



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la
Recherche Scientifique



Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de
l'Univers
Département d'Ecologie et Environnement

MEMOIRE

Présenté par :

Zahaf Zine Eddine

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE

Master en biologie

Spécialité : Ecologie et environnement

THEME :

**Contribution à l'étude de la variabilité morphologiques et
anatomiques des subéraies de la région ouest algérienne
(cas des forêts de Nesmoth wilaya de Mascara, M'Sila
wilaya d'Oran et Hafir wilaya de Tlemcen)**

Devant le jury composé de :

Président : M. Terasse M

MCB

Promotrice : Mme. Souidi Z

MCA

Examineurs : M. Keffifa A

MCB

Invité : Mme. Fadlah M

MAA

2013-2014

Dédicace

Je dédie ce travail :

A

Ma défunte grande mère, que dieu l'*accueille dans son vaste paradis*

Mes parents qui ont tout fait pour que je réussisse, ma mère et mon père que
Dieu le tout puissant les gardes

Mes complices

Mes sœurs Kheira, Amina et Fatiha

Atika HANIFI

Toute les familles Zahaf, Benaouda, Zerou Betchime, Bezenati, Sassi, Bouteldja,
Grini et Aissi

A tous mes amis(es) surtout Hachemi, Fouad, Oussama, Mohamed, Ali, Bachir,
Mohamed, Abbas, Souhila et toute la promotion biologie *de l'université de*
Saida

Zine Eddine ZAHAF

REMERCIEMENTS

La première personne que je tien a remercié est mon encadreur *Mme. Souidi Z*, pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitués un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené à bon port. *Qu'elle* trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.

Mes vifs remerciements vont également à M. Labani, M. Hasnaoui, M. Sitayeb, M. Borsali, M. Menade, chargés des cours au département de biologie de l'université de Saida, à M. Hamimed, M. Djilali et tout le staff du laboratoire de recherches sur les systèmes biologiques et géomatiques, M. Larbi, Mme. Fadlah chargé des cours à université de Mascara.

J'adresse mes sincères remerciements à M. Terasse qui *m'a* fait le grand honneur d'accepter la présidence du jury et mon entière gratitude à M. Keffifa, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie très chaleureusement M. Moumenine et M. Sadat de la conservation des forêts de Mascara, M. Khenfar, M. Zenati et M. Mendas de la circonscription des forêts de Tighennif et Monsieur Badaoui et Moussa de la conservation des forêts de Tlemcen.

Mes remerciements vont à tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Table des matières

Introduction général	01
Partie 01 : Recherche bibliographique	
Chapitre I : Présentation du chêne liège	
I.1. Introduction	03
I.2. Origine du chêne liège.....	03
I.3. Systématique.....	03
I.4. Répartition géographiques du chêne liège	04
I.4.1. Dans le monde	04
I.4.2. En Algérie	05
I.4.2.1. Les subéraies oranaises	06
I.4.2.2. Les subéraie littorales.....	07
I.4.2.3. Les subéraies de Montagne	08
I.5. Evolution du chêne liège	09
I.6. Caractères botaniques et forestiers du chêne liège	10
I.6.1. Caractères botaniques du chêne liège	10
I.6.1.1. Les feuilles	10
I.6.1.2. Le fruit	11
I.6.1.3. Les rameaux	11
I.6.1.4. Les fleurs	11
I.6.1.5. Bourgeons	11
I.6.1.6. Le bois	12
I.6.1.7. Ecorce	12
I.6.1.8. Polymorphisme	13
I.7. Les caractères forestiers du chêne liège	13
I.7.1. Port	13
I.7.2. Tronc	13
I.7.3. La cime	13
I.7.4. Le couvert	13
I.7.5. Enracinement	14
I.7.6. Longévité	14
I.7.7. Tempérament du chêne liège	14
I.7.8. Régénération du chêne liège	14
I.7.8.1. Régénération naturelle	14
I.7.8.2. Régénération artificiel	15
I.9. Ecologie du chêne liège	16
I.9.1. Altitude	16
I.9.2. Les conditions climatiques	16
I.9.3. Les exigences édaphiques	17
I.10. Association et sous-bois	17
I.11. Traitements sylvicoles	18
I.12. Importance économiques du chêne liège	19
I.12.1. Production du liège	20

I.12.1.1. Production mondiale	20
I.12.1.2. La production en Algérie	21
I.13. Les ennemies du chêne liège	21
I.13.1. Maladie, parasites et dégât sur le chêne liège	21
I.13.1.1. Champignons	21
I.13.1.2. Insectes	22
I.13.2. Les incendie	23

Chapitre II : Aperçu sur les caractères morphologiques et anatomiques des arbres

II.1. Introduction	24
II.2. Caractéristiques externes des feuilles	24
II.2.1. Généralités.....	24
II.2.1.1. Définition	24
II.2.1.2 Morphologie	24
II.2.1.3. Modification de la feuille	25
II.2.1.3.1. Le limbe	25
II.2.1.3.2. Le pétiole	25
II.2.1.3.4. Nervation	25
II.2.2. Critères de description	25
II.2.3. Composition	26
II.2.4. Formes.....	26
II.2.5. Phyllotaxie	27
II.2.5.1. feuille isolées	27
II.2.5.2. Feuilles insérées par deux	27
II.2.6. Durée de vie des feuilles	28
II.2.7. Les poils des feuilles	28
II.3. Particularités internes des feuilles	28
II.3.1. Anatomie de la feuille	28
II.4. Considérations générales sur les stomates	28
II.4.1. Constitution du stomate	28
II.4.2. Répartition des stomates	30
II.4.3. Mouvement des stomates	31
II.4.4 Mécanisme d'ouvertures des stomates	32
II.4.4.1. Mécanisme de l'ouverture	32
II.5. Fonctionnement stomatique	32
II.6. Influence des facteurs externes et des facteurs internes sur les mouvements stomatiques	32
II.6.1. Facteurs externes	33
II.6.1.1. Photonastie	33
II.6.1.2. Thermonastie	33

II.6.1.3. Chimionastie	34
II.6.1.4. Hydronastie	34
II.6.1.5. La composition minérale du milieu nutritif	34
II.6.2. Les facteurs internes	35
II.6.2.1. L'acide abscisique	35
II.6.2.2. Autres hormones	35
II.7. Rôle des stomates	35
II.7.1. La photosynthèse	35
II.7.2. La transpiration stomatique	36
II.7.2.1. Facteurs qui influençant la transpiration	37
II.7.2.2. Les échanges gazeux	38
II.8. La feuille du chêne liège	38

Partie 02 : Etudes morphologiques et anatomiques des subéraies
Chapitre I : Matériel et méthode

I.1 Présentation des stations d'études	40
I.2. Caractéristiques des stations d'études	40
I.2.1. Situation géographique	40
I.2.2. Situation juridique et administrative	42
I.2.3. Délimitation forestière	42
I.2.4. Equipement forestier	42
I.2.5. Caractéristiques physiques	43
I.2.6. La pente	43
I.2.6. Etude de la végétation	44
I.3. Caractéristiques climatiques	45
I.3.1. Choix des données des stations météorologiques	46
I.3.2. Les facteurs climatiques	46
I.3.2.1. Les facteurs hydriques	46
I.3.2.2. Les facteurs thermiques	48
I.3.2.3. Autres facteurs climatiques	49
I.4. Synthèse climatique	49
I.4.1. Amplitude thermique extrême moyenne ou indice de continentalité	49
I.4.2. Indice de sécheresse estivale	50
I.4.3. Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen	50
I.4.4. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger	52
I.5. Méthodologie de travail	54
I.5.1. Travail sur le terrain	54
I.5.1.1. Etude des peuplements et relevés dendrométriques	54
I.5.1.2. Méthode d'échantillonnage	54
I.5.1.3. Matériels utilisée	55
I.5.1.4. Localisation des prélèvements	55

I.5.2. Travail au laboratoire	58
I.5.2.1. Analyse des feuilles	58
I.5.2.1.1 Poids frais des feuilles	58
I.5.2.1.2. Caractères morphométriques des feuilles	58
I.5.2.1.3. Comptage des stomates	59
I.5.2.1.4. Matériel	59
I.5.2.1.5. Protocole expérimental	60

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1. Caractéristiques physique et sylvicole des subéraies de la zone d'étude	63
II.1.1. Aperçu sur les caractères dendrométriques	65
II.1.2. Caractères morphométriques des feuilles	67
II.1.3. Caractères morphologiques des feuilles	67
II.1.4 Etude des stomates	69
II.1.4.1. Observation des stomates	69
II.1.4.2. Aperçu sur la densité stomatique	71
II.2. Discussion des résultats	71
II.2.1. Variabilité intra- individuelle	71
II.2.2. Variabilité intra-populationnelle	74
II.2.3. Variabilité inter-populationnelle	76
Conclusion générale	79
Références bibliographiques	81

Liste des abréviations

% : Pourcentage

°C: Degré celcius

°K: Degré kelvin

μ: Unité

A.E.F.C.O. : Administration des eaux et forêts de la conservation d'Oran.

ABA : Acide abscisique

APCOR : Association Portugaise du Liège

ATP : Adénosime triphosphate

B.N.E.D.E.R. : Bureau national des études de développement rural.

B.N.E.F. : Bureau national des études forestières.

C.F.B. : Circonscription des forêts d'El Bordj.

C.F.C : Conservation des forêts de Chlef

C.F.T. : Circonscription des forêts de Tighennif.

C.F.W.M. : Conservation des forêts de la wilaya de Mascara.

C.F.W.O : Conservation des forêts de la wilaya d'Oran

C.F.W.T : Conservation des forêts de la wilaya de Tlemcen

C.O.I.O : conservation d'Oran, inspection d'Oran

C.O.I.T : conservation d'Oran, inspection de Tlemcen

C3 : 3 atomes de carbone

C4 : 4 atomes de carbone

CAM : Crassulacean Acid Metabolism

Co2 : dioxyde de carbone

Dj: Djebel

E: Est

G.G.A : Gouvernement général d'Algérie

ha : Hectare

HPAE : Hiver, Printemps, Automne, Eté

I.D.F : Institut de développement forestier (France)

K+ : Potassium

Km: Kilomètre

L.R.S.B.G. : laboratoire des recherches sur les systèmes biologiques et géomatiques.

LAF : largeur de la feuille

Larg C : largeur de la couronne

LOF : longueur de la feuille

Long P: longueur du pétiole

m : Mètre

Mm: Millimeter

Mm² : Millimètre carré

mn : Minute

Mts : monts

N: Nord

Nbr : nombre

Nbr prn : nombre de pair de nervures

O : Ouest

O.N.T.F. : Office national des travaux forestiers.

O.S.A.A. : Organe de la société des amis de l'arbre.

O₂ : Oxygène

PHAE : Printemps, Hiver, Eté, Automne, Eté

Pt : Point

Q_x : Quintaux

R.G.P.H. : Recensement général de la population des habitants.

SF : surface foliaire

SP: spinescence (nombre d'épine)

Stm/mm² : stomates par millimètre carré

T.F.N. : Triage de la forêt de Nesmoth.

Te : turgescence des cellules épidermique

Tg : turgescence des cellules de garde

W: West

Liste des tableaux

Titre	Page
Tableau 1 : Les subéraies de l'Oranie (O.S.A.A, 1957)	8
Tableau 2 : Quelques valeurs d'activité photosynthétique maximale chez les herbacées et les ligneux (Mooney, 1972).	36
Tableau 3 : Densité des stomates chez divers végétaux (Mazliak, 1974)	37
Tableau 4 : Situation géographique, et topographique des trois stations d'études.	40
Tableau 5 : Situation juridiques et administrative des trois zones d'études.	42
Tableau 6 : Délimitation forestière des trois zones d'études	42
Tableau 7 : Equipements forestiers des trois stations d'études.	43
Tableau 8 : Présentation des caractéristiques physiques des trois forêts (Nesmoth, M'Sila, Hafir).	43
Tableau 9 : Répartition des classes de pente de la forêt domaniale de Nesmoth, M'Sila, Hafir (O.N.T.F., 1982). (C.F.B, 2005), (Benammar, 1988). (Houari, 1992).	44
Tableau 10 : Les différentes formations forestières des trois zones d'étude.	44
Tableau 11 : Caractéristiques des stations de référence.	46
Tableau 12 : Moyennes mensuelles annuelles des précipitations des forêts de Nesmoth (2003-2012), M'Sila (1961-2011) et Hafir (1975-2008).	46
Tableau 13 : Le régime saisonnier des précipitations au niveau des trois zones d'études.	47
Tableau 14 : Moyennes mensuelles des températures maximales et minimales des forêts de Nesmoth (2003-2012), M'Sila (1971-2011) et Hafir (1975-2008).	48
Tableau 15 : Indice de continentalité des trois zones d'études.	50
Tableau 16 : Indice de sécheresse estivale des trois zones d'études.	50
Tableau 17 : Valeurs du « Q2 » et étages bioclimatiques des trois zones d'étude.	52
Tableau 18 : Cordonnée géographique et altitude des principaux points échantillonnés dans la forêt de Nesmoth.	55
Tableau 19 : Cordonnée géographique et altitude du transect de la forêt de M'Sila.	56
Tableau 20 : Cordonnée géographique et altitude du transect de la forêt de Hafir.	57
Tableau 21 : Caractéristiques géographique des subéraies de la zone d'étude.	63
Tableau 22 : Caractéristiques physiques des subéraies des zones d'études.	64
Tableau 23 : Caractéristiques sylvicoles des subéraies des zones d'études.	64
Tableau 24 : Caractéristique morphométrique et anatomique des feuilles d'un arbre de la subéraie de Nesmoth.	72
Tableau 25 : Caractéristique morphométrique et anatomique des feuilles d'un arbre de la subéraie de M'Sila.	73
Tableau 26 : Caractéristique morphométrique et anatomique des feuilles d'un arbre de la subéraie de Hafir.	73
Tableau 27 : Moyenne des caractéristiques morphométriques et anatomiques des feuilles et aperçue sur les caractères dendrométriques des arbres de la subéraie de Nesmoth.	74
Tableau 28 : Moyenne des caractéristiques morphométriques et anatomiques des feuilles des arbres de la subéraie de M'Sila.	75
Tableau 29 : Moyenne des caractéristiques morphométriques et anatomiques des feuilles des arbres de la subéraie de Hafir.	76
Tableau 30 : Moyenne des caractéristiques morphométriques et anatomiques des feuilles et aperçue sur les caractères dendrométriques des arbres des zones d'étude.	77

Liste des figures

Titre	Page
Figure 1 : Surfaces des forêts de chênes liège et proportion de la surface nationale par rapport à l'ensemble de l'aire de répartition en 2012. (Aronson, et al., 2009 ; APCOR, 2012)	4
Figure 2 : Carte de la distribution des subéraies dans la région Méditerranéenne (Aronson, et al., 2009) (en noir : zones inventoriées ; gris clair : aire de distribution du chêne liège ; + peuplements isolés de chêne liège)	5
Figure 3 : Evolution de la subéraie autour de la Méditerranée entre 1893 et 2012 (Note : Pas de données disponibles pour le Maroc en 1893) (Lamey, 1893 ; Aronson, et al., 2009 ; APCOR, 2012)	10
Figure 4 : Estimation des surfaces totales de forêts de chênes liège (hectares) et de la production de liège (tonnes) dans les pays producteurs du pourtour de la Méditerranée (Aronson, et al., 2009 ; APCOR, 2012)	20
Figure 5 : Evolution périodique de la production annuelle du liège en Algérie entre 1867 et 1999 (Bouhezam, 2005). Modifier	21
Figure 6 : Schéma simplifier de la feuille	24
Figure 7 : Différentes formes de feuilles	25
Figure 8 : Différents aspects de bords de feuilles	26
Figure 9 : Différente formes de feuilles découpées	26
Figure 10 : Coupe transversale du limbe d'une feuille de dicotylédone (Rubinstein et al, 2005)	29
Figure 11.a : Schéma d'un stomate fermé (Rubinstein et al, 2005)	31
Figure 11.b : Schéma d'un stomate ouvert (Rubinstein et al, 2005)	31
Figure 12 : Effet de la lumière sur l'ouverture des stomates (Mazliak, 1974)	33
Figure 13 : Effet de la température sur l'ouverture des stomates (Mazliak, 1974).	34
Figure 14.a : Localisation des zones d'étude sur carte d'altitude	41
Figure 14.b : Localisation des zones d'étude sur image satellite (Image, 2014)	41
Figure 15 : Courbe de variation des précipitations mensuelles moyennes des quatre zones d'études	47
Figure 16 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la forêt de Nesmoth (2003-2012).	51
Figure 17 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la forêt de M'Sila (1971-2011).	51
Figure 18 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la forêt de Hafir (1975-2008).	55
Figure 19 : Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger des quatre zones d'étude. Et l'aire du chêne liège	53
Figure 20 : Localisation du transect sur l'image satellitaire de la forêt domaniale de Nesmoth. Canton Terziza à droite et canton Mediouna à gauche (Image, 2010)	56
Figure 21 : Localisation du transect sur l'image satellite de la forêt domaniale de M'Sila (Image, 2012)	57
Figure 22 : Localisation du transect sur l'image satellitaire de la forêt de Hafir (Image, 2014)	58
Figure 23 : Aperçu des feuille après scanne (Cliché, Zahaf)	59
Figure 24 : Caractéristiques dendrométriques des arbres de chêne liège des stations d'études	65
Figure 25 : Caractéristiques d'exploitation du chêne liège des stations d'études	66
Figure 26 : Caractéristiques morphométrique des feuilles de chêne liège des stations d'études	67
Figure 27 : Caractéristiques morphologique des feuilles de chêne liège des stations d'études	68
Figure 28 : Moyennes de la densité stomatique des feuilles de chêne liège des stations d'études	71

Liste des photos

Titre	Page
Photo 1 : Feuilles de chêne liège (Cliché, Zahaf, 2014)	10
Photo 2 : Fruit de chêne liège (Wikipédia, 2009)	11
Photo 3 : Bois de chêne liège (cliché, Zahaf, 2014)	12
Photo 4 : Ecorce de chêne liège ou le liège (Zahaf, 2013)	12
Photo 5 : Tronc de chêne liège (cliché, Zahaf, 2014)	13
Photo 6 : Cime de chêne liège (cliché, Zahaf, 2014)	13
Photo 7 : Vue des assises de l'épiderme foliaire (Rubinstein et al, 2005)	30
Photo 8 : Traitement de la face inférieure de la feuille avec le bistouri (Zahaf, 2013)	60
Photo 9 : Nettoyage des résidus à l'aide du ruban adhésif (Zahaf, 2013)	61
Photo 10 : Application de la couche de vernie a angle pour fixer l'empreinte de la feuille (Zahaf, 2013)	61
Photo 11 : Fixation de l'empreinte de la feuille sur la lame (Zahaf, 2013)	62
Photo 12 : Vue d'un stomate de chêne-liège (100X) (Zahaf, 2013)	69
Photo 13 : Répartition des stomates/mm ² sur l'épiderme de feuille de chêne-liège de Nesmoth (40X) (Zahaf, 2013)	69
Photo 14 : Répartition des stomates sur l'épiderme de feuille de chêne-liège de M'Sila (40X) (Zahaf, 2013)	70
Photo 15 : Répartition des stomates sur l'épiderme de feuille de chêne-liège de Hafir (40X) (Zahaf, 2013)	70

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Le chêne-liège (*Quercus suber*) est une essence endémique du domaine méditerranéo-atlantique où il est présent depuis plus de 60 millions d'années (Aafi, 2006). Il est reconnu, dans son aire naturelle, pour son rôle écologique et socio-économique, raison pour laquelle il a été introduit dans différents pays tels que l'Argentine, l'Australie, l'Angleterre, les USA, etc. (Durand, 2009).

La subéraie mondiale totalise environ 2,5 millions d'hectares (Pausas et al. 2009) dont les 2/5 sont localisés en Europe et le reste en Afrique du Nord (Pausas et al. 2009).

En Algérie, cette essence constitue une des richesses forestières importantes. Ses forêts tiennent une place primordiale dans la vie socio-économique de la population riveraine. Elles constituent en effet un terrain de parcours pour le cheptel, elles sont riches en sous-bois et en glands. Aussi, elles fournissent du bois de chauffage et du liège, un produit de grande valeur économique destiné essentiellement à la bouchonnerie.

Les principales subéraies sont situées en zones humide et subhumide du Nord-Est du pays jusqu'à la frontière tunisienne. Elles se présentent en massifs continus surtout le long de la zone littorale. Dans le centre et l'Ouest, les subéraies ne sont en réalité que des peuplements reliques et isolés coïncidant avec des taches de climat subhumide ou intermédiaire entre semi-aride et subhumide sous une pluviométrie annuelle moyenne de 400 à 700 mm.

La superficie couverte par le chêne-liège a connu ces dernières décennies une régression terrifiante. Sur une superficie totale d'environ 450 000 ha évoquée par Boudy (1955). 230 000 ha seulement est productive (D.G.F. 2009), le reste est transformé en maquis. Cette régression, au même titre que pour les autres essences forestières, date de l'époque coloniale, où furent détruits quelques 116 000 ha de forêts au profit seulement de l'extension de la viticulture (Fosa, 2000). La régression de ce patrimoine s'est poursuivie après l'indépendance et jusqu'à nos jours, sous l'effet d'une surexploitation anthropique (coupe de bois, récoltes des glands, le surpâturage, etc.) aggravée par d'autres facteurs abiotiques (incendies) et biotiques (insectes et maladies).

L'objectif de notre travail dans le cadre de ce mémoire est de démontrer la variabilité morphologique et anatomique au sein des subéraies de la région ouest algérienne qui peut constituer une diversité forestière intéressante dans le cadre de la conservation du patrimoine génétique de nos forêts. Pour atteindre notre objectif nous avons choisi trois zones d'étude les plus représentatives de la région, à savoir, la forêt de Nesmoth dans les monts de Saida wilaya de Mascara, la forêt de M'Sila dans la région littoral oranaise et la forêt de Hafir dans les monts de Tlemcen. Les trois stations d'étude se caractérisent par leur milieu physique, le climat et la nature des peuplements de chêne liège très différents.

La méthodologie de travail repose sur des prospections sur le terrain, des recherches bibliographiques et des observations au laboratoire. Nous avons effectué des mesures

dendrométriques sur les arbres et nous avons étudié les caractères morphologique et morphométrique des feuilles du chêne liège. Sept caractères ont été mesurés, la longueur, la largeur, la longueur du pétiole, le nombre des épines et paires des nervures, la surface foliaire ainsi que la densité stomatique des feuilles, qui nous permettra de comprendre la variabilité morphologique et anatomique au sein des subéraies de la région ouest algérienne.

Ce mémoire est composé de quatre principaux chapitres qui s'articulent ainsi :

- Premier chapitre, dresse une présentation de l'espèce, nous avons passé en revue les différentes données bibliographiques se rapportant à la structure des subéraies, leur devenir, leur répartition dans le monde et en Algérie, ainsi que les techniques sylvicoles de cette essence.
- Deuxième chapitre, donne un aperçu sur les caractères morphologiques et anatomiques de l'arbre, on y trouvera la présentation générale des différentes formes des divers organes qui constitue l'arbre.
- Troisième chapitre, décrit le matériel et la méthode utilisée pour atteindre nos objectifs. Ce chapitre présentera donc les stations d'étude et la méthodologie suivie et le matériel utilisé durant ce travail.
- Quatrième chapitre, présente les résultats obtenus et leurs interprétations, nous aborderons les problèmes recensés quant à la gestion de la subéraie et donnerons quelques suggestions à ce propos.
- Et nous terminerons notre mémoire par une conclusion générale.

PARTIE 1 : ANALYSE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I :

PRESENTATION DU CHÊNE
LIEGE

Chapitre I : Présentation du chêne liège

I.1. Introduction

Les chênes appartiennent à l'ordre des Fagales et à la famille des Fagacées ; les caractères les plus apparents qui permettent habituellement de comparer et de distinguer les chênes sont tirés de la cupule.

On peut ainsi séparer la section des chênes à cupule lisse (section *Lépidobalanus*) qui comprend : le chêne-vert, le chêne zeen, le chêne rouvre, et une autre section c'est la section *Cerris* qui groupe le chêne-Kermès, le chêne afares, et le chêne-liège (Houari, 1992).

Le chêne liège porte dans ses branches l'accent du sud que lui laisse chanter la tramontane et le mistral. De très nombreuses espèces d'insectes, de reptiles, d'oiseaux et de mammifères, s'y côtoient et y vivent. La subéraie se présente comme une des richesses écologiques et biocénétiques les plus originales et diversifiées de la Méditerranée (Venetier, 2002).

En Algérie le chêne liège *Quercus suber* occupe une superficie considérable de 463 000 ha (Dedouche, 2002).

Cependant, le chêne liège manifeste une vigueur remarquable dans ses stations de végétation préférées et il est en réalité une essence à tempérament délicat et peu plastique, ayant des exigences très strictes sur le plan climatique (Boudy, 1950).

I.2. Origine du chêne liège

Le chêne liège, est une essence endémique du bassin méditerranéen, cette espèce, dont l'origine remonte au Tertiaire (Natividade, 1956), est un descendant de la flore de la pliocène supérieure (Boudy, 1950).

Des études palynologiques ont montré l'apparition de ce végétal au Sud de l'Espagne et au niveau de la frontière franco-espagnole entre 10 000 et 6 500 ans av. J.C (Dessain, 1992).

I.3. Systématique

Le classement systématique du chêne liège peut être ordonné comme suit :

- Embranchement : Spermaphytes " phanérogames " - plantes produisant des ovules -la graine apparaît.
- Sous – Embranchement : Angiospermes ; ovule bien protégé, enfermé dans un ovaire vaisseaux parfaits.
- Classe : Dicotylédones ; racine, pivotante – tige ramifiée – la feuille ; simple ou composé.
- Ordre : Fagales ; "fruit : akène entouré par la cupule ".

- Famille : Fagacées ; inflorescences en chatons portés par le même pied, les chatons mâles pendant portent de nombreuses fleurs – alors que les chatons femelles dressés ont peu de fleurs.
- Genre : Quercus " la graine» sans albumen, riche en tanin.
- Espèce : Suber. L. " le chêne liège fournit le liège (Hammiche, 1988).
- Nom Scientifique : Quercus. Suber .L (Francllet, 1972).

L'espèce a été décrite pour la première fois par Linne en 1753 (Richard, 1987).

I.4. Répartition géographique du chêne liège

I.4.1. Dans le monde

Le chêne pousse exclusivement dans le bassin de la méditerranée occidentale et déborde sur le côté atlantique, depuis le Maroc jusqu'au golfe de Gascogne (Boudy, 1955).

On le trouve à l'état spontané en Italie (Sardaigne), en France (Alpes maritimes et les Pyrénées Orientales) et en Espagne (figure 1), mais c'est au Portugal ou le chêne liège croit tout à fait à son aise et où il est le plus largement répandu que d'autres espèces (Natividade, 1956).

Aujourd'hui, les subéraies couvrent presque 1.5 millions d'hectares en Europe et pratiquement 700 000 hectares en Afrique du Nord (Figure 1 et 2). L'aire de répartition, assez fragmentée, peut signifier que dans certaines zones cet écosystème emblématique de la région méditerranéenne est relictuel. Le surpâturage (qui limite la régénération), le remplacement du Chêne liège par des plantations d'Eucalyptus et de Pins, l'expansion du labour réalisé avec des charrues dans les terres boisées et diverses autres évolutions observées dans les territoires méditerranéens ont contribué à faire diminuer l'intérêt des propriétaires forestiers pour leurs subéraies.

La production nationale en liège (mâle et femelle confondus) a connu pendant une très longue période (1867 à 1999) un mouvement fluctuant (Bouhraoua, 2003).

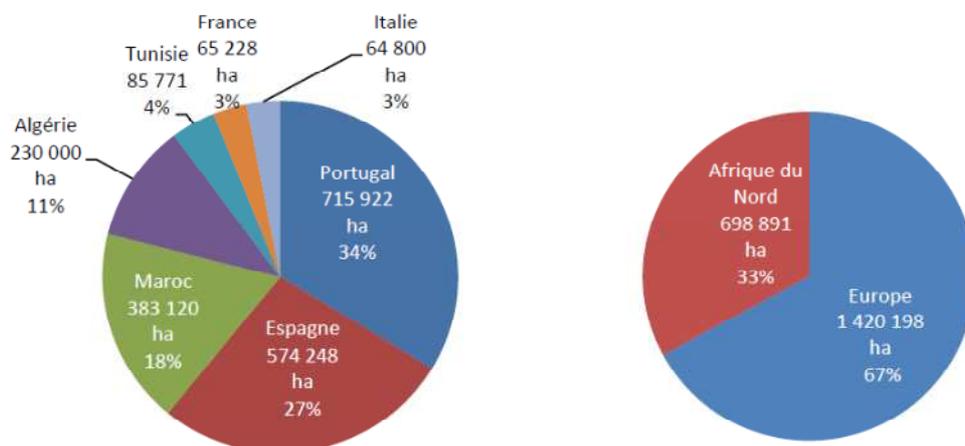


Figure 1 : Surfaces des forêts de chênes liège et proportion de la surface nationale par rapport à l'ensemble de l'aire de répartition en 2012. (Aronson, et al., 2009 ; APCOR, 2012)

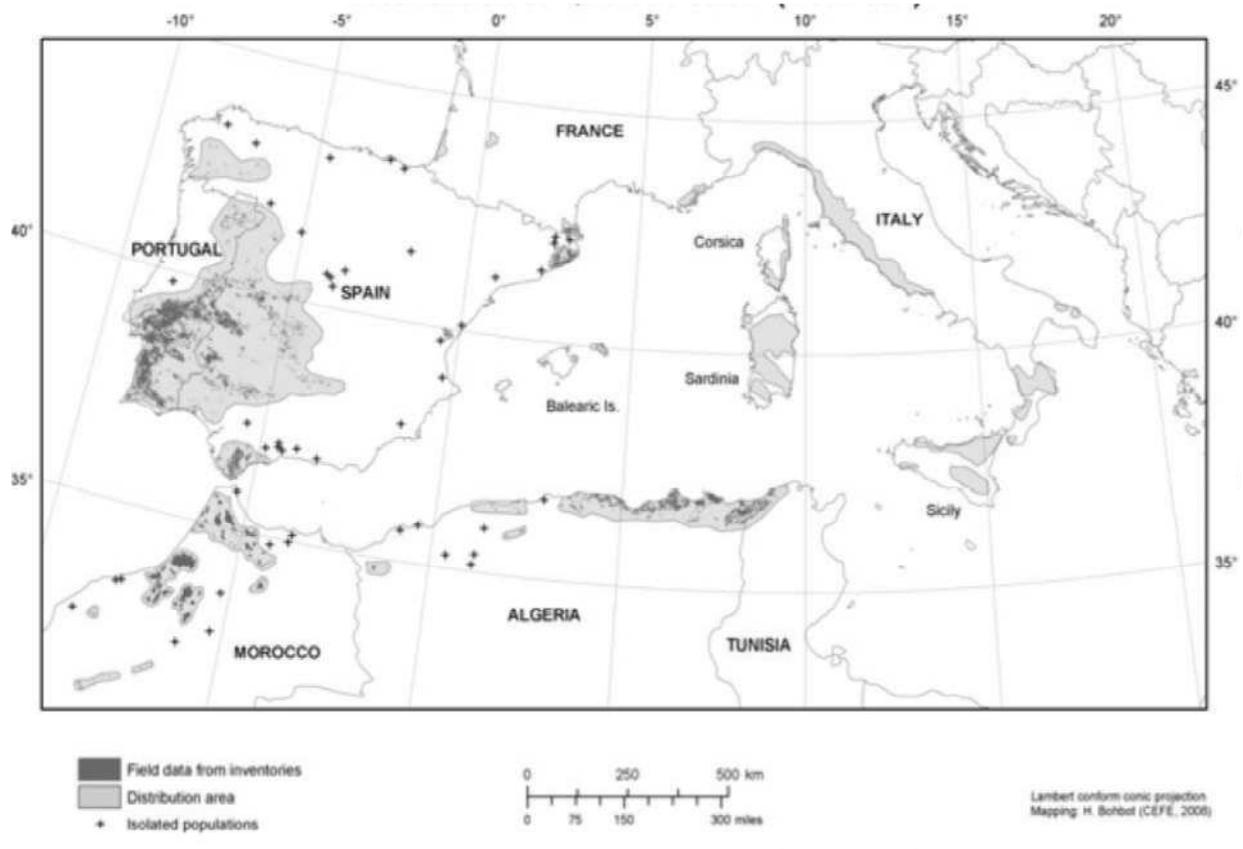


Figure 2 : Carte de la distribution des subéraies dans la région Méditerranéenne (Aronson, et al., 2009) (en noir : zones inventoriées ; gris clair : aire de distribution du chêne liège ; + peuplements isolés de chêne liège)

I.4.2. En Algérie

Le patrimoine forestier s'étend sur 4,1 millions d'hectares Il est réparti comme suit :

- Forêts naturelles : 1 million 427 000 ha
- Maquis : 1 million 662 000 ha
- Vides : 240 000 ha
- Reboisements : 718 000 ha
- 91% sont des forêts publiques appartenant à l'Etat (3 700 000)
- 9 % de forêts privées : 350 000 ha.
- 43% de ces forêts sont localisées à l'Est : 1,8 Million d'Ha, et 29 % à l'Ouest : 1,2 Million d'Ha, 27 % au centre : 1,1 Million et 1% au niveau de l'atlas saharien.

