



République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Université Abou Bekr Belkaid – TLEMEN
جامعة أبي بكر بلقايد – تلمسان

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de l'Univers
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون
Département de Biologie

Laboratoire :



Applied genetic in agriculture, ecology and public health (GenApAgiE), University of Abu Bakr Belkaid, Tlemcen.

MEMOIRE

Pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En : **Sciences Biologique.**

Spécialité : **Génétique.**

Thème

Caractérisations du chêne vert (*Quercus ilex L.*) au niveau de l'Ouest Algérien.

Présenté par :

BEKHTI Aya Imane

BERKANI Rihem Ghizlene

Soutenu publiquement, le 20/11/2025, devant le jury composé de :

Porteur du projet	GAOUAR Semir Bechir Suheil	Pr	Université de Tlemcen
Présidente	SALAH Zahra	MCB	Université de Tlemcen
Examinatrice	TAIBI Warda	MCB	Université de Tlemcen
Représentante CATI	BEKHTI Fadia	Pr	Université de Tlemcen
Encadrante	SELKA Sarra	MCB	Université de Tlemcen

Année universitaire 2024/2025

Remercîments

Louange à **Dieu, le Tout-Puissant, le Clément et le Miséricordieux**, qui nous a accordé la force, la patience et la volonté nécessaires pour mener à bien ce travail de fin d'études. Sans Sa guidance et Sa bénédiction, ce mémoire n'aurait pu voir le jour.

Nous, **Aya** et **Rihem**, souhaitons exprimer nos plus sincères remerciements à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce modeste travail.

Nos pensées vont à **nos familles**, véritables piliers dans notre vie, pour leur amour inconditionnel, leur soutien moral constant et leurs encouragements indéfectibles tout au long de notre parcours. Leur présence bienveillante a été pour nous une source précieuse de force et de sérénité.

Nous tenons également à remercier chaleureusement **nos amies**, pour leur aide précieuse, leur générosité et leurs gestes empreints de bienveillance. Leur présence à nos côtés a été un véritable réconfort et un soutien constant dans les moments de doute comme dans ceux de réussite.

Nous remercions les plus respectueux s'adressent à **Madame SELKA Sarra**, notre encadrante, pour sa disponibilité, son écoute, ses conseils avisés et sa rigueur scientifique. Son accompagnement bienveillant tout au long de ce travail a été pour nous une véritable source d'aide et de motivation.

Nous exprimons également notre profonde reconnaissance à **l'ensemble des enseignants de l'Université d'Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen** pour la qualité de leur enseignement et leur engagement dans la transmission du savoir. Une gratitude particulière à **Monsieur GAOUAR Semir Bechir Suheil**, professeur à l'université, pour son dévouement exceptionnel envers notre promotion depuis l'année universitaire 2022/2023. Son implication, son altruisme et son soutien constant ont marqué notre parcours et méritent toute notre admiration.

Nous remercions sincèrement **les membres du jury** pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'évaluer notre travail. Nous sommes profondément reconnaissantes de leur générosité, de leur temps et de la patience dont ils ont fait preuve, malgré leurs nombreuses responsabilités académiques et professionnelles.

Enfin, nos remerciements vont à **toutes les personnes** qui, d'une manière ou d'une autre, nous ont aidées, encouragées ou inspirées au cours de cette aventure. À chacun d'eux, nous adressons notre gratitude la plus sincère.

Avec toute gratitude,

Aya & Rihem

Dédicaces

Avec amour et vérité, je dédie ce mémoire :

À moi-même, à celle qui a tenu bon malgré les épreuves, transformant la fatigue en force, les doutes en courage et les larmes en persévérance. Cette réussite, fruit de nuits blanches et de luttes silencieuses, est un hommage à ma propre force et à mon parcours.

À mes chers parents, Wafaa et Abdelhak, mes plus grands soutiens et mes plus belles sources d'inspiration. **À toi maman**, mon pilier, mon refuge, exemple de tendresse et de force, merci pour ton amour infini, pour tes prières murmurées chaque nuit et pour ton regard plein de fierté et de douceur, toi qui es la lumière qui m'éclaire même dans l'obscurité. **À toi papa**, dont la sagesse, le soutien silencieux et les encouragements discrets ont été d'un immense réconfort, merci pour ta confiance, ta patience et pour avoir cru en mes capacités, même lorsque moi-même j'en doutais.

À mon cher grand frère Islam, protecteur de l'ombre et compagnon de toujours. Ta présence rassurante, tes conseils, ton humour et ta manière unique de m'encourager m'ont portée plus que tu ne peux l'imaginer.

À tous les membres de ma famille, dont l'affection, les encouragements et les prières ont été des sources précieuses de force tout au long de ce parcours, et tout particulièrement **à ma chère cousine Rym**, pour ton soutien indéfectible et ta présence toujours réconfortante. Merci pour cet amour discret, mais profondément ressenti et si précieux à mon cœur.

Et puis, il y a ceux qui ont choisi de rester en retrait, observant avec curiosité ou envie, critiquant plutôt qu'aidant, parlant plutôt qu'agissant. **À vous aussi**, je dis merci. Merci d'avoir montré que le soutien ne se mesure pas toujours au sang, ni la sincérité au sourire. Votre distance nous a offert une leçon précieuse : elle a fortifié notre détermination, affiné notre patience et prouvé que même les regards les plus lourds ne sauraient freiner un cœur animé par la volonté.

À mon binôme Rihem, avec qui j'ai partagé cette belle aventure. Merci pour ta collaboration, ton énergie, ta gentillesse et les moments de complicité qui ont rendu ce parcours plus doux. Cette réussite est aussi la tienne.

À mes amies que j'adore et **à toutes les âmes sincères qui habitent mon cœur**, merci d'avoir apporté joie, soutien et amour. Votre présence, vos sourires, vos encouragements et votre écoute ont illuminé les jours les plus gris et font de cette réussite un peu aussi la vôtre.

Et si ce mémoire devait dire un mot, ce serait merci. Merci à Dieu, à la vie, et à l'amour sous toutes ses formes. Car derrière chaque page, il y a une prière, une épreuve et une victoire.

Aya

Dédicaces

Avec tout mon amour et ma profonde gratitude, je dédie ce travail :

À mon cher père Omar,

Je remercie mon père de tout cœur pour son soutien, ses encouragements et sa confiance. Son travail et ses efforts pour moi ont toujours été un grand exemple et une vraie source de motivation.

À ma chère mère Amina,

Je remercie ma mère pour son amour, sa patience et ses prières. Sa présence et ses mots réconfortants m'ont beaucoup aidée et donné du courage pendant tout ce parcours.

À mes deux petites sœurs Ibtihel et Alaa,

Je remercie mes deux sœurs pour leur amour, leur aide et leur bonne humeur. Leur soutien m'a beaucoup apporté et m'a permis de garder le sourire même dans les moments difficiles.

À ma famille,

Je remercie toute ma famille pour leur affection et leurs encouragements. Leur présence et leur confiance m'ont toujours donné de la force pour continuer.

À ma grand-mère,

Je remercie ma chère grand-mère pour son amour, ses prières et sa tendresse. Elle a toujours cru en moi et m'a donné beaucoup de courage.

À mon binôme Aya,

Je remercie sincèrement mon binôme, Aya, pour sa collaboration exceptionnelle. Sa gentillesse, son sérieux et sa bonne humeur ont rendu chaque moment de travail agréable et motivant. Travailler avec elle a été une expérience enrichissante et pleine de complicité.

À mes amies,

Enfin, je remercie mes amies pour leur soutien, leurs encouragements et les bons moments partagés. Leur présence a rendu ce parcours plus agréable et plus léger.

Je tiens à remercier la personne qui partage ma vie pour son soutien, sa patience et sa présence bienveillante durant la réalisation de ce mémoire.

Que ce soit par leur amour, leurs conseils ou leur présence, toutes ces personnes ont rendu ce parcours possible et méritent toute ma reconnaissance.

Rihem

Résumé

L'Algérie possède un patrimoine forestier méditerranéen riche, où *Quercus ilex* constitue une espèce clé des écosystèmes du Nord-Ouest. Dans ce contexte, notre étude a évalué la variabilité morphométrique des feuilles et des glands, les caractéristiques physico-chimiques des sols ainsi que la qualité de l'ADN extrait dans sept régions de l'Ouest algérien.

Les résultats montrent des feuilles de taille modérée et des glands présentant une variabilité notable en dimensions et en poids. Les sols analysés révèlent une forte hétérogénéité en texture, pH, matière organique, carbonate et conductivité électrique. La qualité de l'ADN varie selon les sites, avec un rapport optimal A260/A280 (~1,8) pour l'échantillon SBA2.

Les analyses statistiques (corrélation, ACP, ACM, ANOVA, CAH et indice de Shannon-Weaver) mettent en évidence une variabilité interrégionale significative. Les dimensions foliaires et celles des glands montrent de fortes corrélations positives au sein de leurs groupes, tandis que certains traits foliaires sont négativement liés au pH et au carbonate du sol. L'ACP révèle deux gradients principaux : un axe contrôlé par la morphologie foliaire en lien avec les propriétés du sol, et un autre lié aux caractéristiques des glands.

Ces résultats soulignent la plasticité phénotypique de *Q. ilex* et l'influence combinée des facteurs climatiques, édaphiques et génétiques, renforçant l'importance d'études complémentaires pour une gestion durable de ces écosystèmes forestiers.

Mots clés : *Quercus ilex*, morphométrie, sol, génétique, ouest algérien.

Abstract

Algeria possesses a rich Mediterranean forest heritage, where *Quercus ilex* represents a key species in the ecosystems of the North-West. In this context, our study evaluated the morphometric variability of leaves and acorns, the physico-chemical characteristics of soils, and the quality of extracted DNA across seven regions of Western Algeria.

The results show that the leaves exhibit moderate dimensions, and the acorns display notable variability in size and weight. The analyzed soils reveal strong heterogeneity in texture, pH, organic matter, carbonate content, and electrical conductivity. DNA quality also varies between sites, with an optimal A260/A280 ratio (~1.8) observed for the SBA2 sample.

Statistical analyses (correlation matrix, PCA, MCA, ANOVA, CAH, and Shannon-Weaver diversity index) highlight significant interregional variability. Leaf and acorn dimensions show strong positive correlations within their respective groups, while some foliar traits are negatively associated with soil parameters such as pH and carbonate. PCA reveals two main gradients: one related to leaf morphology influenced by soil properties, and another linked to acorn characteristics.

Overall, these results emphasize the phenotypic plasticity of *Q. ilex* and the combined influence of climatic, edaphic, and genetic factors, reinforcing the need for further genetic and ecological studies to ensure sustainable management of Algerian forest ecosystems.

Keywords : *Quercus ilex*, morphometry, soil, genetics, western Algeria.

ملخص

تمتلك الجزائر تراثاً غابوياً متوسطياً غنياً، ويُعد *Quercus ilex* من الأنواع الأساسية في نظم شمال-غرب البلاد البيئية. في هذا السياق، قِيمَت دراستنا التباين المورفومتري لأوراق وثمار البلوط، والخصائص الفيزيائية-الكيميائية للتربة، وجودة الـDNA المستخلص في سبع مناطق من غرب الجزائر.

تُظهر النتائج أن الأوراق ذات أبعاد معتدلة، في حين تسجل الثمار (البلوط) تبايناً ملحوظاً في الحجم والوزن. كما تكشف تحاليل التربة عن تباين كبير في القوام، ودرجة الحموضة، والمادة العضوية، والكربونات، والموصلية الكهربائية. وتختلف جودة الـDNA بين المواقع، مع تسجيل نسبة مثالية لـ (1.8~) A260/A280 في العينة SBA2.

تُبرز التحاليل الإحصائية (مصفوفة الارتباط، التحليل بالمكونات الرئيسية PCA ، التحليل المتعدد المراسلات MCA ، ANOVA ، CAH ، ومؤشر تنوع شانون-ويفر (وجود تباين معنوي بين المناطق. وتُظهر أبعاد الأوراق والثمار ارتباطات إيجابية قوية داخل مجموعاتها، بينما ترتبط بعض الصفات الورقية سلباً بخصائص التربة مثل الـ pH والكربونات. ويكشف الـ PCA عن محورين رئيسيين: الأول مرتبط بمورفولوجيا الأوراق المتأثرة بخصائص التربة، والثاني مرتبط بخصائص الثمار.

وتؤكد هذه النتائج مجتمعةً على المرونة المظهرية لنبات *Q. ilex* وتأثره المشترك بالعوامل المناخية والترابية والجينية، مما يعزز ضرورة مواصلة الدراسات الجينية والبيئية لضمان تسيير مستدام للأنظمة الغابية في الجزائر. **كلمات مفتاحية:** السنديان الأخضر (*Quercus ilex*) ، القياسات الشكلية، التربة، الوراثة، غرب الجزائر.

