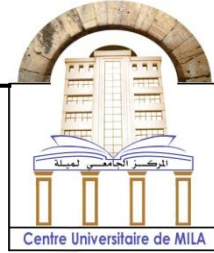


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Ref :

Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila

Institut des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biotechnologie

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie végétale

Thème :

**Étude morphologique de quelques chênes
(*Quercus* sp.) Poussant en Algérie**

Présenté par :

- NESROUCHE Nor El Houda
- TAUCHE Sounia

Devant le jury :

Présidente :	M^{me} BOUCHEKRIT Moufida	MCA
Examinatrice :	M^{me} BOUSMID Ahlem	MCB
Promoteur :	M. TORCHE Yacine	MCA

Année Universitaire : 2023/2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions le bon Dieu tout puissant de nous avoir donné la force, le courage et la volonté pour réaliser ce travail.

*Au terme de ce travail, nous voudrions exprimer nos sincères remerciements en premier lieu à notre encadrant **Dr. Torche Yacine**. Docteur en biotechnologie végétale et amélioration des plantes de nous avoir offert l'opportunité de travailler avec lui, pour ses judicieux conseils, son esprit critique et sa rigueur scientifique.*

Nous le remercions pour sa patience, sa gentillesse, qui a contribué à alimenter notre réflexion sur notre travail.

Nos vifs remerciements s'adressent également aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer notre travail :

*Mme. **Bouchkrit Moufida** pour le grand honneur de présider le jury.*

*Mme. **Bousmid Ahlem** d'avoir bien voulu examiner notre travail. Nous tenons à remercier les techniciens de laboratoire 08 de Centre Universitaire du Mila pour leur aide et le temps qu'ils nous ont accordé.*

Merci à tous les professeurs qui nous ont enseignés, ainsi que toutes les personnes qui ont participé de près et de loin à la réalisation de ce travail

Dédicace

Avant toutes choses, je remercie Allah, le tout puissant, pour m'avoir donné la force et la patience pour réaliser ce travail.

Je dédie mon travail à mes chers parents : Mohamed et Naima

Aucune dédicace, aucun mot ne pourrait exprimer à leur juste valeur la gratitude et l'amour que je vous porte.

Mon père, qui est toujours disponible pour nous, et prêt à nous aider et protéger, je lui confirme mon attachement et mon profond respect.

Ma mère, la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur.

À mes chères sœurs : Ibtissem, Meriem et Nassima, pour ses soutiens moraux et leurs conseils précieux tout au long de mes études, merci pour tout

À mes beaux-frères : Ahmed et Djamel, merci pour votre soutien, pour votre disponibilité, et mon cher frère le bijou de la famille Islam je te souhaite un avenir plein de joie de bonheur et de réussite.

À ma chère : Sara, merci énormément pour ton soutien et votre aide constante.

À ma très chère amie : Amani, pour son aide et supports dans les moments difficiles

À ma chère amie et mon binôme : Sonia, merci pour les bons moments que nous avons passés ensemble et pour ton soutien.



Nour Elhouda

Dédicace

*Je dédie ce travail qui est le fruit de mes années d'étude qui sont pleines de réussite à ce qui m'a données l'amour, la joie et le bonheur, qui ma aider dans toute les phases de ma vie moralement et matériellement à qui je suis très reconnaissante et qui je dois tout le respect du monde et qui j'aime le plus au monde: **Mes parents, mes grands parents, mes oncles «Abdo, Ismail, mohamed, Nadir et Nour Eddine »***

*A mon très chère frère « **Abd Raouf** »*

*A mes très chères sœurs « **Samiha, Assma, Samira et Noussaiba** »*

*A mes très chères amies qui vécu avec eux des bons et mauvais moments durant ces années d'étude : « **Soumia, Faten, Amina et Abd Elmounaim** ».*

A tous les personnes de prés ou de loin qui me reconnaisse.

A tous ceux qui j'aime.



Sounia

Résumé

Notre étude examine la diversité morphologique entre trois espèces de chênes (*Q. faginea*, *Q. ilex* et *Q. coccifera*) en mesurant douze caractéristiques morphologiques des feuilles à l'aide d'un pied à coulisse sur un total de 60 arbres prélevés dans différentes régions d'Algérie (Batna, Djelfa, Constantine, Annaba et Sétif) ayant des conditions climatiques variées. L'analyse de la variance a été réalisée à l'aide du test ANOVA. La quantité de chlorophylle a été mesurée chez l'espèce *Q. rotundifolia* prélevée dans deux régions différentes : Batna et Constantine, ce qui contribue également à la diversité morphologique des feuilles. Nos résultats obtenus montrent qu'il existe une grande diversité entre les échantillons de la même région pour les trois espèces, notamment pour *Q. ilex*, ainsi que pour la plupart des caractéristiques étudiées entre les différents sites. Il a été observé une grande variation, notamment pour la chlorophylle, avec des valeurs plus élevées chez les chênes de la wilaya de Batna. Cette différence est probablement due à des variations génétiques ou aux conditions environnementales locales. Avec le changement climatique et la diminution des précipitations, les années sèches deviendront plus fréquentes, ce qui entraînera probablement une adaptation des plantes aux conditions et des changements dans leur morphologie.

Mots-clés : Morphologie, ANOVA, Chlorophylle, Chêne, Variations Génétiques, Conditions Environnementales.

المخلص

تم في هذا العمل دراسة التنوع المورفولوجي بين ثلاث أنواع من البلوط (*Q. faginea*, *Q. ilex* et *Q. coccifera*) وذلك بقياس اثني عشر سمة مورفولوجية للأوراق بواسطة قدم قنوية لمجموع 60 شجرة مأخوذة من أماكن مختلفة في الجزائر (باتنة، الجلفة، قسنطينة، عنابة وسطيف) ذات خصائص مناخية مختلفة، تم تحليل التباين بواسطة Test ANOVA. من جهة أخرى تم قياس كمية الكلوروفيل عند نوع *Q. rotundifolia* مأخوذة من منطقتين مختلفتين: باتنة وقسنطينة والذي يساهم كذلك في تنوع مورفولوجية الأوراق. بينت النتائج المتحصل عليها أنه يوجد اختلاف كبير ما بين الأشجار المتواجدة في نفس المنطقة عند الأنواع الثلاثة خاصة عند (*Q. ilex*) وكذلك في أغلب الصفات المدروسة ما بين الأماكن لوحظ أنه يوجد اختلاف كبير، بالنسبة للكلوروفيل ظهرت أعلى قيمة عند البلوط المتواجد في ولاية باتنة. هذا الاختلاف على الأرجح نتيجة للاختلافات الوراثية أو ظروف البيئة المحيطة بالمستوطنات. مع تغير المناخ وانخفاض معدلات هطول الأمطار، فإن تكرار السنوات الجافة سوف يزداد وهذا ما يؤدي إلى تكيف النبات مع الظروف والتغير في المظهر الخارجي.

الكلمات المفتاحية: مورفولوجيا، Anova، كلوروفيل، بلوط، تغير جيني، الظروف البيئية.

Abstract

Our study examines the morphological diversity among three oak species (*Q. faginea*, *Q. ilex*, and *Q. coccifera*) by measuring twelve leaf morphological characteristics using a caliper on a total of 60 trees sampled from different regions of Algeria (Batna, Djelfa, Constantine, Annaba, and Sétif) with varied climatic conditions. Analysis of variance was performed using ANOVA. Chlorophyll content was measured in the species *Q. rotundifolia* sampled from two different regions: Batna and Constantine, which also contributes to leaf morphological diversity. The results show significant diversity among samples from the same region for the three species, especially for *Q. ilex*, as well as for most of the studied characteristics across different sites. A large variation was observed, particularly in chlorophyll content, with higher values in oaks from the Batna province. This difference is likely due to genetic variations or local environmental conditions. With climate change and decreasing precipitation, dry years are expected to become more frequent, likely leading to plant adaptation to conditions and changes in their morphology.

Keywords: Morphology, ANOVA, Chlorophyll, Oak, Genetic Variations, Environmental Conditions.

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
المخلص	
Abstract	
Table des matières	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	2

Chapitre I. Synthèse bibliographique

I. Présentation générale du genre <i>Quercus</i>	5
I.1. Le chêne	5
I.2. Bref aperçu sur l'histoire des chênes.....	5
I.3. Répartition Géographique dans le monde.....	5
II. Les types des chênes.....	6
II.1. Chêne kermès (<i>Quercus coccifera</i>)	6
II.1.1. La classification	6
II.1.2. Caractères botaniques	7
II.1.3. Air de répartition.....	8
II.2. Chêne faginé ou chêne zéen a petit feuilles « <i>Quercus faginea</i> ».....	8
II.2.1. Classification	8
II.2.2. Caractères botaniques :	8
II.2.3. Répartition géographique en Algérie	9
II.3. Chêne Vert « <i>Quercus ilex</i> L. <i>Subsp, rotundifolia</i> Lam ».....	9
II.3.1. Classification	10
II.3.2. Variétés et sous-espèces.....	10
II.3.3. Caractères botaniques	10
II.3.4. Air de répartition.....	12
III. L'importance des chênes	12

IV. Le phénotype foliaire et la norme de réaction pour les feuilles	13
IV.1. Les pigments foliaires	13
IV.2. Propriétés physico-chimiques.....	14
IV.3. La chlorophylle	15
<i>Chapitre II. Matériels et méthodes</i>	
I. Étude morphométrique.....	18
I.1. Matériel végétale et échantillonnage	18
I.2. Les caractéristiques climatiques des zones d'études	18
I.3. Analyses morphologiques	20
I.4. Analyse statistique	21
II. Le taux de la chlorophylle chez <i>Q. rotundifolia</i>	21
II.1. L'échantillonnage.....	21
II.2. Dosage de la Chlorophylle.....	21
<i>Chapitre III. Résultats et discussion</i>	
I. Analyse des traits morphologiques.....	24
II. Le Taux de la Chlorophylle	41
Conclusion.....	45
Références bibliographiques	47

Liste des abréviations

mm/an : millimètre par an

Chl : Chlorophylle

A : absorption

LP : longueur de pétiole

DP : diamètre de pétiole

RA : Ration

LL : longueur de limbe

LTF : longueur totale de feuille

LML : Largeur max du limbe

LFB : Largeur de la feuille 1/3 basal de feuilles

LFA : Largeur de la feuille 1/3 apicale de feuilles

NN : Nombre de nervures

NE : Nombre des épines

HLM : Hauteur de largeur maximale de feuilles

LLL : Longueur du limbe de la partie apicale à la partie la plus large (LL-HLM)

DS : Djelfa –Sen Elba

ST : Sétif- Ouled tebben

BC : Batna Chélia

CC : Constantine chettaba

BY : Batna Yabous

AC : Annaba Chetaibi

BB : Batna Belezma

ES : Erreur standard

NS : Non significatif

UV : Ultraviolet

Liste des tableaux

Tableau 1: caractéristiques physico-chimiques des chlorophylles a et b.....	16
Tableau 2: Liste des traits morphologiques mesurés.	20
Tableau 3: les résultats des traits morphologiques du trois espèces	24
Tableau 4: Analyse de variance de deux facteurs pour LP de <i>Q. ilex</i>	26
Tableau 5: analyse de variance de deux facteurs pour LP de <i>Q. Faginea</i>	26
Tableau 6: Analyse de variance de deux facteurs pour RA de <i>Q. Ilex</i>	27
Tableau 7: analyse de variance de deux facteurs pour RA de <i>Q. faginea</i>	28
Tableau 8: Analyse de variance de deux facteurs pour DP de <i>Q. ilex</i>	28
Tableau 9: Analyse de variances de deux facteurs pour DP de <i>Q. Faginea</i>	29
Tableau 10: Analyse de variance de deux facteurs pour LL de <i>Q. ilex</i>	29
Tableau 11: Analyse de variance de deux facteurs pour LL de <i>Q. Faginea</i>	30
Tableau 12: Analyse de variance de deux facteurs pour LTF de <i>Q. ilex</i>	31
Tableau 13: Analyse de variance de deux facteurs pour LTF de <i>Q. Faginea</i>	31
Tableau 14: Analyse de variance de deux facteurs pour LML de <i>Q. ilex</i>	32
Tableau 15: Analyse de variance de deux facteurs pour LML de <i>Q. Faginea</i>	33
Tableau 16: analyse de variance de deux facteurs pour LFB de <i>Q. Ilex</i>	33
Tableau 17: Analyse de variance de deux facteurs pour LFB de <i>Q. faginea</i>	34
Tableau 18: Analyse de variance de deux facteurs pour LFA de <i>Q. ilex</i>	34
Tableau 19: Analyse de variance de deux facteurs pour LFA de <i>Q. faginea</i>	35
Tableau 20: Analyse de variance de deux facteurs pour NN de <i>Q. Ilex</i>	36
Tableau 21: Analyse de variance de deux facteurs pour NN de <i>Q. faginea</i>	36
Tableau 22: Analyse de variance de deux facteurs pour NÉ de <i>Q. Ilex</i>	37
Tableau 23: Analyse de variance de deux facteurs pour NÉ de <i>Q. faginea</i>	37
Tableau 24: Analyse de variance de deux facteurs pour HLM de <i>Q. Ilex</i>	38
Tableau 25: Analyse de variance de deux facteurs pour HLM de <i>Q. faginea</i>	39
Tableau 26: Analyse de variance de deux facteurs pour LLL de <i>Q. Ilex</i>	40
Tableau 27: Analyse de variance de deux facteurs pour LLL de <i>Q. faginea</i>	40
Tableau 28: Moyenne de la Chlorophylle de <i>Q. rotundifolia</i> dans deux régions différentes.	41

Liste des figures

Figure 1: Répartition du genre <i>Quercus</i> dans le monde.....	6
Figure 2: Fruits, fleurs et gland de chêne kermès	7
Figure 3: Arbre de chêne faginé.....	8
Figure 4: Tronc, feuilles et écorce de chêne faginé	9
Figure 5: Arbre de chêne vert.....	10
Figure 6: Arbre de <i>Q. rotundifolia</i>	10
Figure 7: Feuilles de chêne vert (Oued Chaaba, Batna).....	11
Figure 8: Fruits de <i>Q. Ilex</i>	11
Figure 9: Fleurs de <i>Q. Ilex</i>	12
Figure 10: les différentes parties d'une feuille.....	13
Figure 11: à gauche, chloroplastes dans des cellules vertes. A droit, vue d'artiste d'un chloroplaste	14
Figure 12: Structure des chlorophylles a (à gauche) et b (à droit)	16
Figure 13 : Localisation des zones d'études des trois espèces de genre <i>Quercus</i>	18
Figure 14: Les mesures des paramètres morphologiques des feuilles.	21
Figure 15: Étapes de détection de la chlorophylle.	22
Figure 16: Moyenne LP de trois espèces.	27
Figure 17: moyenne RA de trois espèces.	28
Figure 18: Moyenne LL de trois espèces.	30
Figure 19: Moyenne de LTF de trois espèces.	32
Figure 20: Moyenne LML de trois espèces.....	33
Figure 21: Moyenne LFA de trois espèces.	35
Figure 22: Moyenne NÉ de trois espèces.....	38
Figure 23: Moyenne HLM de trois espèces.	39
Figure 24: Moyenne LLL de trois espèces.....	41
Figure 25: Le taux de la Chlorophylle de <i>Q. rotundifolia</i>	42

Introduction

Introduction

Les végétaux sont des êtres vivants chlorophylliens sauf quelques rares exceptions, fixées au sol ayant une mobilité extrêmement réduite

La plasticité phénotypique est un mécanisme permettant aux espèces de s'implanter, de s'acclimater et de s'adapter à un environnement changeant dans l'espace et dans le temps. C'est d'autant plus vrai pour les plantes terrestres pour lesquelles la vie fixée au substrat souffre de peu d'exceptions. Cette plasticité est définie par Guo et al, (2007) comme étant la capacité d'un végétal à modifier son modèle de croissance lorsqu'il rencontre un stress abiotique. Bien que la morphologie d'une plante soit principalement contrôlée génétiquement, elle est également soumise à des facteurs environnementaux comme le sol et les conditions climatiques (**Chene et al., 2019**). Selon son environnement, une même espèce peut donc présenter plusieurs phénotypes différents (norme de réaction). La morphologie foliaire est l'un des caractères les plus variables chez les végétaux ligneux. La feuille est donc un bon indicateur pour les études écologiques, car ses traits phénotypiques sont généralement modulés en fonction des conditions environnementales (**Traiser et al., 2005**), d'après ce dernier, les traits morphologiques des feuilles varient de manière prévisible en fonction des gradients climatiques et environnementaux.

