

République Algérienne Démocratique et Populaire.

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

**Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques.
Département des Sciences Agronomiques.**



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de master en sciences forestières.

Thème :

**Contribution à l'étude de la variabilité de la qualité du liège de
reproduction des subéraies de la région d'El Tarf.**

Cas des stations : Dar El Ayeche / Kef Lachheb / El M'righa.

Présenté par :

- ✓ Mlle AIT SLIMANE Yasmine.
- ✓ Mr AIT IDIR Mouloud.

Devant le jury composé de :

- Présidente: Mme SI MOHAMMED.Ch M.A.A (U.M.M.T.O).
- Promoteur: Mr METNA.B M.A.A (U.M.M.T.O).
- Examineur: Mr CHENOUNE.K M.A.A (U..M.M.T.O).

PROMOTION 2023

REMERCIEMENT :

Nous tenons à remercier très profondément :

Madame **SI MOHAMMED. CH** maître assistant chargé de cours à l'UMMTO. De nous avoir fait l'honneur de présider de jury.

Monsieur **METNA B.** Maître assistant chargé de cours à l'UMMTO d'avoir accepté de diriger notre travail et qui a été comme un 2eme père pour nous.

Monsieur **CHENOUNE K.** maître assistant chargé de cours à l'UMMTO d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Monsieur **ASMANI A.** maître assistant chargé de cours à l'UMMTO qui n'a malheureusement pas pu être parmi nous et a qui on souhaite un prompt rétablissement.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont participé de près ou de loin, dans la réalisation de ce modeste travail, sans oublier nos familles (nos chers parents, frères et sœurs) et plus spécialement mes chers neveux ANNA et ANAS , nos amis plus et plus précisément Mr HAMMAR Hamza et Mlle FRENDI Kenza.

LISTE DES ABREVIATIONS :

CM • Carré moyen.

C° : Degré Celsius.

Cp : Coefficient de porosité.

CV : Coefficient de variation.

CVr : Coefficient de variation résiduelle.

DDL • Degré de liberté.

DGF : Direction générale des forêts.

Dml : Diamètre moyen des lenticelles.

Ep : Epaisseur du liège.

Fobs : Fonction observée.

Fthéo • Fonction théorique lue sur la table des distributions F de SNEDECORE.

Facteur 1 • Station.

Facteur 2 • Arbre.

Facteur 3 : Station-Arbre.

G • groupe.

GIMP : General Image Manipulation Program.

Ha : Hectare.

K : Degré de liberté (ddl = n-2).

Km² : Kilomètre carré.

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

m : Mètre.

mm : Millimètre.

mm² : Millimètre carré.

Nbl : Nombre de lenticelles.

NP : Nombre de pores.

Prob : Probabilité.

r : Coefficient de corrélation.

SCE : Somme des carrés des écarts.

Sml : Surface moyenne des lenticelles.

Smp : Superficie moyenne des pores.

Stl : Surface totale des lenticelles.

(r_{th1}, r_{th2}, r_{th3}) : Coefficients de corrélations minimums théoriques.

V_h : volume du liège à la même humidité h.

α : Seuil de signification.

(σ) : écart-type.

LISTE DES FIGURES :

- Figure 01 : Les caractéristiques botaniques et forestières du chêne liège.....	07
- Figure 02 : Distribution du chêne liège dans le monde.....	08
- Figure 03: Surfaces des forêts de chêne liège et proportions de la surface nationale par rapport a l'ensemble de l'aire de répartition.....	09
- Figure 04 : Aire de répartition en Algérie.....	11
- Figure 05 : Coupe transversale d'un tronc de chêne liège.....	16
- Figure 06 : Différents types de suber produit par le chêne liège.	17
- Figure 07 : Représentation schématique de la structure cellulaire du liège.....	19
- Figure 08 : Cellules de liège en section transversale montrant ondulation (gauche) et corrugation (droite).....	19
- Figure 09 : Carte de localisation de la wilaya d'El Tarf.....	28
- Figure 10 : Carte des limites de la wilaya d'El Tarf.....	28
- Figure 11 : Diagramme ombrothermique de la station d'El Kala.	30
- Figure 12 : Situation de la wilaya d'El Tarf sur le climagramme d'EMBERGER (QUEZEL ,1976) et étage bioclimatique de la zone d'étude.	30
- Figure 13 : Dépôt de liège - wilaya El Tarf.	32
- Figure 14 : Prélèvement des éprouvettes du liège pour la mesure de l'épaisseur.....	33
- Figure 15 : Pied a coulisse avec lequel l'épaisseur a été mesurée.....	33
- Figure 16 : Couverture du logiciel GIMP.	34
- Figure17 : L'éprouvette utilisée pour la mesure de la superficie des pores et la détermination du nombre de pores.	35
- Figure 18 : les éprouvettes utilisées pour déterminer la densité du liège.	38
- Figure 19 : la balance de mesure de la masse des éprouvettes.....	38
- Figure 20 : Mesure des diamètres des pores verticaux et horizontaux à l'aide de logiciel GIMP.	39
- Figure 21 : Mesure des diamètres verticaux et horizontaux des lenticelles à l'aide du logiciel GIMP.	40

- Figure 22 : Distribution des épaisseurs du liège des trois stations.....	45
- Figure 23 : Distribution des planches du liège selon des classes de pourcentage.	46
- Figure 24: distribution de nombre de pores.	47
- Figure 25 : distribution de la superficie moyenne des pores.....	48
- Figure 26 : distribution des lenticelles dans les trois stations.	50
- Figure 27 : superficie moyenne des lenticelles des trois stations (mm ²).	51
- Figure 28 : Disposition du coefficient de porosité des trois stations.	51
- Figure 29: la distribution de la densité du liège des trois stations.	52
- Figure 30: distribution de l'épaisseur du liège des arbres pour les trois stations.	53
- Figure 31 : distribution du nombre de pores des arbres pour les trois stations.....	53
- Figure 32 : Disposition de la superficie moyenne des pores des arbres pour les trois stations.....	54
- Figure 33 : Disposition du nombre de lenticelles des arbres des trois stations.....	54
- Figure 34 : Disposition de superficie moyenne des lenticelles des trois stations.	55
- Figure 35: Disposition de la densité des trois stations.....	55
- Figure 36 : projection des individus sur le plan factoriel (1 x 2).	63

LISTE DES TABLEAUX :

- Tableau 01 : représentation des caractères botaniques et dendrologiques du chêne liège.....	05
- Tableau 02 : Approximation des superficies du chêne liège en méditerranée.	09
- Tableau 03 : Répartition et superficies des peuplements de chêne liège en Algérie.	10
- Tableau 04 : les principales espèces de sous-bois de chêne-liège.	12
- Tableau 05 : Epaisseur commerciale pour le liège en planche.	24
- Tableau 06: distribution des échantillons du liège par classe commerciales d'épaisseurs.	46
- Tableau 07 : Distribution des pores par classes de dimensions.	48
- Tableau 08: résultats de l'analyse de la variance et de test de NEWMAN et KEULS des variables épaisseur, porosité et densité du liège.....	56
- Tableau 09 : Valeurs propres des axes.....	61
- Tableau 10 : cosinus carres des variables.	62
- Tableau 11 : Résultats de la matrice de corrélation.	67

Sommaire

Remerciements

Liste d'abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....01

Chapitre I :

Synthèse bibliographique

I-Généralités sur le chêne liège04

I.1.la systématique du chêne liège.04

I.2.Les caractères botaniques et dendrologiques du chêne liège.....05

I.3.Aire de répartition du chêne liège07

I.3.Aire de répartition mondiale07

I.3.2.Aire de répartition nationale09

I.4 Ecologie du chêne liège.11

I.4.1.Exigences climatiques.....11

I.4.1.1.Précipitations et humidité11

I.4.1.2.Température et lumière11

I.4.2.Exigence en altitude et en exposition12

I.4.3.Exigences édaphiques12

I.5.Le cortège floristique du Chêne liège.12

I.6.Importance socio-économique	13
I.7.La régénération du chêne liège.	13
I.8.Les facteurs de dégradation du chêne liège.	13
II. Généralités sur le liège.....	15
II.1.Introduction.	15
II.2.Formation de liège.	15
II.2.1.Le liège mâle.....	16
II.2.2.Le liège femelle	16
II.3. Accroissement du liège de reproduction	17
II.4.Structure cellulaire du liège.	18
II.5.Composition chimique du liège.	20
II.6.Propriétés physiques et mécaniques du liège	20
II.7.Les défauts du liège.	21
II.8.La qualité du liège	22
II.8.1.Critère d'évaluation de la qualité du liège en planche	23
II.9.La production du liège.	25
II.9.1.Production mondiale.....	25
II.9.2.Production en Algérie.	25
II.10.Les différentes utilisations du liège.	26

CHAPITRE II

Matériel et méthodes

1. Présentation du milieu d'étude	27
1.1.Situation géographique de la wilaya d'El Tarf	27
1.1.1.Limites géographiques	27
2.Caractéristiques naturelles et conditions climatiques	29
2.1.Relief et morphologie	29
2.2.L'étude climatique	29
2.3.Conclusion sur l'étude du milieu	31
3.Méthode d'échantillonnage	31
4.Mesure des variables	32
4.1.Epaisseur du liège.....	32
4.2.Porosité	33
4.2.1.Le General Image Manipulation Program (GIMP)	34
4.2.2.L'outil de Mesure	35
4.2.2.1.Méthode de mesure	35
4.3.Densité du liège (Dstl).....	37
5.Méthode de traitement des données	42
5.1.Variation intra-stationnelles	42
5.2.Variation interstationnelles	42
5.3.L'analyse en composantes principales (ACP)	43

Chapitre III :

Résultats et discussions

1.Présentation des résultats	45
1.1.Epaisseur du liège	45
2.Porosité du liège	47
2.1.Nombre de pores	47
2.2.Surface moyenne des pores	48
2.3.Nombre de lenticelles	49
2.4.Surface moyenne des lenticelles.....	50
2.5.Coefficient de porosité des stations.....	51
2.6.Densité du liège	52
3.Comparaison des résultats entre les stations	56
3.1.Epaisseur du liège	47
3.2.Nombres de pores	58
3.3.Surface moyenne des pores	58
3.4.Coefficient de porosité (CP)	59
3.5.Densité du liège.....	59
3.6.Nombre de lenticelles	60
3.7.Surface moyenne des lenticelles	60
3.8.Coefficient de porosité des faces tangentielles (CPP).....	61
4.Résultats de l'analyse en composantes principales	61

4.1.Détermination des composantes principales	61
4.2.Plan factoriel	63
4.2.1. Signification des axes	64
4.2.2. La matrice de corrélation	65
CHAPITRE IV Discussion	69
Conclusion générale	72

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction
Générale

Le chêne liège (*Quercus suber* L.) est considéré comme une essence forestière emblème, sa particularité physiologique le distingue des autres arbres celle après, l'arbre réagit vigoureusement en produisant une nouvelle écorce de structure et de qualité très différentes de la première, ce qui lui confère une grande valeur économique. La remarquable aptitude qu'il a à former de nouvelles couches de liège après plusieurs exploitations répétées, le classe comme une espèce unique à production renouvelable. D'autant plus que cette espèce est assez rare puisque son aire de répartition se limite au pourtour méditerranéen.

Il existe actuellement 2,5 millions d'hectares de subéraies. Elle couvre le bassin méditerranéen occidental et la côte atlantique de l'Europe du sud. Sa présence ne touche que sept pays seulement : Portugal, Espagne, Italie, France, Algérie, Maroc et Tunisie. **Selon la FAO (2013)** La subéraie Algérienne représente 11% de cette superficie totale.

En Algérie, le chêne liège occupe l'atlas tellien de Tlemcen à Souk-Ahras. Les régions subéricoles par excellence se situent au centre et à l'est du pays (Tizi Ouzou, Bejaia, Jijel, Skikda, Annaba, El-Tarf, Guelma et Souk-Ahras), viennent ensuite les subéraies situées à l'ouest et qu'on retrouve principalement à Tlemcen, Chlef, Tipaza, Ain-Defla, Mascara et à Oran (**DGF, 2008**).

Le liège est un produit naturel issu de l'écorce renouvelable du chêne-liège appelée communément : liège et ayant des qualités spécifiques de légèreté, de souplesse, et d'élasticité. Grâce à ces propriétés particulières a attiré l'attention de l'homme dès l'Antiquité. En effet, le liège est un enjeu du développement durable pour ses qualités biologiques et écologiques. Il est aussi un facteur de développement au niveau social et économique dans la région méditerranée occidentale.

Les potentialités nationales pour la production du liège, sont estimées à plus de 200 000 Qx/an. Avec une production relativement faible ces dernières années (100 000 à 150 000 Qx/an) **HOUACINE et MELIANI (2017)** l'Algérie occupe le quatrième rang des producteurs de liège (5,2% de la production mondiale), mais loin derrière le Portugal (52,5%), l'Espagne (29,5%) et l'Italie (5,5%). **HOUACINE et MELIANI (2017)**.

Cependant, avec une bonne gestion et une exploitation rationnelle des peuplements, la production nationale de liège pourrait augmenter à court terme.

La qualité du liège est un aspect important, selon les notes de **SACCARDY(1937)**, un liège de très bonne qualité doit avoir des lenticelles fines et peu nombreuses. Il doit également être léger, imperméable et souple. La classification des lièges en diverses catégories de qualité et d'épaisseur est faite en utilisant des méthodes empiriques basées sur l'appréciation visuelle des principaux défauts, avec la porosité comme critère fondamental.

En Algérie quelques travaux ont été réalisés pour déterminer la qualité du liège sur des régions différentes, on cite celui de **METNA (2003)** sur les subéraies orientales de la wilaya de Tizi Ouzou, celui d'**AMIR et HIMED(2005)** sur la même région, celui de **BENGANA et ALI AHMED (2006)**, **DOUZANE (2008)** et **GHEZALI(2008)** sur la région de Jijel, **GABIS et BOUKERB (2009)** sur la région d'El Tarf, **LOKMANE ET EDJIKOUNE (2009)** sur les wilayas d'El Tarf, Skikda et Bouira. **HOUACINE et MELIANI (2017)** sur les wilayas de Tlemcen et d'El Tarf, **BOUHRAOUA (2003)** et **DEHANE (2011)** dans La région de l'Ouest.

Notre étude, a comme objectif de mesurer certains paramètres qui déterminent la qualité du liège des subéraies de la wilaya d'El Tarf des trois stations de notre étude, Kef Lachheb et Dar El Ayeche qui se situent dans la wilaya d'El Tarf et la station d'El M'righa Dans le canton de Bouhadjar, en se basant sur :

- l'épaisseur.

- la porosité.

- la densité.