TABLE DE MATIERE

Table de matière

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures

Liste des tableaux

Listes des abréviations

INTRODUCTION..... 1

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1/ Généralités.....	5
2/ Taxonomie.....	5
2.1. Sous espèces.....	6
2.2. Caractéristiques taxonomiques.....	6
3/ Origine.....	7
4/ Répartition.....	7
4.1. Dans le monde.....	7
4.1.1. En Europe.....	8
4.1.2. En Afrique du Nord.....	8
4.1.3. En Asie de l'Ouest.....	9
4.1.4. En régions introduites.....	9
4.2. En Algérie.....	9
4.2.1. Zones montagneuses.....	10
4.2.2. Forêts de Kabylie.....	10
4.2.3. Massif des Aurès.....	10
4.2.4. Monts de l'Atlas tellien et Saharien.....	11
5/ Botanique et morphologie de l'espèce.....	11
5.1. Botanique de l'espèce.....	11
5.1.1. Floraison.....	11
5.1.2. Pollen.....	12
5.1.3. Enracinement.....	12
5.1.4. Taille.....	12
5.2. Morphologie de l'espèce.....	12
5.2.1. Tronc et écorce.....	13
5.2.2. Feuilles.....	13
5.2.3. Fleurs et fruits.....	14
5.2.4. Branches et rameaux.....	14
5.2.5. Système racinaire.....	14
6/ Physiologie de l'espèce.....	15
6.1. Adaptations photosynthétiques.....	15
6.2. Régulation de la transpiration.....	15
6.3. Réponses aux stress environnementaux.....	16
7/ Mode de reproduction de l'espèce.....	16
7.1. Floraison et pollinisation.....	16
7.2. Développement des glands.....	16
7.3. Dispersion des glands.....	17

TABLE DE MATIERE

8/ Mode de multiplication de l'espèce	17
8.1. Reproduction sexuée	17
8.2. Reproduction asexuée	17
8.2.1. Greffage.....	17
8.2.2. Bouturage	19
9/ Ecologie de l'espèce.....	19
9.1. Température.....	19
9.2. Précipitation.....	20
9.3. Altitude.....	20
9.4. Sol et substrat	20
10/ Les différents types de l'espèce	20
11/ Les maladies de l'espèce	21
11.1. L'oidium du chêne vert (<i>Erysiphe alphitoides</i>)	21
11.2. Phytopte du chêne vert (<i>Aceria ilicis</i>)	22
11.3. Le chancre du chêne vert (<i>Botryosphaeria spp.</i>).....	23
11.4. Pourridié du chêne vert (<i>Armillaria mellea</i>)	23
11.5. Le dépérissement aigu du chêne vert.....	24
11.6. Maladie du sucre du chêne vert (<i>Phytophthora cinnamomi</i>).....	25
11.7. Rouille du chêne vert (<i>Melampsora larici-populina</i>).....	25
12/ Génétique du chêne vert.....	25
12.1. Structure génétique.....	25
12.2. Polymorphisme.....	26
12.3. Adaptation et sélection naturelle	26
12.4. Domestication et amélioration génétique	27
12.5. Implication pour la conservation	27
12.6. Adaptations aux environnements variés	27
12.7. Histoire évolutive complexe.....	27
12.8. Importance pour la conservation	27
12.9. Outils de l'étude de la génétique du chêne vert.....	28
13/ La composition phytochimique du chêne vert	28
13.1. Tannins	29
13.2. Flavonoïdes	29
13.3. Terpènes et terpenoïdes	30
13.4. Acides phénoliques.....	30
13.5. Composés volatils	30
13.6. Lipides et acides gras.....	30
14/ L'importance économique de l'espèce.....	30
14.1. Bois et produits forestiers.....	31
14.2. Alimentation animale	31
14.3. Industrie agroalimentaire	31
14.4. Protection contre l'érosion et gestion des écosystèmes.....	31
14.5. Tourisme et écotourisme	32
14.6. Médecine traditionnelle et pharmacologie	32
CHAPITRE II : MATERIELS & METHODES	
1/ Zone d'étude	34
2/ Echantillonnage.....	35

TABLE DE MATIERE

2.1. Période et protocole de prélèvement	35
2.2. Type de matériel prélevé	35
2.3. Matériel de terrain	36
3/ Analyse morphologiques et morphométriques	37
3.1. Etude des feuilles	37
3.2. Etude des glands.....	39
4/ Préparation de la farine de glands	41
5/ Analyses du sol – Laboratoire des Travaux Publics de l’Ouest, Tlemcen	41
5.1. Prélèvement et préparation des échantillons.....	41
5.2. Analyses physiques	42
5.3. Analyses chimiques	45
6/ Analyses moléculaires	48
6.1. Extraction de l’ADN selon la méthode classique au CTAB – Laboratoire GenApAgie (Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen).....	48
6.2. Dosage et visualisation de l’ADN – Plateforme de Génomique (ESSBO, Oran)	52
7/ Traitement et analyse des données	53
CHAPITRE III : RESULTATS & DISCUSSIONS	
1/ Résultats	56
1.1. Résultats d’analyses du sol physique	56
1.2. Analyses descriptives	58
1.3. Analyses de la variance (ANOVA)	64
1.4. Analyses en composantes principales (ACP)	67
1.5. Analyse en composantes multiples (ACM)	71
1.6. Classification hiérarchique ascendante (CAH).....	72
1.7. Corrélation de Pearson	73
1.8. Indice relatif de diversité des différents caractères étudiés	75
1.9. Analyse spectrophotométrique et électrophorèse sur gel d’agarose pour la visualisation de l’ADN génomique	76
1.9.1. Analyse spectrophotométrique des échantillons d’ADN.....	76
1.9.2. Électrophorèse sur gel d’agarose et visualisation de l’ADN génomique	77
2/ Discussions.....	78
Conclusion.....	80
Références bibliographiques.....	83
Annexes	93

Liste des figures

Figure 1 : <i>Quercus ilex</i> dans son habitat naturel à Castelldefels, Espagne	6
Figure 2 : Distribution des chênes vert (<i>Quercus ilex</i> L.) dans le bassin méditerranéen.....	8
Figure 3 : Distribution géographique du Chêne vert (<i>Q. ilex.</i>) en Algérie	10
Figure 4 : Floraison de (<i>Quercus ilex</i> L.).....	11
Figure 5 : Vue générale d'un arbre de chêne vert (<i>Quercus ilex</i> L.)	13
Figure 6 : Système racinaire profond du <i>Quercus ilex</i> L., montrant des racines pivotantes et latérales typiques des espèces adaptées aux sols secs et rocheux.....	15
Figure 7 : Principales étapes de greffage en fente terminale chez le chêne vert	18
Figure 8 : Schéma de la composition phytochimique de <i>Quercus ilex</i> , comprenant des composés phénoliques, des terpènes, des alcaloïdes, des saponines, et des composés nutritifs comme les protéines et les lipides	29
Figure 9 : Carte de localisation des cinq wilayas étudiées (Tlemcen, Sidi Bel-Abbès, Aïn Témouchent, Oran et Mostaganem)	34
Figure 10 : Un mètre ruban.....	36
Figure 11 : Un Appareil photo.....	36
Figure 12 : Un carnet de note	36
Figure 13 : Mesure numérique de la morphométrie des feuilles de <i>Quercus ilex</i> L. à l'aide du logiciel ImageJ.....	37
Figure 14 : Les caractères quantitatifs étudiés des feuilles de chêne vert (<i>Quercus ilex</i> L.)	38
Figure 15 : Système de normes et de directives UPOV	39
Figure 16 : Les caractères quantitatifs étudiés des glands (fruits) de chêne vert (<i>Quercus ilex</i> L.)	40
Figure 17 : Pieds à coulisse	40
Figure 18 : Une règle à trous	40
Figure 19 : Une balance.....	40
Figure 20 : Photographie de la farine de glands de chêne vert, montrant sa texture fine et homogène après séchage et mouture	41
Figure 21 : Des cuvettes	42
Figure 22 : Des tamis normalisés	42
Figure 23 : Une balance.....	42
Figure 24 : Un agitateur mécanique	43

Liste des figures

<i>Figure 25 : Un agitateur manuel</i>	43
<i>Figure 26 : Des cylindres gradués</i>	43
<i>Figure 27 : Séchage des échantillons à l'étuve</i>	44
<i>Figure 28 : Lavage des échantillons</i>	44
<i>Figure 29 : Séchage du résidu à l'étuve</i>	44
<i>Figure 30 : La colonne de tamis utilisée</i>	44
<i>Figure 31 : Le calcul du pourcentage en poids de chaque fraction</i>	44
<i>Figure 32 : Analyse sédiment métrique</i>	45
<i>Figure 33 : Un pH mètre et un conductimètre</i>	46
<i>Figure 34 : Un calcimètre de Bernard</i>	46
<i>Figure 35 : Échantillons des sols mélangés à l'eau distillée</i>	47
<i>Figure 36 : La mesure du pH et de la température</i>	47
<i>Figure 37 : La mesure de la conductivité</i>	47
<i>Figure 38 : Un mortier et pilon</i>	49
<i>Figure 39 : Un bain-marie</i>	49
<i>Figure 40 : Une centrifugeuse</i>	49
<i>Figure 41 : Des micro tubes (Eppendorf)</i>	49
<i>Figure 42 : Une hotte chimique</i>	49
<i>Figure 43 : Un vortex</i>	49
<i>Figure 44 : Des produits chimiques</i>	49
<i>Figure 45 : Broyage des feuilles</i>	51
<i>Figure 46 : L'ajout du tampon CTAB</i>	51
<i>Figure 47 : L'incubation au bain-marie</i>	51
<i>Figure 48 : La centrifugation</i>	51
<i>Figure 49 : La récupération de la phase aqueuse supérieure</i>	51
<i>Figure 50 : L'ajout de l'éthanol absolu froid</i>	51
<i>Figure 51 : Après centrifugation (culot et surnageant)</i>	51
<i>Figure 52 : Lavage du culot avec de l'éthanol</i>	51
<i>Figure 53 : Le séchage à l'air libre</i>	51
<i>Figure 54 : Un ScanDrop2</i>	52
<i>Figure 55 : Un appareil d'électrophorèse</i>	52

Liste des figures

Figure 56 : Un système ChemiDoc	52
Figure 57 : La migration électrophorétique	53
Figure 58 : Un logiciel de traitement et d'analyse d'image (ImageJ)	54
Figure 59 : Microsoft Excel (Microsoft Corporation, 2024)	54
Figure 60 : Un logiciel géotechnique (SolTest).....	54
Figure 61 : Un logiciel de statistique (R).....	54
Figure 62 : La répartition des particules des deux échantillons en fonction de leur taille	57
Figure 63 : Analyse en Composantes Principales (ACP) des individus selon la région géographique.....	67
Figure 64 : Cercle d'ACP des variables étudiées.....	68
Figure 65 : ACP des individus selon la zone agroécologique	70
Figure 66 : Analyse des Correspondances Multiples (ACM)	71
Figure 67 : Classification Ascendante hiérarchique (CAH) – Dendrogramme	72
Figure 68 : Matrice de corrélation de Pearson.....	73
Figure 69 : Résultats d'électrophorèse sur gel d'agarose et visualisation de l'ADN génomique	77

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Quercus ilex subsp. ilex vs. subsp. rotundifolia : comparaison des morphologies, habitats et distribution de ces deux chênes verts.....</i>	<i>21</i>
<i>Tableau 2 : Erysiphe alphitoides : causes et symptômes</i>	<i>22</i>
<i>Tableau 3 : Aceria ilicis : causes et symptômes.....</i>	<i>22</i>
<i>Tableau 4 : Botryosphaeria spp : causes et symptômes.....</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 5 : Armillaria mellea : causes et symptômes.....</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 6 : Le dépérissement aigu du chêne : causes et symptômes.....</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 7 : Phytophthora cinnamomi : causes et symptômes</i>	<i>25</i>
<i>Tableau 8 : Melampsora larici-populina : causes et symptômes.....</i>	<i>25</i>
<i>Tableau 9 : Localisation, altitude et principales caractéristiques climatiques et écologiques des sites d'échantillonnage.....</i>	<i>34</i>
<i>Tableau 10 : La composition granulométrique des deux échantillons retenus.....</i>	<i>56</i>
<i>Tableau 11 : Résultats de tamisage et d'analyse sédiment métrique</i>	<i>57</i>
<i>Tableau 12 : Résultats des analyses descriptives des variables quantitatives</i>	<i>58</i>
<i>Tableau 13 : Résultats d'analyse descriptive des variables foliaires par région.....</i>	<i>60</i>
<i>Tableau 14 : Résultats d'analyse descriptive des variables des glands par région.....</i>	<i>61</i>
<i>Tableau 15 : Résultats d'analyse descriptive des variables environnementales par région... </i>	<i>63</i>
<i>Tableau 16 : Analyse de la variance (ANOVA) entre régions.....</i>	<i>64</i>
<i>Tableau 17 : Analyse de la variance (ANOVA) entre zones agroécologiques.....</i>	<i>65</i>
<i>Tableau 18 : Indice relatif de diversité des différents caractères quantitatifs des génotypes de Quercus ilex.....</i>	<i>75</i>
<i>Tableau 19 : Résultats d'analyse spectrophotométrique des échantillons d'ADN</i>	<i>76</i>

Liste des abréviations

- **FAO** : Food and Agriculture Organization (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture).
- **EEA** : European Environment Agency (Agence Européenne pour l'Environnement).
- **CC BY-SA** : Creative Commons Attribution-ShareAlike (Licence Creative Commons).
- **LAI** : Leaf Area Index (Indice de surface foliaire).
- **DBH** : Diameter at Breast Height (Diamètre à 1,30 m du sol).
- **NPP** : Net Primary Production (Productivité primaire nette).
- **PNL** : Perte de Niveau Foliaire.
- **RH** : Relative Humidity (Humidité relative).
- **sp.** : Espèce.
- **spp.** : Espèces (pluriel).
- **subsp.** : Sous-espèce.
- **LF** : Longueur de la feuille.
- **LL** : Longueur du limbe.
- **LP** : Longueur du pétiole.
- **LARF** : Largeur de la feuille.
- **AF / Area** : Surface foliaire.
- **PF / PerimFeu** : Périmètre de la feuille.
- **LGF / LongF_Gld** : Longueur du gland frais.
- **DG / Diam_Gld** : Diamètre du gland.
- **PFG / PoidsF_Gld** : Poids frais du gland.
- **PSG / PoidsS_Gld** : Poids sec du gland.
- **LGS / LongS_Gld** : Longueur du gland sec.
- **L.** : Linnaeus (utilisé dans les noms scientifiques).
- **cf.** : Confer (à comparer).
- **Et al.** : et collaborateurs.
- **pH** : Potentiel hydrogène.
- **EC** : Electrical Conductivity (Conductivité électrique).
- **OM** : Organic Matter (Matière organique).

Liste des abréviations

- **CEC** : Capacité d'Échange Cationique.
- **SD** : Standard Deviation (Écart-type).
- **ARN** : Acide ribonucléique.
- **DNA** : Deoxyribonucleic Acid (ADN).
- **A260/A280** : Rapport d'absorbance 260 / 280 nm.
- **ANOVA** : Analysis of Variance (Analyse de variance).
- **ACP / PCA** : Analyse en Composantes Principales / Principal Component Analysis.
- **ACM** : Analyse en Composantes Multiples.
- **CAH** : Classification Ascendante Hiérarchique.
- **SD** : Standard Deviation (Écart-type).
- **SE** : Standard Error (Erreur standard).
- **n** : Taille de l'échantillon.
- **SD** : Standard Deviation (Écart-type).
- **CTAB** : Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide.
- **TE** : Tris-EDTA (tampon).
- **RNase** : Ribonuclease.
- **TBE** : Tris-Borate-EDTA (tampon pour gel d'agarose).
- **SYBR** : SYBR Safe DNA Gel Stain.
- **ImageJ** : logiciel de traitement d'images pour morphométrie.
- **Excel** : logiciel tableur (Microsoft Excel).
- **SolTest** : logiciel de traitement des données de sol.
- **R** : logiciel statistique (version 4.3.3).
- **FlashSoftPro²** : logiciel pour analyse spectrophotométrique ScanDrop².

