groupe caractérisé par des structures foliaires

plus réduites ou denses) jusqu'à la station subhumide fraîche (**EL Ghedir** avec Q_3 = 92,04, favorable à un développement foliaire plus important.

Tableau 13. Valeurs propres issues de l'ACP

Nombre de valeur	Valeurs Propres	% Total variances	Cumul -Valeurs Propres	Cumul - %
1	10,35	43,12	10,35	43,12
2	5,55	23,14	15,90	66,26

Tableau 14. Corrélations entre les variables sur le plan factoriel (1x2).

Variables		Facteur 1	Facteur 2
Moprhologiques	**LNF**	-0,52	**-0,54**
	LRF	**-0,67**	0,49
	NF	0,07	-0,28
	LNP	-0,29	0,29
	DM	**-0,61**	0,48
	LND	**-0,70**	0,52
	LRD	**-0,79**	0,08
	NND	-0,04	**-0,73**
	NDD	0,02	**-0,71**
	DDD	-0,61	**0,70**
	DND	**-0,72**	0,17
	LNT	**-0,79**	0,21
	LRT	**-0,74**	-0,23
	NNT	-0,10	**-0,79**
	NDT	-0,08	**-0,85**
	DDT	**-0,72**	0,62
	DNT	**-0,82**	0,37
Geo-climatiques	Alt	**0,83**	0,35
	Lat	**-0,83**	-0,35
	Long	**-0,83**	-0,35
	M	**-0,83**	-0,35
	m	**-0,83**	-0,35
	P	**-0,83**	-0,35
	Q_3	**-0,83**	-0,35

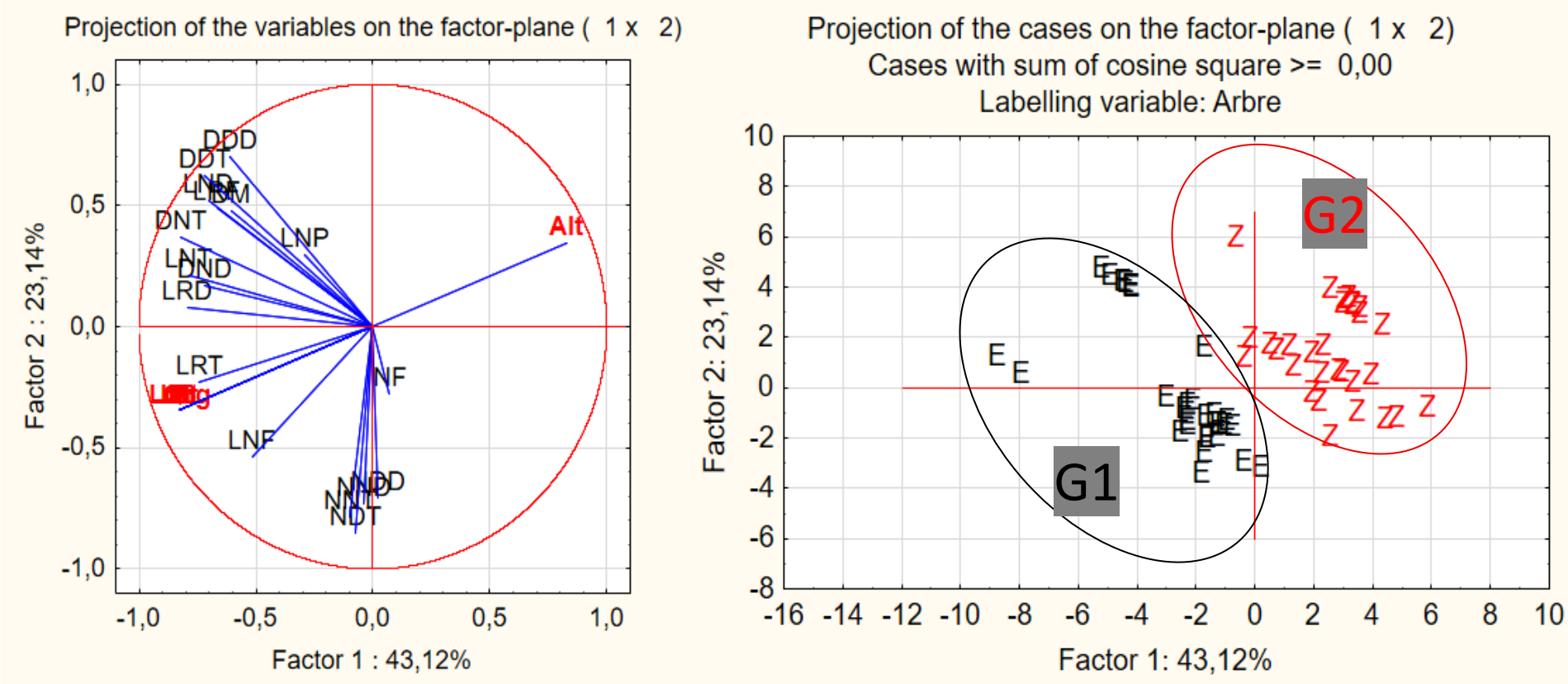


Figure 10. Analyse en composantes principales des variables morphologiques quantitatives et environnementales : Cercle de corrélation des variables et Diagramme de dispersion des 60 arbres.