Le chêne liège occupe la deuxième place après le Pin d'Alep, avec une superficie de 357 582 ha, soit 5,6% du total du patrimoine forestier, concentré essentiellement dans l'Est du pays. L'Algérie est classé septième au monde.

L'inventaire forestier national réceptionné en 2008 révèle que le patrimoine subéricole algérien est de l'ordre de 357 582 ha. Localisé essentiellement dans les régions de l'est où se trouvent les plus belles forêts de chêne liège, ou son développement est favorisé par les facteurs favorables au développement de ce dernier.

Dans l'ouest algérien (Figure 2), les subéraies ne sont généralement que des peuplements reliques et isolés localisés dans des étages bioclimatiques subhumides ou intermédiaire entre le semi-aride et le subhumide dont la pluviométrie annuelle moyenne oscille entre 400 et 700 mm.

En réalité, ces subéraies ne sont que des peuplements reliques et isolés coïncidant avec des zones de climat subhumide et semi-aride.

Les subéraies couvrent dans le temps une superficie globale variant selon les auteurs entre 7000 ha et 9000 ha soit 1,7% environ de la superficie totale (Bouhraoua, 2003).

Cette région fournissait un volume variable de liège de qualité excellente surtout celui provenant de Tlemcen (forêt de Hafir).

Dans la zone montagneuse, les peuplements de chêne-liège sont les plus dispersés et les plus diversifiés. On les trouve essentiellement, dans la wilaya de Tlemcen, la mieux dotée d'un point de vue climatique, mais aussi dans les wilayas de Mascara, Tiaret, Relizane et Chlef.

C'est à Tlemcen, que les subéraies couvrent la plus grande partie avec 5000 à 6000 ha soit plus de 60%, en effet 80 % de cette surface se trouve dans 2 forêts contiguës de Hafir-Zarriefet. Elle est de l'ordre de 4000 à 4500 ha (Bouhraoua, 2003).

Dans la zone littorale, les peuplements de chêne liège sont représentés par les subéraies de M'Sila wilaya d'Oran, Akboub wilaya de Mostaganem et Bissa wilaya de Chlef.

Au centre, le chêne liège forme de belles futaies en grande Kabylie, Azazga et Beni-Ghobri, et Theniet El Had (83 km de la mer).

A l'Ouest, il ne forme que des îlots très disséminés : Il s'agit de de M'sila (Oran), Hafir-Zarriefet (Tlemcen), Nesmoth (Mascara), Tagdempt (Tiaret), Ami-Moussa (Relizane) (Khalid, 1999) et la forêt de Bissa (Chlef).

I.4.2.1. Les subéraies oranaises

La région oranaise ou l'Oranie, correspond à une unité géographique de l'Algérie occidentale répondant à un ensemble de caractères dominants particuliers d'ordre climatique, orographique, édaphique et même floristique et forestier (Thintoin, 1948).

Ses limites naturelles sont les suivantes : la mer méditerranée au Nord, le tell méridional ou Atlas Tellien au Sud, le Maroc à l'Ouest et le secteur algérois (ou région algéro-ouarsenienne) à l'Est (Boudy, 1955).

Dans cette région, les peuplements de chêne liège sont situés dans deux grandes divisions phytogéographiques (ou zones naturelles) différentes en fonction de l'influence maritime et de la structure géologique (Boudy, 1955).

I.4.2.2. Les subéraie littorales

Selon Boudy (1955), les subéraies de ce secteur représentent un peu moins de la moitié de la surface totale de la région (soit 6500 hectares).

En règle générale on rencontre le chêne liège sur toutes les zones pluviométriques de plus de 500 mm/an.

En fait les subéraies d'Oranie (Tableau 1) ne sont que des peuplements reliques du Murdjadjo vers Misserghine (O.S.A.A, 1957).

D'après Bouhraoua (2003), la majeure partie du peuplement de chêne liège est représentée par une formation forestière d'environ 570 ha non continue (800 à 900 ha dans les années 50) et le reste par un matorral élevés à moyen.

Les services des forêts estiment la surface de subéraies à environ 2080 hectares (C.F.W.O, 1996). Dans l'Oranie, les peuplements de chêne liège se localisent essentiellement dans la forêt de M'Sila (Bouhraoua, 2003), mais on les trouve aussi dans les forêts suivantes :

Terziza qui occupe une superficie totale de 1504 ha (Boudy, 1955 ; C.F.W.O., 1996) dans le prolongement de la forêt de M'Sila sur les flancs, d'une superficie globale de 1 080 ha, le chêne liège occupe environ 100 ha (24 ha selon Gaouar, 1980).

Djebel Khaar (Montagne des lions), forêt de 1 316 ha ou le chêne liège est issu d'une régénération artificielle, il a été introduit dans un peuplement préexistant lors des travaux de peuplement de 1884 (19 500 sujets) et 1902 (Bouhraoua, 2003).

Les planteurs où il a été introduit en 1886 à titre d'essais dont les résultats se sont montrés médiocres (Bouhraoua, 2003).

Gdyel où le peuplement dégradé s'est transformé en matorral (Alcaraz, 1977 ; (B.N.E.D.E.R., 1979).

Safra qui est contiguë au peuplement de M'sila a subi une série d'incendies, comme ceux de 1982 et 2001 (Bouhraoua, 2003).

Akboub (Thintoin, 1948) et la forêt de Bou- Rahma (Bouhraoua, 2003).

Béni-Ouarssous dans cette forêt, d'une superficie totale de 1765 ha, les peuplements de chêne liège représentent environ 199 ha.

Dans la partie Nord de la wilaya de Sidi Bel Abbés, se trouve un peuplement de chêne liège localisé dans le Sud-Ouest de la forêt de Guétarnia, qui compte 10 070 ha. Ce peuplement occupe environ 50 ha (Boudy, 1955).

Peuplement des Bissa située 45 Km au nord-est de la Wilaya de Chlef. Elle s'insère dans les Monts Dahra Est, partie de la chaîne de l'Atlas Tellien, qui forme une dorsale entre la vallée du Chelliff au sud et les Monts de Zeccar à l'est, la surface de la subéraie est de l'ordre de 569 ha (C.F.C, 2011).

Tableau 1 : Les subéraies de l'Oranie (O.S.A.A, 1957)

Forêts	Superficie (ha)	Etat des peuplements
Conservation d'Oran		
Forêt domaniale de M'sila	958	500 sur sable pliocène et schiste
Forêt particule de M'sila	500	10/10 (liège pur)
Forêt particule de Ferme Grably	50	10 (liège pur)
Forêt particule de M'sabiah	200	10/10 (liège pur)
Forêt particule de Kaboura	300	10/10 (médiocre)
Conservation de Sidi- Bel- Abbes		
Forêt de Guétarnia	10070	(50 ha) sablonneux et profond
Conservation de Tlemcen		
Forêt des Beni Guétarnia	1754	2/10
Conservation de Mostaganem		
Forêt communale d'El Adjma	346	8/10
Forêt des Ouled Dfelten	95	5/10
Conservation de Mascara		
Forêt de Nesmoth	6905	1/3 vieux peuplements de 200 ans en

I.4.2.3. Les subéraies de Montagne

C'est dans ce milieu que les peuplements de chêne liège sont les plus étendus souvent en massif de quelques centaines à quelques milliers d'hectares, les plus dispersés et les plus diversifiés, avec une superficie totale de l'ordre de 7500 ha (Boudy, 1955).

Dans la conservation des forêts de Tlemcen les subéraies sont localisées dans les forêts suivantes :

Béni-Boussaïd : dans cette forêt d'environ 13 286 ha se trouve quelques reliques de chêne liège formant 20 ha de taillis très fortement exploités mais bien régénérés (Boudy, 1955).

Khémis : dans cette forêt de 20 000 ha qui est une des plus belles yeuseraies de la région oranaise s'étend par place un petit peuplement de chêne liège mélangé de frêne, chêne kermès et pin d'Alep (Thintoin, 1948).

Aïn Ghoraba : ce peuplement de chêne liège bien venant couvre environ 75 ha (Boudy, 1955).

Hafir et Zariéffet : ces deux forêts contiguës, constituent le plus important massif de chêne liège de tout l'ouest algérien (Bouhraoua, 2003)

Yfri : (ou Mou El Alou) au Nord-Est de Tlemcen : dans cette forêt d'une superficie globale de 1080 ha, le chêne liège occupe environ 100 ha (Bouhraoua, 2003).

Zerdeb : cette forêt de 2381 ha renferme environ 700 ha de subéraie, cantonnée sur Djebel Miez (A.E.F.C.O., 1868) et à Zerdeb-Sud (C.F.W.T., 1996).

Aïn-Essouk : dans cette forêt non aménagée de 1307 ha, le chêne liège couvre une superficie d'environ 260 ha (Bouhraoua, 2003).

Sidi Hamza : à l'Est de celle d'Aïn-Essouk, cette forêt de 1 245 ha renferme 850 ha de subéraies (Gaouar, 1980).

Dans la conservation des forêts de Mascara, on retrouve le chêne liège dans la forêt de Nesmoth. Une partie se trouve également dans la forêt d'Aouf et de Nador ou Menaouer. Le chêne liège occupe une superficie de 1368 à 1400 ha (G.G.A., 1927 ; Boudy, 1955) la majeure partie du peuplement est localisée au Sud.

Plus à l'Est, dans le Nord de la conservation de Tiaret, se trouvent les peuplements de chêne liège les plus méridionaux de l'Oranie, avec une superficie de 700 ha. Ces peuplements se rencontrent dans les forêts suivantes :

L'Azouania : au sein d'une superficie de 127 ha, le chêne liège constitue une futaie pure de 60 ha, qui a été incendiée en 1950 mais qui demeure bien venant et en voie de régénération (Bouhraoua, 2003).

Tagdempt : dans cette forêt de 4792 ha, se trouve le plus grand peuplement de chêne liège qui atteint 600 ha (Bouhraoua, 2003).

Sefalou : ce peuplement est clair et en régression même s'il s'était bien régénéré après les incendies de 1950 (Bouhraoua, 2003).

Le dernier peuplement oranais de chêne liège se localise sur le versant Nord de la forêt d'Ammi-moussa près de Relizane sur un terrain accidenté (Boudy, 1955).

I.5. Evolution du chêne liège

Le Chêne liège a été introduit au vingtième siècle dans certains pays en dehors de son aire de répartition naturelle comme une plante ornementale ou avec l'objectif de produire du liège. Des bons résultats, sans pour autant de développement significatif d'industries du liège, ont été obtenus en Bulgarie, en Californie, au Chili, en Nouvelle Zélande, au Sud de l'Australie et en Turquie.

La figure 3 montre qu'il y a eu une augmentation significative de la surface des forêts de Chênes liège dans le Sud-Ouest de l'Espagne et au Portugal entre 1893 et 2012. Par contre,

les surfaces ont significativement diminuées sur la même période en Algérie, en France et en Italie.

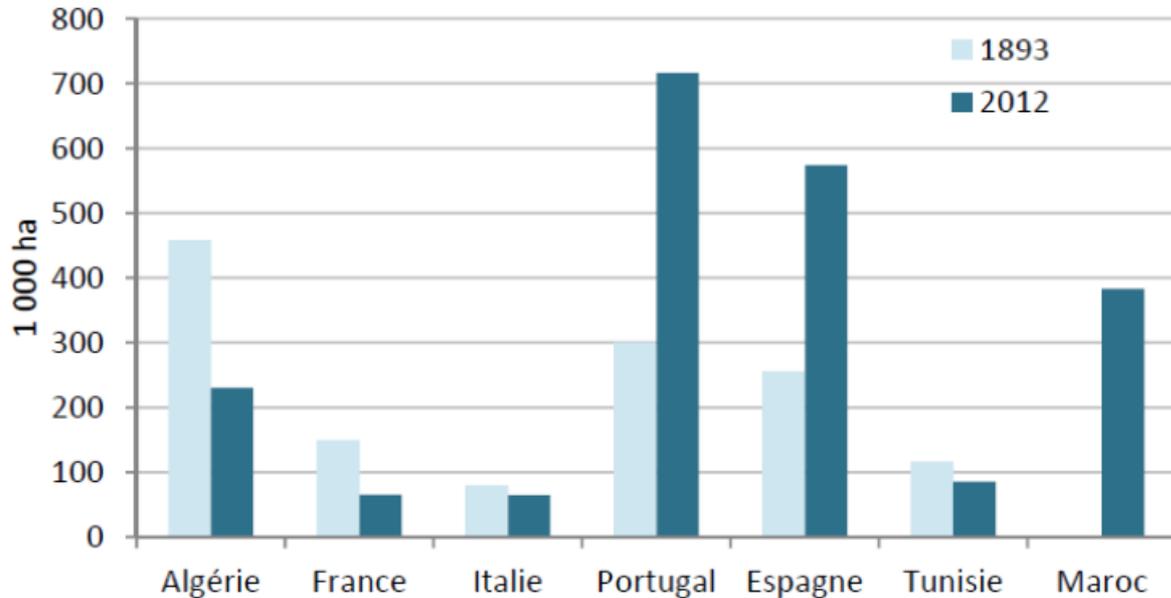


Figure 3 : Evolution de la subéraie autour de la Méditerranée entre 1893 et 2012 (Note : Pas de données disponibles pour le Maroc en 1893) (Lamey, 1893 ; Aronson, et al., 2009 ; APCOR, 2012)

I.6. Caractères botaniques et forestiers du chêne liège

I.6.1. Caractères botaniques du chêne liège

I.6.1.1. Les feuilles

Les feuilles sont de forme et de dimensions variables d'un arbre à l'autre comme sur un même individu (Bouhraoua, 2003).

Les feuilles sont alternes, persistantes (photo 01) et vivent plus d'une année, elle meurt et tombent au cours de la deuxième année, souvent peu de temps après le développement des jeunes feuilles (Saccardy, 1937). Leurs formes est variables, ovales oblongues ou ovales lancéolées, aiguës au sommet, longues de 3 à 5 cm, larges de 1,5 à 4 cm (Camus, 1934).



Photo 1 : Feuilles de chêne liège
(Cliché, Zahaf, 2014)

I.6.1.2. Le fruit

Le fruit est un akène monosperme appelé gland, surmonté d'une pointe courte et velue sur la moitié de sa longueur.

Il est à demi enfoncé dans une cupule polymorphe de couleur grise et laineuse à écailles peu denses, saillantes, les supérieures plus longues que les inférieures (Arnest, 1987).

Ce fruit est quelque fois doux, et sa maturation se fait en une année (Lapie et Maige, 1914).



Photo 2 : Fruit de chêne liège
(Wikipédia, 2009)

I.6.1.3. Les rameaux

Ils sont nombreux et tortueux d'une teinte gris clair. A l'état jeune, ils sont pubescents, gris verdâtre ensuite avec l'âge ils deviennent glabre (Jacamon, 1992)

I.6.1.4. Les fleurs

Les chatons femelles en petits nombre sur un court pédoncule, les chatons de fleurs males sont très abondant, parfois ils recouvrent entièrement l'arbre. Les fleurs sont d'une couleur jaune à reflets roux.

La floraison est monoïque se produit généralement à partir du mois d'Avril. (Boudy, 1955)

I.6.1.5. Bourgeons

Les bourgeons sont ovoïdes ou arrondis, plus ou moins protégés par les bractées. (Bouhraoua, 2003).

I.6.1.6. Le bois

Le bois du chêne liège est de couleur inégale, rouge, brun, rougeâtre, brun cassé avec un aubier tranché, et également compact (Photo 3), les rayons médullaires sont très inégaux (Houari, 1992).



Photo 3 : Bois de chêne liège (cliché, Zahaf, 2014)

I.6.1.7. Ecorce

C'est l'écorce du chêne-liège qui représente la partie la plus singulière de cet arbre, elle est d'abord lisse et rouge qui, s'épissant, devient grise à liège spongieux et crevassé (Arnest, 1987).

Après la récolte, les troncs sont d'une couleur rouge brun.

Cette écorce est composée de deux couches concentriques de nature différente, la première couche externe, appelée liège, est un tissu mort, spongieux, élastique et compressible.



Photo 4 : Ecorce de chêne liège ou le liège (Zahaf, 2013)

Le liège comprend deux éléments : le liège proprement dit ou le suber et la lenticelle. Le premier est un ensemble de cellules à parois minces pleines de gaz, imprégnées d'une substance dite subérine (Boudy, 1950).

Les seconds sont des canaux ou des pores traversant la masse du liège, elles sont perméables et ont pour rôle physiologique de permettre et régulariser les échanges gazeux entre les tissus vivants de l'arbre et le milieu extérieur.

I.6.1.8. Polymorphisme

Généralement le chêne-liège est très polymorphe quant à ses caractères botaniques et présents de grandes variations individuelles à cet égard (Boudy, 1950).

I.7. Les caractères forestiers du chêne liège

I.7.1. Port

L'arbre à une taille variable, de 10 à 15 m en moyenne, qui peut atteindre 20 m en peuplements denses (Bouhraoua, 2003).

I.7.2. Tronc

Le tronc est court, environ 4 mètres (Photo 05), dans une forêt claire, et si l'arbre est isolé, la cime s'étale et prend une forme globuleuse. Par contre, en peuplement serré, la forme devient élancée " chandelle " (O.S.A.A., 1957).

Photo 5 : Tronc de chêne liège (cliché, Zahaf, 2014)



I.7.3. La cime

Son houppier est de forme variable avec un feuillage peu dense, normalement, il est étroit sauf à l'état isolé (Photo 6), son houppier semble être étalé (Becker, 1983).

Photo 6 : Cime de chêne liège (cliché, Zahaf, 2014)



I.7.4. Le couvert

Le couvert de l'arbre est léger, en raison de son feuillage grêle et de sa ramification peu serrée (Boudy, 1952).

I.7.5. Enracinement

L'enracinement du chêne liège est pivotant, dans la mesure où la profondeur du sol ou la fissuration de la roche mère le permet (Seigue, 1985).

I.7.6. Longévité

Les jeunes sujets de chêne liège qui se développent à partir des glands ou des rejets de souches d'arbres coupés peuvent vivre longtemps, cette remarquable longévité varie cependant de 80 ans (Metro, 1958) à plus de 500 ans (Natividade, 1956) selon les conditions édapho-climatiques du milieu et le nombre de récoltes de liège que l'arbre a subies (Boudy, 1950).

I.7.7. Tempérament du chêne liège

Le tempérament du chêne-liège n'est pas uniforme. Lorsqu'il est dans son aire de végétation optimale, il est robuste ; par contre, lorsque les conditions de végétation sont moins favorables et qu'il s'approche de la limite de son aire, son tempérament est nettement délicat ; de même en étage humide froid, c'est à dire à la limite maxima de son aire biotermique, il redevient très sensible.

Cette délicatesse de tempérament se traduit par manque de plasticité et l'absence de tout pouvoir d'extension en dehors de son aire naturelle.

Cette forme de tempérament entraîne fréquemment, une régénération naturelle capricieuse et souvent déficiente.

I.7.8. Régénération du chêne liège

En raison d'une part, des conditions du milieu physique Nord-Africain et notamment de l'existence d'une longue saison sèche avec des vents brûlants, et d'autre part de l'action destructive du pâturage, la régénération des peuplements de chêne liège est plus difficile en Algérie, Tunisie et au Maroc que dans les autres pays de son aire géographique (Boudy, 1955).

Le chêne liège se multiplie de deux façon ; une naturelle et l'autre artificielle (Bouhraoua, 2003).

I.7.8.1. Régénération naturelle

Comme toutes les essences feuillues, le chêne liège se régénère soit naturellement par voies de semence, soit par rejets de souche à la suite de l'intervention de l'homme ou de l'action du feu (Boudy, 1950).

➤ Régénération par semi

Bien que l'arbre ait une production suffisante de glands lui permettant de reconstituer ses peuplements, il faut que les conditions suivantes soient remplies :

1) Existence d'un sous-bois de faible développement, ni trop dense ni trop haut. Sans sous-bois, il n'y a pas de régénération. Trop épais les semis risquent l'étouffement.

2) Si les saisons sèches se succèdent pendant deux ou trois ans, les jeunes semis ne peuvent les supporter. En été, ils sont détruits par les vents chauds.

3) La pâture des bestiaux en forêt fait disparaître les glands et les jeunes plants (Boudy, 1952).

➤ Régénération par rejet de souche

Le chêne-liège rejette vigoureusement jusqu'à un âge avancé, sa longévité est varié selon l'étage de végétation de 100 à 120 ans, selon les stations en étage humide et subhumide, 80 à 90 ans en étage semi-aride, pour des arbres non démasclés, ces indications doivent être réduits d'au moins 10-15 % lorsque les arbres ont été plus au moins épuisé par nombreuses récoltes de liège.

La tige et les branches de l'arbre possèdent également la faculté précieuse, après mutilation ou incendie, de produire très longtemps des rejets.

C'est grâce à cette précieuse qualité de repousser de souche jusqu'à un âge avancé, beaucoup de forêts Algériennes ont pu subsister malgré les incendies et les dévastations de l'homme, la régénération par rejets semble assurée jusqu'à 100 ans.

I.7.8.2. Régénération artificiel

Lorsque la régénération naturelle fait défaut, le recours à la voie artificielle ou assistée est souvent impératif si on veut éviter les risques de disparition du chêne-liège. Elle est réalisée par semis direct de gland ou par plantation (Bouhraoua, 2003).

La réussite de ce mode de multiplication de l'espèce, nécessite quelques précautions à prendre qui sont liées à la qualité des graines et la maîtrise des techniques de l'élevage des plants en pépinière (Francllet, 1992).

➤ Marcottage et greffage

Le chêne liège peut être marcotté, et même greffé sur d'autres chênes (Natividade, 1956).

Les techniques évoquées sont assez anciennes, mais il pourrait bénéficier des progrès récent réalisé dans le domaine de la multiplication végétative. (Richards, 1987)

➤ Plantation

Pour le repeuplement, la plantation est moins employée que les semis car il est difficile de se procurer des plants bien constitués de chêne liège (Camus, 1938). Selon Zeraia (1981) la régénération artificielle ne pose pas de problème majeur si le sol n'est pas argileux.

I.9. Ecologie du chêne liège

Le chêne liège a besoin de chaleur, d'humidité et de lumière. Si les conditions concernant la nature du sol sont réalisées, il peut monter de 0 à 1300 mètres d'altitude, c'est une essence de plaine et de montagne et l'on se rappelle que le liège de montagne est généralement réputé (O.S.A.A., 1957).

I.9.1. Altitude

En Afrique du nord, l'espèce peut être rencontrée du niveau de la mer jusqu'à environ 1200 à 1300 mètres d'altitude, par contre, au Maroc dans le grand Atlas, le chêne liège peut atteindre jusqu'à 1300 mètres d'altitude. C'est donc une essence de plaine et de moyenne montagne (Boudy, 1952).

Camus, (1938) montre que le chêne liège monte jusqu'à 800m d'altitude en France et en Italie jusqu'à 1100 m, en Espagne jusqu'à 1000-1200 m, en Algérie il croît jusqu'à 1300 m, mais il prospère bien vers 900-1000 m.

I.9.2. Les conditions climatiques

Le chêne-liège a un tempérament délicat. Il lui faut de l'humidité, de la chaleur et de la lumière.

➤ La pluviométrie

Il requiert des précipitations annuelles comprises au maximum entre 600 et 1200 mm et au minimum entre 400 et 600 mm (Boudy, 1950).

Selon Ledant (1976), le chêne-liège exige au moins 60% d'humidité atmosphérique pendant les mois secs.

➤ La température

C'est une essence des climats tempérés, elle peut vivre dans les régions où la température moyenne annuelle varie entre 13–17°C ; avec des maxima ne dépassant pas 39°C, et les minima ne descendant pas au-dessous de -5°C (Camus, 1938).

➤ Humidité

Le chêne liège exige une humidité de l'air élevée, d'au moins 60 % en moyenne, ce qui lui permet de compenser partiellement le déficit pluviométrique de la saison sèche estivale (Boudy, 1950).

Ces exigences relatives à l'humidité permettent de comprendre pourquoi l'espèce ne s'éloigne pas de la mer et ne s'étend pas sous le climat sec des hauts plateaux (Saccardy, 1937).

➤ Ensoleillement

Pour avoir de bonnes conditions de végétation, le chêne liège a besoin d'une exposition Nord, Nord-est, Nord-ouest (Bouhraoua, 2003). L'arbre a besoin aussi d'une insolation suffisante car il est considéré comme une plante de "pleine lumière " acceptant par conséquent mal le couvert (Boudy, 1950).

➤ **L'étage bioclimatique du chêne liège**

En Algérie, la forêt de chêne liège se trouve donc satisfaite dans les étages bioclimatiques méditerranéens subhumide et même perhumide à hivers tempérés ou chauds. Par contre, il est à sa limite écologique inférieure dans l'étage semi-aride (Bouhraoua, 2003).

I.9.3. Les exigences édaphiques

Du point de vue du sol, Seigue (1985) confirme l'exigence de la nature du substrat, d'ailleurs, il ne supporte ni le calcaire (espèce calcifuge), ni le chlorure. Aussi, il craint les argiles compactes, et donne du liège de qualité médiocre sur les sols mouillants.

En Algérie, la forêt de chêne-liège s'installe sur le gré numidien, les roches éruptives, des schistes azoïques, et le gré de l'éocène. (Seigue, 1985).

I.10. Association et sous-bois

En Algérie, le chêne liège forme généralement des peuplements purs. Mais il peut se mélanger localement avec d'autres essences selon l'altitude, l'exposition, le climat et la nature du sol.

En altitude et sur les expositions fraîches (nord-est) des étages humide et subhumide, ce sont les chênes à feuillage caduques comme le Chêne zeen et le Chêne afares qui domine et plus rarement le cèdre sur les sols calcaires. Dans la région orientale, le chêne zeen parvient à éliminer le chêne liège en envahissant de grandes étendues.

Par contre, sur les expositions chaudes (sud et sud-ouest) de l'étage semi-aride comme sur les terrains secs à tendance calcaire, le Chêne vert, Thuya et même l'Olivier sauvage prennent la place par interpénétration.

D'autres essences peuvent se retrouver en mélange avec le chêne liège en proportions variables ; c'est le cas du Pin maritime (sur le littoral et en basse montagne), du Chêne Tauzin, du Pin d'Alep, des Aulnes, des Tamarix, du Châtaignier et du Caroubier (G.G.A., 1927 ; Natividade, 1956)

Ailleurs, au Maroc par exemple, on trouve aussi, le Frêne Oxyphille, le Micocoulier, le Merisier, ou le Poirier de la Mamora (El yousfi, 1991).

Les subéraies présentent par ailleurs, dans la strate arbustive, des cortèges floristiques caractéristiques des terrains siliceux formant de très nombreux groupement végétaux et

associations forestières. La composition floristique du sous-bois et son abondance varient selon la densité du peuplement et son stade de dégradation, l'étage bioclimatique et l'altitude (Bouhraoua, 2003).

Dans les peuplements clairs de l'étage humide, se développe sur le littoral comme à basse altitude, un sous-bois très dense parfois imperméable. On y trouve essentiellement une végétation à caractère hygrophile telle que les lianes (*Smilax aspersa*), le lierre (*Hedera helix*), la fougère aigle (*Pteridium aquilinum*) et le laurier rose (*Nerium oleander*), mais aussi le myrte (*Myrtus communis*), la Bruyère arborescent (*Erica arborea*), l'Arbousier (*Arbutus unedo*), le lentisque (*Pistacia lentiscus*) et la Phyllère (*Phillyrea angustifolia*). En altitude, certains de ses végétaux disparaissent pour céder la place au Cyste à 3 fleurs (*Cytisus triflorus*), au Calycotome épineux (*Calycotum spinosa*), à l'aubépine (*Crataegus monogyna*) et à divers cistes. Dans les peuplements denses, ce sous-bois est par contre moins développé.

En semi-aride, pousse un sous-bois à caractère plutôt xérophile composé essentiellement de cistes (*Cistus salviifolius*, *C. monspeliensis*, *C. lataniers*, etc.), de Lavandes (*Lavandula atlantica* et *L. stoechas*), de Doum (*Chamaerops humilis*) et d'Hélianthèmes (*Helianthemum halimifolium*). Dans les stations dégradées, suite aux incendies surtout, en maquis abondant peut se développer, qui arrive souvent à supplanter le chêne liège. On trouve en plus de cette végétation xérophile, le Calycotome (*Calycotum villosa*), la Bruyère à balai (*Erica scoparia*), le Diss (*Amplodesmos mauritanicus*). (Boudy, 1950-1952 ; Natividade, 1956 ; Zeraia, 1982 ; El yousfi, 1991).

I.11. Traitements sylvicoles

Le chêne-liège est soumis à deux types de traitements, la sylviculture et la subériculture. Le premier s'intéresse à la pérennité des massifs en assurant leur reconstitution, leur régénération et leur maintien par apport aux soins culturaux dans le but d'assurer une récolte permanente et régulière du liège tandis que le second, à caractère industriel, vise à obtenir du liège en qualité et en quantité sans affecter pour autant la vitalité des arbres.

La sylviculture est généralement difficile à appliquer et a peu progressé, notamment en Algérie. Elle comprend deux principaux aspects : les opérations sylvicoles et l'aménagement. Le premier repose sur les différentes coupes à réaliser pour favoriser la régénération et sa prise en charge ultérieure. Mais l'aménagement des peuplements diffère selon leur régime (futaie ou taillis), leur structure (équienne ou jardinée), leur composition (pur ou mélangé), le type de liège désiré, etc.

En Algérie, la majorité des forêts de chêne-liège ne sont pas aménagées et la forme sylvicole dominante est la futaie jardinée claire et d'aspect irrégulier (Boudy, 1950).

En ce qui concerne l'exploitation du liège, l'arbre est mis en production pour la première fois vers l'âge de 25 à 50 ans, lorsqu'il atteint une circonférence d'au moins 60 à 70 cm à 1,30 m du sol.

La hauteur maximale de démasclage est déterminée à partir de la circonférence multipliée par un coefficient appelé « coefficient de démasclage ». Ce coefficient est variable et dépend de la fertilité des stations, et de l'état de végétation et de l'étage bioclimatique.

La levée du liège de reproduction ou déliégeage se pratique lorsque le liège devient mûr et exploitable.

Selon l'épaisseur, on distingue plusieurs catégories de liège dont la plus recherchée est le liège marchand dont l'épaisseur commerciale est fixée à 25 ou 27 mm voire 30 mm

En Algérie, la récolte du liège s'effectue avec une rotation de 9 à 12 ans, soit 10 ans en moyenne selon les conditions de végétation (Boudy, 1950).

La hauteur de l'écorçage est déterminée comme celle du démasclage. Mais à chaque passage une hausse de 25 à 40 cm est pratiquée mais en faisant en sorte qu'à la dernière récolte, la hauteur de l'écorçage ne dépasse pas les 4 mètres dans les bonnes conditions

Au total 4 à 6 récoltes peuvent avoir lieu au cours de la vie de l'arbre.

I.12. Importance économiques du chêne liège

L'importance économique du chêne-liège réside essentiellement dans son écorce, le liège, qu'il produit régulièrement tout au long de sa vie est utilisé depuis l'antiquité pour des fins diverses (Boudy, 1950).