Aussi d'apprécier les variations intra et inter-stationnelle de la qualité du liège.

L'objectif final est de déterminer les meilleures provenances productives du liège en Algérie afin de les comparer à notre région d'étude.

La présente étude s'étend sur Quatre chapitres qui sont les suivants :

Chapitre I : Généralités sur le chêne liège et le liège.

Chapitre II : Matériel et méthodes.

Chapitre III : Résultats et interprétation.

Chapitre IV : Discussion.

Chapitre I :
Synthèse bibliographique

I- Généralités sur le chêne liège :

I.1 la systématique du chêne liège.

Le Chêne liège, est une essence endémique du bassin méditerranéen occidental dont l'origine remonte au Tertiaire (NATIVIDADE, 1956), il est un descendant de la flore pliocène supérieure (BOUDY, 1950 et QUEZEL, 2000). D'après Linné (1753), il appartient à :

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Ordre : Fagales

Familles : Fagacées

Genre : Quercus

Espèce : Quercus *Suber* L.

En Afrique du nord, on désigne depuis longtemps cette espèce sous des pseudonymes berbère : Afersi, Aferki ou Iferki (BOUHRAOUA, 2003).

D'après BENSEGHIR (2002) et ADOUANE (2008), le chêne liège est reconnu en Algérie, selon les noms vernaculaires suivants :

- El Feline: Cette dénomination est probablement d'origine grecque (Phellodrus Phellos/liège).
- Akhnache (axenac) (liège) dans la région de petite Kabylie.
- Aqchour (aqecur) dans la région de Grande Kabylie.
- Fernane à l'Est du pays.

Selon PLAISANCE (1977) in METNA (2003), on a pu établir les appellations de l'arbre dans les pays suivants :

Espagne : Alcornoque, Alzinasurera ;

France : Chêne liège ;

Italie : Sughera

Portugal : Sobreiro ;

En Kabylie le Chêne liège est nommé : Igui et le liège : aqecuc.

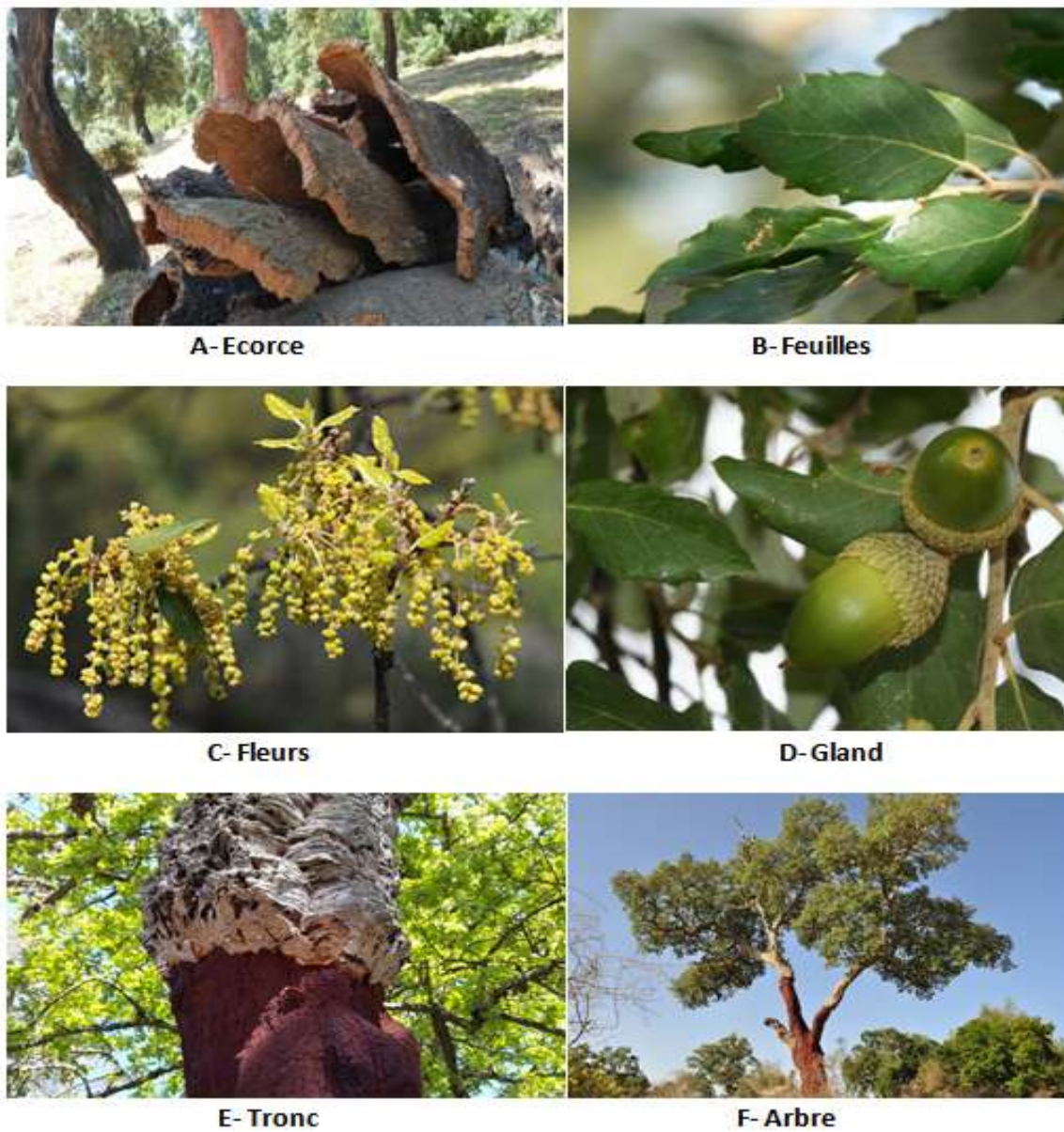
1.2 Les caractères botaniques et dendrologiques du chêne liège.

Dans le tableau(01) ci dessous on résume les caractères botaniques et dendrologiques du chêne liège :

Tableau 01 : Représentation des caractères botaniques du chêne liège.

<i>Désignation</i>	<i>Caractéristiques</i>	<i>Auteurs</i>
<i>Appareil végétatif</i>	<p>Racines : de type pivotant notamment en sol profond</p> <p>Rameaux : Jeunes grisâtres et poilus.</p> <p>Bourgeons : ovoïdes (2 à 3mm de long) protégés par des bractées tomenteuses.</p> <p>Feuilles : persistantes, 3-5 x 1,5-4 cm, coriaces, plus ou moins dentées-épineuses, à 5-7 paires de nervures secondaires. Gland de forme ovale à bord entier ou denté ; luisantes sur le dessus, blanchâtre et duveteuses en dessous; jusqu'à 4 cm de haut, surmonté d'une courte pointe poilue, à maturation annuelle.</p> <p>(Figure 01; planche B).</p>	<p>BOUDY (1952) SACCARDY (1937) SEIGUE (1985) NATIVIDADE (1956)</p>

<i>Appareil reproducteur</i>	<p>Inflorescence : espèce monoïque <u>les fleurs mâles</u> : (dites chatons) apparaissent à l'extrémité des pousses de l'année précédente en bouquets. (Figure 01; planche C). <u>Les fleurs femelles</u> : ont l'apparence de boutons écailleux qui se forment à la base des tiges de l'année. La fécondation des fleurs ne se produit qu'après six semaines suivant leur apparition. Les fruits : Le gland a une forme ovoïde et est enchâssé dans une cupule à écailles robustes. La fructification du gland peut être observée à partir de 15 ans, elle devient abondante à partir de 30 ans et se poursuit au-delà de 100 ans. (Figure 01; planche D).</p>	SEIGUE (1985)
<i>Port de l'arbre</i>	<p>Hauteur : L'arbre présente une hauteur de 10 à 12 mètres, mais peut atteindre 20 à 22 mètres dans des conditions favorables. Le tronc est court et les branches sont vigoureuses. Les premières ramifications apparaissent à une hauteur de 3 à 4 mètres du sol.</p>	<p>DEBIERRE (1927) SACCARDY (1937) BOUBY (1956)</p>
<i>Houppier</i>	<p>De forme élancée en peuplement jeune ou serré De forme étalée en peuplement claire</p>	NATIVIDADE (1956)
<i>Bois</i>	<p>Dur, lourd, clair et légèrement rosé. Il sèche difficilement et se fend facilement. Une fois déliégé, il fournit un excellent bois de Chauffage. Bois dense et irrégulier Présence de cicatrices dues aux récoltes successives.</p>	<p>CHAABNA (2012). YESSAD (1999)</p>
<i>La longévité</i>	<p>Elle est en moyenne de 150 ans et peut atteindre 200 à 250 ans en Algérie</p>	BOUDY (1952)
<i>L'écorce</i>	<p>Apparition à partir de 5 à 6 ans, du liège mâle Epaisseur moyenne de 2 à 3 cm entre 40 et 60 ans. Possibilité d'attendre 20 cm sur un arbre âgé. (Figure 01; planche A).</p>	ANONYME, (1987) in CHENOUNE (1994)



**Figure 01 : Les caractéristiques botaniques et forestières du chêne liège.
(google, 2023).**

1.3 Aire de répartition du chêne liège.

1.3.Aire de répartition mondiale :

A l'échelle mondiale, le chêne liège est une essence endémique à la méditerranée occidentale débordant sur les côtes atlantiques, développée de façon spontanée au Portugal et en Espagne, mais aussi au Maroc, dans le nord de l'Algérie et en Tunisie. Elle occupe également des zones plus restreintes dans le sud de la France et sur la côte occidentale de l'Italie, y compris la Sicile, la Corse et la Sardaigne. Le chêne liège déborde le long du sud de la façade atlantique, où les influences de la mer et de l'océan permettent de tempérer la grande amplitude des oscillations thermiques et l'aridité de la saison d'été du climat méditerranéen au sens strict (FFL, 2016).

La F.A.O (2013) précise que le chêne-liège ne se trouve que dans les zones les plus chaudes de l'aire biogéographique humide et subhumide de l'Ouest de la méditerranée, il couvre presque 1.420 198 hectares en Europe et pratiquement 698.891 hectares en Afrique du Nord (figure N°02), où l'Algérie occupe la quatrième place après le Portugal, l'Espagne et le Maroc.

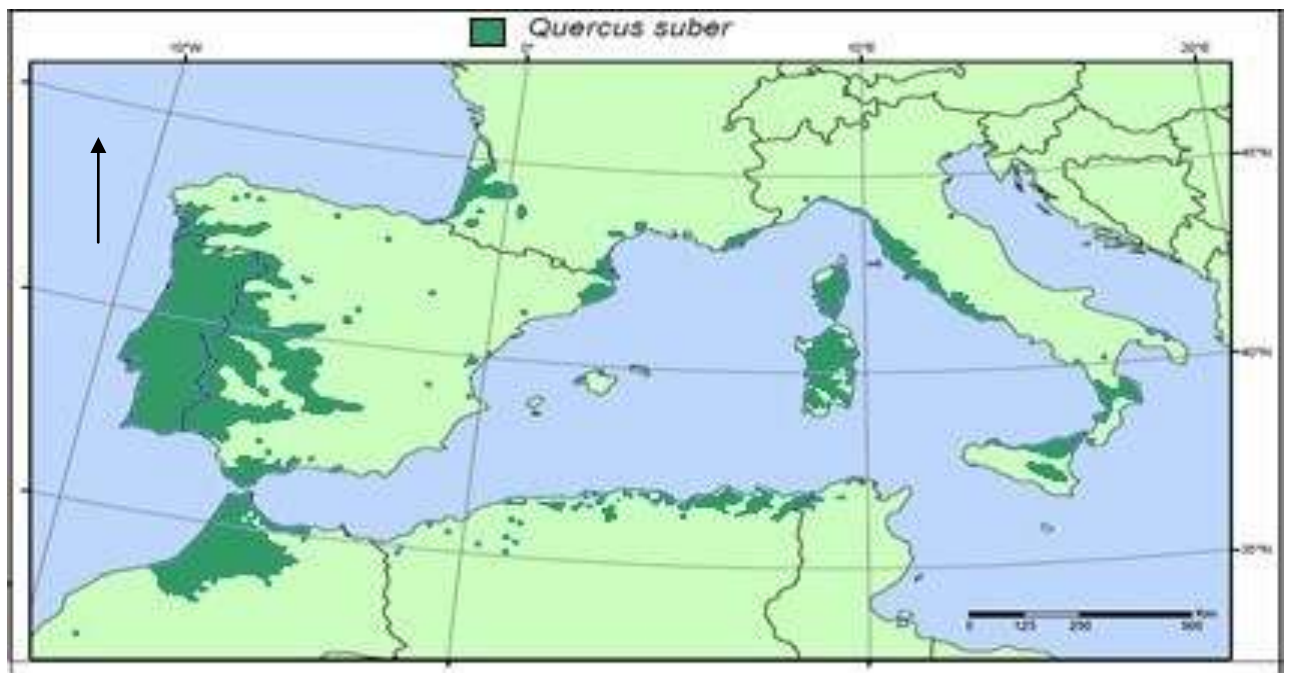


Figure 02 : Distribution du chêne liège dans le monde (Quezel et Médail, 2003).

Tableau 02 : Approximation des superficies du chêne liège en méditerranée

PAYS	SUPERFICIE(ha)	POURCENTAGE (%)
Portugal	715 922	34%
Espagne	574 248	27%
Maroc	383 120	18%
Algérie	230 000	11%
Tunisie	85 771	4%
France	65 228	3%
Italie	64 800	3%

Source (FAO, 2013)

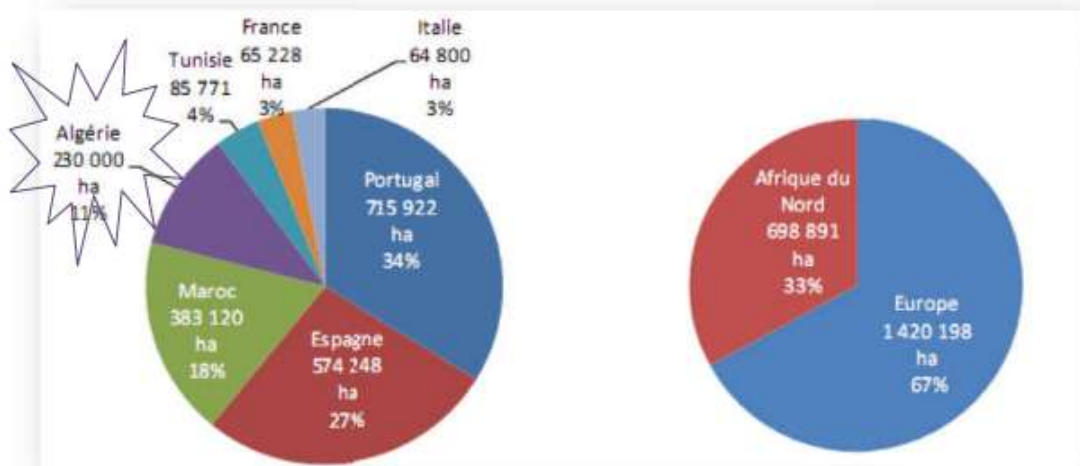


Figure 03: Surfaces des forêts de chêne liège et proportions de la surface nationale par rapport a l'ensemble de l'aire de répartition (FAO, 2013 in KADRI 2017).