Le genre *Quercus* L. (Fagaceae) est connu pour sa complexité et la difficulté rencontrée par les taxonomistes pour classer les taxons observés. Nixon (1993) estime qu'il comprend environ 500 espèces réparties dans l'hémisphère nord, ayant des origines datant du début du Tertiaire. Sa diversité taxonomique et sa variabilité ont longtemps fasciné les botanistes, restant un sujet controversé aujourd'hui. Malgré de nombreuses descriptions entre le 18e et le 20e siècle en Europe et en Méditerranée, de nouveaux taxons continuent d'être formellement décrits comme espèces ou sous-espèces chez les chênes à feuilles caduques (**Mossa et al., 1999**) ainsi que chez les chênes à feuilles persistantes (**Capelo et Costa, 2005**). Certains taxons anciennement décrits sont encore considérés comme synonymes d'espèces antérieures sans avoir été réexaminés attentivement. Les taxons initialement décrits dans les pays du Maghreb, notamment en Algérie, sont également pertinents dans le cas des chênes et d'autres genres et familles (**Aissi et al., 2020**).

L'étude morpho-anatomique des organes floraux est essentielle pour la classification infra-générique du genre *Quercus*, permettant de reconnaître les sous-genres ou les sections. En revanche, pour la taxonomie des complexes d'espèces et de leurs sous-espèces, la description morpho-anatomique et biométrique des feuilles reste plus pertinente. Cette approche est cruciale pour identifier et différencier les divers taxons au sein du genre *Quercus*, notamment pour des

espèces comme *Quercus faginea* qui présentent un polymorphisme foliaire remarquable. Les critères basés sur les feuilles sont donc primordiaux pour une classification précise et détaillée des différentes entités taxonomiques au sein du genre *Quercus*.

Le but de cette étude est la caractérisation de la variabilité morphologique des chênes (*Quercus coccifera*, *Quercus ilex* et *Quercus faginea*) au niveau des différentes régions en Algérie, cette caractérisation est porter sur la parties végétatives (feuilles), en utilisant la technique de caractérisation morphologique avec des clés de détermination spécifiques (les paramètres morphologiques) avec la détermination de taux de la chlorophylle pour (*Quercus rotundifolia*).

Le présent mémoire s'articule autour de 3 chapitres : Le premier chapitre, consacré à une revue bibliographique, qui s'intéresse notamment aux généralités sur l'espèce du genre *Quercus*. Dans le deuxième chapitre, on s'est intéressé à l'étude des paramètres morphologiques de la plante et mesure le taux de chlorophylle. Le troisième chapitre présente les principaux résultats obtenus et la discussion, en fin en mettre une conclusion.

Chapitre I.

Synthèse bibliographique

I. Présentation générale du genre *Quercus*

I.1. Le chêne

Le chêne est un arbre emblématique de la famille des fagacées, qui est largement répandu dans le bassin méditerranéen. Il peut atteindre une hauteur de 20 à 25 mètres et possède un tronc souvent tortueux et branchu. Les feuilles sont caduques et alternes, sauf chez le chêne vert et le chêne liège, qui sont persistantes. Les fleurs mâles sont regroupées en chapletes pendantes et discrètes en avril, tandis que les femelles sont isolées ou réunies en petits épis dressés, le fruit du chêne est un gland généralement ovoïde protégé à moitié d'une cupule écailleuse longue, grise et duveteuse, le liège du chêne liège est utilisé pour fabriquer des bouchons de qualité supérieure, et environ 12 récoltes peuvent être effectuées sur la vie d'un arbre, le bois du chêne liège est très dense et très dur, mais difficile à travailler et donc peu utilisé. Le chêne est considéré comme l'un des arbres les plus significatifs et les plus majestueux au monde, avec plus de 300 variétés différentes. En français, il est appelé « chêne » en anglais « oak » et en arabe « شجرة البلوط » (Mahmoud, 2011).

I.2. Bref aperçu sur l'histoire des chênes

Le genre *Quercus* comprend plus de 600 espèces d'arbres et arbustes, répartis principalement dans l'hémisphère Nord. Les chênes se divisent en sous-genres, avec les sections *Lepidobalanus* et *Erythrobalanus* étant les plus importantes. En Europe, les chênes blancs (*Lepidobalanus*, 152 espèces) et rouges (*Erythrobalanus*, 136 espèces) dominent, avec des espèces telles que le Chêne pédonculé et le Chêne liège. Les chênes colonisent des environnements variés, des zones arides aux tropiques. En Europe, les chênes méditerranéens sont plus diversifiés. Les chênes persistants et caducs se retrouvent dans différentes régions, avec une concentration en Europe méridionale.

Les Chênes ont évolué depuis l'Oligocène en Amérique du Nord, avec une diversification majeure au Pliocène. Leur origine probable se situe en Asie du Sud-Est ou en Amérique du Nord. Les variations climatiques ont influencé leur distribution, notamment durant le Quaternaire, marquant 17 cycles glaciaires-interglaciaires. Ces changements ont façonné la diversité actuelle des forêts, impactant la diversité génétique future des Chênes. Certains anticipent des défis, tandis que d'autres soulignent l'adaptation passée des Chênes à ces fluctuations climatiques, offrant des perspectives contrastées sur leur avenir (Kremer et Ducousso, 2002).

I.3. Répartition Géographique dans le monde

Chêne est le nom vernaculaire de nombreuses espèces d'arbres et d'arbustes appartenant au genre *Quercus*, et à certains genres apparentés de la famille des Fagacées, notamment

Cyclobalanopsis et Lithocarpus (Hoeche et al., 2014). Il se compose de 600 espèces dans le monde entier, qui comprend des arbres monoïques des arbres à feuilles caduques, à feuilles persistantes, et rarement des arbustes. Les espèces du genre *Quercus* sont principalement distribuées dans le bassin méditerranéen (Portugal, Espagne, Algérie France, Italie, Tunisie et Maroc), en Asie et en Amérique du Nord. L'extraordinaire diversité des espèces signalée en Amérique et en Asie, avec la plus grande diversité à 15-30°N au Mexique et en Asie de l'Est (Bainbrifge, 2001). L'Europe présente une faible richesse en espèces (jusqu'à 30 espèces), la plupart autour de la Méditerranée orientale (Vinha et al., 2016). Le nombre d'espèces diminue vigoureusement lorsque l'on va vers le nord, aucune espèce n'atteignant la zone boréale au 60e degré de latitude (Taib et al.,2020).



Figure 1: Répartition du genre *Quercus* dans le monde (Medjmadj, 2014)

II. Les types des chênes

II.1. Chêne kermès (*Quercus coccifera*)

L'une des espèces d'arbres les plus importantes du Bassin méditerranéen, l'arbre connu sous le nom de Chêne kermès (*Quercus coccifera*). Cet arbre appartient à la famille des Fagaceae et mesure généralement entre 1 et 2 mètres d'altitude avec un port buissonnant formant des haies dense et difficiles à traverser. Bien qu'exceptionnellement, cet arbre peut atteindre jusqu'à 5 à 6 mètres (Mickaël et al., 2007).

II.1.1. La classification

- Règne : Plantae

- **Sous-règne** : Tracheobionta
- **Division** : Magnoliophyta.
- **Classe** : Magnoliopsida.
- **Sous-classe** : Hamamelidae.
- **Ordre** : Fagales.
- **Famille** : Fagaceae.
- **Genre** : Quercus.
- **Espèce** : *Quercus coccifera*.

II.1.2. Caractères botaniques

- Les feuilles sont de petite taille, de couleur vert luisant, de forme ovale et sont bordées de dents épineuses.
- Les fleurs sont de couleur jaunâtre et sont unisexuées.
- Les fleurs mâles sont réunies en courts chatons et les femelles sont solitaires.
- Les fruits sont des glands de forme globuleuse, recouvert d'une cupule couverte d'écailles rigides.
- Le port Arrondi, enchevêtré.
- Les glands et les cupules : Les cupules sont très enveloppantes et couvertes d'écailles.
- Chatons mâles : courts, glabres.
- Ecorce : Aspect de l'écorce : Ecorce grise, Ecorce lisse, Ecorce peu crevassée, Feuille.
- Croissance : très lente.
- Hauteur : 1 à 2 mètres.



Figure 2: Fruits, fleurs et gland de chêne kermès (Tair, 2016)

II.1.3. Air de répartition

Cette espèce est originaire du bassin méditerranéen en Afrique du nord, l'espèce est localisée à l'extrême Nord algérien, les régions d'El Kala, Annaba, en Kabylie, à Blida, dans l'Oranais et environs de Mostaganem et de Mascara (Seigue, 1985).

II.2. Chêne faginé ou chêne zéen a petit feuilles « *Quercus faginea* »

Selon Amaral Franco en 1990 et López González en 2001, l'espèce *Quercus faginea* peut atteindre des tailles importantes jusqu'à 20 mètres en tant qu'arbre à feuilles caduques. Cependant, cette espèce peut également apparaître sous forme d'arbuste, et sa morphologie pourrait être influencée par le type de sol et les pressions anthropiques auxquelles elle est exposée.



Figure 3: Arbre de chêne faginé (Aissi ,2018).

II.2.1. Classification

- Règne : Plantae.
- Sous-règne : Tracheobionta.
- Division : Magnoliophyta.
- Classe : Magnoliopsida.
- Sous-classe : Hamamelidae.
- Ordre : Fagales.
- Famille : Fagaceae.
- Genre : Quercus.
- Espèce : *Quercus faginea* Lam.

II.2.2. Caractères botaniques :

Le *Quercus faginea*, est un arbre de grande taille (10 à 15 m) avec un tronc élancé et une couronne étalée, poussant en peuplements clairsemés et en forme de colonne dans des formations très denses. Il a des branches étalées portant de grandes feuilles pétiolées longues de 5,5 à 12 cm, avec 8 à 13 paires de nervures latérales, légèrement coriaces, largement oblongues, souvent

lancéolées et parfois cordées à la base. Les feuilles sont vert foncé sur le dessus, tomenteuses en dessous, avec des branches mesurant de 180 à 300 microns. Le *Quercus faginea* est une espèce monoïque, avec des chatons mâles tomenteux et des fruits qui mûrissent annuellement, sessiles ou sur un court pédoncule ; les glands sont cylindriques et la cupule est hémisphérique et tomenteuse avec des écailles largement triangulaires. Sa floraison a lieu entre avril et mai, tandis que sa fructification se déroule entre octobre et novembre (Bouazza, 2021).



Figure 4: Tronc, feuilles et écorce de chêne faginé (Aissi, 2016).

II.2.3. Répartition géographique en Algérie

En Algérie, le chêne faginé s'étend depuis le bord de la mer méditerranéenne (Taza, Guerrouch, Jijel), jusque vers 2000m d'altitude (Babors). Mais il ne forme des peuplements importants que dans une tranche altitudinale allant de 1000 m à 1600 m.

A basse altitude, il est rencontré essentiellement dans des conditions stationnelles particulières, ravins humides, fonds de vallons et les versants ombrageux où une humidité constante règne pendant une grande partie de l'année (Achhal et al., 1980). Le chêne zéen, par sa nature, se trouve souvent dans les zones hydriques et humides (Tlemcen dans les zones montagneuses)

II.3. Chêne Vert « *Quercus ilex* L. Subsp, *rotundifolia* Lam »

Le Chêne (*Quercus ilex* subsp. *Rotundifolia* L) est une espèce sempervirente de la famille des Fagacées. Il est considéré comme l'une des espèces les plus caractéristiques de la région méditerranéenne (Alarcón-Gutiérrez et al., 2009). C'est une variété forestière qui possède ses caractéristiques morphologiques propres et ne peut être confondue avec les autres chênes.



Figure 5: Arbre de chêne vert (Mahmoud, 2011).