Au point de vue de l'utilisation, on doit distinguer les lièges de reproduction proprement dits et les lièges de triturations comprenant le liège mâle, les déchets, les rebuts.

Le liège de reproduction sert à peu près exclusivement à la fabrication des bouchons. Les lièges minces et bâtards servent aux bouchons de pharmacie, aux topettes, les rebuts et lièges inférieurs donnent encore des bouchons de qualité médiocre. Les plus mauvais vont à la trituration. Parmi les autres emplois, on citera les bouées, ceintures de sauvetage, paille de liège en spirale pour les matelas.

C'est la trituration du liège en granulés de différents calibres qui est à la base de toutes les nouvelles applications du liège.

On emploie soit comme granulés crus ou torréfiés dont les propriétés techniques sont remarquables : isolant, faible poids, faible conductibilité thermique, hydrofuge,

Imperméable, résistance accrue. Il est utilisé par bourrage pour l'isolement thermique, l'isolement du son, en briques légères, réfractaires, etc....

Mais surtout sous forme de granulés agglomérés qu'il est le plus employé, soit sans liant, soit avec liant : industrie frigorifique ou chauffage. Climatisation des salles. Avec du liant, on l'utilise pour la chaussure, l'ébénisterie, les parquets, les briques.

Le bois de chêne-liège a par ailleurs été longtemps apprécié pour la construction, et pour la fabrication de coques de navires.

I.12.1. Production du liège

I.12.1.1. Production mondiale

Les débats ont permis de souligner que le problème le plus inquiétant concernant la production de liège n'est pas uniquement dans sa diminution en quantité, mais aussi sa dégradation en qualité (D.G.F., 1988).

D'après Venetier (2002), une subéraie adulte en densité finale produit entre 80 et 140 kg de liège par hectare et par an.

Le Portugal est le principal producteur de liège devant l'Espagne, l'Italie, l'Algérie, le Maroc, la Tunisie et la France (Figure 4). Le Portugal produit plus de 50 pour cent de la production mondiale de liège. L'Algérie, le Maroc et la Tunisie produisent ensemble environ 14 pour cent de cette production mondiale de liège, il constitue une ressource stratégique du fait de ses multiples usages

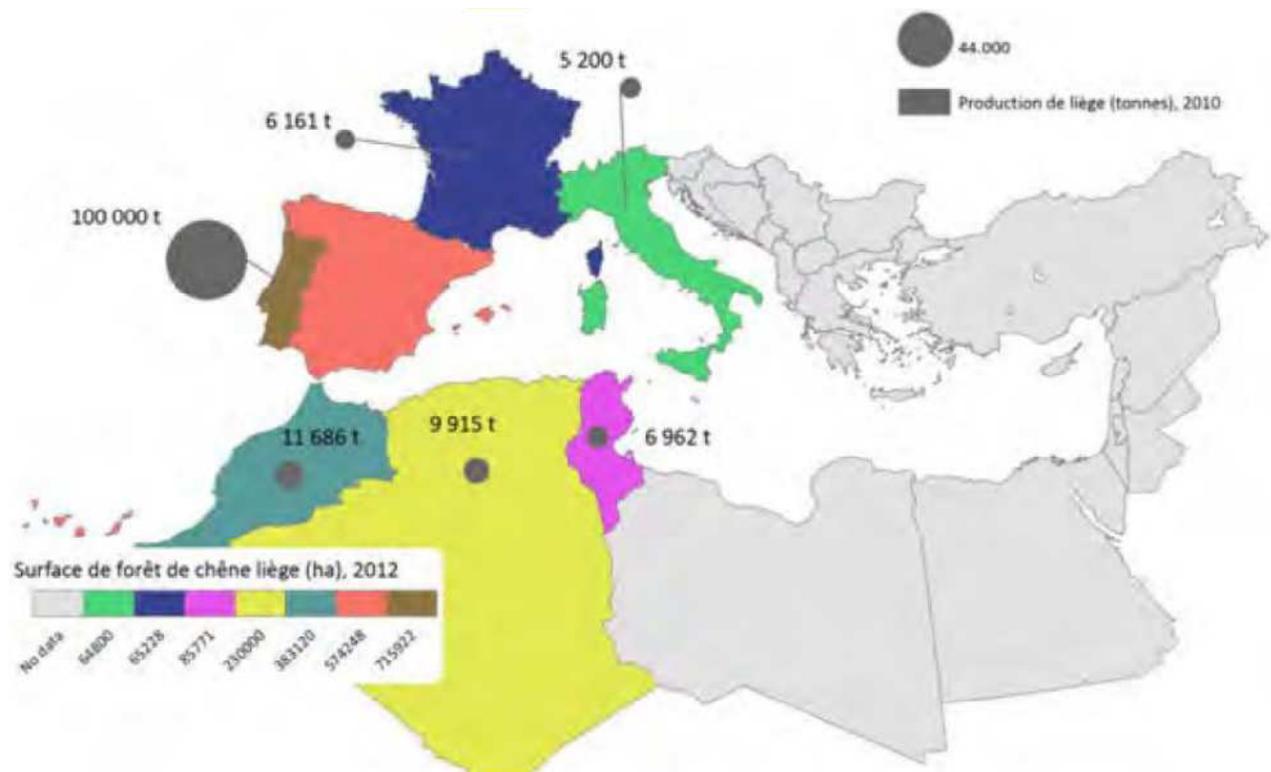


Figure 4 : Estimation des surfaces totales de forêts de chênes liège (hectares) et de la production de liège (tonnes) dans les pays producteurs du pourtour de la Méditerranée (Aronson, et al., 2009 ; APCOR, 2012)

I.12.1.2. La production en Algérie

Le chêne liège algérien a été cité dans la littérature pour la première fois en 1842 par Mr Victor Renou (Bouhraoua, 2003).

Après l'indépendance (1962), la superficie productive de liège a régressé considérablement pour atteindre actuellement près de la moitié, soit 220 000 hectares. La production nationale annuelle a chuté en parallèle, et oscille de nos jours entre 10 et 30 000 tonnes/an, soit 13 000 tonnes annuels en moyenne. Cette situation, qui a pesé lourdement non seulement sur l'économie forestière du pays mais aussi sur le milieu naturel, est le résultat logique de politique, technique, sylvicole, humain et naturel. L'influence de plusieurs causes adverses, d'ordre historique (Bouhraoua, 2003).

De nos jours, l'Algérie occupe le troisième rang des producteurs de liège (7% de la production mondiale), mais loin derrière le Portugal (57%) et l'Espagne (23%).

Les potentialités nationales sont estimées à plus de 200 000 Qx/an. Avec une production relativement faibles ces dernières années (100 000 à 150 000 Qx/an) (D.G.F, 1998).

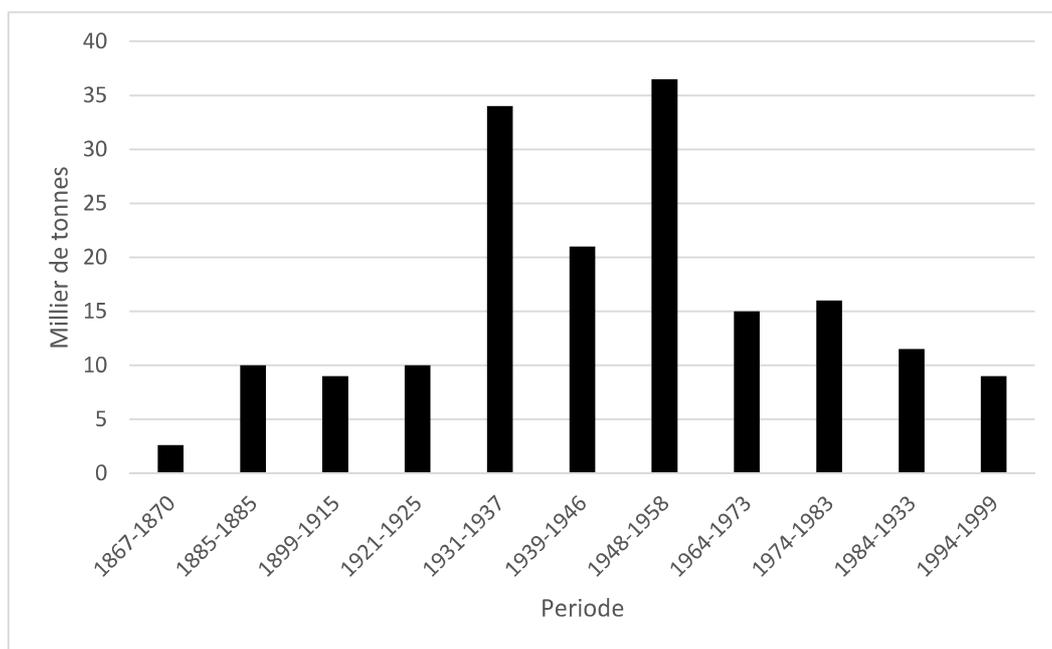


Figure 5 : Evolution périodique de la production annuelle du liège en Algérie entre 1867 et 1999 (Bouhezam, 2005). Modifier

I.13. Les ennemis du chêne liège

I.13.1. Maladie, parasites et dégât sur le chêne liège

I.13.1.1. Champignons

➤ *Hypoxylon mediterraneum*

Il est responsable d'importants dégâts dans les subéraies. Son attaque provoque d'abord la désorganisation du liber de l'arbre atteints avec émission suintements noirâtres, puis ensuite son remplacement par un stroma de couleur noire qui se développe jusqu'aux plus fines ramifications, et oblige les lièges à se fondre en se détachant du tronc.

Ce champignons attaquant de préférence des arbres affaiblis, la lutte ne peut être que préventive et résider dans le maintien du meilleur état sanitaire possible des peuplements par extraction des sujet dépérissant, vieux et malades (Richard, 1987).

➤ *Microsphaera quercina* (Oïdiums des chênes)

Il attaque les feuilles, et n'est dangereux que pour les jeunes arbres et les rejets (Richard, 1987).

➤ *Armillaria mellea* (Vahl)

Plusieurs espèces d'armillaires peuvent affecter les chênes (Durant et al., 1983). Mais le plus fréquemment signalé sur le chêne liège est le pourridié des racines causée par *Armillaria mellea* (Bouhraoua, 2003).

➤ Polypores

Ces gros champignons lignicoles, non déterminées, en forme d'épaulettes, sont généralement moins fréquents. Ils sont de taille et de couleurs différentes et on les trouve sur les troncs comme sur les branches maitresses ou périphériques. Ils se développent sur des sujet de tout âge mais très affaiblie (Bouhraoua, 2003).

Bouhraoua (2003) signale d'autres espèces de champignons qui peuvent attaquer le chêne liège, on cite :

Diplodia sp, *Fusarium* sp, *Pestalotia* sp, *Trichotecium roseum* et *Verticilium* sp. *Polyporus frondosus*, *Xanthochrous hispidus*, *Coriolus versicolor*, *Phytophthora cinnamomi*.

I.13.1.2. Insectes

Parmi les plus répandue dans les peuplements de chêne liège on peut rencontrer :

➤ *Lymantria dispar* L. (*Bombyx disparate*)

Cet insecte, en dévorant les feuilles, affaiblit considérablement les sujets atteints. Ses attaques peuvent intéresser d'importants territoires, et en se répétant d'une année à l'autre, compromettent gravement la production de liège ainsi que la vitalité des peuplements à court et moyen terme, par affaiblissement physiologique prédisposant à des attaque ultérieures de parasites (Richard, 1987).

➤ *Totrix viridana* L. (Tordeuse vert)

S'attaque aux bourgeons et aux feuilles, tout en causant moins de dégâts que le précédent (Richard, 1987).

➤ *Platypus cylindrus* Fab.

C'est un insecte dont les dégâts sont connus par les forestiers sous le nom de « piqures noires du chêne » (Dajoz, 1934 ; Chadihan, 1990). Il est polyphase et peut se développer aux dépens d'une grande variété d'arbres forestiers et même fruitiers (Cecconi, 1934 ; Balachowsky et al., 1963). Les fagacées restent cependant les essences les plus recherchées par cet insecte qui s'attaque préférentiellement au bois des chênes mais aussi au châtaigner et au hêtre (Barbey, 1987).

➤ *Crematogaster scutellaris* Oliv. (Fourmi a tête rouge)

Elle vit aux dépens de colonies de pucerons installées sur les rameaux des chênes, et creuse pour se loger d'importants réseaux de galeries dans l'épaisseur du liège, lequel s'en trouve totalement déprécié (Richard, 1987).

I.13.2. Les incendie

Le couvert léger du chêne liège, la nature siliceuse des sols sur lesquels il pousse, contribuent à faciliter le développement d'un sous-bois abondant : le maquis, or en pays méditerranéens, le maquis est le principal facteur de propagation des incendies. Ainsi les forêts de chêne liège sont-elles les plus fréquemment parcourues par le feu. Le passage du feu détruit apparemment toute végétation : herbes, broussailles, arbustes, sont calcinés. Le chêne liège, lui-même, donne le désolant spectacle de troncs et de grosses branches noircis, de jeunes rameaux et d'un feuillage totalement détruits (Seigue, 1985).

En outre Benkhadra (1991) signale que les incendies présentent parfois un avantage vis-à-vis de la régénération par rejet de souche ou par reprise de l'arbre lui-même.

PARTIE 1 : ANALYSE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE II :

APERÇU SUR LES CARACTERES
MORPHOLOGIQUES

ET

ANATOMIQUES DES ARBRES

Chapitre II : Aperçu sur les caractères morphologiques et anatomiques des arbres

II.1. Introduction

La feuille est, en botanique, l'organe spécialisé dans la photosynthèse chez les végétaux supérieurs. Elle est insérée sur les tiges des plantes au niveau des nœuds. A l'aisselle de la feuille se trouve un bourgeon axillaire. C'est aussi le siège de la respiration et de la transpiration. Les feuilles peuvent se spécialiser, notamment pour stocker des éléments nutritifs et de l'eau.

Pour accomplir son rôle, une feuille est généralement formée d'une lame plate et fine, le limbe, qui lui permet d'exposer à la lumière un maximum de surface. Mais il existe aussi des feuilles transformées, pour lesquelles le limbe est très réduit ; elles sont transformées en vrilles, écailles sur les bourgeons, épines. C'est le parenchyme palissadique, un type particulier de tissu de la feuille, qui effectue la photosynthèse grâce à ses cellules contenant les chloroplastes, et donne à la feuille sa couleur verte. La feuille présente une grande variété de formes, de tailles, de teintes, de textures ou encore d'ornementations dans le règne végétal. Ces particularités de la feuille sont souvent caractéristiques d'une espèce végétale, ou au moins d'un genre.

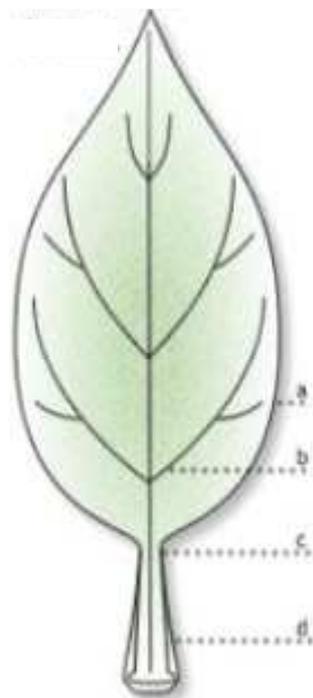
II.2. Caractéristiques externes des feuilles

II.2.1. Généralités

II.2.1.1. Définition

Les feuilles sont des organes végétatifs, généralement aplatis, portés latéralement par tiges. La tige et ses feuilles constituent un ensemble indissociable : la tige feuille.

Ces deux organes sont étroitement associés. Ils n'existent par l'un sans l'autre. Ils naissent d'un même organe embryonnaire : le point végétatif caulinaire. Leur vascularisation est commune.



II.2.1.2 Morphologie

La figure 6 montre les différentes parties de la feuille : un limbe plan (a) parcouru de nervures (b), avec souvent un pétiole (c) qui rattache la feuille à la tige, parfois élargi en gaine (d). Celle-ci peut « embrasser » la tige comme chez les poacées.

À la différence du reste de l'appareil végétatif de la plante (racine et tige), la feuille présente en général une symétrie bilatérale et non axiale.

Figure 6 : Schéma simplifié de la feuille

II.2.1.3. Modification de la feuille

II.2.1.3.1. Le limbe

Une feuille sans est réduite au pétiole qui prend le nom de phyllode. Exemple : *Acacia cyanophylla*

II.2.1.3.2. Le pétiole

Le pétiole peut être absent, la feuille est alors dite sessile. Il peut parfois être ailé, ou muni à sa base de stipules plus ou moins développés.

II.2.1.3.4. Nervation

Le limbe est parcouru par des nervures disposées de manière spécifique constante, deux grands types :

- ❖ Le type réticulé ou les nervures forment un réseau. La nervure qui prolonge pétiole est la nervure principale : exemple : dicotylédones.
- ❖ Le type fasciculé ou les nervures sont indépendantes les unes des autres. Exemple : monocotylédones (Hammiche, 1988).

II.2.2. Critères de description

Quatre critères permettent de décrire la feuille comme le montre les figures suivantes.

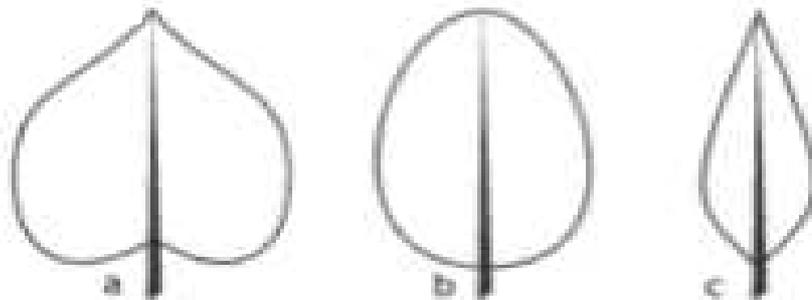


Figure 7 : Différentes formes de feuilles

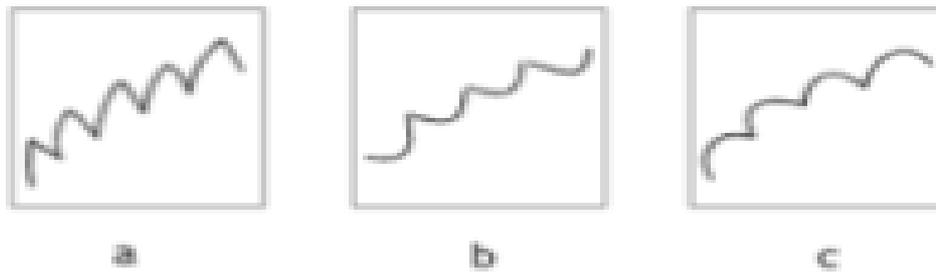


Figure 8 : Différents aspects de bords de feuilles



Figure 9 : Différente formes de feuilles découpées

II.2.3. Composition

La feuille est composée de pectine, de cellulose et de lignine. Ces composants sont de grandes molécules chimiques « emprisonnant » de nombreux éléments minéraux tels que calcium, potassium, sodium, magnésium, soufre, phosphore. Lors de la décomposition des feuilles en humus, ces éléments sont relâchés dans le sol et contribuent à son amélioration.

II.2.4. Formes

La feuille est dite simple si le limbe est entier, ou composée s'il est découpé en plusieurs petites feuilles : les folioles. Selon la disposition des folioles sur l'axe principal de la feuille ou rachis, il est dit que la feuille est :

- pennée, si les folioles sont disposées comme les barbes d'une plume ;
 - imparipennée si leur nombre est impair (il y a une foliole terminale) ;
 - paripennée dans le cas contraire ;
- trifoliolée s'il y a trois folioles (trèfle) ;
- palmée ou digitée si elles sont disposées comme les doigts de la main. Cependant les palmes, feuilles du palmier, qui sont en fait des feuilles entières, mais déchirées, ont parfois une forme pennée en forme de plume (dattier), ou encore costapalmée (Sabal

palmetto) si la structure est intermédiaire entre les deux autres formes (soit l'aspect général d'un éventail mais avec un axe central assez marqué);

- pédalée si chaque foliole est insérée sur la foliole voisine (hellébore) ;

La feuille peut être doublement composée ;

- bipennée si les folioles sont composées de foliolules ;
- tripennée si les folioles sont elles-mêmes composées.

La forme de la feuille : cordiforme, en forme de cœur (a), ovale (b) ou lancéolée (c), ou palmée, en forme de paume. Les formes sont très diversifiées : falciforme (en forme de faux), auriculée (avec des oreillettes à la base du limbe : laiteron), sagittée (en forme de flèche), peltée (lorsque le pétiole s'insère au milieu du limbe : capucine), décurrenente lorsque le limbe se prolonge sur la tige par des ailes, perfoliée quand les oreillettes se soudent donnant l'impression que la tige traverse le limbe, connée quand deux feuilles opposées sont soudées par le limbe (chèvrefeuille)....

II.2.5. Phyllotaxie

En outre, la distribution des feuilles sur la tige est aussi un caractère très variable, dont l'étude est la phyllotaxie. Les feuilles qu'elles peuvent être alternes, c'est-à-dire isolées et disposées alternativement de part et d'autre de la tige ; opposées, lorsqu'elles sont disposées par deux, au même niveau, l'un en face de l'autre sur une tige ou un rameau ; distiques, lorsqu'elles sont opposées mais toujours dans le même plan et verticillées, si elles sont réunies, par trois ou plus, en cercle autour de la tige, en étages successifs.

II.2.5.1. feuille isolées

Il y a une seule feuille à chaque nœud, on les appelle aussi : feuilles alternes.

La feuille isolée peut être :

- décurrenente : quand le limbe se prolonge sur la tige (verbascum).
- Amplexicaule : quand elle est sessile et très engainante (papaver).
- Perfolié : quand les bords du limbe se soudent autour de la tige.

II.2.5.2. Feuilles insérées par deux

- Opposées (distiques) diamétralement opposées (myrtus).
- Décussées diamétralement opposées et superposées deux par deux. Exemple : Mentha, Urtica.

Les feuilles sessiles et diamétralement opposées dont les bords se soudent autour de la tige sont dites : Connées, exemple : Ionicera (Gausson et al., 1982).

II.2.6. Durée de vie des feuilles

En général les feuilles sont caduques, elles tombent en automne, mais elles peuvent rester sur la tige bien qu'elles soient mortes, on dit qu'elles sont marcescentes (chêne), parfois elles restent vivantes plusieurs années ; elles sont persistantes (conifères).

II.2.7. Les poils des feuilles

Chez de nombreuses espèces, les feuilles portent des poils sur les deux faces ou sur l'une d'entre elles accentuant ainsi la dissymétrie de leur structure ; cette pilosité joue un rôle important dans les échanges de la feuille et présente diverses formes et disposition (Parcevaux, 1973).

II.3. Particularités internes des feuilles

II.3.1. Anatomie de la feuille

Une coupe transversale dans le limbe d'une feuille (Figure 10) permet de distinguer un épiderme supérieur percé de stomates, un parenchyme palissadique formé de cellules allongées perpendiculairement à la surface de la feuille, un parenchyme lacuneux à cellules polyédriques séparées par des lacunes ou circule l'air, enfin un épiderme inférieur très riche en stomates.

Les feuilles demeurent toujours recouvertes d'un épiderme, constitué par une simple assise de cellules sans chlorophylle à paroi externe parfois cutinisée.

On y remarque des stomates formés de deux cellules en forme de rein qui ménagent entre elles un orifice ou ostiole communiquant avec une lacune, la chambre sous stomatique : les stomates s'ouvrent et sous l'influence des agents extérieurs comme l'état hygrométriques de l'air ou l'éclairement et des agents internes tels que la composition de la sève brute. Les stomates sont aussi très nombreux sur les feuilles, surtout à leur face inférieure.

Le parenchyme palissadique possède des cellules riches en chlorophylle (Bossard, 1964).

II.4. Considérations générales sur les stomates

Tous les végétaux aériens possèdent des stomates comportant toujours des cellules de garde (Parcevaux, 1972) et les chambres sous stomatiques. La formation des stomates a lieu au cours de la croissance des feuilles.

II.4.1. Constitution du stomate

➤ L'appareil stomatique

Correspond à une paire de cellules stomatiques flanquées de deux à plusieurs cellules annexes. Ces cellules stomatiques assurent la fermeture et l'ouverture du stomate.

Ces cellules stomatiques sont souvent groupées par deux et elles ont une forme en haricot et possèdent les chloroplastes. Elles sont fréquemment entourées par des cellules compagnes

➤ L'ostiole ou orifice

C'est une petite ouverture à la surface des feuilles. Il se situe entre deux cellules stomatiques spécialisées de l'épiderme qui préservent son ouverture.

Ces cellules arquées font communiquer l'extérieur avec une lacune des tissus sous-jacents appelée chambre sous-stomatique.

Les parois des deux cellules bordantes sont épaissies.

Assez fréquemment, les cellules épidermiques sont prolongées extérieurement par des poils, qui peuvent être formés d'une seule cellule ou de plusieurs cellules.

Ces stomates effectuent des mouvements, le sens de ces mouvements est lié à l'anatomie de l'appareil stomatique.

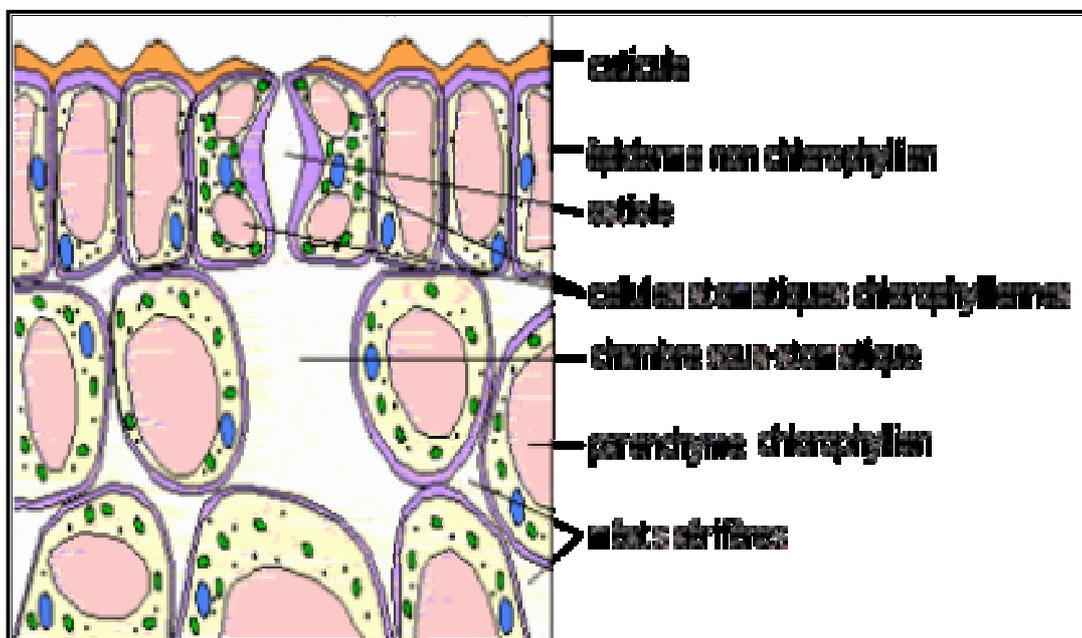


Figure 10 : Coupe transversale du limbe d'une feuille de dicotylédone (Rubinstein et al., 2005)

Ce schéma présente un stomate dans la feuille dicotylédone, il est composé de ses deux cellules de garde, l'épiderme et sa cuticule et quelques cellules de parenchyme chlorophyllien séparées par des méats aérifères et maintenant une grande chambre sous stomatique aérifère sous le stomate. On constate que les gaz de l'atmosphère sont en continuité avec cette chambre et les méats grâce à l'ostiole du stomate. Remarquons que dans l'épiderme, seules les cellules stomatiques sont pourvues de chloroplastes



Photo 7 : Vue des assises de l'épiderme foliaire (Rubinstein et al., 2005)

Les stomates sont répartis dans un épiderme pavimenteux (cellules en forme d'éléments de puzzle). Les cellules de garde sont chlorophylliennes. Elles sont fréquemment entourées par des cellules compagnes

II.4.2. Répartition des stomates

Les stomates sont, en général, plus régulièrement répartis sur les deux faces foliaires que chez les Dicotylédones. Ce n'est pas une règle absolument générale.

De ce fait, elle peut être l'un des éléments fondamentaux de classification des feuilles en se basant sur leurs répartitions à la surface des feuilles, on distingue :

- ◆ Feuilles hypostomatiques : Les stomates se situent sur la face inférieure des feuilles. Tous les sclérophytes ont des feuilles hypostomatiques tel est le cas du chêne-liège.
- ◆ Feuilles épistomatiques : Les stomates se situent sur la face supérieure des feuilles.

La position des stomates, dans l'épiderme, leur permet de jouer un rôle important dans les échanges de gaz entre la plante et l'atmosphère, chez différentes familles, la disposition des stomates, leurs enfoncements dans l'épiderme, la présence de cellules auxiliaires en nombre variable donnent lieu à des types de stomates particuliers dont l'étude joue aussi un rôle dans la classification.

Les stomates chez les chênes sont dépourvus de cellules accessoires, ils sont parfois groupés, plus souvent disséminés, assez rapprochés, jusqu'à vers les bords et même à la base des dents foliaire, l'épiderme de la nervure médiane et des nervures principales n'en porte jamais.

La longueur des stomates varie, non seulement dans la même espèce, mais suivant que la feuille a poussé à l'ombre ou au soleil. La largeur mesurée d'une cellule de clôture à l'autre ; elle est aussi variable.

Certaines espèces ont des stomates elliptiques, d'autres des stomates arrondis. Les stomates sont gros, très arrondis.

Beaucoup d'espèces ont les stomates situés dans le même plan que les autres cellules de l'épiderme. Le plus souvent, les stomates sont moins hauts que les autres cellules épidermiques et situés dans le plan externe. Parfois les cellules de fermetures sont visiblement repoussées vers l'extérieur, comme dans le Q. suber, ils sont profondément situés, enfoncés dans l'épiderme environnant.

Dans les cellules de fermetures et les cellules voisines chez le Q suber, la lamelle lignifiée est plus épaisse que dans les autres cellules épidermiques. Elle est épaissie en dessus et en dessous du lumen des cellules de fermetures, l'anneau de l'ostiole est entouré par la lamelle lignifiée, à l'exception d'une très petite partie de région dorsale, vers les poils du stomate

II.4.3. Mouvement des stomates

Le sens du mouvement des stomates est lié à l'anatomie de l'appareil stomatique. On distingue une composante mécanique et une composante physiologique.

- La composante physiologique : elle concerne les causes des variations de turgescence des cellules stomatiques qui provoquent les mouvements.
- La composante mécanique : elle doit expliquer comment la variation de volume des cellules stomatiques liée à la variation de turgescence. Se traduit par un mouvement orienté (figure 11).

Ce phénomène repose sur le fait que les parois des cellules stomatique ne sont épaissies que d'un côté.

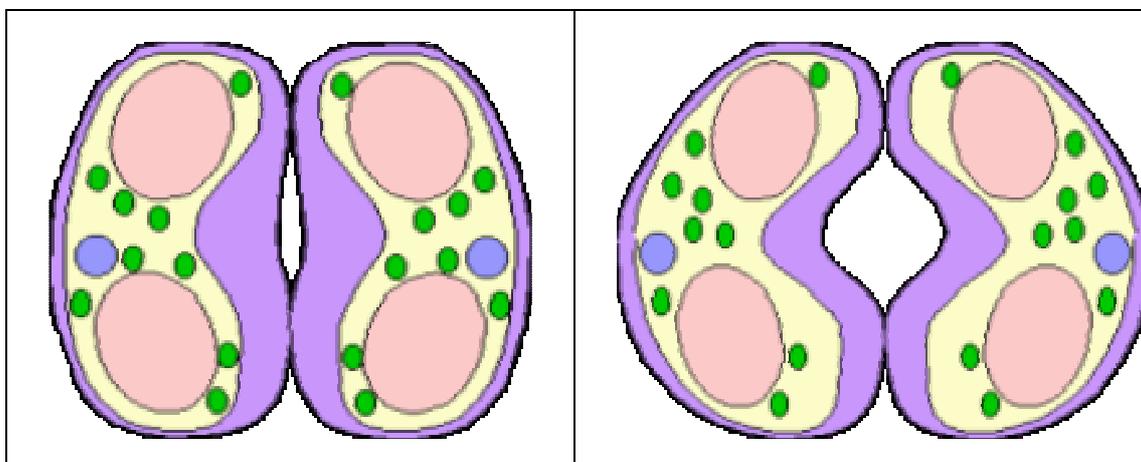


Figure 11.a : Schéma d'un stomate fermé (Rubinstein et al., 2005)

Figure 11.b : Schéma d'un stomate ouvert (Rubinstein et al., 2005)

II.4.4 Mécanisme d'ouvertures des stomates

II.4.4.1. Mécanisme de l'ouverture

L'ouverture des stomates est due à une déformation mécanique des cellules de garde sous l'effet de l'augmentation de la pression vacuolaire. Dès 1856, le physiologiste allemande Von Mohl démontra par des expériences de pression osmotique des stomates des cellules de garde.