1.3.2 Aire de répartition nationale.

Les forêts de chêne liège sont réparties sur 22 wilayas, les peuplements les plus importants se localisent dans la wilaya d'El-Tarf, Skikda, Jijel, Annaba, Bejaia et Tizi-Ouzou.

Le chêne liège est présent sur 230 000 ha, mais ne constitue de véritables subéraies que sur environ 150 000 ha. Ces dernières se situent sur les frontières marocaines et tunisiennes et s'étendent du littoral méditerranéen au nord aux chaînes telliennes au sud, sur une largeur ne dépassant pas les 100 km (BOUHRAOUA, 2003).

Selon YESSAD (2000), les subéraies algériennes couvrent trois faciès : l'occidental montagnard, l'oriental littoral et l'oriental montagnard (Tableau 03).

Tableau 03 : Répartition et superficies des peuplements de chêne liège en Algérie (YESSAD, 2000).

Subéraie orientale	Skikda	40 000 Ha
	Jijel - El Milia	40 000 Ha
	Guelma	20 000 Ha
	Annaba - El Tarf	30 000 Ha
	Tizi - Ouzou	10 000 Ha
	Bouira	1 500 Ha
	Tlemcen	2 000 Ha
	Chlef	3 000 Ha

Subéraie occidentale	Médéa	200 Ha
	Blida	1 000 Ha

Les principales subérais algériennes sont localisées dans le tell Oriental, situées essentiellement en zone subhumides et humides au Nord-est de l'Algérie jusqu'à la frontière tunisienne (ZERAIA, 1982), une région qui renferme à elle seule près des 4/5 de la subéraie algérienne (BOUDY, 1952 ; NATIVIDADE, 1956 et YESSAD, 2000).

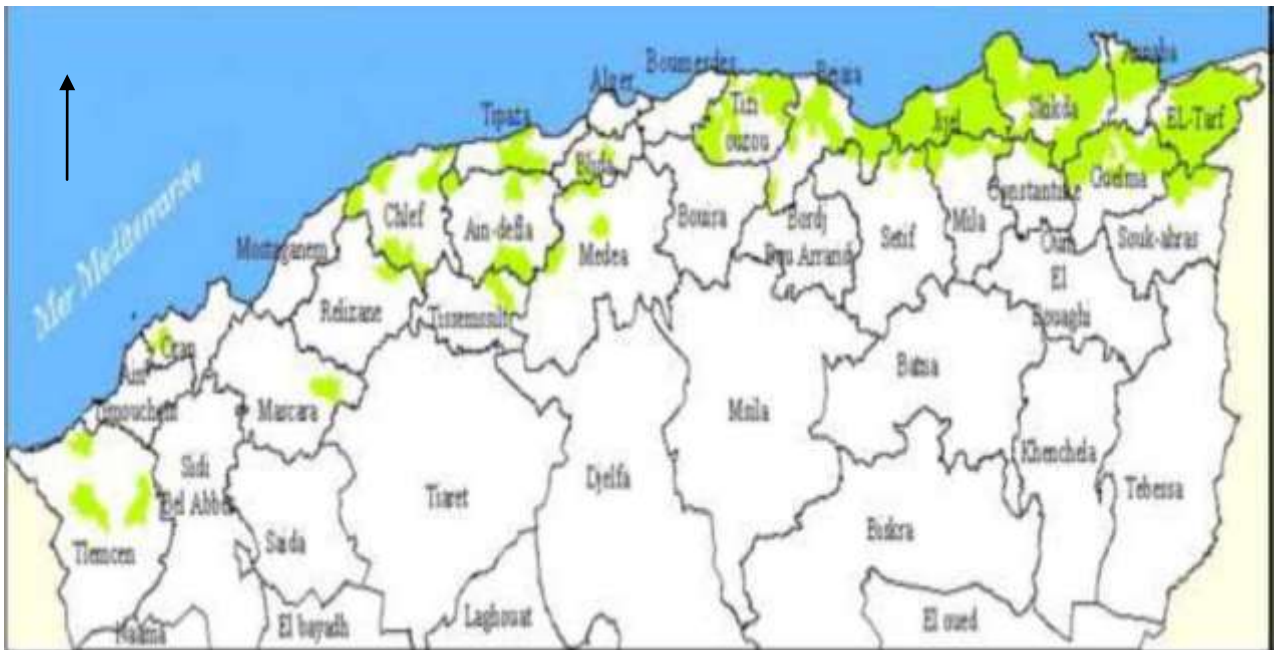


Figure 04 : Aire de répartition en Algérie (DGF(2003) in GABIS et Boukerb (2009).

I.4 Ecologie du chêne liège.

Le Chêne-liège est considéré comme une essence à tempérament exigeant et délicat (JACAMON, 1987).

I.4.1. Exigences climatiques :

I.4.1.1. Précipitations et humidité : Le Chêne liège est assez exigeant en ce qui concerne l'humidité, celui-ci ne vit en fait que dans les régions où les précipitations sont supérieures à

600 mm, rares sont les subéraies qui existent avec des précipitations plus faibles (400 mm) (RICHARD, 1988).

I.4.1.2. Température et lumière : Le Chêne liège est une essence frileuse, la moyenne favorable oscille entre 13°C et 18°C le minimum ne dépasse pas 9°C (BOUDY, 1950 et 1951). Il peut supporter de fortes chaleurs occasionnelles (35 à 40°C) mais redoute le froid persistant (gelées). La moyenne des minimas du mois le plus froid ne doit pas descendre de 0°C, et les maximas ne dépasse pas les 30°C de préférence (BOUDY 1950- 1952 ; PEYIMHOFF, 1941 ; VIGNES, 1990 et QUEZEL, 2000). Du point de vue lumière, le Chêne liège est une plante héliophile, qui supporte mal l'ombre (VILLEMANT, 1991).

I.4.2. Exigence en altitude et en exposition :

Le Chêne liège se développe convenablement au littoral, en plaine et en montagne. Si les conditions édaphiques sont propices, il peut vivre à plus de 1300 m d'altitude (BATTISTINI, 1938 PEYERIMHOFF, 1941 ; BOUDY, 1950 ; NATIVIDAD, 1956 ; ZINE, 1992). D'après ZERAIA (1980), il peut prospérer à 1800 m. ASSOUL (1989), signale que son exigence en humidité est étroitement liée à l'exposition qui est donc un facteur de compensation d'altitude.

I.4.3. Exigences édaphiques :

Le Chêne liège préfère les sols aérés, profonds, frais, moyennement riches en matière organique, acide et franchement siliceux (rocheux, granitique, porphyriques, schisteux, ou gréseux) ; il fuit les sols à calcaires actifs et les sols hydro-morphes et les sols à un pH acide, neutre à acide neutre (SEIGUE, 1985).

I.5. Le cortège floristique du Chêne liège.

La végétation qui accompagne naturellement le *Quercus Suber* L. Se présente souvent en formations buissonnantes hautes et denses (Dessain et Tondelier, 1991); ces dernières sont illustrées dans le tableau ci dessous.

Tableau 04 : les principales espèces de sous-bois de chêne-liège.

Nom commun	Nom scientifique
Bruyère arborescente.	<i>Erica arborea.</i>
Bruyère à balais.	<i>Erica scoparea.</i>

Arbousier.	<i>Arbutus unedo.</i>
Calycotome épineux.	<i>Calycotum spinosa.</i>
Cistes à trois feuilles de sauvage.	<i>Cistus salvifolius.</i>
Ciste de Montpellier.	<i>Cistus monspeliensis.</i>
Lavande à toupet.	<i>Lavandula stoechas</i>
Cytise à trois fleurs.	<i>Cytisus triflorus.</i>

Source : Dessain et Tondelier (1991).

1.6 Importance socio-économique.

En raison de la qualité, de la valeur de son écorce et de son bois, le chêne-liège est de point de vue économique l'essence forestière la plus importante d'Afrique du nord. Son écorce (liège) est une ressource exploitable dans plusieurs domaines. Il est utilisé dans la fabrication des bouchons, des panneaux d'agglomérés et l'isolation, pour la décoration et le revêtement et divers articles. Il contient du tanin utilisé dans l'industrie de tannage. Son bois a servi à la fabrication des traverses de chemin de fer, de tonneaux et autres usages en menuiserie. C'est un bois rouge clair compact (**Boudy, 1952 in Belaidi, 2010 ; Laakili et al., 2016**) in **agronomie.info**

1.7 La régénération du chêne liège.

- Le chêne liège se régénère soit naturellement par la retombée du gland sur le sol. Cette méthode est aléatoire et trouve des difficultés à cause de la présence permanente du bétail et des rongeurs en forêt ou soit à cause de la dureté des sols qui empêche le gland de traverser les premiers centimètres de litière. (Régénération par semis).

- La régénération artificielle est plus coûteuse et demande des techniques appropriées en pépinière avant le reboisement. Cette technique est la plus généralisée en Algérie avec des résultats très décevants à cause de la mauvaise qualité des plants et absence des études des sols et aussi du climat (**Yessad, 2001**). (Plantation).

• Une troisième méthode de régénération qui consiste à receper volontairement l'arbre pour avoir les rejets de souches qui vont constituer l'avenir de la subéraie. Cette méthode intervient quand le peuplement devient vieux ou il est traversé par un incendie (Aronson et al. 2009).(Drageonnement)

1.8 Les facteurs de dégradation du chêne liège.

Aujourd'hui les subéraies sont confrontées à de nombreuses menaces qui parfois surviennent ensemble et le plus souvent séparément, nous citons en particulier :

- Les longues années de sécheresse ;
- Le surpâturage ;
- Les incendies ;
- Le Développement urbain anarchique ;
- La Fragmentation des milieux (projet de route et complexes touristiques) ;
- La Pratiques de gestion forestière inappropriées ;
- L'enrésinement par le pin d'Alep ;
- L'Abandon des subéraies et des zones rurales ;
- La Qualité d'exploitation du liège ;
- L'Absence de mise en défends ;
- Les Travaux sylvicoles absentes et réhabilitations occasionnelle.
- Le Moyens de lutte inefficaces contre les insectes ravageurs et les champignons pathogènes.

II- Généralités sur le liège.

II.1 Introduction.

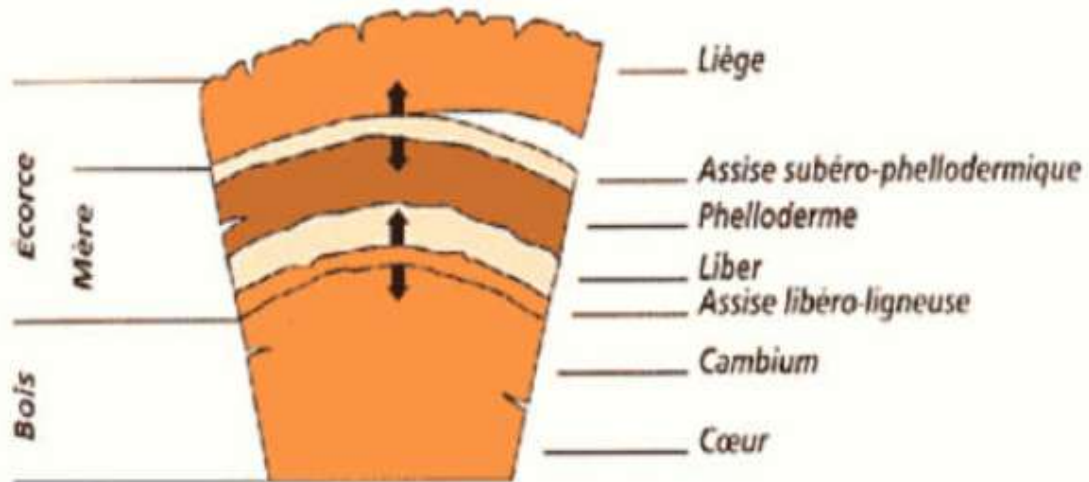
Le liège est un tissu végétal qui est produit au niveau de l'écorce du chêne-liège par l'assise génératrice subéro-phellodermique (phellogène). Le chêne-liège est un arbre qui produit une écorce épaisse et spongieuse qui est récoltée pour produire du liège. La production de liège est un processus qui implique l'utilisation de machines pour extraire l'écorce de l'arbre (cette méthode n'est pas utilisée en Algérie), puis la transformer en produits finis tels que des bouchons de vin, des planchers des murs et des plafonds ...etc.

II.2. Formation de liège.

La croissance en épaisseur d'un chêne liège provient des deux assises génératrices suivantes (Figure 05) :

- Une interne, appelé assise libéro-ligneuse (cambium) qui donne vers l'intérieur du bois très dur, riche en larges rayons ligneux, pauvre en zone poreuse et en vaisseaux et vers l'extérieur à un liber mince et riche en tanin.
- Une assise externe, appelée assise subero-phellodermique, qui produit le phelloderme sur sa surface interne (tissu mince) et le suber ou le liège sur sa face externe qui est un tissu de protection secondaire assurant la protection des parties aérienne et souterraine des arbres.

Chez le chêne liège, le liège de la partie aérienne est très développé et peut atteindre une épaisseur de 20 cm lorsqu'il n'est pas exploité (NATIVIDADE 1956).



Source : Cours Mr Metna.

Figure 05 : Coupe transversale d'un tronc de chêne liège.

II.2.1- Le liège mâle

C'est le liège vierge ou l'écorce qui couvre les branches de l'arbre et même les parties externes des racines. S'il reste attaché à l'arbre sans être récolté, ce liège peut atteindre une épaisseur de 20 cm. (DEHIRI 2017) Son utilisation dans l'industrie est fortement proscrite en raison de son élasticité et de sa dureté). L'opération de dépouillement de ce liège est appelée démasclage ou mise en valeur. Elle a pour but de fournir un autre type de liège dit « femelle »

II.2.2. Le liège femelle

Liège qui se développe après le démasclage. Contrairement au liège mâle, il est moins crevassé, plus homogène et élastique. On distingue : Le liège de première reproduction : liège obtenu lors de la première récolte suivants le démasclage, il peut être bouchonnable mais sa qualité est encore moyenne (beaucoup de déchets). Sa valeur commerciale n'est pas très élevée par rapport au liège de reproduction proprement dit. Le liège de reproduction : liège récolté lors des levées suivantes. C'est à partir de ce moment-là que le liège atteint sa valeur

optimale. Il possède toutes les qualités requises pour la fabrication de bouchons (Figure 06).