Introduction

Introduction

Introduction

À l'échelle mondiale, les forêts couvrent environ 4 milliards d'hectares, représentant environ 31 % de la superficie terrestre. Ces forêts sont réparties dans divers biomes, allant des forêts tropicales humides aux forêts boréales, en passant par les forêts tempérées et méditerranéennes. Selon la FAO, plus de 80 % de la biodiversité terrestre est hébergée dans les forêts, faisant de ces écosystèmes des éléments cruciaux pour la conservation de la biodiversité et la lutte contre le changement climatique (FAO, 2020). En outre, elles fournissent des services écosystémiques essentiels, tels que la régulation du cycle de l'eau, la séquestration du carbone et la protection des sols. Toutefois, la pression anthropique sur ces écosystèmes reste élevée, avec une perte annuelle d'environ 10 millions d'hectares due à la déforestation, à l'urbanisation et à l'agriculture intensive, soulignant ainsi la nécessité de stratégies de gestion durable.

La foresterie en Algérie occupe une place fondamentale dans la conservation des écosystèmes, la protection de la biodiversité et l'amélioration de la qualité de vie des communautés rurales. Le pays dispose d'environ 4 millions d'hectares de couvert forestier, englobant une grande diversité de paysages végétaux : forêts de conifères, chênaies, et maquis méditerranéens (Belkhodja et al., 2012). Ces milieux naturels jouent un rôle essentiel dans la régulation du climat et des ressources hydriques, tout en fournissant des ressources indispensables aux populations locales, comme le bois de chauffage, les produits forestiers non ligneux, ou encore les zones de pâturage (Lazreg et al., 2014).

Cependant, le secteur forestier algérien fait face à plusieurs menaces environnementales, telles que la déforestation, les feux de forêt ou les effets du changement climatique, ce qui souligne l'urgence d'une gestion durable et réfléchie de ces milieux.

Par ailleurs, la gestion forestière dans les zones montagneuses et méditerranéennes joue un rôle stratégique dans la préservation des ressources naturelles. Celles-ci couvrent environ 11 % du territoire national et sont dominées par des espèces emblématiques comme le chêne-liège (*Quercus suber*) et le chêne vert (*Quercus ilex*). Ces arbres, au-delà de leur importance écologique, assurent des fonctions écosystémiques cruciales telles que la lutte contre l'érosion et le maintien de l'équilibre hydrologique (Benabid, 2000).

L'arbre de chêne, appartenant au genre *Quercus*, joue un rôle crucial dans les écosystèmes forestiers méditerranéens, notamment en Algérie occidentale. Ces forêts, riches en biodiversité, sont non seulement des habitats essentiels pour de nombreuses espèces, mais elles contribuent

Introduction

également à la régulation du climat, à la conservation des sols et à la fourniture de ressources économiques pour les populations locales (**Pérez et al., 2016**). En Algérie, les chênes, en particulier le chêne-liège (*Quercus suber*) et le chêne vert (*Quercus ilex*), représentent une part significative des formations forestières, et leur étude morphométrique est essentielle pour comprendre leur adaptation aux conditions environnementales spécifiques de cette région (**Belkhiri, 2019**).

La morphométrie, qui s'intéresse à la mesure et à l'analyse des formes des organismes, permet d'évaluer les variations morphologiques des chênes en fonction de divers facteurs, tels que le sol, le climat et la topographie (**González et al., 2020**). Cette approche est d'une importance capitale, non seulement pour la gestion durable des forêts, mais aussi pour la conservation de la biodiversité et la lutte contre le changement climatique (**Dumont et al., 2021**).

Dans le cadre de notre mémoire portant sur la caractérisation morphométrique des chênes dans l'ouest algérien, une région où ces arbres jouent un rôle écologique et économique primordial. L'analyse des paramètres physiques tels que la hauteur, le diamètre et la structure des canopées vise à mieux comprendre leur adaptation aux conditions environnementales spécifiques. En parallèle, nous envisageons un projet socio-économique visant à exploiter les glands de ces chênes pour produire de la farine destinée à l'alimentation du bétail. Cette initiative offrirait une alternative nutritive et locale aux fourrages traditionnels, tout en valorisant les ressources forestières disponibles et en contribuant au développement économique des communautés rurales.

Ce mémoire est composé de deux parties organisées comme suit :

Une première partie dédiée à la recherche bibliographique, qui est répartie en quatre chapitres :

- Le chapitre I, consacré à la synthèse bibliographique, présente les généralités sur *Quercus ilex*, en abordant sa classification botanique, ses caractéristiques morphologiques, son écologie ainsi que son importance écologique et économique dans les écosystèmes méditerranéens.
- Le chapitre II, dédié au matériel et aux méthodes, décrit l'ensemble des approches expérimentales utilisées dans ce travail. Il détaille les sites d'échantillonnage, le matériel biologique étudié, ainsi que les protocoles adoptés pour l'analyse morphométrique, physico-chimique et moléculaire.

Introduction

- Le chapitre III, porte sur les résultats et la discussion. Il présente les données obtenues à partir des différentes analyses réalisées et propose une interprétation critique des résultats, en les confrontant aux études antérieures et aux connaissances actuelles sur l'espèce.

Enfin, ce travail s'achève par une conclusion générale, accompagnée de perspectives de recherche, mettant en évidence les apports de l'étude et les pistes à explorer pour approfondir la compréhension de *Quercus ilex* dans son contexte écologique.

CHAPITRE I :
Synthèse
Bibliographique

1. Généralités

Quercus ilex L. (chêne vert) est l'espèce d'arbre *Quercus* la plus abondante et représentative des forêts méditerranéennes. Elle est connue pour sa plus grande amplitude écologique parmi les chênes méditerranéens, allant des bioclimats semi-arides aux bioclimats hyperhumides, et des conditions chaudes aux conditions froides en fonction de son altitude (**Barbero et al. 1992**).

Quercus ilex présente une variabilité morphologique notable, traduite notamment par des différences au niveau de la forme et de l'épaisseur des feuilles, ainsi que par la densité des nervures. L'un des morphotypes les plus fréquents se caractérise par des feuilles petites, épaisses, arrondies et fortement nervurées. Ce type foliaire est prédominant en Afrique du Nord notamment en Tunisie, en Algérie et au Maroc et largement répandu dans la péninsule Ibérique (**Barbero et al., 1992 ; Ferrer-Galego et Sáez, 2019 ; Peguero-Pina et al., 2014**).

Les glands sont riches en amidon, en graisses, en minéraux tels que le Ca, le P, le K et le Mg, ainsi qu'en acides gras insaturés, c'est-à-dire l'acide oléique (**Lassoued et al., 2022**), et en vitamines, principalement A et E (**Vinha et al., 2016; Salajpal et al., 2008**). Ils contiennent également divers composés biologiquement actifs, à savoir des tanins, des acides phénoliques et des flavonoïdes, qui sont essentiels pour maintenir des niveaux appropriés d'antioxydants dans le régime alimentaire humain (**Vinha et al., 2016**).

La farine issue des glands de *Quercus ilex* suscite un intérêt croissant en tant qu'ingrédient alimentaire fonctionnel. Pour garantir son intégration optimale dans des produits alimentaires innovants, il est essentiel d'en évaluer les propriétés physico-chimiques ainsi que ses performances technologiques (**Lassoued et al., 2022**).

2. Taxonomie

Quercus ilex L., communément appelé chêne vert, est classé selon la hiérarchie taxonomique suivante :

Règne : *Plantae*.

Sous-règne : *Tracheobionta* (plantes vasculaires)

Division : *Magnoliophyta* (plantes à fleurs)

Classe : *Magnoliopsida* (dicotylédones)

Synthèse bibliographique

Ordre : *Fagales*

Famille : *Fagaceae*

Genre : *Quercus*

Espèce : *Quercus ilex* L. (Tutin et al., 1993).

2.1. Sous-espèces

Quercus ilex présente deux sous-espèces principales :

Quercus ilex subsp. *ilex* : Cette sous-espèce se trouve principalement dans les régions méditerranéennes plus humides.

Quercus ilex subsp. *rotundifolia* (Lam.) : Elle est caractérisée par ses petites feuilles arrondies et est surtout présente dans les régions semi-arides d'Espagne, d'Algérie, de Tunisie et du Maroc (Barbero et al., 1992).

2.2. Caractéristiques taxonomiques



Figure 1 : *Quercus ilex* dans son habitat naturel à Castelldefels, Espagne (Javier Martin, 2010).

Synthèse bibliographique

Le chêne vert est un arbre sempervirent, atteignant généralement entre 15 et 25 mètres de hauteur. Les feuilles de *Quercus ilex* sont coriaces, variant en forme, mais présentant généralement des bords lisses ou légèrement dentés. Elles sont souvent d'un vert foncé brillant sur la face supérieure et plus claires sur la face inférieure. Les glands, qui sont une caractéristique distinctive de l'espèce, sont utilisés pour différencier les sous-espèces (**figure1**) (**Lumaret et Jabbour-Zahab, 2009**).

3. Origine

L'origine du *Quercus ilex* (chêne vert) remonte à plusieurs millions d'années, en particulier à l'ère Tertiaire (environ 65 à 2,6 millions d'années). Cet arbre a évolué en réponse aux changements climatiques qui ont marqué la région méditerranéenne au fil des époques, notamment durant l'ère glaciaire et post-glaciaire. Il est fortement adapté aux environnements méditerranéens arides et semi-arides, caractéristiques de cette région, avec des sols pauvres et des conditions climatiques sèches (**Quézel & Médail, 2003**). Les premiers fossiles associés à cette espèce témoignent de sa persistance à travers différentes périodes géologiques (**Axelrod, 1975**).

Le *Quercus ilex* fait partie de la végétation sclérophylle méditerranéenne, un groupe d'espèces à feuilles persistantes qui ont évolué pour résister aux étés chauds et secs. On le trouve principalement autour du bassin méditerranéen, couvrant l'Europe du Sud et l'Afrique du Nord (**De Rigo et al., 2016**).

4. Répartition dans le monde et en Algérie

4.1. Dans le monde :

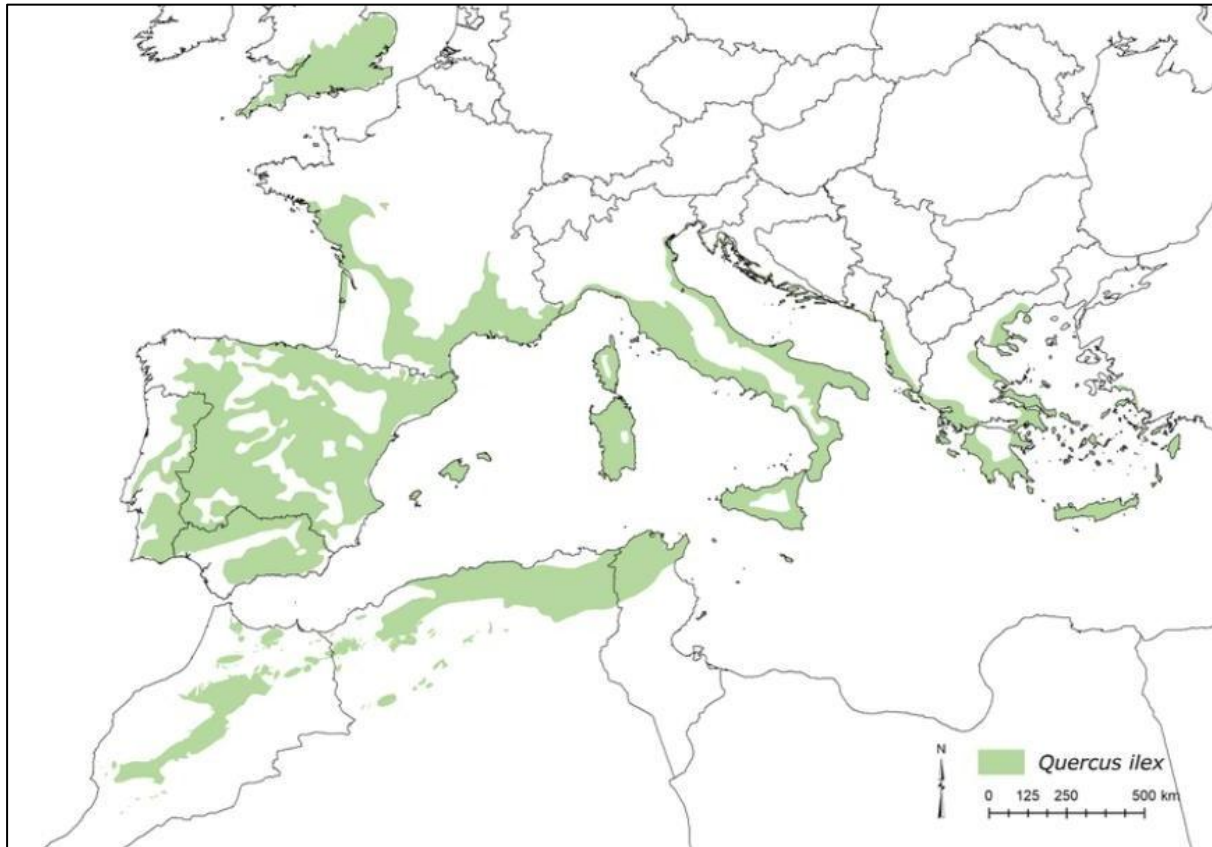


Figure 2 : Distribution des chênes vert (*Quercus ilex* L.) dans le bassin méditerranéen (Lazo,2018).

Le *Quercus ilex*, espèce caractéristique des régions méditerranéennes, a une répartition principalement concentrée autour du bassin méditerranéen, mais sa présence est également documentée dans d'autres régions du monde (Figure 2).

