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 : Amélioration des plantes

Intitulé :

Étude de la variabilité morphologique (feuillage) de l'espèce *Quercus Ilex* L. 1753, Le chêne vert en Algérie.

M^LLE BOULAHIA Lamia
M^LLE KOUICEM Firdaous

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 **notre DIEU*, le TOUT-PUISSANT,*** de nous avoir accordé la force, la patience, le courage et la persévérance nécessaires pour mener ce travail à son accomplissement.
- Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.
- Nous adressons notre vive reconnaissance à Monsieur **HAFSI Zakaria,** notre encadrant, pour la confiance qu'il nous a accordée, son accompagnement précieux, sa disponibilité constante, ainsi que pour ses conseils judicieux, sa rigueur scientifique et son soutien tout au long de l'élaboration de ce mémoire.
- Nous exprimons également nos sincères remerciements à Madame **OUDJANE Faiza** (Présidente) et à Madame **SOUILAH Nabila** (Examinatrice), membres du jury, pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'évaluer ce travail, ainsi que pour l'intérêt qu'ils lui ont porté.
- Enfin, nous adressons nos remerciements les plus chaleureux à toutes les personnes qui nous ont soutenus, encouragés et aidés, de près ou de loin, sur les plans moral, scientifique ou matériel, contribuant ainsi à l'aboutissement de ce mémoire.

إهداء

الحمدالله الدي وفقني وأعانني على إتمام هدا العمل، وجعل بعد كل تعب فرحا وبعد كل صبر نجاحا .

- **والدي**: إلى من أحمل إسمه بكل فخر واعتزاز أبي الغالي، الدي كان سندي وقوتي في هده الحياة والدي علمني أن الاجتهاد طريق النجاح .
- وإلى **أمي** حبيبتي من رافقتني دعواتها في كل خطوة، من كان حبها وعطفها أكبر دافع لي لأواصل الطريق. أسأل الله تعالى أن يحفظكم ويطيل عمركم ويجزيكم عني خير الجزاء .
- إلى **إخوتي وأخواتي**: رفقاء الدرب وشركاء الذكريات الذين كانوا مصدر قوة وتشجيع في كل مراحل حياتي .
- إلى أستاذي ومشرفي: **حفصي زكرياء**، عرفانا بجهودك وتوجيهاتك القيمة التي ساهمت في إنجاز هدا العمل، أقدم له أسمى عبارات الشكر والتقدير .
- أهديكم جميعا هدا العمل راجية أن يكون بداية لمستقبل مليئ بالنجاحات والإنجازات في مراتب أعلى إن شاء الله.

فردوس قويسم

إهداء

﴿وَآخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ﴾

- ها قد أصابت سهامُنا هذه المرة ولم تُخطئ، وأشرقت أعينُنا فرحاً بهذا الإنجاز بعد رحلةٍ من الجدّ والاجتهاد.
- أهدي ثمرة تخرّجي إلى اليد الخفية، والقلب الحنون، وصاحبة الدعاء الصادق، التي كانت سبباً في نجاحي بعد الله، وسندي الذي لا يميل **... أمي الغالية**.
- إلى من كان لي عمودي الفقري و الذي جرع الكأس فارغاً ليسقيني ، وحصد الأشواك من طريقي ليمهد لي سبيل العلم والنجاح، فكان خير داعم ومعين طوال مسيرتي الدراسية **... أبي الغالي.**
- **وإلى أختيّ الغاليتين: لبنى وعائشة**، اللتين لم تبخلا عليّ يوماً بالمساندة والعون، وكانتا خير سندٍ في مختلف مراحل حياتي .
- وإلى من قيل فيهم: ﴿**سَنَشُدُّ عَضُدَكَ بِأَخِيكَ**﴾، **إلى إخوتي وأحبتي**، وإلى كل من ساهم في نجاحي من قريب أو بعيد .
- وإلى أستاذي المشرف**: حفصي زكرياء**. أتقدم لك بخالص الشكر والتقدير على دعمك المتواصل وتوجيهاتك القيّمة وإرشاداتك السديدة طوال فترة إنجاز هذا العمل، فقد كان لتشجيعك ومرافقتك الأثر الكبير في إتمام هذا العمل .
- وأخيراً، إلى كل من بعث في نفسي الأمل في أوقات الصعوبة، وساندني بكلمة طيبة أو دعوة صادقة.

بولحية لامية

Abréviation

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
CHA	Classification hiérarchique ascendante
FA	Forme de l'apex
FB	Forme de la base du limbe
FF	Forme de la feuille
FM	Forme de la marge
FP	Forme de l'insertion du pétiole
H	Hammam Essalihine
I	Ichemoul
LN	Longueur de la nervure médiane visible
LNF	Longueur de la feuille
LRF	Largeur de la feuille
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)
NE	Nombre d'épines marginales
NN	Nombre des nervures secondaires visible
P	Pluviométrie totale annuelle (mm/ an)
Q3	Quotient pluviothermique d'Emberger modifié par Stewart
RF	Rapport (longueur\ largeur) de la feuille
RFP	Rapport longueurs (feuille \ pétiole)
S	Sidi Baizid
SF	Symétrie de la feuille
T max	Valeur la plus forte des moyennes mensuelles (°C)
T min	Valeur la plus faible des moyennes mensuelles (°C)
T	Valeur de la moyenne annuelle (°C)

LISTE DES TABLEAUX

Titre	Page
Tableau 1. Différentes classifications du genre *Quercus* L.	3
Tableau 2. Principaux chênes Algériens et leurs superficies (en ha)	6
Tableau 3. Principales caractéristiques géographiques des sites étudiés.	12
Tableau 4. Caractéristiques des stations climatiques de référence, périodes et sources des données (O.N.M. d'Alger).	15
Tableau 5. Paramètres et indices climatiques appliqués pour les sites d'échantillonnage.	15
Tableau 6. Données thermiques (en C°) et pluviométriques (en mm) corrigées des sites étudiés.	17
Tableau 7. Types et sous-types de continentalité thermique solon Rivas-Martinez (2005a).	18
Tableau 8. Valeurs de l'amplitude annuelle moyenne et Bioclimats corresponds selon les classifications de Rivas-Martinez (2005).	18
Tableau 9. Pluviométrie, températures et quotients d'aridité des sites étudiés.	19
Tableau 10. Variables morphologiques quantitatives mesurées.	23
Tableau 11. Variables morphologiques qualitatives étudiées.	23
Tableau 12. Caractéristiques des caractères quantitatifs mesurés pour les feuilles des trois stations.	30
Tableau 13. Fréquences (%) pour les variables qualitatives par station.	31
Tableau 14. Corrélations entre les variables quantitatives mesurées relative aux feuilles.	32
Tableau 15. Valeurs propres issues de l'ACP.	34
Tableau 16. Corrélations entre les variables sur le plan factoriel (1x2).	34
Tableau 17. Comparaison des données recueillies pour l'espèce dans la littérature.	40

LISTE DES FIGURES

Titre	Page
Figure 1. Situation du genre *Quercus* dans le monde selon Romuald (2007).	5
Figure 2. Aperçu générale du chêne vert de la station d'Ichemoul-Batna- (A, Arbre dressé ; B, feuillage denté et entière ; C, tronc et D ; écorce).	7
Figure 3. Répartition du chêne vert dans le monde.	8
Figure 4. Aire géographique du Chêne vert (Q. ilex.) en Algérie.	9
Figure 5. Localisation des trois sites d'échantillonnage de notre espèce. Hammam Essalihine (H), Ichemoul (I) et Sidi Baizid (S).	10
Figure 6. Situation des sites d'échantillonnage dans le climagramme d'emberger concernant notre espèce. Hammam Essalihine (H) et Ichemoul (A).	20
Figure 7Matériel de laboratoire utilisé (Loupe Binoculaire, Pied à coulisse	22
Figure 8. Dimensions d'une feuille dentée.	22
Figure 9. Analyse en composante principales (ACP) des variables morphologiques quantitatives et environnementales concernant les feuilles : Cercle de corrélation des variables (A) et diagramme de dispersion des individus (90 arbres) (B).	35

Table des Matières

Titre **Page**

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction **1**

CHAPITRE I : PRÉSENTATION DE L'ESPÈCE

1. Présentation du genre *Quercus L.* 3

1.1 Généralités et historique 3

1.2 Taxonomie et clés de classification des espèces du genre 3

1.3 Caractères dendrologiques 4

1.4 Aire de répartition du genre *Quercus* 5

1.4.1 Dans le monde 5

1.4.2 En Algérie 5

1.5 Intérêts et usages 6

1.6 Description des chênaies en Algérie 6

2. Présentation de l'espèce étudiée - *Quercus ilex* L. 7

2.1 Généralités 7

2.2 Systématique 8

2.3 Caractères dendrologiques 8

2.3.1 Caractères botaniques 8

2.3.1.1 Allure générale (tronc, écorce, système racinaire) 8

2.3.1.2 Feuilles 9

2.3.1.3 Fleurs et floraison 9

2.3.1.4 Fruits et fructification 9

2.3.2 Caractères écologiques 9

2.3.2.1 Facteurs climatiques 9

2.3.2.2 Facteurs édaphiques 10

2.4 Répartition géographique 10

2.4.1 Dans le monde 10

2.4.2 En Algérie 10

CHAPITRE II : ÉTUDE DU MILIEU, MATÉRIEL & MÉTHODES

1. Étude du milieu 12

1.1 Étude physique 12

1.1.1 Choix et localisation 12

1.1.2 Cadre administratif et biogéographique 13

1.1.2.1 Hammam Essalihine 13

1.1.2.2 Ichemoul 13

1.1.2.3. Sidi Baizid 14

1.2 Étude climatique 15
1.2.1 Sources et périodes des données météorologiques 15
1.2.2 Paramètres et indices climatiques étudiés 15
1.2.3 Données et paramètres climatiques 16
1.2.4 Synthèse climatique 16
1.2.4.1 La continentalité 16
1.2.4.2 La sécheresse 19
1.2.4.3.2 Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger 19
2. Matériel et méthodes 21
2.1 Matériel 21
2.1.1 Matériel végétal 21
2.1.2 Dispositif expérimental 21
2.2 Méthodes 21
2.2.1 Étude morphométrique 21
2.2.1.1 Choix des caractères 21
2.2.1.2 Mensurations 21
2.2.2 Méthodes d'analyses statistiques 25
2.2.2.1 Types des caractères 25
2.2.2.2 Tests de normalité 25
2.2.2.3 Statistiques descriptives 25
2.2.2.4 Tests de significativité 25
2.2.2.5 Tests de corrélation 25
2.2.2.6 Analyses factorielles 25
2.2.2.7 Logiciels appliqués 25
CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION
1. Résultats **26**
1.1 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 Rapport (Longueur/ Largeur) de la feuille (RF) 26
1.1.1.4 Longueur du pétiole (LNP) 26
1.1.1.5 Rapport longueurs (feuille/ pétiole) (RFP) 27
1.1.1.6 Nombre des nervures médiane visibles (LNV) 27
1.1.1.7 Nombre des nervures secondaire visibles(NN) 27
1.1.1.8Nombre d'pines marginales(NE) 27
1.1.2 Les caractères qualitatifs 26
1.1.2.1 Symétrie de la feuille (SF) 26
1.1.2.2 Forme de la feuille (FF) 26
1.1.2.3 Couleur de la feuille (CF) 26
1.1.2.4 Forme de l'apex (FA) 28
1.1.2.5 Forme de la base du limbe (FB) 28
1.1.2.6 Forme de la marge (FM) 28
1.1.2.7 Forme de l'insertion du pétiole (FP) 29
1.2 Analyse de la diversité morphologique 29

1.2.1 Tests de significativité 29
1.2.2 Tests de corrélation 33
1.2.3 Tests multivariés 33
1.2.3.1 Analyse en composantes principales (ACP) 36
2. Discussion **36**
2.1 Effet des facteurs environnementaux 36
2.2 Comparaison des données recueillies sur l'espèce 37
Conclusion 42
Références bibliographiques 43
Annexes 48
Résumé

Introduction

La famille des *Fagaceae* occupe une place prépondérante au sein des écosystèmes forestiers mondiaux, regroupant plusieurs genres majeurs dont les plus emblématiques sont *Fagus, Castanea* et *Quercus* (Manos et *al.,* 2001). Ce dernier s'affirme incontestablement comme l'un des genres dendrologiques les plus riches en espèces et les plus complexes sur le plan taxonomique (Alatou, 1994). En Algérie, le genre *Quercus* représente un patrimoine forestier d'une valeur écologique et socio-économique inestimable, couvrant de vastes superficies forestières, particulièrement à travers les régions du Nord et du Nord-Est du pays (Alatou, 1994).

Parmi les représentants de ce genre, le Chêne vert (*Quercus ilex* L., également nommé Chêne yeuse) s'impose comme l'essence la plus importante, la plus plastique et la plus caractéristique du bassin méditerranéen (Barbero & Loisel, 1980). Cet arbre sempervirent (Lecoeur *et al.*, 1996) se distingue par une remarquable amplitude écologique, lui permettant de coloniser une grande diversité d'étages bioclimatiques, s'étendant du semi-aride au perhumide, en passant par le subhumide et l'humide (Barbero *et al.*, 1992).

À l'échelle internationale, de nombreuses investigations ont été consacrées au Chêne vert, ciblant notamment l'analyse structurale des feuilles et des tiges, l'organisation des tissus épidermiques ainsi que les spécificités micromorphologiques de l'appareil stomatique (Bidault, 1971 ; Garcia-Rollan, 1981 ; Tutin *et al.*, 1993 ; Lebreton *et al.*, 2001 ; Bayer *et al.*, 2005). En Algérie, en revanche, les travaux scientifiques dédiés spécifiquement au volet morphologique et morphométrique de cette essence demeurent fragmentaires et relativement rares (Dahmani, 1984, 1997 ; Bougarne *et al.*, 2021).

Dans ce contexte, le présent mémoire se fixe comme **objectif principal** d'étudier la variabilité comparée des caractères morphologiques et architecturaux de la feuille chez *Quercus ilex* L. au sein de trois populations naturelles d'Algérie (Hammam Essalihine, Ichemoul et Sidi Baizid). Il s'agit précisément d'évaluer comment ce polymorphisme phénotypique s'organise face aux contraintes abiotiques locales. À terme, cette caractérisation morphométrique vise à confronter nos résultats aux flores européennes et maghrébines afin de clarifier le statut morpho-systématique controversé de ce taxon en Algérie, en vérifiant la pertinence d'abandonner les délimitations strictes au profit du concept d'agrégat ou complexe spécifique (*Quercus aggr. ilex* L.).

Pour répondre à cette problématique, notre étude est structurée en trois chapitres distincts :

- **Le premier chapitre** est consacré à une synthèse bibliographique globale sur le Chêne vert (*Quercus ilex* L.), abordant son historique, sa position systématique, ses caractères dendrologiques, sa répartition géographique ainsi que ses intérêts écologiques et usages économiques.
- **Le deuxième chapitre** détaille le cadre physique et climatique des différentes stations d'échantillonnage sélectionnées, avant de présenter le matériel biologique étudié et les protocoles méthodologiques et statistiques (ANOVA, ACP) appliqués.
- **Le troisième chapitre** expose l'ensemble des résultats morphométriques obtenus, suivis d'une discussion approfondie et d'une confrontation avec les données de la littérature scientifique.

Enfin, ce mémoire se clôture par une conclusion générale qui résume les principaux enseignements de notre recherche et ouvre des perspectives prometteuses pour de futurs axes de recherche.

CHAPITRE I

PRESENTATION DE L'ESPECE



1. Présentation du genre *Quercus* L.

1.1 Généralités et historique

La famille des *Fagaceae* comprend quelques 1000 espèces regroupées dans 9 genres dont les plus communs des forêts tempérées sont représentés par *Fagus, Castanea* et *Quercus* (Manos et *al.*, 2001). Ce dernier (*Quercus*) comprend plusieurs centaines d'espèces allant de 200 à 600 selon les auteurs (Natividade, 1956 ; Oli, 2005). Ce genre *Quercus,* qui se développe massivement vers la fin du Tertiaire, semble avoir atteint une distribution généralisée au cours de l'Eocène supérieur jusqu'à l'Oligocène inférieur (Manos & Stanford, 2001).