Figure 06 : Différents types de suber produit par le chêne liège.

(Cours Mr Metna, Mr Chenoune, Mm Metna.).

II.3. Accroissement du liège de reproduction

Les anneaux de croissance du liège poussent chaque année d'une certaine épaisseur variant de 1,5 à 7 mm. Ces accroissements ne sont jamais rectilignes, parfois large parfois très sérés. Leur comptage et leur mesure demandent une acuité visuelle ou l'utilisation d'un micromètre. L'âge du liège est appréhendé donc par le comptage de ces cernes **(DEHIRI,2017)**.

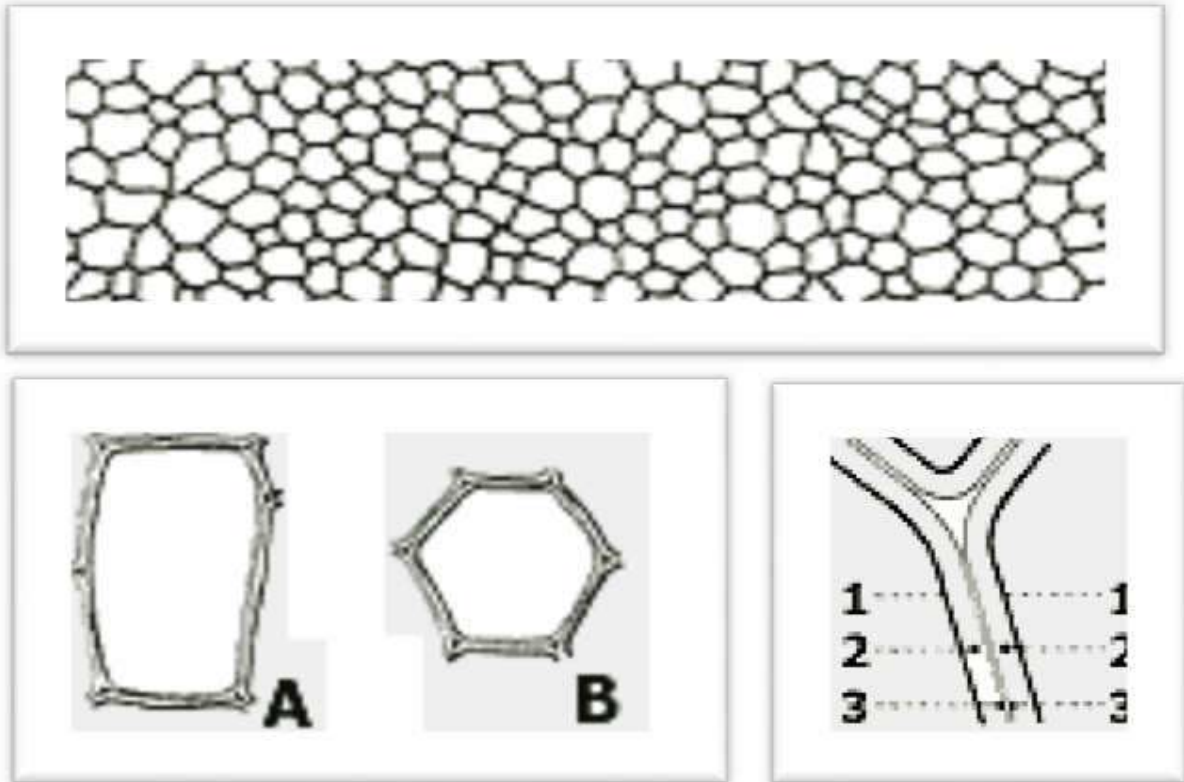
L'accroissement du liège s'arrête en hiver, généralement de la fin octobre à la mi-avril ou à la fin avril. Le cycle végétatif s'étale sur six mois environ. Il arrive que les canicules, les incendies et les attaques d'insectes stoppent les accroissements de l'année. Les épaisseurs des accroissements du liège algérien sont maximales en 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} voire même 5^{ème} année pouvant atteindre 3 à 5 mm d'épaisseur. Sur les derniers anneaux ils diminuent progressivement avec le vieillissement du liège et les conditions stationnelles **(Lamey, 1893)**.

II.4 Structure cellulaire du liège.

Le liège contient le suber et les lenticelles. La première formation est un amas de cellules mortes de forme rectangulaire dans la section transversale et hexagonale dans la section tangentielle. Ces cellules sont très imperméables, très subérifiées, remplies de gaz et très unis les unes aux autres (**Pereira et Prata, 1981**).

Les seconds sont des canaux qui traversent radialement le suber dans toute son épaisseur ou l'intérieur du canal est plus ou moins remplis d'un tissu pulvérisé, mais présentent entre elles de nombreux méats qui permettent le passage de gaz, vapeurs et liquides, donc leur rôle consiste à régulariser les échanges gazeux entre les tissus vivants de l'arbre et le milieu extérieur.

L'unité de mesure utilisée pour les cellules de liège est le micro dont le symbole est « μ » la longueur des cellules de liège varie entre 10 et 70 μ , avec une moyenne de 40 μ . Le Nombre de cellules de liège par centimètre cube (cm³) se rapproche des 35 millions de cellules (**IPROCOR, 1999 in GABIS et BOUKERB, 2009**).



A- section longitudinale

Source PEREIRA (2008) in METNA (2003)

B- section transversale

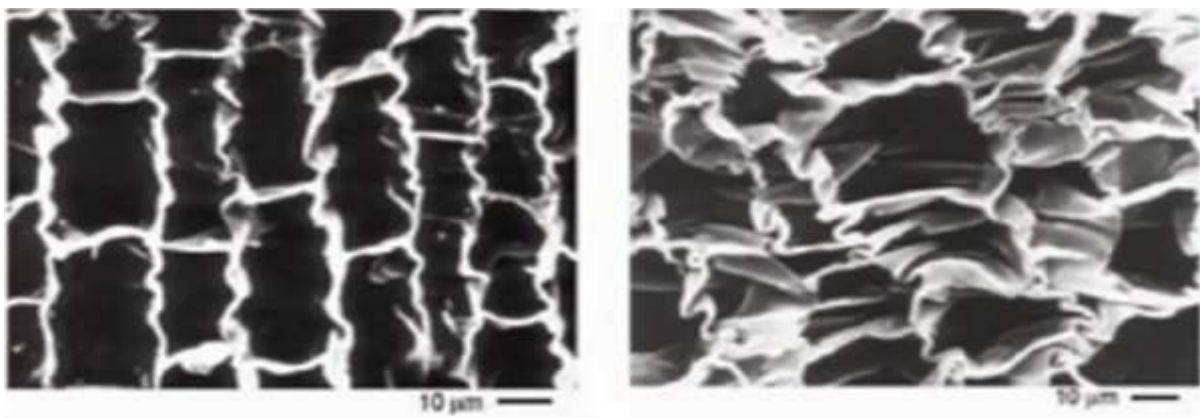
C : membrane des cellules

1- feuillets celluloseux

2- feuillets subérifiés

3- feuillets lignifiés

Figure 07 : Représentation schématique de la structure cellulaire du liège.



Source : PEREIRA (2008) in METNA (2003).

Figure 07 : Cellules de liège en section transversale montrant ondulation (gauche) et corrugation (droite).

II.5-Composition chimique du liège.

Les études établies par de nombreux auteurs sur la composition chimique du liège montrent, qu'elle est très variable, la plupart des résultats obtenus révèlent que la subérine est le principal composant.

D'après les résultats du laboratoire de l'industrie chimique **CIMASA (1991) in METNA (2003)**, la composition chimique du liège est résumée comme suit :

- **La subérine** : le liège contient 45% de cette matière, c'est un composé principal qui est responsable de l'élasticité du liège et de sa couleur.

- **La lignine** : Cet élément détient 27% de la composition chimique du liège et participe à la liaison entre les différents éléments du liège.

- **La cellulose et polysaccharides** : Ces 12% composent les parois des cellules et la définition de la texture du liège.

- **Les tanins** : avec ces 6%, il définit la couleur du liège.

- **Les cires** : composés hydrophobes assurant l'imperméabilité (5%).

- **Les Autres constituants** : les 5% qui restent sont minéraux, eau, glycérine, etc.

II-6 Propriétés physiques et mécaniques du liège.

La flottabilité du liège est due à la présence de la subérine et des cires en grandes quantités ce qui rend les cellules du liège imperméables, aux liquides et aux gaz, ce qui explique sa légèreté.

La flexibilité du liège provient des membranes cellulaires et qui confère à ce tissu d'autres qualités remarquables comme la compressibilité et l'élasticité.

L'air emprisonnée dans les cellules s'oppose au passage de la chaleur et du bruit d'où les caractéristiques acoustiques, thermiques et vibratoires. (Isolant thermique et phonique).

Le liège possède d'autres vertus très intéressantes : il a une grande résistance à l'usure, recyclable, inaltérable, sans odeur, hygiénique n'attire et ne retient pas la poussière, conserve son efficacité indéfiniment et inhibe la combustion.

II.7 Les défauts du liège.

Les défauts qui peuvent détériorer le liège et baisser son prix de vente sont énumérés comme suit (**IPROCOR, 1994**) :

- **Densité excessive** : Quand le liège est traversé par des inclusions ligneuses, il devient très dur et très mince.
- **Défaut de porosité** : suite à la présence de gros pores, le liège est sans valeur commerciale dans ce cas est dit « poreux ».
- **Défaut d'élasticité** : soit le liège est mou est très tendre. Ce défaut est dû à la présence de pourcentage élevé de liège de printemps par rapport à celui d'été et d'automne. Dans le cas contraire c'est un manque de souplesse dans ce cas le liège est de faible élasticité qui en rapport avec sa souplesse et son manque de fermeté.
- **Les soufflures** : lorsque le liège croit très rapidement avec excès d'humidité des déchirures internes apparaissent sous la double action de la tension des couches subéreuses et du retrait imposé au liège par la dessiccation.
- **Le liège marbré** : Ces taches irrégulières de couleur foncées qui apparaissent après l'excès du bouillage des planches.

- **Le liège vert** : défaut causé par l'intrusion de l'eau dans les cellules du liège. Lors du séchage, les zones atteintes se rétractent, c'est pourquoi il est conseillé de laisser ce liège sécher plus longtemps.

- **Le liège doublé** : il est dû à la présence d'un stress comme les incendies et les canicules. Dans le premier cas, il est lié à la mort du phellogène sous l'action de la chaleur. Dans le second, on peut attribuer à une sorte de débardage, à la dislocation de l'assise génératrice.

Le liège tacheté : ce sont des taches de petites dimensions de couleur diverses, qui entourent les canaux des lenticelles, l'utilisation du microscope électronique a révélé la présence de ruptures totales des parois cellulaires au niveau des ces taches.

- **Anomalies provenant d'agents biologiques** : il s'agit particulièrement des fourmis ; les coléoptères, etc. qui détériorent les planches et déprécient leur qualité.

II.8 La qualité du liège.

La qualité du liège est un sujet qui reste d'actualité. C'est un domaine complexe qui nécessite de l'expérience et de la prudence dans les conclusions. Auparavant, c'était le travail des trieurs et des viseurs, mais cette méthode était souvent subjective et pleine d'erreurs car elle reposait principalement sur l'acuité visuelle des ouvriers professionnels (**GONZALES AADRADOS et PEREIRA, 1996**). Avec l'évènement de la technologie, la qualité du liège est devenue un processus automatique utilisant des machines sophistiquées et des instruments de sondage et de détection de défauts tels que des scanners, des caméras et des rayons X.

Il y a deux méthodes de classification de la qualité du liège dans le monde : celle de l'institut espagnol (*ICMC-IPROCOR*) et la méthode portugaise.

Le classement de la qualité du liège est effectué en fonction des caractéristiques suivantes (**BENKIRANE et al, 2001**) :

- Morphologie des lenticelles.
- Epaisseur de la croûte.
- Les accroissements, leur Nombre et leur épaisseur.

- Densité et souplesse.
- Anomalies divers : soufflures, lignification, trous de vers ou de fourmis, champignons, colorations, liège vert, dimensions et profondeurs des crevasses, cernes creuses ou sèches, présence de terre...etc.

Selon **BOUDY (1952)**, un liège de bonne qualité doit avoir des lenticelles fines et peu nombreuses, être léger, imperméable et souple. Sa principale qualité technique est l'élasticité qui lui permet de prendre sa forme et son volume primitif dès qu'il cesse d'être comprimé ; de résister à l'écrasement et de conserver une grande flexibilité.

Selon **LAMEY (1893)**, dans les lièges de bonne qualité, les couches doivent être régulières, ni trop épaisse, ni trop minces. Lorsqu'elles sont trop épaisses, le liège devient mou et poreux. Lorsqu'elles sont minces et resserrées, le liège perd son élasticité.

Sur un même arbre, la porosité du liège diminue avec la hauteur du tronc, donc le liège des branches est de meilleure qualité que celui du tronc, cette amélioration est due principalement à la diminution de la porosité qui accompagne la réduction de l'épaisseur des planches (**NATIVIDADE, 1956**).

La qualité du liège s'améliore avec les récoltes. Elle est obtenue généralement à la 4ème récolte (**BENKIRANE et al.2001**). Le liège est moins crevassé et homogène. Il commence à décliner à partir de la 5ème ou la 6ème récolte. La qualité varie avec l'altitude et les conditions édapho-climatiques.

II.8.1 Critère d'évaluation de la qualité du liège en planche.

Dit aussi "calibre" représente le côté quantitatif de la qualité, c'est-à-dire la quantité de bouchons ou de disques produits par kilogramme sur une planche de liège. Il détermine également la durée du cycle de production en subéraie (en se basant sur les accroissements annuels) et définit les classes d'épaisseurs admises couramment par le commerce. Dans la plupart des régions productrices de liège, la durée du cycle est de 9 à 10 ans pour obtenir une épaisseur suffisamment marchande. Cependant, dans les régions de montagne, cette durée

peut s'étendre jusqu'à 12 ans voire 15 ans au maximum sous défaut d'un accroissement annuel fin et très lent.

Les planches de liège sont généralement classées en classes d'épaisseur commerciale pour une utilisation industrielle. (Tableau 05) (SACCARDY, 1937 ; IPROCOR, 1994).

Tableau 05 : Epaisseur commerciale pour le liège en planche.