2. Discussion

Cette section vise à interpréter la diversité morphologique considérable mise en évidence chez cette espèce. Les variations observées reflètent l'empreinte des pressions de sélection abiotiques, analysées ici dans un contexte comparatif fondé sur la littérature scientifique de référence.

2.1 Déterminisme géo-climatique et structuration de la diversité morphologique foliaire

L'analyse de la variabilité foliaire, appréhendée d'abord par des approches univariées puis synthétisée par une analyse multivariée, met en évidence une structuration complexe du polymorphisme, dictée par des facteurs à la fois endogènes et environnementaux.

Avant d'aborder la complexité des structures multidimensionnelles, l'analyse univariée permet de poser les jalons de la structuration de ce polymorphisme. L'ANOVA à un seul facteur révèle des variations intra-populationnelles (entre les arbres d'une même station) hautement significatives ($p < 0,001$) pour l'ensemble des dix-sept variables quantitatives. Biologiquement, cette hétérogénéité intra-site exprime une micro-plasticité phénotypique. Même soumis à un macroclimat identique, les individus manifestent des réponses morphologiques singulières. Cela assure à la population un « réservoir adaptatif » indispensable pour faire face aux fluctuations environnementales à court et moyen terme (Bidault, 1971).

À l'échelle supérieure, le test *t* de Student confirme que les écarts de moyennes observés entre El Ghedir et Zenadia ne sont pas le fruit du hasard mais traduisent une véritable divergence phénotypique. En validant des différences hautement significatives pour la majorité des descripteurs, ce test prouve que les deux populations ont divergé morphologiquement sous l'influence de forces environnementales distinctes. Ce constat justifie pleinement le recours ultérieur à l'Analyse en Composantes Principales (ACP) pour synthétiser et spatialiser ces dynamiques.

Cette variabilité morphologique des feuilles s'explique par une combinaison de facteurs climatiques et géographiques propres aux sites d'échantillonnage. Comme le souligne Rivas-Martinez (2005), les étages bioclimatiques, définis par des facteurs thermo- et ombro-climatiques, simplifient l'interrelation végétation-climat et dictent les règles de l'adaptation fonctionnelle des plantes. À ce titre, les résultats de l'ACP révèlent une nette individualisation de deux groupes phénotypiques (**G1** et **G2**), se superposant fidèlement aux stations d'origine et structurés par des gradients conjugués de sécheresse et d'altitude.

L'axe 1 de l'ACP (43,12) formalise précisément ce syndrome d'adaptation xéromorphique de l'espèce à travers une opposition géographique et climatique claire :

- **La population d'El Ghedir**, évoluant dans un climat subhumide frais mieux arrosé ($Q_3 = 92,04$), se caractérise par une augmentation significative des dimensions foliaires (longueur et largeur de la feuille, taille des folioles droites et terminales, distances inter-nervures).
- **À l'inverse, la population de Zenadia**, soumise à une contrainte hydrique plus marquée en zone semi-aride fraîche ($Q_3 = 51,31$), montre une réduction drastique de la taille de ses structures foliaires.

Cette réduction de la surface foliaire en réponse à la sécheresse constitue un mécanisme d'adaptation crucial et classique chez les végétaux (Ozenda, 2000). Comme l'ont démontré Fahn (1967) et Barboni *et al.* (2004), la diminution de la taille des folioles dans les milieux arides est directement corrélée à une réduction de la transpiration cuticulaire et stomatique, permettant à la plante de maintenir son équilibre hydrique global. Les végétaux minimisent ainsi l'impact du stress hydrique en développant des traits fonctionnels spécifiques adaptés à l'aridité (Alyafi, 1978 ; Barboni *et al.*, 2004).

L'interaction des facteurs géographiques — marqués par l'altitude positivement corrélée au Facteur 1, à l'opposé de la latitude et de la longitude — souligne le rôle de la topographie dans la modification des conditions macroclimatiques locales. L'altitude induit souvent des contraintes thermiques ou mécaniques induites par le vent qui, combinées au déficit hydrique, accentuent le polymorphisme. Ce phénomène illustre parfaitement la grande plasticité phénotypique des espèces végétales en réponse aux interactions abiotiques complexes (Aussenac, 1973 ; Hsiao, 1973 ; Ehleringer, 1980).

Enfin, le Facteur 2 (23,14) isole la dentition et les nervures secondaires (**NDT**, **NNT**, **NND**). L'absence de corrélation avec les variables géo-climatiques montre que ces caractères fins de la marge foliaire sont autonomes vis-à-vis du macroclimat. Leur développement dépendrait plutôt de facteurs génétiques stricts (endogènes), de micro-conditions environnementales ou de pressions de sélection biotiques, telles que la protection contre les ravageurs ou l'optimisation de la capture de la lumière sous couvert végétal.

2.2 Comparaison des données recueillies

La variabilité phénotypique des feuilles de notre espèce, ***Fraxinus angustifolia*** **Vahl**, est un fait largement documenté dans la littérature scientifique méditerranéenne.