La distribution actuelle des Chênes résulte des alternances climatiques périodiques qui se sont amplifiées au Quaternaire (Le Corre, 1997 ; Kremer et *al.*, 2002).

1.2 Taxonomie et clés de classification des espèces du genre

La systématique du genre *Quercus* L. est la suivante (tableau 1) :

Tableau 1. Différentes classifications du genre *Quercus* L.

Cronquist (1981)	**APG III (Chase & Reveal, 2009)**
Règne : *Plantea*	Clade : *Angiospermes*
Sous règne : *Tracheobionta*	Clade : *Dicotylédones vraies*
Division : *Magnoliophyta*	Clade : *Rosideae*
Classe : *Magnolipsida*	Clade : *Fabideae*
Sous-classe : *Hamamelidae*	Ordre : *Fagales*
Ordre : *Fagales*	Famille : *Fagaceae*
Famille : *Fagaceae*	Genre : *Quercus*
Genre : *Quercus*	

Et selon Bardat et *al.* (2004) la classification phytosociologique est ci-dessous :

Classe : *Quercetea ilicis*

Ordre : *Quercetalia licis*

Alliance : *Quercion ilicis*

Sous-alliance : *Quercenion ilicis*

Le genre *Quercus* est sans doute un des genres forestiers les plus riches en espèces (200 à 400 espèces réparties dans l'hémisphère Nord), mais, aussi un des plus controversés.

Leur nombre fait l'objet de polémiques entre les taxonomistes, en raison des nombreuses formes intermédiaires résultant de l'introgression entre ses espèces (Medjmadj, 2014). Donc, ce genre, il a été divisé en sous-genres et en sections (Berrichi, 2011).

Aussi, les caractères les plus apparents, qui permettent habituellement de comparer et de distinguer les chênes sont tirés de la cupule (Berrichi, 2011). En effet, selon camus (1934), ce genre se subdivise en deux sous- genres : les *Euquercus* et les *Cyclobalanopsis*. Ce dernier n'est présent qu'en Asie alors que le premier comporte 6 sections : *Cerris* (*Q. suber*, 35 espèces) ; *Mesobalamus* (*Q. Toza*, 5 espèces) ; *Lepidobalanus* (*Q. Petreae*, *Q. robur*, 152 espèces) ; *Macrobalanus* (13 espèces) ; *Protobalanus* (*Q. chrysolepsis*, 2 espèces) et *Erythrobalanus* (*Q. rubra*, 136 espèces).

1.3 Caractères dendrologiques

Selon Bayer et *al.* (2005) et Berrichi (2011), le genre *Quercus* compte plusieurs centaines d'espèces caduques, persistantes ou semi-persistantes, originaires des régions tempérées, tropicales ou subtropicales qui se caractérisent par :

- **Port :** Selon l'espèce, le chêne peut être un arbre de plusieurs dizaines de mètres de haut (chêne sessile), ou un grand arbuste (chêne vert) ou un arbrisseau (chêne kermès). De croissance rapide, il est capable de vivre plusieurs siècles, son tronc atteignant plus de 50 cm de diamètre. Le port du chêne varie aussi selon les espèces. L'écorce est de couleur grise.
- **Feuilles :** De nombreuses espèces présentent des feuilles avec un bord lobé, mais certaines ont des feuilles entières avec un bord lisse ou denté.
- **Fleurs :** Les fleurs sont des chatons qui apparaissent au printemps. Les fleurs femelles sont isolées les unes des autres et entourées d'une enveloppe écailleuse, " la cupule ", à l'extrémité d'un pédoncule de longueur variable. Le fruit est un akène, appelé "gland", fixé dans une structure appelée cupule. Quand il est mûr, en septembre, il tombe de lui-même et quitte sa cupule.
- **Bois :** En général, les chênaies ont un bois très durable servant à une multitude d'usages.

1.4 Aire de répartition du genre *Quercus*

1.4.1 Dans le monde

Nixon (1993) rapporte qu'il existe 394 à 448 espèces de ce genre, toutes reparties dans l'hémisphère boréal (Figure 01).

- Elles occupent surtout les régions tempérées du Nord de l'Amérique, de l'Europe et de l'Asie ;
- Elles poussent aussi dans certaines zones tropicales et subtropicales en Amérique centro-méridionale, en Afrique du Nord et en Asie

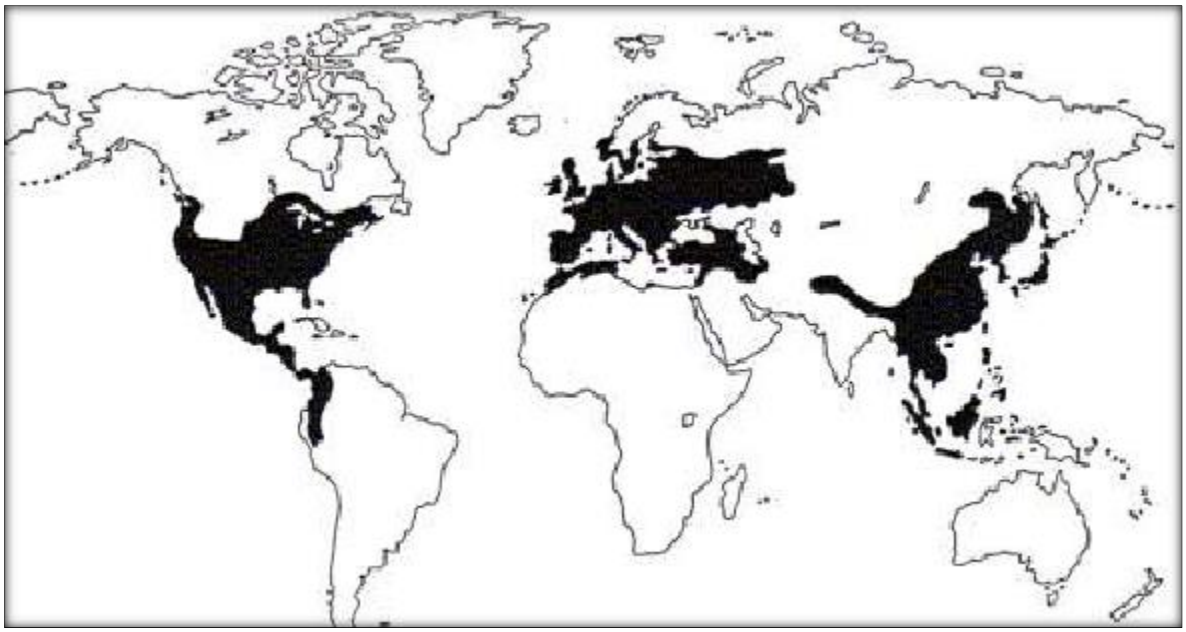


Figure 1. Situation du genre *Quercus* dans le monde selon Romuald (2007).

1.4.2 En Algérie

En Algérie, la chênaie est très inégalement répartie, les plus belles futaies denses occupent les montagnes de Kabylie et à l'est jusqu'à la frontière tunisienne (Messaoudene, 1996). Géographiquement, on peut distinguer trois zones principales :

- Le littoral Est et les massifs côtiers humides et sub-humides ; on y trouve les forêts les plus denses de chênes liège avec 229 000 ha qui se localisent principalement dans le nord-est du pays et les chênes caducifoliés (zéen et affairés) avec 65 000 ha soit 6,9 % de la surface totale boisée (Messaoudene, 1996). Ces peuplements occupent les milieux les plus frais et les altitudes élevées dans la subéraie. Avec sa croissance rapide, le zéen a tendance à recoloniser les subéraies.

- Les hautes plaines continentales avec les grands massifs de Pin d'Alep et de Chênes verts. Le chêne vert est surtout abondant dans le nord-ouest du pays. Il étage semi-aride joue avec le thuya et le genévrier un rôle de protection (PNDF, 1984).
- L'Atlas Saharien avec, les maquis de chênes verts et de genévriers.

1.5 Intérêts et usages

La production du bois des chênes est de première importance. Son utilisation principale concerne la menuiserie (ébénisterie, tonnellerie, …) (Camus, 1945 ; Derory, 2005).

L'écorce des chênes renferme du tanin qui sert à la fabrication de produits cosmétiques et surtout dans le tannage du cuir (Dilem, 1982).

Les fruits de beaucoup de Chênes (riches en amidon et en huiles végétales) sont employés pour nourrir les animaux et même en alimentation humaine. Ils produisent une quantité suffisante d'alcool (*Q. sessilis*, *Q. Robur*, *Q. ilex*) qui peut être employé notamment dans les moteurs à explosion (Camus, 1945).

En Algérie, les chênaies sont les seules forêts capables de produire des bois durs convenant à la menuiserie fine, à l'ameublement, aux traverses de chemins de fer et des emplois de haute qualité de résistance mécanique (Letreuch-Belarouci, 1995).

1.6 Description des chênaies en Algérie

Les principaux chênes Algériens sont : Chêne liège, Chêne vert, Chêne zéen, Chêne afarès et Chêne kermès (tableau 2).

Selon la Direction Générale des Forêts (DGF, 2014), 21% des forêts algériennes sont constituées de chêne liège et 3% de chêne Zéen.

Tableau 2. Principaux chênes Algériens et leurs superficies (en ha)

Source bibliographique	Chêne liège	Chêne vert	Chêne Zéen et afarès
Boudy (1955)	426000	679000	-
DGF (2007)	230 000	108 000	48 000

2. Présentation de l'espèce étudiée - *Quercus ilex* L. -

1.1 Généralités

Le chêne vert (figure 02) est l'espèce la plus importante et la plus spécifique de toute la région méditerranéenne, il est appelé aussi chêne yeuse (Barbero & Loisel, 1980). L'espèce *ilex* fait allusion à ses feuilles qui ressembler à celles du houx. Ce chêne est l'espèce la plus répondue du bassin méditerranéen où elle occupe actuellement entre 354 000 ha et 433 000 ha (Haichour, 2009). Sa vaste amplitude écologique lui permet de constituer des formations mixtes avec la plupart des espèces forestières.

Cette espèce est connue depuis l'Oligocène mais ce n'est qu'au cours du Villafranchien qu'il est soumis à des conditions climatiques (aridité et froid) comparables à celles qu'il rencontre actuellement en certaines régions d'Afrique du Nord (Barbero & Loisel, 1983).

Concernant son étymologie, ce taxon est dénommé comme suit :

- **Nom latin :** *Quercus ilex.*
- **Nom commun en FR :** Chêne vert, Yeuse**.**

  EN : Holm oak, Evergreen Oak.

  ES : Encina.

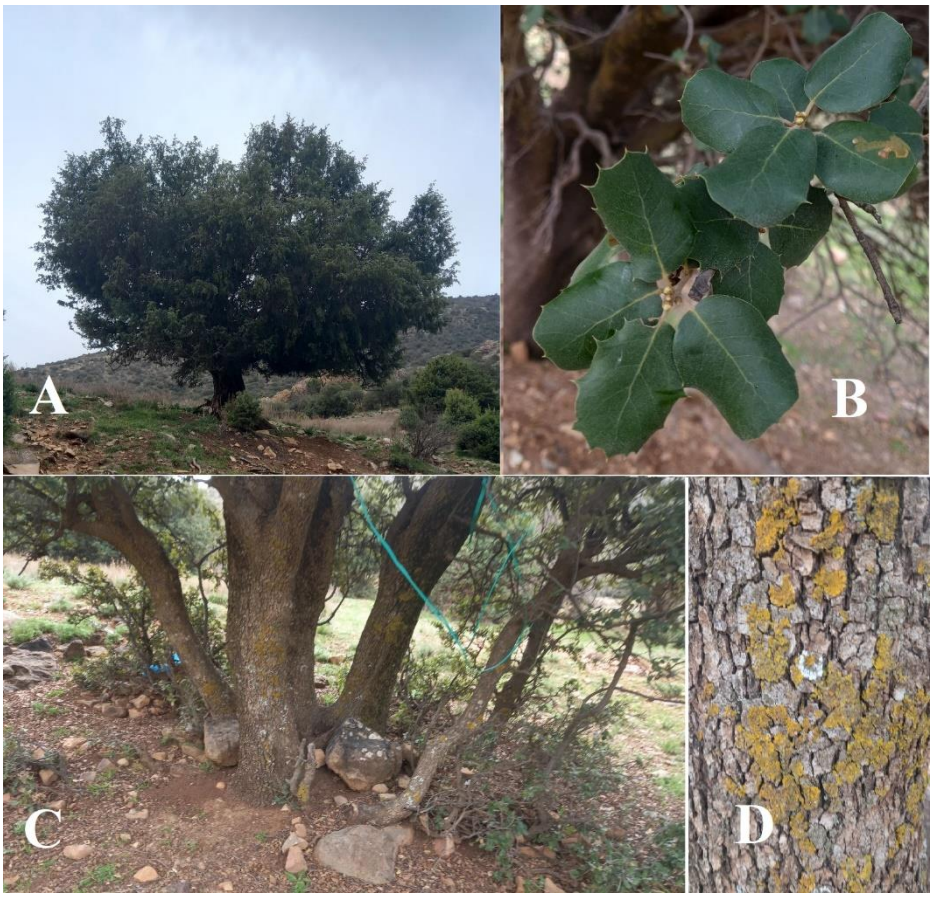


Figure 2. Aperçu générale du chêne vert de la station d'Ichemoul -Batna- (A, Arbre dressé ; B, feuillage denté et entière ; C, tronc et D, écorce). (Boulahia et Kouicem, 2026).

1.2 Systématique

Le chêne vert occupe la place suivante :

- Genre : ***Quercus***
- Sous-genre : **Sclérophyllodys** (Schwartz, 1936)
- Espèce : ***Quercus ilex* L, 1753** (section *Ilex* Endl., 1847).

Dénommé le chêne vert, *Quercus ilex* L. ou bien *Quercus rotundifolia* Lamk, a interminablement constitué un problème taxonomique et son identification reste toujours n'est pas clair.

- Au XVIIIème siècle une première distinction basée, sur le type de gland (amer ou doux) est tentée par Lamark et Desfontaines.
- Par la suite, Schwartz & Rothmaler cités par Del Villar (1947) fondent la différence entre les deux espèces sur les caractères morphologiques des feuilles.
- Puis, Del Villar (1947) souligne, qu'au niveau d'un même arbre, peut exister un polymorphisme foliaire d'où la nécessité d'intégrer d'autres éléments plus fiables. Cette ambigüité a conduit les botanistes à conserver la désignation du *Quercus ilex* L. pour toute la méditerranée.
- Plus tard, que Quézel (1979), puis Babero & Loisel (1980) reprennent la conception de Lamark et distinguent sur la base de caractères morphologiques et surtout bioclimatiques, deux espèces différentes.

Selon Camus (1936-1954), les variétés que l'on a pu distinguer chez *Quercus ilex* sont très nombreuses (cinquantaine). En outre, pour beaucoup d'auteurs, quand on parle de *Quercus ilex*, ce sont les deux espèces que l'on désigne, et *Quercus rotundifolia* n'est qu'une variété méridionale et occidentale de *Quercus ilex.* Les deux espèces s'hybrident d'ailleurs très facilement entre elles, ce qui complique la distinction (Haichour, 2009).

1.3 Caractères dendrologiques

1.3.1 Caractères botaniques

1.3.1.1 Allure générale (tronc, écorce, système racinaire)

Le chêne vert est un arbre sempervirent (Lecoeur et *al.*, 1996) de moyenne dimension, de 5 à 10 mètres de haut, mais qui peut atteindre 20 mètres en milieu humide. Il est micro à méso-phanérophyte. Il présente un tronc unique, trapu, tortueux et robuste, à écorce finement fissurée, de couleur brun grisâtre et qui apparait sous forme de petits carrés.