Ce point de vue fut confirmé par de nombreuses observations et il est unanimement admis que l'ouverture est fonction de la différence ($T_g - T_e$) entre la pression de turgescence des cellules de garde (T_g), et celle des cellules épidermique (T_e) qui les entourent.

- Lorsque ($T_g - T_e$) est négative ou faiblement positive les cellules de garde sont comprimées par les cellules épidermiques et appliquées l'une contre l'autre et l'ostiole est fermé.
- Lorsque ($T_g - T_e$) augmente les cellules de garde se gonflent et comme leur paroi extérieure (opposé à l'ostiole) est plus mince et donc se dilate plus que leur paroi intérieure (face à l'ostiole). Elles ont tendance à s'incurver et l'ostiole s'ouvre (Heller et al., 1993).

II.5. Fonctionnement stomatique

La résistance des arbres repose sur leur fonctionnement stomatique, plus ou moins efficace pour limiter la consommation en eau. Différentes stratégies existent entre les essences, avec une régulation précoce dès que le potentiel hydrique des feuilles diminue et/ou une intensité de fermeture partielle permettant de maintenir un flux d'eau et de CO_2 non nul.

On considère maintenant que le fonctionnement des stomates est dépendant de l'anatomie du système conducteur de la sève brute, le xylème, et qu'il existe une coordination dans la régulation entre les flux en phase liquide (circulation de la sève ascendante dans le xylème) et en phase vapeur au niveau des stomates. Ainsi, la fermeture des stomates joue un rôle de protection du système conducteur de la sève : en limitant les tensions de l'eau entre le sol et les feuilles, les stomates maintiennent le système conducteur dans les limites de son fonctionnement.

II.6. Influence des facteurs externes et des facteurs internes sur les mouvements stomatiques

Les mouvements stomatiques résultent des variations de turgescence des cellules stomatiques dans le mécanisme a décrit.

Nous allons nous intéresser aux influences des facteurs externes et des facteurs internes.

II.6.1. Facteurs externes

Selon ces facteurs les mouvements stomatiques peuvent donc être photonastiques, thermonastiques, chimionastiques ou hydronastiques.

II.6.1.1. Photonastie

La lumière commande l'ouverture des stomates (Figure 12). Elle agit probablement au niveau des cellules du mésophylle par l'intermédiaire de la photosynthèse.

La photosynthèse brute réduit la teneur en CO_2 dans les espaces intercellulaires de la feuille, cette baisse de concentration est le stimulus auquel répondent les stomates en s'ouvrant (Mazliak, 1974).

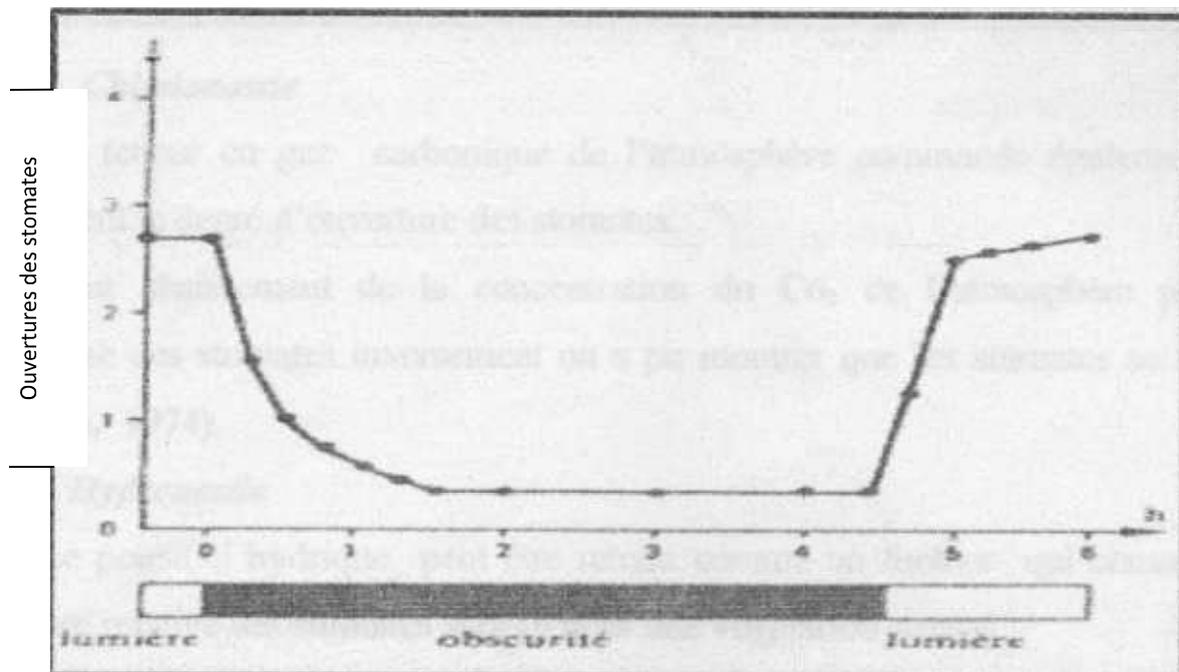


Figure 12 : Effet de la lumière sur l'ouverture des stomates (Mazliak, 1974)

II.6.1.2. Thermonastie

La température influe sur le degré d'ouverture des stomates (Figure 13), une ouverture maximale est généralement observée pour 25°C , aux plus hautes températures les stomates ont tendance à se refermer, Exemple : plantes en C3.

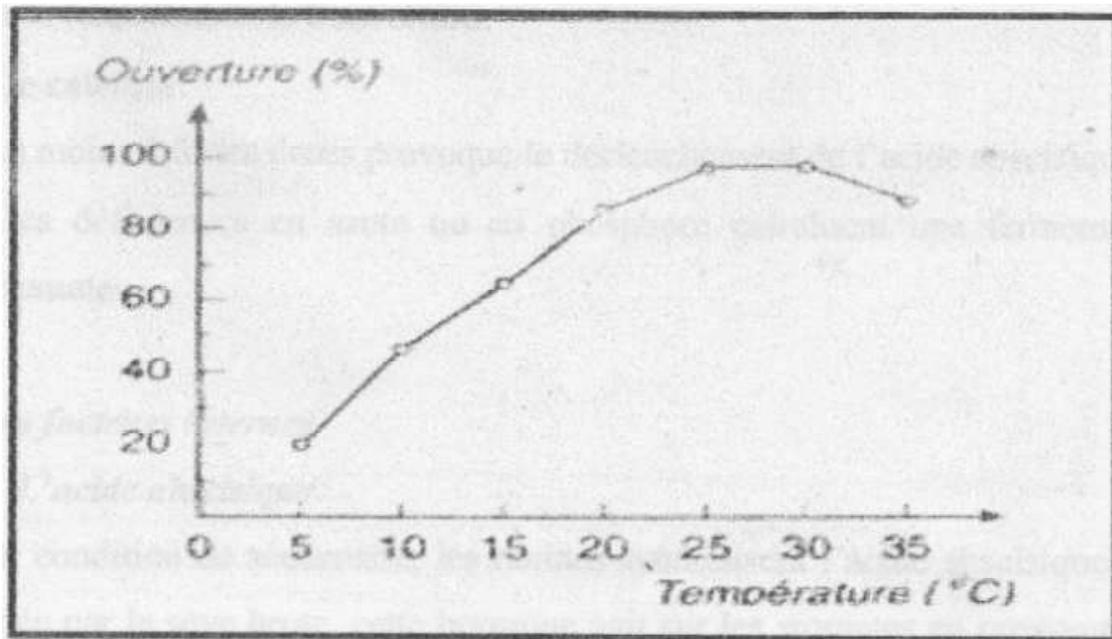


Figure 13 : Effet de la température sur l'ouverture des stomates (Mazliak, 1974).

II.6.1.3. Chimionastie

La teneur en gaz carbonique de l'atmosphère commande également très directement le degré d'ouverture des stomates.

Tout abaissement de la concentration du CO₂ de l'atmosphère provoque l'ouverture des stomates inversement on a pu montrer que les stomates se forment (Mazliak, 1974).

II.6.1.4. Hydronastie

Le potentiel hydrique peut être retenu comme un facteur qui commande la fermeture relative des stomates surtout pour une végétation stressée.

Le potentiel hydrique de l'air peut également influencer les mouvements stomatiques. Une humidité de l'air élevée induit l'ouverture des stomates et une faible humidité de l'air induit leur fermeture (Mazliak, 1974).

II.6.1.5. La composition minérale du milieu nutritif

➤ Potassium :

Une insuffisance en potassium entraîne une baisse de la teneur en K⁺ des feuilles et par la même, la fermeture des stomates puisque cet ion est le principal osmoticum responsable de l'ouverture.

➤ le calcium :

Au moins à fortes doses provoque le déclenchement de l'acide abscisique.

Des déficiences en azote ou en phosphore entraînent une fermeture des stomates.

II.6.2. Les facteurs internes

II.6.2.1. L'acide abscisique

En condition de sécheresse, les racines synthétisent l'acide abscisique (ABA) transportée par la sève brute, cette hormone agit sur les stomates en provoquant leur fermeture (en 3 min, à concentration $10^{-2}M$).

La sécheresse stimule aussi considérablement, la synthèse de l'ABA dans les feuilles. L'ABA bloque le fonctionnement des ATP ases membranaires entraînant une baisse de la turgescence des cellules de garde et la fermeture des stomates, ce mécanisme permet une adaptation rapide au stress hydrique. L'ABA administré artificiellement a le même effet sur les stomates (Heller et al., 1993).

II.6.2.2. Autres hormones

➤ **L'auxine :**

Agit de façon très variable selon les doses et les espèces. Aux doses physiologiques, elle agit généralement dans le sens de l'ouverture probablement parce qu'elle stimule la pompe à protons du plasmalemme et que par ailleurs elle est antagoniste de l'ABA.

➤ **L'éthylène :**

Qui apparaît notamment dans les conditions de stress hydrique, a un certain effet de fermeture.

II.7. Rôle des stomates

Les stomates sont au niveau de l'épiderme des feuilles et des tiges aériennes le lieu de passage des gaz (dioxyde de carbone, dioxygène, vapeur d'eau) qui jouent un rôle fondamental dans la physiologie de la plante.

II.7.1. La photosynthèse

Les cellules stomatiques sont aussi les cellules épidermiques à contenir des chloroplastes. Sous l'effet de la lumière, elles réalisent la photosynthèse (Tableau 2) et produisent de nombreux métabolites dont des acides organiques comme du malate des substances organiques telles que les glucides et l'ATP (Rubinstein et al., 2005).

Tableau 2 : Quelques valeurs d'activité photosynthétique maximale chez les herbacées et les ligneux (Mooney, 1972).

Type de végétation	CO ₂ (mg.dm ⁻² .h ⁻¹)	Fixé μ moles.m ⁻² .s ⁻¹
Herbacées		
C3 cultivées	20-35	12,5-22
Plantes C3	30-70	19-44
Héliophyles	15-60	9,5-38
Sciaphyte	4-16	2,5-7,5
Plantes CAM	4-12	2,5-7,5
Arbres		
Feuilles caduques	20-25	6-16
Feuilles persistantes	10-16	6-10
Ericacées. Arbustes	4-12	2,5-7,5
Conifères	4-12	2,5-7,5

II.7.2. La transpiration stomatique

En règle générale la densité des stomates sur la face inférieure des feuilles est plus grande que sur la face supérieure

Cependant les densités moyennes relevées sont très différentes d'une espèce à l'autre (Tableau 3).

Une transpiration maximale est obtenue les pores sont séparés les uns des autres à la surface de la feuille par une distance de 20 diamètre en moyenne. Dans ces conditions il n'y a pas d'interférence entre les gradients de vapeur d'eau qui s'établissent autour de chaque pore (Mazliak, 1974).

Tableau 3 : Densité des stomates chez divers végétaux (Mazliak, 1974)

Espèce	Type de photosynthèse	Nombre de stomates par mm ² de surface foliaire	
		Face supérieure	Face inférieure
Plante comestibles			
Brassica rapa (chou rave)	C3	376	726
Helianthus annuus (Tournesol)	C3	207	250
Pisum sativum (pois)	C3	100	220
Zea mays (Mais)	C4	95	160
Arbres			
Acer montanum (Erable de montagne)	C3	0	860
Olea europea (olivier)	C3	0	340
Fagus silvatica (hêtre)	C3	0	207
Ficus elastica (caoutchouc)			
Feuilles succulentes			
Crassula argentea (crassule argentée)	CAM	24	33
Agave americana (agave américaine)	CAM	21	21
Sedum acre (sedum acre)	CAM	18	18

II.7.2.1. Facteurs qui influençant la transpiration

- Humidité du sol

L'abaissement de l'humidité du sol en réduisant l'absorption freine la transpiration.

- **Agitation de l'air**

Le vent en renouvellement constamment l'air au contact des feuilles augmente la transpiration.

- La température

La température agissant également sur l'évaporation de l'eau cellulaire son augmentation entraîne pour les mêmes raisons une augmentation de l'ouverture des stomates et

donc une augmentation de la transpiration, mais au-delà de 25°C à 30°C. La transpiration diminue par fermeture des stomates.

- La lumière

La lumière entraîne l'ouverture des stomates et donc l'augmentation de la transpiration. Toute fois la sensibilité des plantes varie selon l'espèce.

- **Humidité de l'air**

La sécheresse de l'air provoque une diminution de la turgescence des cellules stomatiques ce qui diminue le diamètre des ostioles et aboutit à une diminution de la transpiration (Rubinstein et al., 2005).

II.7.2.2. Les échanges gazeux

Les stomates interviennent dans la régulation des échanges gazeux entre la feuille et l'atmosphère, nous nous rappelons la concentration de CO₂ ou en O₂ au site de leur utilisation est presque, nulle. Il s'établit ainsi une différence de la concentration entre l'intérieure de la feuille et l'air environnant faible pour le O₂ est comparativement très élevée pour le O₂ (Maziliak, 1974).

II.8. La feuille du chêne liège

Elles sont persistantes, coriaces et de couleur vert foncé, glabres sur leur partie supérieure et quelque peu pubescentes dessous, de forme ovale, légèrement dentées, elles ressemblent fortement à celles du chêne vert.

Leur taille varie de 3 à 6 cm en longueur et de 2 à 4 cm en largeur, le pétiole peut atteindre 2 cm.

L'automne du chêne-liège correspond à peu près à notre printemps. En effet, à cette période, les feuilles prennent une coloration jaunâtre, phénomène dû à l'apparition des nouvelles ébauches foliaires.

Avoir des feuilles pérennes (vertes toute l'année) présente des avantages certains pour cet arbre.

L'un des avantages est de pouvoir réaliser la photosynthèse pendant plus de jours tout au long de l'année, ce qui s'avère impossible pour les arbres caducifoliés (qui perdent leurs feuilles pendant l'hiver).

Le chêne-liège est également adapté au manque d'eau caractéristique de la plupart des étés méditerranéens.

Pendant l'été, le chêne-liège et autres arbres typiques des régions du climat méditerranéen réduisent les pertes d'eau par les feuilles (transpiration) tout en ralentissant le

métabolisme et la croissance. La perte d'eau est contrôlée au travers de la fermeture des stomates (pores), se trouvant généralement sur la face inférieure des feuilles, qui contrôlent les échanges gazeux avec l'air : l'entrée de CO₂ pour la photosynthèse et la sortie de vapeur d'eau pendant la transpiration. Cependant, les stomates ne sont pas totalement étanches et l'arbre pourrait se déshydrater au fil du temps.

Mais cet arbre ne peut sécher s'il veut survivre. Le chêne-liège maintient un taux d'hydratation suffisant grâce à un système de racines qui, outre le fait qu'il s'étend horizontalement, peut atteindre plusieurs mètres de profondeur. Ce qui favorise l'extraction de l'eau du sous-sol et même des nappes phréatiques. Pendant l'été, plus de 70% de l'eau issue de la transpiration des chênes lièges peut provenir des couches plus profondes du sol et du sous-sol

Les mouvements des stomates sont dus à des variations différentielles de turgescence. Ce sont des mouvements actifs, en réponse à une stimulation de l'environnement. Ils sont réversibles. Le sens du mouvement dépend essentiellement des caractéristiques des cellules du stomate et est indépendant de la direction du stimulus. Le stimulus est ici la présence ou non de la lumière ou du CO₂. Par leurs caractéristiques, ces mouvements peuvent donc être classés parmi les nasties de turgescence. L'organisme peut réguler ce mouvement par l'intermédiaire d'hormones (acide abscissique) en réponse à des modifications de l'environnement (stress hydrique).

L'ouverture et la fermeture de l'ostiole se fait en fonction des conditions climatiques (chaleur, humidité, luminosité) et internes. Certaines plantes (dites CAM comme les Crassulacées) n'ouvrent leurs stomates que la nuit pour éviter les trop grandes déperditions d'eau. Mais en général, les stomates s'ouvrent :

- lorsque la concentration en CO₂ diminue (c'est-à-dire lorsque la photosynthèse augmente donc lorsqu'il y a plus de lumière)
- en réponse à une irradiation à la lumière bleue (donc lorsque l'ensoleillement est fort et la photosynthèse à son maximum).

Et ils se ferment :

- en réponse à des concentrations internes en CO₂ fortes,
- quand les températures sont importantes,
- en présence de vent fort et d'humidité faible,
- à des signaux hormonaux comme les acides abscissiques (ABA).

PARTIE 2 : ETUDE
MORPHOLOGIQUES ET
ANATOMIQUES

CHAPITRE I :

MATERIEL ET METHODE

Chapitre I : Matériel et méthode

I.1 Présentation des stations d'études

Les subéraies étudiées se situent dans la région ouest algérienne. Ces subéraies sont généralement des peuplements reliques et isolés localisées dans des étages bioclimatiques subhumides ou intermédiaire entre le semi-aride et le subhumide dont la pluviométrie moyenne annuelle oscille entre 400 et 700 mm. Cependant, les peuplements, sont adaptés au milieu écologique où une bonne production de liège est observée.

Nous avons choisie trois stations d'étude les plus représentatives de cette région, avec un gradient altitudinal différent, deux en zone de montagne et une en zone littorale :

- La première est située dans les monts de Saida, on parle de la subéraie de Nesmoth,
- La deuxième située dans la zone littorale, représentée par la subéraie de M'Sila,
- La troisième se trouve dans les monts de Tlemcen, représentée par la subéraie de Hafir.

Le choix des stations s'est basé sur les caractéristiques physiques (nature du sol, topographie, géologie ...), climatiques (bioclimat, précipitation, humidité ...) et sur l'aspect de la subéraie (peuplement pure ou mélangé, naturel ou artificiel ...).

I.2. Caractéristiques des stations d'études

I.2.1. Situation géographique

Les situations géographiques des zones d'études sont illustrées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 : Situation géographique, et topographique des trois stations d'études.

Forêts	Nesmoth	M'Sila	Hafir
Coordonnées (km)	$X_1 = 210.6$ $Y_1 = 278.7$ $X_2 = 219.5$ $Y_2 = 293$	$X_1 = 173,1$ $Y_1 = 61,5$ $X_2 = 179.5$ $Y_2 = 71,7$	$X_1 = 123$ $Y_1 = 173$ $X_2 = 123$ $Y_2 = 165$
Distance à la mère (Km)	75	14	45
Wilaya	Mascara	Oran	Tlemcen
Délimitation	-au Nord commune de Nesmoth. -au Sud commune d'Aouf. -à l'Est commune de Zelamta. -à l'Ouest commune de Sidi Boussaid et Makda.	-El Ançor et les Andalouses au nord. -Les peuplements de Terziza au sud. -Ain El Kerma à l'Ouest -Messerghine à l'Est.	-au Nord commune de Sabra -au Sud commune d'Ain Ghraba -à l'Ouest, Beni Bahdel -à l'Est commune de Beni Mester.
Topographie	Montagne (Mts de Saida)	Littorale oranais	Montagne (Mts de Tlemcen)

La forêt de Nesmoth est située à une vingtaine de kilomètre au sud-ouest du chef-lieu de la wilaya de Mascara. La forêt de M'Sila se situe à 30 km à l'ouest d'Oran. Dans les monts de Tlemcen se trouve la forêt de Hafir, située à 15 km au sud-ouest de la ville de Tlemcen (Figure 14).

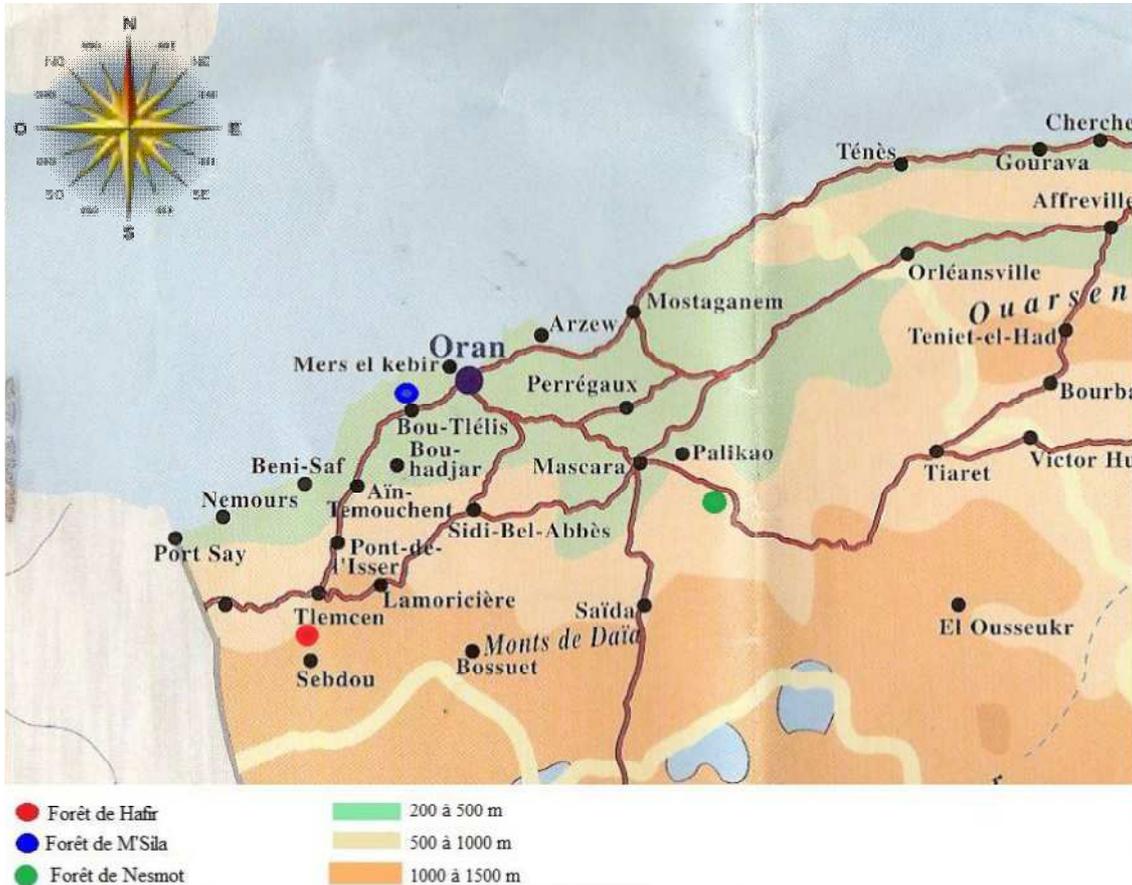


Figure 14.a : Localisation des zones d'étude sur carte d'altitude



Figure 14.b : Localisation des zones d'étude sur image satellite (Image, 2014)

I.2.2. Situation juridique et administrative

Le tableau suivant résume les situations juridiques et administratives des forêts étudiées.

Tableau 5 : Situation juridiques et administrative des trois zones d'études.

Forêts	Nesmoth	M'Sila	Hafir
Statut juridique	Forêt domaniale	Forêt domaniale	Forêt domaniale
Conservation	Mascara	Oran	Tlemcen
Circonscription	Tignennif	Oran	Tlemcen
District	Aouf – Ghriss	Boutlilis	Tlemcen
Triage	Nesmoth	M'Sila	Aïn Ghraba
Référence	C.F.T. (2003),	(C.F.W.O. 2004).	(C.O.I.T., 1900)

Les forêts algériennes ont été définitivement classées dans le domaine de l'état et soumises au régime forestier. Elles appartiennent à des réseaux administratifs différents.

I.2.3. Délimitation forestière

Nos trois zones d'études sont découpées en plusieurs cantons (tableau 6), en vue de leur aménagement et afin de faciliter leur gestion ainsi que pour assurer leurs pérennités.

Tableau 6 : Délimitation forestière des trois zones d'études

Forêt	Nombre de Cantons	Superficie totale (ha)	Référence
Nesmoth	19	6495	(T.F.N, 2005)
M'Sila	7	1570	(C.F.W.O. ,1996)
Hafir	24	9872 à 10156	(C.O.I.T., 1900)

La forêt de Hafir présente une superficie importante et un nombre de cantons plus élevé, il est de l'ordre de 24, la forêt de Nesmoth est découpée en 19 cantons, M'Sila est divisée seulement en 7 cantons compte tenu de la superficie la plus petite.

I.2.4. Equipement forestier

Une forêt proprement dite doit être aménagée et équipée pour des raisons sécuritaires, économiques et pour la protection de cette dernière. Le tableau suivant résume les équipements forestiers présents dans chaque station d'étude.

Tableau 7 : Equipements forestiers des trois stations d'études.

Forêt	Nesmoth	M'Sila	Hafir
Bornage	Aucun	Aucun	Aucun
Maison Forestière	3	1	2
Poste de vigie	2	1	1
Tranchée pare-feu	68 ha	28 ha	40 ha
Pistes	52,2 km	23 km	54 km
Référence	(C.F.T, 2003)	-	C.F.T (2003)

Nos trois zones d'étude sont équipées en vue de leur aménagement, et afin de faciliter leur gestion. On constate que la forêt de Nesmoth est la mieux équipée.

I.2.5. Caractéristiques physiques

Les monts de Saida, la zone littorale d'Oran et les monts de Tlemcen, sont caractérisées par la nature géologique, pédologique, orographique, et hydrographique différente. Le tableau suivant expose les principales caractéristiques physiques des zones étudiées.

Tableau 8 : Présentation des caractéristiques physiques des trois forêts (Nesmoth, M'Sila, Hafir).

Forêt	Nesmoth	M'Sila	Hafir
Géologie	Formation de calcaire et dolomie dur	Formation de schistes marneux de Crétacé supérieur	Formation de de gré séquanien et d'alluvions quaternaire
pédologie	Sablo-limoneux	Argilo-siliceux	Roche mère nue et sols bruns forestiers
Orographie	Relief mouvementé et accentué	Relief plus ou moins accidenté	Relief très accusé
hydrographie	7 Oueds	6 oueds et 1 ravin	2 oueds pour Hafir et 3 pour
Altitude	811 m	260 m à 568 m	1000 à 1418mpour Hafir
Référence	C.F.T (2003)	Quezel (2000) Lachgueur (2010)	Kazi-tani (1995), Bouchaour (2001), Dehan (2012)

On peut conclure que la forêt de Hafir est la plus accidentée par rapport aux deux autres forêts.

I.2.6. La pente

La pente joue un rôle important dans la répartition des réseaux hydrographique et favorise l'action de l'érosion hydrique. Le tableau 8 met en relief les classes de pente présentes dans les différentes zones d'études, et leurs superficies.

Tableau 9 : Répartition des classes de pente de la forêt domaniale de Nesmoth, M'Sila, Hafir (O.N.T.F., 1982). (C.F.B, 2005), (Benammar, 1988). (Houari, 1992).

Classes de pente	0 à 3%	4 à 15%	16 à 30%	plus de 30%
Nesmoth	4*	65	28	3
M'Sila	38,23	24,27	17,33	20,14
Hafir	2,84	18,33	72	6,66

* Les superficies occupées pour chaque classe sont estimées en %.

On ne constate que la forêt de Hafir présente les pentes les plus importantes (15 à 30%) sur 72% de sa superficie.

I.2.6. Etude de la végétation

Les peuplements de chêne liège sont différents d'une zone à une autre, et sont conditionnées par les paramètres physiques et climatiques. Le cortège floristique des subéraies étudiées est regroupé dans le tableau suivant.

Tableau 10 : Composition floristiques des trois zones d'étude.

Forêt	Espèces		
	Nesmoth	M'Sila	Hafir
Strate arborescent	Pin d'Alep (Pinus halepensis) Eucalyptus (Eucalyptus sp) Chêne vert (Quercus ilex) chêne liège (Quercus suber) Thuya (Tetraclinis aniculata)	Chêne liège Quercus suber pin d'Alep (Pinus halepensis) chêne vert (Quercus ilex) le Cyprès Cedrus atlantica Pinus pinaster Eucalyptus sp Ceratonia siliqua L	chêne vert (Quercus rotundifolia) Quercus faginea ssp. Tlemcenensis) Frênes oxyphylls (Fraxinus oxyphylla) Pin d'Alep (Pinus halepensis mill) Le pin pignon (PinusL Cyprès commun (Cupressus sempervirens) Eucalyptus (Eucalyptus sp)
Strate arbustive	Chêne vert Quercus ilex Thuya (Tetraclinis articulata) Genévrier oxycèdre (Juniperus oxycedrus) Calycotome (Calycotome spinosa) Lentisque (Pistacia lentiscus)	Arbutus unedo Quercus coccifera Phillyrea angustifolia Pistacia lentiscus Thuya articulé (Tetraclinis articulata) Genévrier oxycèdre (Juniperus oxycedrus)	l'olivier sauvage (Olea europea ssp. Oleaster) thuya de berberie (Tetraclinis articulata) Genévrier oxycèdre (Juniperus oxycedrus). Arbousier (Arbutus unedo)

	La phyllaire (Phyllyrea angustifolia) L'olivier (Olea europea)		
Strate herbacée	Romarin Rosmarinus officinlis.l. Dice Ampelodesma mauritanica.l. Stipa tenacissima Asparagus acutifolius	Cytisus triflorus, Ulex africanus Cistus monspeliensis cistus salvifolius Smilax aspera Rosmarinus officinalis Lavandula stoechas Ampelodesmos mauritanicus Stipa tenacissima Ranunculus monophyllus R. flabeliatus Teline linifolia Globularia alypum Lonicera implexa Helianthemum halimifolium Hedera hélax Asteriscus maritimus, Salvia algeriensis, Calycotome intermedia, Echium sp., Solenanthus Lanatus sp. Erica arborea	Rosmarinus officinlis.l. Ampelodesma mauritanica.l. Lavande aligné (Lavandula stoechas). Palmier nain (Chamærops himulis).
Référence	(C.F.T, 2003)	(Bekhadra, 1991), (Bouhraoua, 2003)	(Letreuch-belarouci et al., 2009)

Le tableau 10 montre que nos trois subéraie ont quasiment la même composition folristique, mais la forêt de M'Sila est un peu plus riche que les autres stations. On note l'absence de l'arbusier au niveau de la subéraie de Nesmoth et la présence de quelque pied de Frênes oxyphylles (*Fraxinus oxyphylla*) au niveau de la subéraie de Hafir.

I.3. Caractéristiques climatiques

Le climat Algérien est assez instable, il est très variable d'une année à l'autre pour une même station. C'est surtout la pluviosité qui est très irrégulière : hauteur des précipitations variables, date plus ou moins avancée ou reculée du début de la saison sèche et du retour de cette dernière et de la saison pluvieuse (Letreuch, 1981).

En effet, pour caractériser au mieux ce climat et son influence sur le chêne liège, on a employé quelques indices climatiques couramment utilisés en bioclimatologie.