4.1.1. Europe

Le *Quercus ilex* est largement présent dans les zones côtières et intérieures du sud de l'Europe. En Espagne et au Portugal, il forme des forêts étendues appelées "dehesas", où il joue un rôle écologique et économique important pour l'agriculture et l'élevage (Moreno et al., 2004). En France, cette espèce domine dans les régions méditerranéennes du sud et en Corse, tandis qu'en Italie, il est présent dans toute la péninsule et les îles de la Sardaigne et de la Sicile (Quézel & Médail, 2003). On le retrouve également en Grèce et dans les Balkans, où il forme des forêts mixtes avec d'autres espèces de chênes (Barbero et al., 1992).

4.1.2. Afrique du Nord

Synthèse bibliographique

En Afrique du Nord, le *Quercus ilex* est une espèce clé des forêts méditerranéennes, principalement en Algérie, au Maroc, et en Tunisie. Ces forêts jouent un rôle crucial dans la lutte contre la désertification et sont souvent intégrées dans des systèmes agroforestiers traditionnels (**Benabid, 2000**). Les forêts de chêne vert dans les montagnes de l'Atlas au Maroc, ainsi que dans les Aurès en Algérie, sont particulièrement denses et constituent des refuges importants pour la biodiversité régionale (**Quézel & Médail, 2003**).

4.1.3. Asie de l'Ouest

Le *Quercus ilex* se trouve également en Turquie, en Syrie et au Liban, dans des zones sub-humides ou semi-arides de l'est méditerranéen (**Zohary, 1973**). Il joue un rôle écologique similaire à celui qu'il a dans les autres régions méditerranéennes, formant des forêts mixtes avec d'autres espèces locales.

4.1.4. Régions introduites

Bien que natif de la région méditerranéenne, le *Quercus ilex* a été introduit dans d'autres régions du monde pour des raisons ornementales et d'adaptation à des sols difficiles. Il est notamment présent en Californie où il est cultivé pour stabiliser les sols et dans des projets de restauration écologique (**Rosatti & Tucker, 2014 ; Calflora, consulté en 2025**). Il est également cultivé en Australie et en Nouvelle-Zélande, où il est utilisé dans des parcs et des jardins (**Smith et al., 2010**).

4.2. En Algérie :

Synthèse bibliographique

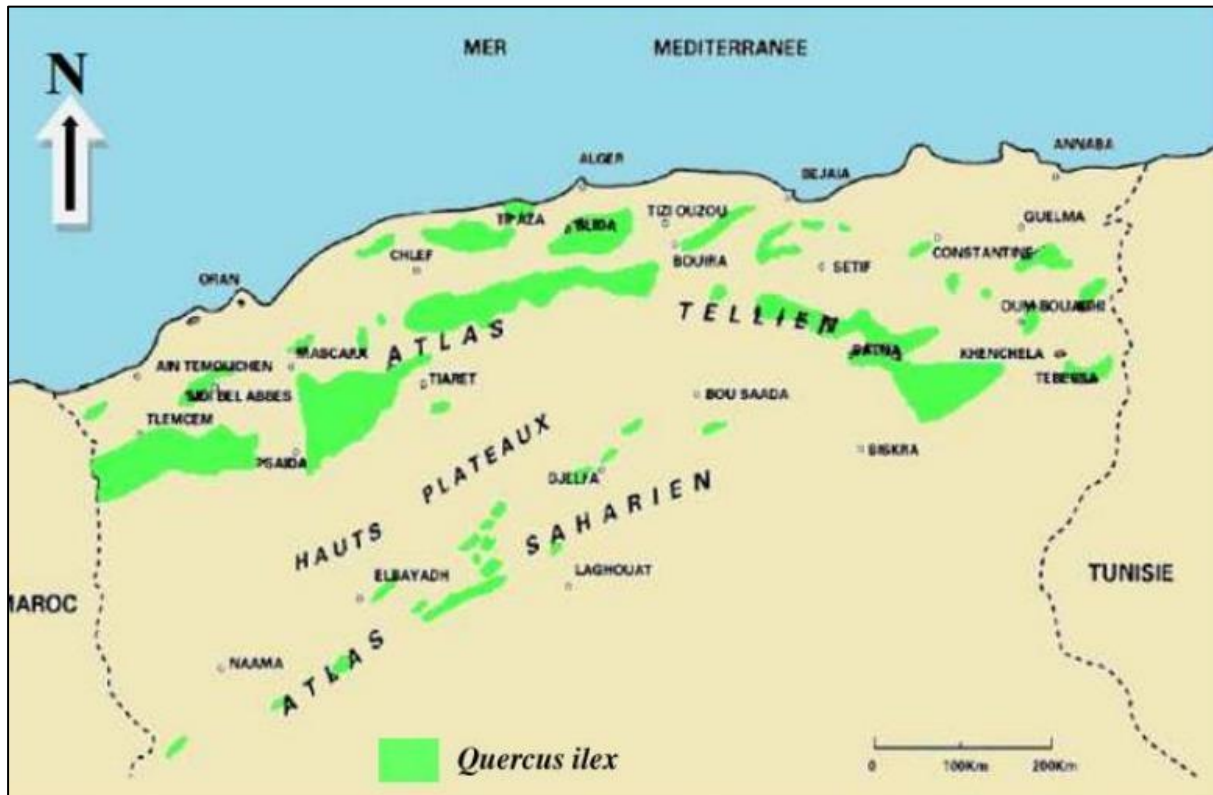


Figure 3 : Distribution géographique du Chêne vert (*Q. ilex.*) en Algérie (Haichour, 2009).

4.2.1. Zones montagneuses

Le *Quercus ilex* est largement réparti dans les montagnes de la Kabylie, des Aurès, et de l'Atlas tellien. Dans ces régions, il pousse principalement à des altitudes allant de 800 à 1 800 mètres, où il s'adapte bien aux conditions subhumides à semi-arides (Benabdeli, 1990). Les forêts de chêne vert dans ces zones constituent un écosystème crucial pour la préservation des sols et la régulation hydrologique.

4.2.2. Forêts de Kabylie

En Kabylie, les forêts de chêne vert sont très présentes, notamment dans les montagnes du Djurdjura et de la Grande Kabylie. Le climat de cette région, caractérisé par des hivers humides et des étés secs, est favorable à l'établissement du *Quercus ilex*, qui domine souvent les forêts mixtes aux côtés du Pin maritime et du Chêne zen (Le Houérou, 2001).

4.2.3. Massif des Aurès

Dans les Aurès, le *Quercus ilex* se retrouve dans des formations mixtes avec d'autres espèces comme le Genévrier thurifère et le Cèdre de l'Atlas. Ces forêts sont particulièrement

Synthèse bibliographique

importantes pour la faune locale, offrant un habitat essentiel aux espèces menacées de la région (Nedjraoui, 2004).

4.2.4. Monts de l'Atlas tellien et Saharien

Le *Quercus ilex* est également présent dans les monts de l'Atlas tellien, notamment dans les forêts des régions de Tlemcen, Sétif, et Médéa. Dans l'Atlas saharien, il se retrouve sous forme de petites poches isolées, où il résiste à des conditions climatiques plus arides (Benabid, 2000). Ces forêts représentent un enjeu majeur pour la lutte contre l'érosion et la désertification.

5. Botanique et morphologie de l'espèce

5.1. Botanique de l'espèce :

5.1.1. Floraison



Figure 4 : Floraison de (*Quercus ilex* L.) (Franco Giordana, 2019).

A : Chatons males aux étamines jaunes.

B : Fleurs femelles petites groupées.

Le *Quercus ilex*, aussi appelé chêne vert, est une espèce monoïque, ce qui signifie qu'il porte à la fois des fleurs mâles et femelles sur le même individu (**figure 4**). La floraison du chêne vert survient généralement au printemps, entre avril et mai, selon les conditions climatiques locales

Synthèse bibliographique

(Quézel & Médail, 2003). Les fleurs mâles sont regroupées en longs chatons pendants, tandis que les fleurs femelles sont isolées ou regroupées en petites grappes situées à l'aisselle des feuilles (Barbero et al., 1992). La pollinisation est anémophile, c'est-à-dire principalement assurée par le vent, un mécanisme courant chez les espèces de la famille des Fagaceae (Grimm & Denk, 2008).

5.1.2. Pollen

Le pollen du *Quercus ilex* est fin et léger, ce qui le rend facilement transportable par le vent (anémophilie). Il est produit en grande quantité, augmentant ainsi les chances de fécondation des fleurs femelles. Le pollen de cette espèce est souvent considéré comme allergène, et son étude palynologique a permis d'apporter des informations précieuses sur l'histoire et la distribution des forêts de chênes au cours des millénaires (Lepais et al., 2010). Le grain de pollen a une taille d'environ 25 à 30 micromètres de diamètre, une caractéristique commune à de nombreuses espèces du genre *Quercus* (Reille, 1992).

5.1.3. Enracinement

Le *Quercus ilex* développe un système racinaire profond et robuste, lui permettant de bien s'adapter aux sols pauvres et secs des zones méditerranéennes. Les racines pivotantes du jeune arbre s'enfoncent rapidement pour capter l'humidité dans les couches plus profondes du sol. En vieillissant, l'arbre développe également un système de racines latérales qui s'étendent à grande distance de la base du tronc, ce qui renforce sa stabilité et sa capacité à résister à la sécheresse (Acherar et Rambal, 1992). Ce type d'enracinement est particulièrement important dans les sols rocailloux et calcaires caractéristiques des régions méditerranéennes où il croît (Rambal, 1993).

5.1.4. Taille

Le *Quercus ilex* est un arbre à croissance lente, pouvant atteindre une hauteur comprise entre 10 et 25 mètres, selon les conditions écologiques. Dans des conditions optimales, il peut parfois atteindre 30 mètres, mais dans des environnements plus difficiles, il se présente souvent sous forme d'arbuste ou de petit arbre. Le tronc est robuste, souvent court et ramifié, et recouvert d'une écorce sombre, rugueuse et fissurée. Les feuilles, persistantes et coriaces, sont de forme ovale, avec une marge entière ou légèrement dentée, et mesurent entre 3 et 7 cm de longueur (Quézel & Médail, 2003).

5.2. Morphologie de l'espèce

Le *Quercus ilex*, ou chêne vert, est un arbre à feuillage persistant, caractérisé par plusieurs traits morphologiques distinctifs qui lui permettent de s'adapter aux conditions méditerranéennes.

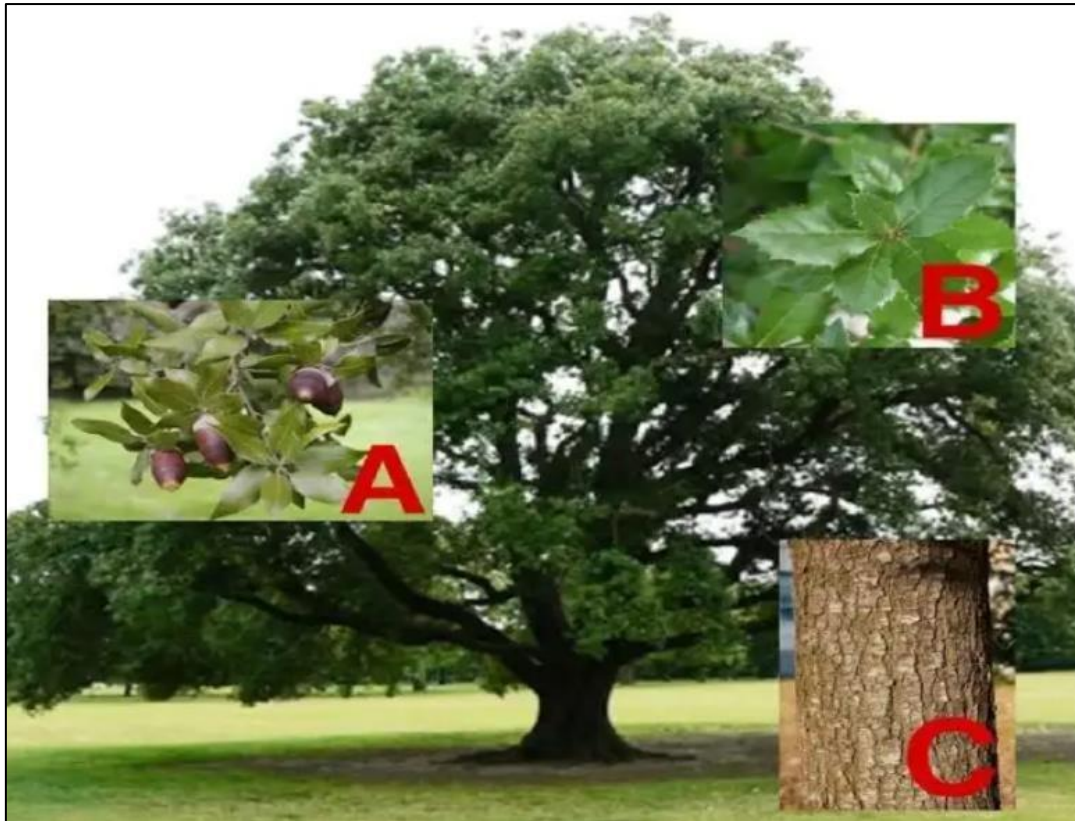


Figure 5 : Vue générale d'un arbre de chêne vert (*Quercus ilex*L.) (European Environment Agency, 2022).

A : Fruits (gland).

B : Feuilles.

C : Tronc (écorce).

5.2.1. Tronc et écorce

Le tronc du *Quercus ilex* est robuste, de forme généralement tortueuse, et atteint souvent un diamètre impressionnant chez les individus âgés. L'écorce est gris foncé à noire, épaisse, et profondément fissurée (**figure 5**), ce qui aide l'arbre à résister aux incendies fréquents dans les écosystèmes méditerranéens (Quézel & Médail, 2003). Cette écorce, riche en tanins, joue

Synthèse bibliographique

également un rôle important dans la protection contre les insectes et les pathogènes (**Vázquez et al., 2015**).

5.2.2. Feuilles

Les feuilles sont coriaces, persistantes, et présentent une grande variabilité morphologique, même au sein de la même population. Elles sont généralement ovales à elliptiques, mesurant entre 3 et 7 cm de longueur et 1 à 3 cm de largeur (**figure 5**). Leur marge peut être entière ou légèrement dentée, notamment chez les jeunes sujets ou les rameaux ayant subi un pâturage. Le limbe est vert foncé et luisant sur la face supérieure, tandis que la face inférieure est blanchâtre, densément recouverte de poils étoilés, contribuant à la réduction de la transpiration foliaire et à l'adaptation à la sécheresse (**Gratani et al., 2003**).