Ce taxon présente un système racinaire pivotant pouvant atteindre 10 mètres de profondeur et des racines latérales traçantes et drageonnantes (Girardet, 1980).

1.3.1.2 Feuilles

Les feuilles sont alternes, coriaces, petites (3 à 8 cm de long, 1 à 3 cm de large) de forme variable (entières, dentées ou épineuses, elliptiques, lancéolées, arrondies). Elles sont luisantes, vert foncé sur le dessus, et pubescentes, blanchâtres à grisâtres dessous. Le pétiole est court 0,5 à 2 mm de longueur (Somon, 1987).

1.3.1.3 Fleurs et floraison

Les fleurs sont unisexuées (arbre monoïque) et la floraison qui s'étend d'avril à mai ne s'effectue que sur la première pousse de l'année pour les fleurs femelles, mais peut se retrouver sur la pousse de l'année précédente pour les fleurs mâles.

Les fleurs mâles sont très abondantes et se présentent sous forme de châtons de 4 à 7 cm de long, avec une couleur jaunâtre à reflets roux. Celles femelles sont solitaires et se situent à l'aisselle des feuilles supérieures (Floret et *al.*, 1992).

1.3.1.4 Fruits et fructification

Les fruits sont des akènes appelés glands, de dimensions variant de 1 à 3 cm de long. Ils sont regroupés sur un pédoncule commun en nombre de 1 à 5. Les glands mûrissent en un an. Ils sont bruns striés et légèrement pointus au sommet. Ils sont coiffés à leur base arrondie d'une cupule hémisphérique à écailles rapprochées, courtes, de couleur grisâtre. La fructification est annuelle et se fait du mois de Novembre au mois de Décembre, mais ne commence que lorsque l'individu atteint environ 12 ans. A partir de 25 à 30 ans, elle devient appréciable et finalement.

1.3.2 Caractères écologiques

Le chêne vert est répondu dans tous les étages bioclimatiques et sur tous les substrats. Les facteurs écologiques les plus importants qui influent sur son évolution sont : les facteurs climatiques et édaphiques.

1.3.2.1 Facteurs climatiques

Le Chêne vert occupe les étages bioclimatiques semi-aride et subhumide, humide et per humide. Cependant, il se développe mieux en climat subhumide (Barbero *et al.*, 1992). Il préfère les zones ensoleillées et tolère les températures chaudes atteignant 42°C mais supporte aussi le froid (- 15°C). Il est habitué à des endroits venteux et enclins aux embruns comme les bords de mer. Il supporte des précipitations de 384 mm à 1462 mm (Sauvage, 1961).

1.3.2.2 Facteurs édaphiques

Le Chêne vert s'accommode à divers substrats (Maire, 1926 ; Boudy, 1952 ; Quézel, 1976-1979) siliceux ou calcaires et des sols superficiels ou profonds. Il se rencontre sur grès, calcaires, marno-calcaires, dolomies et schistes (Achhal, 1979). La majorité des forêts de *Quercus ilex* se trouvent à 400 et 1200 m (Paton *et al.*, 2009).

1.4 Répartition géographique

1.4.1 Dans le monde

Cette espèce possède une large répartition géographique. Elle s'étend depuis la Chine et l'Himalaya jusqu'en Grande - Bretagne, puis aux confins Sahariens (Boudy, 1950 ; Tutin et *al.*, 1993) (figure 3).

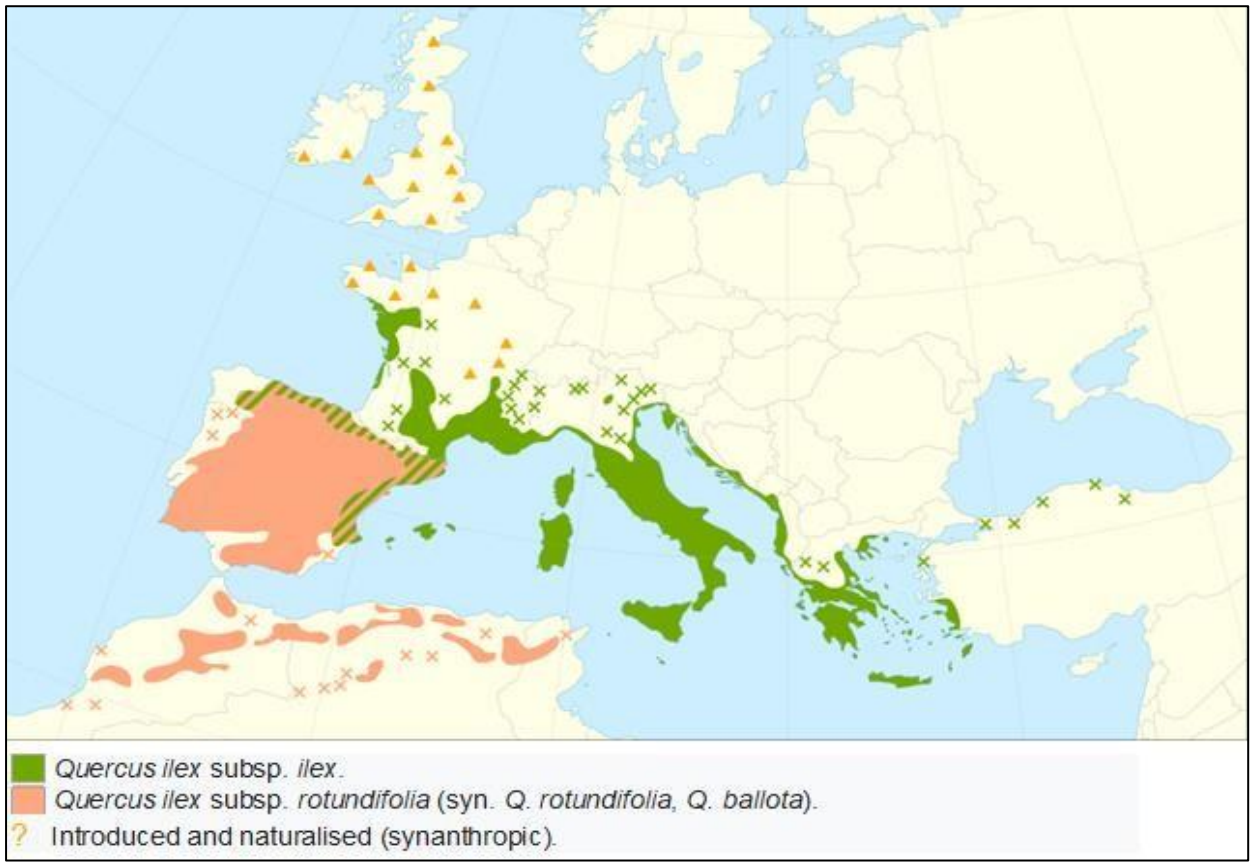


Figure 3. Répartition du chêne vert dans le monde (Caudullo et *al.*, 2017).

1.4.2 En Algérie

Le Chêne vert s'étend à toute l'Algérie (figure 4) du Nord, allant du littoral à l'Atlas saharien et de la frontière marocaine à la frontière tunisienne, il est qualifié de ciment vivant qui relie les massifs forestiers (Bonin, 1994 ; Naggar, 2000 ; Dahmani-Megrerouche, 2002 ; Charef *et al,* 2008).

- A l'Est algérien, il est présent sur les monts de Medjerda et sur les monts de Tébessa à Ain el-Badi. Dans les Aurès, il se trouve dans les zones les plus élevées (>1200m) et les plus septentrionales du massif. Sur le mont du Chélia sont rencontrées des forêts mixtes de Chêne vert et de cèdre de l'Atlas. Sur les monts de Belezma, cette essence constitue des taillis sur le Nord, et des maquis où il est associé avec le genévrier de Phénicie sur le versant Nord-est (dahmani-Megrerouche, 2002 ; Zitouni, 2009 ; Oubellil, 2010 ; Meharzi, 2010). Le Chêne vert se rencontre également dans le constantinois (), de même qu'au niveau des massifs des Babors et Tababor, il occupe de grandes surfaces (Kherief -NAceraddine, 2006 ; Kirat, 2006).
- Au niveau de l'Algérois, cette essence est rencontrée dans le massif du Zaccar et forme un taillis qui descend jusqu'à Miliana. Dans celui de Boughar, elle est mélangée au Pin d'Alep, alors que dans le massif de Theniet el Had et celui de Mouzaia, elle constitue la végétation. Dans l'Atlas Blidéen, sur les monts de Chréa, elle est rencontrée sous forme de maquis (Halimi, 1980). Sa présence est également notée dans l'Ouarsenis (Sari, 1977).

À l'Ouest algérien, en Oranie où sont localisées les plus importantes yeuseries, qui constituent des vastes massifs purs en taillis (Louni, 1994), elles commencent à l'Est des monts de Tlemcen allant de Sebdou à la frontière algéro- marocaine. Dans la région de Tiaret notamment le massif de Tagdempt et de Sdamas, on rencontre des forêts importantes de chêne vert et de pin d'Alep (Zeraia, 1978) et à Saïda dans le massif forestier d'El Hassania (1260m).

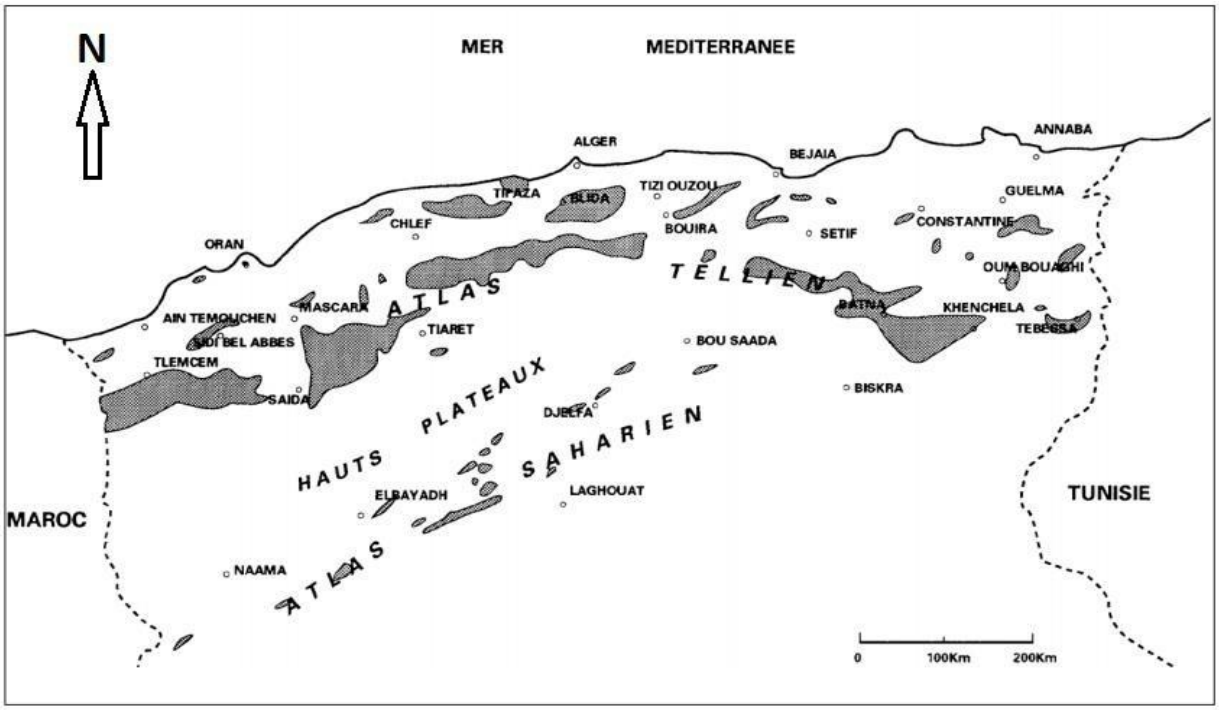


Figure 4. Aire géographique du Chêne vert (*Q. ilex*.) en Algérie (Barry et *al.*, 1976 modifiée par Dahmani-Megrerouche, 2002).

CHAPITRE II

ETUDE DU MILIEU, MATERIEL & METHODES



1. Etude du milieu

1.1 Etude physique

1.1.1 Choix et localisation

L'étude actuelle a été effectuée sur les feuilles de trois populations naturelles algériennes (tableau 3 et figure 5) de l'espèce *Quercus Ilex* L.

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

Tableau 3. Principales caractéristiques géographiques des sites étudiés.

Site	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Localisation (Wilaya)
Hammam Essalihine (H)	1150	35°26' N	07°05' E	Khenchela
Ichemoul (I)	1470	35°18'N	06°30' E	Batna
Sidi Baizid (S)	1131	34°58'N	03°26' E	Djelfa



Figure 5. Localisation des trois sites d'échantillonnage de notre espèce. Hammam Essalihine (H), Ichemoul (I) et Sidi Baizid (S).

1.1.2 Cadre administratif et biogéographique

1.1.2.1 Hammam Essalihine

Hammam Essalihine, site thermal romain antique connu comme *Aquae Flavianae*, est situé en Algérie dans la commune d'El Hamma, wilaya de Khenchela, à 7 km du chef-lieu et 545 km d'Alger.

Géographiquement implanté dans une vallée boisée des contreforts nord-est des Aurès, il marque une transition entre montagnes et plaines orientales, avec des sources thermales jaillissant à 70°C riches en bicarbonates, sulfates, sodium et magnésium, issues de failles karstiques sur sols sédimentaires calcaires et alluviaux.

Le climat y est doux, humide et vivifiant – hiver tempéré, été adouci par la forêt dense – contrastant avec les zones sèches voisines, favorisant un microclimat thérapeutique pour rhumatismes et affections respiratoires.

La végétation méditerranéenne domine avec pins d'Alep (Pinus halepensis), chênes verts, arbustes xérophytes et hygrophytes près des bassins, formant un couvert boisé attractif pour le tourisme. La faune inclut des mammifères typiques des Aurès comme sanglier, rejoints par oiseaux migrateurs, reptiles et insectes. (Wikipedia, 2026)

1.1.2.2 Ichemoul

Ichmoul est une commune montagneuse de la wilaya de Batna en Algérie, située dans le massif des Aurès à environ 50 km au sud-est de Batna, couvrant 124 km² à une altitude moyenne de 1468 m au pied du Djebel Ichmoul (origine berbère "Ich N'Oul", la corne du cœur).

Géographiquement, elle forme un relief escarpé avec pentes abruptes et vallées encaissées typiques des Aurès, limitrophe des wilayas de Khenchela et Batna, servant de barrière biogéographique contre la désertification.

Le climat est semi-aride montagnard (Cfa tempéré subtropical humide sans saison sèche, ou semi-aride froid), avec hivers rudes (-14°C parfois), étés modérés/secs, précipitations annuelles ~307 mm et températures moyennes de 15,4°C, favorisant une agriculture de vergers (pommiers introduits en 1971 sur 500 ha).

La végétation inclut des forêts denses méditerranéennes (Le chêne vert…etc.) avec genévriers thurifères sur sols calcaires brunifiés carbonatés riches en humus xéromull, chênes, pins et arbustes oroméditerranéens adaptés au climat sec/froid, dominant les 7300 ha montagneux. Les mammifères typiques des Aurès prospèrent ici : renard, sanglier.

Les sols sont principalement karstiques calcaires basiques, fracturés, avec dépôts alluviaux propices à l'agriculture arborée mais sensibles à l'érosion. (Wikipedia , 2026)

1.1.2.3 Sidi Baizid

Selon le rapport de l'Agence Nationale de Développement de l'Investissement (A.N.D.I., 2013), le relief de la région de Djelfa se caractérise par la succession de quatre zones distinctes du Nord au Sud de son territoire, dont la zone des dépressions des chotts (dépression des Sebkhas), située à des altitudes variant entre 750 m et 850 m et comprenant notamment la région de Dar Chioukh.