I.3.1. Choix des données des stations météorologiques

Les stations de référence retenues au niveau des trois forêts (Tableau 11) répondent au plus grand nombre de critères représentatifs, à savoir :

- Absence des barrières climatiques.
- Disponibilité d'un maximum de données climatiques.

Tableau 11 : Caractéristiques des stations de référence.

Station	Forêt	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Paramètres climatiques
Metmour	Nesmoth	35°36' N	0°18' E	476	Pluviométrie Température
Mefrouche	Hafir	34°51' N	1°16' W	1100	Pluviométrie Température
Messreghine	M'Sila	35°37' N	0°52' W	124	Pluviométrie Température

I.3.2. Les facteurs climatiques

Les composantes majeures du climat sont les facteurs hydriques et facteurs thermiques. Ces deux facteurs ont une influence déterminante sur la distribution géographique du chêne-liège dans le monde.

I.3.2.1. Les facteurs hydriques

➤ Précipitations

Le climat du tell oranais se caractérise par une répartition irrégulière des précipitations dans le temps et dans l'espace. Le tableau suivant montre la répartition moyenne annuelle et mensuelle des pluies des trois forêts.

Tableau 12 : Moyennes mensuelles annuelles des précipitations des forêts de Nesmoth (2003-2012), M'Sila (1961-2011) et Hafir (1975-2008).

Mois	Jv	F	M	Av	Ma	J	Jt	Ao	S	O	N	D	Total
P Nesmoth*	61,4	67,0	46,2	59,7	52,5	8,2	2,5	14,3	25,6	52,4	68,7	73,2	531,5
M'Sila	59,9	45,2	47,8	33,6	26,3	4,7	0,4	1,2	12,2	38,4	66,9	62,9	399,2
Hafir	71,2	78,4	87,5	65,5	57,1	12,1	3,7	4,5	21,3	41,1	72,4	53,7	568

(*Les données climatiques pour Nesmoth, ont été corrigées en tenant compte de l'altitude).

Les moyennes mensuelles des pluies varient d'un mois à un autre et d'une zone à l'autre (Figure 15) ; ces variations nous ont permis de distinguer que la période pluvieuse de la forêt de Nesmoth, s'étend d'octobre à mai, et le mois le plus pluvieux est celui de décembre avec un maximum de 73,2 mm, le mois le plus sec est juillet avec un minimum de 2,5 mm.

La forêt de M'Sila et de Hafir, sont caractérisées par des périodes pluvieuses qui s'étale du mois d'octobre à mai, avec un optimum de 66,9 mm au mois de novembre pour la forêt de M'Sila, et 87,5 mm au mois de mars pour la forêt de Hafir, la période sèche est comprise entre le mois de juin et août pour les deux forêt, avec un minimum de 0,5 mm au mois de juin pour la forêt de M'Sila et de 3,7 mm au mois de Juin pour la forêt de Hafir.

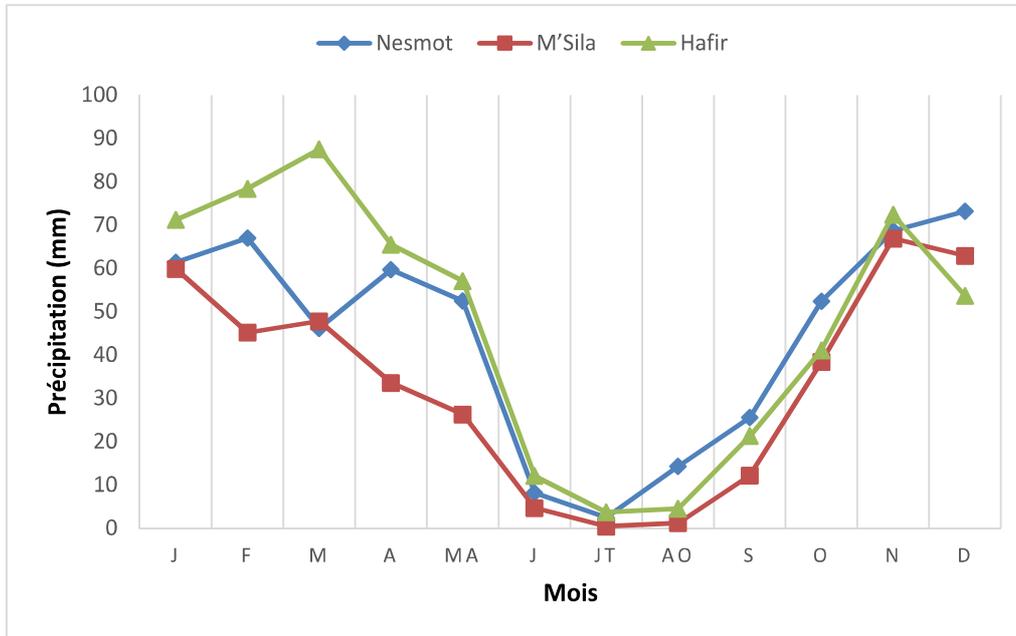


Figure 15 : Variation des précipitations moyennes mensuelles des trois zones d'études

➤ Régime saisonnier

Daget (1977), définit l'été sous un climat méditerranéen comme la saison la plus chaude et la moins arrosée.

Tableau 13 : Le régime saisonnier des précipitations au niveau des trois zones d'études.

Période	Forêt	Répartition saisonnière des précipitations				Total annuel	Régime saisonnier
		Hiver	Printemps	Eté	Automne		
2003-2012	Nesmoth	201,8	158,4	25	146,7	531,5	HPAE
1971-2011	M'Sila	168	107,7	6,31	117,5	399,3	HAPE
1975-2008	Hafir	203,3	210,1	20,3	134,8	568,5	PHAE

La saison estivale est déterminée à partir des trois mois consécutifs juin, juillet et août qui ont un minimum pluviométrique qui permet de caractériser les régimes saisonniers selon le tableau 13.

A travers ce tableau, nous remarquons qu'en zone intérieure le régime saisonnier est de type HPAE pour les forêts de Nesmoth, tandis qu'en zone littorale à ambiance maritime le régime saisonnier des précipitations est de type HAPE pour la forêt de M'Sila. Ceci explique

que le maximum des pluies est concentré en hiver et en automne, avec un degré moindre au printemps pour la forêt de M'Sila et un maximum des pluies concentré en hiver et printemps pour la forêt de la région de Mascara. Ce régime correspond plus ou moins à la bonne croissance des arbres et aux bons accroissements du liège.

Par contre, la forêt de Hafir située en zone de montagne a un régime saisonnier de type PHAE, ceci explique que le maximum des précipitations est concentré au printemps et en hiver.

I.3.2.2. Les facteurs thermiques

La température est le second facteur limitant du climat qui influe sur le développement de la végétation, et qui détermine surtout la répartition des essences.

D'ailleurs, chaque espèce végétale a besoin d'une température optimale spécifique pour sa multiplication, et son intervalle de tolérance. Pour nos zones d'études, la température présente des variations remarquables (Tableau 14).

Tableau 14 : Moyennes mensuelles des températures maximales et minimales des forêts de Nesmoth (2003-2012), M'Sila (1971-2011) et Hafir (1975-2008).

Mois		J	F	M	A	Ma	J	Jt	A	S	O	N	D
M	Nesmoth	11,5	12,1	15,6	18,5	22,5	28,8	32,4	32,9	7,5	23,0	15,7	11,9
	M'Sila	17	17,9	19,4	22	22,7	26,7	29,8	30,1	28	24,8	19,9	16,8
	Hafir	12,9	16,3	19,7	20,7	26,7	31	31,2	34,3	28,5	25	16,6	13,2
m	Nesmoth	1,2	1,9	3,8	5,7	9,3	13,1	17,6	17,3	14,0	10,4	5,7	2,7
	M'Sila	6,8	8,4	9,7	11,2	14,2	17,2	19,6	20,6	18,3	15,2	10,8	8,2
	Hafir	2,5	3,6	4,37	4,75	7,8	12,2	17	18,7	16,5	10,5	4,8	4,7
M + m 2	Nesmoth	6,3	7,0	9,7	12,1	15,9	20,9	25,0	25,1	20,7	16,7	10,7	7,3
	M'Sila	12	13,1	14,6	14,7	18,5	22,28	24,9	25,1	23,2	19,2	15,2	12,6
	Hafir	7,1	9,9	12,1	12,7	17,3	21,6	25,6	24,9	17,8	10,8	10,7	8,9

Les températures moyennes dans la forêt de Nesmoth, montre un maximum de 25,1°C au mois d'août, qui reste le mois le plus chaud de l'année. Le minima est de 6,3°C, enregistré au mois de janvier.

Pour la forêt de M'Sila, les températures moyennes présente un maxima de 30,1 au mois d'août, et un minima de 6,8 au mois de janvier.

En zone de haute montagne, ce qui est le cas de la forêt de Hafir, les températures sont un peu plus clémentes par rapport aux autres stations, elles sont représentées par des moyennes des maxima de l'ordre de 25,6 enregistrées au mois de juillet, et des minima de 7,1 au mois de janvier.

I.3.2.3. Autres facteurs climatiques

A côté de ces principaux facteurs climatiques, un certain nombre d'autres facteurs peuvent exercer une certaine influence sur le chêne liège. Parmi les plus importants, citons l'humidité relative atmosphérique, le vent et la neige.

➤ L'humidité relative

On appelle l'humidité relative, en degré hygrométrique, le pourcentage de vapeur d'eau qui existe réellement dans l'air par rapport à la quantité maximale que pourrait contenir l'atmosphère dans les mêmes conditions de température et de pression.

Le taux d'humidité dans la forêt de Nesmoth varie au cours de l'année de 72% en hiver à seulement 40% en été car les monts de Saida constituent souvent un écran aux influences maritimes (Bouhraoua, 2003).

Dans la zone littorale, la forêt de M'Sila exposée aux influences maritimes, est soumise à une forte hygrométrie atmosphérique. Avec une variation annuelle faible, celle-ci oscille entre 75 % en hiver et 67 % en été, soit une moyenne relativement élevée de 72 %. Dans cette forêt, outre cette humidité qui compense le déficit des pluies en saison estivale, les rosées et brouillards sont fréquents et peuvent conduire selon Quezel (2000), à un apport d'eau très important.

Dans la zone de haute montagne, bien qu'il y ait souvent un obstacle à ces influences maritimes, la forêt de Hafir est caractérisée par une hygrométrie un peu plus faible. Elle varie au cours de l'année de 75 % en hiver à 65 % en été. La saison estivale y est donc plus sèche que sur le littoral mais les précipitations occultes (brouillards notamment) qui sont assez fréquentes fournissent par leur condensation un apport d'humidité supplémentaire au sol (Sauvagnac, 1956 ; Bouhraoua, 2003).

I.4. Synthèse climatique

L'étude synthétique du climat permet d'avoir un aperçu général sur le type de ce dernier qui règne dans la zone d'étude.

Cette synthèse ne porte que sur deux paramètres climatiques. La température et les précipitations fournies par les réseaux des stations météorologiques en place. Plusieurs auteurs (Rivas-martinez, 1981 ; Dahmani, 1997) ont proposé des formulations numériques et graphiques dans l'intérêt de mettre en évidence l'importance du facteur en question sur la végétation.

I.4.1. Amplitude thermique extrême moyenne ou indice de continentalité

L'amplitude thermique extrême (M-m) est paramètre climatique important car il permet de définir à partir d'un indice appelé « indice de continentalité » si la zone est sous influence maritime ou continental (Tableau 15). Il permet aussi, à travers ses valeurs, de caractériser le mode de croissance de certaines essences, telle que le chêne liège.

Tableau 15 : Indice de continentalité des trois zones d'études.

Forêt	Période	M (°C)	m (°C)	M-m (°C)	Type de climat
Nesmoth	2003-2012	32,9	1,2	31,7	Semi-continental
M'Sila	1971-2011	30,1	6,8	23,3	Littoral
Hafir	1975-2008	34,3	2,5	31,8	Semi-continental

Selon la classification de Debrech (1953), trois types de climats sont définis :

- Climat insulaire : $M-m < 15^{\circ}\text{C}$;
- Climat littoral : $15^{\circ}\text{C} < M-m < 25^{\circ}\text{C}$;
- Climat semi continental : $25^{\circ}\text{C} < M-m < 35^{\circ}\text{C}$;
- Climat continental : $M-m > 35^{\circ}\text{C}$.

En se référant à la classification de Debrach (1953), il apparaît clairement que la forêt de Nesmoth et Hafir jouit d'un types de climat semi-continental ($25^{\circ}\text{C} < M-m < 35^{\circ}\text{C}$) caractérisant la brutalité des contrastes thermiques. Par contre la forêt de M'Sila jouit depuis longtemps d'un climat typiquement littoral bénéficiant de la brise maritime durant l'année qui adoucie les températures de l'hiver (m) et de l'été (M).

I.4.2. Indice de sécheresse estivale

Cet indice s'exprime par le rapport entre les valeurs moyennes des précipitations estivales P_e (mm) et la moyenne des maxima du mois le plus chaud M (°C), selon la formule d'Emberger (1942) : $I.e = P_e/M$

Tableau 16 : Indice de sécheresse estivale des trois zones d'études.

Forêt	Périodes	Pluviosité estivale P_e (mm)	Valeur de M (°C)	« I.e »
Nesmoth	2003-2012	25	32,9	0,75
M'Sila	1971-2011	6,31	30,1	0,20
Hafir	1975-2008	19,4	34,3	0,56

Il ressort de ce tableau que l'indice de sécheresse est très inférieur à 5 pour les trois subéraies. Nous pouvons confirmer l'appartenance de ces forêts au climat méditerranéen selon la grille de Daget (1977) mais à sécheresse bien avancée.

I.4.3. Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Bagnouls et Gaussen (1953) considèrent, sur la base d'une comparaison graphique entre les précipitations (P) et les températures moyennes (T), deux saisons avec une échelle des pluies deux fois plus grande que celles des températures : l'une humide et l'autre sèche, on parle de saison sèche lorsque la courbe des pluies passe en dessous de celle des températures.

Les valeurs des précipitations mensuelles correspondant aux mois secs déterminés par l'examen des diagrammes ombrothermiques de la station, est consigné dans les figures suivantes. La hauteur des précipitations est inférieure ou égale à 2 fois la température moyenne du même mois.

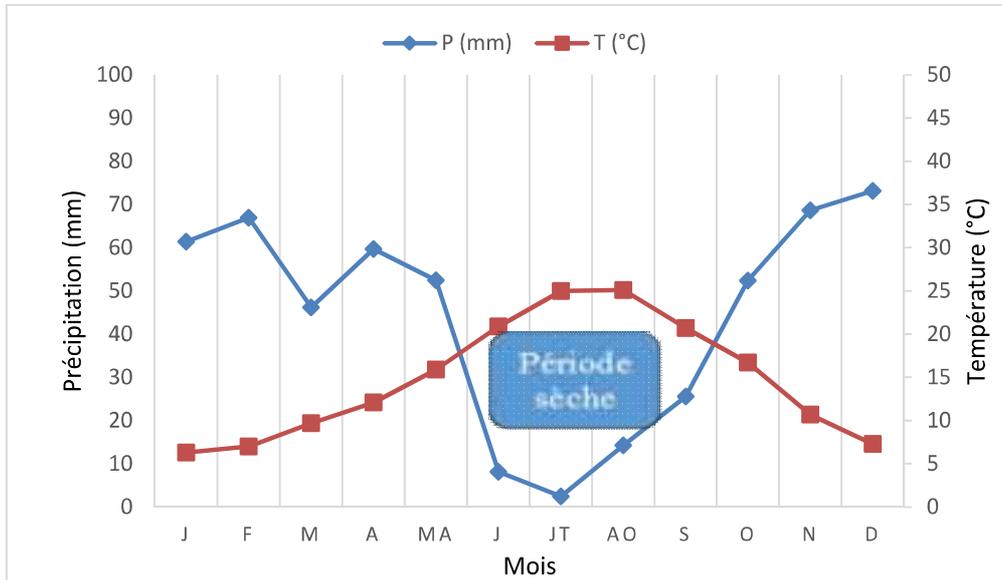


Figure 16 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la forêt de Nesmoth (2003-2012).

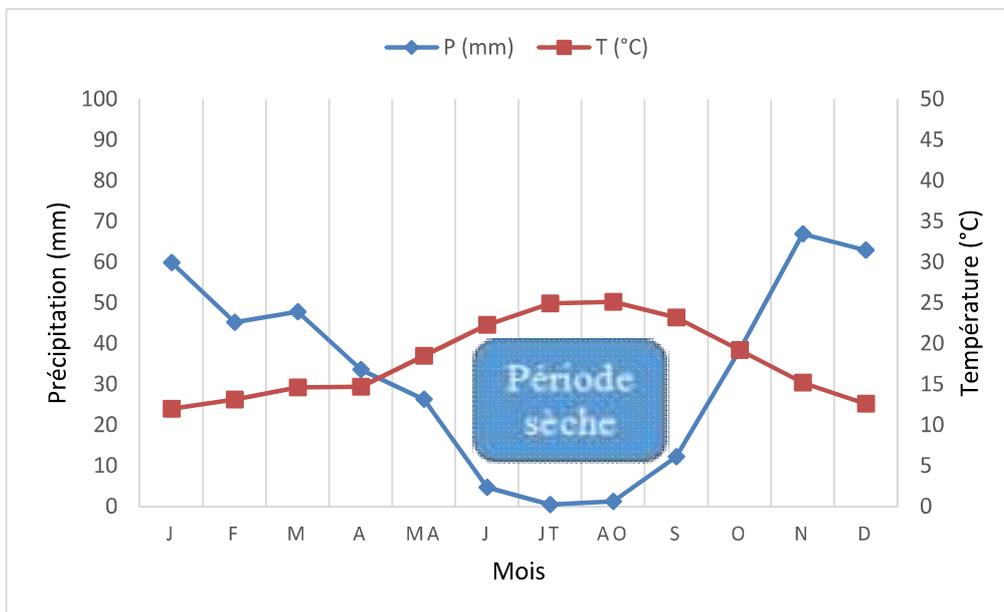


Figure 17 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la forêt de M'Sila (1971-2011).

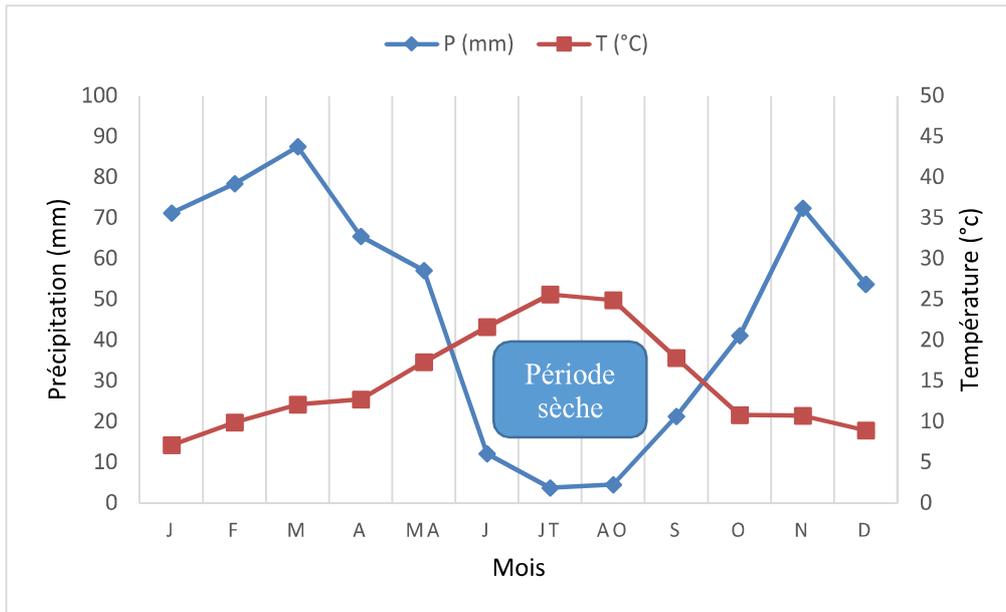


Figure 18 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la forêt de Hafir (1975-2008).

Il ressort de ces diagrammes que : la forêt de Nesmoth est caractérisée par une période sèche allant du mois de mai à la mi-septembre, ce qui représente une période de presque 5 mois. Tandis que la forêt de M'Sila est caractérisée par une saison sèche relativement plus longue (6 mois), comprise entre le mois d'avril et le mois d'octobre. En zone de montagne, la forêt de Hafir représente une saison sèche plutôt courte, elle est comprise entre la fin mai et mi-septembre d'une durée de 4 mois.

I.4.4. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

Cet indice climatique est le plus fréquemment utilisé pour caractériser le bioclimat d'une région méditerranéenne et notamment en Afrique du Nord. Le quotient pluviothermique « Q_2 » est déterminé par la formule établie par Emberger (1955) (tableau 17).

$$Q_2 = 2000 \frac{P}{M^2 - m^2}$$

Avec P : moyenne des précipitations annuelles (mm) ; M : moyenne des maxima du mois le plus chaud ($^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,2$) et m : moyenne des minima du mois le plus froid ($^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,2$).

Tableau 17 : Valeurs du « Q_2 » et étages bioclimatiques des trois zones d'étude.

Forêt	Période	P (mm)	M ($^{\circ}\text{C}$)	m ($^{\circ}\text{C}$)	Q_2	Etage bioclimatique	Variante thermique
Nesmoth	2003-2012	531,5	32,9	1,2	57,73	Semi-aride	Hiver frais
M'Sila	1971-2011	399,2	30,1	6,8	58,74	Semi-aride	Hiver tempéré
Hafir	1975-2008	568	34,3	2,5	61,25	Subhumide inférieure	Hiver frais

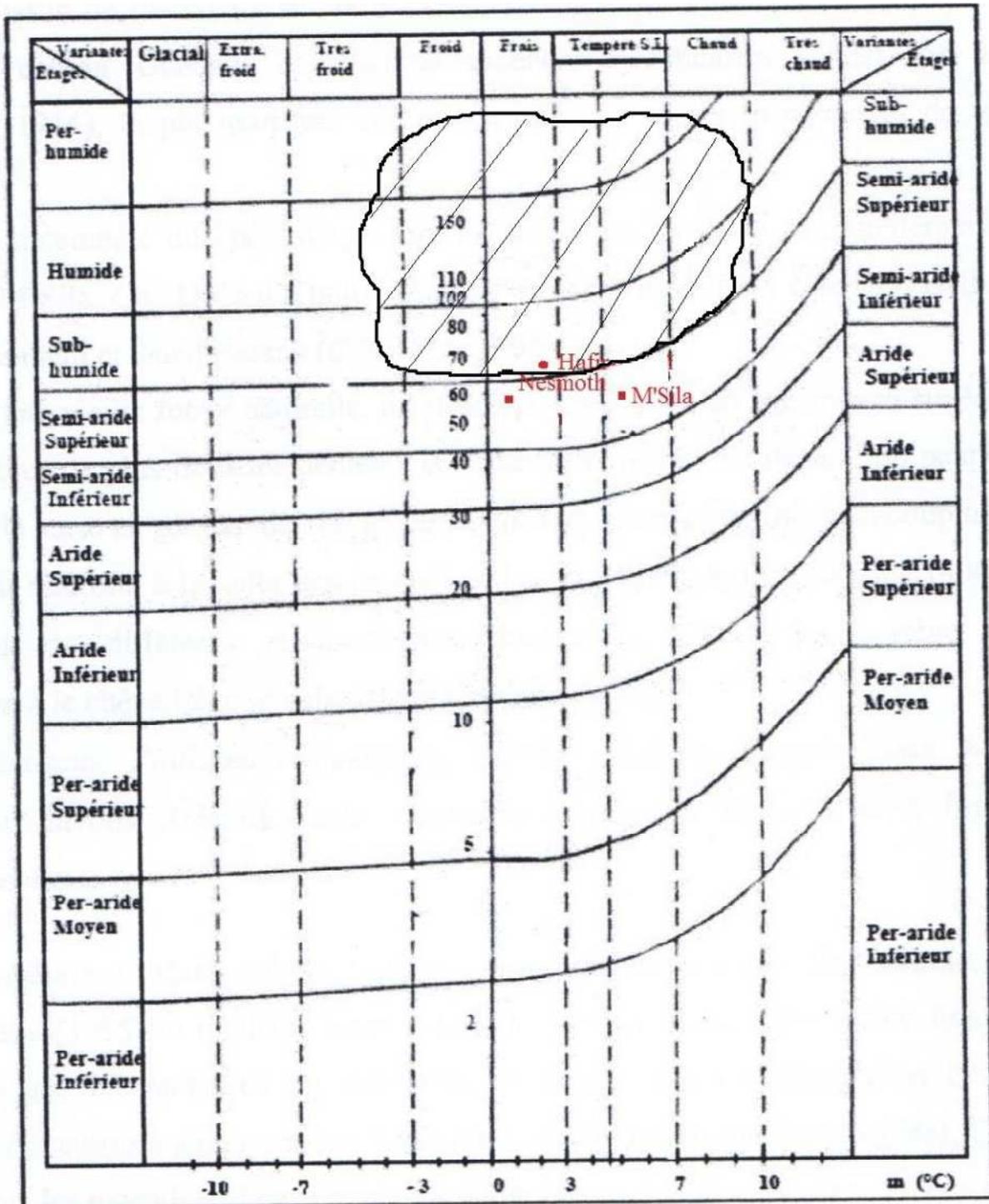


Figure 19 : Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger des quatre zones d'étude (zone en hachuré représente l'aire du chêne liège)

Ce graphe nous permet de constater que seule les peuplements de chêne liège de Hafir sont dans leur aire écologique, alors que Nesmoth et M'Sila constituent l'aire culturelle à la limite de son aire écologique.

Donc, il ressort de cette analyse climatique limitée aux régions d'étude que le peuplement de chêne-liège de la région oranaise peut s'installer dans deux étages bioclimatiques différents :

- Le premier, c'est le subhumide : cet étage est représenté par la forêt de Hafir (Q2 est de 61,25). Elle se caractérise par des précipitations printanières (régime saisonnier de type HPAE) et une saison estivale relativement courte.
- Le deuxième, c'est le semi-aride : représenté par les forêts de Nesmoth et M'Sila (Q2 de 57,73 et 58,74 respectivement) où les pluies sont abondantes en hiver (régime saisonnier de type HPAE). Elles sont marquées par une saison estivale plus longue que la précédente.

Le bioclimat semi-aride caractérise les zones de Nesmoth et de M'Sila où les précipitations sont inférieures à 600 mm, zone trop sèche pour le chêne liège. Par contre auparavant, il était à la limite de son aire, s'il s'y maintient, c'est grâce à l'humidité atmosphérique peu élevée de la zone atlantique. Cependant l'aire de répartition actuelle du chêne liège à Nesmoth, M'Sila et Hafir est non seulement conditionné par le climat mais aussi par les facteurs anthropozoïques qui exercent une action prépondérante et semblent expliquer la translation de l'aire du chêne liège du Sud vers le Nord.

I.5. Méthodologie de travail

I.5.1. Travail sur le terrain

I.5.1.1. Etude des peuplements et relevés dendrométriques

Les sorties sur le terrain et les enquêtes auprès des forestiers ainsi que la consultation de tous les documents en rapport avec notre zone d'étude nous a permis de caractériser et de décrire les subéraies étudiées. Nous avons analysé l'ensemble des données quant à l'impact anthropique et l'état sylvicole des populations de chêne liège de la zone d'étude.

Les relevés dendrométriques ont été effectués selon les principes de base. La dendrométrie utilise un ensemble de connaissances et de méthodes afin de fournir aux scientifiques et aux preneurs de décisions de l'information sur la forêt, l'arbre, ses produits et sur l'impact des modifications environnementales. Elle est notamment à la base de décisions financières et économique.

Au vue de l'étendue et le morcellement du massif forestier de nos zones d'étude et afin de mieux caractériser les peuplements du chêne-liège, nous avons étudié et décrit quelques caractères dendrométriques, morphologique et anatomiques du chêne-liège sur les stations échantillonnées d'une part et nous avons d'autre part comparer les zones entre elles, afin de mettre en évidence la variabilité intra et inter populations entre les trois sites étudiés.

I.5.1.2. Méthode d'échantillonnage

L'échantillonnage a été effectué aléatoirement sur 15 arbres dans chaque population. La méthode a consisté à faire un transect en dent de scie, avec un prélèvement d'échantillon de feuilles et des mesures dendrométrique tout les 50 m sur un arbre. Les mesures réalisées sont les suivantes :

- La hauteur
- Circonférence à 1,30 m (démasclé et non-démasclé)
- La largeur de la couronne
- La hauteur de démasclage et épaisseur de démasclage.

L'échantillonnage a été réalisé à la mi-mars 2014. La récolte des feuilles a été effectuée en respectant les critères suivants :

- La récolte doit être effectuée sur des arbres choisie aléatoirement.
- Choisir la même exposition et la hauteur de la récolte.
- Les feuilles récoltées doivent être à maturité.
- Les échantillons récoltés doivent être réfrigérés jusqu'au moment de l'analyse (les échantillons ont été mis en caisson réfrigéré).

I.5.1.3. Matériels utilisée

Le travail sur le terrain a nécessité l'emploi des instruments suivants :

- Le dendromètre Haga pour la mesure de la hauteur des arbres
- Ruban mètre pour la mesure des circonférences, la hauteur et l'épaisseur de démasclage et la largeur de la couronne.
- Et le GPS pour les coordonnées géographiques

I.5.1.4. Localisation des prélèvements

La localisation des prélèvements à nécessiter l'utilisation d'un GPS, pour définir les coordonnées géographiques afin de se diriger et de respecter les distance entre arbre sur le transect.

- **Zone d'étude n° 1** : Forêt de Nesmoth

Tableau 18 : Cordonnée géographique et altitude des deux points extrêmes sur le transect dans la forêt de Nesmoth.

	Canton	Coordonnée géographique		Altitude (m)	Exposition
		Latitude	Longitude		
Pt 1	Terziza	35°14'30,6"N	00°22'57,9" E	980	Toute
Pt 15		35°14'23,4 " N	00°23'7,8" E	1042	
P1	Mediouna	35°09'15,7"N	00°21'02,9" E	1025	
Pt 15		35°09'16,3" N	00°21'17,9" E	1033	

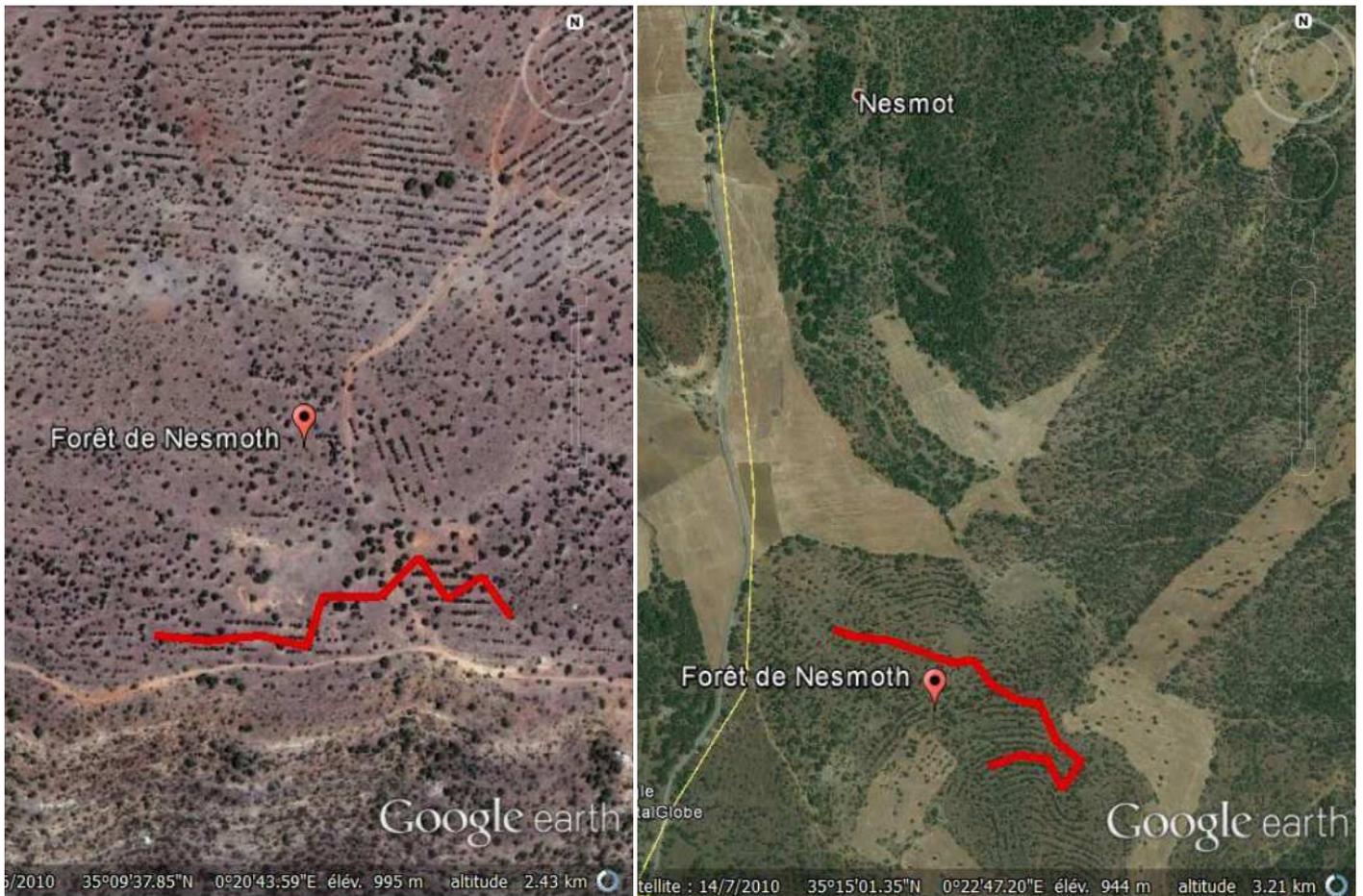


Figure 20 : Tracé du transect sur l’image satellitaire de la forêt domaniale de Nesmoth. Canton Terziza à droite et canton Mediouna à gauche (Image, 2010)

➤ **Zone d’étude n° 2** : la forêt de M’Sila

Tableau 19 : Cordonnée géographique et altitude des deux points extrêmes sur le transect de la forêt de M’Sila.