5.2.3. Fleurs et fruits

Le *Quercus ilex* porte des fleurs mâles et femelles séparées sur le même individu (monoïque). Les fleurs mâles forment des chatons pendants jaunes, longs de 4 à 7 cm, tandis que les fleurs femelles sont plus petites et souvent regroupées à la base des nouvelles pousses (**Barbero et al., 1992**). Après la pollinisation, les fleurs femelles se transforment en glands, qui sont les fruits du chêne vert (**figure 5**). Les glands, de forme allongée, mesurent entre 2 et 3 cm de long, sont partiellement enveloppés par une cupule écailleuse, et atteignent leur maturité à l'automne, généralement un ou deux ans après la fécondation (**Villar-Salvador et al., 2008**).

5.2.4. Branches et rameaux

Les jeunes rameaux du *Quercus ilex* sont pubescents, avec une teinte grisâtre. Les branches sont souvent ramifiées dès la base du tronc, ce qui donne à l'arbre un port large et étalé. Cela lui permet de maximiser la captation de lumière dans les environnements méditerranéens où la compétition pour la lumière est importante (**Acherar et Rambal, 1992**).

5.2.5. Système racinaire



Figure 6 : Système racinaire profond du *Quercus ilex* L., montrant des racines pivotantes et latérales typiques des espèces adaptées aux sols secs et rocheux (Alamy, s.d.).

Le système racinaire est profond, avec une racine pivotante prédominante qui s'étend en profondeur pour accéder aux réserves d'eau des sols arides. Cette capacité à exploiter les ressources hydriques profondes est un des traits morphologiques clés permettant au *Quercus ilex* de survivre dans les environnements secs et rocheux des régions méditerranéennes (Acherar et Rambal, 1992). Les racines latérales, plus superficielles, aident également à stabiliser l'arbre et à absorber les nutriments (figure 6).

6. Physiologie de l'espèce

6.1. Adaptations Photosynthétiques

Le *Quercus ilex*, communément appelé chêne vert, présente des adaptations physiologiques remarquables lui permettant de prospérer dans les environnements méditerranéens arides. Sa photosynthèse est particulièrement efficace, même en période de sécheresse. Son feuillage coriace, qui réduit la perte d'eau, contribue à sa résilience (Pérez-Ramos et al., 2013).

6.2. Régulation de la Transpiration

Synthèse bibliographique

En ce qui concerne la transpiration, le *Quercus ilex* régule soigneusement cette fonction, essentielle pour sa survie en milieu sec. Les stomates de ses feuilles sont souvent fermés durant les périodes les plus chaudes, limitant ainsi la perte d'eau (Camarero et al., 2009). De plus, ce chêne possède un système racinaire profond qui lui permet d'atteindre les nappes phréatiques, assurant un approvisionnement en eau durant les périodes de sécheresse (Pérez-López et al., 2011).

6.3. Réponses aux Stress Environnementaux

Le *Quercus ilex* démontre également une tolérance aux stress hydriques et salins. Il ajuste sa physiologie, notamment l'osmolarité, pour faire face à ces conditions difficiles. Parmi ses mécanismes de défense, on trouve la production de métabolites secondaires tels que les polyphénols, qui renforcent sa résistance aux maladies et aux herbivores (García-Mozo et al., 2010).

7. Mode de reproduction de l'espèce

Le *Quercus ilex*, ou chêne vert, se reproduit principalement de manière sexuée par le biais de la production de glands. Voici les principales caractéristiques de son mode de reproduction :

7.1. Floraison et Pollinisation

Période de Floraison : La floraison du *Quercus ilex* se produit généralement au printemps, entre avril et mai, en fonction des conditions climatiques locales (Pérez-Ramos et al., 2013).

Type de Pollinisation : La pollinisation est principalement anémogame, ce qui signifie qu'elle se fait par le vent. Les fleurs mâles, regroupées en chatons, produisent une grande quantité de pollen léger et volé, tandis que les fleurs femelles, qui sont moins nombreuses, se développent sur les mêmes arbres mais dans des positions distinctes (Camarero et al., 2009).

7.2. Développement des Glands

Formation des Glands : Après la pollinisation, les fleurs femelles se transforment en glands. Ce processus nécessite environ 6 à 18 mois pour que les glands atteignent leur maturité, selon les conditions environnementales (Pérez-López et al., 2011).

Synthèse bibliographique

Maturation : Les glands mûrissent à l'automne et sont essentiels pour la reproduction et la propagation de l'espèce. Ils constituent également une source de nourriture pour de nombreux animaux, ce qui aide à la dispersion des graines (**García-Mozo et al., 2010**).

7.3. Dispersion des Glands

Mécanisme de Dispersion : Les glands sont dispersés principalement par les animaux, tels que les écureuils et les oiseaux, qui les consomment et les transportent. Cela favorise la germination dans des endroits propices (**Pérez-Ramos et al., 2013**).

Germination : Une fois dispersés, les glands peuvent germer au printemps suivant, si les conditions de sol et d'humidité sont favorables. Les jeunes plants sont sensibles aux conditions environnementales et nécessitent une certaine protection pour survivre (**García-Mozo et al., 2010**).

8. Mode de multiplication de l'espèce

8.1. Reproduction sexuée

La reproduction sexuée chez *Quercus ilex* (chêne vert) se fait par pollinisation. Les chênes verts sont des arbres monoïques, ce qui signifie qu'ils possèdent des fleurs mâles et femelles sur le même individu.

Floraison : La floraison a lieu au printemps, généralement entre avril et mai. Les fleurs mâles produisent le pollen, qui est transporté par le vent vers les fleurs femelles (**Calders et Cameron, 2007**), cette pollinisation est essentielle pour la formation des fruits, qui sont des glands.

Fécondation : Après la pollinisation, les ovules dans les fleurs femelles se développent en glands. Ces glands, une fois mûrs, tombent au sol et peuvent germer sous des conditions favorables (**Almeida et Verissimo, 2011**).

8.2. Reproduction asexuée

Quercus ilex peut également se reproduire de manière asexuée, bien que cela soit moins courant. Cette capacité de propagation végétative principalement via des rejets de souche et des boutures revêt une importance particulière dans les stratégies visant à conserver des

Synthèse bibliographique

populations locales ou à restaurer des peuplements dégradés (Canadell et al., 1988 ; Cernadas et al., 2018)

8.2.1. Greffage

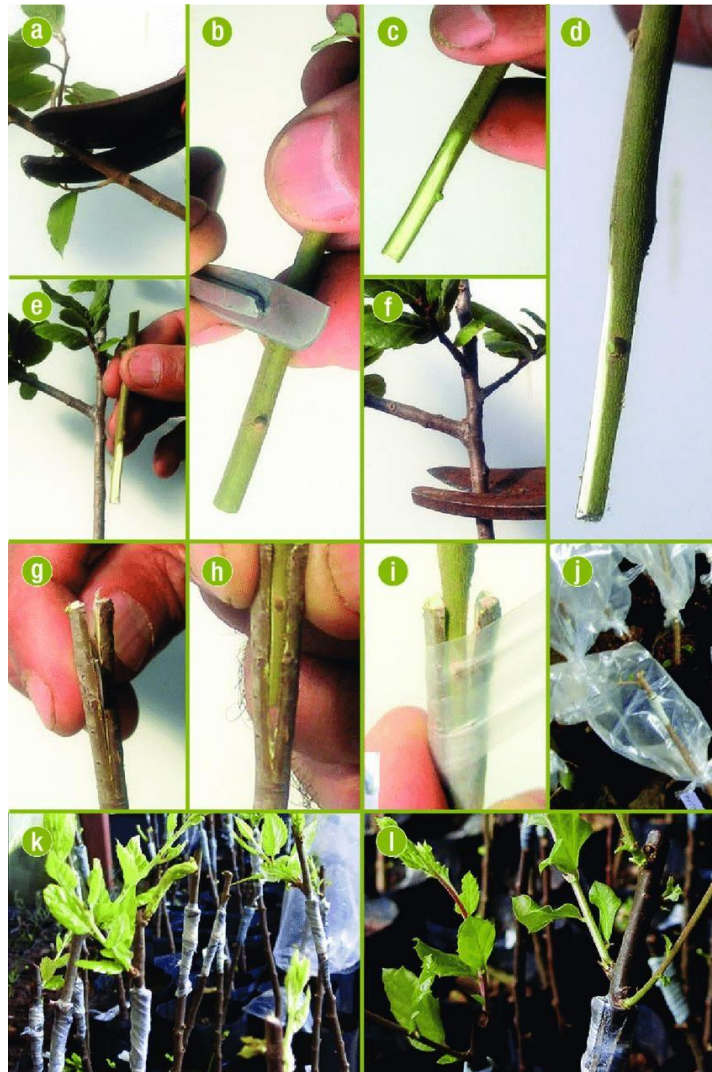


Figure 7 : Principales étapes de greffage en fente terminale chez le chêne vert (Benyamina, L. (2020). Techniques de greffage chez le chêne vert (Quercus ilex). Mémoire de fin d'études, Université de Tizi-Ouzou, Algérie).

a) choix et coupe de greffon.

b) taille du greffon.

c-d) greffon taillé en biseau des deux côtés.

e) choix du niveau de la coupe.

Synthèse bibliographique

f) décapitation du porte greffe.

g) ouverture d'une fente verticale.

h) mise en contact intime des deux parties.

i) ligature a l'aide d'un ruban en plastique.

j) plants greffes en conditions confinées.

k-I) plants greffes en plein développement.

Définition : Le greffage est une méthode courante pour la multiplication des chênes verts, permettant de préserver les caractéristiques génétiques d'une variété spécifique. Cette technique consiste à insérer un greffon (un segment de tige avec des bourgeons) d'un arbre souhaité sur un porte-greffe (**figure 7**) (**Cucchiella et Fabbio, 2013**).

Conditions du greffeur : Il est crucial de choisir un porte-greffe compatible pour assurer la réussite du greffage. Le greffeur doit avoir une connaissance approfondie des techniques de greffage et des meilleures périodes pour le réaliser, généralement au début du printemps.

Conditions climatiques : Les conditions climatiques jouent un rôle important dans le succès du greffage. Un climat tempéré avec une humidité adéquate favorise la cicatrisation des greffes et la reprise de croissance (**Cucchiella et Fabbio, 2013**).

8.2.2. Bouturage

Bien que moins courant pour *Quercus ilex*, le bouturage constitue une méthode de multiplication végétative possible, où des segments de tiges sont prélevés et induits à l'enracinement pour produire de nouveaux individus. Ce procédé, bien que délicat chez cette espèce, peut être amélioré par l'utilisation d'auxines comme l'IBA (acide indole-3-butyrique) et par un prélèvement au stade de croissance active, ce qui augmente significativement le taux de réussite (**Martínez et al., 2019**).

9. Ecologie de l'espèce

L'écologie de *Quercus ilex* (chêne vert) est étroitement influencée par des facteurs environnementaux tels que la température, les précipitations, l'altitude, ainsi que la nature du

Synthèse bibliographique

sol et du substrat, qui déterminent son implantation, sa croissance et sa dynamique de population (Terradas, 1999).

9.1. Température

Le *Quercus ilex* est adapté aux climats méditerranéens, avec des températures annuelles moyennes entre 10°C et 20°C. Il peut tolérer des extrêmes allant de -10°C en hiver à plus de 40°C en été, bien que sa croissance optimale se situe dans des zones avec des hivers doux et des étés chauds (Bellot et al., 2004).

9.2. Précipitation

Cette espèce pousse dans des régions avec des précipitations annuelles variant entre 400 mm et 1000 mm, mais elle peut survivre dans des zones recevant aussi peu que 300 mm par an grâce à ses adaptations à la sécheresse (Costa et al., 2004). Elle est particulièrement résistante aux longues périodes de sécheresse estivale, caractéristique des climats méditerranéens (Quézel & Médail, 2003).

9.3. Altitude

Le *Quercus ilex* se rencontre depuis le niveau de la mer jusqu'à environ 1500 mètres d'altitude, avec une prédominance entre 500 et 1000 mètres (Le Houérou, 1990). En Algérie, il est particulièrement présent dans les montagnes côtières comme l'Atlas tellien, ainsi que dans certaines zones montagneuses de l'intérieur, où il forme des peuplements importants sur substrats calcaires ou marneux (Benabadji et al., 2007).

9.4. Sol et Substrat

Le *Quercus ilex* préfère les sols bien drainés, en particulier les sols calcaires, mais il peut également croître sur une large gamme de types de sols, tels que les sols argileux ou sablonneux, tant qu'ils ne sont pas trop humides. Cette espèce montre une bonne tolérance aux sols pauvres en éléments nutritifs, ce qui lui permet de s'établir dans des zones où la concurrence végétale est limitée (Bellot et al., 2004). En raison de cette capacité, il joue un rôle important dans les écosystèmes méditerranéens, souvent sur des sols peu fertiles (Le Houérou, 1990).

10. Les différents types de l'espèce

Le *Quercus ilex* a principalement deux sous-espèces reconnues :

Synthèse bibliographique

Tableau 1 : *Quercus ilex subsp. ilex* vs. *subsp. rotundifolia* : comparaison des morphologies, habitats et distribution de ces deux chênes verts.


	Description	Répartition géographique	Ecologie
<i>Quercus ilex subsp. ilex</i>	Cette sous-espèce est la plus répandue et est typique du bassin méditerranéen occidental. Elle se distingue par des feuilles coriaces, souvent vert foncé et brillantes sur le dessus, et plus claires sur le dessous. L'arbre peut atteindre jusqu'à 25 mètres de hauteur.	On la retrouve en : Espagne Portugal France Italie Afrique du Nord (dont l'Algérie)	Elle pousse dans des climats méditerranéens avec des précipitations annuelles modérées et des sols bien drainés, souvent calcaires (Rivas-Martínez, 1987).
<i>Quercus ilex subsp. rotundifolia</i>	Cette sous-espèce est souvent appelée Chêne vert à glands doux ou Chêne de Provence, il se distingue par ses feuilles moins épineuses et ses glands plus gros et plus doux.	Surtout présente dans la péninsule Ibérique et certaines parties du Maghreb.	Préfère les sols argileux et tolère mieux les sécheresses que la sous-espèce <i>ilex</i> (Amman, 2010).