Classe commerciale	Epaisseur	
	En Ligne	En mm
Flotte	6-8	< 22
Mince	8-10	22-27
Juste	12-14	27-32
Régulier	14-18	32-40
Demi-épais	18-20	40-45
Epais	20-22	45-50
Sur épais	>22	>54

1ligne= 2,25 mm

*Source : (SACCARDY, 1937 ; IPROCOR, 1994).
In Houacine.C et Meliani.D (2017).*

II.9 La production du liège.

II.9.1 Production mondiale.

La production mondiale du liège avoisine les 300 000 tonnes et elle est dominée par le Portugal avec 157000 tonnes annuellement avec un taux de production de 52.45%. Ce qui contribue, annuellement, à environ 2,3% de la valeur totale des exportations portugaises et 30% de l'ensemble des exportations de ce pays (**SANTOS, 2008**).

II.9.2 Production en Algérie.

Durant la décennie (1931-1941), la production moyenne annuelle sur tout le territoire algérien a été de 313 000 quintaux de liège de reproduction et 70 000 à 100 000 quintaux de lièges mâles (**NATIVIDADE, 1956**).

MANLAUZE in NATIVIDADE, (1956) attribuent aux forêts de chêne-liège de l'Algérie une production annuelle d'environ 360 000 quintaux.

Selon la direction générale des forêts, la production a connu une diminution ; pendant que la demande est en augmentation. Elle tournait autour de 120 000 Qtx en 1990 et estimée ces dernières années à 90 000Qtx par an.

Cette baisse de production annuelle est due selon le rapport de synthèse du **B.N.E.D.E.R. (1984)**, à la dégradation de nos subéraies dont les causes sont les suivantes :

- Vieillissement des peuplements.
- Déficience ou absence de régénération naturelle.
- Absence d'aménagement dans la majorité des forêts de chêne-liège.
- Problème de surpâturage.
- Manque d'une main-d'œuvre qualifiée pour la récolte du liège : de nombreux arbres sont blessés lors du démasclage.
- Les incendies qui contribuent dans la dégradation des peuplements de chêne-liège (la mort des arbres, absence de régénération naturelle).

I.10 Les différentes utilisations du liège.

L'utilisation du liège est très généralisée dans tous les domaines. Il est considéré comme une des matières premières les plus indispensables dans la vie moderne. En plus de la bouchonnerie et à l'isolation, le liège est utilisé dans d'autres secteurs :

- Dans le bâtiment (revêtement, isolation thermique, phonique et acoustique, décoration, cloisons, ponçage de marbre).
 - La construction navale (gainés de ventilation, circuits de calorifugeage isolation). La confection de la chaussure (tallons et semelles) et dans l'emballage (granulés et laine de liège).
 - L'industrie des chambres froides et transports frigorifiques.
 - La mécanique (joints mixtes avec caoutchouc jauge de flottaison, joints d'étanchéité, joints paliers transmission).
- Les produits pharmaceutiques (bouchage et conditionnement de produit, ...etc.).

CHAPITRE II

Matériel et méthodes

1. Présentation du milieu d'étude :

2. Dans le cadre de notre étude, le travail portera sur les trois stations forestières suivantes :

La forêt de Bouhadjar (station El M'righa), et la forêt d'El Tarf (stations Kef Lachheb et Dar El Ayeche).

1.1 Situation géographique de la wilaya d'El Tarf :

La wilaya d'El Tarf est située à l'extrême nord-est du pays, à la frontière tunisienne. La wilaya s'étend sur une superficie de 2 912,65 km². Le chef lieu de la wilaya se situe à 650 km à l'est de la capitale « Alger ». Les coordonnées de la région sont les suivantes :

- Longitude 8°27'3 Est.
- Latitude 36°53'47' Nord.

1.1.1 Limites géographiques :

La wilaya est limitée :

- Au nord, par la mer Méditerranée (1).
- À l'est, par la Tunisie (2).
- Au sud, par la wilaya de Souk Ahras (3).
- À l'ouest par la wilaya d'Annaba (4).



Figure 09 : Carte de localisation de la wilaya d'El Tarf.

INRF (2021).

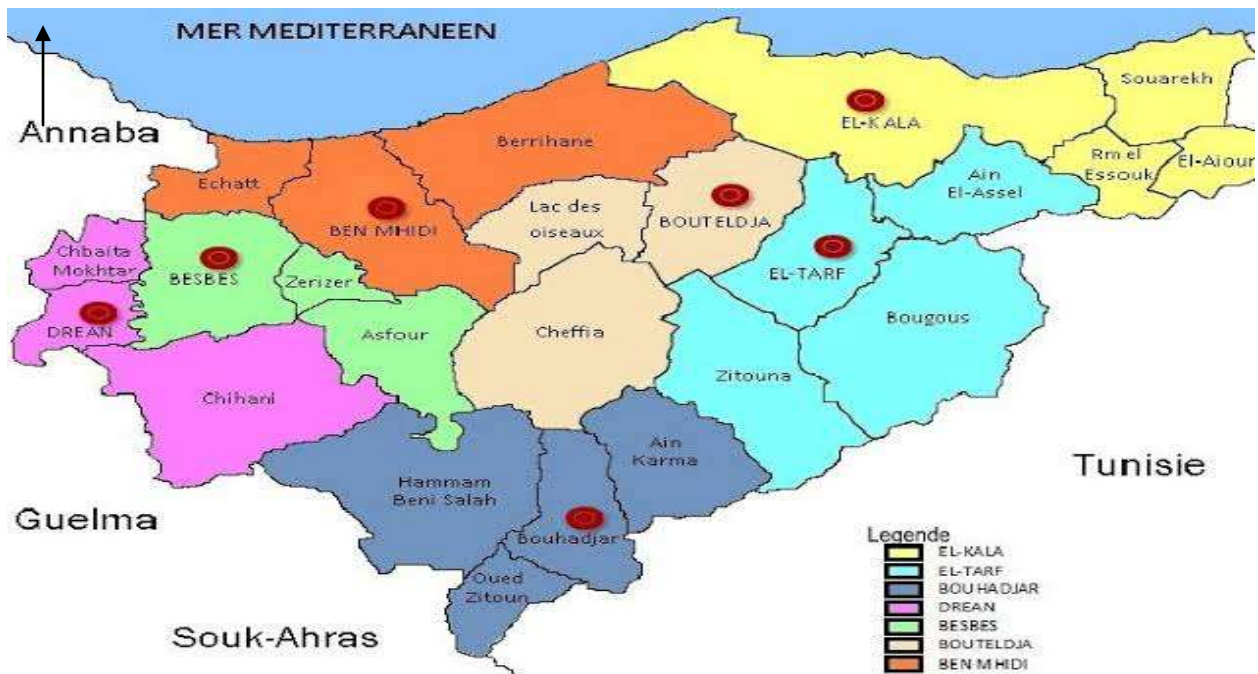


Figure 10 : Carte des limites de la wilaya d'El Tarf (INRF 2021).

2. Caractéristiques naturelles et conditions climatiques :

2.1. Relief et morphologie :

Le territoire de la wilaya est partagé en 03 parties :

- Une bande littorale qui s'étend sur 90 km de l'Ouest vers les frontières tunisiennes ; elle englobe 05 communes ;
- Une plaine dont l'altitude n'excède pas 100 m et qui souffre notamment de problèmes d'inondations saisonnières et de drainage des eaux pluviales ;
- Une zone forestière et montagneuse au sud ; elle s'étend sur 1660 km², soit 57 % de la superficie globale de la wilaya. Cette variété dans les caractéristiques naturelles de la wilaya lui confère trois vocations : agricole, forestière et touristique.

Cette variété dans les caractéristiques naturelles de la wilaya lui confère trois vocations : agricole, forestière et touristique.

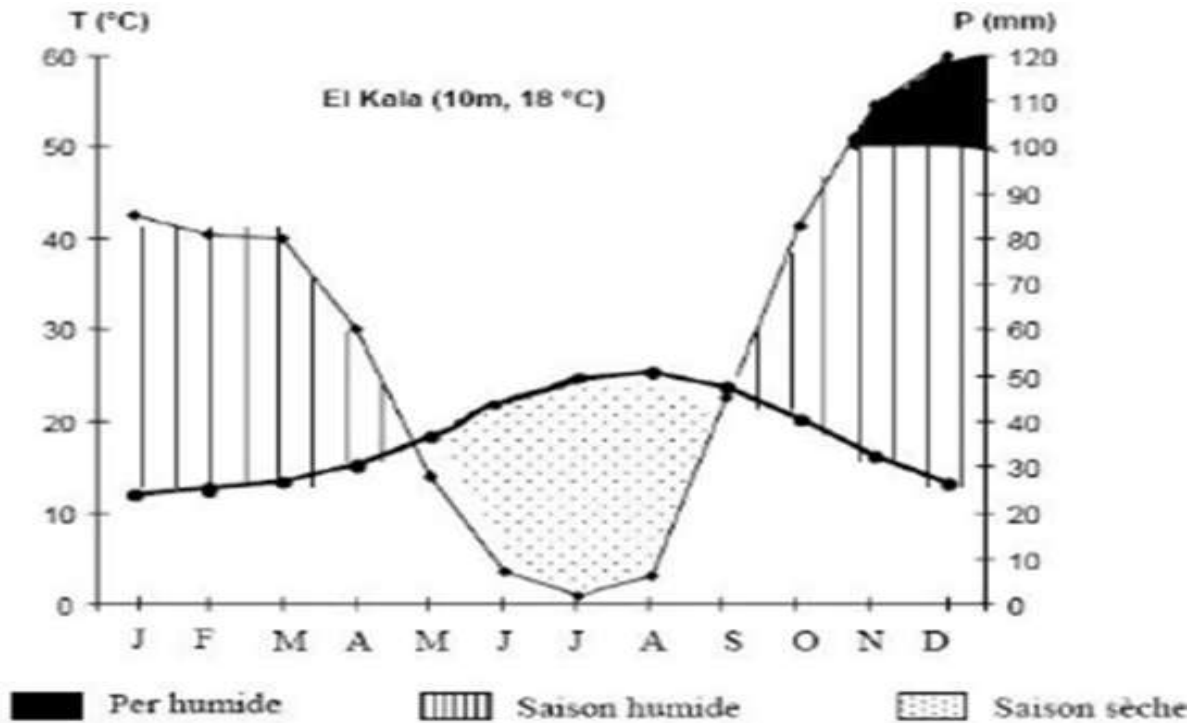
2.2. L'étude climatique :

. Le climat de la wilaya est de type méditerranéen, caractérisé par 02 grandes périodes :

Une saison pluvieuse d'octobre à avril et une saison sèche de mai à septembre. La température moyenne annuelle est d'environ 18°C. Les mois les plus chauds sont juillet et août, avec une température moyenne d'environ 25°C, tandis que les mois les plus froids sont décembre et janvier, avec des températures moyennes d'environ 12°C.

La zone d'étude bénéficie d'un climat subhumide, avec des hivers tempérés à chaud (**EMBERGER, 1955**). Il y a une généreuse pluviométrie, avec un total annuel de précipitations variant entre 710 et 910 mm.

Pendant l'été, les vents chauds et secs dominant, ce qui assèche l'atmosphère et contribue aux incendies de forêt. Heureusement, la région bénéficie également de fortes précipitations, ce qui permet de maintenir la végétation et les cours d'eau importants. Les grands lacs comme El Mellah, Oubeïra et Tonga, ainsi que les nombreuses rivières et sources, contribuent à la richesse hydrographique de la zone.



Source : HOUACINE, MELIANI (2017).

Figure 11 : Diagramme ombrothermique de la station d'El Tarf

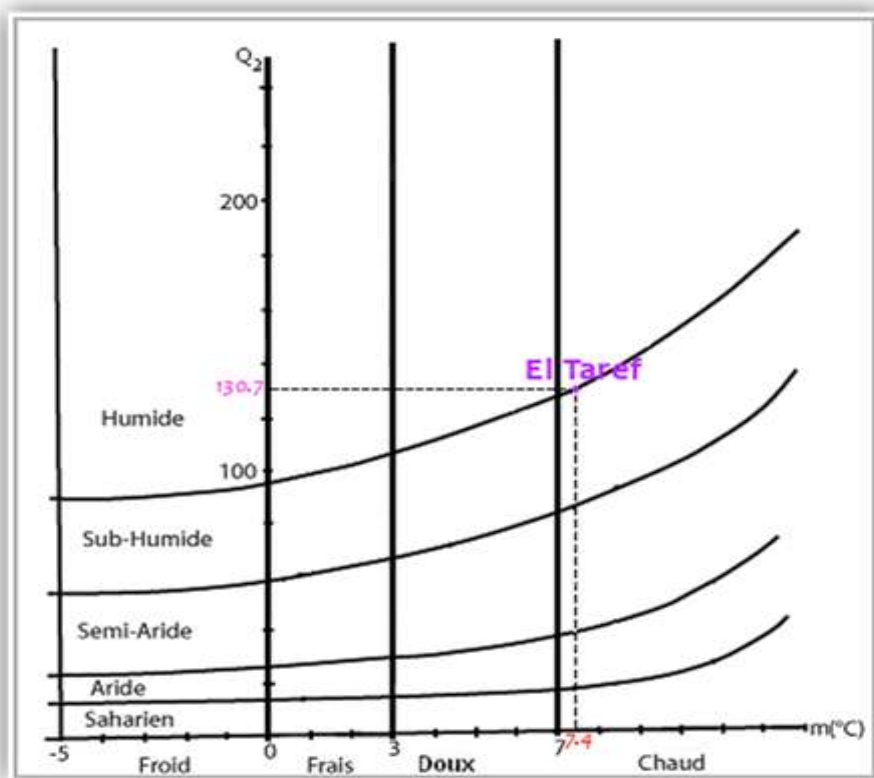


Figure 12 : Situation de la wilaya d'El Tarf sur le climogramme d'EMBERGER

(QUEZEL ,1976) et étage bioclimatique de la zone d'étude.

2.3. Conclusion sur l'étude du milieu :

Selon SACCARDY (1937) *in* AOUKA (1980) les exigences du chêne liège, en Algérie du point de vue écologique sont :

- Il redoute les sols calcaires.
- Les températures, l'essence s'adapte à un climat relativement chaud, offrant une température moyenne de 13 à 18°C environ.
- Pour la pluviosité et l'humidité, le chêne liège exige une assez grande humidité et ne croît bien en Algérie que si la pluviométrie annuelle atteint au minimum 600 mm .Il lui faut une humidité atmosphérique élevée de l'ordre de 60% durant les saisons les plus sèches.

L'analyse des paramètres climatiques montre que les exigences du chêne liège en matière de températures, précipitations et humidité sont largement acceptables.