La commune de Dar Chioukh est située au Nord-est du chef-lieu de la wilaya (34°53'36" Nord ; 3°29'26" Est). Elle couvre une superficie d'environ 33 870 hectares à une altitude moyenne de 1103 m. Elle est limitée au Nord et au Nord-ouest par la commune de Sidi Bayezid, à l'Est par la commune de M'djebel, au Sud par les communes de M'liliha et Moudjebara, et à l'Ouest par les communes de Djelfa et Aïn Maâbed.

La région appartient à l'étage bioclimatique semi-aride à hiver froid, caractérisé par une pluviométrie faible et irrégulière, généralement comprise entre 250 et 350 mm/an, ainsi que par une forte amplitude thermique entre les saisons. Les étés sont chauds et secs alors que les hivers sont froids, parfois marqués par des épisodes de gel et de neige. Les vents dominants, souvent secs, favorisent les phénomènes d'érosion éolienne et accentuent la dégradation du couvert végétal steppique.

La quasi-totalité des sols de la région de Djelfa est de nature calci-magnésique, représentée principalement par les régo-sols sur marnes ou argiles constituant les affleurements de la roche mère (Pouget, 1980), les sols peu évolués ainsi que les sols calci-magnésiques anciens fortement érodés, caractérisés par la présence de croûtes calcaires et de rendzines (B.N.E.F., 1983). Ces sols présentent généralement une faible teneur en matière organique, une structure fragile et une sensibilité importante à l'érosion hydrique et éolienne.

La végétation naturelle de la région est dominée par des formations steppiques adaptées aux conditions arides, où prédominent des espèces telles que l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*), l'alfa (*Stipa tenacissima*) et diverses espèces xérophiles. Cette couverture végétale joue un rôle écologique essentiel dans la fixation des sols et la lutte contre la désertification.

La récolte des échantillons a été effectuée au lieu-dit Guendouza, situé dans la commune de Sidi Bayezid. Ce site se caractérise par des conditions écologiques représentatives des zones steppiques de la région de Djelfa, notamment par un climat semi-aride, des sols calcaires et une végétation naturelle adaptée au stress hydrique.

1.2 Etude climatique

1.2.1 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 4).

Tableau 4. 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		
Khenchela	1995/2025	35°28' N	07°05' E	983	Hammam Essalihine
Batna	1995/2025	35°45' N	06°19' E	822	Ichemoul
Djelfa	1995/2025	34°20' N	03°23' E	1180	Sidi Baizid

1.2.2 Paramètres et indices climatiques étudiés

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

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

Paramètres & indices climatiques		
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.

1.2.3 Données et paramètres climatiques

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

Pour les valeurs thermiques des corrections sont effectuées suivant un gradient altitudinal de 100 mètres de dénivelée, calculé sur la base de – 0,7°C pour le maxima (M) et de – 0,4 °C pour le minima (m) (Seltzer, 1946). Cependant, une augmentation de 20 mm s'ajoute aussi aux totales annuelles des précipitations tous les 100 m d'altitude (Djebaili, 1984).

Les données corrigées relatives aux températures et même celles relatives aux précipitations des sites étudiés (Tableau 6).

1.2.4 Synthèse climatique

1.2.4.1 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 7).

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

Site / Paramètre		J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D	Moyenne	Somme
Hammam Essalihine	**m**	**1,23**	2,13	3,73	5,43	8,33	12,03	14,93	15,23	11,33	8,33	5,23	2,73	**7,53**	-
	M	8,03	8,43	8,43	13,93	20,63	24,03	26,33	**27,03**	18,23	17,03	13,03	8,93	**16,13**	-
	T	**4,63**	5,28	6,08	9,68	14,48	18,03	20,63	**21,13**	14,78	12,68	9,13	5,83	**11,83**	-
	P	23,20	21,42	33,41	37,30	38,41	14,54	12,43	23,87	43,18	28,08	32,41	22,98	-	**331,80**
Ichemoul	**m**	-1,84	**-1,04**	1,16	3,66	7,46	11,96	15,76	15,26	11,36	7,06	2,06	-0,84	**5,96**	-
	M	6,96	8,56	11,46	14,66	20,06	26,46	**30,46**	29,36	23,86	17,56	10,96	6,86	**17,26**	-
	T	**2,56**	3,76	6,31	9,16	13,76	19,21	**23,11**	22,31	17,61	12,31	6,51	3,01	**11,61**	-
	p	51,65	30,83	47,27	51,24	61,24	28,36	8,91	29,46	45,48	38,50	38,22	51,65	-	**482,10**
Sidi Baizid	**m**	**1,00**	1,50	4,20	6,90	11,20	15,90	19,60	18,40	15,00	10,40	5,20	2,20	**9,30**	-
	M	9,95	11,55	15,45	19,05	24,45	30,35	**34,75**	32,55	27,55	21,85	14,75	10,95	**10,95**	-
	T	**5,48**	6,53	9,83	12,98	17,83	23,13	27,18	**25,48**	21,28	16,13	9,98	6,58	**10,13**	-
	p	27,65	25,41	29,10	34,24	33,85	18,43	12,71	21,92	36,38	42,29	23,96	24,44	-	**321,80**

***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 7. 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 une différenciation climatique (Tableau 8) : Hammam Essalihine présente un bioclimat Eu-océanique atténué avec un indice Ic = 16,5 °C, tandis que Ichemoulse et Sidi Baizid se caractérisent par un bioclimat semi-continental atténué, correspondant aux valeurs (20,5 °C et 20 °C), respectivement.

Tableau 8. Valeurs de l'amplitude annuelle moyenne et Bioclimats corresponds selon les classifications de Rivas-Martinez (2005).

Site	Ic=A (°C)	Bioclimat
Hammam Essalihine (H)	16.5	Eu-océanique atténué
Ichemoul (I)	20.5	Semi-continental atténué
Sidi Baizid (S)	20	Semi-continental atténué

1.2.4.2 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 9 et figure 6) montre l'existence de deux bioclimats allant de Sub-humide Froid pour Ichemoul (Q_3=**52.49**) jusqu'au Semi-aride Frais pour Hammam Essalihine (Q_3 =45.3) et Sidi Baizid (Q_3 =32.70)

Tableau 9. Pluviométrie, températures et quotients d'aridité des sites étudiés

Site	T (°C)		P (mm/an)	Q3	Bioclimats
	M (°C)	m (°C)			
Hammam Essalihine (H)	27.03	1.23	331.8	**44.11**	Semi-aride Frais
Ichemoul (I)	30.46	-1,04	482.1	**52.49**	Sub-humide Froid
Sidi Baizid (S)	34.75	1	321.8	**32.70**	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.

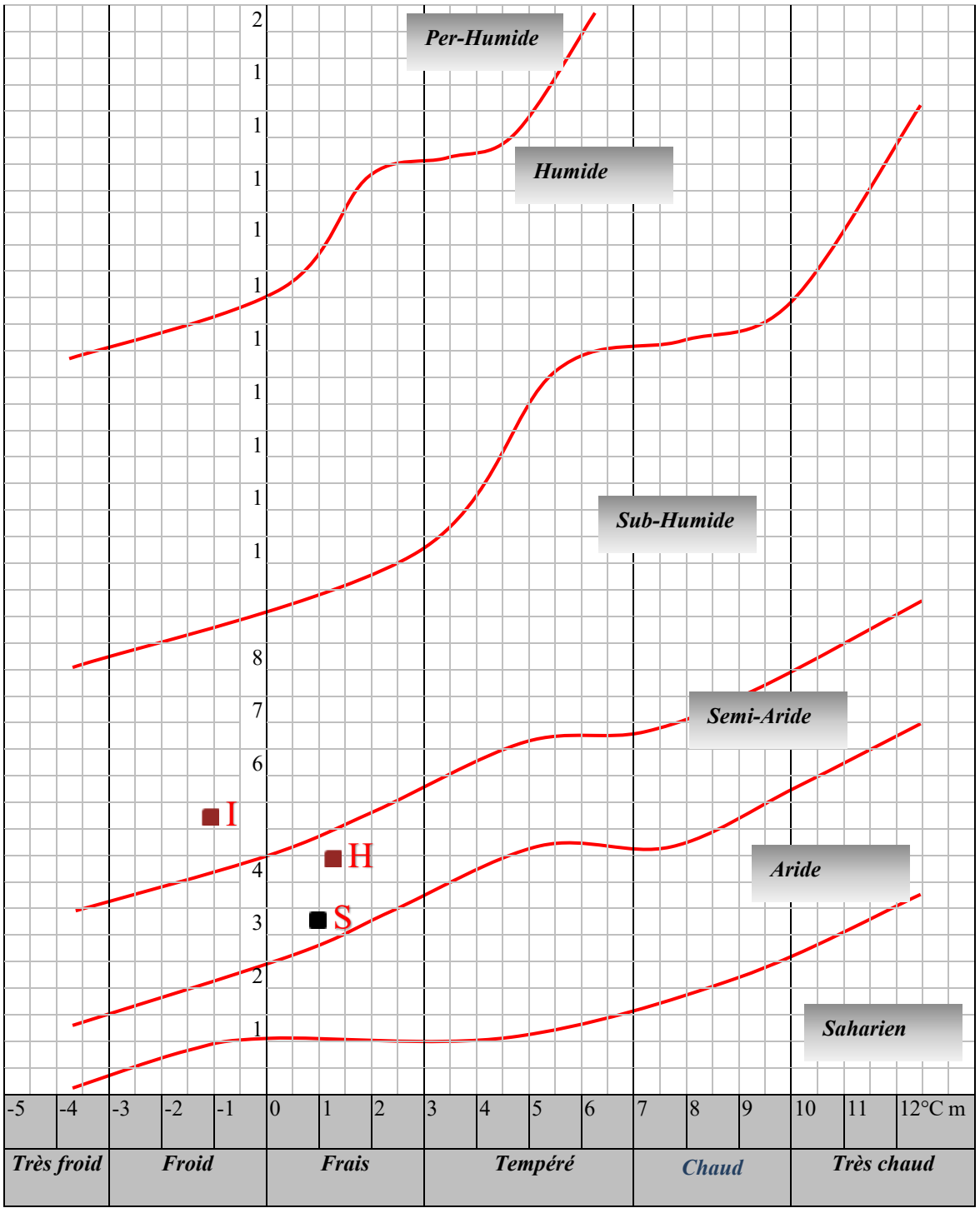


Figure 6. Situation des sites d'échantillonnage dans le climagramme d'Emberger concernant notre espèce. Hammam Essalihine (H) et Ichemoul (A).

2. Matériel et méthodes

2.1 Matériel

2.1.1 Matériel végétal

La récolte a concerné les feuilles de trois populations naturelles existantes en Algérie pour notre espèce *Quercus ilex* L. (Tableau 3).

L'échantillonnage a été effectué durant la campagne (2025-2026) de sorte que le nombre d'arbustes choisis aléatoirement est de trente pieds par population (un total de 90 arbres). Par la suite, nous avons prélevées trente feuilles saines et matures autour de la couronne de chaque arbre échantillonné (03 stations - 2700 feuilles).

2.1.2 Dispositif 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, Gants de protection, et Appareil photo numérique.
- **Au laboratoire :** Pied à coulisse, Loupe zoom binoculaire (Bentley vision N° 310828), Pinces à bouts ronds, Boites de conservation (plastiques et papiers).

2.2 Méthodes

2.2.1 Etude morphométrique

2.2.1.1 Choix des caractères

À notre connaissance, aucun protocole descriptif standardisé spécifique au genre *Quercus* n'est actuellement disponible. Ainsi, les caractères phénotypiques quantitatifs et qualitatifs étudiés (tableaux 10 et 11) ont été sélectionnés en s'inspirant de plusieurs travaux de morphométrie réalisés sur des espèces du genre *Quercus* et d'autres taxons de la famille des *Fagaceae* (Viscosi *et al.*, 2009 ; Viscosi, 2015 ; Di Pietro *et al.*, 2020 ; Akli *et al.,* 2022). Les descripteurs retenus ont également été adaptés à partir des référentiels morphologiques élaborés pour certaines espèces forestières et arboricoles, notamment les guides de l'IPGRI (1997) consacrés au pistachier et au caroubier.

2.2.1.2 Mensurations

Les mesures pour les feuilles (figures 07 et 08) concernant notre espèce ont été effectuées à l'aide d'un pied à coulisse digital (150 mm) et d'une loupe à main.



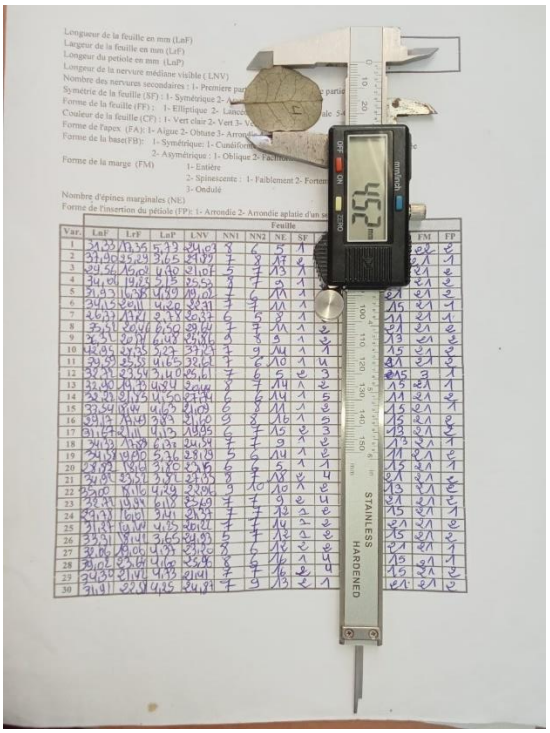


Figure 07. Matériel de laboratoire utilisé (Loupe Binoculaire, Pied a coulisse)

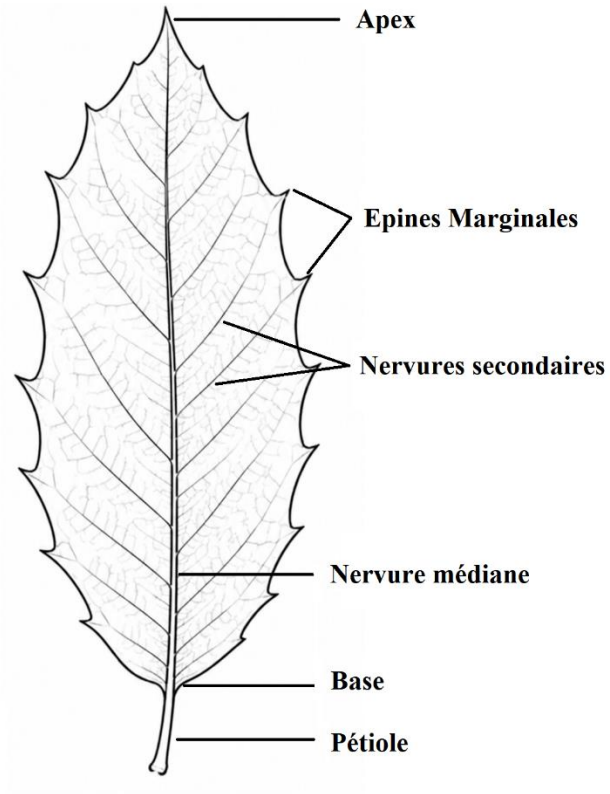


Figure 08. Dimensions d'une feuille dentée.

Tableau 10. Variables morphologiques quantitatives mesurées.

Caractère	Codification
Longueur de la feuille en mm	LNF
Largeur de la feuille en mm	LRF
Rapport (Longueur/ Largeur) de la feuille	RF
Longueur du pétiole en mm	LNP
Rapport longueurs (feuille/ pétiole)	RFP
Nombre des nervures secondaires visibles	NN
Nombre d'épines marginales	NE

Tableau 11. Variables morphologiques qualitatives étudiées.