Figure 6: Arbre de *Q.rotundifolia* (Akli, 2022)

II.3.1. Classification

- **Règne :** Plantae
- **Sous règne :** Trachenobionta
- **Division :** Magnoliophyta
- **Classe :** Magnoliopsida
- **Sous classe :** Hamamelidae
- **Ordre :** Fagales
- **Famille :** Fagaceae
- **Genre :** Quercus
- **Espèce :** *Quercus ilex L.*

II.3.2. Variétés et sous-espèces

Le Quercus ilex subsp, *rotundifolia* Lam, présente une grande diversité morphologique. On a identifié de nombreuses variétés, environ une cinquantaine, classées en fonction de la forme des feuilles, des pétioles, des branches, des cupules et du goût du gland. Actuellement, une distinction prédomine entre le *Quercus ilex* et une espèce proche, le *Quercus rotundifolia*. Cette distinction se base principalement sur la forme des feuilles : longues et fortement nervurées pour le *Quercus ilex*, rondes et peu nervurées pour le *Quercus rotundifolia*. Une autre différence réside dans le nombre de nervures, avec 6 à 7 pour le *Quercus rotundifolia* et 8 à 9 ou plus pour le *Quercus ilex* (Barbero et al., 1992)

II.3.3. Caractères botaniques

- La taille : le chêne est un arbre dont la taille est généralement de 8 m à 10 m mais il peut atteindre 20 m à 22 m de hauteur et 2 à 3 m de tour dans certaines régions (Amat et al., 2008).

- Le tronc est généralement court, tordu, avec une écorce écailleuse qui présente de petites écailles plus ou moins carrées. Cette écorce est finement fissurée, peu épaisse et de couleur noirâtre.

- L'Écorce: elle est peu épaisse, grise et assez lisse au jeune âge. Elle se crevasse par la suite et forme de petites écailles polygonales gris brunâtres ou noirâtres.

Les branches du rameau sont robustes, avec une ramification dense.

- Les rameaux : branches principales sont solides, brunâtres, et ont une écorce lisse. Les rameaux plus anciens ont des fissures superficielles, tandis que les nouvelles pousses sont couvertes d'un duvet dense et court qui persiste.

- Les fleurs: le chêne est une espèce monoïque (chaque individu porte à la fois des organes mâles et femelles mais sur des fleurs séparées) (**Rameau et al., 2008**) et vraisemblablement dotée d'un système d'auto-incompatibilité (**Yacine et Lumaret, 1988**).

Les chatons des fleurs mâles sont allongés et pubescents, très abondants et parfois recouvrent entièrement l'arbre d'une couleur jaune à reflets roux.

- Les fleurs femelles sont verdâtres, minuscules, plus discrètes, situées à l'extrémité des rameaux et groupées par 2 ou 3.

- Les feuilles : elles sont simples, alternées, pétiolées et persistantes, pendant 3 à 4ans.

- Le limbe est coriace, de taille et de forme variables, les feuilles sont de couleur pâle, poilues sur les deux faces, puis vert foncé, glabres ou à poils plus ou moins épars, luisantes sur la face supérieure vert grisâtre et tomenteuse sur la face inférieure.

- Le fruit (glands): elles sont verdâtres puis brunâtres, de forme très variable: ovoïdes subcylindriques, globuleux; leur longueur varie de 1 à 3 Cm et leur diamètre de 1 à 1,5 Cm, ils sont entourés à la base par involucre en cupule à écailles toutes appliquées et identiques (**Rameau et al., 1989**).



Figure 7: Feuilles de chêne vert (Oued Chaaba, Batna).



Figure 8: Fruits de *Q. ilex* (**Lassoued et al., 2023**).



Figure 9: Fleurs de *Q.ilex* (Driant, 2022).

II.3.4. Air de répartition

Le chêne vert est l'une des essences forestières les plus importantes. Boudy (1955) et Letreuch (1991) ont repris les différents travaux relatifs à la répartition du chêne vert en Algérie. A l'Est, on le trouve dans Djebel Aurès, où il est en mélange avec le pin d'Alep, tel est le cas de la forêt de Belezma, de Bou-Arif de Sgag et de l'Oued Fedala. Au centre du pays où il est en concurrence avec le pin d'Alep ; il recouvre les versants de l'Atlas Méridjien en taillis dégradés. Il forme des taillis médiocres dans les régions de Tablat et Sour-El Ghozlan ; par contre à Tenès, il est possible de trouver de belles futaies qu'il faut bien traiter afin de les conserver. C'est en Oranie que sont localisées les plus importantes séries, dans les régions de Tiaret, Frenda et Saida en forêt de Sdamas et de Hassasna en taillis dégradés. Le Chêne vert forme de vieilles futaies dans la région de l'Akfadou (Akli, 2022).

III. L'importance des chênes

Le chêne révèle un grand intérêt économique par son bois, ses glands et son écorce. Bien que le bois de chêne soit utilisé localement et marginalement, à un niveau artisanal, pour la fabrication de petits objets, ustensiles agricoles, manches d'outils, et en tableterie, ce bois a de multiples usages. Il est le bois-roi de la tonnellerie, c'est un bois dur, imputrescible qui se travaille bien et qui se patine dans le temps. On peut fabriquer des meubles massifs, lambris, des parquets de portes et fenêtres, des poutres de charpente. Les arbres de bonne qualité peuvent servir à faire des bois de mine et de la charpente. Par contre, les arbres médiocres produisent un bois de chauffage, un excellent charbon de bois, ainsi que des fibres pour panneaux de particules et pour pâte à papier (Roda, 2009).

Les fruits offrent une valeur nutritive importante, notamment à travers leurs graines douces qui sont appréciées par les populations rurales.

Le chêne est une source de nourriture de qualité pour les animaux, offrant à la fois des fruits et des feuilles. Il est important de ne pas sous-estimer la production de fourrage, en particulier dans les taillis clairs. De plus, l'effet du pâturage sur l'entretien des structures, que ce soit pour la

prévention des incendies de forêts ou pour la conservation des taillis en futaies précoces, est pris en considération (Loisel, 1967).

IV. Le phénotype foliaire et la norme de réaction pour les feuilles

La norme de réaction pour les feuilles est une mesure de la plasticité phénotypique, qui décrit la capacité d'un génotype à produire plusieurs phénotypes en réponse à un changement de l'environnement. Pour les feuilles, la norme de réaction peut être mesurée en fonction de paramètres tels que la taille, la couleur, la forme et la surface foliaire spécifique.

La norme de réaction est souvent décrite par la courbe de réponse du phénotype en fonction de l'environnement, appelée norme de réaction, cette courbe montre la variation du phénotype en réponse à des changements environnementaux, tels que la température, l'humidité, ou la luminosité.

Cette mesure est importante pour comprendre la plasticité phénotypique et l'adaptation des plantes aux conditions environnementales (Villar, 2020).

La feuille est généralement composée de 2 parties :

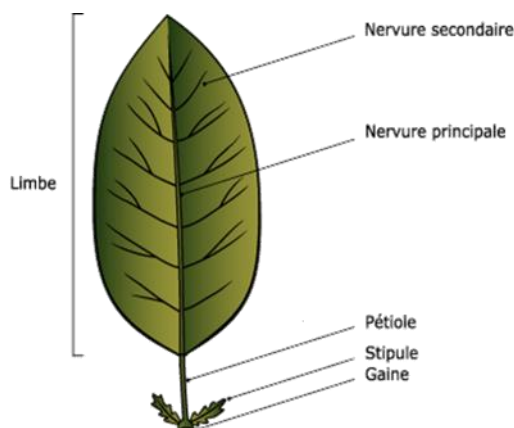


Figure 10: les différentes parties d'une feuille (Anonyme 1).

- **Le limbe**, qui contient les cellules chlorophylliennes responsables de la photosynthèse,
- **Le pétiole**, passage des vaisseaux conducteurs de sève de la tige vers le limbe. Une feuille sans pétiole apparent est dite **sessile**.

IV.1. Les pigments foliaires

L'importance des pigments foliaires s'explique en premier lieu par leur rôle central dans la photosynthèse, qui permet la synthèse de matière organique constituant les parois cellulaires des cellules végétales. L'équation globale de la photosynthèse s'écrit :



Une multitude d'organismes, allant des bactéries aux angiospermes (le groupe de plantes le plus avancé et le plus récent sur Terre), en passant par les végétaux "intermédiaires" tels que les mousses et les algues, réalisent une réaction photochimique. Cette réaction tire son énergie des photons émis par le soleil. La conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique se produit au sein de la cellule, dans des organites spécialisés appelés chloroplastes, en exploitant les propriétés oxydo-réductrices des pigments photosynthétiques. Ces pigments sont liés à divers complexes protéiques intégrés dans la membrane des thylakoïdes. La distribution des chloroplastes dans la feuille est également le résultat d'une adaptation des plantes aux conditions lumineuses.

Il existe également des pigments non photosynthétiques qui ne participent pas activement à la photosynthèse mais ont un rôle de protection contre la lumière. Ainsi, l'efficacité de la photosynthèse dépend de l'adaptation de la plante pour capter de manière optimale l'énergie lumineuse au niveau moléculaire grâce aux pigments, au niveau cellulaire grâce aux chloroplastes, et au niveau de l'organe végétal grâce aux feuilles. Cette adaptation vise à maximiser l'utilisation de l'énergie lumineuse, ce qui contribue largement à la production de biomasse et à la diversité biologique sur terre (Féret, 2009).

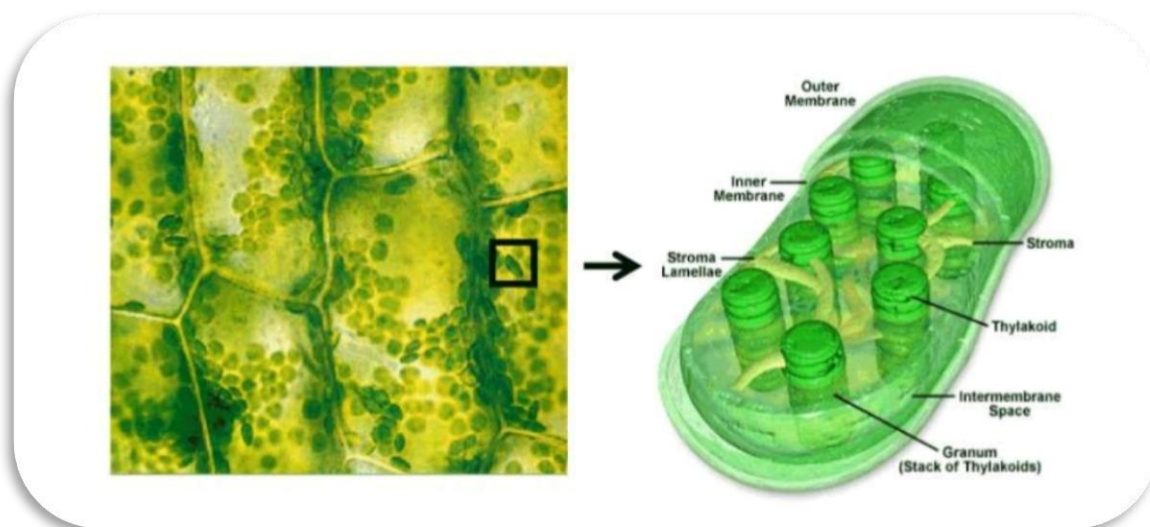


Figure 11: à gauche, chloroplastes dans des cellules vertes (Galston, 1994). A droite, vue d'artiste d'un chloroplaste (<http://www.daviddarling.info/>).

IV.2. Propriétés physico-chimiques

L'analyse des pigments foliaires implique leur extraction dans des solvants sélectionnés en fonction de leur polarité. Une fois extraits, leur composition chimique, poids et concentration peuvent être déterminés à l'aide de diverses techniques physico-chimiques telles que la spectrophotométrie ou la chromatographie en phase liquide à haute pression (HPLC, également

connue sous le nom de chromatographie en phase liquide à haute performance) (Bouzidi, 2019). L'étude du spectre d'absorption des pigments offre un aperçu précis de la sensibilité des propriétés optiques à la structure moléculaire. Les doubles liaisons conjuguées réagissent à l'excitation par une onde électromagnétique, nécessitant l'absorption d'énergie sous forme de photon pour passer d'un état électronique stable à un état excité. L'augmentation de la longueur d'onde du maximum d'absorption est observée avec l'agrandissement du système conjugué, tandis que l'ajout de substituants à la structure de base modifie la longueur d'onde d'absorption conformément aux règles de Woodward-Fieser (Féret, 2009).

Les interactions entre une molécule et son environnement peuvent également induire des variations dans les propriétés optiques. Par exemple, le spectre d'absorption de la chlorophylle pure en solution varie en fonction du solvant en raison des liaisons hydrogène, entraînant des déplacements et des modifications d'intensité des pics d'absorption. Diverses études de solvatochromie utilisant une gamme de solvants offrent des méthodes pour quantifier les différentes formes de chlorophylle et de caroténoïdes (Lichtenthaler, 2001).

IV.3. La chlorophylle

La chlorophylle est le principal pigment photosynthétique. Elle est présente chez presque tous les organismes photosynthétiques et est à l'origine de leur couleur verte car elle absorbe fortement la lumière visible dans les longueurs d'onde correspondant au bleu et au rouge mais laisse filtrer une grande partie de la lumière verte. On dénombre jusqu'à plusieurs centaines de millions de molécules de chlorophylle dans un seul chloroplaste. Deux structures remarquables caractérisent cette molécule :

- un noyau tétrapyrrolique ou chlorine, contenant un atome de magnésium en son centre.
- une chaîne terpénique ou phytol, constituée de vingt atomes de carbone.

Il existe différentes formes de chlorophylles, dont les seules présentes chez les végétaux supérieurs sont la chlorophylle a et la chlorophylle b. Les autres formes (chlorophylles c et d) présentes chez certaines algues ou bactéries et sortent du cadre de notre étude. Comme le montrent la figure, la structure des formes a et b de la chlorophylle est quasi identique, à l'exception d'une fonction aldéhyde située sur la chlorine (Li et Olevano, 2022).

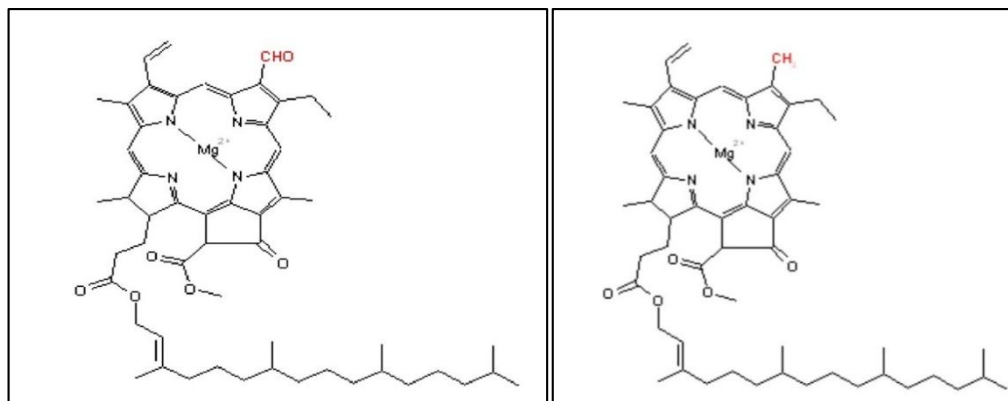


Figure 12: Structure des chlorophylles a (à gauche) et b (à droite) (Lichtenthaler, 2001).