3. Méthode d'échantillonnage :

Le liège été ramené des dépôt de liège de la wilaya d'El Tarf où chaque forêt est représentée par un ou plusieurs lots (figure 13). Pour procéder à cette étude la méthode d'échantillonnage aléatoire « stratifiée systématique » a été adoptée. Elle consiste à diviser la population en groupes homogènes appelés strates qui sont mutuellement exclusifs, puis on sélectionne dans chaque strate des échantillons indépendants). Nous avons prélevé des planches de façons que l'intervalle entre ces dernières soit égal. Nous avons pris 10 planches de chaque forêt. Au total 30 planches :
10 planches X 3 stations.



Source originelle (2023).

Figure 13 : Dépôt de liège - wilaya El Tarf.

4. Mesure des variables:

4.1 Epaisseur du liège:

Après le bouillage durant une heure de temps et séchage à l'air libre du liège suivant la méthode utilisée par **FERREIRA et al ., (1999)**, **AMIR et HIMED (2004)** et **ALOUI et al ., (2006)**. Trois mesures d'épaisseurs sous croûte ont été prises, deux à l'extrémité gauche et droite une au centre de la planche échantillonnée.

L'épaisseur sous croute a été mesurée à l'aide d'un « Pied à Coulisse » à 1/20 mm, est vérifié par un logiciel « GIMP » qu'on va expliquer dans les étapes suivantes.

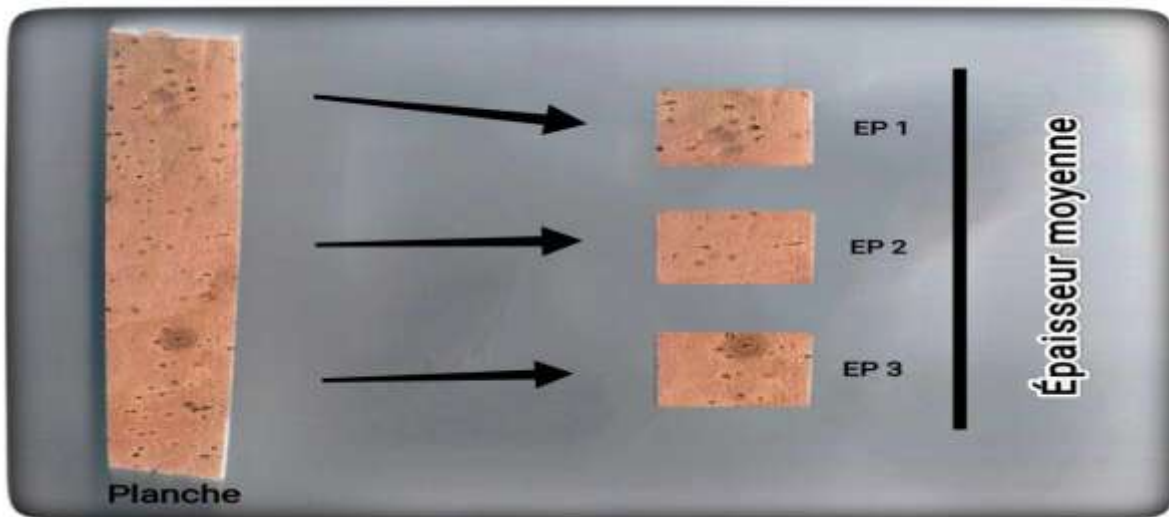


Figure 14 : Prélèvement des éprouvettes du liège pour la mesure de l'épaisseur. *Originelle (2023).*



Figure 15 : Pied à coulisse avec lequel l'épaisseur a été mesurée. *Originelle (2023).*

4.2 Porosité :

La porosité du liège est exprimée par trois éprouvettes de forme rectangulaire de 10 cm de longueur x 1.5 cm de largeur x 1.5 cm d'épaisseur. Celles-ci sont prélevées de chaque planche de liège. La porosité est étudiée sur les deux sections transversales et les deux sections tangentielles.

La méthodologie de mesure, est la même que celle suivie par METNA (2003), AMIR et HIMED (2005), BENGANA et ALI AHMED (2006), DOUZANE (2008) et AMIRAT (2008) avec la loupe binoculaire, mais la manipulation est plus simplifiée et développée avec le logiciel GIMP.

Le principe de l'image scannée a été tiré de plusieurs travaux concernant la qualité du liège.

les éprouvettes avant d'être scannées, leurs surfaces ont été pensées à l'aide d'une penseuse, nettoyées avec du papier verre et préparées d'une façon qu'elles ne présentent aucun obstacle de noircissement lorsque certains pores présentent une couleur noire, due à la perte de la poudre marron rougeâtre.

4.2.1 Le General Image Manipulation Program (GIMP)

GIMP est un logiciel open source gratuit d'infographie créé par SPENCER KIMBALL et PETER MATTIS, offrant des traitements d'images et de photographie. Il permet l'utilisation de fonctionnalités avancées, telles que des palettes d'outils graphiques, l'utilisation de canaux et de calques, c'est aussi un éditeur de trame **raster** (point à point), il effectue ses opérations directement sur les pixels déterminant l'image.



Figure 16 : Couverture du logiciel GIMP. Originelle (2023).

4.2.2 Les paramètres mesurés pour la porosité

GIMP sert à mesurer les distances et les angles entre points de l'image. En maintenant le clic gauche et en déplaçant le curseur, nous pouvons connaître l'angle et le nombre de pixels entre le premier point cliqué et celui localisé par la position actuelle du pointeur.

Les informations sont affichées dans la barre d'état, en bas de la fenêtre d'image. De gauche à droite :

- Affichage de la distance depuis l'origine, le coin en haut à gauche.
- Un bouton possédant une liste déroulante qui permet de choisir l'unité de mesure. Le pixel est l'unité par défaut.
- Un bouton de zoom, pour agrandir si pour travailler avec plus de précision.
- L'affichage de la distance entre le point d'origine et le pointeur de la souris, suivi de l'angle, dans chaque quadrant, de 0° à 90°.

4.2.2.A. Nombre de pores (Nbp)

C'est le nombre total de pores observés sur chaque face des deux sections transversales de l'éprouvette de 10 cm de longueur et 1.5 cm d'épaisseur (moyenne des sections) pour chaque éprouvette.

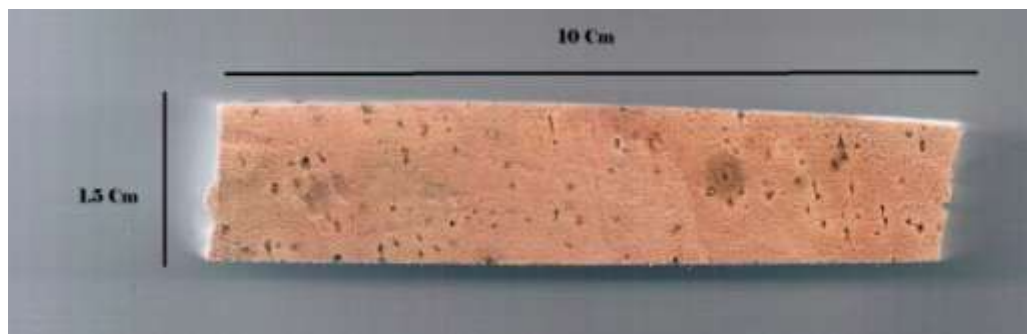


Figure17 : L'éprouvette utilisée pour la mesure de la superficie des pores et la détermination du nombre de pores. Originelle (2023).

B- La superficie moyenne des pores (Smp) (mm²)

Elle est estimée à l'aide de la formule suivante :

$$S = \pi D^2 / 4 \quad \text{avec} \quad D = (d_1 + d_2) / 2$$

d_1 et d_2 étant les deux diamètres perpendiculaires de chaque pore mesurés à l'aide du logiciel "GIMP" équipée d'un outil de mesure qui nous donne une distance réelle ; lorsque les éprouvettes sont scannées directement.

Il s'agit de prendre un point de départ jusqu'au point de la fin, et que la ligne de l'outil de mesure présente un angle de 90° ou 0° , pour que le résultat soit plus ou moins exacte et avec des grossissements allant de 100% jusqu'à 800% de l'outil de zoom, on peut délimiter des pores de très petite dimension.

C- Coefficient de porosité (C_p)

Représente le pourcentage de la superficie totale des pores par rapport à la superficie totale de l'éprouvette **FERREIRA et al., (1999)**.

D- Le nombre de canaux lenticellaires (N_{bl})

C'est le nombre total des lenticelles observées sur chaque face des deux sections transversales de l'éprouvette de 10 cm de longueur et 1.5 cm d'épaisseur (moyenne des sections) pour chaque éprouvette. La moyenne des trois éprouvettes représente la moyenne de l'arbre.

E- Le diamètre des lenticelles (D_{ml})

Le diamètre a été mesuré à l'aide du logiciel GIMP (voire figure 23). Il est estimé à l'aide de la formule suivante.

$$D_{ml} = (D_1 + D_2) / 2$$

Avec :

D_{ml} : Diamètre moyen d'une lenticelle (mm).

D_1 : Diamètre auprès de la croûte (mm).

D_2 : Diamètre à la base d'une lenticelle (mm).

F-Surface moyenne des lenticelles (S_{ml})

C'est la surface occupée par chaque lenticelle qui est déterminée par la formule suivante :

$$S_{ml} = D_{ml} \times L$$

Avec :

S_{ml} : Surface d'une lenticelle (mm^2).

Dml : Diamètre moyen d'une lenticelle (mm).

L : La longueur ou la profondeur d'une lenticelle (mm).

G- La surface totale occupée par les lenticelles (Stl)

C'est la surface totale occupée par l'ensemble des canaux lenticellaires par rapport à la surface de l'éprouvette donnée en pourcentage :

$$\text{Stl} = \left[\frac{\text{Sml} \times \text{Ntl}}{\text{S}_e} \right] \times 100$$

Avec :

Stl : Surface totale (%).

Sml : Surface moyenne des lenticelles (mm²).

Ntl : Le nombre total des lenticelles.

S_e : La surface de l'éprouvette (mm²).

4.3 Densité du liège (Dstl):

Au laboratoire nous avons effectué un prélèvement de trois lamelles de (1cm x 1 cm x 1 cm), une à l'extrémité droite, une à l'extrémité gauche et la troisième au milieu, des planches de liège.

Pour déterminer la densité du liège de chaque arbre ; des mesures ont été effectuées sur les trois éprouvettes considérées pour chaque planche. La moyenne des trois éprouvettes représente la densité du liège de chaque arbre. Au total 90 mesures (3 éprouvettes x 10 arbres x 3 stations) ont été effectuées.

Ainsi, la densité est estimée comme suit:

$$\text{Dstl} = \text{Mh (g)} / \text{Vh (cm}^3\text{)}$$

Avec : **Mh** : Masse du liège a une humidité h (mesuré à l'aide d'une balance analytique).

Vh : volume du liège à la même humidité h.

h : Humidité du milieu.



Figure 18 : les éprouvettes utilisées pour déterminer la densité du liège.

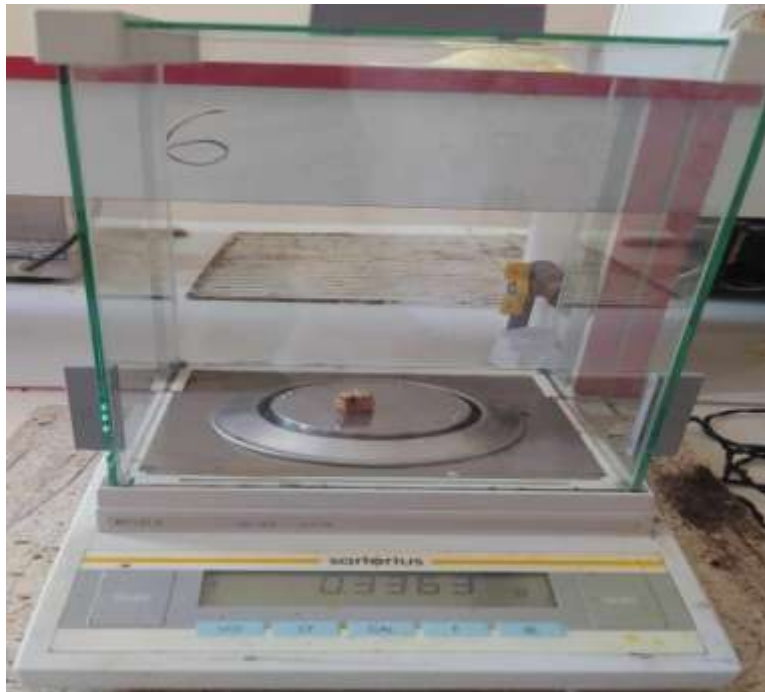


Figure 19 : la balance de mesure de la masse des éprouvettes *originelle* (2023).