Selon les flores classiques d'Afrique du Nord, notamment celle de **Quézel et Santa (1963)**, le genre *Fraxinus* présente en Algérie des distinctions morphologiques et géographiques nettes entre les taxons, gravitant autour du complexe de *Fraxinus angustifolia* et de ses formes affines :

- ***Fraxinus angustifolia*** **Vahl subsp.** ***angustifolia*** : Il se caractérise par des feuilles composées-pennées comprenant généralement 3 à 11 folioles (parfois jusqu'à 13). Les folioles sont typiquement sessiles, lancéolées à linéaires-lancéolées, se distinguant par des marges nettement dentées. Cette sous-espèce est largement répartie dans les zones de plaines, le long des cours d'eau (ripisylves) et dans les forêts claires du nord de l'Algérie (**Quézel et Santa, 1963 ; Meddour *et al.*, 2010**).
- ***Fraxinus angustifolia*** **subsp.** ***oxycarpa*** **(Bieb. ex Willd.) Franco & Rocha Afonso** : Ce taxon se distingue principalement par des folioles plus larges, ovales-lancéolées, et des bourgeons terminaux pouvant présenter des nuances brun clair à foncées (**Fraxinus WG, 2005**). Sa présence est plus localisée dans les stations de moyenne montagne ou les zones d'altitude plus humides.

À l'échelle internationale, la systématique et la variabilité biogéographique du complexe ***Fraxinus angustifolia*** ont été révisées à l'échelle du bassin méditerranéen et de l'Europe, notamment par **Wallander (2008)**. Ce complexe taxonomique est classiquement subdivisé en quatre sous-espèces principales traduisant un fort polymorphisme géographique :

1. ***Fraxinus angustifolia*** **subsp.** ***angustifolia*** : Bassin méditerranéen occidental (Europe du Sud, Afrique du Nord).
2. ***Fraxinus angustifolia*** **subsp.** ***oxycarpa*** : Europe centrale, de l'Est et Balkans.
3. ***Fraxinus angustifolia*** **subsp.** ***syriaca*** : Moyen-Orient et Asie occidentale.
4. ***Fraxinus angustifolia*** **subsp.** ***danubialis*** : Europe centrale (Région du Danube).

Les données phénotypiques collectées lors de notre étude (Tableaux 10, 11 et 12) peuvent être valablement comparées aux descriptions morphologiques du complexe *Fraxinus angustifolia* décrites par **Fernández-Manjarrés *et al.* (2006)**. Nos observations phénotypiques quantitatives et qualitatives portant sur l'appareil foliaire (nombre de folioles

variant de 5 à 11-13, forme lancéolée prédominante, base atténuée et apex mucroné à acuminé) présentent de fortes similitudes avec les caractéristiques standard de ***Fraxinus angustifolia*** **subsp.** ***angustifolia***.

Les travaux menés sur la flore forestière algérienne (notamment les synthèses sur les ripisylves et les essences compagnes des forêts par **Meddour *et al.*, 2012**) rapportent des plages de variations pour les dimensions foliaires des frênes autochtones. Les longueurs et largeurs des folioles mesurées dans notre étude concordent globalement avec les standards de la littérature pour l'Algérie septentrionale. Sur le plan qualitatif, la dominance de la forme de feuille imparipennée, la couleur verte de la face adaxiale et la morphologie lancéolée-elliptique des folioles valident l'ancrage phénotypique de nos échantillons au sein des populations de frênes de souche nord-africaine.

Si une grande partie des caractères phénotypiques observés corrobore les données classiques de la littérature, certaines divergences locales de dimensions ou de densité de dentition apparaissent. Ces variations mineures peuvent être attribuées à des facteurs environnementaux locaux (plasticité face au stress hydrique) mais aussi à des facteurs biotiques.

Dans les zones de contact écotonales où les populations de *Fraxinus angustifolia* croisent des zones de plantations ornementales ou d'autres formations de frênes, des phénomènes d'**introgression et d'hybridation naturelle** peuvent survenir, ces taxons partageant une compatibilité de reproduction reconnue (**Gerard *et al.*, 2013**).

En conclusion, à l'instar des observations historiques, il apparaît judicieux de considérer le polymorphisme du frêne à feuilles étroites en Algérie comme un **complexe spécifique hautement plastique**. L'organisation micro-évolutive et la part respective de la génétique et de l'environnement au sein de ce complexe méritent toutefois d'être approfondies par des analyses de marqueurs moléculaires complémentaires.

Conclusion

L'étude de la variabilité morphologique foliaire de *Fraxinus angustifolia* Vahl a permis de mettre en évidence une forte diversité phénotypique aussi bien à l'échelle intra-populationnelle qu'inter-populationnelle.

Les analyses statistiques réalisées ont montré que les différences observées entre les populations d'El Ghedir et de Zenadia sont hautement significatives et traduisent une structuration morphologique étroitement liée aux conditions géo-climatiques locales.

Les résultats de l'ACP révèlent notamment l'existence d'un gradient adaptatif associé à la disponibilité hydrique et à l'altitude. Les individus provenant de la station subhumide d'El Ghedir développent des feuilles et folioles de plus grandes dimensions, alors que ceux de Zenadia, soumis à un contexte semi-aride, présentent une réduction de la surface foliaire constituant une réponse adaptative classique au stress hydrique. Cette différenciation confirme l'importance des facteurs climatiques dans l'expression du polymorphisme foliaire chez l'espèce.