Caractère	Codification	Variantes
Symétrie de la feuille	SF	1- Symétrique 2- Asymétrique
Forme de la feuille	FF	1- Elliptique 2- Lancéolée 3- Arrondie 4- Ovale 5-Obovale 6- Rhomboïdale
Couleur de la feuille	CF	1- Vert clair 2- Vert 3- Vert sombre
Forme de l'apex	FA	1- Aigu 2- Obtuse 3- Arrondi 4- Tronqué 5- Rétusé
Forme de la base du limbe	FB	1- Régulière : 1- Cunéiforme 2- Obtuse 3- Arrondie 4- Tronquée 5- Retusée 2- Irrégulière : 1- Oblique 2- Falciforme
Forme de la marge	FM	1-Entière 2-Spinescente : 1- Faiblement 2- Fortement 3-Ondulée
Forme de l'insertion du pétiole	FP	1- Arrondie 2- Arrondie aplatie d'un seul coté 3- Aplatie

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.
- Qualitatives : effectifs

2.2.2.4 Tests de significativité

Chez notre espèce, nous avons étudiées trois groupes indépendants ou appariés (populations). Donc, pour comparer nos populations une analyse de la variance à un seul facteur ANOVA pour les variables quantitatives a été réalisée à l'échelle intra-population

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

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

- **Analyse en composantes principales (ACP) :** L'analyse 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).

- Dans ce test, les cercles de corrélation permettent de visualiser les liaisons linéaires sur l'ensemble des variables considérées.

  Alors que, l'étude des individus permet de voir la ressemblance des groupes d'individus ou leurs différenciations.

- **- Classification ascendante hiérarchique (CAH) :** Dans notre étude, les méthodes hiérarchiques visent à regrouper en classes homogène (grande similarité) l'ensemble des arbres de chaque espèce étudiée. Et par conséquent, 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.

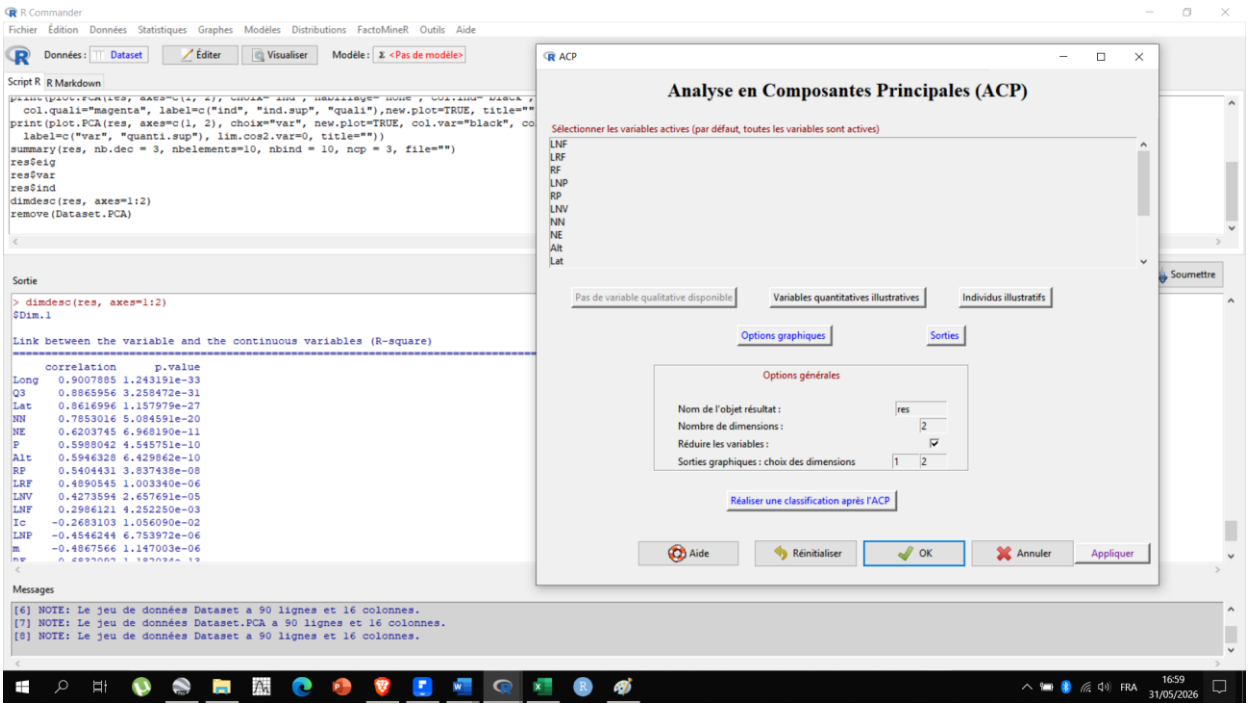
2.2.2.7 Logiciels appliqués

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

- STATISTICA 12
- R 4.4.0.

CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSION



1. Résultats

1.1 Morphométrie

1.1.1 Les caractères quantitatifs

1.1.1.1 Longueur de la feuille (LNF)

La moyenne enregistrée au niveau de Hammam Essalihine varie entre 12,01 et 78,5 mm avec une valeur de 40,17 mm. Par contre à Ichemoul, une moyenne de 42,37 mm a été enregistrée variant entre 10,07 mm et 132,46 mm. Par suite à Sidi Baizid, elle varie entre 20.41 mm et 71.75 mm avec une moyenne de 40.43 mm. Les feuilles mesurent en moyenne 40,99 mm pour notre espèce avec un écart type de 13,83 mm et un coefficient de variation de 33,73 %, les plus longues étant celles d'Ichemoul (42.37 mm) (tableau 12).

1.1.1.2 Largeur de la feuille (LRF)

A Hammam Essalihine, nous avons la moyenne (1,73 mm) qui varie entre (0 ,42-2,90mm) avec un écart type de 0,26 mm et un coefficient de variation de 15,18 % ; tandis qu'à Ichemoul, la moyenne, l'étendue, l'écart type et le coefficient de variation enregistrées sont 1,61mm, (0,54-8,11 mm), 0,46 mm et 28,41 %, respectivement. Par contre à Sidi Baizid, la moyenne est la plus évélée avec sa valeur 20,64 mm, elle varie entre 1,00 mm et 3 ,62 mm. La moyenne pour l'espèce avec son étendue sont les suivants : 1,79 mm et (0,42-8,11) mm (tableau 12).

1.1.1.3 Rapport (Longueur/ Largeur) de la feuille (RF)

Le rapport longueur / largeur a enregistré les moyennes de 0,67 mm, 1,20 mm et 24.27 mm pour Hammam Essalihine, Ichemoul et Sidi Baizid avec leurs étendus qui sont variables (5,11- 2,02mm ;1,03-14,25mm et 1.13-12.29 mm, respectivement). La moyenne pour l'espèce est égale à 5,28 mm avec son écart type 1,84 mm. La population qui a la valeur la plus importante est celle de Sidi Baizid (tableau 12).

1.1.1.4 Longueur du pétiole (LNP)

La longueur du pétiole nous a donné les moyennes suivantes : 8.86 mm et 9,75 mm et 5.86 mm avec leurs valeurs minimales et maximales de 1,37-41,04 mm ; de 1,28-63,22 mm et de 3,47-25,46 mm pour les stations Hammam Essalihine, Ichemoul et Sidi Baizid, respectivement. Concernant l'écart-type et le coefficient de variation, les valeurs enregistrées sont de 3,04 mm et 34,30 % à Hammam Essalihine ; de 7,25 mm et 74,34 % à Ichemoul et de 2,24 mm et 30,25 % à Sidi Baizid. La moyenne enregistrée pour l'espèce est de 4.43 mm, les pétioles sont plus longs à Sidi Baizid par rapport aux deux autres stations (tableau 12).

1.1.1.5 Rapport longueurs (feuille/ pétiole) (RFP)

Concernant le rapport des deux longueurs (feuille/ pétiole), nous avons la moyenne de 8,86 mm dans un intervalle min-max de 1,37-41,04 mm à Hammam Essalihine. Puis, Ichemoul avec une moyenne de 9,75 avec un minimum de 1,28. mm et un maximum de 63,22 mm. Enfin, Sidi Baizid avec sa moyenne de 5,86 mm et son étendue de 3,47-25,46 mm.

L'écart-type et le coefficient de variation sont de 3,04 mm 34,30 %, 7,25 mm 74,34 % et mm 30,25 %, respectivement pour Hammam Essalihine, Ichemoul et Sidi Baizid. La moyenne pour l'espèce est de 8,67 mm, la valeur importante est enregistrée à Hammam Essalihine (tableau 12).

1.1.1.6 Longueur de la nervure médiane visible (LNV)

Au niveau de Hammam Essalihine, la longueur de la nervure médiane visible de la feuille a enregistré la moyenne de 30,84 mm avec son étendue de 6,63-67,60 mm. Tandis qu'à Ichemoul, la moyenne est de 34,92 mm avec une étendue entre 7,67-125,84 mm. Par contre, à Sidi Baizid, la moyenne est la plus élevée (28,45 mm) avec une étendue de 7,82-56,23 mm. L'écart-type et le coefficient de variation sont de 6,88 mm 24 % à Hammam Essalihine, de 7,48 mm-24,25 % à Ichemoul et de 20,45 mm 58,56 %, à Sidi Baizid (tableau 12).

1.1.1.7 Nombre des nervures secondaires visibles (NN)

Le nombre des nervures secondaires visibles est en moyenne de 14,21 et 12,59 nervures avec leurs étendues de 7-22 nervures et de 6-20 nervures à Hammam Essalihine et Ichemoul, respectivement. Par contre, Sidi Baizid enregistre la moyenne la plus élevée pour l'espèce qui est de 8,00 nervures avec une étendue de 4-22 nervures. L'écart-type et le coefficient de variation sont de 2,29 nervures, 16,13 %; de 2,39 nervures et 18 ;98 % et enfin de 4,76 nervures et 59%, respectivement pour Hammam Essalihine, Ichemoul et Sidi Baizid. La moyenne enregistrée pour l'espèce est de 11,63 nervures (tableau 12).

1.1.1.8 Nombre d'épines marginales (NE)

Le nombre des épines sur la marge est en moyenne de 11,36 et 11,46 épines avec les étendues de 0-23 épines et de 0-23 épines à Hammam Essalihine et Ichemoul, respectivement. Par contre, Sidi Baizid avec sa moyenne la plus petite (6,78 épines) a donné l'étendue de 0-30 épines. La moyenne enregistrée pour l'espèce est de 9,87 épines avec son étendue 0-30 épines, son écart type 5,90 épines et enfin son coefficient de variation 59,76 % (tableau 12).

1.1.2 Les caractères quantitatifs

1.1.2.1 Symétrie de la feuille (SF)

Au niveau des trois populations, la forme symétrique est celle la plus dominante avec les proportions suivantes : 65,89 % à Hammam Essalihine 69,78% à Ichemoul et 60,75 % à Sidi Baizid (tableau 13).

1.1.2.2 Forme de la feuille (FF)

Deux formes majoritaires ont été rencontrées pour l'espèce (Lancéolée 49,96% et Elliptique 22,30 %). Il en est de même au niveau de la station de Hammam Essalihine : Lancéolée 37,56% et Elliptique 30,00% et Sidi Baizid : Lancéolée 31,61 % et Elliptique 27,63%). A Ichemoul, nous avons une seule forme dominante : Lancéolée avec 31,61% (Tableau 13).

1.1.2.3 Couleur de la feuille (CF)

Pour l'espèce, nous avons le vert sombre (47,85%) qui est dominant, suivi par le vert (37,48 %) et le vert clair (14,63 %). Par station, on constate une hétérogénéité de la couleur des feuilles pour les trois populations sorte que le vert sombre est le plus abondant à Hammam Essalihine avec sa proportion de 62,89 % et à Sidi Baizid (63,12%). A Ichemoul, le vert enregistre la valeur importante 68,67 % (Tableau 13).

1.1.2.4 Forme de l'apex (FA)

Les formes « Aigüe et Obtuse " de l'apex sont présentes de façon majoritaire avec les valeurs de 67,37 et 20,48 % pour cette espèce. Il en est de même par station pour Hammam Essalihine (68,44 et 19,78 %), Ichemoul (89,11 et 8,33 %) et Sidi Baizid (46,13 et 32,37 %). (Tableau 13).

1.1.2.5 Forme de la base du limbe (FB)

À l'échelle intra- et inter-populationnelle, les formes régulières de la base du limbe sont globalement dominantes. Parmi elles, les formes arrondie et cunéiforme présentent des fréquences importantes, notamment 24,56 % à Hammam Essalihine et 23,66 % à Sidi Baizid. Concernant les formes irrégulières, la variante oblique enregistre les valeurs les plus élevées dans les trois populations avec 17,89 %, 27,78 % et 34,19 % respectivement. À l'échelle de l'espèce, la forme oblique domine avec une moyenne de 26,67 %, tandis que la forme falciforme reste la moins représentée avec seulement 5,52 %.

1.1.2.6 Forme de la marge (FM)

Pour l'espèce, la marge fortement spinescente représente la forme la plus dominante avec une valeur de 60,48%. Pareillement, la même forme est majoritaire avec sa proportion 96,33 % pour Ichemoul. À Hammam Essalihine la variante finement spinescente est celle la

plus élevée dont la moyenne est égale à 68,44 % (tableau 13).

Cependant, nous avons la forme ondulée qui est dominante au niveau du Sidi Baizid (35,05%).

1.1.2.7 Forme de l'insertion du pétiole (FP)

La forme Arrondie aplatie d'un seul côté est présente d'une façon majoritaire pour l'espèce (71,52%). Il en est de même par population, : Ichemoul, Hammam Essalihine et Sidi Baizid avec leurs variations (92,11 %, 58,49 % et 64,11%) (tableau 13).

1.2 Analyse de la diversité morphologique

1.2.1 Tests de significativité

A l'échelle intra- et inter-population, l'analyse de la variance à un seul facteur pour les variables morphologiques quantitatives a révélé des différences significatives ($p < 0,001$) (tableau 12) pour tous les caractères étudiés sauf la variable Longueur du pétiole qui s'est révélé significatives à ($p < 0,05$)

1.2.2 Tests de corrélation

Des corrélations fortes ($r > 0,50$) et hautement significatives ($p < 0,001$) ont été enregistrées entre plusieurs variables quantitatives (tableau 14).

- La longueur de la feuille (LNF) est fortement liée à la largeur de la feuille (LRF) avec r = 0,80 ainsi qu'à la longueur de la nervure médiane visible (LNV) avec r = 0,85.
- La largeur de la feuille (LRF) montre également une forte corrélation positive avec la longueur de la nervure médiane visible (LNV) (r = 0,72).
- Par ailleurs, la longueur du pétiole (LNP) présente une corrélation négative élevée avec le rapport feuille/pétiole (RFP) (r = -0,57).
- Les autres variables ont enregistré des corrélations faibles à modérées, parfois significatives, notamment entre le rapport longueur/largeur (RF) et la largeur de la feuille (LRF) avec r = -0,61.

Enfin, le nombre des nervures secondaires visibles (NN) et le nombre d'épines marginales (NE) montrent des corrélations faibles avec les autres caractères étudiés.