	Coordonnée géographique		Altitude (m)	Exposition
	Latitude	Longitude		
Pt 1	35°38'22,7"N	0°53'16,8"O	351	Toute
Pt 15	35°38'33,8"N	0°53'33,3"O	379	



Figure 21 : Tracé du transect sur l'image satellite de la forêt domaniale de M'Sila (Image, 2012)

➤ **Zone d'étude n° 3** : la forêt de Hafir

Tableau 20 : Cordonnée géographique et altitude des deux points extrêmes sur le transect de la forêt de Hafir.

	Coordonnée géographique		Altitude (m)
	Latitude	Longitude	
Pt1	34°50'9.77"N	1°22'48.66"O	1154
Pt15	34°50'25.82"N	1°22'54.32"O	1086

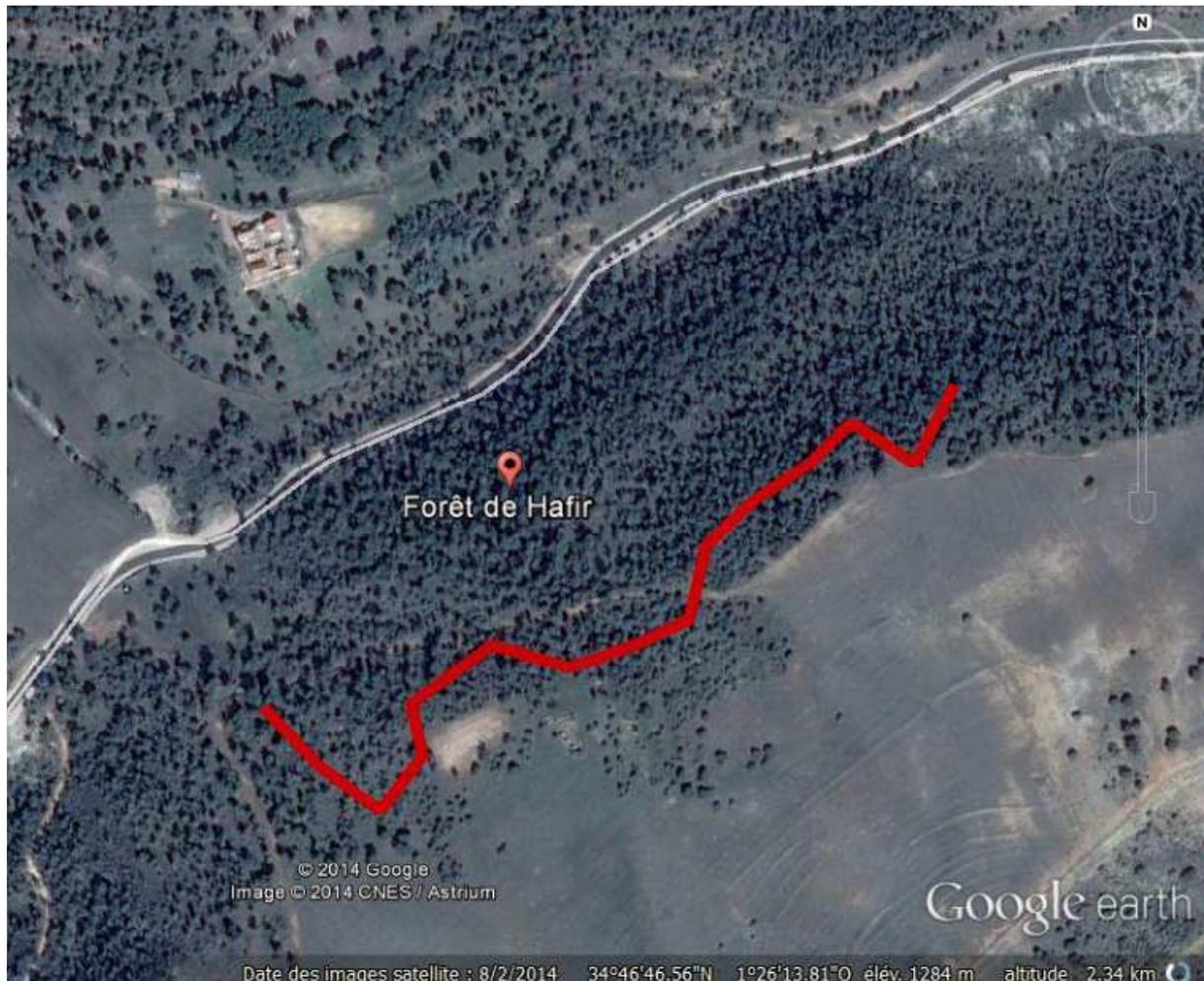


Figure 22 : Tracé du transect sur l'image satellitaire de la forêt de Hafir (Image, 2014)

I.5.2. Travail au laboratoire

I.5.2.1. Analyse des feuilles

I.5.2.1.1 Poids frais des feuilles

Avant toute procédure expérimentale, on a pesé 20 feuilles de chaque arbre afin d'estimer leur poids frais.

I.5.2.1.2. Caractères morphométriques des feuilles

Six caractères, ont été mesurés : la longueur et la largeur de la feuille, longueur du pétiole, nombre d'épines, nombre de paires de nervures et la surface foliaire. A l'aide d'un scanner on a scanné 12 feuilles choisie aléatoirement (Figure 23) et à partir de l'image scannée on a dénombré les paires de nervures et le nombre d'épines.

Pour l'estimation de la longueur, la largeur et la surface de la feuille, on a utilisé une méthode simple. Cette dernière consiste à utiliser le logiciel Mapinfo, après callage de l'image

avec une projection non-terrestre en centimètre, ensuite à l'aide des polylines et polygones on a estimés chaque caractère morphométriques de la feuille cités auparavant.

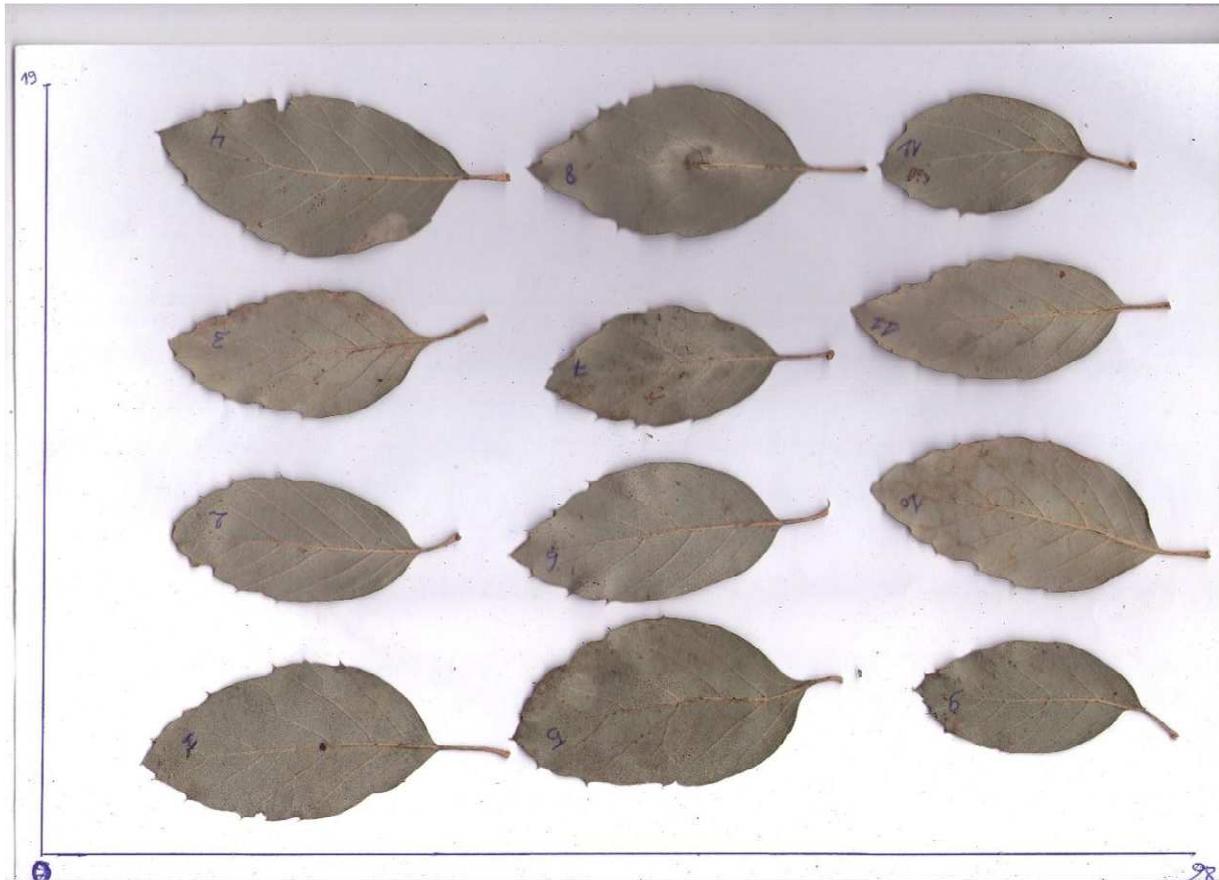


Figure 23 : Aperçu des feuilles scannées (Cliché, Zahaf)

I.5.2.1.3. Comptage des stomates

Pour le comptage des stomates, on a réalisé des observations microscopiques en utilisant la méthode d'enlèvement des empreintes de la face inférieure des feuilles. Pour compléter ce travail, on a fait des prises de photos des échantillons analysés (les feuilles et les stomates).

I.5.2.1.4. Matériel

Afin de pouvoir réaliser ces manipulations, le matériel suivant a été utilisé :

➤ Le matériel optique:

Un microscope ordinaire et ses différents objectifs.

➤ Matériels informatiques :

Un scanner, ordinateur et les logiciels Microsoft office Excel 2013 et Mapinfo 7.0.

➤ Les petits instruments:

Bistouris, vernie à ongle transparent et du ruban adhésif

➤ Matériel végétal:

Les feuilles de chêne-liège des trois stations étudiées.

I.5.2.1.5. Protocole expérimental

Méthode d'enlèvement des empreintes :

Pour enlever l'empreinte de la feuille on a suivi les étapes suivantes :

- 1- Imbiber la feuille de chêne-liège avec de l'eau (ou laisser les feuille dans l'eau s'ils sont sec).
- 2- Gratter à l'aide d'un bistouri la face inférieure de la feuille jusqu'à éliminer les poils de la face inférieure.
- 3- Nettoyer la partie traitée avec un bout de ruban adhésif pour éliminer les résidus.
- 4- Laisser sécher, puis appliqué une couche de vernie à ongle transparent qui sèche instantanément.
- 5- Après séchage, on enlève la couche du vernie avec du ruban adhésif.
- 6- On applique l'empreinte sur une lame, puis on procède à l'observation microscopique.

Cette méthode permet d'enlever l'empreinte de la feuille, sans modification de l'état initial des cellules stomatiques et la possibilité de réaliser, ultérieurement, une analyse microscopique.

On a effectué 12 traitements d'échantillons sur 15 arbres. Le comptage des stomates a porté sur la surface de l'épiderme prélevé.

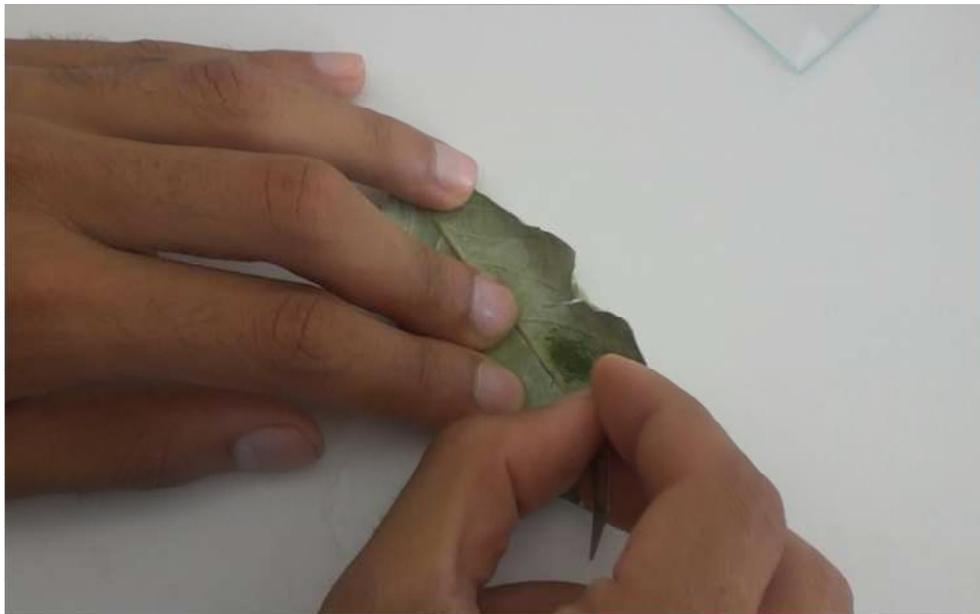


Photo 8 : Traitement de la face inférieure de la feuille avec le bistouri (Zahaf, 2013)



Photo 9 : Nettoyage des résidus à l'aide du ruban adhésif (Zahaf, 2013)

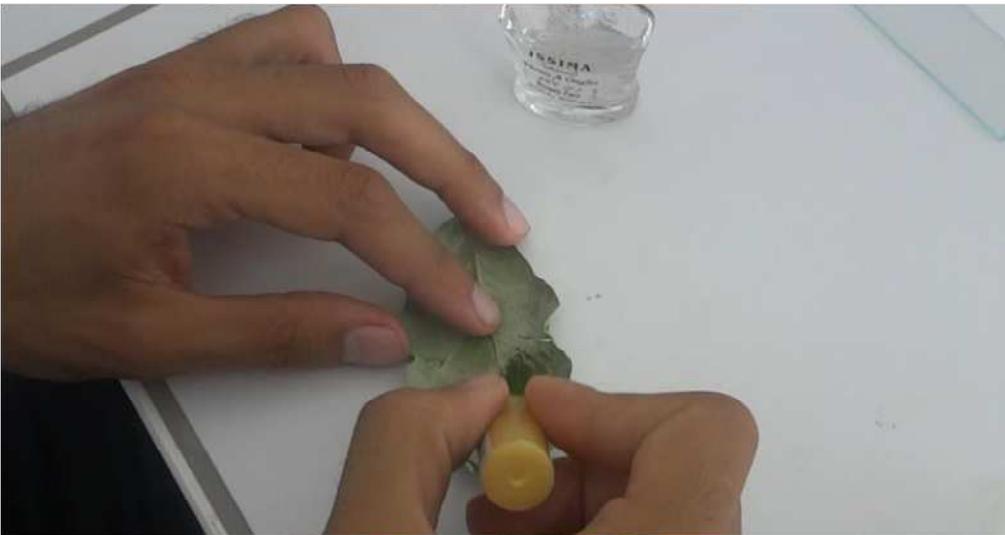


Photo 10 : Application de la couche de vernie a angle pour fixer l'empreinte de la feuille (Zahaf, 2013)

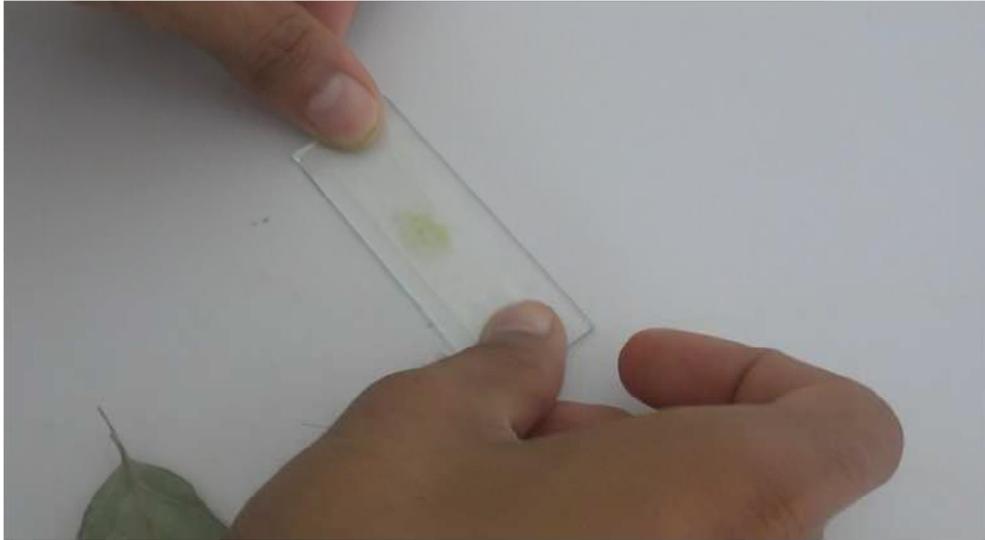


Photo 11 : Fixation de l’empreinte de la feuille sur la lame (Zahaf, 2013)

PARTIE 2 : ETUDE
MORPHOLOGIQUES ET
ANATOMIQUES

CHAPITRE II :

RESULTATS
ET INTERPRETATION

Chapitre II : Résultats et Interprétation

II.1. Caractéristiques physique et sylvicole des subéraies de la zone d'étude

Les caractéristiques géographiques de la région ouest algérienne diffèrent d'une région à une autre, le tableau 20 montre que les zones d'étude diffèrent selon un gradient altitudinal, topographique et climatique. La subéraie de Hafir se situe dans les monts de Tlemcen à une altitude variant de 1000 à 1418 mm, reçoit des précipitations annuelles de l'ordre de 568 mm et une température moyenne annuelle de 14,9 °C.

La subéraie de Nesmoth située à 923 m d'altitude dans les monts de Saida présente des précipitations annuelles avoisinant les 500 mm et une température moyenne annuelle de 14,7. Dans la zone littoral oranaise se trouve la subéraie de M'Sila a une altitude de 260 à 568 m, elle est caractérisée par des précipitations annuelles d'environ 400 mm et une température moyenne annuelle de 18 °C faisant d'elle la plus aride des stations d'étude.

Tableau 21 : Caractéristiques géographique des subéraies de la zone d'étude.

Wilaya	Forêt	Superficie forêt	Superficie subéraies	Topographie	Distance à la mer (km)	Lat	Long	Alti (m)	P (mm)	T Max (°C)	T min (°C)	T moy (°C)
Mascara	Nesmoth	7416	342	Mnt Saida	93	X2 = 219.5 Y2 = 293	X1 = 210.6 Y1 = 278.7	923	539	32,9	1,2	14,78
Oran	M'Sila	1522	-	Littoral	14	X1 = 173,1 X2 = 179.5	Y1 = 61,5 Y2 = 71,7	260 à 568	399,2	30	6,7	18,04
Tlemcen	Hafir	10156	4000 à 4500	Mnt de Tlemcen	45	X1=123 X2= 123	Y1=173 Y2=165	1000 à 1418	568	34,3	2,5	14,95

Le tableau 22 montre que les zones d'études présentes des caractéristiques physiques largement différentes. Les subéraies de Nesmoth et M'Sila jouissent d'un bioclimat semi-aride et une texture de sol sablo-limoneuse, en revanche la subéraie de Nesmoth présente un sol peu profond et M'Sila présente une profondeur de sol égale à 3 m, la roche mère de la subéraie de Nesmoth est composée généralement de calcaire et dolomie alors que celle de M'sila est composée de sables pliocènes. En revanche les trois subérais présente des valeurs de pH plus au moins basique.

La subéraie de Hafir jouit d'un bioclimat subhumide favorable au développement du chêne liège elle présente un sol superficiel brun forestier et une roche mère composée principalement de grès séquanien. Le gradient du pH ne varie pas d'une zone à l'autre, le sol est légèrement acide pour l'ensemble des stations.

Tableau 22 : Caractéristiques physiques des subéraies des zones d'études.

Suberaies	Etage bioclimatique	Exposition	Pente moyenne (%)	Nature de la roche mère	Texture du sol	Profondeur du sol (cm)	pH
Nesmoth	Semi-aride	Toutes	4 à 15	Calcaire et dolomie dur	Sablo-limoneux	50	8,37
M'Sila	Semi-aride	Toutes	0 à 30	Sables pliocènes	Sablo-limoneux	300	7,96
Hafir	Subhumide	Toutes	16 à 30	Grès séquanien	Brun forestier	30	8,16

Le tableau 23 montre que les trois zones d'étude présente des caractéristiques sylvicoles différentes, parmi ces variations on note que la subéraie de M'Sila présente une hauteur et une circonférence moyenne supérieures aux autres stations d'études, et présente une bonne régénération naturelle.

Pour la qualité du liège la forêt de Hafir et M'Sila présente un liège de bonne qualité que celui de la subéraie de Nesmoth. Ces trois subéraie sont de vieilles futaies d'origine naturelle avec quelque reboisement au niveau de la subéraie de Nesmoth et selon les propos des forestiers elles ont un âge moyen identique.

Les subéraie de Hafir et Nesmoth subissent une action anthropique d'une intensité élevée, en revanche celle de M'Sila ne subit aucune action anthropique.

Tableau 23 : Caractéristiques sylvicoles des subéraies des zones d'études.

Forêts	Nesmoth	M'Sila	Hafir
Origine du peuplement	Naturel - plant	Naturel	Naturel
Nature du peuplement	Pur et mélangé	Pur et mélangé	Pur et mélangé
Régime et traitement	Veille futaie	Futaie jardinée	Futaie
Age moyen (ans)	90	90	90
Circonférence moy. (cm)	920	1210	1180
Hauteur moyenne (m)	5,21	5,8	5,43
Arbres démasclés (%)	-	50%	60 %
Nombre d'écorçages	-	7	-
Coef .moyen d'écorçage	1,54	1,56	1,58
Qualité liège (note 1 à 4)	2	3	3
Epaisseur liège (cm)	3,26	3,32	3,11
Dernier écorçage : année	-	1998	2013
Volume liège (m3)	-	40	-
Régénération (note 0-4)	2	3	1
Travaux sylvicoles	Néant	Néant	Néant
Aménagement	Néant	Néant	Néant
Sous-bois (note 0-4)	2	3	3
Pâturage (note 0-4)	3	0	4
Dernier incendie (année)	-	Néant	2005

II.1.1. Aperçu sur les caractères dendrométriques

➤ Hauteurs des arbres

La mesure des hauteurs des arbres a été réalisée à l'aide du dendromètre Haga. Pour déterminer la hauteur on applique la formule suivante :

$$H = \Delta tg\alpha \pm \Delta tg\beta$$

H : Hauteur d'arbre

$\Delta tg\alpha$: Visée du haut (sommets de l'arbre)

$\Delta tg\beta$: Visée du bas (souche de l'arbre)

→ Circonférences à 1.30 m et largeur de la couronne

La circonférence et la largeur de la couronne peuvent constituer un élément de comparaison.

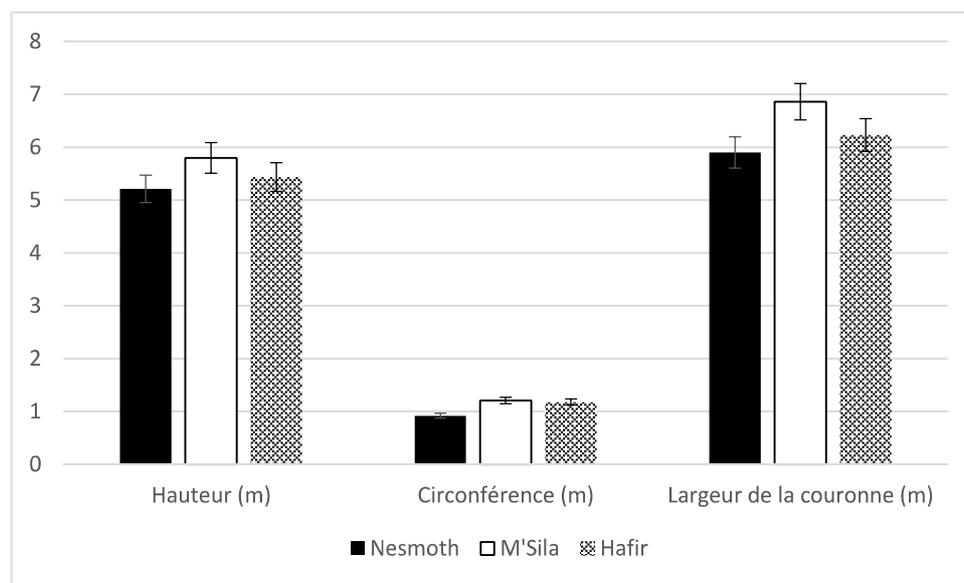


Figure 24 : Caractéristiques dendrométriques des arbres de chêne liège des stations d'études

D'après cet histogramme, on constate que la moyenne des hauteurs des arbres de la forêt de M'Sila est nettement supérieure à celle des autres stations, elle est de l'ordre de 5,8 m, alors que celle de Nesmoth et Hafir sont de 5,21 et 5,43 m respectivement.

Pour la moyenne des circonférences à 1,30 m les forêts de M'Sila et Hafir représentent un taux élevé par rapport à celui de Nesmoth, elles sont représentées respectivement par les valeurs suivantes : 1,21 et 1,18 m pour M'Sila et Hafir, tandis que celle de Nesmoth ne dépasse guère les 1m (0,92m)

La largeur de la couronne représente elle aussi un élément de comparaison. Une fois de plus la forêt de M'Sila représente des moyennes largement supérieures, elle avoisine les 7 m (6,86 m), Hafir 6,23 m et Nesmoth 5,9 m.

➤ Hauteur, épaisseur et coefficient de démasclage

Le coefficient de démasclage varie en fonction de la hauteur de démasclage et de la circonférence à 1,30 m.

$$K = \frac{\text{Hauteur de l'arbre}}{\text{Circonférence (1,30m)}}$$

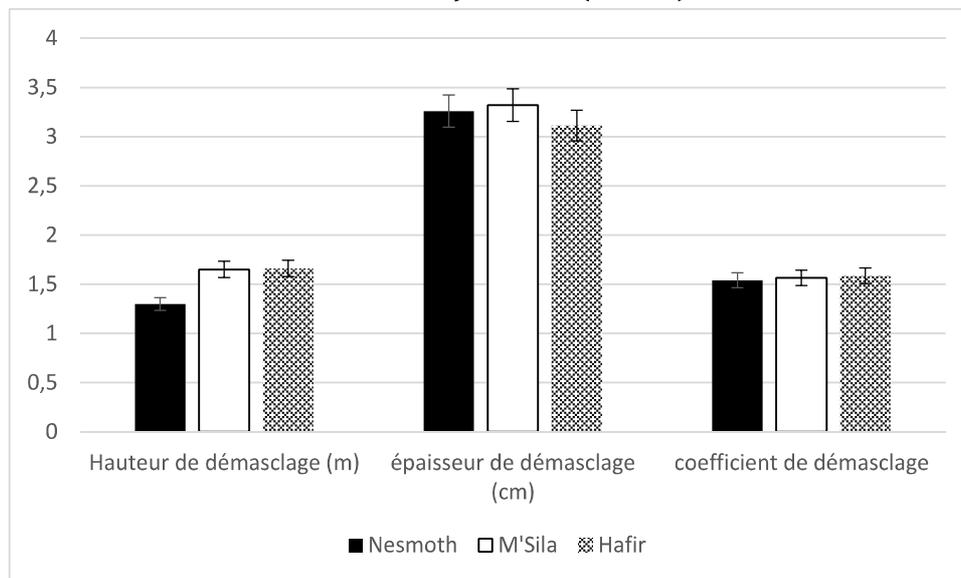


Figure 25 : Caractéristiques d'exploitation du chêne liège des stations d'études

Parmi les caractéristiques d'exploitations du chêne liège on peut citer la hauteur, l'épaisseur et le coefficient de démasclage. La figure 25 montre que les forêts de M'Sila et Hafir ont presque la même hauteur de démasclage, elle est de l'ordre de 1,66 m pour Hafir et 1,65 pour M'Sila, tandis que celle de Nesmoth est plus inférieure avec une hauteur de 1,3 m, ce qui nous fait une différence de 30 cm à peu près sur chaque arbre qui a au final un effet considérable sur l'économie de cette forêt.

En ce qui concerne l'épaisseur de démasclage ou autrement dit l'épaisseur du liège exploité, nos stations d'étude présentent des valeurs plus au moins proche, elles sont de l'ordre de 3,32 cm pour M'Sila, 3,26 cm et 3,11 cm respectivement pour Nesmoth et Hafir.

Enfin le coefficient de démasclage dans nos zones d'études présentes des valeurs très rapprochées, elles sont de 1,54 pour Nesmoth, 1,56 et 1,58, pour M'Sila et Hafir.

II.1.2. Caractères morphométriques des feuilles

Ces caractères regroupent les paramètres suivants : longueur, largeur et la surface des feuilles et la longueur du pétiole.

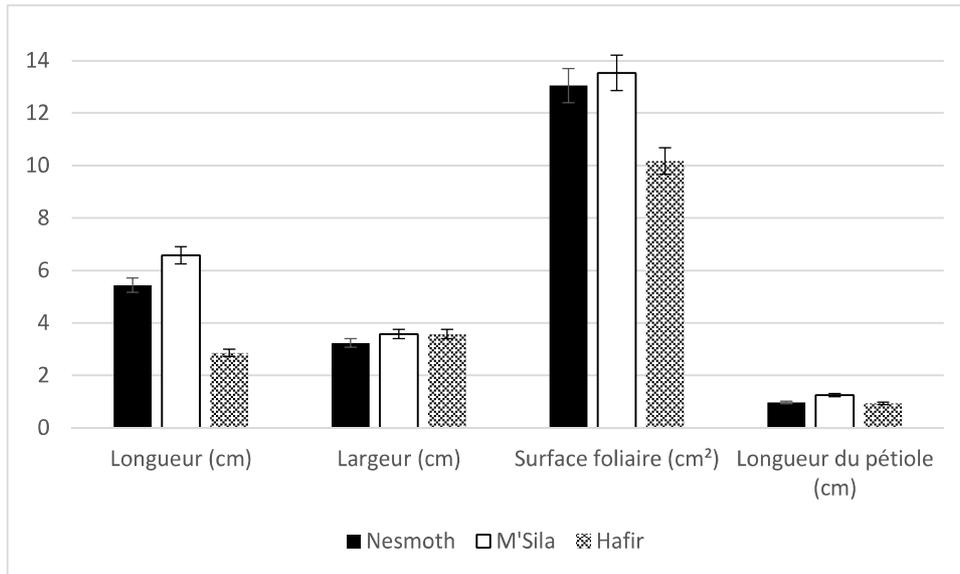


Figure 26 : Caractéristiques morphométrique des feuilles de chêne liège des stations d'études

La figure 26 montre que la longueur des feuilles des forêts de M'Sila et Nesmoth est plus importante que la largeur, elle est de 6,57 cm et 6,43 cm contre 3,57 cm et 3,23 cm de largeur, ce qui leur donne une forme ovoïde. Les feuilles de la forêt de Hafir sont caractérisées par une longueur de 2,86 cm et une largeur de 3,57, donc elles sont de formes rondes ou elliptiques.