Tableau 1: caractéristiques physico-chimiques des chlorophylles a et b (Palta, 1990).

	Chlorophylle a	Chlorophylle b
Formule chimique	$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$	$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$
Masse molaire (g.mol⁻¹)	893.5	907.5

Chapitre II.

Matériels et méthodes

I. Étude morphométrique

I.1. Matériel végétale et échantillonnage

Notre étude a porté sur trois espèces : le *Quercus faginea*, le *Quercus coccifera* et le *Quercus ilex* (syn. *Q. rotundifolia*), présents dans différentes régions d'Algérie, sous divers bioclimats et substrats : le Parc national Chélia et Yabous – Batna; Sen Elba-Djelfa; Chetaibi – Annaba; Ouled Tebben- Sétif et Chettaba à Constantine. Nous avons prélevé vingt feuilles de vingt arbres par espèce, en veillant à ce que la distance entre les arbres d'une même station soit d'au moins 80 mètres. De chaque arbre, vingt feuilles matures, sans dommage et exposées à la lumière du soleil ont été échantillonnées, totalisant ainsi 60 arbres et 1200 feuilles prélevées.

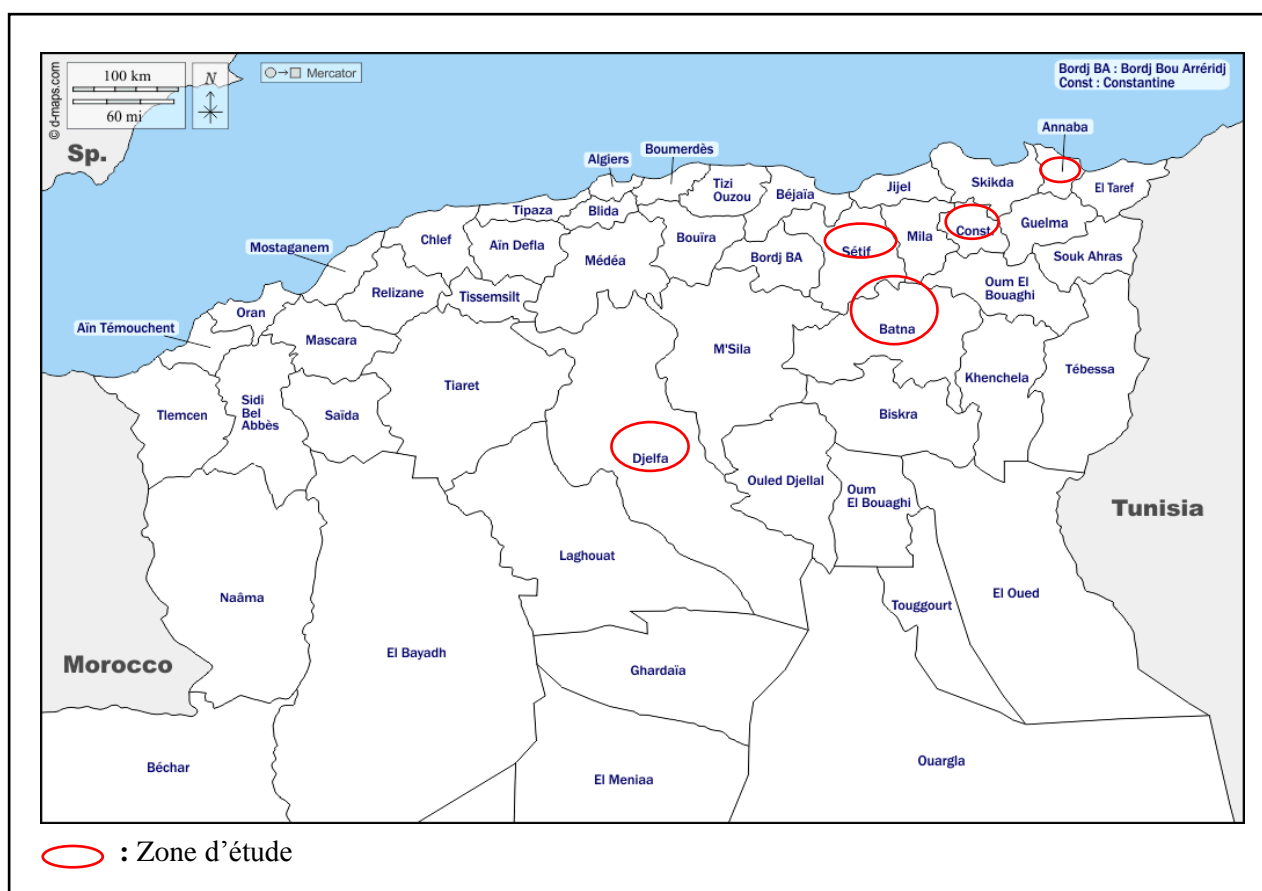


Figure 13 : Localisation des zones d'études des trois espèces de genre *Quercus*.

I.2. Les caractéristiques climatiques des zones d'études

- **La région Annaba** : Annaba est une ville côtière de l'Est Algérien, située à 36°, 52' Nord, 6.57 Est au pied du massif de l'Edough. Son climat subit l'influence combinée de la montagne et la proximité de la mer méditerranéenne. Elle est soumise à un climat méditerranéen avec des variations saisonnières marquées par un été chaud, et un hiver froid et humide à caractère pluvieux et tempéré. Les principales directions des vents sont de Nord à Nord-est. Les températures

maximales sont enregistrées pendant le mois d'Août, avec un maximum de 31,4°C, et les minimales pendant le mois de janvier, avec une valeur de 6.9 °C (Tebbani et Bouchahm, 2016).

- **La région de Batna** : Le parc nationale du Chélia est aménagé comme un jardin, En moyenne, il tombe environ 533,6 mm de précipitations par an. Les chutes de neige sont plus fréquentes, avec environ 57 jours de neige. La température moyenne mensuelle est de 16,6 °C. Le taux d'humidité relative moyen enregistré est de 56 %, mais il varie considérablement tout au long de l'année, allant de 40 % à 80 % (Tafer et al., 2022) avec un altitude 950-1050 mètre .

➤ Le Parc national du Belezma s'étend sur une superficie de 7 000 ha, Le climat est semi-aride caractérisé par une pluviosité moyenne de 346 mm/an dont une partie se précipite sous forme neigeuse (45 jours/an). L'humidité relative est estimée à 60,5 %. La température moyenne annuelle ne dépasse pas 15,1 °C (Tafer et al., 2022).

- **La région de Constantine** : ville du Nord-est de l'Algérie (latitude 36°16 N, 6°6 Est). Constantine appartient à la zone climatique caractérisée par un climat méditerranéen : un hiver froid et humide et un été chaud et sec. Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 7.15°C, juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne égale à 26.6°C (Benharkat et Rouag-Saffidine, 2016) l'altitude est comprise entre 850-950 mètre.

- **La région de Djelfa Senlba** : Le climat de la région présente les caractéristiques suivantes : une pluviométrie annuelle moyenne de 279,7 mm, enregistrée à la station météorologique de Djelfa. La variation saisonnière montre que les périodes de pluie maximale se situent en automne ou au printemps, tandis que les précipitations sont au minimum en été. En hiver, les températures sont basses avec des gelées fréquentes, alors qu'en été, la région connaît des chaleurs et des vents secs. Le mois le plus froid est janvier, avec une température moyenne minimale de 0,08°C, tandis que le mois le plus chaud est juillet, avec une température moyenne maximale de 33,82°C (Koussa et Bouziane, 2018), avec une altitude 1250-1350 mètre de la zone d'étude.

- **La région de Sétif** : Du point de vue géographique, la wilaya de Sétif est localisée dans l'Est algérien dans les Hauts-Plateaux. Le climat de la wilaya de Sétif est typiquement semi-aride de type continental, marqué par des étés chauds et secs ainsi que des hivers froids et pluvieux. Les précipitations sont peu abondantes et irrégulières à la fois en termes de fréquence et de répartition géographique (Djenba, 2015) avec une altitude 1250-1350 mètre de la zone d'étude.

I.3. Analyses morphologiques

Deuze traits quantitatifs été mesuré pour chaque feuille, les mesures avec un pied à coulisse numérique (Aissi, 2020). Les données relatives à ces traits figurant dans le tableau (1) (Song et al., 2015):

Tableau 2: Liste des traits morphologiques mesurés.

Abréviation	Description
LP	Longueur du pétiole
RA	Ration $\{LP/(LL+LP)\} * 100$
DP	Diamètre du pétiole
LL	Longueur du limbe
LTF	Longueur totale de la feuille (LL+LP)
LML	Largeur max Du limbe
LFB	Largeur de la feuille 1/3 basal de feuilles
LFA	Largeur de la feuille 1/3 apicale de feuilles
NN	Nombre des nervures
NÉ	Nombre des épines
HLM	Hauteur de largeur maximale de feuilles
LLL	Longueur du limbe de la partie apicale à la partie la plus large (LL-HLM)





Figure 14: Les mesures des paramètres morphologiques des feuilles.

I.4. Analyse statistique

En utilisant les feuilles comme une variable pour étudier les traits morphologiques plus caractérisant (Aissi, 2020).

L'analyse de variance (ANOVA) est une méthode statistique pour évaluer la variabilité morphologiques (liée à la forme et à la structure) des caractéristiques des feuilles, à la fois au sein d'une même population (intra-populationnelle), et entre différentes populations (inter-populationnelle) (Bretz et al., 2004). Cette analyse permet ainsi d'explorer les relations entre les traits étudiés et d'identifier les ressemblances et les différences morphologiques entre les variétés de la même station et entre les différentes stations (Nguyen et al., 2019).

II. Le taux de la chlorophylle chez *Q. rotundifolia*

II.1. L'échantillonnage

Les feuilles de *Q. rotundifolia* ont été collectées de deux régions différentes, le parc national de Belezma à Batna, et la forêt de Chettaba à Constantine, les deux stations ayant différents bioclimats. Cinq arbres ont été échantillonnés distant d'au moins 80 mètres, les feuilles sont matures, sans dommage, exposées au soleil. On les met dans un glacier pour les conserver.

II.2. Dosage de la Chlorophylle

Les concentrations de chlorophylle et de caroténoïdes ont été déterminées par extraction directe à l'éthanol.

Les feuilles fraîches ont été lavées avec de l'eau distillée et les nervures ont été retirées. Les feuilles fraîches ont ensuite été découpées en fines bandes d'environ 1 mm de large, pesées à 0,2 g près et placées dans des tubes à essai auquel 95 % d'éthanol a été ajouté pour constituer un volume de 20 ml. Le tube à essai a été scellé avec une pellicule plastique et conservé dans l'obscurité pendant 12 à 24 heures jusqu'à ce que les bandes de feuilles soient complètement retournées blanches. La solution a ensuite été aspirée dans une cuvette. La concentration en chlorophylle a

été calculé en mesurant les valeurs de densité optique à 663 et 645nm avec un spectrophotomètre (Abidin *et al.*, 2016).

En utilisant de l'éthanol à 95 % comme témoin à blanc, la teneur en Chlorophylle extraite à l'éthanol a été calculée en utilisant formules suivant (Ngcobo *et al.*, 2024):

$$\text{Chl a} = 84,60A_{663} - 83,89A_{645} \quad \text{Chl b} = 69,95A_{645} - 16,00A_{663}$$



Figure 15: Étapes de détection de la chlorophylle.

Chapitre III.

Résultats et discussion

I. Analyse des traits morphologiques

Tableau 3: les résultats des traits morphologiques du trois espèces

Paramètres	<i>Q. ilex</i>	Moyenne±ES	F	<i>Q. faginea</i>	Moyenne±ES	F	<i>Q. coccifera</i>	Moyenne±ES	F
LP	DS	4,82±0,07	6,97***	BC	8,41±0,18	25,90***	AC	4,23±0,09	33,88***
	ST	4,001±0,12	60,55***						
	BC	6,08±0,18	91,05***	BY	8,31±0,57	114,29***			
	CC	5,8±0,11	21,78***						
RA	DS	13,05 ± 0,22	12,69***	BC	16,98±0,57	244,00***	AC	10,85±0,15	28,79***
	ST	12,37 ± 0,21	13,82***						
	BC	15,15± 0,33	39,69***	BY	14,03±0,73	133,12***			
	CC	16,91 ± 0,24	5,23**						
DP	DS	1,08±0,01	12,49***	BC	1,1±0,05	2,37**	AC	0,9±0,008	11,83***
	ST	1,07±0,02	7,23***						
	BC	2,81±1,63	1,08NS	BY	1,09±0,05	110,53***			
	CC	1,02±0,02	6,45***						
LL	DS	32,53±0,50	16,54***	BC	49,9±0,63	37,14***	AC	34,51±0,38	20,51***
	ST	27,96±0,55	27,35***						
	BC	33,93±0,58	18,84***	BY	48,42±0,94	15,76***			
	CC	28,87±0,67	43,06***						
LTF	DS	37,32±0,52	15,06***	BC	58,31±0,93	35,90***	AC	38,96±0,43	23,48***
	ST	31,97±0,65	34,81***						
	BC	40,02±0,74	31,34***	BY	56,78±0,1	38,87***			
	CC	34,53±0,87	45,6***						
LML	DS	21,75±0,41	13,33***	BC	29,83±0,42	21,19***	AC	18,52±0,22	26,33***
	ST	16,41±0,33	21,7***						
	BC	23,53±0,47	39,00***	BY	29,40±1,06	88,22***			
	CC	18,89±0,53	19,64***						

LFB	DS	18,73±0,35	13,10***	BC	23,12±0,31	16,62***	AC	14,66±0,18	22,83***
	ST	13,63±0,24	17,42***						
	BC	320,88±300,98	0,99NS	BY	22,17±0,69	22,18***			
	CC	16,42±0,48	19,96***						
LFA	DS	18,48±0,35	16,25***	BC	24,04±0,33	13,89***	AC	14,52±0,18	24,95***
	ST	12,58±0,26	17,13***						
	BC	18,87±0,48	55,72***	BY	24,27±0,99	117,13***			
	CC	15,14±1,05	4,84**						
NN	DS	13,41±0,17	22,71***	BC	17,57±0,15	20,38***	AC	14,4±0,15	23,98***
	ST	12,2±0,17	13,72***						
	BC	39±25,03	1,00NS	BY	16,63±0,27	50,30***			
	CC	13,33±0,27	19,46***						
NÉ	DS	11,26±0,42	34,56***	BC	17,07±0,17	26,46***	AC	15,33±0,25	9,87***
	ST	5,7±0,48	71,88***						
	BC	10,3±0,48	4,45*	BY	15,3±0,04	6,57**			
	CC	2,6±0,42	3,38*						
HLM	DS	21,61±0,37	17,47***	BC	35,56±0,60	24,74***	AC	22,07±0,28	21,45***
	ST	17,45±0,41	30,14***						
	BC	21,83±0,64	47,24***	BY	34,81±1,24	68,99***			
	CC	18,62±0,42	21,07***						
LLL	DS	15,68±0,34	3,25**	BC	22,63±0,43	21,40***	AC	16,81±0,24	13,69***
	ST	14,65±0,44	14,56***						
	BC	18,39±0,52	7,71**	BY	21,98±0,6	0,84*			
	CC	15,94±0,52	23,71***						

DS : Djelfa Senlba, **ST** : Sétif Ouled Tebben, **BC** : Batna Chélia, **CC** : Constantine Chettaba, **BY** : Batna Yabous, **AC** : Annaba Chetaibi, * < 0,05(significatif), ** < 0,01(très significatif), *** <0,001(très hautement significatif), **ES** : Erreur standard.