En parallèle, certains caractères tels que la dentition et la nervation secondaire apparaissent relativement indépendants des variables géo-climatiques, suggérant l'intervention de déterminismes génétiques ou de micro-facteurs environnementaux spécifiques.

La confrontation de nos résultats avec les données de la littérature montre une forte concordance avec les descriptions morphologiques attribuées à *Fraxinus angustifolia* subsp. *angustifolia* dans les flores nord-africaines et méditerranéennes. Toutefois, les variations observées au niveau de certains caractères confirment le caractère hautement plastique et polymorphe du complexe *Fraxinus angustifolia*.

Ainsi, cette étude met en évidence le rôle conjoint des contraintes environnementales et des facteurs endogènes dans la structuration de la diversité morphologique du frêne à feuilles étroites en Algérie.

Des analyses génétiques complémentaires seraient nécessaires afin de mieux comprendre l'organisation micro-évolutive et les relations phylogénétiques au sein de ce complexe taxonomique.

Références bibliographiques

Adams, R. P., Bartel, J. A., & Price, R. A. (2015). Taxonomy of *Fraxinus* (Oleaceae) in North America: A molecular and morphological approach. *Phytologia*, *97*(2), 112–126.

Aït Youssef, M. (2006). *Plantes médicinales de Kabylie*. Éditions Ibis Press.

Alatou, Z. (1994). *Analyse phytoécologique et syntaxonomique des groupements forestiers et préforestiers du Nord-Est algérien* [Thèse de doctorat, Université de Paris-Sud]. Centre d'Orsay.

Allantospermum, R., Bourgea, K., & Wallander, E. (2016). Oleaceae classification under APG IV guidelines. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, *101*(3), 412–428.

APG IV [Angiosperm Phylogeny Group]. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, *181*(1), 1–20. https://doi.org/10.1111/boj.12385

Beck, P. (2016). *Fraxinus excelsior* and *Fraxinus angustifolia* in Europe: Distribution, habitat, and threat status. *European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN)*, 12–24.

Boshier, D., Harris, S., & Wallander, E. (2000). Genetic and morphometric variation in European ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Forest Ecology and Management*, *131*(1-3), 107–119.

Boudmagh, A., Alatou, Z., & Bouzid, S. (2026). *Variabilité morphologique et adaptation phénotypique de Fraxinus angustifolia Vahl dans deux écosystèmes contrastés d'Algérie* [Données non publiées / Rapport de terrain]. Université de Sétif 1.

Bouzid, S., Meddour, R., & Meddour-Sahar, O. (2018). Les écosystèmes forestiers et préforestiers de la région Nord et Nord-Est de l'Algérie : Diversité floristique et dynamique spatio-temporelle. *Revue d'Écologie (La Terre et la Vie)*, *73*(3), 312–325.

Bromhead, E. F. (1838). An attempt to ascertain the characters of the botanical alliances. *Edinburgh New Philosophical Journal*, *24*, 406–419.

Caudullo, G., Welk, E., & San-Miguel-Ayanz, J. (2017). Chorological maps for the main European woody species. *Data in Brief*, *12*, 662–666. https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.05.007

Crivellaro, A., & Schweingruber, F. H. (2013). *Stem anatomy of European woody plants: An encyclopedic reference*. Springer Science & Business Media.

Cronquist, A. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press.

Direction Générale des Forêts [DGF]. (2010). *Atlas des forêts d'Algérie*. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

Djebaili, S. (1984). *Recherches phytosociologiques et écologiques sur la végétation des Hautes Plaines steppiques et des massifs forestiers de l'Aurès (Algérie)*. Office des Publications Universitaires (OPU).

Dupérat, G., Mansion, D., & Dumé, G. (2008). *Guide de la flore forestière : Caractères dendrologiques des essences de plaines et collines*. Institut pour le Développement Forestier.

Emberger, L. (1955). Une classification biogéographique des climats. *Recueil des travaux des laboratoires de botanique, géologie et zoologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Montpellier*, *7*, 3–43.

Emberger, L. (1971). *Travaux de phyto-écologie et de phytosociologie : Choix d'articles*

de Louis Emberger. Regard.

Fernández-Manjarrés, J. F., Frascaria-Lacoste, N., & Gerard, P. R. (2006). Genetic and phenotypic characterization of *Fraxinus angustifolia* Vahl subsp. *angustifolia* populations in the Western Mediterranean basin. *Botanical Journal of the Linnean Society*, *152*(3), 315–327. https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2006.00567.x

Fournier, P., & Boisvert, C. (2010). *Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France*. Éditions Omnibus.

FRAXIGEN. (2005). *Ash species in Europe: Biological characteristics and practical guidelines for sustainable use*. University of Oxford.

Fraxinus WG [Fraxinus Working Group]. (2005). *Report of the European forest genetic resources network (EUFORGEN) on ash species distribution and conservation*. Bioversity International.