Tableau 12. Caractéristiques des caractères quantitatifs mesurés pour les feuilles des trois stations

Caractères /Stations	Hammam Essalihine (H)	Ichemoul (I)	Sidi Baizid (S)	Moyenne (Espèce)
Longueur de la feuille en mm (LNF)	40,17±***7,53 (12,01-78,59) 18,73	42,37±***21,44 (10,07-132,46) 50,59	40,43±***7,41 (20,41-71,75) 18,32	40,99±***13,83 (10,07-132,46) **33,73**
Largeur de la feuille en mm (LRF)	23,73±***6,19 (12,34-57,20) 26,09	28,70±***19,26 (3,34-120,27) 67,11	40,43±***4,96 (9,63-49,46) 24,01	24,36±***12,47 (3,34-120,27) **51,19**
Rapport (Longueur/ Largeur) de la feuille (RF)	1,73±***0,26 (0,42-2,90) 15,18	1,61±***0,46 (0,54-8,11) 28,41	20,64±***0,40 (1,00-3,62) 19,60	1,79±***0,42 (0,42-8,11) **23,33**
Longueur du pétiole en mm (LNP)	4,87±*1,72 (1,20-24,27) 35,43	5,11±*1,87 (1,03-14,25) 36,49	2,02±*1,79 (1,13-12,29) 30,49	5,28±***1,84 (1,03-24,27) **34,88**
Rapport longueurs (feuille/ pétiole) (RFP)	8,86±***3,04 (1,37-41,04) 34,30	9,75±***7,25 (1,28-63,22) 74,34	5,86±***2,24 (3,47-25,46) 30,25	8,67±***4,82 (1,28-63,22) **55,56**
Longueur de la nervure médiane visible en mm (LNV)	30,84±***7,48 (6,63-67,60) 24,25	34,92±***20,45 (7,67-125,84) 58,56	28,45±***6,88 (7,82-56,23) 24	31,40±***13,45 (6,63-125,84) **42,82**
Nombre des nervures secondaires visibles (NN)	14,21±***2,29 (7,00-22,00) 16,13	12,59±***2,39 (6,00-20,00) 18,98	8,09±***4,76 (4,00-22,00) 59	11,63±***4,23 (4,00-22,00) **36,37**
Nombre d'épines marginales (NE)	11,36±***4,73 (0,00-23,00) **41,63**	**11,46±***4,47 (0,00-23,00) 39,03**	6,78±***6,91 (0,00-30,00) **102**	9,87±*** 5,90 (0,00-30,00) **59,76**

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

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

Caractère	Variantes		Hammam Essalihine (H) %	Ichemoul (I) %	Sidi Baizid (S) %	Moyenne (Espèce) %
Symétrie de la feuille (SF)	1- Symétrique		65,89	69,78	60,75	**65,33**
	2- Asymétrique		34,11	30,22	39,25	**34,67**
Forme de la feuille (FF)	1- Elliptique		30,00	8,67	27,63	**22,30**
	2- Lancéolée		37,56	81,33	31,61	**49,96**
	3- Arrondie		9,00	3,78	2,47	**5,04**
	4- Ovale		9,22	2,67	20,32	**10,70**
	5-Obovale		14,11	3,44	16,99	**11,63**
	6- Rhomboïdale		0,11	0,11	0,97	**0,37**
Couleur de la feuille (CF)	1- Vert clair		6,11	13,56	23,66	**14,63**
	2- Vert		31,00	68,67	13,23	**37,48**
	3- Vert sombre		62,89	17,67	63,12	**47,85**
Forme de l'apex (FA)	1- Aigue		68,44	89,11	46,13	**67,37**
	2- Obtuse		19,78	8,33	32,37	**20,48**
	3- Arrondie		10,11	0,22	17,63	**9,48**
	4- Tronqué		0,22	0,22	3,66	**1,41**
	5- Retusée		1,44	2,00	0,22	**1,22**
Forme de la base du limbe (FB)	1- Régulière	1- Cunéiforme	11,89	5,22	23,66	**13,74**
		2- Obtuse	10,33	4,00	21,08	**12,04**
		3- Arrondie	24,56	18,11	5,70	**16,00**
		4- Tronquée	10,89	12,89	9,46	**11,11**
		5- Retusée	18,67	21,78	5,38	**14,93**
	2- Irrégulière	1- Oblique	17,89	27,78	34,19	**26,67**
		2- Falciforme	5,78	10,22	0,54	**5,52**
Forme de la marge (FM)	1- Entière		10,67	1,44	35,05	**16,11**
	2- Spinescente	1- Finement	68,44	1,56	16,02	**6,89**
		2- Fortement	18,22	96,33	19,14	**60,48**
	3- Ondulé		2,67	0,67	29,78	**16,52**
Forme de l'insertion du pétiole (FP)	1- Arrondie		34,44	5,67	25,27	**21,67**
	2- Arrondie aplatie d'un seul coté		64,11	92,11	58,49	**71,52**
	3- Aplatie		1,44	1,89	16,24	**6,70**

Tableau 14. Corrélations entre les variables quantitatives mesurées relative aux feuilles

Variables quantitatives	LNF	LRF	RF	LNP	RFP	LNV	NN	NE
Longueur de la feuille en mm (LNF)	1,00	0,80***	-0,04	0,30***	0,34***	0,85***	0,20***	0,14***
Largeur de la feuille en mm (LRF)		1,00	-0,61***	0,22***	0,32***	0,72***	-0,01	0,22***
Rapport (Longueur/Largeur) de la feuille (RF)			1,00	0,01	-0,09**	-0,09**	0,25***	-0,22***
Longueur du pétiole en mm (LNP)				1,00	-0,57***	0,30***	-0,04	-0,10**
Rapport longueurs (feuille/pétiole) (RFP)					1,00	0,26***	0,14***	0,19***
Longueur de la nervure médiane visible en mm (LNV)						1,00	0,20***	0,16***
Nombre des nervures secondaires visibles (NN)							1,00	0,15***
Nombre d'épines marginales (NE)								1,00

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

1.2.3 Tests multivariés

1.2.3.1 Analyse en composantes principales (ACP)

A travers l'analyse en composantes principales, les dimensions 1x2 donnent une meilleure explication de sorte que l'inertie totale est égale à 66,23 %. La première donne 40,32 %, alors que la deuxième résume 25,91 % de l'inertie totale (tableau 15 et figure 9).

La projection des variables quantitatives relatives aux caractères foliaires ainsi que des variables géographiques et climatiques sur les deux premiers axes de l'ACP (figure 9 et tableau 16) met en évidence deux gradients écologiques principaux.

a. Le **premier axe (Facteur 1) traduit un gradient d'aridité chaud**. Il est positivement corrélé avec les températures maximale (M = 0,78) et négativement avec l'indice d'aridité Q_3 (-0,89), la latitude (-0,86), la longitude (-0,90). Du point de vue morphologique, certaines variables comme les rapports RF (0,68) et RP **(-0,54**), le nombre des nervures secondaires (-.079) et des épines marginales NE (- 0.62) sont associées à cet axe.

b. **Le deuxième axe (Facteur 2)** représente un gradient de continentalité pluvio-froide. Il est principalement lié aux variables morphologiques : la longueur et la largeur de la feuilles (LNF= 0.64 et LRF =0.68), la langueur de la nervure médiane (LNV=0.66) et le rapport la feuille avec son pétiole (RP =0.57).

Les digrammes de la projection des 90 arbres des trois populations étudiées ont montré une nette séparation de deux groupes pour les feuilles (figure 9). Le premier axe de la carte factorielle discrimine les stations selon un gradient de continentalité thermique, matérialisé par l'indice Ic, qui traduit l'influence prépondérante des facteurs environnementaux. La projection des deux groupes (G1 et G2) s'ordonne le long de cet axe selon des valeurs de Ic croissantes : elle s'étend de la station de Hammam Essalihine (G1= Ic = 16,5), caractérisée par un bioclimat eu-océanique atténué, pour atteindre le groupe deux d'Ichemoul (Ic = 20,5), et de Sidi Baizid (Ic = 20), avec leur bioclimat semi-continental atténué.

.

Tableau 15. Valeurs propres issues de l'ACP.

Nombre de valeur	Valeurs Propres	% Total variances	Cumul -Valeurs Propres	Cumul - %
1	6,45	40,32	6,45	40,32
2	4,15	25,91	10,60	66,23
3	2,82	17,64	13,42	83,87
4	0,92	5,75	14,34	89,62
5	0,82	5,15	15,16	94,77
6	0,52	3,23	15,68	98,00
7	0,26	1,66	15,94	99,66
8	0,03	0,19	15,98	99,85
9	0,01	0,08	15,99	99,93
10	0,01	0,07	16,00	100,00

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

Variables		Facteur 1	Facteur 2
Morphologiques	**LNF**	-0,30	**0,64**
	LRF	-0,49	**0,68**
	RF	**0,68**	-0,25
	LNP	0,45	0,17
	RP	**-0,54**	**0,57**
	LNV	-0,43	**0,66**
	NN	**-0,79**	-0,19
	NE	**-0,62**	0,03
Environnementales	**Alt**	-0,59	**-0,72**
	Lat	**-0,86**	0,13
	Long	**-0,90**	0,02
	M	**0,78**	-0,27
	m	0,49	**0,77**
	P	-0,60	**-0,72**
	Ic	0,27	**-0,69**
	Q3	**-0,89**	-0,42

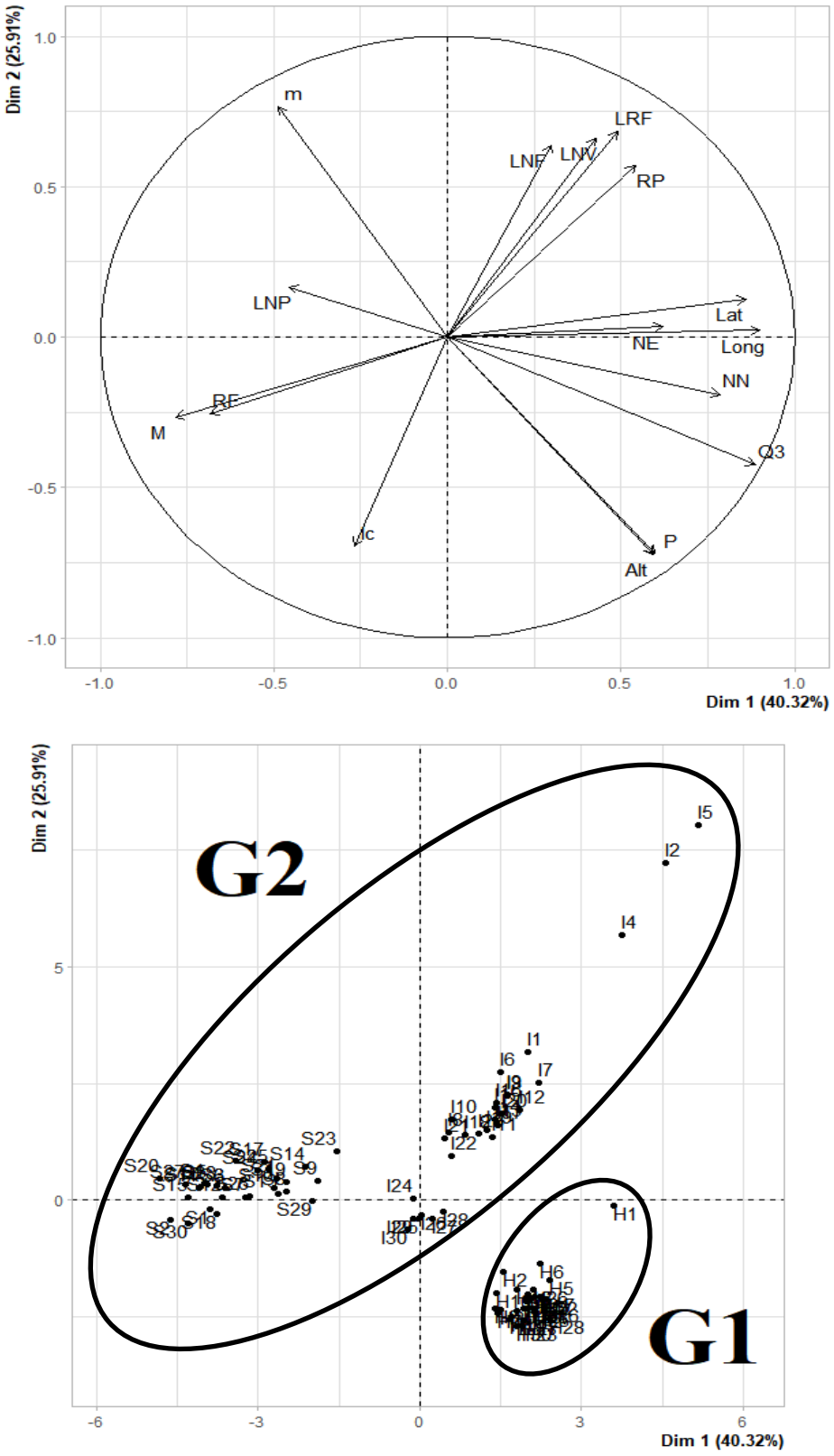


Figure 09. Analyse en composante principales (ACP) des variables morphologiques quantitatives et environnementales concernant les feuilles : Cercle de corrélation des variables et diagramme de dispersion des individus (90 arbres).

2. Discussion

Cette section débat essentiellement l'effet des facteurs géographiques et climatiques sur les caractères morphologiques évalués pour notre espèce avec une étude comparative (Tableau 18) pour quelques résultats obtenus dans la littérature de l'espèce.

2.1 Effet des facteurs environnementaux (tableaux 12 et 13 ; figures 09)

L'hétérogénéité exprimée pour toutes les variables morphologiques relatives concernant les trois populations peut s'expliquer par les forces d'ordre abiotiques des stations d'échantillonnage. Selon Rivas-Martinez (2005), la délimitation des étages bioclimatiques se fait en fonction des facteurs thermo et ombro-climatiques. Et par conséquence, cela permet une expression plus simple de la notion végétation-climat.

À l'échelle intra- et inter-populationnelle, l'analyse de la variance à un seul facteur (ANOVA) appliquée aux variables morphologiques quantitatives a mis en évidence des différences significatives entre nos populations de chêne vert. Les résultats obtenus montrent que la majorité des caractères étudiés présentent des différences hautement significatives au seuil ($p < 0,001$) (tableau 12), traduisant l'existence d'une importante variabilité morphologique entre les stations étudiées.

Ces différences concernent notamment la longueur et la largeur des feuilles, le rapport longueur/largeur, la longueur de la nervure médiane visible ainsi que le nombre des nervures secondaires et des épines marginales. Cette variabilité pourrait être liée à l'influence des conditions écologiques locales telles que l'altitude, le climat, la nature du sol et la disponibilité hydrique, mais également à des facteurs génétiques propres à chaque population.

En revanche, la variable longueur du pétiole (LNP) n'a montré qu'une différence significative au seuil ($p < 0,05$), indiquant une variabilité moins marquée entre les populations pour ce caractère. Cela suggère que la longueur du pétiole semble être un caractère plus stable et moins influencé par les variations environnementales comparativement aux autres paramètres morphologiques étudiés.

En ce qui concerne nos résultats (Figure 09), le plan factoriel de l'analyse en composantes principales (ACP) pour les arbres des trois populations étudiées montrent qu'il existe effectivement des gradients liés à la continentalité thermique sous l'action modératrice de certains facteurs géographiques et climatiques. Suivant un gradient décroissant de continentalité, les trois populations se subdivisent en deux groupes en fonction de leurs valeur Ic de sorte que la station de Hammam Essalihine s'isole par sa valeur (Ic= 16.5) en formant un seul groupe par rapport à l'autre groupe incluant les deux populations Ichemoul et Sidi Baizid.

La variabilité morphologique foliaire du Chêne vert est un phénomène bien connu de qui s'intéresse à Ia végétation méditerranéenne ; elle s'exprime aussi bien au niveau géographique et climatique qu'au niveau stationnel voire individuel (Lebreton et *al.,*2001).

Enfin, selon Lodé (1998), les individus d'une même espèce peuvent présenter de grandes différences morphologiques liées à un dimorphisme sexuel, ou une réponse à une pression environnementale. Quelles que soient leurs variations, les traits d'un individu constituent le phénotype qui résulte de l'interaction entre son génotype et les conditions de son environnement.

2.2 Comparaison des données recueillies sur l'espèce (tableau 17)

La systématique du chêne vert reste un sujet de discussion classique en botanique. Si certains auteurs, à l'image de Tutin *et al.* (1993) dans l'encyclopédie *Flora Europaea*, considèrent *Quercus ilex* L. comme une espèce polymorphe englobant deux sous-espèces (*Q. ilex* et *Q. rotundifolia*), d'autres botanistes comme Garcia-Rollan (1981) dans sa flore *Claves de la Flora de España* les élèvent au rang d'espèces distinctes. La confrontation de nos données récoltées en Algérie (populations H, I et S) avec ces flores de référence révèle des divergences morphométriques notables.