Toutes les analyses statistiques ont été hautement significatives (p -value < 0.001).

Pour *Q. ilex* la longueur du pétiole (LP) diffère entre les échantillons dans toutes les régions: Batna; Sétif; Constantine et Djelfa avec des valeurs (6.08 ± 0.18 , 4.00 ± 0.12 , 5.8 ± 0.11 , 4.82 ± 0.07) respectivement, cela explique qu'il y a une haute biodiversité génétique entre les échantillons et dans toutes les régions sous-étudiées (Fernández i Marti et al., 2018).

Tableau 4: Analyse de variance de deux facteurs pour LP de *Q. ilex*.

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	14,12***
Colonnes	3	116,69***
Interaction	6	35,67***

Pour la comparaison entre région présente dans le tableau, les échantillons de Chélia ont démontré la plus haute valeur (6.08), alors que celle de Sétif ont enregistré la plus basse valeur avec (3.76). Djelfa Senlba et Constantine Chettaba ont enregistré des valeurs intermédiaires.

Pour *Q. faginea* les calculs ont démontré qu'il y a une différence entre les échantillons dans les deux régions : Chélia et Yabous avec des valeurs (8.41 ± 0.18 , 8.31 ± 0.57)

Tableau 5: analyse de variance de deux facteurs pour LP de *Q. Faginea*.

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	169,52***
Colonnes	1	0,72NS
Interaction	2	29,04***

Pour la comparaison entre région présente dans le tableau, les calculs ont démontré des résultats non significatifs.

Pour *Q. coccifera* en à une seule valeur de Chetaibi qui à montrer une valeur avec (4.23 ± 0.09).

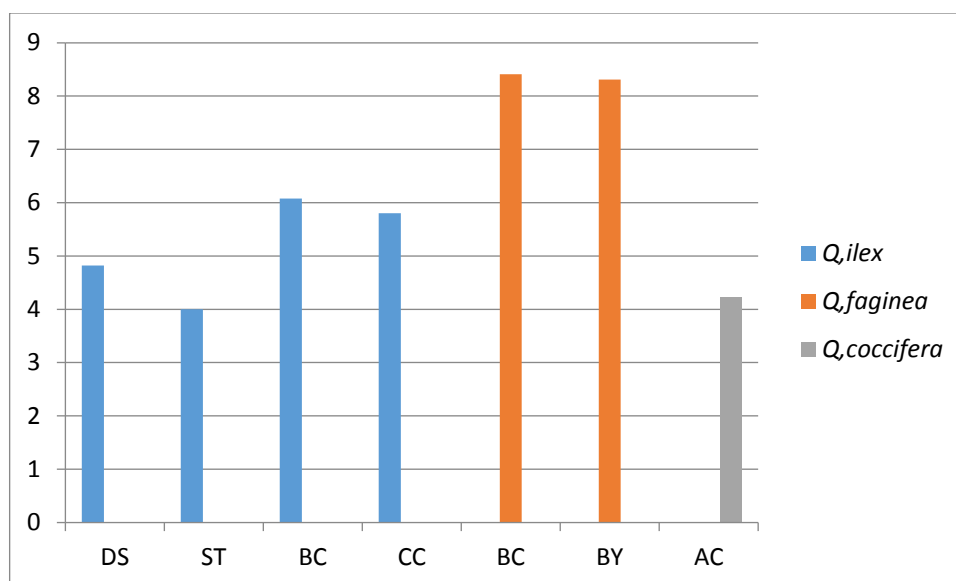


Figure 16: Moyenne LP de trois espèces.

La pluviométrie et l'engorgement présentait une forte corrélation sur la longueur du pétiole, le stress par engorgement hydrique réduit significativement la longueur du pétiole (il réduit la disponibilité dans le sol de certains nutriments essentiels), le pétiole à un rôle pour le transport des sels minéraux (Enkhat et al., 2022).

Pour *Q. ilex* le ration (RA) diffère entre les échantillons dans toutes les régions : Batna, Sétif, Djelfa et Constantine avec des valeurs (19.91 ± 0.24 , 12.37 ± 0.21 , 13.05 ± 0.22 et 16.91 ± 0.24) respectivement.

Tableau 6: Analyse de variance de deux facteurs pour RA de *Q. Ilex*.

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	12,74***
Colonnes	3	65,87***
Interaction	6	16,22***

Pour la comparaison entre région présente dans le tableau, de Chettaba ont démontré la plus haute valeur (19.91 ± 0.24) alors que celle de Sétif ont démontré la plus basse valeur avec (12.37 ± 0.21).

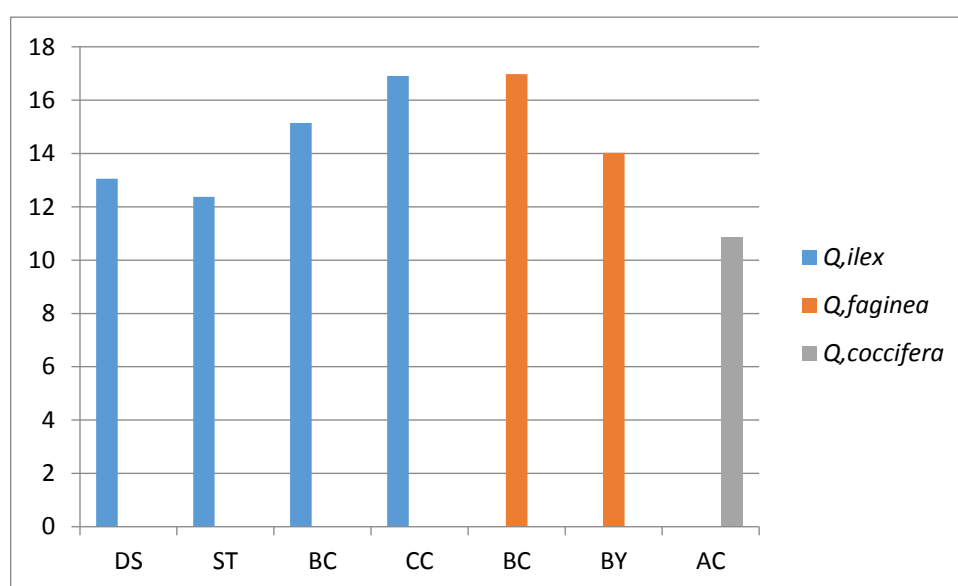
Pour *Q. faginea* (RA) diffère entre les échantillons dans toutes les régions : Chélia et Yabous avec des valeurs (16.98 ± 0.57 , 14.03 ± 0.73) respectivement.

Tableau 7: analyse de variance de deux facteurs pour RA de *Q. faginea*.

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	80,23***
Colonnes	1	0,60NS
Interaction	2	144,61***

Pour la comparaison entre les deux régions, les calculs ont enregistré des résultats non significatifs.

Pour *Q. coccifera* ont noté une valeur de (10.85 ± 0.15) .

**Figure 17:** moyenne RA de trois espèces.

Concernant *Q. ilex* le diamètre du pétiole (DP) diffère entre les échantillons dans toutes les régions : Sétif, Constantine, Djelfa avec des valeurs $(1.07 \pm 0.02, 1.02 \pm 0.02, 1.08 \pm 0.01)$ respectivement, sauf les échantillons de Chélia sont non significatifs (p -value=0.3).

Tableau 8: Analyse de variance de deux facteurs pour DP de *Q. ilex*

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	1,32NS
Colonnes	3	1,19NS
Interaction	6	1,01NS

Pour la comparaison entre région présente dans le tableau, les échantillons ont démontré des résultats non significatifs.

Pour *Q. faginea* DP diffère entre les échantillons dans les deux régions : Chélia avec une valeur (1.1 ± 0.05), Yabous avec une valeur (1.09 ± 0.05).

Tableau 9: Analyse de variances de deux facteurs pour DP de *Q. Faginea*.

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	74,40***
Colonnes	1	15,36***
Interaction	2	68,72***

Pour la comparaison entre les deux régions présentent dans le tableau, les échantillons de Yabous ont démontré la plus haute valeur (1.09) ainsi que celle de Chélia ont enregistré la plus basse valeur avec (0.97).

Pour *Q. coccifera*, les échantillons de Chetaibi ont enregistré une valeur (0.9 ± 0.008).

Les conditions de milieu et les phénomènes d'hybridation sont les principaux facteurs qui influencent le diamètre du pétiole foliaire chez les différents espèces de genre *Quercus* (Lanier et al., 2022).

La longueur du limbe (LL) pour *Q. ilex* est diffère entre les échantillons dans toutes les régions : Batna, Sétif, Constantine et Djelfa avec des valeurs (33.93 ± 0.58 , 27.96 ± 0.50 , 28.87 ± 0.67 , 32.53 ± 0.50).

Tableau 10: Analyse de variance de deux facteurs pour LL de *Q. ilex*.

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	41,16***
Colonnes	3	33,33***
Interaction	6	25,22***

Pour la comparaison entre région présente dans le tableau, les échantillons de Chélia ont démontré la plus haute valeur avec (33.93), alors que celle de Sétif ont noté la plus basse valeur (26.97), CC et DS ont enregistré des valeurs intermédiaires.

Pour *Q. faginea* (LL) diffère entre les échantillons dans toutes les régions : Chélia et Yabous avec les valeurs (49.9 ± 0.63 et 48.42 ± 0.94).

Tableau 11: Analyse de variance de deux facteurs pour LL de *Q. Faginea*

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	88,41***
Colonnes	1	11,92***
Interaction	2	47,87***

Pour la comparaison entre région présente dans le tableau, les échantillons de Chélia ont démontré la plus haute valeur avec (52.97), alors que celle de Yabous ont enregistré la plus basse valeur (48.42).

Pour *Q. coccifera* les résultats de Chetaibi ont enregistré une valeur avec (34.51 ± 0.38).

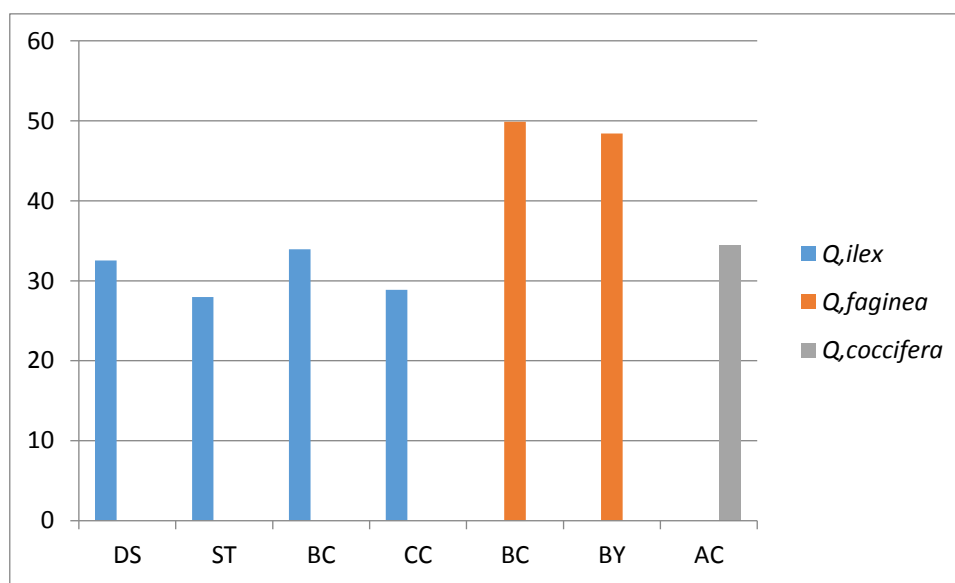


Figure 18: Moyenne LL de trois espèces.

Les températures plus élevées peuvent augmenter la longueur des feuilles, donc l'expansion des feuilles dépend principalement de la température (Fender et al., 2011).

L'intensité lumineuse, les conditions d'éclairage peuvent affecter le nombre de couches de cellules de la palissade et la forme de ces cellules, influencent ainsi la longueur des feuilles (Tsukaya, 2005).

Pour *Q. ilex* la longueur totale de feuille (LTF) diffère entre les échantillons dans toutes les régions : Batna, Sétif, Constantine et Djelfa avec des valeurs (40.02 ± 0.74 , 31.97 ± 0.65 , 34.53 ± 0.87 , 37.32 ± 0.52) respectivement.

Tableau 12: Analyse de variance de deux facteurs pour LTF de *Q. ilex*.

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	40,02***
Colonnes	3	42,91***
Interaction	6	30,94***

Pour la comparaison entre région présente dans le tableau, les échantillons de Chélia ont démontré la plus haute valeur avec (40.02) alors que celle de Sétif ont enregistré la plus basse valeur (30.77), les échantillons de Djelfa et Constantine ont démontré des valeurs intermédiaires.

Pour *Q. fagénea* (LTF) diffère entre les échantillons dans les deux régions: Chélia et Yabous avec des valeurs (58.31 ± 0.93 , 56.78 ± 0.1) respectivement.

Tableau 13: Analyse de variance de deux facteurs pour LTF de *Q. Faginea*.

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	117,66***
Colonnes	1	7,93***
Interaction	2	23,14***

Pour la comparaison entre les deux régions présentent dans le tableau, les échantillons de Chélia ont démontré la plus haute valeur avec (61.02), alors que celle de Yabous ont enregistré la plus basse valeur avec (56.78).