11. Les maladies de l'espèce :

11.1. L'oïdium du chêne (*Erysiphe alphitoides*)


Synthèse bibliographique

Tableau 2 : *Erysiphe alphitoides* : causes et symptômes.

L'oïdium du chêne	Causes	Symptômes
	<p>L'oïdium est une maladie fongique qui se manifeste par un feutrage blanc poudreux sur les feuilles et les jeunes pousses. Cette maladie est causée principalement par le champignon <i>Erysiphe alphitoides</i> (Marçais et Desprez-Loustau, 2007).</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Jaunissement des feuilles. -Perte de vigueur. -Nécrose des racines.

11.2. Phytopte du chêne vert (*Aceria ilicis*)

Tableau 3 : *Aceria ilicis* : causes et symptômes.


Phytopte du chêne vert	Causes	Symptômes
	<p>L'acarien <i>Aceria ilicis</i> attaque les feuilles du chêne vert (<i>Quercus ilex</i>), provoquant la formation de galles sur la face inférieure des feuilles (Oldfield, 1990).</p>	<p>Ce minuscule acarien provoque l'apparition de galles sur les feuilles, donnant un aspect feutré et brun à leur face inférieure. Ces galles prennent souvent une teinte brune ou rouge, et peuvent réduire la photosynthèse de l'arbre. Bien que</p>

Synthèse bibliographique

		rarement mortelle, cette infestation affaiblit l'arbre et peut ralentir sa croissance (Oldfield, 1990).
--	--	---

11.3. Le chancre du chêne (*Botryosphaeria spp.*)

Tableau 4 : *Botryosphaeria spp* : causes et symptômes.

Le chancre du chêne	Causes	Symptômes
	Champignon qui infecte principalement les branches et les tiges, créant des chancres qui finissent par provoquer la mort des rameaux (Slippers et al., 2007).	Décoloration et flétrissement des feuilles, suivi de la mort des branches affectées.

11.4. Pourridié du Chêne (*Armillaria mellea*)

Tableau 5 : *Armillaria mellea* : causes et symptômes.

Pourridié du Chêne	Causes	Symptômes
	Le pourridié est une maladie fongique causée principalement par le champignon <i>Armillaria mellea</i> , qui provoque la décomposition des tissus du bois et des racines des arbres, notamment les chênes	-Décoloration du bois : Les zones décolorées sur le bois sont souvent brunâtres ou grisâtres (McGowan et al., 2013). -Pourriture des racines : La décomposition des racines rend l'arbre vulnérable à d'autres

Synthèse bibliographique



(Bouchard & Côté, 2002).


maladies (Berg et al., 2018).

-Fructification : Des champignons en forme de chapeau peuvent apparaître à la base de l'arbre (Minter et al., 2012).

-Affaiblissement : Les feuilles peuvent jaunir et tomber prématurément, et l'arbre peut avoir une croissance ralentie (Trott, 2017).

11.5. Le dépérissement aigu du chêne

Tableau 6 : Le dépérissement aigu du chêne : causes et symptômes.


Le dépérissement aigu du chêne	Causes	Symptômes
	<p>Cette maladie, causée par des bactéries, affecte de plus en plus les chênes. Ce dépérissement peut être causé par diverses maladies fongiques, notamment <i>Armillaria mellea</i> et <i>Phytophthora</i></p>	<p>Les symptômes du dépérissement aigu incluent le jaunissement des feuilles, qui peut conduire à une chute prématurée. On observe également un flétrissement des feuilles et une mort des branches, ce qui</p>

Synthèse bibliographique

	<i>cinnamomi</i> , qui provoquent la décomposition des racines et du bois (Bouchard & Côté, 2002; Jung et al., 2013).	réduit la densité foliaire de l'arbre (Grove et al., 2011; Bouchard & Côté, 2002).
--	---	--


11.6. Maladie du Sucre du Chêne (*Phytophthora cinnamomi*)

Tableau 7 : *Phytophthora cinnamomi* : causes et symptômes.

Maladie du Sucre du Chêne	Causes	Symptômes
	Cette maladie est plus fréquente dans les sols mal drainés et peut se propager rapidement dans des conditions favorables à l'humidité.	Dépérissement des racines, jaunissement des feuilles et chute prématurée des feuilles (Jung et al., 2013).

11.7. Rouille du Chêne (*Melampsora larici-populina*)

Tableau 8 : *Melampsora larici-populina* : causes et symptômes.

Rouille du Chêne	Causes	Symptômes
	Ce champignon a besoin d'un hôte intermédiaire (comme les saules) pour compléter son cycle de vie.	Apparition de taches jaunes sur les feuilles, qui peuvent entraîner un affaiblissement général de l'arbre (Gómez et al., 2014).

12. Génétique du Chêne

12.1. Structure Génétique

Des études cytogénétiques montrent que *Quercus ilex* (chêne vert) possède un nombre de chromosomes somatiques de $2n = 24$, ce qui correspond à un chromosome de base de $x = 12$. Par exemple, dans une analyse de génétique forestière, il est rapporté que toutes les espèces de *Quercus* étudiées ont ce nombre chromosomique stable (**Bacilieri et al., 1994**). Dans un article de protéomique sur *Q. ilex*, les auteurs notent que « previous cytological studies established ... the number of chromosomes ... being mainly $2n = 24$ » (**Sghaier et al., 2019**). De plus, des recherches plus anciennes confirment que *Q. ilex* Linn présente bien 24 chromosomes à l'état diploïde (**Gómez-Campo, 1980**).

La génétique du chêne, en particulier pour les espèces telles que *Quercus robur* (chêne pédonculé) et *Quercus petraea* (chêne sessile), joue un rôle crucial dans la compréhension de leur diversité, de leur adaptation et de leur évolution. Les chênes présentent une grande diversité génétique, essentielle pour leur adaptation aux différentes conditions environnementales. Les études de la structure génétique ont montré que les populations de chênes peuvent être très hétérogènes, influencées par des facteurs tels que la géographie, les conditions climatiques et l'histoire évolutive (**Gornall et al., 2007**).

12.2. Polymorphisme

Le polymorphisme génétique, qui désigne la coexistence de plusieurs allèles au sein d'une population, est particulièrement élevé chez *Quercus ilex*. Des études récentes utilisant des marqueurs microsatellites ont révélé une diversité génétique importante dans les populations naturelles de cette espèce, en particulier à travers des gradients climatiques, ce qui témoigne d'une forte résilience face aux perturbations environnementales (**Grivet et al., 2021**).

12.3. Adaptation et Sélection Naturelle

Quercus ilex a colonisé une vaste aire géographique grâce à une forte variabilité génétique lui permettant de s'adapter à des environnements contrastés, allant des zones humides aux régions sèches et des sols riches aux substrats pauvres. Cette capacité d'adaptation est soutenue par une différenciation génétique liée à des pressions de sélection locales, comme l'ont montré des

Synthèse bibliographique

analyses moléculaires récentes sur des populations issues de gradients altitudinaux (Martínez-Méndez et al., 2022).

12.4. Domestication et Amélioration Génétique

Les chênes ont également été sujets à la domestication et à des programmes d'amélioration génétique. Ces efforts visent à sélectionner des variétés ayant des caractéristiques souhaitables, telles que la croissance rapide, la résistance aux maladies et une meilleure qualité du bois. L'utilisation de techniques modernes, comme le séquençage de l'ADN et l'analyse génomique, permet d'accélérer ces programmes (Baldassarre et al., 2020).

12.5. Implications pour la Conservation

La conservation de la diversité génétique de *Quercus ilex* est essentielle pour assurer la résilience des forêts méditerranéennes face aux menaces liées au changement climatique et aux pressions humaines. Les approches combinant préservation in situ et ex situ sont renforcées par les données provenant de nouveaux marqueurs SNP, qui complètent les analyses classiques basées sur les microsatellites en garantissant une meilleure représentativité de la diversité génétique (Vega et al., 2022)

12.6. Adaptation aux Environnements Variés

La large répartition géographique de *Q. ilex*, des zones littorales jusqu'aux altitudes élevées, est rendue possible par une forte diversité génétique. Les analyses phylogénomiques conduites sur les génomes chloroplastique et nucléaire ont révélé des divergences adaptatives significatives liées à des gradients climatiques et édaphiques (Yu-Ren Zhou et al., 2024).

12.7. Histoire Évolutive Complexe

Les études phylogénomiques basées sur le séquençage à grande échelle ont permis de reconstituer l'histoire évolutive de la section *Ilex*, mettant en évidence des hybridations anciennes et des échanges génétiques inter-espèces ayant enrichi le bagage adaptatif du *chêne vert* (Zhou et al, 2022).

12.8. Importance pour la Conservation

Comprendre la diversité génétique du chêne vert, y compris son histoire évolutive et ses adaptations locales, est indispensable pour éclairer et renforcer les stratégies de conservation.

Synthèse bibliographique

En particulier, la préservation de populations bien caractérisées sur le plan génomique est une condition sine qua non pour garantir une résilience durable des écosystèmes méditerranéens face aux défis futurs (Vega et al., 2022).

12.9. Outils de l'Étude de la Génétique du Chêne

Marqueurs Moléculaires : Les chercheurs utilisent divers marqueurs moléculaires, notamment les microsatellites et les SNP (Single Nucleotide Polymorphisms), pour analyser le génome du chêne vert. Ces outils permettent de quantifier les variations génétiques entre individus et populations, facilitant ainsi l'étude de la structure de population et de la diversité génétique de l'espèce. Une étude récente a mis en évidence une riche diversité allélomique chez *Quercus ilex*, affirmant la complémentarité des microsatellites et des SNP pour un suivi génétique poussé (Valero-Galván et al., 2022).

Séquençage à Haut Débit : Le séquençage à haut débit est une technique révolutionnaire qui permet d'obtenir une séquence complète du génome du chêne vert. Cela aide à identifier les gènes impliqués dans des caractères d'intérêt, tels que la résistance aux maladies ou la tolérance aux conditions climatiques extrêmes (Baldassarre et al., 2020).

Génomique Environnementale : Cette approche étudie l'interaction entre le génome du chêne vert et son environnement, en particulier en réponse aux changements climatiques. En comprenant ces interactions, il est possible d'anticiper les impacts futurs sur les populations de chêne vert et d'élaborer des stratégies adaptées pour leur conservation (Aubin et al., 2012).

13. La composition phytochimique du chêne vert (*Quercus ilex L.*)

Synthèse bibliographique

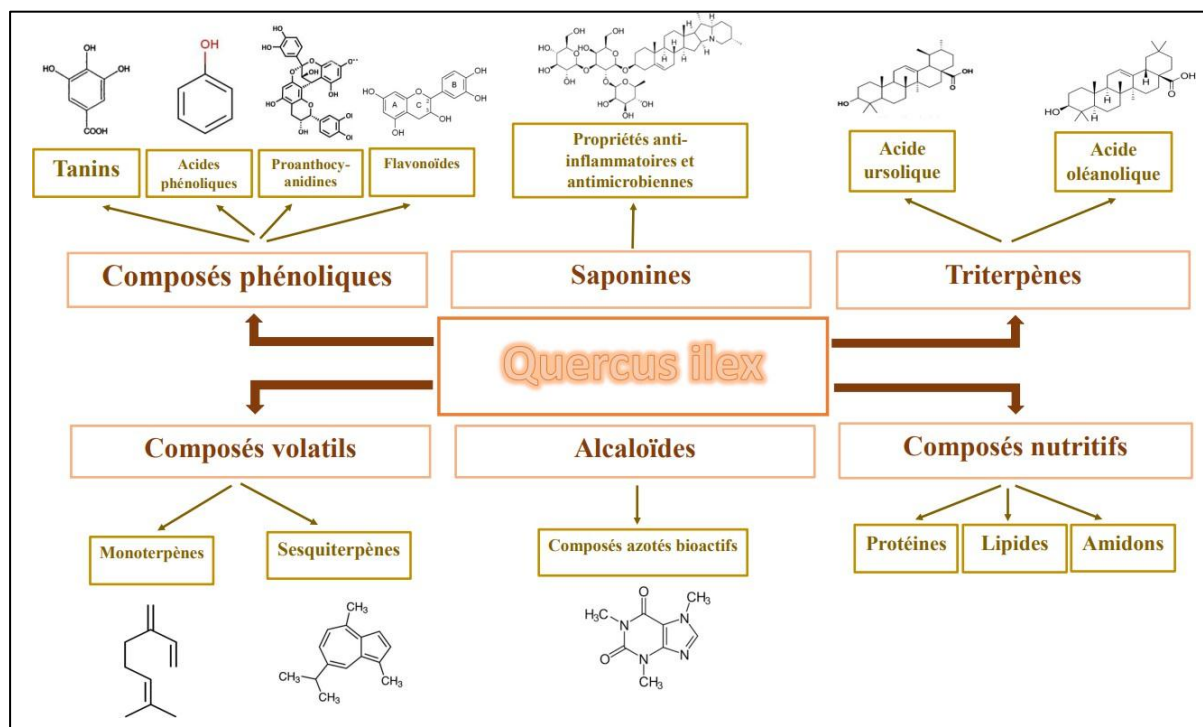


Figure 8 : Schéma de la composition phytochimique de *Quercus ilex*, comprenant des composés phénoliques, des terpènes, des alcaloïdes, des saponines, et des composés nutritifs comme les protéines et les lipides (Source : **Élaboration personnelle**).

La composition phytochimique du chêne vert (*Quercus ilex*), comme celle de nombreux chênes, est riche et variée, comprenant plusieurs classes de composés bioactifs voire (**figure8**).

13.1. Tannins

Les tannins sont des polyphénols abondants dans les espèces de chênes, y compris *Quercus ilex*. Ces composés jouent un rôle essentiel dans la défense contre les herbivores et les pathogènes, en plus d'avoir des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes. On distingue deux types principaux de tannins :

Tannins condensés (ou proanthocyanidines) : Ils sont responsables de la résistance des tissus du chêne et contribuent à la protection contre les insectes et champignons.

Tannins hydrolysables : Ceux-ci peuvent se décomposer en acides phénoliques et en sucres, et présentent des propriétés anti-inflammatoires et astringentes (Scalbert et al., 1992).

13.2. Flavonoïdes

Synthèse bibliographique

Les flavonoïdes sont un autre groupe de polyphénols présent dans *Quercus ilex*. Ils sont connus pour leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et vasculoprotectrices. Ces composés contribuent à la protection de la plante contre le stress oxydatif induit par les conditions environnementales difficiles, telles que la sécheresse (Valls et al., 2014).