Fukarek, P. (2014). Bemerkungen über die Variabilität der Blätter und Knospen der schmalblättrigen Esche (*Fraxinus angustifolia* Vahl). *Acta Botanica Croatica*, *23*(1), 105–119.

Gerard, P. R., Temunović, M., Frascaria-Lacoste, N., & Fernández-Manjarrés, J. F. (2013). Hybridization and introgression between *Fraxinus excelsior* L. and *Fraxinus angustifolia* Vahl (Oleaceae) at regional and local scales. *American Journal of Botany*, *100*(7), 1255–1267. https://doi.org/10.3732/ajb.1200547

Hanel, M., Koblížek, J., & Vítamvás, J. (2021). The nomenclature and typification of *Fraxinus angustifolia* Vahl (Oleaceae). *Taxon*, *70*(4), 870–874. https://doi.org/10.1002/tax.12512

Hinsinger, D. D., Basak, J., Gaudeul, M., Cruaud, C., Bertolino, P., Frascaria-Lacoste, N., & Bousquet, J. (2013). Phylogeny and biogeography of the ash trees (*Fraxinus*, Oleaceae). *Journal of Biogeography*, *40*(5), 966–979. https://doi.org/10.1111/jbi.12051

Hinsinger, D. D., Basak, J., Gaudeul, M., Cruaud, C., Bertolino, P., Frascaria-Lacoste, N., & Bousquet, J. (2013). Phylogeny and biogeography of the ash trees (*Fraxinus*, Oleaceae). *Journal of Biogeography*, *40*(5), 966–979. https://doi.org/10.1111/jbi.12051

Hoffmannsegg, J. C., & Link, H. F. (1909). *Flore portugaise ou description de toutes les plantes qui croissent spontanément en Portugal*. Charles Amand.

International Dendrology Society. (2026). *Fraxinus L.* Bean's Trees and Shrubs Online. https://www.treesandshrubsonline.org/articles/fraxinus/

Johnson, L. A. S. (1957). A review of the family Oleaceae and a new classification of the genera. *Contributions from the New South Wales National Herbarium*, *2*(6), 395–418.

Kadereit, J. W. (Ed.). (2004). *The families and genera of vascular plants: Vol. VII: Lamiales (except Acanthaceae including Avicenniaceae)*. Springer-Verlag.

Kints, J. (1771). *Caroli a Linné ... Species plantarum: Exhibentes plantas rite cognitas ad genera relatas ...* (Editio tertia). Typis Joannis Thomae de Trattner.

Kleinschmit, J., & Bacilieri, R. (1990). Morphometric and genetic variation in *Fraxinus excelsior* populations. *Silvae Genetica*, *39*(2), 64–72.

Kostova, I. (2007). Phytochemistry and pharmacology of *Fraxinus* species. *Fitoterapia*, *78*(2), 85–106. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2006.11.001

Kuttan, R., Kuttan, G., & Singh, R. (2011). Taxonomic description and phylogenetic framework of Oleaceae family members. *International Journal of Botany*, *7*(2), 130–141.

Leroy, M. (2002). *Mesures météorologiques : Guide de l'observateur*. Météo-France.

Liste des Références Bibliographiques (À insérer dans votre bibliographie)

Liste des Références Bibliographiques (À insérer dans votre bibliographie)

Mathieu, A. (1860). *Flore forestière : Description des arbres et arbustes qui croissent spontanément en France ou qui y sont naturalisés*. J.B. Baillière et Fils.

Meddour, R., Meddour-Sahar, O., & Derridj, A. (2004). Les groupements forestiers et préforestiers de l'Algérie : Analyse phytosociologique et cartographie bioclimatique. *Écosystèmes*, *14*(2), 45–58.

Meddour, R., Meddour-Sahar, O., & Derridj, A. (2010). Analyse systématique et biogéographique de la flore ligneuse d'Algérie : Le genre *Fraxinus* L. *Écosystèmes*, *19*(1), 54–68.

Meddour, R., Sahar, O., & Laribi, M. (2012). Les ripisylves et les essences compagnes des forêts de l'Algérie septentrionale : Diversité, écologie et dynamique. *Revue Forestière Algérienne*, *4*(2), 89–104.

Merazga, A., & Ghariani, N. (2023). Caractérisation géomorphologique et risques d'érosion hydrique dans le Tell oriental algérien : Cas de la région de Skikda. *Revue des Sciences de l'Eau et de l'Environnement*, *8*(1), 45–58.

Mihi, A. (2012). *Dynamique de la végétation et processus de dégradation des écosystèmes forestiers et périurbains de la région de Sétif* [Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas - Sétif 1]. Archives de la PNST.

Mokhtari, S., Alatou, Z., & Gehu, J. M. (2013). Approche méthodologique de la continentalité thermique et des étages bioclimatiques dans le Nord-Est de l'Algérie. *Acta Botanica Malacitana*, *38*, 125–139.

Nesom, G. L. (2010). Review of *Fraxinus* (Oleaceae) in North America. *Phytoneuron*, *36*, 1–26.

Ozenda, P. (1991). *Végétation du continent européen*. Masson.

Paris, R. R., & Moyse, H. (1976). *Précis de matière médicale : Tome III. Pharmacognosie spéciale (suite) : Angiospermes (Gamopétales)*. Masson.