Pour *Q. coccifera*, les échantillons de Chetaibi ont enregistré une valeur avec (38.96 ± 0.43).

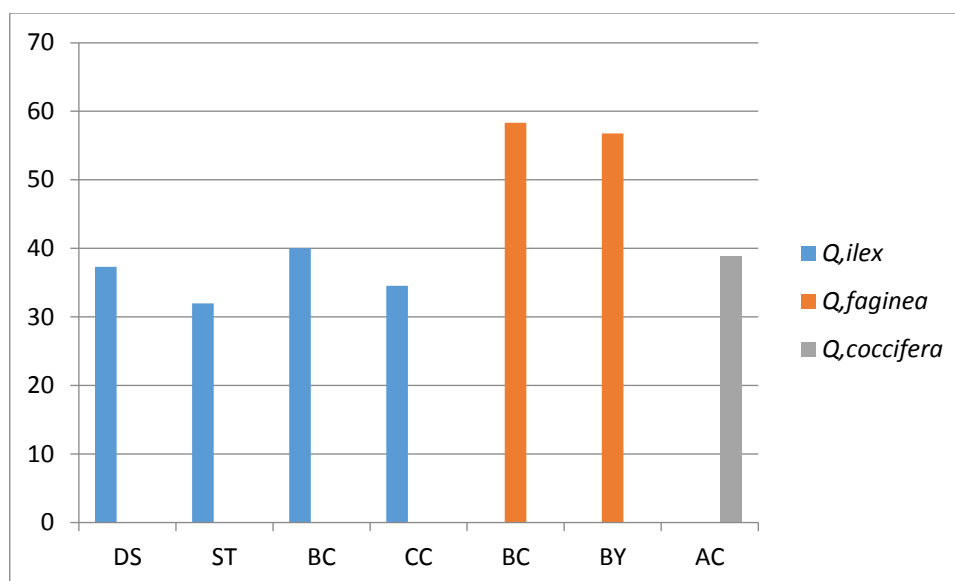


Figure 19: Moyenne de LTF de trois espèces.

La disponibilité d'eau, peut influencer la longueur des feuilles, les feuilles sont plus étroites pour résister à de fortes débits d'eau (pour réduire le perte d'eau du à l'évapotranspiration), et plus épaisses pour tolérer la dessiccation lors d'une exposition à un soleil intense (Tsukaya, 2005).

La disponibilité des nutriments peut également avoir un impact sur la longueur des feuilles (Duan et al., 2022).

Pour *Q. ilex* le largeur maximale du limbe (LML) diffère entre les échantillons dans toute les régions : Batna, Sétif, Constantine et Djelfa avec des valeurs (23.53 ± 0.47 , 16.41 ± 0.33 , 18.89 ± 0.53 , 21.75 ± 0.41) respectivement.

Tableau 14: Analyse de variance de deux facteurs pour LML de *Q. ilex*

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	21,26***
Colonnes	3	48,84***
Interaction	6	20,60***

Pour la comparaison entre région présente dans le tableau, les échantillons de Chélia ont démontré la plus haute valeur avec (23.53), alors que celle de Sétif ont enregistré la plus basse valeur (16.36). Djelfa Senlba et Constantine Chettaba ont démontré des valeurs intermédiaires (22.04 et 19.54).

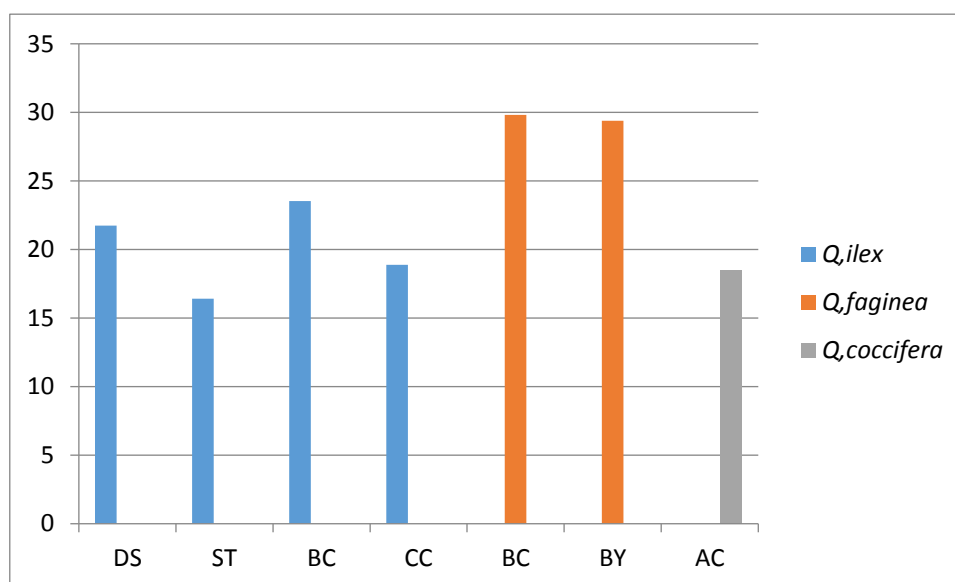
Pour *Q. faginea* LML diffère entre les échantillons dans toute région : Chélia et Yabous avec des valeurs (29.83 ± 0.42 et 29.4 ± 1.06).

Tableau 15: Analyse de variance de deux facteurs pour LML de *Q. Faginea*

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	73,89***
Colonnes	1	3,23NS
Interaction	2	20,98***

Pour la comparaison entre région présente dans le tableau, les calculs ont démontré des résultats non significatifs.

Pour *Q. coccifera*, les échantillons de Chetaibi ont enregistré une valeur avec (18.52 ± 0.22)

**Figure 20:** Moyenne LML de trois espèces.

Pour *Q. ilex* le largeur de feuille 1/3 basal de feuille (LFB) diffère entre les échantillons dans toutes les régions : Sétif, Djelfa et Constantine avec des valeurs (13.63 ± 0.24 , 18.73 ± 0.35 et 16.42 ± 0.48). Les échantillons de Chélia ont démontré une valeur non significative (P-value=0.34).

Tableau 16: analyse de variance de deux facteurs pour LFB de *Q. Ilex*

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	0,99NS
Colonnes	3	1,02NS
Interaction	6	0,99NS

Pour la comparaison entre région présente dans le tableau, ont enregistré des résultats non significatifs (p -value=0.38).

Pour *Q. faginea* (LFB) diffère entre les échantillons dans toute région : Chélia et Yabous avec des valeurs (23.12 ± 0.31 , 22.17 ± 0.69) respectivement.

Tableau 17: Analyse de variance de deux facteurs pour LFB de *Q. faginea*.

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	17,10***
Colonnes	1	6,17*
Interaction	2	7,80***

Pour la comparaison entre les deux régions, les échantillons de Chélia ont démontré la plus haute valeur avec (24.08) au temps que celle de Yabous ont enregistré la plus basse valeur avec (22.17).

Pour *Q. coccifera* les échantillons de Chetaibi ont enregistré une valeur avec (14.66 ± 0.18).

Pour *Q. ilex* le largueur de feuille 1/3 apicale de feuille (LFA) diffère entre les échantillons dans toutes les régions : Batna, Sétif, Constantine et Djelfa avec des valeurs (18.87 ± 0.48 , 12.58 ± 0.26 , 15.14 ± 1.05 , 18.48 ± 0.35) respectivement.

Tableau 18: Analyse de variance de deux facteurs pour LFA de *Q. ilex*.

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	1,15NS
Colonnes	3	13,63***
Interaction	6	10,59***

Pour la comparaison entre région présente dans le tableau, les échantillons de Chélia ont démontré la plus haute valeur avec (18.87) alors que celle de Sétif ont enregistré la plus basse valeur avec (13.08), DS et CC ont démontré des valeurs intermédiaires.

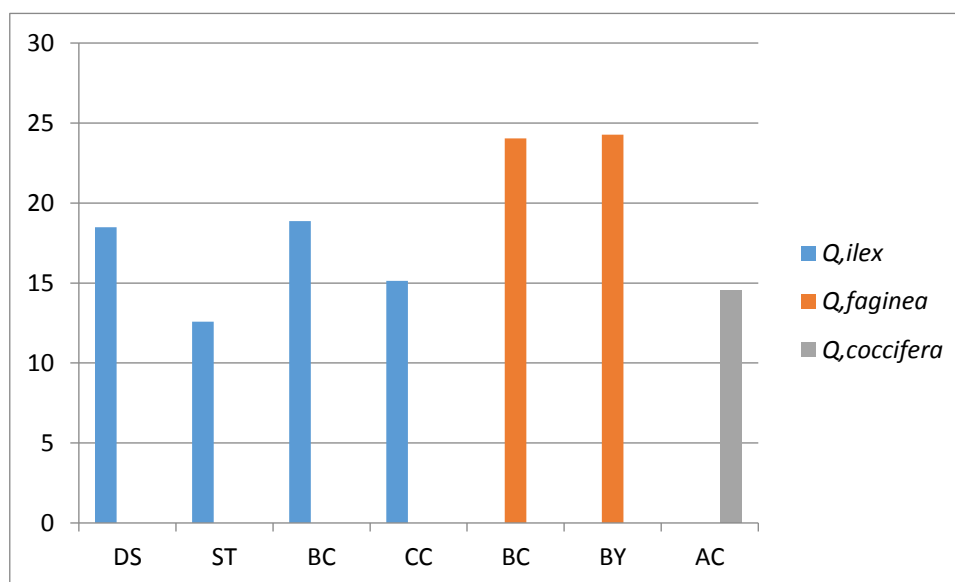
Pour *Q. faginea* (LFA) diffère entre les échantillons dans toute région : Yabous et Chélia avec des valeurs (24.27 ± 0.99 , 24.04 ± 0.33) respectivement.

Tableau 19: Analyse de variance de deux facteurs pour LFA de *Q. faginea*.

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	64,34***
Colonnes	1	2,41NS
Interaction	2	39,04***

Pour la comparaison entre région présente dans le tableau, les calculs ont démontré des résultats non significatifs.

Pour *Q. coccifera* les échantillons de Chetaibi ont enregistré une valeur avec (14.52±0.18)

**Figure 21:** Moyenne LFA de trois espèces.

Pour *Q. ilex* le nombre de nervures (NN) diffère entre les échantillons dans les régions : Djelfa, Sétif et Constantine avec des valeurs (13.41±0.17, 12.2±0.17, 12.2±0.17) respectivement, les résultats de Batna Chélia ont démontré une valeur non significative

(p -value =0.3).

Tableau 20: Analyse de variance de deux facteurs pour NN de *Q. Ilex*.

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	42,45***
Colonnes	3	17,97***
Interaction	6	15,90***

Pour la comparaison entre région présente dans le tableau, les échantillons de Djelfa Senlba ont enregistré la plus haute valeur (13.98), au temps que celle de Sétif ont démontré la plus basse valeur (11.88). Batna et Chettaba ont enregistré des valeurs intermédiaires.

Pour *Q. faginea* (NN) diffère entre les échantillons dans toute région : Chélia et Yabous avec des valeurs (17.57 ± 0.15 , 16.63 ± 0.27) respectivement.

Tableau 21: Analyse de variance de deux facteurs pour NN de *Q. faginea*

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	26,26***
Colonnes	1	20,89***
Interaction	2	13,87***

Pour la comparaison entre les deux régions, les échantillons de Yabous ont démontré la plus haute valeur avec (16.63) alors que celle de Chélia ont enregistré la plus basse valeur (15.4).

Pour *Q. coccifera*, les échantillons de Chetaibi ont démontré une valeur avec (14.4 ± 0.15).

La taille des feuilles, qui est corrélée au nombre de nervures, constitue un indicateur écologique et climatique, les niveaux et la distribution de l'auxine peuvent également avoir un impact sur la formation des nervures secondaires (**Perico et al., 2022**), le moment et l'orientation des divisions cellulaires au cours du développement des feuilles peuvent influencer la formation de nervures secondaires (**Perico et al., 2022**).

Pour *Q. ilex* le nombre des épines (NÉ) diffère entre les échantillons dans toutes les régions : Djelfa, Batna, Sétif et Constantine avec des valeurs (11.26 ± 0.42 , 10.3 ± 0.48 , 5.7 ± 0.48 et 2.6 ± 0.42).

Tableau 22: Analyse de variance de deux facteurs pour NÉ de *Q. Ilex*.

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	16,24***
Colonnes	3	89,53***
Interaction	6	27,85***

Pour la comparaison entre région présente dans le tableau, les échantillons de Djelfa ont démontré la plus haute valeur avec (11.05), alors que celle de Chettaba ont enregistré la plus basse valeur (2.25). Batna et Sétif ont démontré des valeurs intermédiaires.

Pour *Q. faginea* (NÉ) diffère entre les échantillons dans toute région : Chélia et Yabous avec des valeurs : (17.07±0.17, 15.3±0.04) respectivement.

Tableau 23: Analyse de variance de deux facteurs pour NÉ de *Q. faginea*.

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	6,88**
Colonnes	1	2,20NS
Interaction	2	12,24***

Pour la comparaison entre les deux régions, les calculs ont démontré des résultats non significatifs.

Pour *Q. coccifera* les échantillons de Chetaibi ont démontré une valeur avec (15.33±0.25).

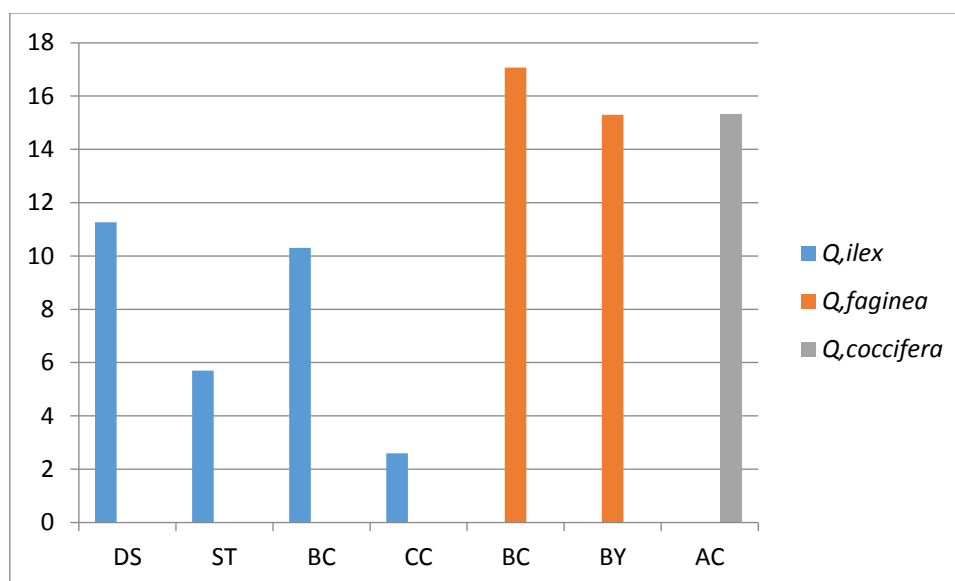


Figure 22: Moyenne NÉ de trois espèces.