13.3. Terpènes et Terpénoïdes

Quercus ilex contient également des terpènes, un groupe de composés volatils qui jouent un rôle dans la défense contre les herbivores et les pathogènes. Certains terpènes sont également impliqués dans la communication entre les plantes et leur environnement. Parmi les terpènes identifiés chez *Quercus ilex*, on trouve les triterpènes comme l'acide ursolique, qui possèdent des propriétés anti-inflammatoires et antitumorales (Rautio et al., 2007).

13.4. Acides Phénoliques

Les acides phénoliques, tels que l'acide gallique et l'acide ellagique, sont largement présents dans *Quercus ilex*. Ces composés possèdent des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes, contribuant à la protection contre les agents pathogènes et à la santé générale de la plante (Soler-Rivas et al., 2000).

13.5. Composés Volatils

Le chêne vert produit également une variété de composés volatils, qui sont principalement des monoterpènes et des sesquiterpènes. Ces composés jouent un rôle important dans la défense contre les herbivores et les agents pathogènes, ainsi que dans les interactions symbiotiques avec d'autres organismes (Bourtsoukli et al., 2007).

13.6. Lipides et Acides Gras

Certaines parties du chêne vert, notamment les glands, sont riches en lipides et en acides gras. Ces composés constituent une source d'énergie pour la plante et jouent également un rôle dans la protection des graines contre les conditions défavorables (Moreno-Jiménez et al., 2006).

14. L'importance économique de l'espèce

L'importance économique des chênes, notamment du *Quercus ilex* (chêne vert), réside dans plusieurs secteurs : foresterie, industrie agroalimentaire, production de bois, écotourisme et élevage.

14.1. Bois et produits forestiers

Le bois du *Quercus ilex* est très prisé pour sa densité et sa durabilité. Il est utilisé pour :

Charpente : Le bois de chêne vert est utilisé dans la construction de charpentes, en particulier dans les régions où les conditions climatiques nécessitent des matériaux résistants (**Barstow, 2020**).

Production de charbon de bois : Ce bois est une matière première idéale pour la production de charbon de bois, en raison de sa combustion lente et durable, ce qui est encore pratiqué dans certaines régions du bassin méditerranéen (**Barstow, 2020**).

Fabrication d'outils et de meubles : En raison de sa résistance et de sa longévité, le bois de chêne vert est également utilisé pour la fabrication d'outils agricoles et de meubles durables (**Du Bus de Warnaffe et al., 2006**).

14.2. Alimentation animale

Les glands du *Quercus ilex* constituent une source alimentaire précieuse pour de nombreux animaux dans les écosystèmes méditerranéens. Ils sont riches en amidon, en lipides, en minéraux et en composés bioactifs, ce qui les rend particulièrement attractifs pour la faune sauvage, notamment les cervidés, les sangliers, les rongeurs et plusieurs espèces d'oiseaux, qui jouent un rôle important dans la dissémination des graines (**Vinha et al., 2016**). En milieu rural, les glands sont également utilisés comme complément alimentaire pour les animaux domestiques, tels que les ovins, les caprins et les bovins, notamment en période de pénurie de fourrages. Cette valorisation fourragère permet d'intégrer les ressources forestières locales dans les systèmes d'élevage extensif, contribuant ainsi à une gestion durable des ressources naturelles (**Pulido & Picazo, 2020**).

14.3. Industrie agroalimentaire

Farine de glands : Dans certaines régions méditerranéennes, les glands sont transformés en farine après un traitement visant à réduire les tanins. Cette farine est utilisée dans la fabrication de pain et d'autres produits alimentaires traditionnels. Bien que cette utilisation soit moins fréquente de nos jours, elle pourrait être relancée dans une optique de développement durable et d'innovation alimentaire (**Papanastasis et al., 2009**).

14.4. Protection contre l'érosion et gestion des écosystèmes

Synthèse bibliographique

Les chênes, notamment *Quercus ilex*, jouent un rôle clé dans la prévention de l'érosion des sols, en particulier dans les zones montagneuses et arides. Leur enracinement profond stabilise les sols, et leur feuillage dense réduit l'impact des fortes pluies. Par conséquent, les forêts de chênes sont cruciales pour le maintien de la qualité des sols dans les régions méditerranéennes, contribuant indirectement à l'économie via la préservation des terres agricoles et forestières (Amezaga et al., 2004).

14.5. Tourisme et écotourisme

Les forêts de chênes verts sont souvent situées dans des zones naturelles protégées qui attirent les touristes pour des activités de randonnée, d'observation de la faune et de loisirs en plein air. Cela favorise le développement de l'écotourisme, un secteur en croissance dans plusieurs pays du bassin méditerranéen (Papanastasis et al., 2009).

14.6. Médecine traditionnelle et pharmacologie

L'écorce et les feuilles de chênes sont utilisées dans la médecine traditionnelle pour leurs propriétés astringentes et antiseptiques. Des extraits de différentes parties de l'arbre sont utilisés pour traiter des affections cutanées, des diarrhées et des inflammations. Bien que ces utilisations aient un impact économique limité, elles constituent une ressource précieuse pour les populations locales (Bhouri et al., 2016).

CHAPITRE II :

Matériels

&

Méthodes

CHAPITRE III :

Résultats

&

Discussions

Conclusion

Conclusion

L'Algérie, caractérisée par une grande diversité climatique, géographique et écologique, possède un patrimoine forestier riche mais fragile, dominé en grande partie par les espèces méditerranéennes. Parmi elles, *Quercus ilex*, ou chêne vert, occupe une place essentielle dans les écosystèmes du Nord et de l'Ouest du pays. Cette espèce joue un rôle écologique majeur dans la stabilisation des sols, la préservation de la biodiversité et l'adaptation face aux conditions environnementales souvent rudes, marquées par la sécheresse, la dégradation des sols et les effets du changement climatique. Dans ce contexte, l'étude approfondie de la variabilité et des caractéristiques de *Q. ilex* revêt un intérêt particulier pour la compréhension et la gestion durable des écosystèmes forestiers algériens.

Ce travail a permis de caractériser de manière globale, intégrée et multidisciplinaire les populations de *Quercus ilex* issues de différentes régions de l'Ouest algérien, en combinant des analyses morphométriques, phytochimiques, physico-chimiques du sol, moléculaires et statistiques avancées. L'ensemble des résultats met en évidence une importante variabilité interrégionale qui reflète l'adaptabilité remarquable de cette espèce méditerranéenne.

L'analyse descriptive (minimum, moyenne, maximum, écart-type) a permis d'obtenir une première vue d'ensemble de la distribution des variables morphologiques et physico-chimiques, révélant des variations notables selon les zones étudiées. Ces premières tendances ont été approfondies par l'analyse de la variance (ANOVA), qui a confirmé l'existence de différences hautement significatives entre les régions, tant pour les caractères morphométriques que pour les paramètres du sol.

Les analyses multivariées ont apporté une compréhension plus fine des relations entre les variables. L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a permis d'identifier les principaux axes expliquant la variabilité observée, mettant en évidence les caractères les plus discriminants entre les populations. L'Analyse en Composantes Multiples (ACM), adaptée aux données mixtes, a renforcé cette lecture globale en intégrant simultanément les paramètres qualitatifs et quantitatifs. Par ailleurs, la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a regroupé les populations en classes homogènes, révélant des structures de similarité en lien avec les conditions environnementales et édaphiques.

L'étude de la corrélation de Pearson a mis en évidence plusieurs relations fortes entre les variables morphologiques et certains paramètres du sol, suggérant une influence directe du milieu sur le développement et la plasticité phénotypique de l'espèce. L'indice de diversité de

Conclusion

Shannon-Weaver a, quant à lui, permis d'évaluer la diversité morphologique au sein des populations, révélant des niveaux de variabilité contrastés selon les régions.

Les analyses physico-chimiques des sols ont confirmé une forte hétérogénéité édaphique entre les zones, influençant directement les caractéristiques morphologiques et physiologiques des individus. Les analyses phytochimiques ont mis en évidence la richesse métabolique des glands, tandis que la préparation de la farine de glands a démontré leur potentiel de valorisation après traitement anti-tannique. Sur le plan moléculaire, l'extraction, la purification et le dosage de l'ADN ont fourni des informations importantes sur la qualité du matériel génétique, ouvrant la voie à de futures analyses plus approfondies.

L'ensemble de ces résultats confirme que *Quercus ilex* constitue une espèce hautement adaptable, présentant une variabilité intra-spécifique importante, façonnée par les conditions environnementales, climatiques et édaphiques locales. Cette étude apporte une contribution significative à la compréhension de la dynamique des populations de chêne vert en Algérie et souligne l'importance d'une approche intégrée pour l'étude des espèces forestières.

En perspective, des travaux complémentaires intégrant des marqueurs génétiques spécifiques, des analyses écologiques à long terme et des études de valorisation industrielle des glands seraient particulièrement pertinents. Une telle approche contribuerait à la conservation durable et à la mise en valeur de cette espèce emblématique des écosystèmes méditerranéens.

Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

A :

- Acherar, M., & Rambal, S. (1992). Comparative water relations of four Mediterranean oak species. *Vegetatio*, 99(100), 177-184.
- Adamant, A. (2025 Feb 22). *How to Make Acorn Flour*. Practical Self Reliance. <https://practicalselfreliance.com/acorn-flour>
- Almeida, J., & Verissimo, H. (2011). Propagation Methods for *Quercus ilex* in Forestry Practices. *Forest Ecology and Management*, 261(4), 850-856.
- Amezaga, I., Onaindia, M., & Albizu, I. (2004). Environmental indicators for sustainable forest management in the Basque Country (Northern Spain). *Forest Policy and Economics*, 6(3-4), 269-287.
- Amman, J. D. (2010). *Quercus rotundifolia* in Iberian silvopastoral systems.
- Aubin, I., et al. (2012). Genetic diversity and structure of populations of *Quercus rubra* in southern Ontario. *Forest Ecology and Management*, 269, 67-77.
- Axelrod, D. I. (1975). Evolution and biogeography of Madrean-Tethyan sclerophyll vegetation. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 62(2), 280-334.

B :

- Baldassarre, G., et al. (2020). Genomics of *Quercus*: Insights for the conservation and management of oak species. *Forest Ecosystems*, 7(1), 1-15.
- Barbero, M., Bonin, G., Loisel, R., & Quézel, P. (1992). Biogeography, ecology and history of Mediterranean *Quercus ilex* ecosystems. *Vegetatio*, 99-100(1), 19-34.
- Barbero, M., Loisel, R., & Quézel, P. (1992). Biogeography, ecology, and history of Mediterranean *Quercus ilex* ecosystems. *Vegetatio*, 99-100(1), 19-34.
- Barstow, M. (2020). *Quercus ilex*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020.
- Bellot, J., Maestre, F. T., & Chirino, E. (2004). Ecophysiology and adaptation of *Quercus ilex* to Mediterranean environments. *Ecologia Mediterranea*, 30(2), 123-135.
- Benabid, A. (2000). *Flore et écosystèmes du Maroc : évaluation et préservation de la biodiversité*. Éditions Ibis Press.
- Benabid, A. (2000). *Flore et écosystèmes du Maroc : évaluation et préservation de la biodiversité*. Ibis Press, Paris.
- Benabdeli, K. (1990). Les chênaies méditerranéennes d'Algérie : répartition et écologie. *Revue d'écologie méditerranéenne*, 11(3), 243-258.

Références bibliographiques

- Benabadji, N., Bouazza, M., & Bouazza, A. (2007). Les principales formations végétales forestières dans la région de Tlemcen (Algérie). *Sécheresse*, 18(2), 117–123.
- Benakhodja, M., et al. (2012). Les forêts algériennes : État des lieux et perspectives. [Journal/Book Reference].
- Belkhiri, L. (2019). Étude des forêts de chêne en Algérie : Biodiversité et conservation. *Algerian Journal of Ecology*, 15(2), 45-56.
- Bhourri, W., Sghaier, M.B., Kilani, S., et al. (2016). Phytochemical composition and biological activities of *Quercus ilex* L. leaves. *Journal of Medicinal Plants Research*, 10(2), 38-45.
- Bouchard, M., & Côté, B. (2002). Impact of *Armillaria* species on forest ecosystems. *Canadian Journal of Forest Research*, 32(8), 1481-1490. doi:10.1139/x02-079.
- Bourtsoukli, E., et al. (2007). Monoterpene emissions from *Quercus ilex*: Response to drought stress. *Tree Physiology*, 27(1), 189-195.

C :

- Calders, K., & Cameron, R. (2007). Reproductive Ecology of *Quercus ilex* in Mediterranean Climate. *Journal of Mediterranean Ecology*, 8(2), 165-174.
- Calflora. (Consulté en 2025). *Quercus ilex* – Holly oak: Not native to California. <https://www.calflora.org/>
- Camarero, J. J., et al. (2009). The role of drought in the growth of *Quercus ilex* in the Mediterranean region. *Forest Ecology and Management*, 257(5), 1375-1383. DOI: 10.1016/j.foreco.2008.12.014.
- Canadell, J., Riba, M., & Andrés, P. (1988). Biomass equations for *Quercus ilex* L. in the Montseny Massif, Northeastern Spain. *Forestry*, 61, 137–147.
- Cernadas, M. J., Martínez, M. T., Corredoira, E., & San José, M. C. (2018). Conservation of holm oak (*Quercus ilex* L.) by in vitro culture. *Mediterranean Botany*, 39(2), 97–104.
- Costa, M., Morla, C., & Sainz, H. (2004). *Los bosques ibéricos: Una interpretación geobotánica*. Editorial Planeta.
- Cucchiella, F., & Fabbio, G. (2013). Clonal Propagation and Genetic Diversity in *Quercus ilex*: A Review. *Annals of Forest Science*, 70(5), 553-560.

Références bibliographiques

D :

- De Rigo, D., Caudullo, G., & San Miguel-Ayanz, J. (2016). Distribution map of *Quercus ilex*. European Commission, Joint Research Centre.
- Du Bus de Warnaffe, G., Lejeune, P., & Claessens, H. (2006). Le chêne vert dans les espaces méditerranéens. *Forestry and Wood Sciences Review*, 61(4), 235-244.
- Dumont, B., & Martin, J. (2021). Impact du changement climatique sur les forêts méditerranéennes : État des lieux et perspectives. *Forest Ecology and Management*, 480, 118563.