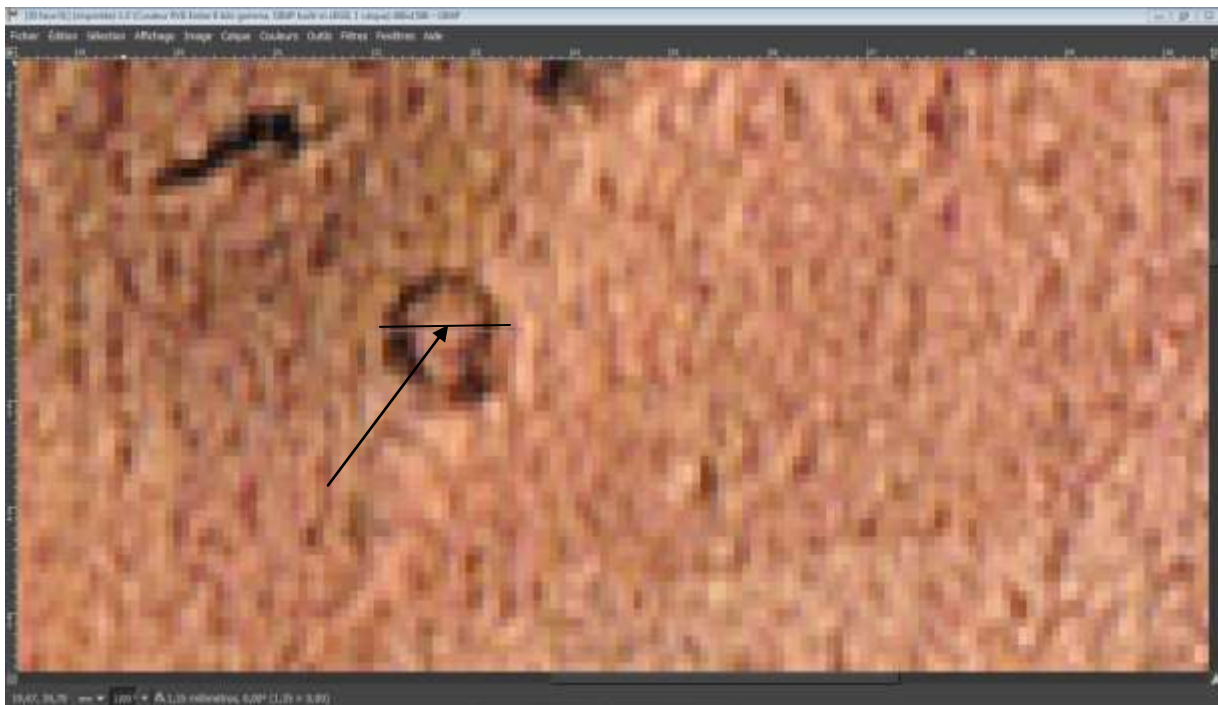
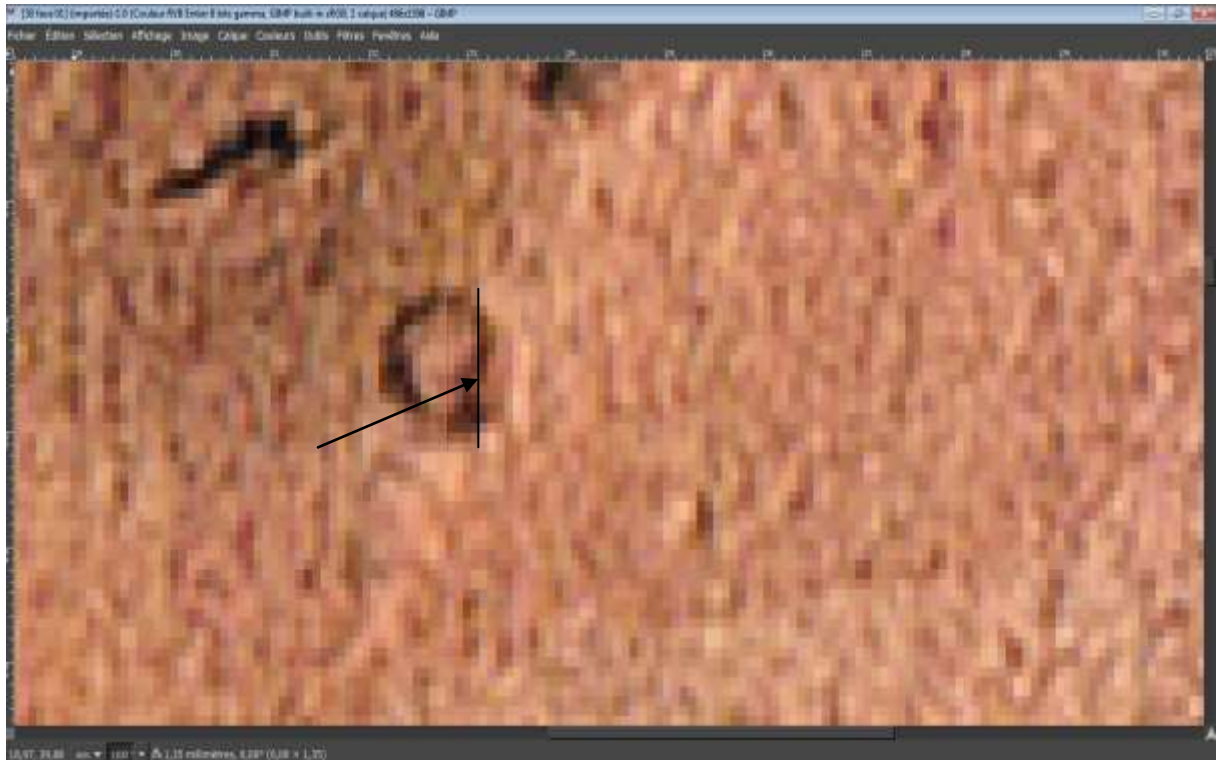


Figure 20 : Mesure des diamètres des pores verticaux et horizontaux à l'aide de logiciel *GIMP originelle (2023)*.

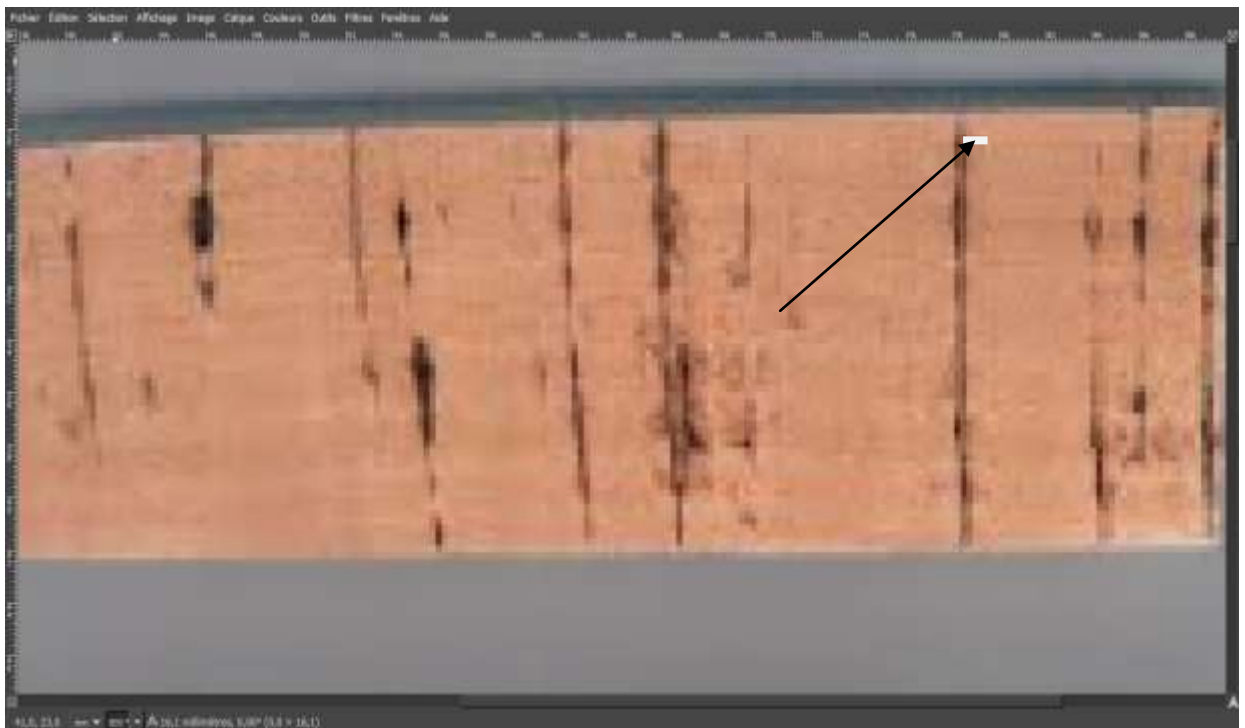
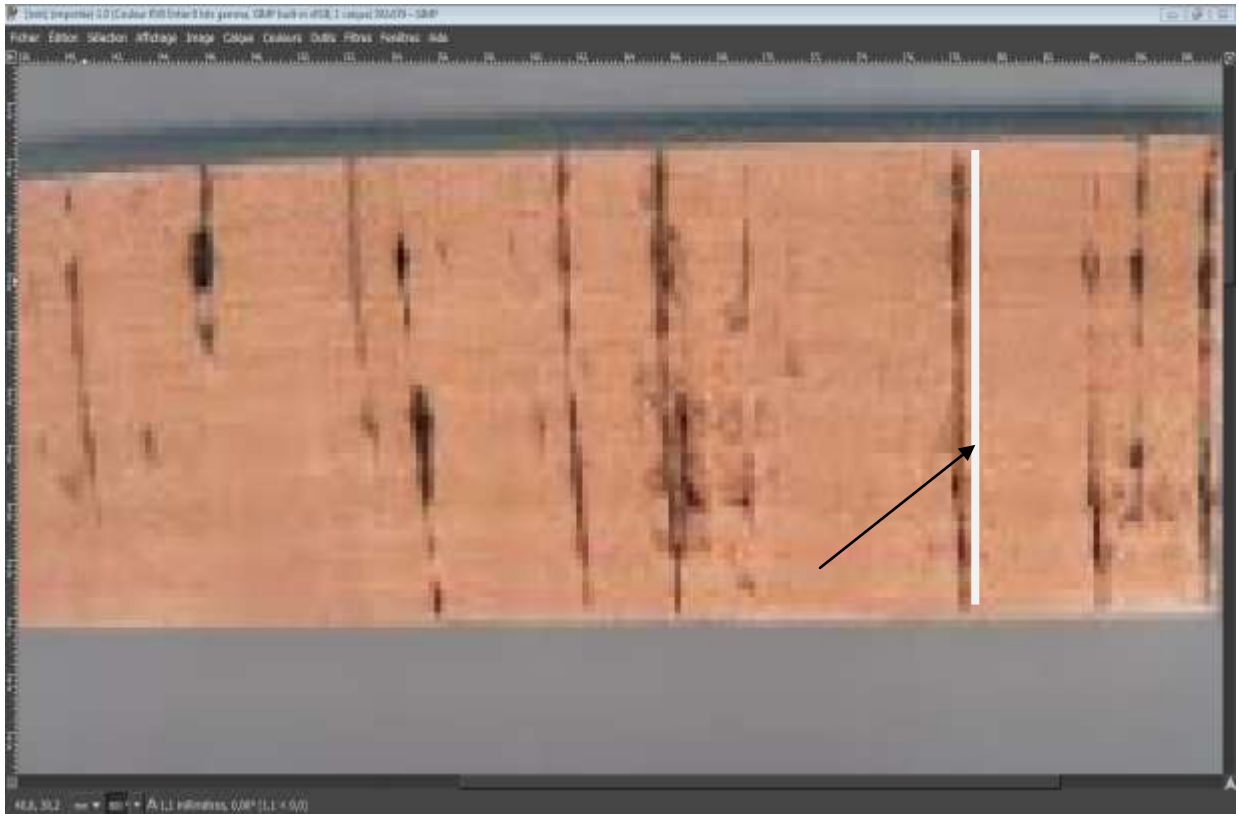


Figure 22: Mesure de longueur et de largeur des lenticelles à l'aide du logiciel GIMP.
Originelle (2023).

5. Méthode de traitement des données :

L'analyse de nos résultats a été effectuée à l'aide de deux logiciels **Excel et Stat box**.

L'Excel nous a permis de réaliser les statistiques descriptives telles que la moyenne (**M**), l'écart type (**σ**), le coefficient de variation (**CV%**) ainsi que réalisés des graphes (histogrammes)

Le Statbox a été utilisé pour l'analyse de la variance et l'analyse en composantes principales (**ACP**), l'objectif des traitements statistiques est d'apprécier la variation intra stationnelles et inter stationnelles de la qualité du liège.

5.1. Variation intra-stationnelles:

A fin d'estimer la variation de l'épaisseur, de la porosité et de la zone terreuse du liège entre les arbres d'une même station, des paramètres de position (la moyenne (**M**)) et de dispersion (l'écart-type (**σ**) ; le coefficient de variation (**CV%**)) ont été calculés. Ces paramètres permettent de comparer la dispersion de la variabilité relative de plusieurs séries statistiques dont les ordres de grandeur sont très différents. Le coefficient de variation est obtenu en exprimant l'écart-type en valeur relative à la moyenne, lorsque celle-ci est positive (**DAGNELIE, 1973**).

$CV\% = (\sigma/\mu) \times 100$ avec (**σ**) : écart-type et **μ** : moyenne.

5.2. Variation interstationnelles :

L'analyse de la variance a deux critères de classification et le test de **NEWMAN** et **KEULS** permettent de comparer les moyennes de plusieurs populations, supposées normales et de même variances, résultant d'échantillons aléatoires simples et indépendants les uns des autres. (**DAGNELIE, 1973**).

L'analyse de la variance a pour principe de diviser la variation totale en plusieurs Composantes : une variance résiduelle, deux variances factorielles et une variance liée à l'interaction des deux facteurs (arbre et station). L'analyse des résultats se fait par la comparaison de la fonction observée qui est estimée par le rapport du carré moyen factoriel et

du carré moyen résiduel avec la fonction théorique. Cette dernière est obtenue en fonction du degré de liberté factoriel et résiduel, elle est donnée par la table des distributions de la fonction de SNEDECORE au seuil $\alpha = 5\%$, 1% et 1% (DAGNELIE, 1975).

5.3. L'analyse en composantes principales (ACP) :

L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode statistique essentiellement descriptive. Son objectif est de présenter, sous forme de graphe, le maximum de l'information contenue dans un tableau de données (PHILIPPEAU, 1986).

Dans le présent travail, l'utilisation de cette méthode permet d'apprécier la relation entre les variables et de mettre en évidence d'une manière synthétique, les affinités et l'impacte des différentes variables sur la qualité du liège.

A l'aide du logiciel STAT-BOX, on a réalisé une ACP basée sur les moyennes des variables citées ci-dessous.

- **Ep** : Epaisseur du liège.
- **Nbp** : Nombre des pores.
- **Smp** : Superficie moyenne des pores.
- **Cp**: Coefficient de porosité.
- **Sml** : Surface moyenne des lenticelles.
- **Stl** : surface totale des lenticelles.
- **Dml** : Diamètre moyen des lenticelles.
- **Nbl**: Nombre des lenticelles.
- **Age L** : âge du liège
- **Exp** : Exposition codée de 1 à 4 (Nord (1), Est (2), Ouest (3), Sud (4)).
- **Alt** : altitude
- **Dstl**: Densité du liège.
- **Pluv**: Pluviométrie.

Des coefficients de corrélation ont été calculés pour dégager les liaisons entre les variables expliquées (Ep, Nbp, Smp, Cp, Sml, Stl, Dml, Nbl et Dstl) et les variables explicatives (Alt, AgeL, Exp et Pluv).

Cependant, la matrice de corrélation ressortie dans l'ACP nous renseigne sur les corrélations entre toutes les variables deux à deux.

Le coefficient de corrélation est le rapport de la covariance aux produits des écarts-types, il est désigné par le symbole « r » est calculé par la formule suivante :

$$r = \text{Cov}(x, y) / S_x \times S_y \quad (\text{DAGNELIE, 1973})$$

Avec :

S_x et S_y différents de 0 et r compris entre -1 et +1.

En outre pour chercher la valeur de r à partir de laquelle le coefficient de corrélation est significatif, on fait appel aux distributions de Student (**DAGNELIE, 1975**). Le principe consiste à calculer une valeur t_{obs} estimé comme suit :

$$t_{\text{obs}} = \frac{|r| \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{t_{\text{obs}}^2}{t_{\text{obs}}^2 + n-2}} \quad (\text{METNA, 2003})$$

Avec:

- r : coefficient de corrélation
- n : nombre d'observations.
- t_{obs} : doit être comparé à $t_{\text{théorique}}$ lu sur la table de distribution t de Student.