La température élevée peut accélère la croissance des épines, tandis qu'une température basse peut ralentir leur développement (Alexander, 2017), les conditions sèches à un influence positive sur les épines, car les plantes xérophiiles développent des épines pour réduire le perte d'eau par transpiration (Quézel, 1966).

Les rayonnements solaires, les plantes exposées à des rayons solaires intense peuvent développer des épines pour protéger leur feuille de la chaleur et de la radiation UV (Al Naser, 2018). Les facteurs biotiques, la présence de pollinisateurs et d'autres visiteurs peut influencer la qualité de grains produites, ce qui peut à son tour affecter le nombre d'épines, aussi que les variations climatiques (Al Naser, 2018).

Pour *Q. ilex* la hauteur de largueur maximale de feuille (HLM) diffère entre les échantillons dans toutes les régions : Batna, Djelfa, Sétif et Constantine avec des valeurs (21.83 ± 0.64 , 21.61 ± 0.37 , 17.45 ± 0.41 , 18.62 ± 0.42) respectivement.

Tableau 24: Analyse de variance de deux facteurs pour HLM de *Q. Ilex*.

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	24,61***
Colonnes	3	26,30***
Interaction	6	36,20***

Pour la comparaison entre région présente dans le tableau, les échantillons de Chélia ont démontré la plus haute valeur avec (21.84), alors que celle de Sétif ont enregistré la plus basse valeur avec (17.51), DS et CC ont enregistré des valeurs intermédiaires (21.5 et 18.87).

Pour *Q. faginea* (HLM) diffère entre les échantillons dans toute région : Chélia et Yabous avec des valeurs : $(35.56 \pm 0.6, 34.81 \pm 1.24)$ respectivement.

Tableau 25: Analyse de variance de deux facteurs pour HLM de *Q. faginea*.

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	95,14***
Colonnes	1	3,11NS
Interaction	2	5,95**

Pour la comparaison entre les deux régions présentent dans le tableau, les calculs ont démontré des résultats non significatifs.

Pour *Q. coccifera*, les échantillons de Chetaibi ont démontré une valeur de (22.07 ± 0.28) .

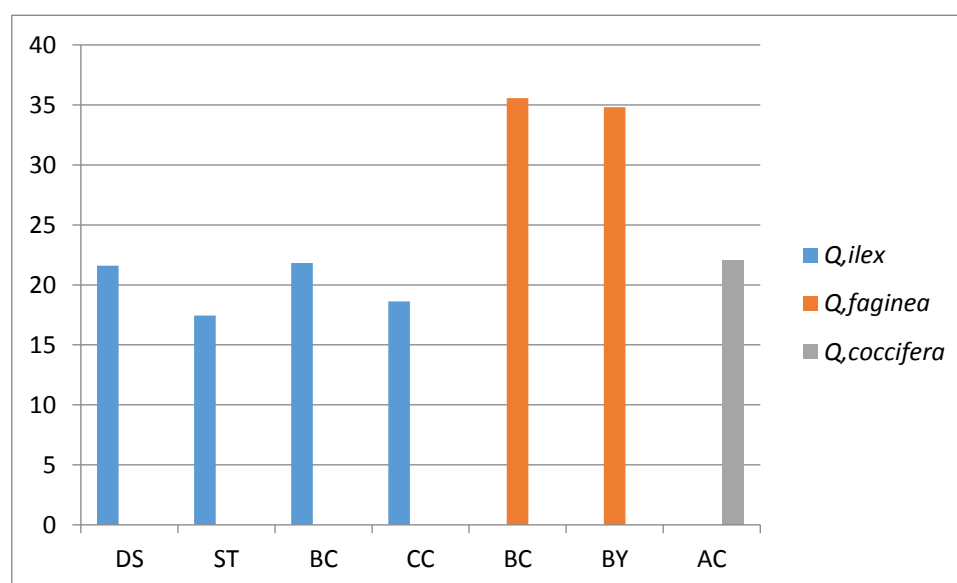


Figure 23: Moyenne HLM de trois espèces.

Pour *Q. ilex* la longueur de limbe de la partie apicale à la partie la plus large (LLL), les échantillons dans toutes les régions : Batna, Djelfa, Sétif et Constantine avec des valeurs : $(18.39 \pm 0.52, 15.68 \pm 0.34, 14.65 \pm 0.44$ et $15.94 \pm 0.52)$ respectivement.

Tableau 26: Analyse de variance de deux facteurs pour LLL de *Q. Ilex*.

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	23,15***
Colonnes	3	19,36***
Interaction	6	7,34***

Pour la comparaison entre région présente dans le tableau, les échantillons de Chélia ont démontré la plus haute valeur avec (18.39 ± 0.52) alors que celle de Sétif ont enregistré la plus basse valeur avec (14.65 ± 0.44), DS et CC ont démontré des valeurs intermédiaires.

Pour *Q. faginea* (LLL) diffère entre les échantillons dans toute régions : Chélia et Yabous avec des valeurs (22.63 ± 0.43 , 21.98 ± 0.6) respectivement.

Tableau 27: Analyse de variance de deux facteurs pour LLL de *Q. faginea*

Source des variations	Degré de liberté	F
Échantillon	2	24,28***
Colonnes	1	3,31NS
Interaction	2	16,64***

Pour la comparaison entre les deux régions présentent dans le tableau, les calculs ont démontré des résultats non significatifs.

Pour *Q. coccifera* les échantillons de Chettaibi ont démontré une valeur avec (16.81 ± 0.24).

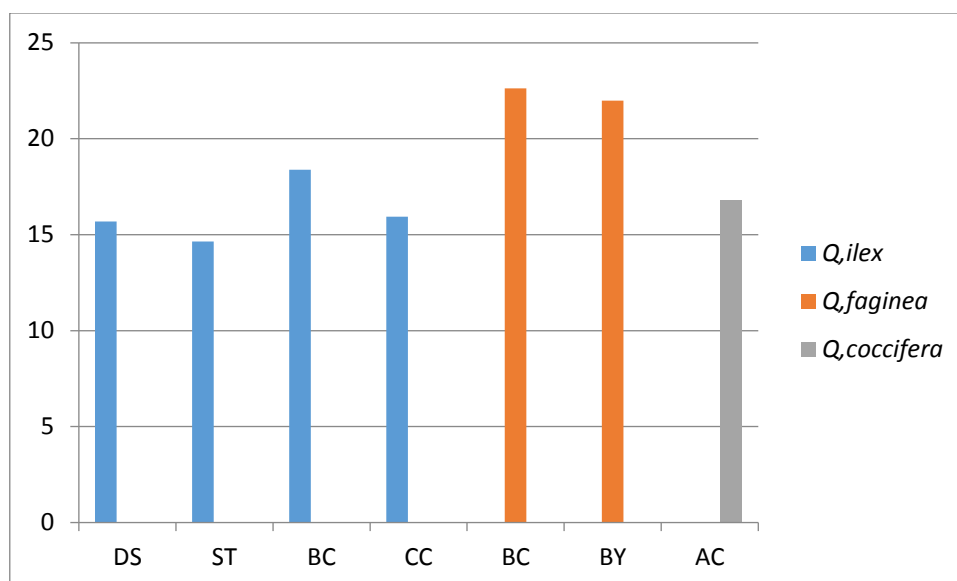


Figure 24: Moyenne LLL de trois espèces.

En générale, les populations situés dans des conditions favorables portent des arbres avec des feuilles bien développés (Aissi,2020).

L'allofécondation garantit un brassage génétique à chaque génération, favorisant ainsi la diversité génétique et la variabilité des populations végétales (Laurent,2017).

Pour *Q. ilex* DP et LFB, pour *Q. faginea* LFA, LML, NÉ, LLL, LP, RA et HLM ont démontré des résultats non significatifs, cela explique que le climat n'a pas affecté cela paramètre.

II. Le Taux de la Chlorophylle

Les mesures de la chlorophylle a et b selon les formules données nous a donné les résultats montrés dans le tableau suivants :

Tableau 28: Moyenne de la Chlorophylle de *Q. rotundifolia* dans deux régions différentes

Pigment	<i>Q. rotundifolia</i>	Moyenne ±ES
Chl a	BB	2,00±0,20
	CC	1,17±0,59
Chl b	BB	2,50±0,43
	CC	1,10±0,20

BB : Batna Belezma, CC : Constantine chettaba

Nos résultats montrent que le taux de la chlorophylle (a) est plus important dans la région de Batna (Belezma), elle représente (2.00 ± 0.20) alors qu'elle est faible dans la région de chettaba en Constantine avec une valeur (1.17 ± 0.59)

La chlorophylle (b) est plus importante dans la région de Batna, elle représente (2.50 ± 0.43)

Alors qu'elle est faible dans la région de chettaba en Constantine avec une valeur (1.10 ± 0.20).

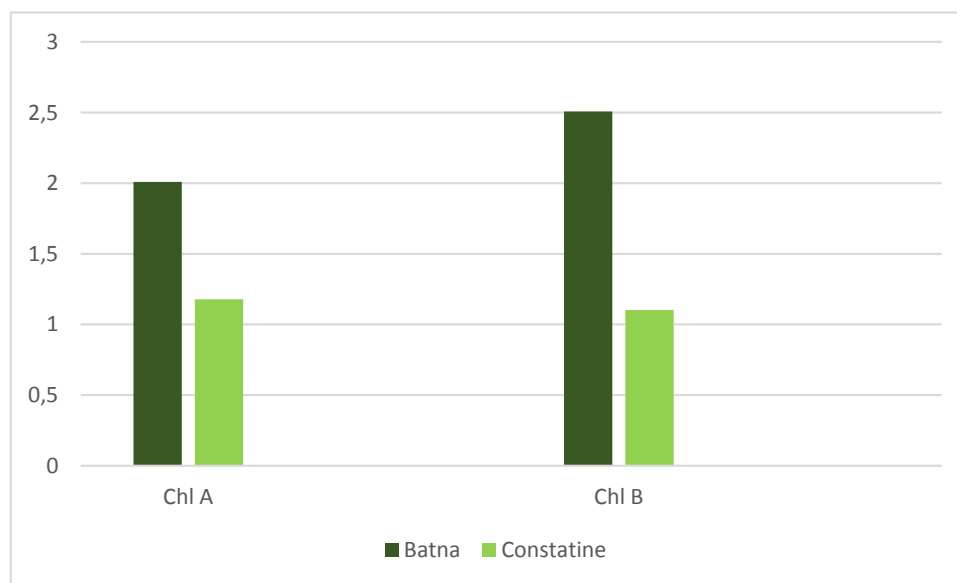


Figure 25: Le taux de la Chlorophylle de *Q. rotundifolia*.

Il ya un lien étroit entre la teneur en Chl, la température de l'air et les précipitations (**Gratani et al., 1998**).

La baisse de la concentration en pigments chlorophylliens est probablement causée par la fermeture partielle des stomates, due à la diminution du potentiel hydrique du sol, ou par la formation d'une enzyme protéolytique (chlorophyllase), responsable de la dégradation de la chlorophylle (**Fahmi et al., 2011**).

De même la quantité de lumière solaire reçue par les feuilles affecte la quantité de chlorophylle produite. Plus la luminosité est élevée, plus la chlorophylle est produite (**Andrieu et al., 1992**).

La position des feuilles sur la plante peut également influencer la quantité de chlorophylle. Les feuilles situées en plein soleil peuvent avoir plus de chlorophylle que celles situées dans l'ombre (**Bouzidi, 2019**).

Hydricité, La disponibilité de l'eau influence la photosynthèse et la production de chlorophylle. Les plantes qui reçoivent suffisamment d'eau peuvent produire plus de chlorophylle que celles soumises à des conditions de sécheresse (**Andrieu et al., 1992**).

La disponibilité de nutriments essentiels tels que l'azote, le phosphore et le potassium influence la production de chlorophylle. Les plantes qui reçoivent des quantités suffisantes de ces nutriments peuvent produire plus de chlorophylle (**Sumanta et al., 2014**).

Conclusion

Conclusion

Notre étude a mis en évidence des différences morphologiques concernant les feuilles du chêne entre les différentes régions bioclimatiques en Algérie. Les paramètres étudiés ont montré une grande diversité au sein et entre les zones étudiées. Les arbres situés dans des conditions défavorables portent des feuilles moins développées, et le *Quercus ilex* à Djelfa en représente l'exemple le plus remarquable. Les échantillons de Djelfa ont des feuilles plus épineuses à cause de la sécheresse et du climat aride, ce caractère étant une adaptation à l'environnement. Par contre, les arbres situés dans des conditions favorables portent des feuilles plus développées, tels que le *Quercus faginea* à Chélia, dont les feuilles présentent les plus grandes valeurs dans toutes les caractéristiques morphologiques. Ainsi, la pluviométrie, la température, la disponibilité en eau, les nutriments et la lumière sont les facteurs qui influencent la morphologie foliaire.