E :

- European Environment Agency (EEA). (2022). *Quercus ilex* – Holm oak. [Image]. Retrieved from <https://eunis.eea.europa.eu/species/Quercus%20ilex>

F :

- FAO (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020*. Disponible à l'adresse : <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/en/>.
- Ferrer-Gallego, P. P., & Sáez, L. (2019). Lectotypification of the name *Quercus rotundifolia* Lam. (Fagaceae), an earlier heterotypic synonym of *Q. ilex* subsp. *ballota* (Desf.) Samp. *Taxon*, 68(3), 578-583.

G :

- García-Mozo, H., et al. (2010). Phenological responses of *Quercus ilex* to climate change. *Climatic Change*, 99(3-4), 513-520.
- Gómez, A., et al. (2014). *Melampsora larici-populina*: The rust pathogen of poplar. *European Journal of Plant Pathology*, 139(3), 341-352.
- González, A., Martínez, A., & Pinto, C. (2020). Morphometric analysis of oak trees in Mediterranean environments: A case study in southern Spain. *Forest Systems*, 29(2), e060.
- Gratani, L., Meneghini, M., Pesoli, P., & Crescente, M. F. (2003). Structural and functional plasticity of *Quercus ilex* leaves of trees grown in different environmental conditions. *Trees*, 17(6), 531–537. <https://doi.org/10.1007/s00468-003-0267-3>

Références bibliographiques

- Grimm, G. W., & Denk, T. (2008). The reticulate origin of the *Quercus* genus and the Fagaceae family: Evidence from nuclear and chloroplast DNA. *Systematic Botany*, 33(4), 617–636.
- Grivet, D., Soto, A., Lledó, M., & Terral, J.-F. (2021). High genetic diversity and structure in Holm oak (*Quercus ilex*) across a rainfall gradient: Evidence from microsatellite markers. *Journal of Heredity*, 112(2), 172–185.
- Grove, S. N., & Anderson, H. W. (2011). *Chalara fraxinea* and its impact on oak trees. *Forest Pathology*, 41(3), 195-203.

H :

- Haichour, A. (2009). *Distribution géographique du Chêne vert (Quercus ilex) en Algérie*.

J :

- Jensen, M. (2000). The Oak (*Quercus*) Classification: Recent Advances. *Annals of Forest Science*, 57(5), 361-370.
- Jung, T., et al. (2013). *Phytophthora* diseases in forests and natural ecosystems. *Forest Pathology*, 43(4), 265-273. doi:10.1111/j.1439-0329.2012.00865.x.

L :

- Lassoued, N., Ben Salah, R., Nasri, R., Ayadi, M. A., Zouari, N., Nasri, M., & Attia, H. (2022). Nutritional composition and functional properties of acorn (*Quercus ilex*) starch: A potential source for food industry applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 206, 961–968.
- Lassoued, N., Saidi, S., Dhibi, M., Harzallah, H., Ben Hlel, H., et al. (2022). Chemical composition, antioxidant activity, and effects on lipid profile and glycemic status of *Quercus ilex* acorn flour in diabetic rats. *Food Chemistry*, 371, 131093.
- Lazo, J. (2018). *Distribution des chênes vert (Quercus ilex L.) dans le bassin méditerranéen*.
- Lazreg, F., Bouhidel, K., & Guettouche, M. S. (2014). L'importance socio-économique des produits forestiers non ligneux en Algérie. *Revue Forêt Méditerranéenne*, 35(1), 75–82.
- Lazreg, F., et al. (2014). Morphometric analysis of *Quercus* species in Mediterranean environments. [Journal/Book Reference].

Références bibliographiques

- Le Floch, E., Aronson, J., & Dhillon, S. (2010). *Ecological Restoration in Mediterranean-Type Ecosystems*.
- Le Houérou, H. N. (1990). *Drought-tolerant plants for the Mediterranean region*. Springer.
- Le Houérou, H. N. (2001). *Biogeography and Ecology of the Mediterranean forests*. Springer-Verlag, Berlin.
- Lepais, O., Petit, R. J., Guichoux, E., Lavabre, J. E., Alberto, F., Kremer, A., & Gerber, S. (2010). Species relative abundance and direction of introgression in oaks. *Molecular Ecology*, 18(10), 2228-2242.
- Lumaret, R., & Jabbour-Zahab, R. (2009). Phylogeographical variation and postglacial recolonization in holm oak (*Quercus ilex* L.), a paradigmatic example of Mediterranean endemic trees. *Biodiversity and Conservation*, 18(10), 2247-2270.
- Lumaret, R., Mir, C., Michaud, H., & Raynal, V. (2002). Phylogeographical variation of chloroplast DNA in holm oak (*Quercus ilex* L.). *Molecular Ecology*, 11(12), 2327-2336.

M :

- Marçais, B., & Desprez-Loustau, M. L. (2007). Oïdium. In *Encyclopédie des maladies des plantes*.
- Martínez Méndez, J., López González, D., Pueyo, J. J., & Benito Garzón, M. (2022). Local adaptation and adaptive divergence in Holm oak (*Quercus ilex*) across climate gradients. *Molecular Ecology*, 31(1), 100-118.
- Martínez, M. T., San José, M. C., Corredoira, E., & Cernadas, M. J. (2019). Holm oak somatic embryogenesis: Current status and future perspectives. *Frontiers in Plant Science*, 10, 239.
- McGowan, G. A., Smith, K., & Coyle, J. R. (2013). *Diseases of Forest Trees in North America*. USDA Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team.
- Michaud, H., Lumaret, R., & Romane, F. (1995). Variation in the genetic structure and reproductive biology of holm oak populations. *Forest Genetics*, 2(4), 201-208.
- Minter, D. W., et al. (2012). A Guide to the *Armillaria* species in the UK. *Fungal Biology Reviews*, 26(3), 147-154.
- Moreno, G., & Pulido, F. J. (2004). The functioning, management and persistence of dehesas. *Agroforestry Systems*, 60(1), 1-11.

Références bibliographiques

- Moreno-Jiménez, M., Peñalosa, J. M., & Esteban, E. (2006). Lipid content and fatty acid composition of acorns from Mediterranean oak species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(2), 605-609.

N :

- Nedjraoui, D. (2004). Forêts des Aurès et développement rural : Enjeux et perspectives. *Études rurales*, 12(1), 112-128.

O :

- Oldfield, E. (1990). The biology and ecology of *Aceria ilicis*. In *Proceedings of the International Conference on Oak Decline*.

P :

- Papanastasis, V.P., Bautista, S., Chouvardas, D., et al. (2009). Ecosystem services provision in Mediterranean agroforestry systems: a review. *Agroforestry Systems*, 76(2), 1-10.
- Peguero-Pina, J. J., Sancho-Knapik, D., Barrón, E., Camarero, J. J., & Gil-Pelegrín, E. (2014). Morphological and physiological divergences within *Quercus ilex*: drought resistance in the mesic-xeric boundary. *Tree Physiology*, 34(6), 758-771.
- Pérez, F., Romero, C., & González, J. (2016). The role of oak forests in Mediterranean ecosystems. *Ecological Research*, 31(1), 13-25.
- Pérez-López, U., et al. (2011). Growth and physiological responses of *Quercus ilex* to elevated CO₂ and water availability. *New Phytologist*, 189(1), 193-206. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2010.03459.x.
- Pérez-Ramos, I. M., et al. (2013). Physiological responses of *Quercus ilex* to water stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 73, 298-308. DOI: 10.1016/j.plaphy.2013.10.008.
- Phylogenomic analyses highlight innovation and introgression in Fagaceae (2022). *Nature Communications*.
- Pollen Atlas. (2025). *Quercus ilex* – global distribution. <https://www.pollenatlas.org>
- Pulido, F., & Picazo, A. (2020). Dehesa system and the iberian pig: A symbiotic relationship. *Livestock Science*, 5(2), 121-130.

Q :

Références bibliographiques

- Quézel, P., & Médail, F. (2003). *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Elsevier.
- Quézel, P., & Médail, F. (2003). *Ecology and Biogeography of Mediterranean Forests*. Springer.
- Quézel, P., & Médail, F. (2003). *Ecology and biogeography of Mediterranean ecosystems in the world*. Springer Science & Business Media.

R :

- Rambal, S. (1993). The differential role of mechanisms for drought resistance in a Mediterranean evergreen shrub: *Quercus coccifera* L. *Annales des Sciences Forestières*, 50(Suppl), 365s–372s. <https://doi.org/10.1051/forest:19930737>
- Rautio, M., Markkula, E., & Tahvanainen, J. (2007). Triterpenes and defensive chemistry in *Quercus* species. *Phytochemistry*, 68(3), 349-358.
- Reille, M. (1992). *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille.
- Rivas-Martínez, S. (1987). *Memoria del mapa de series de vegetación de España*.
- Rosatti, T.J. & Tucker, J.M. (2014). *Quercus ilex* – Jepson eFlora, University of California. <https://ucjeps.berkeley.edu/eflora/>

S :

- Salajpal, K., Mikulec, Ž., Karolyi, D., & Antunović, Z. (2008). Nutritive value of acorns and its use in feeding of domestic animals. *Mljekarstvo/Dairy Journal*, 58(1), 5-13.
- Scalbert, A., Monties, B., & Janin, G. (1992). Tannins in wood: comparison of different estimation methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(10), 1794-1798.
- Slippers, B., & Wingfield, M. J. (2007). *Botryosphaeria* and its relatives. *The Plant Health Instructor*.
- Smith, P., Turner, R., & Pearson, J. (2010). Exotic trees in parklands of the Southern Hemisphere: A review. *Journal of Botanic Gardens Conservation*, 34(2), 143-156.
- Soler-Rivas, C., Espin, J. C., & Wichers, H. J. (2000). Phytochemical and antimicrobial properties of *Quercus ilex* leaves. *Journal of Food Science*, 65(2), 342-346.

T :

Références bibliographiques

- Terradas, J. (1999). Holm oak and holm oak forests: An introduction. In F. Rodà, J. Retana, C.A. Gracia & J. Bellot (Eds.), *Ecology of Mediterranean evergreen oak forests* (pp. 3–14). Springer.
- Trott, K. (2017). Management of *Armillaria* root rot. *Journal of Arboriculture*, 43(2), 65-70.
- Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Valentine, D. H., Walters, S. M., & Webb, D. A. (1993). *Flora Europaea*. Vol. 1. Cambridge University Press.

V :

- Valero Galván, A., Soto, A., González Martínez, S. C., & Grivet, D. (2022). Molecular insights into the genetic diversity and population structure of Holm oak (*Quercus ilex*) based on microsatellites and SNP markers. *Genetics and Molecular Biology* [en cours de publication].
- Valls, J., Millán, S., & Gallardo, J. M. (2014). Antioxidant and vasculoprotective properties of flavonoids from oak species. *Journal of Plant Sciences*, 229, 123-132.
- Vázquez, F. M., Arista, M., Talavera, S., & Ortiz, P. L. (2015). Bark chemical defense in Mediterranean oaks: The role of tannins and other phenolics in resistance to herbivory and pathogens. *Plant Ecology*, 216, 617–626. <https://doi.org/10.1007/s11258-015-0460-z>
- Vega, O., Soto, A., & González-Martínez, S. C. (2022). Clonal Diversity and Fine Scale Genetic Structure of Holm Oak (*Quercus ilex*). *Forests*.
- Villar-Salvador, P., Puértolas, J., Cuesta, B., Benayas, J. M. R., Pellisier, F., & Rey Benayas, J. M. (2008). Increase in size and nitrogen concentration enhances seedling survival in Mediterranean plantations. Insights from a 7-year field experiment of *Quercus ilex* L. *Forest Ecology and Management*, 256(4), 395–403. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.04.052>
- Vinha, A. F., Barreira, J. C., Costa, A. S., & Oliveira, M. B. (2016). Nutritional and bioactive compounds of *Quercus* spp. nuts: Potential as functional foods. *Journal of Functional Foods*, 21, 455-465.
- Vinha, A. F., Barreira, S. V. P., Costa, A. S. G., Alves, R. C., Oliveira, M. B. P. P., & Ferreira, I. C. F. R. (2016). Acorns as a source of antioxidants and their potential use in functional foods. *Food & Function*, 7(6), 3313–3323.

W :

Références bibliographiques

- Wikipedia contributors. *Quercus ilex* – Castelldefels. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quercus_ilex_-_Castelldefels.jpg (Consulté le 13 juin 2025), sous licence CC BY-SA 4.0.

Y :

- Yu Ren Zhou, Y., Li, Y., Yang, L.-H., Kozłowski, G., et al. (2024). The adaptive evolution of *Quercus* section *Ilex* using chloroplast genomes. *Scientific Reports*.

Z :

- Zohary, M. (1973). *Geobotanical foundations of the Middle East*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Annexes

Annexes

4	INFORMATIONS SUR L'INVENTEUR 2	72	4	INFORMATIONS SUR L'INVENTEUR 3	72
معلومات حول المخترع Nom et Prénom: BERKANI الاسم واللقب: Rihem Ghizlene			معلومات حول المخترع Nom et Prénom: GAOUAR الاسم واللقب: Semir Bechir Suheil		
Nationalité: DZ الجنسية:			Nationalité: DZ الجنسية:		
Adresse: Abou tachfin, cité El yasmine, Tlemcen. العنوان:			Adresse: N°03,120 logs universitaires, Mansoura, Tlemcen. العنوان:		
Fonction: Etudiant المهنة:			Fonction: Chercheur المهنة:		
E-mail: ghizleneberkani@gmail.com البريد الإلكتروني:			E-mail: suheilgaouar@gmail.com البريد الإلكتروني:		
4			4		
4	INFORMATIONS SUR L'INVENTEUR 4	72			
معلومات حول المخترع Nom et Prénom: SELKA الاسم واللقب: Sarra					
Nationalité: DZ الجنسية:					
Adresse: N°715, cité les amandiers, kiffen, Tlemcen. العنوان:					
Fonction: Chercheur المهنة:					
E-mail: s.selka.sek@gmail.com البريد الإلكتروني:					
Adresse: 42, Rue Larbi BEN M'HIDI, Alger E-mail: info-dpitt@inapl.org Web : www.inapl.org					