PNST / CERIST. (2022). *Base de données cartographique et biogéographique des forêts domaniales du Nord-Est algérien*. Plateforme Nationale des Sciences et Technologies.

Quézel, P., & Santa, S. (1962). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales* (Tome I). Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).

Quézel, P., & Santa, S. (1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales* (Tome II). Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).

Rameau, J. C., Mansion, D., & Dumé, G. (1989). *Flore forestière française: Guide écologique illustré. Tome 1 : Plaines et collines*. Institut pour le Développement Forestier.

Rameau, J. C., Mansion, D., & Dumé, G. (1989). *Flore forestière française: Guide écologique illustré. Tome 1 : Plaines et collines*. Institut pour le Développement Forestier.

Rameau, J. C., Mansion, D., Dumé, G., & Gauberville, C. (2008). *Flore forestière française : Guide écologique illustré. Tome 3 : Région méditerranéenne*. Institut pour le Développement Forestier.

Rankou, H. (2017). *Fraxinus angustifolia*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2017*. https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T61918485A61918488.en

Rivas-Martínez, S. (2005). Global bioclimatics (Clasificación bioclimática de la Tierra). *Phytocoenologia*, *35*(2-3), 515–534. https://doi.org/10.1127/0340-269X/2005/0035-0515

Seiler, J., Jensen, E., Niemiera, A., & Peterson, J. (2026). *Fraxinus genus fact sheets*. Department of Forest Resources and Environmental Conservation, Virginia Tech. http://dendro.cnre.vt.edu/dendrology/factsheets.cfm

Seiler, J., Jensen, E., Niemiera, A., & Peterson, J. (2026). *Fraxinus genus fact sheets*. Department of Forest Resources and Environmental Conservation, Virginia Tech. http://dendro.cnre.vt.edu/dendrology/factsheets.cfm

Seltzer, P. (1946). *Le climat de l'Algérie*. Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie, Université d'Alger.

Singh, G. (2010). *Plant systematics: An integrated approach* (3rd ed.). Science Publishers.

Temunović, M., Frascaria-Lacoste, N., Franjic, J., Satovic, Z., & Fernández-Manjarrés, J. F. (2012). Identifying genetic refugia for a Mediterranean tree (*Fraxinus angustifolia* Vahl) using ecological niche modelling and spatial genetic features. *Molecular Ecology*, *21*(4), 781–798. https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2011.05391.x

Vasić, V., Alagić, S., & Orlović, S. (2013). Morphometric leaf analysis of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl) populations in South-Eastern Europe. *Archives of Biological Sciences*, *65*(3), 1101–1111. https://doi.org/10.2298/ABS1303101V

Wallander, E. (2008). Systematics of *Fraxinus* (Oleaceae) and evolution of dioecy. *Plant Systematics and Evolution*, *273*(1-2), 25–49. https://doi.org/10.1007/s00606-008-0005-3

Wallander, E. (2008). Systematics of *Fraxinus* (Oleaceae) and evolution of dioecy. *Plant Systematics and Evolution*, *273*(1-2), 25–49. https://doi.org/10.1007/s00606-008-0005-3

Wallander, E. (2012). Systematics and floral evolution in *Fraxinus* (Oleaceae). *Belgische Dendrologie Belge*, *2012*, 32–44.

Wallander, E., & Albert, V. A. (2000). Phylogeny and classification of Oleaceae based on rps16 and trnL-F sequence data. *American Journal of Botany*, *87*(12), 1827–1841. https://doi.org/10.2307/2656831

Wallander, E., & Albert, V. A. (2000). Phylogeny and classification of Oleaceae based on rps16 and trnL-F sequence data. *American Journal of Botany*, *87*(12), 1827–1841. https://doi.org/10.2307/2656831

Tableau 15. Eigenvalues of correlation matrix, and related statistics.

Value number	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %
1	10,35	43,12	10,35	43,12
2	5,55	23,14	15,90	66,26
3	4,04	16,84	19,94	83,10
4	1,45	6,05	21,39	89,14
5	0,74	3,10	22,14	92,25
6	0,60	2,51	22,74	94,76
7	0,37	1,52	23,11	96,28
8	0,27	1,12	23,38	97,40
9	0,16	0,68	23,54	98,08
10	0,15	0,60	23,68	98,68
11	0,11	0,45	23,79	99,13
12	0,08	0,32	23,87	99,44
13	0,04	0,15	23,90	99,60
14	0,03	0,14	23,94	99,73
15	0,03	0,11	23,96	99,84
16	0,02	0,08	23,98	99,92
17	0,02	0,06	24,00	99,98
18	0,00	0,02	24,00	100,00