Les valeurs de la surface foliaire indiquent que la forêt de M'Sila représente une moyenne supérieure à celle des autres stations étudiées, elle est estimée à 13,53 cm² et 13,05 cm² pour la forêt de Nesmoth. La forêt de Hafir présente une moyenne très basse, elle est de l'ordre de 10,71 cm².

En ce qui concerne la longueur du pétiole, la forêt de M'Sila présente la valeur la plus élevée, avec une moyenne de 1,25 cm, contre 0,96 et 0,92 cm pour les forêts de Nesmoth et Hafir.

II.1.3. Caractères morphologiques des feuilles

Les critères morphologiques des feuilles regroupent les paramètres suivants : nombre d'épine, nombre de paires de nervures et le poids frais des feuilles.

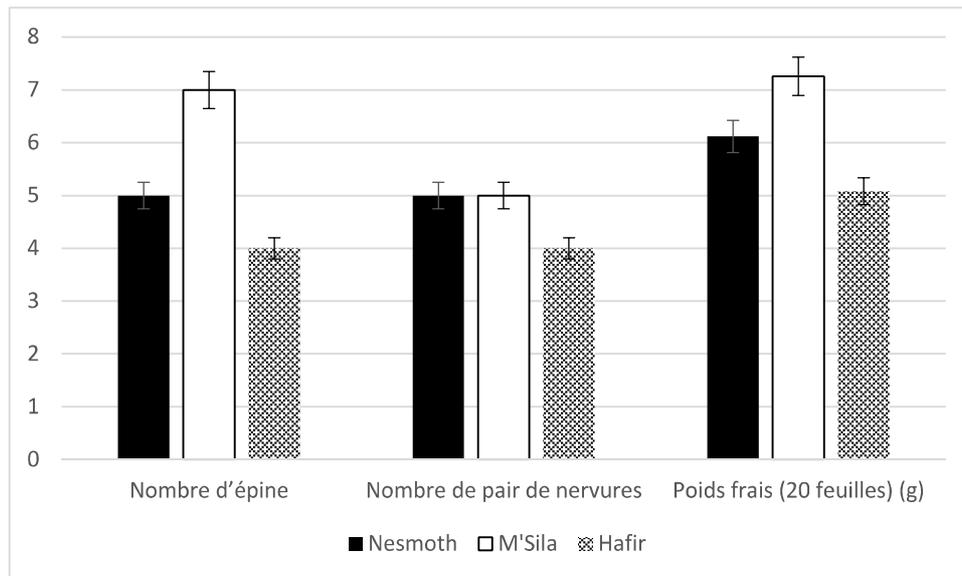


Figure 27 : Caractéristiques morphologique des feuilles de chêne liège des stations d'études

La figure 27 montre que la forêt de M'Sila se caractérise par des moyennes nettement plus élevées que celle des autres stations étudiées.

Pour le nombre d'épines les feuilles de la forêt de M'Sila présente une moyenne de 7 épines contre 5 pour Nesmoth et 4 pour Hafir, cela indique l'aridité du climat de la forêt de M'Sila.

Les forêts de M'Sila et Nesmoth sont caractérisées par une moyenne de paires de nervures de la même valeur, elle est de l'ordre de 5, alors que celle de Hafir est de 4.

Pour le poids frais des feuilles, on a pesé 20 feuilles pour s'assurer que toutes les catégories y figurent dans la pesée. L'histogramme montre une moyenne de 7,25 grammes pour la forêt de M'Sila, 6,11 grammes pour Nesmoth et 4,79 pour la forêt de Hafir.

D'après cette figure et en comparant les différentes valeurs des paramètres étudiés, on peut conclure que les feuilles de chêne liège de la forêt de M'Sila sont histologiquement plus riche que celle des forêts de Nesmoth et Hafir.

II.1.4 Etude des stomates

II.1.4.1. Observation des stomates



Photo 12 : Vue d'un stomate de chêne-liège (100X) (Zahaf, 2013)

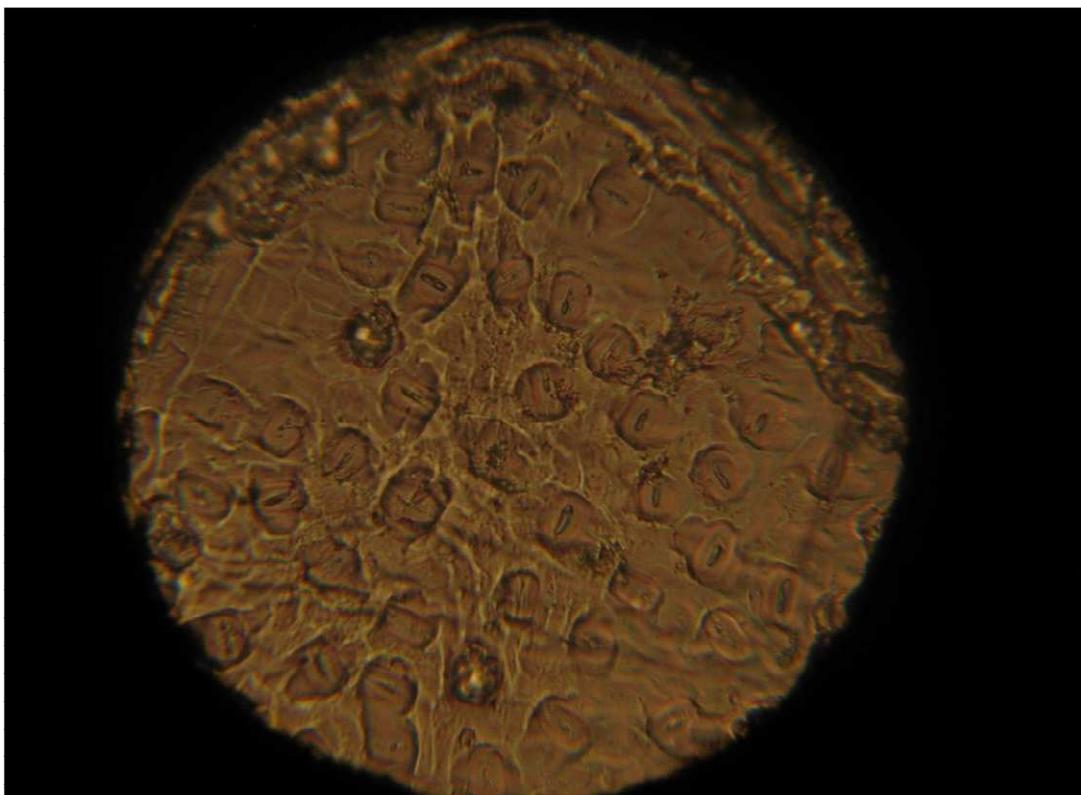


Photo 13 : Répartition des stomates/mm² sur l'épiderme de feuille de chêne-liège de Nesmoth (40X) (Zahaf, 2013)

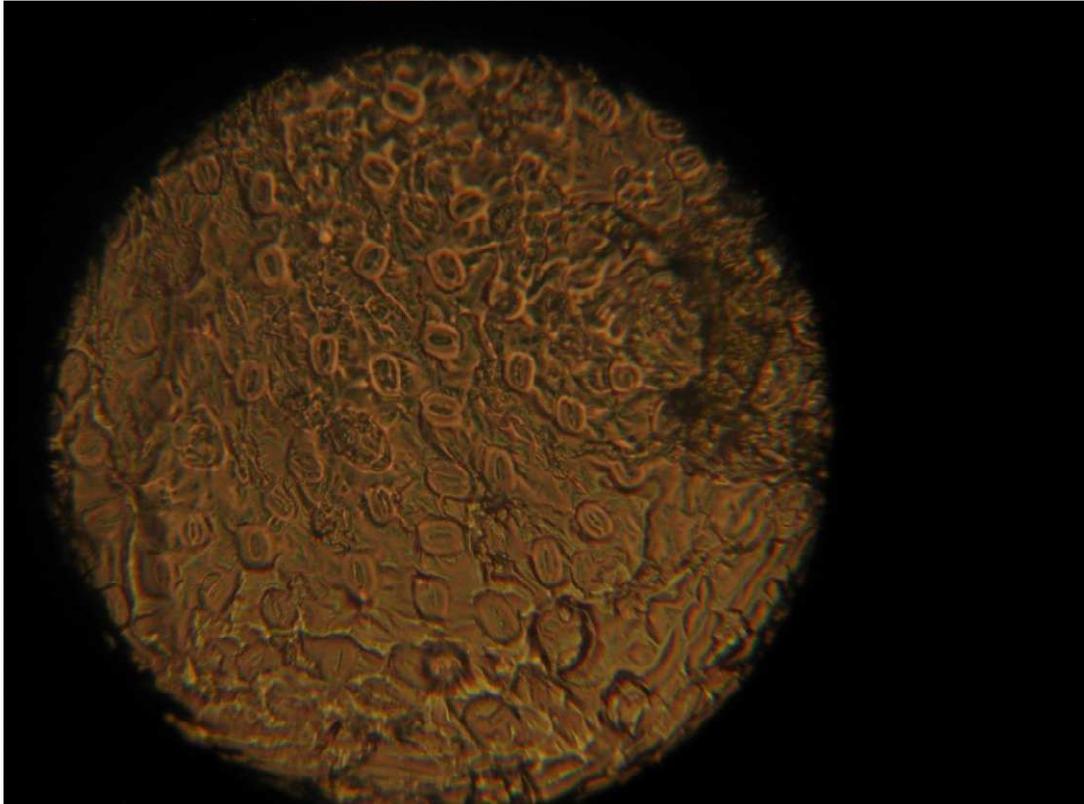


Photo 14 : Répartition des stomates sur l'épiderme de feuille de chêne-liège de M'Sila (40X) (Zahaf, 2013)

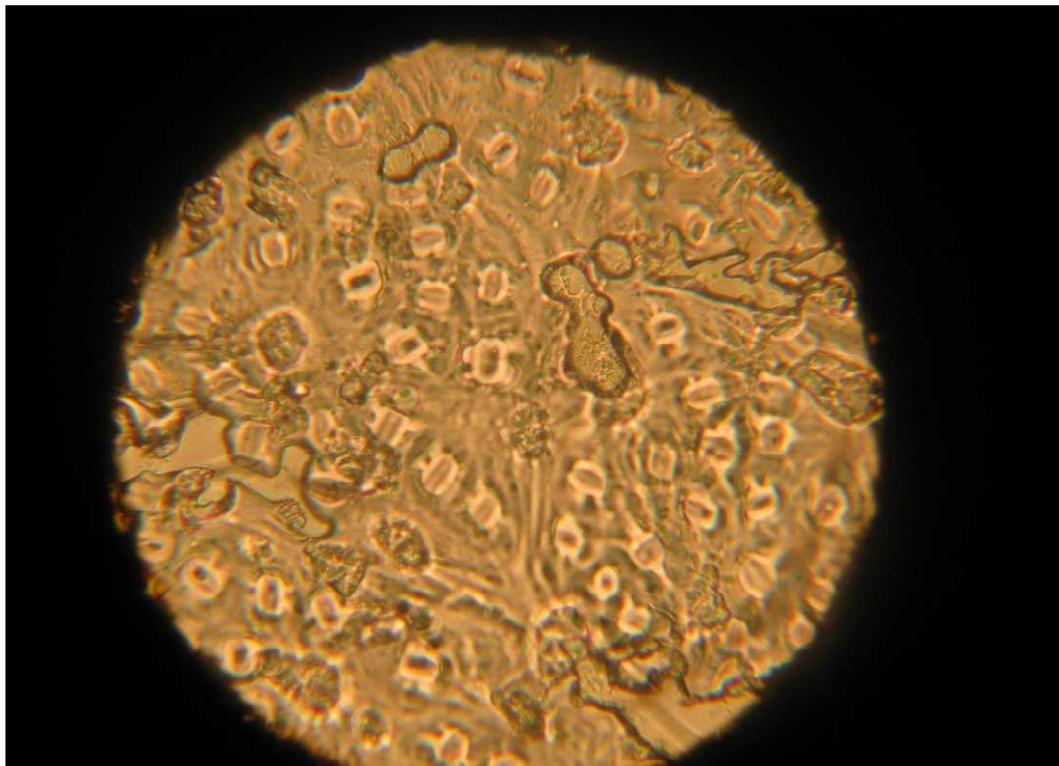


Photo 15 : Répartition des stomates sur l'épiderme de feuille de chêne-liège de Hafir (40X) (Zahaf, 2013)

II.1.4.2. Aperçu sur la densité stomatique

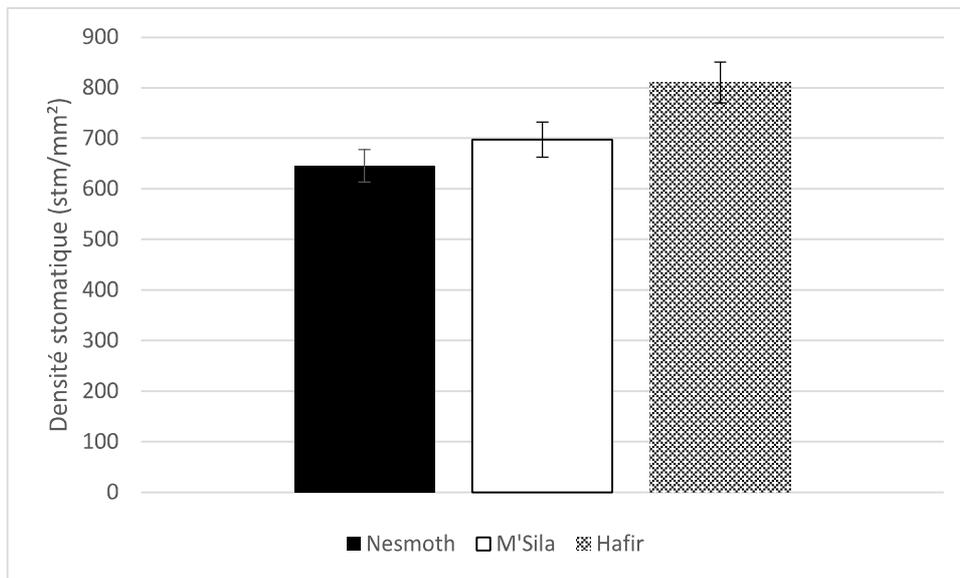


Figure 28 : Moyennes de la densité stomatique des feuilles de chêne liège des stations d'études

Après la lecture des valeurs regroupées dans la figure 28 qui représente les moyennes de densité stomatique des feuilles des zones étudiées, on constate que Hafir représente le taux de densité stomatiques le plus élevé avec des valeurs dépassant les 800 stomates/mm² (811 stomates/mm²), puis celle de M'Sila avec une densité avoisinant les 700 stomates/mm² (697 stomates/mm²) et la forêt de Nesmoth représente le taux le plus faible avec une moyenne de densité de 645 stomates/mm².

II.2. Discussion des résultats

Cette étude morphologique et anatomique a consisté à comparer les différents caractères morphologiques, anatomiques et morphométriques du chêne liège de la forêt de M'Sila, Nesmoth et Hafir pour démontrer la variabilité intra-individuelle, intra et inter population.

Les résultats obtenus nous permettent d'avancer quelques hypothèses sur les causes de cette variabilité au sein des différentes populations.

II.2.1. Variabilité intra- individuelle

Afin de mieux visualiser cette variabilité intra-individuelle (entre les feuilles d'un même individu) nous avons comparées les caractères étudiés sur les 12 feuilles d'un seul arbre.

➤ Subéraie de Nesmoth

Tableau 24 : Caractéristique morphométrique et anatomique des feuilles d'un arbre de la subéraie de Nesmoth.

Feuille	LOF (cm)	LAF (cm)	SF (cm ²)	Long P (cm)	Sp (n)	Nbr prn	DS (stm/mm ²)
1	6,34	3,74	18,56	0,99	0	4	529,17
2	5,64	3,04	12,55	0,65	8	5	488,47
3	6,19	3,92	19,08	0,78	4	6	610,58
4	5,28	2,78	11,44	0,67	4	5	515,60
5	5,38	2,74	10,63	0,67	11	6	529,17
6	5,93	3,96	16,44	0,55	3	5	610,58
7	5,83	2,78	13,88	0,82	0	5	515,60
8	5,23	3,2	12,76	0,48	9	6	664,86
9	5,53	3,22	12,32	0,97	9	5	597,01
10	4,8	3,09	11,3	0,92	8	6	556,31
11	5,36	2,81	11,34	0,88	10	6	637,72
12	4,82	2,65	9,44	0,94	7	6	474,90
Moyenne	5,53	3,16	13,31	0,78	6,08	5,42	560,83
Ecart type	0,49	0,47	3,11	0,17	3,78	0,67	61,59

Les feuilles de l'arbre montrent une variation des caractères étudiés. La longueur et la largeur de la feuille, varie respectivement de 6,34 à 4,8 cm et de 2,65 à 3,96 cm. La surface foliaire varie de 9,44 à 19,08 cm² avec une moyenne de 13,31 cm² ± 3,11 cm². Pour la spinescence on remarque la présence de feuilles dépourvue d'épines et d'autre pourvue de 11 épines et une moyenne de 5 épines par feuilles cette variabilité au sein des feuilles est très marquée avec une moyenne de 6,08 ± 3,78 épines.

Le nombre de paire de nervures oscille entre 4 et 6 paires par feuilles une moyenne de 5,42 ± 0,67, la densité stomatique varie aussi d'une feuille à une autre elle présente un maximum de 664 stm/mm² et un minimum de 474 stm/mm², une moyenne d'environ 560 stm/mm² ± 61,59 stm/mm².

➤ Subéraie de M'Sila

Le tableau 25 montre que la longueur des feuilles de cet arbre varie entre 7,78 et 4,65 cm, une moyenne de 5,8 cm ± 0,86 cm. Pour la largeur 4,59 et 2,72 cm une moyenne de 3,62 cm ± 0,69 cm, la surface foliaire atteint un maximum de 26 cm² et un minimum de 3,7 cm² elle présente une moyenne de 13,98 cm² ± 5,56 cm².

Le nombre de pair de nervures se trouve aux alentours de 4 et 6 par feuilles une moyenne de 5 ± 0,74, par contre le nombre d'épines varie de 15 à 3 avec une moyenne de 8 ± 2,9 épines par feuille, mais la majorité des feuilles oscillent entre 9 et 8 épines par feuilles. En ce qui concerne la densité stomatique elle varie de 515 stm/ et 1004 stm/mm², la moyenne est de 744 stm/mm ± 173 stm/mm².

Tableau 25 : Caractéristique morphométrique et anatomique des feuilles d'un arbre de la subéraie de M'Sila.

Feuille	LOF (cm)	LAF (cm)	SF (cm ²)	Long P (cm)	Sp (n)	Nbr prn	DS (stm/mm ²)
1	6,38	3,63	16,39	1,19	15	5	610,58
2	5,39	4,59	18,57	1,63	3	5	515,60
3	5,56	2,79	10,5	1,04	12	6	1004,07
4	5,86	3,29	3,7	1,05	9	6	597,01
5	7,78	5,1	26,02	2,2	9	6	624,15
6	5,7	3,14	11,59	1,4	6	5	597,01
7	6,19	3,74	16,26	1,17	9	5	719,13
8	4,88	3,59	12,15	1,2	8	4	691,99
9	4,85	2,72	9,89	0,82	9	4	719,13
10	6	3,96	15,02	1,44	8	5	1004,07
11	4,67	3,19	10,79	0,8	8	4	949,80
12	6,38	3,74	16,89	1,13	9	5	895,52
Moyenne	5,80	3,62	13,98	1,26	8,75	5	744,01
Ecart type	0,86	0,69	5,56	0,38	2,90	0,74	173,75

➤ Subéraie de Hafir

Tableau 26 : Caractéristique morphométrique et anatomique des feuilles d'un arbre de la subéraie de Hafir.

Feuilles	LOF (cm)	LAF (cm)	SF (cm ²)	Long P (cm)	Sp (n)	Nbr prn	DS (stm/mm ²)
1	4,28	2,5	7,33	0,82	7	4	936,23
2	6,39	4,62	23,05	1,57	5	5	691,99
3	4,8	3,4	12,19	1,28	4	4	990,50
4	4,54	2,85	9,92	1,47	6	4	990,50
5	4,73	3,14	10,14	1,42	6	5	1017,64
6	4,73	2,83	8,99	1,37	7	5	1031,21
7	5,16	3,2	11,65	1,21	6	5	1031,21
8	4,52	2,69	8,17	1,5	7	4	1017,64
9	4,54	2,84	8,72	1,46	6	4	1004,07
10	4,4	2,53	7,15	1,17	5	4	976,93
11	4,51	2,81	9,12	1,47	5	4	936,23
12	3,69	2,27	6,08	1,5	5	3	895,52
Moyenne	4,69	2,97	10,21	1,35	5,75	4,25	959,97
Ecart type	0,64	0,61	4,42	0,21	0,97	0,62	94,38

Les feuilles de l'arbre de la subéraie de Hafir présente des longueurs et largeur de feuille plus au moins rapprochés, où la largeur des feuilles varie de 6,39 à 3,69 cm, avec une moyenne de $4,69 \pm 0,64$ cm. La largeur est de 4,62 à 2,27 cm, une moyenne de $2,97 \pm 0,61$ cm.

La surface foliaire de ces différentes feuilles présente par contre une nette variabilité, avec un maximum de 23 cm² et un minimum de 6,08 cm², une moyenne de $10,21 \pm 4,42$ cm. En revanche le nombre d'épine et le nombre de pair de nervure présente des valeurs rapprochés respectivement, ils varient de 7 à 5 épines, moyenne DE $575 \pm 0,97$ et 5 à 3 paires de nervure avec une moyenne de $4,24 \pm 0,62$. La densité stomatique balance entre 691 stm/mm² à 1031

stm/mm², moyenne 959±94 stm/mm². On peut lier cette variabilité intra-individuelle des feuilles au milieu et au fonctionnement physiologique de l'arbre :

- la répartition inégale dans l'arbre des éléments minéraux affectant les feuilles différemment,
- l'âge de la feuille qui affecte directement ces caractéristiques morphométriques,
- le facteur exposition qui peut entrer en jeu, puisque on a effectué l'échantillonnage autour de la couronne de l'arbre ou l'exposition sud et plus ensoleillé donc histologiquement ces derniers sont plus riches que les feuilles exposées au nord.

II.2.2. Variabilité intra-populationnelle

Cette étude va nous permettre de mettre en évidence la variabilité des caractères morphologiques et anatomiques entre les arbres de la même station.

➤ Subéraie de Nesmoth

Tableau 27 : Caractéristiques morphométriques et anatomiques des feuilles de la subéraie de Nesmoth.

Arbre	LOF (cm)	LAF (cm)	SF (cm ²)	Long P (cm)	Sp (n)	Nbr prn	DS (stm/mm ²)
1	5,53	3,16	13,31	0,78	6,08	5,42	560,83
2	5,50	3,28	13,06	1,07	7,08	5,08	838,99
3	4,57	2,78	9,43	0,99	3,00	5,08	591,36
4	5,62	3,12	12,74	0,87	4,58	5,00	473,77
5	6,42	3,13	14,98	0,98	9,83	4,92	788,10
6	4,90	2,69	9,46	0,74	4,92	5,33	671,64
7	5,64	3,67	15,92	0,73	1,25	4,67	806,20
8	5,87	3,60	16,02	0,98	4,50	4,67	639,98
9	5,38	3,29	13,23	0,98	5,67	4,67	823,16
10	5,42	2,98	12,34	0,76	2,92	4,42	720,26
11	5,39	3,10	12,79	0,80	4,42	4,75	624,15
12	4,71	2,94	10,14	0,82	5,25	4,67	526,91
13	5,04	2,84	10,47	0,55	3,42	5,08	538,22
14	5,43	3,52	14,48	0,75	1,75	5,00	686,34
15	4,68	2,93	10,32	0,55	7,33	5,08	823,16
Moyenne	5,34	3,13	12,58	0,82	4,80	4,92	674,20
Ecart type	0,49	0,29	2,22	0,16	2,24	0,28	121,88

Le tableau 27 nous indique qu'il y a une variabilité nette entre les arbres, en ce qui concerne les caractères morphologiques et anatomiques, la subéraie de Nesmoth se caractérise par des moyennes de longueur de feuilles variant de 6,42 à 4,68 cm une moyenne de 5,34 cm et un écart type de ± 0,49 cm et des moyenne de largeur de 3,60 à 2,69 cm une moyenne de 3,13 ± 0,29 cm.

Une surface foliaire maximale de l'ordre de 16,02 cm² et minimale de 9,46 cm², une moyenne de 12,58 ± 2,22 cm². Le nombre de paire de nervure ne présente pas une grande variabilité, ces moyenne se tiennent aux alentours de 5 ± 0,28 paires de nervure par feuilles, par contre les moyennes de nombre d'épines par feuille varie d'un arbre à un autre, elle varie de 2

à 7 épines par feuilles avec une moyenne de l'ordre de $4,80 \pm 2,24$ épines. Les moyennes de la densité stomatique balance entre 473 stm/mm^2 et $839 \text{ stm/mm}^2 \pm 121 \text{ stm/mm}^2$.

En ce qui concerne les caractères dendrométrique, la hauteur varie de 8,5 m à seulement 2 m, la circonférence varie de 0,6 à 1,2 m et la largeur de la couronne de 2 à 7 m.

➤ **Subéraie de M'Sila**

Tableau 28 : Caractéristiques morphométriques et anatomiques des feuilles des arbres de la subéraie de M'Sila.

Arbre	LOF (cm)	LAF (cm)	SF (cm ²)	Long P (cm)	Sp (n)	Nbr prn	DS (stm/mm ²)
1	5,80	3,62	13,98	1,26	8,75	5,00	744,01
2	6,34	3,56	15,71	1,09	8,42	5,42	517,87
3	7,25	3,62	17,44	1,60	4,00	4,92	680,69
4	5,89	2,95	12,17	1,19	8,42	4,25	651,29
5	5,26	2,85	10,40	1,13	9,25	5,42	694,26
6	6,67	3,43	16,19	1,46	10,17	5,50	616,24
7	6,00	3,44	14,71	1,36	3,83	4,92	653,55
8	6,14	3,69	16,73	0,93	7,17	5,17	595,88
9	7,92	3,79	20,49	1,35	8,50	5,25	561,96
10	7,06	3,89	20,38	0,96	7,08	5,42	698,78
11	7,01	4,12	20,58	1,53	6,00	5,00	911,35
12	6,74	3,80	18,73	1,10	7,75	5,50	808,46
13	6,17	3,20	14,06	1,15	4,58	4,92	790,37
14	7,91	4,18	23,20	1,46	5,58	5,50	765,49
15	6,52	3,51	15,70	1,21	5,08	5,08	766,62
Moyenne	6,58	3,58	16,70	1,25	6,97	5,15	697,12
Ecart type	0,76	0,37	3,49	0,20	2,01	0,34	103,57

La forêt de M'Sila présente des moyennes rapprochées, les moyennes de la longueur des feuilles se situe entre les 5 à 7 cm, une moyenne de 6,58 cm et un écart type de $\pm 0,76$ cm, la largeur entre 3 et 4 cm, une moyenne de $0,37 \pm 0,37$ cm. La surface foliaire est de 23,20 à 10,40 cm² avec une moyenne de l'ordre de $16,7 \pm 3,49$ cm².

La moyenne de la spinescence variant de 3 à 10 épines par feuille avec un écart type de $\pm 2,01$. En revanche les moyennes du nombre de pair de nervure présente des valeurs très rapprochées au environ de 5 paires, une moyenne de 5,15 et un faible écart type de $\pm 0,37$. Les moyennes de densité stomatique varient de 517 stm/mm^2 à $911 \text{ stm/mm}^2 \pm 103 \text{ stm/mm}^2$.

La hauteur des arbres de la subéraie de M'Sila présente une hauteur maximale de 11,5 m et une minimale de 2 m, une circonférence aux environ de 1 m exceptionnellement 2,3 m et une largeur de couronne oscillant de 6 à 10 m.

➤ Subéraie de Hafir :

Tableau 29 : Moyenne des caractéristiques morphométriques et anatomiques des feuilles des arbres de la subéraie de Hafir.

Arbre	LOF (cm)	LAF (cm)	SF (cm ²)	Long P (cm)	Sp (n)	Nbr prn	DS (stm/mm ²)
1	4,69	2,97	10,21	1,35	5,75	4,25	959,97
2	4,62	2,77	9,18	0,67	3,67	4,33	1048,17
3	4,22	2,24	6,67	0,62	6,25	4,33	900,05
4	4,78	2,87	9,98	1,21	0,08	3,92	826,55
5	5,33	2,75	10,40	1,17	0,50	4,42	823,16
6	4,64	2,83	9,35	0,82	4,00	4,17	783,58
7	5,34	3,08	12,26	0,87	4,83	4,67	763,23
8	5,45	3,18	12,79	0,88	6,83	4,50	794,89
9	4,11	2,32	6,71	0,86	4,17	4,17	690,86
10	4,75	3,07	10,80	0,90	6,75	4,67	800,54
11	4,86	2,67	9,56	0,86	2,83	4,08	800,54
12	5,27	3,05	12,07	1,06	2,08	4,75	775,67
13	4,99	2,89	9,91	0,85	6,25	4,83	729,31
14	5,55	3,40	13,96	0,94	5,42	5,25	739,48
15	4,22	2,81	8,72	0,88	2,67	4,08	722,52
Moyenne	4,85	2,86	10,17	0,93	4,14	4,43	810,57
Ecart type	0,46	0,30	2,04	0,19	2,17	0,35	94,71

Le tableau 29 montre que la subéraie de Hafir présente des moyennes de longueur et largeur des feuilles très rapprochées, elles sont respectivement aux environs de $5 \pm 0,46$ cm et $3 \pm 0,3$ cm. Les moyennes de surface foliaire varient de 6 à 13 cm² avec une moyenne de $10,17 \pm 2,04$ cm².

La moyenne de nombre d'épine varient de 2 à 7 par feuilles exceptionnellement des feuilles dépourvues d'épines (moyenne de $4,14 \pm 2,17$ épines), des moyennes de pair de nervure aux alentours de 4 à 5 ($\pm 0,35$), enfin des moyenne de densité stomatique aux environs de 800 à 1000 stm/mm² ± 94 stm/mm².

Les hauteurs des arbres oscillent aux environs de 5 à 7 m rarement 10 m, une circonférence d'environ 1 à 2 m et descend rarement sous la barre des 1 m et une largeur de couronne variant de 3 à 9 m.

La variabilité intra populationnelle peut être justifiée du fait que le chêne liège est une espèce très polymorphe (Boudy, 1952). Mais cela n'implique pas l'écartement d'autres paramètres tel que le facteur anthropozoïque.

II.2.3. Variabilité inter-populationnelle

Cette comparaison va nous permettre de mettre en relief les différences entre les subérais étudiées au dépend des caractères citer auparavant.

Tableau 30 : Moyenne des caractéristiques morphométriques et anatomiques des feuilles et aperçue sur les caractères dendrométriques des arbres des zones d'étude.

Subéraie	LOF (cm)	LAF (cm)	SF (mm ²)	H (m)	C (m)	DS (n/mm ²)	SP (n)
Nesmoth	5,44	3,23	13,06	5,21	0,92	645,28	5,40
M'Sila	6,58	3,58	13,54	5,8	1,21	697,12	6,97
Hafir	4,85	2,86	10,17	5,43	1,18	810,57	4,14

D'après le tableau 30 on constate clairement que la forêt de M'Sila présente les proportions les plus élevées du point de vue caractères morphologique et dendrométrique. Pour la densité stomatique la forêt de Hafir présente la moyenne la plus élevée avec 810 stm/mm², M'Sila 697 stm/mm² et Nesmoth 645 stm/mm².