En effet, nos populations présentent une longueur foliaire moyenne de 40,99 mm, s'insérant globalement dans l'intervalle défini par Lebreton *et al.* (2001) pour *Q. rotundifolia* (27 à 38 mm) et sa sous-espèce *maghrebiana* (38 mm). Néanmoins, l'amplitude de nos échantillons se distingue par une valeur maximale exceptionnelle de 132,46 mm, surpassant largement la limite supérieure de 70 mm fixée pour *Q. ilex* par Garcia-Rollan (1981) et Bayer *et al.* (2005). Concernant la largeur moyenne (24,36 mm), nos résultats affichent des dimensions supérieures à celles de la littérature européenne, qui oscillent entre 17 et 22 mm selon Lebreton *et al.* (2001).

Enfin, le rapport longueur/largeur de nos échantillons (1,79) s'avère très proche de celui décrit pour la sous-espèce nord-africaine *ssp. maghrebiana* (1,71) par Lebreton *et al.* (2001), confirmant une géométrie foliaire ramassée et convergente.

Sur le plan qualitatif, la forme lancéolée et parfois elliptique de nos échantillons marque une transition morphologique par rapport aux descriptions de Garcia-Rollan (1981) et de Tutin *et al.* (1993), qui associent préférentiellement *Q. rotundifolia* à des formes « largement ovales », « arrondies » ou « suborbiculaires ».

Nos observations se rapprochent davantage des morphes de *Q. ilex* décrits par Bayer *et al.* (2005) dans leur *Guide de la flore méditerranéenne*, qui mentionnent des feuilles de forme ovoïde à lancéolée.

De même, la couleur vert sombre observée en Algérie concorde parfaitement avec les caractéristiques de *Q. ilex* répertoriées par ces différents auteurs, notamment le « vert foncé et brillant » décrit par Bayer *et al.* (2005). La divergence majeure réside cependant au niveau de la marge foliaire. Alors que la littérature classique fait état de structures « dentées », « lisses » ou « moyennement spinescentes » (Garcia-Rollan, 1981 ; Tutin *et al.*, 1993 ; Lebreton *et al.*, 2001 ; Bayer *et al.*, 2005), nos populations locales se distinguent de manière unanime par une marge classée comme « fortement spinescente ». L'apex se définit quant à lui par une double nature aiguë et obtuse, rejoignant ponctuellement le type pointu identifié chez *Q. ilex* par Bayer *et al.* (2005).

Les mesures liées au pétiole indiquent une longueur moyenne de 8,67 mm en Algérie. Cette valeur s'intègre harmonieusement dans l'intervalle de 6 à 15 mm préconisé par Garcia-Rollan (1981) pour *Q. ilex* L., bien que l'extrême hétérogénéité de notre échantillonnage (1,28 à 63,22 mm) traduise une plasticité singulière et propre à nos stations.

Pour ce qui est de la nervation, nos résultats affichent une moyenne de 5,81 paires de nervures secondaires. Cette donnée s'aligne de façon très stricte avec les standards de 5 à 8 paires attribués à *Q. rotundifolia* par Garcia-Rollan (1981) et Tutin *et al.* (1993), ainsi qu'aux 6 paires signalées par Lebreton *et al.* (2001). Tout comme pour la longueur de la feuille, le spectre étendu de nos valeurs (4 à 22 paires) témoigne d'un polymorphisme local bien plus marqué que le cadre plus restreint répertorié dans les travaux européens publiés dans la littérature.

Pour approfondir cette hétérogénéité, il convient de confronter nos résultats aux travaux de Lebreton *et al.* (2001) portant sur la diversité morphologique de 11 populations d'origines diverses (Algérie, Europe du Sud et Maroc). Ces auteurs subdivisent le Chêne vert en trois entités taxonomiques distinctes :

- Un pôle franco-italien associé à *Quercus ilex* aux feuilles allongées et fortement nervurées (7,4 paires),
- Un pôle ibérique correspondant à *Quercus rotundifolia* aux feuilles courtes et faiblement nervurées (6 paires),
- Et enfin un pôle maghrébin matérialisé par la sous-espèce *maghrebiana*, subordonnée à *Q. rotundifolia*, définie par des feuilles arrondies et 6,1 paires de nervures.

Nos trois populations algériennes oscillent curieusement entre ces groupes. D'une part, elles rappellent *Q. rotundifolia* par leur nombre de nervures secondaires (5 à 8 paires), mais s'éloignent de la forme arrondie de la ssp. *maghrebiana* au profit du type lancéolé propre à *Q. ilex*. D'autre part, la longueur moyenne de nos feuilles (40,99 mm) et leur marge fortement spinescente convergent préférentiellement vers les caractéristiques de ce taxon nord-africain.

En Algérie, cette taxonomie a d'ailleurs suscité de longues controverses (Dahmani, 1997). Reposant initialement sur des critères morphologiques, les mesures foliaires réalisées par Dahmani (1984) dans les Monts de Tlemcen avaient déjà conduit à rapprocher les peuplements locaux de l'espèce *Q. rotundifolia* Lamk.

Face à cette superposition de caractères, l'approche de Lebreton *et al.* (2001) consistant à abandonner la stricte hiérarchie d'une seule espèce à deux sous-espèces semble la plus adaptée. Il paraît en effet préférable d'appréhender le polymorphisme du Chêne vert sous la forme d'un complexe spécifique global nommé *Quercus aggr. ilex* L., au sein duquel *Q. rotundifolia* intègre la sous-espèce révisée *maghrebiana*.

Cette importante diversité phénotypique s'explique probablement par des pressions de sélection abiotiques. Nos trois populations s'individualisent en réponse à des facteurs écologiques rudes et spécifiques tels que l'aridité, la continentalité, le stress thermique hivernal et la haute altitude, d'autant que les taxons *ilex* et *rotundifolia* possèdent des amplitudes bioclimatiques distinctes.

En définitive, le fait que nos populations partagent simultanément des traits de la sous-espèce *maghrebiana* et de l'espèce *Quercus ilex* L. confirme le statut complexe et non figé de l'agrégat *Quercus aggr. ilex* L. en Algérie, dont la compréhension définitive nécessitera des investigations génétiques et moléculaires approfondies.

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

Taxons	Auteurs et régions	Feuille					Pétiole	Apex	Marge	Nervures secondaires
		Long (mm)	Larg (mm)	Rap	Forme	Couleur	Long (mm)	Forme	Forme	Nombre
Q. ilex L.	Garcia-Rollan M. (1981) ; Nord de la Péninsule et Baléares.	50-70	-	-	Lancéolée ou oblongue-ovale	Vert sombre	6-15	-	Entièrement dentée ou épineuse - dentelée, lisse	7-11 paires
	Tutin T.G et al. (1993) ; Europe (sauf Portugal et Espagne).	-	-	-	Oblongue-ovale à Lancéolée	Vert sombre	-	-	-	7-11 paires
	Lebreton et al. (2001) ; Corse, Italie, Languedoc, Vl. Rhone, Landes et Provence.	46	22	2.17	Allongée	-	-	-	Moyennement spinescente	7.4 Paires
	Bayer et al. (2005)	max =70	-	-	Ovoïde à lancéolée	Vert foncé et brillant	-	Pointue	Dentée	-
Q. rotundifolia Lam	Garcia-Rollan M. (1981) ; Sud de la France et Centre de la Péninsule.	-	-	-	Largement ovale ou arrondie	-	-	-	-	5-8 paires
	Tutin T.G et al. (1993), Portugal et Espagne.	-	-	-	suborbiculaire ou largement ovale	Gris-glauque	-	-	-	5-8 paires
	Lebreton et al. (2001) ; Catalogne, Portugal-N et Portugal-S.	27	17	1.92	Courte	-	-	-	Moyennement spinescente	6 paires
	ssp. Maghrebiana Lebreton et al. (2001) ; Afrique du nord.	38	22	1.71	Arrondie	-	-	-	Moyennement spinescente	6.1 paires
Nos résultats	**Populations H, I et S (Algerie)**	**40.99 (10.07-132.46)**	**24.36**	**1.79**	**Lancéolé, parfois elliptique**	**Vert sombre**	**8.67 (1.28-63.22)**	**Aiguë, Obtuse**	**Fortement spinescente**	**5.81 (4-22)**

Conclusion

Le présent travail avait pour objectif d'élucider la variabilité morphologique, l'influence des facteurs environnementaux et le statut taxonomique complexe des populations de Chêne vert (*Quercus aggr. ilex* L.) en Algérie, à travers l'étude de trois stations contrastées : Hammam Essalihine, Ichemoul et Sidi Baizid. Les investigations macromorphologiques et architecturales menées, appuyées par des outils d'analyse statistique multivariée, mettent en évidence un polymorphisme phénotypique d'une ampleur exceptionnelle, façonné par une interaction étroite liée aux pressions sélectives environnementales sans oublier l'effet du déterminisme génétique.

L'analyse de la variance (ANOVA) a révélé des fluctuations hautement significatives ($p < 0,001$) pour la quasi-totalité des descripteurs foliaires quantitatifs (longueur, largeur, nervation et spinescence), confirmant une solide structuration morphologique intra- et inter-populationnelle. Seule la longueur du pétiole s'est avérée plus stable ($p < 0,05$), s'affirmant comme un caractère moins sensible aux variations stationnelles.

Parallèlement, l'analyse en composantes principales (ACP) a démontré que cette hétérogénéité répond à des gradients écologiques précis. L'action de la continentalité thermique isole nettement la station de Hammam Essalihine des stations plus continentales et d'altitude d'Ichemoul et de Sidi Baizid.

La confrontation de nos données avec les flores et publications de référence (*Flora Europaea*, *Claves de la Flora de España*) confirme la position intermédiaire et originale des peuplements algériens. Nos populations affichent des caractères transitionnels : elles partagent avec *Quercus rotundifolia* Lamk. (et plus particulièrement sa sous-espèce nord-africaine *ssp. maghrebiana*) certains caractères (rapport longueur/largeur ramassé (1,79) avec un réseau de nervures secondaires typique (5 à 8 paires). À l'inverse, elles empruntent à *Quercus ilex* L. sa forme foliaire lancéolée à elliptique ainsi que sa couleur vert sombre. La divergence majeure réside toutefois dans l'expression d'une marge foliaire "fortement spinescente" et d'un spectre de dimensions (longueur maximale de 132,46 mm) qui surclassent largement les standards européens.

Face à cette intrication de traits et à l'image des controverses historiques locales initiées par Dahmani, l'application d'une nomenclature rigide s'avère insuffisante. Nos résultats valident l'approche de Lebreton *et al.* (2001) consistant à appréhender le Chêne vert sous la forme d'un complexe spécifique global ou agrégat : ***Quercus aggr. ilex* L.** Ce polymorphisme exacerbé

reflète une stratégie adaptative essentielle face aux contraintes abiotiques rudes du milieu méditerranéen maghrébin (aridité, stress thermique hivernal), exacerbée par des pressions biotiques et des phénomènes d'introgression ou d'hybridation dans les zones de contact.

En ouverture à ce travail, bien que les facteurs écologiques et anthropozoogènes guident visiblement la plasticité de ce taxon, les limites de la seule approche morphologique sont ici atteintes. Afin de lever définitivement les verrous taxonomiques de cet agrégat en Algérie, il apparaît indispensable de prolonger cette étude par des investigations moléculaires approfondies (marqueurs génétiques, séquençage d'ADN ou phylogéographie). Ces perspectives permettront de tracer avec précision l'histoire évolutive et la structure génétique fine de cette essence forestière

Références bibliographiques

Achhal, H. (1979). Le chêne vert dans le Haut Atlas central : Étude phytoécologique. Problèmes posés par les aménagements de la chênaie [Thèse de doctorat de 3ème cycle, Université d'Aix-Marseille].

Agence Nationale de Développement de l'Investissement [ANDI]. (2013). Rapport sectoriel sur la situation et les potentialités du patrimoine forestier en Algérie. Ministère de l'Industrie, de la Petite et Moyenne Entreprise et de la Promotion de l'Investissement.

Akli, S., Krouchi, F., Radji, F., & Messaoudène, M. (2022). Variabilité morphologique et adaptation des peuplements de chênes en Algérie face aux changements globaux. Revue d'Écologie et d'Environnement, 18(1), 22-35.

Alatou, D. (1994). Contribution à l'étude de la dynamique et de la structure de la végétation de la Kabylie (Algérie) (Thèse de doctorat). Université de Constantine, Algérie.

Barbero, M., & Loisel, R. (1980). Le Chêne vert en région méditerranéenne française : Diversité phytosociologique, dynamique et bioclimatologie. Ecologia Mediterranea, 5(1), 3-30.

Barbero, M., & Loisel, R. (1980). Le Chêne vert en région méditerranéenne française : Diversité phytosociologique, dynamique et bioclimatologie. Ecologia Mediterranea, 5(1), 3-30.

Barbero, M., & Loisel, R. (1983). Les chênaies vertes du Sud-Ouest de la faune Méditerranéenne. Valeurs phytosociologiques, dynamiques et potentielles. Phytocoenologia, 11(2), 225-244.

Barbero, M., Loisel, R., & Quézel, P. (1992). Biogéographie des chênes sclérophylles méditerranéens. Annales des Sciences Forestières, 49(Suppl 1), 121s-128s.

Bayer, E., Buttler, K. P., Finkenzeller, X., & Grau, J. (2005). Guide de la flore méditerranéenne. Delachaux et Niestlé.

Bayer, E., Buttler, K. P., Finkenzeller, X., & Grau, J. (2005). Guide de la flore méditerranéenne. Delachaux et Niestlé.

Bayer, E., Buttler, K. P., Finkenzeller, X., & Grau, J. (2005). Guide de la flore méditerranéenne. Delachaux et Niestlé.

Berrichi, M. (2011). Détermination des aptitudes technologiques du bois de Quercus rotundifolia Lamk. et possibilités de valorisation [Thèse de doctorat d'État en sciences forestières, Université de Tlemcen].

Bidault, M. (1971). Variation et spéciation chez les végétaux supérieurs (Applications à la systématique). Doin Éditeurs.

Bonin, G. (1994). Quelques aspects des forêts d 'Afrique du Nord. Forêt Méditerranéenne, XV(1), 69-74.

Boudy, P. (1950). Économie forestière Nord-Africaine. Tome 2, Fasc. 1. Monographie et traitement des essences forestières. Larose.

Boudy, P. (1952). Guide du forestier en Afrique du Nord. La Maison Rustique.

Boudy, P. (1955). Économie forestière nord-africaine : Monographies et traitements des essences forestières (Tome IV). Éditions Larose.

Bougarne, A., Alatou, D., Meddour, R., & Derridj, A. (2021). Variabilité morphologique et plasticité phénotypique des feuilles de Quercus ilex L. face au changement climatique en Algérie. Revue d'Écologie et d'Environnement, 17(2), 45-58.

Bureau National d'Études pour le Développement Rural [BNEF]. (1983). Rapport général sur la cartographie et l'inventaire des ressources forestières de l'Algérie. Ministère de l'Hydraulique, de l'Environnement et des Forêts.

Charef, M., Yousfi, M., Saidi, M., & Stocker, P. (2008). Determination of the fatty acid composition of acorn (Quercus) and Pistacia lentiscus seeds growing in Algeria. Journal of the American Oil Chemists' Society, 85, 921-924.

Dahmani, M. (1984). Contribution à l'étude des groupements à Chêne vert (Quercus rotundifolia Lamk.) des Monts de Tlemcen (Algérie) : Approche phytoécologique et syntaxonomique (Thèse de Magister). Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB), Alger, Algérie.