Tableau 16. Factor coordinates of the variables, based on correlations

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18
LNF	-0,52	-0,54	0,51	0,26	0,15	0,23	0,08	0,11	-0,07	0,06	0,01	-0,05	-0,02	0,07	0,08	0,01	-0,04	0,01
LRF	-0,67	0,49	0,46	0,03	-0,05	0,08	-0,16	-0,09	0,12	0,16	0,10	0,08	-0,04	0,00	-0,04	0,01	-0,06	-0,00
NF	0,07	-0,28	-0,20	0,88	0,12	0,21	0,04	-0,19	-0,05	0,01	0,06	-0,04	0,00	-0,03	-0,04	0,01	0,03	-0,00
LNP	-0,29	0,29	0,29	-0,66	0,40	0,28	0,16	-0,16	-0,08	-0,03	0,08	-0,02	0,01	-0,02	-0,01	0,01	0,01	-0,00
DM	-0,61	0,48	0,26	0,20	0,39	0,18	-0,15	0,25	-0,03	-0,06	-0,11	0,07	-0,02	-0,04	-0,03	-0,01	0,01	-0,01
LND	-0,70	0,52	0,39	-0,01	-0,08	0,03	-0,22	-0,12	0,01	0,09	0,01	-0,02	-0,00	-0,02	0,06	-0,05	0,06	0,01
LRD	-0,79	0,08	0,38	0,12	0,18	-0,23	0,13	-0,25	0,09	0,00	-0,19	0,04	-0,00	0,02	0,02	0,04	0,00	-0,00
NND	-0,04	-0,73	0,61	-0,11	-0,18	0,01	-0,03	-0,07	-0,17	0,04	-0,07	0,02	-0,02	0,02	-0,03	-0,04	-0,00	-0,04
NDD	0,02	-0,71	0,61	0,01	0,02	0,04	-0,23	-0,11	0,07	-0,22	-0,00	-0,06	0,03	-0,02	-0,01	-0,02	-0,04	0,01
DDD	-0,61	0,70	-0,05	0,16	-0,16	-0,01	0,00	-0,07	-0,14	-0,16	0,06	0,13	0,02	0,08	-0,00	-0,01	0,00	0,01
DND	-0,72	0,17	0,41	0,08	-0,34	0,27	0,24	0,07	0,10	-0,00	-0,02	0,03	0,10	-0,05	0,01	-0,01	-0,00	-0,01
LNT	-0,79	0,21	0,47	-0,00	0,04	-0,23	-0,15	0,10	-0,05	0,05	0,04	-0,11	0,09	0,04	-0,04	0,05	0,02	-0,00
LRT	-0,74	-0,23	0,24	0,16	0,26	-0,42	0,22	0,07	-0,01	0,01	0,10	0,02	0,01	-0,03	-0,01	-0,07	-0,01	0,00
NNT	-0,10	-0,79	0,53	-0,10	-0,20	-0,02	0,04	0,03	-0,14	0,05	-0,03	0,06	-0,02	-0,06	-0,03	0,03	0,02	0,04
NDT	-0,08	-0,85	0,45	-0,02	0,03	-0,04	-0,02	0,06	0,15	-0,08	0,12	0,08	-0,03	0,01	0,02	0,04	0,05	-0,02
DDT	-0,72	0,62	0,01	0,07	-0,17	-0,14	-0,02	-0,01	-0,11	-0,09	0,05	-0,05	-0,05	-0,09	0,05	0,04	-0,02	-0,02
DNT	-0,82	0,37	0,26	-0,02	-0,21	0,07	0,16	0,07	0,08	-0,08	-0,03	-0,12	-0,10	0,04	-0,05	-0,01	0,02	0,01
Alt	0,83	0,35	0,44	0,07	0,00	-0,03	0,03	0,01	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lat	-0,83	-0,35	-0,44	-0,07	-0,00	0,03	-0,03	-0,01	0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
Long	-0,83	-0,35	-0,44	-0,07	-0,00	0,03	-0,03	-0,01	0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
M	-0,83	-0,35	-0,44	-0,07	-0,00	0,03	-0,03	-0,01	0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
m	-0,83	-0,35	-0,44	-0,07	-0,00	0,03	-0,03	-0,01	0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
P	-0,83	-0,35	-0,44	-0,07	-0,00	0,03	-0,03	-0,01	0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
Q3	-0,83	-0,35	-0,44	-0,07	-0,00	0,03	-0,03	-0,01	0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00

M^LLE BOUDMAGH Sofia
M^LLE HARKAT Ibtihel
M^LLE LOUAR kaoutar

Titre : Influence des conditions climatiques sur la variabilité morphologique (feuillage) de l'espèce Fraxinus *Angustifolia* Vahl (1804), le frêne en Algerie.

Résumé :

Afin de mieux caractériser l'espèce *Fraxinus angustifolia* Vahl et d'appréhender son comportement adaptatif vis-à-vis des facteurs environnementaux, la variabilité phénotypique a été évaluée aux échelles intra et inter-populations dans deux stations contrastées en Algérie (El Ghedir et Zenadia).

Pour ce faire, une analyse morphométrique descriptive et comparative a été menée sur le feuillage. Le protocole d'échantillonnage a consisté à sélectionner aléatoirement trente (30) individus au sein de chaque station, sur lesquels trente (30) feuilles ont été prélevées puis conservées en laboratoire pour l'analyse de caractères morphologiques quantitatifs et qualitatifs.

Les traitements statistiques révèlent des différences hautement significatives pour l'ensemble des variables étudiées à l'échelle intra et inter-populations. Plus particulièrement, l'analyse factorielle (ACP/AFC) a permis de structurer les individus en deux groupes phénotypiques distincts, ségrégués en fonction des conditions géoclimatiques propres à chaque station.