La variabilité inter populationnelle et l'analyse des résultats des caractéristiques dendrométriques du chêne liège montre que, la forêt de M'Sila présente les moyennes les plus importantes par rapport aux autres stations. Et cela malgré l'aridité de son climat et le déficit important des précipitations annuelles (399 mm). Ensuite vient celle de Hafir puis Nesmoth et cela malgré leur attachement au bioclimat subhumide et semi-aride supérieure et reçoivent des précipitations annuelles considérables dépassant les 500 mm. Cela réside dans la quasi absence de l'action anthropozoogène au niveau de la forêt de M'Sila, alors que dans les autres stations étudiées, on assiste à un impact anthropique important notamment le surpâturage, l'exploitation illícite, collecte des graines, incendie ...etc surtout dans la forêt de Hafir.

Les résultats des caractères morphométriques des feuilles de chêne liège des trois zones d'études, nous indiquent que la forêt de M'Sila présente les proportions les plus élevées comparées aux autres stations. La moyenne des longueurs des feuilles de chêne liège des forêts de M'Sila et Nesmoth sont plus importantes que celle de la largeur, ce qui leur donne une forme ovale, tandis que celle de Hafir présente une largeur un peu supérieure à la longueur lui donnant ainsi une forme elliptique.

Les feuilles de chêne liège de la forêt de M'Sila où on rencontre différentes variétés de chêne liège, notamment les variétés caduque et semi-caduque, présente une moyenne de surface foliaire nettement plus élevée que celle des autres stations, puis vient celle de Nesmoth et Hafir, cela peut avoir un rapport avec la nature du peuplement, celui de M'Sila est pure, donc l'hypothèse de l'hybridation avec les autres espèces de chêne est écartée. Tandis que les autres stations présentent des peuplements mélangés avec le chêne vert et le chêne kermès, donc une éventuelle hybridation entre ces différentes espèces de chênes est envisageable, mais c'est une hypothèse et reste à confirmer avec des analyses des séquences ADN.

La moyenne du nombre d'épines des feuilles de la forêt de M'Sila est de 7 par feuilles, donnant ainsi l'impression d'un arbre xérophyte, et cela confirme l'aridité de cette forêt avec des précipitations annuelles de l'ordre de 400 mm et un bioclimat semi-aride inférieure à hiver tempéré. Quoiqu'il se trouve en dehors de son aire de répartition, le chêne liège de cette forêt persiste et cela grâce à l'humidité atmosphérique élevée de la zone littorale oranaise et au embrun marin qui apporte un vent de fraîcheur l'été.

La moyennes du nombre de paires de nervures et le poids frais des feuille des forêts de M'Sila et Nesmoth, indique que les échange de nutriments entre les feuilles et les racines de l'arbre est importante en comparaison à celle de la forêt de Hafir.

Quant à l'anatomie interne des feuilles, on a étudié la densité stomatique des feuilles de chêne liège de chaque provenance. Ce qui nous a amené à calculer les moyennes de chaque forêt. L'analyse de ces résultats confirme l'état de stress de la subéraie de Hafir, puisque elle représente le taux les plus élevé, contre des taux plus faibles pour la forêt de M'Sila et Nesmoth.

D'une façon générale, ces réductions permettent aux reliques de chêne-liège de limiter les pertes en eau par le phénomène de transpiration au moment d'un déficit hydrique.

L'élément principal de résistance des arbres réside dans leur capacité à ajuster leur surface foliaire en situation extrême, et à être capables de stocker des réserves permettant le redémarrage de la croissance lors de la prochaine saison de végétation.

Si on veut comparer les trois forêts on trouve que la forêt de Hafir qui appartient à l'étage bioclimatique subhumide se caractérise par une humidité élevée et une saison estivale moins intense contrairement à celles de Nesmoth et M'Sila qui appartiens à l'étage bioclimatique semi-aride. Et malgré tout cela la forêt de M'Sila présente le peuplement le plus sain, ce qui nous amène à dire que la présence des variétés de chêne liège notamment la caduque et la semi-caduque, la pureté du peuplement et même l'intensité de l'action anthropique ont un effet considérable sur le développement et le comportement de l'arbre.

D'une part, Aussenac (1973), affirme que l'augmentation de la densité stomatique et la réduction de la dimension des stomates correspondent à une meilleure adaptation vis à vis de l'économie de l'eau. Il existe d'autres facteurs qui interviennent dans les caractéristiques stomatiques du chêne liège et leur densité telle que le facteur génétique, comme Brunel et Binet (1967) notent que la densité stomatique est en fonction des facteurs génétiques. Donc une analyse génétique complémentaire pourrait confirmer cette adaptation aux facteurs climatiques.

CONCLUSION GENERALE
ET
PERSPECTIVES

Conclusion générale et perspectives

La région Ouest algérienne se caractérise par un climat méditerranéen qui change d'une zone à une autre suivant l'altitude, la latitude et l'exposition. Dans ses différentes zones, on peut rencontrer différentes subéraies avec différentes compositions floristiques.

Parmi ces subéraies, on peut citer celle de Nesmoth dans les monts de Saida à Mascara, la forêt de M'Sila dans la zone littorale oranaise, et la forêt de Hafir dans les monts de Tlemcen.

Dans ce travail, nous avons comparé les facteurs climatiques de ces trois forêts, et étudié l'effet de ces derniers sur les caractéristiques morphologiques et anatomiques du chêne liège.

Dans la forêt de Hafir, le chêne liège se trouve à l'état de dégradation notant la présence de sous-bois témoignant l'exposition de ce dernier à des feux de forêt répétés, par rapport aux deux autres stations de M'Sila et Nesmoth, qui présentent des peuplements de chêne liège dans un bon état.

D'après la série des analyses morphologiques et anatomiques établies au laboratoire, et l'étude des données climatiques de chaque forêt, on peut réunir sous forme de synthèse les conclusions formulées tout au long de cette étude.

Au sud de la ville de Mascara s'installe la forêt de Nesmoth à une altitude de 950 m, qui présente un ensemble végétal dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais avec une période sèche qui s'étale sur 5 mois, elle est constituée essentiellement de chêne liège, chêne vert, et d'Eucalyptus. Le peuplement de chêne liège se maintient et présente une régénération naturelle appréciable, à noter que cette forêt subit une action anthropique de moindre intensité. Elle présente des caractéristiques morphologiques et anatomiques acceptables bien qu'elle est considérée comme un peuplement isolé en dehors de l'aire naturelle du chêne liège.

La subéraie de M'Sila se situe à 30 km du conté d'Oran, et 14 km de la mer, présente une altitude variant de 260 à 568 m, elle relève d'un bioclimat semi-aride à hiver tempéré caractérisé par une sécheresse bien avancée, avec une période assez longue qui s'étend sur 6 mois, elle est caractérisée par une composition floristique riche, on note la présence de différentes variétés de chêne liège, chêne vert, Pin d'Alep, et quelques pieds de pin maritime. Quoique la subéraie de M'Sila ne se trouve pas dans l'aire de répartition du chêne liège, mais elle présente un peuplement sain et en bon état, qui se distingue par ces caractéristiques morphologiques nettement meilleures que celles des autres forêts, et cela est dû à la présence de différentes variétés de chêne liège et à la quasi absence de l'action anthropique, qui favorise la régénération naturelle.

La subéraie de Hafir est située à 15 km au sud-ouest de la ville de Tlemcen et présente une altitude variant de 830 à 1480 m, elle est caractérisée par un bioclimat subhumide à hiver frais et une période sèche plutôt courte qui se déroule sur une durée de 4 mois. Son cortège

floristique est caractérisé par la présence de quelque pied de chêne zeen et chêne afares, et de vieille futaie de chêne liège souvent exposée à des feux de forêts. Cette subéraie se trouve belle et bien dans son aire, mais est dans un mauvais état du fait de l'intensité de l'action anthropique qu'elle subit, on peut dire que la régénération naturelle est absente, et les vieilles reliques de chêne liège se font remplacées par le chêne vert qui peut s'hybrider avec le chêne liège, d'autant plus que la réduction de la surface foliaire et la densité stomatique élevée confirment que cette subéraie est en stress hydrique.

Les résultats de cette étude confirment que le chêne liège des trois stations étudiées, présente une variation nette de ces différents paramètres morphologiques de l'arbre lui-même et les paramètres morphométriques, morphologiques et anatomiques des feuilles.

D'après Brunel et Binet (1967) l'augmentation du nombre de stomate par unité de surface est obtenue par une réduction de la surface foliaire, nos résultats font ressortir que les feuilles de chêne liège de la forêt de Hafir présente une densité stomatique plus élevée, et les dimensions des feuilles sont réduites, par rapport aux autres stations M'Sila et Nesmoth. Cela est peut être due à la pression anthropique trop élevée ou à la présence d'une hybridation avec le chêne vert.

Nous pensons que la variabilité des caractéristiques morphologiques et anatomiques identifiée chez les feuilles du chêne liège des trois stations d'étude est aussi liée aux facteurs climatiques, et à l'acclimatation ainsi qu'à l'adaptation des arbres dans chaque milieu écologique. On peut aussi relier cette variabilité à la présence de différentes variétés de chêne liège notamment dans la forêt de M'Sila, et à la possibilité d'hybridation avec d'autres espèces de chêne mais cela reste à confirmer avec des études génétiques complémentaires.

Compte tenu des recherches bibliographiques, et des résultats obtenus dans ce travail, il convient de mettre en œuvre une stratégie de précaution qui relève essentiellement du bon sens :

- Veiller au choix des provenances des graines et des plants pour les reboisements.
- Respecter l'exploitation rationnelle du liège.
- Restaurer les subéraies dégradées et remplacer graduellement les vieux peuplements.
- Renforcer les lois pénalisant l'exploitation illicite du liège, le surpâturage, et les incendie.
- Mettre en défend les subéraies pour garantir la réussite des reboisements et de la régénération naturelle.
- Favoriser la multiplication en pépinière de graines issues de la même subéraie, afin de servir au remplacement des vieilles futaies ou à l'expansion de celle-ci.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- A.E.F.C.O., 1868. Fascicule de propriété de la forêt domaniale de Zardeb. Sénatus Consulte. Non paginé.
- Aafi, A. 2006. La Mamora. Encyclopédie du Maroc, N°21 : 7199-7200.
- Aime, S., 1991. Etude écologique de la transition entre les bioclimats subhumides, semi-arides et arides dans l'étage thermo méditerranéen du Tell Oranais (Algérie nord occidentale). Thèse d'état. Univ. Aix-Marseille III. 190P.
- Alcaraz, C., 1977. Carte de la végétation de l'Algérie au 1/500 000. Feuille d'Oran. Soc. Hist. Nat. Afr. du N., Alger
- APCOR., 2012. Cork, 2012. [En ligne] www.apcor.pt/userfiles/File/Publicacoes/AnuarioAPCOR2012.pdf. (Consulté le 25/03/2014).
- Arnest. S., 1987. Arbres arbustes et arbrisseaux en Algérie, office des publications universitaires –Alger n° édition 686, 82p.
- Aronson, J., Pereira, J.S., Pausas, J.G, eds. 2009. Cork oak woodlands on the edge. Washington, DC, Island Press.
- Aussenac, G., 1973. Effets de conditions microclimatiques différentes sur la morphologie et la structure anatomique des aiguilles de quelques résineux - Annales des Sciences Forestières I.N.R.A. 30 (4).
- B.N.D.E.R., 1979. Etude d'inventaire des terres et forêts de l'Algérie du Nord : wilaya d'Oran. Min .Agri .Rev. Alger, 34 p.
- B.N.E.F., 1982. Procès-verbal d'aménagement de la forêt domaniale de Nesmoth sous-direction des forêts et de mise en valeur des terres de Mascara, 81 p.
- Bagnouls, F., Gaussen, H. 1953. Saison séché et indice xérothermique. Docum. Pour les Cartes des Prod. Veget. Serie : Generalité, 1 :1-49
- Balachowsky, A. S., Chevalier M, Cuille J, Grison P, Hoffmann A, Jourdheuil, P, Labeyrie V, Remaudiere G, Steffan J.R., Touzeau, J. & Vilardebo, A. 1963. Famille des Platypodidae. In : "Entomologie appliquée à l'agriculture".Tome II. Coleoptères. Balachowsky, A. S (Ed). Masson et Cie, 1289-1291.
- Barbay, A, 1913. Traité d'Entomologie forestière. Berger-Levrault, Paris, 624 p.
- Becker, M. & Levy, G, 1983. Le dépérissement du chêne liège, les causes écologiques : Exemple de la forêt de Tronçais et premières conclusion Revue forestière française, Vol 35 n°5 : 341-356.

- Benammar, R. 1988. Etude de la subéraie de M'sila (W. Oran) et proposition d'aménagement, Mém, Ing. Inst, Agri. Univ, Mostaganem, 88P.
- Benest, M, 1985. Évolution de la plate-forme de l'Ouest algérien et du Nord-Est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : stratigraphie, milieux de dépôt et dynamique sédimentaires 2 fasc., 581 p., 145 fig., 23 pl.
- Benkhadra, K, 1991. Etude de la régénération naturelle du chêne liège : cas de la fort de M'sila (Wilaya d'Oran). Mém. Ing. Agro. Inst. Tech. Agri., Mostaganem, 77 p.
- Binet, J., Brunel, J.-P., 1967. Physiologie végétale. Tome I. Éd. Doin, Paris. 439 p
- Bossard, R. Cuissance, P, 1964. Botanique et techniques horticoles, collection d'enseignement horticole, paris 250p.
- Bouchaour, D, 2001. Diagnostic sanitaire de quelques subéraies de l'Ouest Algérien. Etude particulière des principaux insectes ravageurs. Thèse. Mag. Dép. Forest. Fac. Sci. Univ. Abou Bakr Belkaid, Tlemcen. Pp 5-22.
- Boudy, P. 1950. Economie forestière nord-africaine. Tome 2 : Monographie et traitements des essences forestières. Larose, Paris, 525 p.
- Boudy, P. 1952. Guide du forestier en Afrique du Nord. La maison Rustique. Librairie Agricole, Horticole, Forestière et Ménagère. 26, Rue Jacob- Paris 6è. 505 p.
- Boudy, P. 1955. Economie forestière nord-africaine. Tome 4 : Description forestière de l'Algérie et la Tunisie. Larose, Paris, 483p.
- Bouhezam, K. et Bentabet, F, 2005. Etude Eco-Physionomique comparative entre différents écotypes de chêne liège (*Quercus suber*), cas de la forêt de Nesmoth (Mascara) et de la forêt M'sila (Oran). Mem Ing. Inst Biologie, centre uni- Mascara, 165 p.
- Bouhraoua, R.T. 2003. Situation sanitaire de quelques forêts de chêne-liège de l'Ouest algérien. Etude particulière des problèmes posés par les insectes. Thèse. Doct. Dep. Forest. Fac. Sci. Univ. Tlemcen. 267p.
- C.F.C, 2011. Recueil des inventaires du patrimoine forestier, forêt domaniale de Bissa, page 05.
- C.F.W.O, 1996. Forêt de la wilaya d'Oran : Présentation générale. Dir. Gén. For ; Min ; Agri ; juin 1996, 24 P.
- C.F.W.T, 1996. Répartition des forêts domaniales de la circonscription par district et par commune. Circonscription de Tlemcen, 4 p.
- C.O.I.O, in Bouhezam, 2005 Etude éco physionomique comparative de différents écotypes de chêne-liège « *Quercus suber*. L » cas de la forêt de Nesmoth à Mascara et de la forêt de M'sila à Oran. Mem. Ing. Faclt. SNV.Univ. Mascara, 156 P.

- Camus, A. 1934. Les chênes : monographie du genre *Quercus*. Edition P. Lechevalier.
- Cecconi, G, 1934. Manuale di Entomologia Forestale. Tipographia del Seminario Padova, 680 p.
- Chadigan, M. 1990. Etudes des facteurs du dépérissement du chêne-liège (*Quercus suber* L.) associés à l'installation des xylophages en forêt de la Mamora. Thèse 3 ème cycle en Biologie, Fac. Sci., Univ. Mohammed V, Rabat, 146p.
- Chadigan, M. Paquin, C., 1971. Carte pluviométrique de l'Algérie au 1/500.000. Oc. Rist. Afri Nord, Alger, 4 p
- D.G.F, 1998. Direction générale des forêts. Plan national de reboisement. 93p + annexe
- D.G.F, 2003. Guide pratique pour la reconnaissance des arbres et peuplements portes-graines, la récolte, le traitement, la conservation et le semis en pépinière des glands de chêne liège 35p.
- D.G.F., 1988. Bulletin technique forestier. N° 26. Non paginé.
- Daget, P. 1977. Le bioclimat méditerranéen : analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Végétario*, vol.34, n.2, p. 87-103.
- Dahmani, M, 1997. Le chêne vert en Algérie. Syntaxonomie. Phytoécologie et dynamique des peuplements. Thèse Doc. Es-Sci. En Ecologie. Inst. Nat. Univ. Sci. Et. Tech Houari Boumediene (USTHB) Alger, 329p.
- Dajoz, R. 1980. Écologie des Insectes Forestiers. Coll. Écologie Fondamentale et Appliquée, Gauthiers-Villars (Eds), Paris, 489 pp.
- Debrach, J. 1953. Notes sur les climats du Maroc occidental. *Maroc médical* 32 (342), pp. 1122-1134p.
- Dedouche, H. Ould Moumna, Z, 2002. Contribution à l'étude des peuplements de chêne liège cas de la forêt de Nesmoth (wilaya de Mascara). *Mem Ing. Inst Biologie*, centre uni- Mascara, 71 p.
- Dehane, B. 2012. Incidence de l'état sanitaire des arbres du chêne-liège sur les accroissements annuels et la qualité du liège de deux subéraies oranaises : M'sila (w.Oran) et Zariéffet (w.Tlemcen). Thèse.Doct. Dept. Forest. Fac. Sci. Univ. Tlemcen, 293 p.
- Dessain, G., 1992. Histoire de l'utilisation du liège. In actes du colloque : Les subéraies méditerranéennes. Direction départementale de l'agriculture et de la forêt des Pyrénées orientales et l'association Vivexpo (France), pp.11-21.
- Dubief, J, 1959. Le climat du sahara : Tome I. *Ins. Rech. Sah. Mém. H.S.*, 314p.
- Durand, J. 2009. Contribution à la cartographie génétique chez les Fagacées. Thèse présentée à l'université bordeaux 1 école doctorale des sciences et environnement par Jérôme Durand pour obtenir le grade de Docteur spécialité : écologie évolutive, fonctionnelle et des communautés.

- Durand, P., Gelpe, J., Lemoine, B., Riom, J., Timbal, J., 1983. Le Dépérissement du Chêne pédoncule dans les Pyrénées-Atlantiques. *Revue forestière française*, vol. XXXV, n° 5, 1983, pp. 357-368.
- El yousfi, M, 1991. La forêt de Bab-Azhar. In Villemant C. et Fraval A. : La faune du chêne liège. Actes Editions. Rabat. 164 p
- Elmi, H, 1970. Rôle des accidents décrochant de direction des climats du point de vue phytogéographique. *Bull. Soc. His. Nat. Toulouse*, 77, pp 97-124.
- Emberger, L. 1939. Aperçu général sur la végétation du Maroc. *Soc. Sci. Nat. Maroc*, 40 (157). Neroff. Geobol. Lost. Ribel, 14 Helf, Zurich, Suisse.
- Emberger, L. 1942. Un projet de classification des climats de point de vue phytogéographique. *Bull. soc. Hist. Nat. Toulouse*, 77 : 97- 124.
- FOSA. 2000. L'étude prospective du secteur forestier en Afrique. Algérie [en ligne]. Rome : FAO, 60 p. [ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/X6771F/X6771F00 .pdf](ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/X6771F/X6771F00.pdf) (consulté le 14/03/ 2013).
- Francllet, R. 1972. Cours de sylviculture. Projet FAO (Education et formation forestière). Maroc, 19/SF/0387. Février /Avril 1972, 152 p.
- G.G.A, 1927. Instruction sur les travaux d'exploitation dans la forêt de chêne liège, 98 p.
- Gaouar, A. 1980. Hypothèses et réflexions sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen (Algérie). *For. médit.* 2: 131-145.
- Gausсен H., Leroy J.F., Ozenda P. 1982. Précis de botanique tom II, végétaux supérieure 2eme édition, Masson, paris New York, Barcelone, Mexico, Rio de Janeiro 579p.
- Greco, J. 1966. L'érosion la défense et la restauration des sols Le reboisement en Algérie. Pub. Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire. 393p.
- Hammiche, V., 1988. Morphologie et systématique botanique. Edition : Office des publications universitaires. 190 p.
- Hatem, Z., Kathy, S., Raoul, L., 2007. Étude des caractères morphologiques des plantes de tomate soumises à un déficit hydrique en milieu hydroponique, *Science et changements planétaires / Sécheresse*. Volume 18, Numéro 1, 57-64, Janvier, Février, Mars 2007, Article scientifique.
- Heller, R., Esnault, R., Lance, C., 1993. Physiologie végétale, Nutrition 5ème édition, Masson, paris 283p.
- Houari, H., 1992. Contribution à l'étude de production subéreuse de la forêt domaniale de Hafir (Tlemcen), Thèse. Ing. D'état. Inst. Forest. Univ. Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, pp 1-33.

- IDF. Le chêne-liège et le liège - Bulletin de vulgarisation forestière no 71/10. - Paris, 1971. - 20 p.
- Jacamon, M., 1992. Guide de dendrologie : arbres, arbustes, arbrisseaux des forêts françaises. Dessins de Pierre Girardet. - 3e éd. Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts Paris ; Nancy. 1 vol. (XVII-349 p.).
- Kasi-tani, Cl., 1995. Possibilité d'enrichissement par introduction des essences feuillues dans les monts de Tlemcen. Mem. Ing. Forest. Tlemcen. 92p.
- Khalid, 1999. Contribution à l'étude botanique et anatomique de trois espèces du genre Quercus. Chêne vert : *Quercus rotundifolia* Lamk. Chêne liège : *Quercus suber* L. Chêne zeen : *Quercus Lagunea* Lamk. Cas des monts de Tlemcen. Thèse d'ingénieur en forestière, 74 p.
- Khellaf, 2005. Etude éco physiologique comparative de différents écotypes de chêne-liège « *Quercus suber* L » cas de la forêt de Hafir à Tlemcen et de la forêt d'Akboub à Mostaganem. Mem. Ing. Facult. SNV.Univ. Mascara, 164 P.
- Lachgueur, M., 2010. Contribution à l'étude de l'entomofone du chêne liège dans la forêt de M'Sila (Oran), thèse Mag. Dép. For. Fac. Sci. Univ. Tlemcen, 105P.
- Lamey, 1893. Chêne-liège : sa structure et son exploitation. Levrault et Cie, Nancy : 168- 209.
- Lapie, G., Maige, A., 1914. Flore forestière illustrée, comprenant toutes les espèces ligneuses de l'Algérie et les espèces ligneuses les plus répandues en Tunisie, au Maroc et dans le midi de la France. E. Orlhac. Paris. Pp 367.
- Ledant, J.P., 1976. Ecologie forestière méditerranéenne (notes et cours).
- Letreuch Belarouci, A., Medjahdi, B., Letreuch-belarouci, N., Benabdeli, K., 2009. Diversité floristique des subéraies du parc national de Tlemcen. *Acta botanica malacitana*. 34 pp 77-89.
- Letreuch Belarouci, N., 1981. Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. Tome I et II. Thèse Doctorat de la faculté des sciences de Gembloux Belgique.
- Mazliak, P., 1974. Physiologie végétal, Nutrition et Métabolisme Imprimé en France, HERMANN, Editeurs des sciences et des ARTS, Numéro d'édition 5645a, 345p.
- Metro, A., 1958. Forêts. Atlas du Maroc. Inst. Nat. chérif. Rabat, 157 pp. Tome I. Pathologie forestière. Masson. 478 p.
- Mooney, H.A., 1972. The Carbon Balance of Plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Vol. 3. pp. 315-346.
- Natividade, J.V. 1956. Subériculture. ED. Franc. De l'ouvrage portugais subéricultura, Ecol. Nat. Des eaux et forêt, Nancy, 281p.

- O.N.T.F., 1982. Forêt domaniale de Nesmoth wilaya de Mascara. Procès-verbal d'aménagement, 81p.
- O.S.A.A., 1957. Organe de la société des amis de l'arbre. Revue de l'arbre en Oranie, 88 p.
- Parcevaux, S., 1972. Contribution à l'étude des échanges gazeux au niveau des feuilles : rôle des résistances ou longueurs de diffusion en écophysiologie. Thèse. Orsay.
- Parceveux, S., 1973. Importance des échanges gazeux au niveau des feuilles dans l'écophysiologie de diverses plantes, *ecol, plant*, 8(1), 41-62.
- Pausas, J.G., Pereira, J.S., Aronson, J., 2009. The tree. Pp: 11- 21, In: J. Aronson, J.S. Pereira & J.G. Pausas (Eds). *Cork oak woodlands on the edge. Ecology, adaptive management and restoration*. Island Press, Abingdon, Oxfordshire, UK.
- Quezel, P. 2000. Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. *Ibis press, paris*, 117p.
- Richard, P.h., 1987. Etude des facteurs explicatifs de la croissance du chêne liège dans le Var. *Cemagref*, 72p.
- Rivas Martinez, S., 1982. Etages bioclimatiques, secteurs chorologiques et séries de végétation de l'Espagne méditerranéenne. *Ecologia mediterranea*, 8: 275-288.
- Rubinstein, J.P., R. Prat., 2005. Biologie et Multimédia - Université Pierre et Marie Curie, [en ligne] : <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/mouvements/nasties-stomate.htm>, (consulté le 13/05/2014).
- Saccardy, L., 1937. Notes sur le chêne liège et le chêne en Algérie. *Bulletin de la station de recherches forestières (du nord de l'Afrique)*, tome2 fascicule n° 3. Ed. Service des forêts, pp. 273-363.
- Sauvagnac, G., 1956. Les forêts domaniales de Zariéffet et de Hafir. *Bulletin de la Société des Amis du vieux Tlemcen*, 4(1955-1956) : 47-53.
- Seigue, A., 1985. La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes, *Techniques agricoles et productions méditerranéennes*, Ed. Maisonneuve et Larousse et A.C.C.T., Paris, pp. 69-82, 302-305.
- Seltzer, P., 1946 : Le climat de l'Algérie. *Inst. Météor. Et Phys. Du Globe. Univ. Alger*. 219 p + Carte.
- Thintoin, R. 1948. Les aspects physiques du Tell oranais. L. Fouquet, Oran, 639 p.
- Vennetier M., 2002. Usages et fonctions multiples de la forêt méditerranéenne. *Guide technique du forestier méditerranéen français*, chapitre 8. Editions Cemagref, Antony, pp. 26-27.

Von Mohl, H., 1856. Welche Ursachen bewirken die Erweiterung und Verengung der Spaltoöffnungen. Botanische Zeitschrift. Quelle sont les causes qui provoquent l'élargissement et le rétrécissement des stomates ? Journal botanique P 704.

Wikipedia, 2009. Acorn of cork oak (*Quercus suber* L.), Professional Institute of Agriculture and Environment "Cettolini" of Cagliari (Sardinia, Italy). [En ligne], http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quercus_suber_g4.jpg, consulté le 13/05/2014.

Wikipedia. Morphologie végétale [en ligne], <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Feuille&oldid=90259797>, consulté le 18/03/2013

Zahaf, Z., Benslim, A., 2013. Contribution à l'étude de la variabilité stomatiques des différentes subéraies de la région ouest algérienne cas des forêts de Nesmoth et Nadour wilaya de Mascara, M'Sila Wilaya d'Oran et Hafir wilaya de Tlemcen. Mém. Ing. Dep. Bio. Fact. SNV. Univ. Mascara. 97p.

Zeraïa, L., 1981. Essai d'interprétation comparative des données des forêts de chêne-liège de Provence cristalline (France méridionale) et d'Algérie. Thèse de doct. Univ de Marseille III. 367 p.

Résumé

Notre travail dans le cadre de ce mémoire est de comprendre la variabilité morphologique et anatomique au sein des subéraies de la région ouest algérienne. Pour atteindre notre objectif nous avons choisis trois zones d'étude les plus représentatives de la région, à savoir, la forêt de Nesmoth dans les monts de Beni Chograne wilaya de Mascara, la forêt de M'Sila dans la région littoral oranaise et la forêt de Hafir dans les monts de Tlemcen. Les trois stations d'étude se caractérisent par leur milieu physique, le climat et la nature des peuplements de chêne liège.

La méthodologie de travail repose sur des prospections sur le terrain, des recherches bibliographiques et des observations au laboratoire. Nous avons effectué des mesures dendrométriques sur les arbres et nous avons étudié les caractères morphologique et morphométrique des feuilles du chêne liège. Sept caractères ont été mesurés, la longueur, la largeur, la longueur du pétiole, le nombre des épines et paires des nervures, la surface foliaire ainsi que la densité stomatique des feuilles. Les résultats obtenus confirment que le chêne liège des trois provenances présente une variation intra- individuelle, intra et inter-population. La forêt de M'Sila se démarque des autres subéraies par des feuilles plus larges et un peuplement bien venant. Cependant, l'interprétation des résultats reste toutefois liée aux facteurs du milieu et anthropiques.

Mots Clés : Chêne liège, paramètres climatiques, densité stomatique, morphologie de l'arbre, anatomie de l'arbre, Nesmoth, M'Sila, Hafir.

ملخص

بحثنا في سياق هذه الاطروحة هو أن نفهم التباين المورفولوجية والتشريحية في غابات البلوط الفليني في منطقة الغرب الجزائري. و نظرا لهذا الهدف فقد اخترنا ثلاثة مجالات الدراسة في المنطقة بما فب ذلك غابة غابة نسمة بجبال بني شقران ولاية معسكر. غابة المسيلة بساحل وهران و غابة حفير بجبال تلمسان. وذلك لتغيرهما في الخصائص الفيزيائية المناخية والتغير في خصائص البلوط الفليني. منهجية العمل تتركز على أساس المسوحات الميدانية، وعمليات التفتيش الأدبي والملاحظات المخبرية. أجرينا قياسات الدندرومترية على الأشجار وقمنا بدراسة الصفات المورفولوجية والمورفومترية لأوراق البلوط الفليني. تم قياس سبعة معايير، من بينها الطول، العرض، طول السويقات، وعدد أزواج الأضلاع عدد الشوكات، مساحة الورقة وكثافة الفوهي. تؤكد النتائج أن البلوط الفليني للمصادر الثلاث تقدم اختلاف داخل الفرد، داخل وبين الغابات. غابة البلوط الفليني للمسيلة تبرز بواسطة إجازات أكبر ويتواجد البلوط الفليني بأحسن حال. ومع ذلك، تفسير النتائج تكن له صلة بالعوامل البيئية والبشرية. والتعليق على هذه النتائج يبقى متعلق بمعرفة الخصائص المورفولوجية والتشريحية وكثافة خلايا الثغور والبيئة.

الكلمات الرئيسية: البلوط الفليني، المعلمات المناخية وكثافة خلايا الثغور، غابة نسمة، غابة المسيلة، غابة حفير.

Summary

Our research in the context of this thesis is to understand the morphological and anatomical variability in the cork oak forest of the Algerian west region. Given this goal, we have chosen three study areas in the region including Nesmoth forest in the mountains of Beni Chograne wilaya of Mascara, M'Sila forest in the coastal region of Oran and Hafir forest in the mountains of Tlemcen, chosen for their variability in physical and climatic characteristics and characters of cork oak stands.

The working methodology based on field surveys, literature searches and laboratory observations. We performed tree measurements on trees and we studied the morphological and morphometric characters of the leaves of cork oak. Seven characters were measured, the length, width, petiole length, the number of pairs of ribs and spines, leaf area and stomatal density of leaves. The results confirm that the cork oak three sources present an intra-individual variation, intra-and inter-population. Forest M'Sila cork oak stands out by larger leaves and stand well coming. However, interpretation of results is however related to environmental factors and anthropogenic.

However, the interpretation of results is related to the knowledge of morphological and anatomical characters, stomatal density, and ecology.

Keywords: cork oak, climatic parameters, stomatal density, morphology tree, anatomy tree, Nesmoth, M'Sila, Hafir.