Nos résultats concernant les teneurs en chlorophylle a et b ont montré une différence significative entre les deux régions étudiées, la valeur la plus élevée de chlorophylle a et b se trouvant dans la région de Batna. Cette diversité est probablement causée par des variations génétiques et/ou des conditions environnementales des zones de prélèvements. Ce polymorphisme est particulièrement important chez les plantes, car leur mode de vie demande une certaine flexibilité par rapport aux variations des conditions ambiantes et aux variations de l'environnement.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abidin, Z. Z., Mohamad, W. N., & Samadi, M. (2016). MALAYSIAN JOURNAL OF ANALYTICAL SCIENCES OPTIMIZATION OF CHLOROPHYLL EXTRACTION FROM *Gynura procumbens*. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 20(6), 1421–1428. <http://dx.doi.org/10.17576/mjas-2016-2006-22>
- Achhal A., Barbero M., Benabid A., Mhirit O., Peyere C., Quézel P. & Rivas-Martinez S., 1980. A propos de la valeur bioclimatique et dynamique de quelques essences forestières du Maroc. *Ecologia mediterranea*, 5 : p 211-249.
- Aissi, A (2019). Le chêne zéen à petites feuilles (*Quercus faginea Lam.*) dans L'Aurès : cartographie, écologie et taxinomie : Gestion des écosystèmes forestiers. Batna : Université Batna 1 Hadj Lakhdar, (16-25p)
- Al Naser, O (2018). Effet des conditions environnementales sur les caractéristiques morpho-physiologique et la teneur en métabolites secondaires chez *Inula montana* : Biologie et Ecophysiologie végétale. la France : Université d'Avignon.
- Alarcón-Gutiérrez, E., Floch, C., Augur, C., Petit, J. Le, Ziarelli, F., & Criquet, S. (2009). Spatial variations of chemical composition, microbial functional diversity, and enzyme activities in a Mediterranean litter (*Quercus ilex L.*) profile. *Pedobiologia*, 52(6), 387–399. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2009.01.002>
- Alexander J., Barrios R (2017). Influence des variations des facteurs environnementaux sur la croissance de poissons de l'Atlantique : biologie et agronomie. Bretagne: Bretagne : Université Bretagne loire.
- Amaral Franco, J. (1990) *Quercus L.* In: In : Castroviejo S., Laínz M., López G.G., Montserrat P., Muñoz G.F., Paiva J., Villar L. (eds) *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares [Plantes vasculaires de la Péninsule ibérique et des îles Baléares]*. Vol. II. *Platanaceae - Plumbaginaceae (partim)*. Real Jardín Botánico, CSIC : CSIC : 15-36. Madrid, España [En espagnol].
- Amat J. P., Dorize L., Le coeur C., 2008. *Eléments de géographie physique. Cours, documents, travaux dirigés*. Ed. Bréal, France. Pp 1-463.

- Andrieu, B., Kiriakos, S., & Jaggard, K. (1992). Estimation de la concentration en chlorophylles de feuilles par mesure de leur réflectance ou par analyse numérique de photographies prises au laboratoire. *Agronomie*, 12(6), 477–485. <https://doi.org/10.1051/agro:19920606>
- Anonyme 1 : <https://biologievegetale.be/wp-content/uploads/2019/08/La-feuille.gif>.
- Bainbridge, D. A. Bainbridge, « Acorns as food: history, use, recipes, and bibliography », Calif USA Sierra Nat. Prints, 2001.
- Barbero M., Loisel R. & Quézel P., 1992. Biogeography, ecology and history of Mediterranean *Quercus ilex* ecosystems. *Vegetation*, 99-100: 19-34.
- Benharkat, S., & Rouag-Saffidine, D. (2016). Approche adaptative du confort thermique dans les espaces d'enseignement universitaires à Constantine Approche adaptative du confort thermique dans les espaces d'enseignement universitaire à Constantine (Algérie). *Pages*, 19, 28.
- Bouazza, N (2021). Analyse de la diversité phytoécologique de chêne zéen (*Quercus faginea* subsp. *Tlemcenensis* (DC.) : cas de la réserve de Moutas (Tlemcen, Algérie occidentale) : Biodiversité et écologie végétale. Sidi bel Abbas : Université Djillali liabes,(18p)
- Bouzidi, I (2019). Comparaison entre la mesure du taux de la chlorophylle et le dosage de sa teneur par spectrophotométrie : comparaison évolutive de la sénescence de quelques variétés de blé dur (*triticum durum* Desf.) : Biotechnologie et génomique végétale. Constantine : Université des frères Mentouri, (11-12p)
- Capelo, J., et Costa, J.C. 2005. *Quercus rivasmartinezii*, uma espécie autónoma de carvalho, endémica de Portugal. [*Quercus rivasmartinezii*, une espèce autonome de chêne, endémique du Portugal]. *Silva Lusit.* 13(2): 268-269 [En Portugais].
- Chebini D., Driche C (2019). Contribution à l'étude des propriétés physico-chimique, antioxydantes et fonctionnelles des farines du fruit de chêne (*Quercus rotundifolia*) et de la châtaigne (*castanea sativa*) : Agro-alimentaire et contrôle de qualité. Tizi ouzou : Université Mouloud Mammeri.
- Chene, D. U., Uercus, V. Q., Dans, I. L., Region, L. A., Aint, P. I. C. S., Erault, O. U. P. H., & Rance, F. (2019). *L -? -? l (q l.) p s -l (h , f) . 2007.*

- Djenba, S. (2015). *Influence Des Parametres : Geologique, Geomorphologique Et Hydrogeologique Sur Le Comportement Mecanique Des Sols De La Wilaya De Setif*. 201.
- Duan, X., Jia, Z., Li, J., & Wu, S. (2022). The influencing factors of leaf functional traits variation of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. *Global Ecology and Conservation*, 38(April), e02177. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02177>
- Enkhbat, G., Ryan, M. H., Nichols, P. G. H., Foster, K. J., Inukai, Y., & Erskine, W. (2022). Petiole length reduction is an indicator of waterlogging stress for *Trifolium subterraneum* ssp. *yanninicum*. *Plant and Soil*, 475(1–2), 645–667. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05404-6>
- Fahmi, F., Tahrouch, S., Bouzoubâa, Z., & Hatimi, A. (2011). Effet de l'aridité sur la biochimie et la physiologie d'*argania spinosa*. *Actes Du Premier Congrès International de l'Arganier*, 299–208.
- Féret, J (2009). Apport de la modélisation pour l'estimation de la teneur en pigments foliaires par télédétection : mesures physique en télédétection.la France : l'université Pierre et Marie curie, (6-7p).
- Fernández i Marti, A., Romero-Rodríguez, C., Navarro-Cerrillo, R. M., Abril, N., Jorrín-Novo, J. V., & Dodd, R. S. (2018). Population genetic diversity of *Quercus ilex* subsp. *ballota* (Desf.) samp. reveals divergence in recent and evolutionary migration rates in the spanish dehesas. *Forests*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/f9060337>
- Galston A.W. (1994). Life processes of plants, New York, Scientific American Library. 246 pp.
- Guo W.H., Li B., Zhang X.S. & Wang R.Q. (2007). Architectural plasticity and growth responses of *Hippophae rhamnoides* and *Caragana intermedia* seedlings to simulated water stress. *Journal of Arid Environments*, 69 :69: 385-399.
- Hoeche, U., Kelly, A., et Noci, F. « Acorn: Staple Food from the Past or Novel Food for the Future? an Investigation into the Desirability and Acceptability of AcornA corn Flour Products », in Dublin Gastronomy Symposium 2014, 2014, p. 1-14.
- Karsenty, and Anne-Marie Tiani ed. London: London: Earthscan, 335–353. -Taibi, A (2012). Contribution à une étude descriptive des peuplements à chêne zéen (*Quercus faginea lamk*)

- dans les forêts de zariffet et Hafir (Wilaya de Tlemcen) : science agronomique et forestières. Tlemcen : Université Abou Bakr Belkaid.
- Koussa, M., & Bouziane, T. (2018). Apport du Sig à la cartographie des zones a risque d'érosion hydrique dans la région de Djelfa, Algerie. *Lebanese Science Journal*, 19(1), 31–46.
- Kremer, Petit, R. J., et Ducouso, A. (2002). Biologie évolutive et diversité génétique des chenes sessile et pédonculé. Biologie.
- Lanier, L., Keller, R., Kremer, A., Lanier, L., Keller, R., Kremer, A., Chêne, L., & Revue, F. (2022). *Le Chêne rouge (Quercus rubra L.) en France To cite this version : HAL Id : hal-02731874*. 32(5), 419–451.
- Lassoued, R., Benahmed, W. N., Benhmed, A., Ferhi, M., Abderrabba, M., & Mejri, J. (2023). Physicochemical, morphological and functional characteristics of starch isolated from *Quercus ilex* and *Quercus coccifera*. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 35(12), 1–8. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2023.3185>
- Laurent, B (2016). Base génétique et potentiel d'évolution de la pathogénicité de *fusarium graminearum*, bio-agresseur fongique des céréales : Microbiologie et Immunologie. France: France: université de Bordeaux.
- Li, J., & Olevano, V. (2022). Bethe-Salpeter equation insights into the photo-absorption function and exciton structure of chlorophyll a and b in light-harvesting complex II. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 232(1). <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2022.112475>
- Lichtenthaler H.K. (1987). “Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes”, *Methods in Enzymology*, 148:350-382.
- Lichtenthaler H.K. et Buschmann C. (2001). Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy, In *Current protocols in food analytical chemistry*. Wiley, New York, pp F4.3.1–F4.3.8
- Loisel, R., 1967– Contribution à l'étude biologique des Pins de Basse-Provence.

- López González, G.A. (2001) Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares [Les arbres et les arbustes de la Péninsule ibérique et des îles Baléares]. Tomo I. MundiPrensa, Madrid [En espagnol].
- Mahmoud, C (2011). Contribution à l'étude de la composition chimique et étude de propriétés phytochimique et nutritionnelles des lipides des fruits de pistacia lentiscus et du Quercus : chimie organique appliquée. Ouargla : Université Kasdi Merbah.
- MEDJMADJ, A. (2014). Biologie des chênes Algériens. CONSTANTINE, Ecologie et Environnement, Algérien.
- Mickaël, H., Michaël, A., Fabrice, B., Pierre, M., & Thibaud, D. (2007). Soil detritivore macro-invertebrate assemblages throughout a managed beech rotation. *Annals of Forest Science*, 64(January), 219–228. <https://doi.org/10.1051/forest>
- Mossa, L., Bacchetta, G., et Brullo, S. 1999. Quercus ichnusae (Fagaceae), a new species from Sardinia. *Isr. J. Plant Sci.* 47(3): 199-207. doi:10.1080/07929978.1999.10676774
- Ngcobo, S., Bada, S. O., Ukpong, A. M., & Risenga, I. (2024). Optimal chlorophyll extraction conditions and postharvest stability in Moringa (M. Oleifera) leaves. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 18(3), 1611–1626. <https://doi.org/10.1007/s11694-023-02271-2>
- Nguyen, D., Pham, T. V., Kim, E., Chen, Y. H., Wang, Y., & Kromrey, J. D. (2019). Empirical Comparison of Tests for One-Factor ANOVA Under Heterogeneity and Non-Normality: A Monte Carlo Study. In *Journal of Modern Applied Statistical Methods* (Vol. 18, Issue 2). <https://doi.org/10.22237/jmasm/1604190000>
- Quercus spp. Fruits : review on nutritional and phytochemical composition and
Quercus spp. Fruits : review on nutritional and phytochemical composition and
- Quézel, P. (1966). A propos des xérophytes épineux en coussinet. *Bulletin de La Societe Botanique de France*, 113(1966), 109–120. <https://doi.org/10.1080/00378941.1966.10838478>
- Rameau J. C., Mansion D., Dume G., Timbal J., Lecointe A., Dupont P., Keller R. 1989. Flore forestière française : Guide écologique illustré. Ed. Institut pour le développement forestier, Paris. Pp 1-1792.

- related biological activities of acorns. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Technology*, 15(6), 947-981.
- related biological activities of acorns. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Technology*, 15(6), 947-981.
- Roda J.M., 2009 – On the nature of intergenerational and social networks in the African forest sector: the case of Chinese, Lebanese, Indian and Italian business networks in Governing Africa's forests in a globalized world. Laura A. German, Alain.
- Safety, 15(6), 947-981
- Safety, 15(6), 947-981.
- Song, Y., Deng, M., Hipp, A. L., & Li, Q. (2015). Leaf morphological evidence of natural hybridization between two oak species (*Quercus austrocochinchinensis* and *Q. kerrii*) and its implications for conservation management. *European Journal of Forest Research*, 134(1), 139–151. <https://doi.org/10.1007/s10342-014-0839-x>
- Sumanta, N., Haque, C. I., Nishika, J., & Suprakash, R. (2014). Spectrophotometric Analysis of Chlorophylls and Carotenoids from Commonly Grown Fern Species by Using Various Extracting Solvents. *Research Journal of Chemical Sciences Res. J. Chem. Sci*, 4(9), 2231–2606.
- TAFER, M., SLIMANI, S., KHERCHOUCHE, D., BEKDOUCHE, F., & MESSAOUDENE, M. (2022). Événements climatiques extrêmes et croissance radiale de *Cedrus atlantica* (Manetti) dans les massifs du Belezma et du Chélia (Algérie). *Bois & Forêts Des Tropiques*, 350, 43–56. <https://doi.org/10.19182/bft2021.350.a36298>
- Taib, M., Rezzak, Y., Bouyazza, L., et Lyoussi, B. « Medicinal Uses, Phytochemistry, and Pharmacological Activities of *Quercus* Species », *Evid. Based Complement. Alternat. Med.*, vol. 2020, p. e1920683, juill. 2020, doi: 10.1155/2020/1920683. 2220.
- Taibi, A (2012). Contribution à une étude descriptive des peuplements à chêne zéen (*Quercus faginea lamk*) dans les forêts de zariffet et Hafir (Wilaya de Tlemcen) : science agronomique et forestières. Tlemcen : Université Abou Bakr Belkaid.
- Tair, I (2016). Adaptation du chêne kermès à la contrainte thermique par les marqueurs biochimiques : Ecologie et environnement. Constantine : Université des Frères Mentouri, (3p)

Tebbani, H., & Bouchahm, Y. (2016). Caractérisation du confort thermique dans les espaces extérieurs : Cas de la ville d'Annaba. *Nature & Technology*, 15, 14–25. https://www.univ-chlef.dz/Revuenatec/issue-15/Article_C/C_Article391.pdf

Thèse de spécialité, Fac. Sci. Marseille, St– Jérôme, 118p.

Traiser C., Klotz S., Uhl D. & Mosbrugger V. (2005). Environmental signals from leaves -a physiognomic analysis of European vegetation. *New Phytologist*, 166 (2) : 465-484.

Tsukaya, H. (2005). Leaf shape: Genetic controls and environmental factors. *International Journal of Developmental Biology*, 49(5–6), 547–555. <https://doi.org/10.1387/ijdb.041921ht>

Villar, E. (2020). *dD ' eucalyptus sous contrainte hydrique au champ*.

Vinha, A. F., Barreira, J. C., Costa, A. S., & Oliveira, M. B. P. (2016). A new age for

Vinha, A. F., Barreira, J. C., Costa, A. S., & Oliveira, M. B. P. (2016). A new age for

Yacine, A., & Lumaret, R. (1988). Distribution spatiale des génotypes dans une population de chêne vert (*Quercus ilex* L.), flux génique et régime de reproduction. *Genetics Selection Evolution*, 20(2), 181. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-20-2-181>