Ces résultats mettent en évidence l'existence d'une importante diversité phénotypique chez *Fraxinus angustifolia*, suggérant une forte plasticité foliaire induite par les pressions de sélection écologiques et climatiques locales.

Mots-clés : *Fraxinus angustifolia*, plasticité phénotypique, morphométrie foliaire, variabilité, bioclimat, Algérie.

Title: Influence of Climatic Conditions on the Leaf Morphological Variability of *Fraxinus angustifolia* Vahl (1804) in Algeria.

Abstract:

To better characterize the *Fraxinus angustifolia* Vahl species and understand its adaptive behavior toward environmental factors, phenotypic variability was evaluated at both intra- and inter-population scales across two contrasting stations in Algeria (El Ghedir and Zenadia).

To achieve this, a descriptive and comparative morphometric analysis was conducted on the foliage. The sampling protocol consisted of randomly selecting thirty (30) individuals within each station, from which thirty (30) leaves were collected and preserved in the laboratory for the analysis of both quantitative and qualitative morphological traits.

Statistical analyses reveal highly significant differences for all studied variables at the intra- and inter-population levels. More specifically, factor analysis (PCA/CFA) successfully structured the individuals into two distinct phenotypic groups, segregated according to the specific geoclimatic conditions of each station. T

hese results highlight the existence of high phenotypic diversity within *Fraxinus angustifolia*, suggesting a strong leaf plasticity driven by local ecological and climatic selection pressures.

Keywords: *Fraxinus angustifolia*, phenotypic plasticity, leaf morphometrics, variability, bioclimat, Algeria.

العنوان: تأثير الظروف المناخية على التباين المورفولوجي (الأوراق) لدى النوع *Fraxinus angustifolia* Vahl (1804)، الدردار في الجزائر.

الملخص:

بهدف تحسين توصيف النوع *Fraxinus angustifolia* Vahl وفهم سلوكه التكيفي تجاه العوامل البيئية، تم تقييم التباين الظاهري على المستويين داخل وبين المجموعات النباتية لمحطتين متباينتين بالجزائر (الغدير وزناديه).

ولتحقيق ذلك، أُجريت دراسة مورفومترية وصفية ومقارنة للأوراق. اعتمد بروتوكول أخذ العينات على اختيار ثلاثين (30) فردًا عشوائيًا من كل محطة، حيث جُمعت ثلاثون (30) ورقة من كل فرد، ثم حُفظت في المختبر لتحليل مجموعة من الصفات المورفولوجية الكمية والنوعية.

أظهرت المعالجات الإحصائية وجود فروق عالية الدلالة الإحصائية بالنسبة لجميع المتغيرات المدروسة على المستويين داخل الجماعات وبين الجماعات. وبصفة خاصة، مكّن التحليل العاملي من تصنيف الأفراد إلى مجموعتين ظاهريتين متميزتين، انفصلتا وفقًا للظروف الجغرافية والمناخية الخاصة بكل محطة.

وتبرز هذه النتائج وجود تنوع ظاهري مهم لدى هذا النوع، مما يشير إلى مرونة شكلية كبيرة للأوراق ناتجة عن ضغوط الانتقاء البيئية والمناخية المحلية.

الكلمات المفتاحية: الدردار-*Fraxinus angustifolia* Vahl، اللدونة الظاهرية، القياسات المورفومترية للأوراق، التباين، المناخ الحيوي، الجزائر.

الجمـــهورية الجزائـــرية الديمقراطية الشعبيـــة.
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلـوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : 26/06/2026.

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : **Oudjane Faiza,** Président(e) de Jury,

Certifie que L'étudiant(e) : **LOUAR kaoutar**

Spécialité : **Systèmes de production agroécologique.**

Intitulé : **: Influence des conditions climatiques sur la variabilité morphologique (feuillage) de l'espèce *Fraxinus Angustifolia* Vahl (1804), le frêne en Algerie.**

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Encadrant

Président(e) de Jury

الجمـــهورية الجزائـــرية الديمقراطية الشعبيـــة.
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلـوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : 26/06/2026.

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : **Oudjane Faiza,** Président(e) de Jury,

Certifie que L'étudiant(e) : **BOUDMAGH Sofia.**

Spécialité : **Systèmes de production agroécologique.**

Intitulé : **: Influence des conditions climatiques sur la variabilité morphologique (feuillage) de l'espèce *Fraxinus Angustifolia* Vahl (1804), le frêne en Algerie.**

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Encadrant

Président(e) de Jury

الجمـــهورية الجزائـــرية الديمقراطية الشعبيـــة.
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلـــوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : 26/06/2026.

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : **Oudjane Faiza,** Président(e) de Jury,

Certifie que L'étudiant(e) : **HARKAT Ibtihel.**

Spécialité : **Systèmes de production agroécologique.**

Intitulé : **: Influence des conditions climatiques sur la variabilité morphologique (feuillage) de l'espèce *Fraxinus Angustifolia* Vahl (1804), le frêne en Algerie.**

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Encadrant

Président(e) de Jury