Dahmani, M. (1997). Le Chêne vert (Quercus ilex L. s.l.) en Algérie : Phytoécologie, syntaxonomie et dynamique des peuplements (Thèse de doctorat d'État). Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB), Alger, Algérie.

Dahmani-Megrouche, M. (2002). Typologie et dynamique des chênaies vertes en Algérie. Forêt Méditerranéenne, XXIII(2), 117-132.

Di Pietro, R., Misano, G., & Viscosi, V. (2020). Phenotypic diversity and taxonomic implications in the Quercus ilex complex (Fagaceae) within the central Mediterranean basin. Plant Biosystems, 154(4), 512-526.

Dilem, A. (1982). Établissement d'un tarif de cubage par les taillis de chêne vert de la région d'El Hassasna (W. Saida) et étude des principales propriétés physiques de cette essence [Thèse d'ingénieur en agronomie, INA Alger].

Direction Générale des Forêts [DGF]. (2014). Inventaire forestier et national : Rapport d'évaluation des ressources forestières algériennes. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

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, Série Botanique, 7, 3-43.

Emberger, L. (1971). Travaux de botanique et d'écologie. Masson.

Floret, C., Galan, M. J., Le Floc'h, E., Orshan, G., & Romane, F. (1992). Growth forms and phenology of Mediterranean plant species according to an environmental gradient. Journal of

Vegetation Science, 3(1), 77-84.

Garcia-Rollan, M. (1981). Claves de la Flora de España (Península y Baleares) (Vol. 1). Ediciones Mundi-Prensa.

Girardet, R. (1980). Structure et croissance des peuplements de Chêne vert (Quercus ilex L.) soumis à des contraintes stationnelles. Annales des Sciences Forestières, 37(2), 145-162.

Haichour, R. (2009). Stress thermique et limite écologique du Chêne vert en Algérie [Thèse de magister en biologie et écologie, Université Mentouri Constantine].

Halimi, A. (1980). L'Atlas Blidéen - Climats et Étages Végétaux. Office des Publications Universitaires.

International Plant Genetic Resources Institute [IPGRI]. (1997). Descriptors for Oak (Quercus spp.). IPGRI Publications.

Kirat, S. (2006). Les conditions d'émergence d'un système d'élevage spécialisé en engraissement et ses conséquences sur la redynamisation de l'exploitation agricole et la filière des viandes rouges bovines - cas de la wilaya de Jijel en Algérie [Thèse de Master of Science, CIHEM-IAMM].

Le Cœur, C., Amat, J. P., Dorize, L., & Gautier, E. (1996). Éléments de géographie physique. Bréal.

Leberton, P., Barbero, M., & Quézel, P. (2001). Contribution morphométrique et biochimique à la structuration et à la systématique du complexe spécifique Chêne vert Quercus ilex L. Biocosme Mésogéen, 18(4), 289-317.

Lebreton, P., & Perez de Paz, P. L. (2001). Définition du Genévrier de Phénicie (Juniperus aggr. phoenicea), reconsidéré à ses limites biogéographiques : Méditerranée orientale (Crète et Chypre) et Atlantique (Îles Canaries). Bulletin Mensuel de la Société Linnéenne de Lyon, 70(4), 73-92.

Lebreton, P., Barbero, M., Aquino, S., & Suigo, J. S. (2001). Variabilité morphologique et chimiotaxonomique du Chêne vert (Quercus ilex L. s.l.) : Mise en évidence d'un pôle maghrébin (Quercus rotundifolia ssp. maghrebiana). Bulletin de la Société Botanique de France - Lettres Botaniques, 148(2), 135-148.

***Lecœur, J., Caraglio, Y., Sabatier, S., & Barthélémy, D.** (1996). Architecture et croissance d'un arbre sempervirent : Le cas du Chêne vert (Quercus ilex L.). Revue Canadienne de Botanique, 74(4), 512-525.*

Leroy, M. (2002). La mesure au sol de la température et des précipitations. La Météorologie, 8(39), 52-56.

Letreuch-Belarouci, N. (1995). Réflexion autour du développement forestier : les zones potentielles de productions, les objectifs. OPU.

Maire, R. (1926). Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. Gouvernement Général d'Algérie.

Manos, P. S., & Stanford, A. M. (2001). The historical biogeography of Fagaceae: Tracking the Tertiary history of temperate and subtropical forests of the northern hemisphere. International Journal of Plant Sciences, 162(S6), S77-S93.

Medjmadj, A. (2014). Biologie des chênes Algériens [Mémoire de magister, Université de Constantine 1].

Meharzi, M. K. E. (2010). Forêts, géo-systèmes et dynamique du Milieu : le cas de l'Aurès [Mémoire de magister, Université Mentouri Constantine].

Messaoudène, M. (1993). Statut écologique, dynamique et productivité des principaux groupements forestiers à Chêne vert et Chêne-liège en Algérie (Thèse de doctorat). Université de Paris XI, Orsay, France.

Mokhtari, N., Mrabet, R., Lebailly, P., & Bock, L. (2013). Spatialisation des bioclimats, de l'aridité et des étages de végétation du Maroc. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 2(1), 50-66.

Naggar, M. (2000). Éléments de base d'une stratégie de sylvopastoralisme en Afrique du Nord. Options Méditerranéennes, Série A, 39, 191-202.

Nixon, K. C. (1993). Infrageneric classification of Quercus (Fagaceae) and typification of sectional names. Annales des Sciences Forestières, 50(Suppl 1), 25s-34s.

Oubellil, D. (2010). Sélection de l'habitat et écologie alimentaire du chacal doré Canis aureus algirensis dans le Parc National de Djurdjura [Mémoire de magister, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou].

Paton, D., Garcia-Herrera, R., Cuencia, J., Galavis, M., & Roig, F. A. (2009). Influence of climate on radial growth of holm oaks (Quercus ilex subsp. ballota Desf) from SW Spain. Geochronometria, 34, 49-56.

Plan National de Développement Forestier [PNDF]. (1984). Directives nationales pour l'aménagement et la protection du patrimoine forestier algérien. Ministère de l'Agriculture et de la Révolution Agraire.

Pouget, M. (1980). Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-algéroises. ORSTOM.

Pour les acronymes institutionnels (PNDF, DGF, ANDI, BNEF, IPGR), la règle APA exige de mentionner le nom complet de l'organisme officiel suivi de son abréviation entre crochets.

Quézel, P. (1976). Les chênes sclérophylles en région méditerranéenne. Options Méditerranéennes, 35, 25-29.

Rivas-Martinez, S. (2005). Avances en Geobotánica. Real Academia de Farmacia.

Sari, D. (1977). L'homme et l'érosion dans l'Ouarsenis (Algérie). Société Nationale d'Édition et de Diffusion.

Sauvage, C. H. (1961). Recherches géobotaniques sur les subéraies marocaines. Institut Scientifique Chérifien.

Schwartz, O. (1936). Entwurf zu einem natürlichen System der Cupuliferen und der Gattung Quercus L. Notizblatt des Königl. botanischen Gartens und Museums zu Berlin, 13(116), 1-22.

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

Simon, J. C. (1987). Biogéographie et variabilité morphologique du Chêne vert (Quercus ilex L.) dans le bassin méditerranéen occidental. Bulletin de la Société Botanique de France, 134(1), 45-59.

Stewart, P. (1969). Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 59, 23-36.

Tutin, T. G., Burges, N. A., Chater, A. O., Edmondson, J. R., Heywood, V. H., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M., & Webb, D. A. (Eds.). (1993). Flora Europaea: Psilotaceae to Platanaceae (Vol. 1, 2nd ed.). Cambridge University Press.

Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Valentine, D. H., Walters, S. M., & Webb, D. A. (Eds.). (1993). Flora Europaea, Vol. 1. Cambridge University Press.

Viscosi, V. (2015). Geometric morphometrics reveals leaf shape diversity and transitional forms in Mediterranean white oaks (Quercus series Virentes). Botanical Journal of the Linnean Society, 179(3), 435-449.

Viscosi, V., Lepais, O., Agnello, S., Scolastri, A., & Fortini, P. (2009). Leaf morphological diversity in Quercus ilex L. (Fagaceae) populations across environmental gradients. Plant Biosystems, 143(Suppl 1), S22-S31.

Voici la liste alphabétique de vos références bibliographiques, corrigées, complétées et normalisées selon les règles strictes de l'APA (7e édition).

Voici les références bibliographiques complémentaires que vous avez indiquées, rédigées et complétées selon les normes de l'APA (7e édition) :

Zeraia, L. (1978). La forêt Algérienne, Approche socio-écologique. El Hindessa, 2, 48-61

Zitouni, W. (2009). Croissance et productivité d'un taillis de chêne vert à la lisière de la pinède Ain Mimoun - Massif d'Ouled Yagoub [Mémoire de magister, Université El Hadj Lakhdar, Batna].

Annexes

Tableau 19. Coordonnées factorielles des variables, basées sur les corrélations.

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8	Factor 9	Fact.10
LNF	-0,30	0,64	-0,69	0,10	0,07	-0,08	0,03	0,02	-0,09	-0,03
LRF	-0,49	0,68	-0,51	0,05	0,01	0,14	-0,01	0,03	0,01	0,09
RF	0,68	-0,25	-0,15	-0,06	0,30	-0,58	0,14	0,01	0,00	0,03
LNP	0,45	0,17	-0,12	0,86	0,09	0,02	0,03	-0,06	0,01	-0,00
RP	-0,54	0,57	-0,50	-0,33	0,04	-0,07	0,01	-0,14	0,02	-0,01
LNV	-0,43	0,66	-0,59	0,06	0,07	-0,09	0,01	0,08	0,06	-0,05
NN	-0,79	-0,19	0,04	0,16	-0,24	-0,33	-0,39	-0,00	-0,00	0,01
NE	-0,62	0,03	0,11	0,10	-0,70	-0,16	0,27	-0,00	0,00	0,00
Alt	-0,59	-0,72	-0,34	0,04	0,08	0,04	0,04	-0,00	0,00	0,00
Lat	-0,86	0,13	0,44	0,06	0,20	-0,03	0,05	0,00	-0,00	-0,00
Long	-0,90	0,02	0,38	0,06	0,20	-0,02	0,05	0,00	-0,00	-0,00
M	0,78	-0,27	-0,52	-0,05	-0,19	0,03	-0,04	-0,00	0,00	0,00
m	0,49	0,77	0,41	-0,03	-0,06	-0,05	-0,03	0,00	-0,00	-0,00
P	-0,60	-0,72	-0,33	0,04	0,08	0,04	0,04	-0,00	0,00	0,00
Ic	0,27	-0,69	-0,66	-0,01	-0,10	0,06	-0,01	-0,00	0,00	0,00
Q3	-0,89	-0,42	0,02	0,06	0,16	0,01	0,05	-0,00	-0,00	0,00

M^LLE BOULAHIA Lamia
M^LLE KOUICEM Firdaous

Titre : Étude de la variabilité morphologique (feuillage) de l'espèce *Quercus Ilex* L. 1753, Le chêne vert en Algérie.

Résumé :

Le présent travail s'intègre dans le cadre de la caractérisation morpho-systématique et de l'évaluation de la dynamique adaptative du Chêne-liège (*Quercus ilex* L., 1753) en Algérie face aux contraintes environnementales. La variabilité phénotypique foliaire a été appréhendée à l'échelle intra- et inter-populationnelle au sein de trois stations naturelles contrastées Hammam Essalihine, Ichemoul et Sidi Baizid.

L'échantillonnage a porté sur trente (30) individus choisis de manière aléatoire par station, à raison de trente (30) feuilles récoltées par arbre. Les descripteurs morphologiques (quantitatifs et qualitatifs) ont été soumis à des analyses statistiques descriptives et multivariées.

L'analyse de la variance (ANOVA) met en évidence des fluctuations hautement significatives pour la majorité des paramètres étudiés, confirmant une solide structuration morphologique à l'échelle stationnelle et individuelle. Parallèlement, l'analyse factorielle (ACP) discrimine l'ensemble des individus en groupes distincts, révélant l'existence de gradients phénotypiques nets en réponse aux facteurs géographiques et climatiques locaux.

Ce polymorphisme exacerbé témoigne d'une remarquable plasticité phénotypique et reflète une stratégie adaptative essentielle de l'espèce face aux pressions de sélection abiotiques rudes des écosystèmes forestiers algériens.

Mots-clés : ***Quercus ilex,*** feuille, variabilité, population, morphologie, Algérie.

Title : Study of the morphological variability (foliage) of the species *Quercus ilex* L. 1753, the Holm oak in Algeria.

Abstract:

This work is part of the morpho-systematic characterization and adaptive dynamics evaluation of the Holm oak (*Quercus ilex* L., 1753) in Algeria in response to environmental constraints. Foliar phenotypic variability was investigated at both intra- and inter-population levels across three contrasting natural stations: Hammam Essalihine, Ichemoul, and Sidi Baizid.

Sampling involved thirty (30) randomly selected individuals per station, with thirty (30) leaves collected from each tree. Morphological traits (both quantitative and qualitative) were subjected to descriptive and multivariate statistical analyses.

Analysis of variance (ANOVA) revealed highly significant fluctuations for most of the studied parameters, confirming a strong morphological structuring at both the station and individual levels. Concurrently, the factor analysis (PCA) discriminated all individuals into distinct groups, revealing clear phenotypic gradients driven by local geographical and climatic factors.

This exacerbated polymorphism demonstrates remarkable phenotypic plasticity and reflects an essential adaptive strategy of the species against the harsh abiotic selection pressures of Algerian forest ecosystems.

Keywords : ***Quercus ilex*****,** leaf, variability, population, morphology, Algeria.

العنوان: دراسة التباين المورفولوجي (الاوراق) لنوع البلوط الأخضر، (*Quercus ilex* L. 1753) في الجزائر.

الملخص:

يندرج هذا العمل في إطار الوصف المورفوتصنيفي وتقييم الديناميكية التكيفية لبلوط الأخضر (*Quercus ilex* L. 1753) في الجزائر في مواجهة الإكراهات البيئية. تم تتبع التباين المظهري للأوراق على المستويين داخل وبين المجموعات عبر ثلاث محطات طبيعية متباينة هي: حمام الصالحين، اشمول، وسيدي بايزيد.

شملت العملية أخذ العينات ثلاثين (30) شجرة تم اختيارها عشوائيًا في كل محطة، بمعدل ثلاثين (30) ورقة تم جمعها من كل شجرة بحيث خضعت الصفات المورفولوجية (الكمية والنوعية) لتحليلات إحصائية وصفية ومتعددة المتغيرات.

أظهر تحليل التباين (ANOVA) اختلافات عالية المعنوية لمعظم المعايير المدروسة، مما يؤكد وجود بنية مورفولوجية قوية على المستويين المحطي والفردي. وبالموازاة مع ذلك، ميز التحليل العاملي (ACP)بين جميع الأفراد في مجموعات تميزًا واضحًا، كاشفاً عن تدرجات مظهرية جلية استجابةً للعوامل الجغرافية والمناخية المحلية.

هذا الاختلاف الشكلي يشهد على مرونة مظهرية ملحوظة، ويعكس استراتيجية تكيفية أساسية لهذا النوع في مواجهة ضغوط الانتقاء غير الحيوية القاسية التي تميز الأنظمة البيئية الغابية الجزائري.

الكلمات المفتاحية: *Quercus ilex*، ورقة، تباين، مجموعة، مورفولوجيا، الجزائر.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية.
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 العلوم
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) : **BOULAHIA Lamia**

Spécialité : **Amélioration des plantes**

Intitulé : **: Étude de la variabilité morphologique (feuillage) de l'espèce *Quercus Ilex* L. 1753, Le chêne vert en Algérie.**

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Encadreur

Président(e) de Jury

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية.
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 العلوم
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) : **KOUICEM Firdaous.**

Spécialité : **Amélioration des plantes**

Intitulé : **: Étude de la variabilité morphologique (feuillage) de l'espèce *Quercus Ilex* L. 1753, Le chêne vert en Algérie.**

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Encadreur

Président(e) de Jury