Il y a corrélation lorsque t_{obs} est supérieur à $t_{\text{théorique}}$ pour un niveau de signification α et $n-2$ degré de liberté. Ce qui est équivalent à dire qu'il y a corrélation lorsque le coefficient de corrélation observé est supérieur au coefficient de corrélation théorique (**METNA, 2003**).

Chapitre III :
Résultats et discussions

1. Présentation des résultats :

Les tableaux (06, 07, 08, 09, 10 et 11) et les figures (23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 et 36), synthétisent les résultats de l'analyse descriptive de l'épaisseur, de la porosité, le nombre des pores, la superficie moyenne des pores, Le coefficient de porosité, le nombre de lenticelles, la superficie moyenne des lenticelles, la densité du liège des trois stations (Dar El Ayeche, Kef Lachheb, El M'righa).

1-1-Epaisseur du liège :

L'analyse descriptive des résultats du tableau 16 et la figure 23 montre que la variable épaisseur varie de 39.95 mm ; valeur maximale enregistrée au niveau de la station de Dar El Ayeche et 32.72 mm ; valeur minimale observée au niveau de la station d'El M'righa. La moyenne générale pour les trois stations est de 36,26 mm.

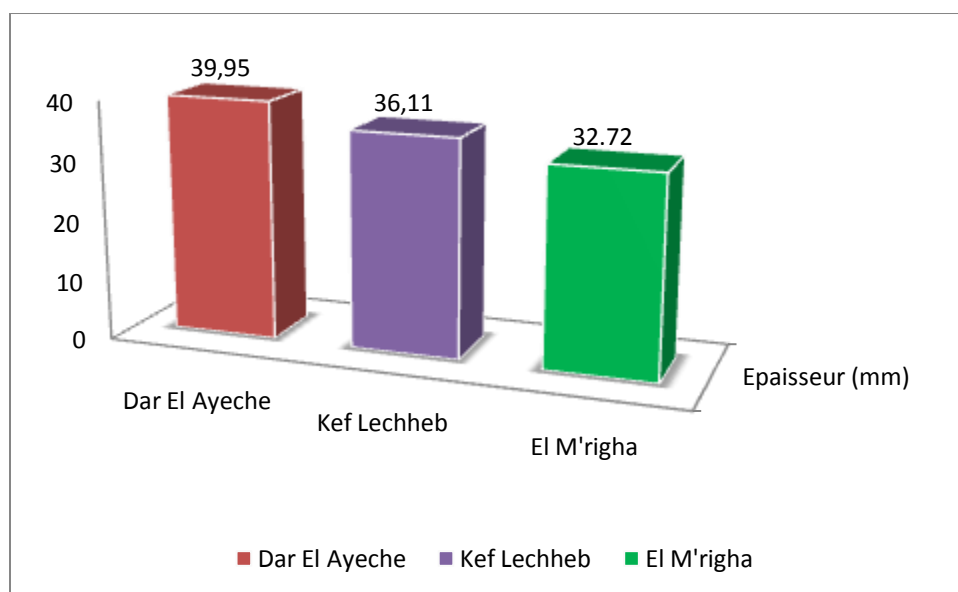


Figure 23 : Distribution des épaisseurs du liège des trois stations.

Tableau 06: Distribution des échantillons du liège par classe commerciales d'épaisseurs.

Station classes	Dar El Ayeche	Kef Lachheb	El M'riga	Moyenne (%)	Moyenne global
<22 mm	00%	00%	00%	00%	04%
22-27 mm	10%	03 %	00 %	04%	
27-32 mm	00%	20%	37%	19%	96%
32-40 mm	27%	50%	66%	47%	
>40 mm	63%	27%	00%	30%	

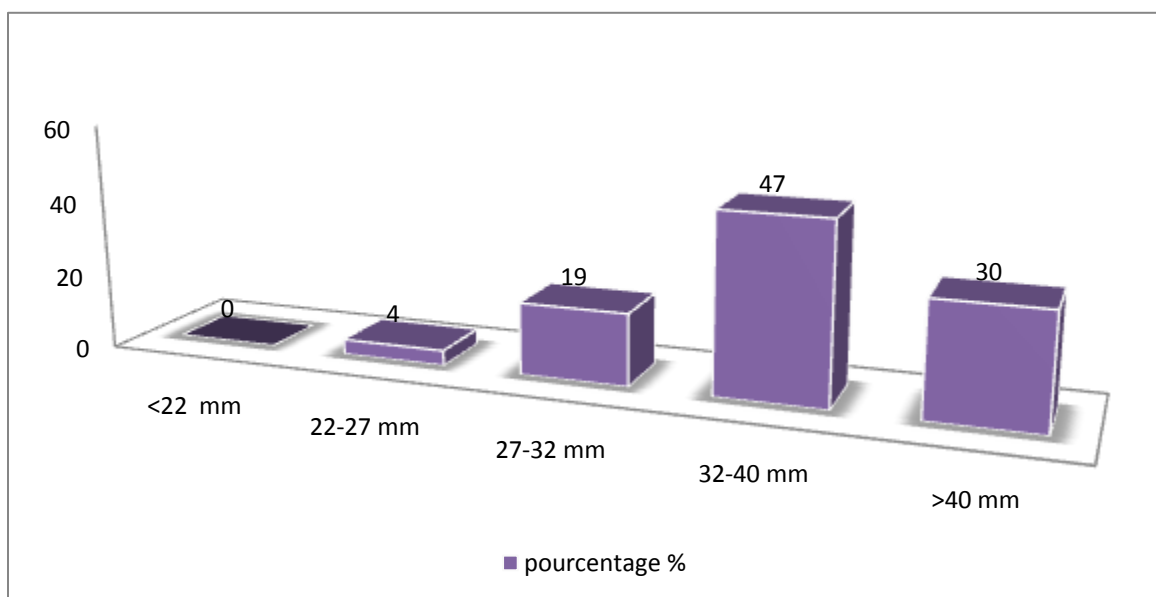


Figure 24 : Distribution des planches du liège selon des classes de pourcentage.

Les résultats du tableau 06 et la figure 24, nous signifient que 96% des planches du liège des stations Dar El Ayeche, Kef Lachheb et El M'riga présentent des épaisseurs supérieures à 27mm. Ces dernières sont donc aptes à la fabrication des bouchons de bouteilles de vins et 04% des planches seulement qui vont être orienté à d'autres utilisations (disques de bouchons de bouteilles de vin, Plaques d'isolations,..).

2-Porosité du liège :

La caractérisation de la qualité du liège est établie essentiellement selon sa porosité qui est déterminée par le nombre et la superficie des pores.

2.1 Nombre de pores :

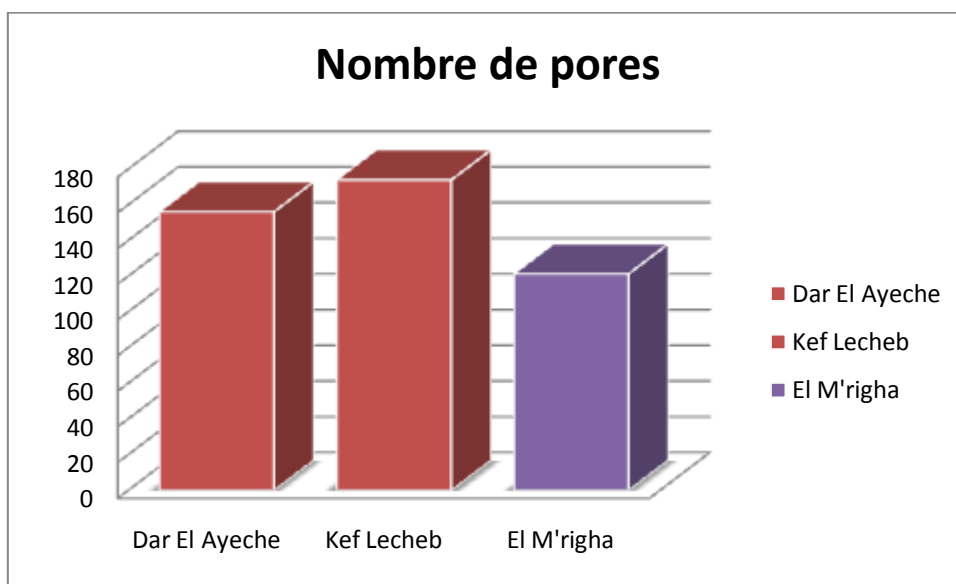


Figure 25: distribution de nombre de pores.

Les résultats de la (figure 25) montrent que la valeur minimale de la variable nombre de pores (121.2) est enregistrée au niveau de la station d'El M'riga et la valeur maximale (173.86) est enregistrée au niveau de la station de Kef Lachheb. Ces dernières oscillent autour d'une valeur moyenne des trois stations qui est de 150.36 pores par face d'une éprouvette de 15 cm².

2.2 Superficie moyenne des pores :

La valeur maximale de la superficie moyenne des pores est de 1.10 mm² enregistré au niveau de la station Dar El Ayeche , et une valeur minimale de 0.63 mm² au niveau de la station Kef Lachheb .La moyenne général de la superficie moyenne des pores et de 0.89 mm² .

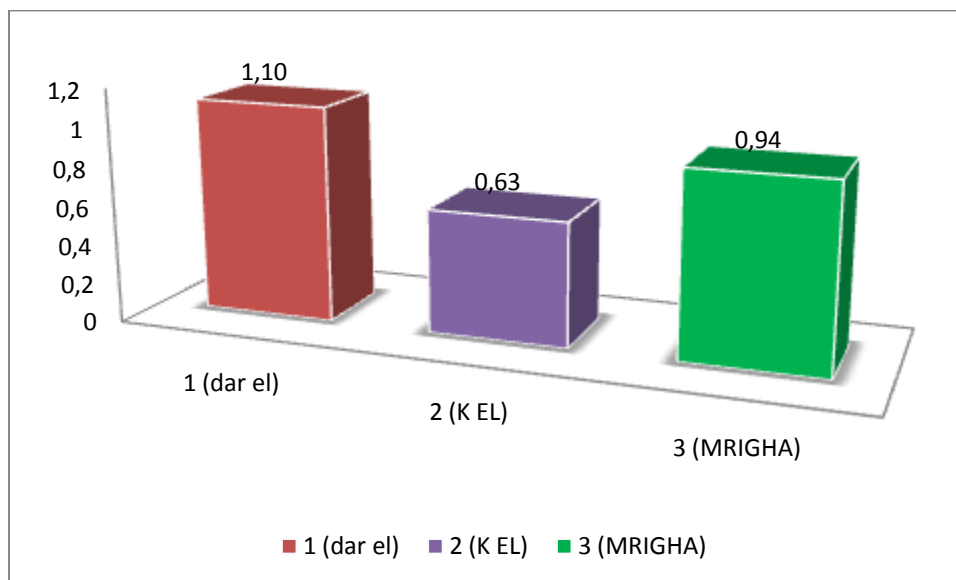


Figure 26 : distribution de la superficie moyenne des pores.

Tableau 07 : Distribution des pores par classes de dimensions.

Stations	Classes de superficies des pores		
	<1mm ²	[1-2]	>2mm ²
Dar El Ayeche	30%	70%	00%
Kef Lachheb	93%	07%	00%

El M'righa	63%	37%	00%
Pourcentage de pores par classes de superficies	62%	38%	00%
Moyennes des pores par classes de superficie	0,66mm ²	1,27mm ²	00mm ²

Selon le tableau (07):

La station de Dar El Ayeche présente :

- 70% des pores avec une dimension moyenne de 1-2mm².
- 30% des pores avec une dimension inferieure a 1mm².
- 00% des pores de grande dimension.
-

La station de Kef Lachheb présente :

- 93% des pores de petites superficies.
- 07% des pores entre 1-2mm².
- 00% des pores de grandes superficies.

La station d'El M'righa présente :

- 62% des pores de petites superficies.
- 38% des pores de superficie moyenne.
- 00% des pores de grandes superficies.

2.3. Nombre de lenticelles :

Les résultats obtenus pour le nombre de lenticelles varient d'une valeur minimale de 28.9 enregistrée au niveau de la station d'El M'righa à une valeur maximale de 54.56 enregistrée au niveau de la station de Kef Lachheb (Figure 27).

La moyenne globale pour l'ensemble des stations est de 44.77

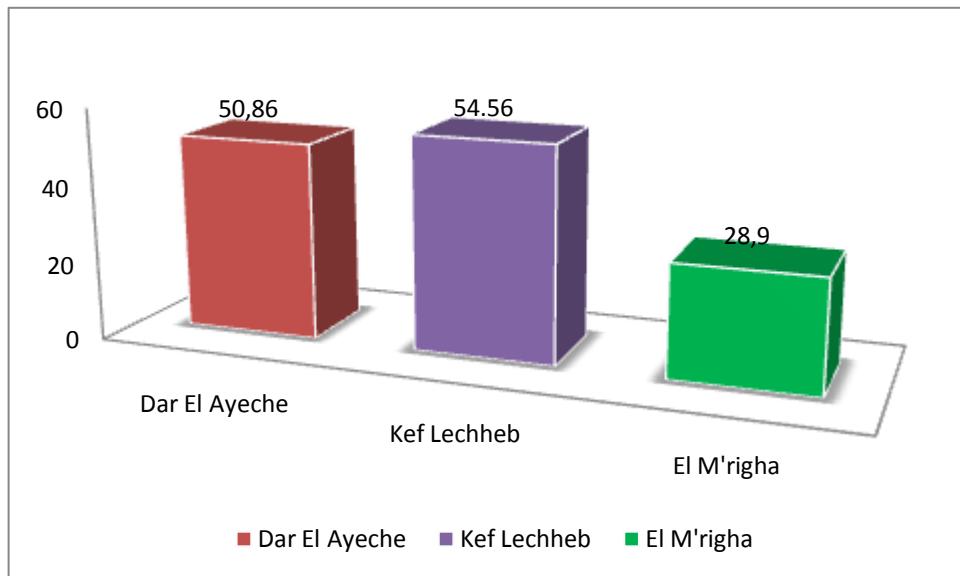


Figure 27 : Distribution des lenticelles dans les trois stations.

2.4. Surface moyenne des lenticelles :

La surface moyenne des lenticelles est de 11.16 mm² (Figure 28), elle varie d'une valeur minimale de 8.95 mm² enregistrée au niveau d'El M'righa à une valeur maximale de 15.61 mm² enregistrée au niveau de Dar El Ayeche.

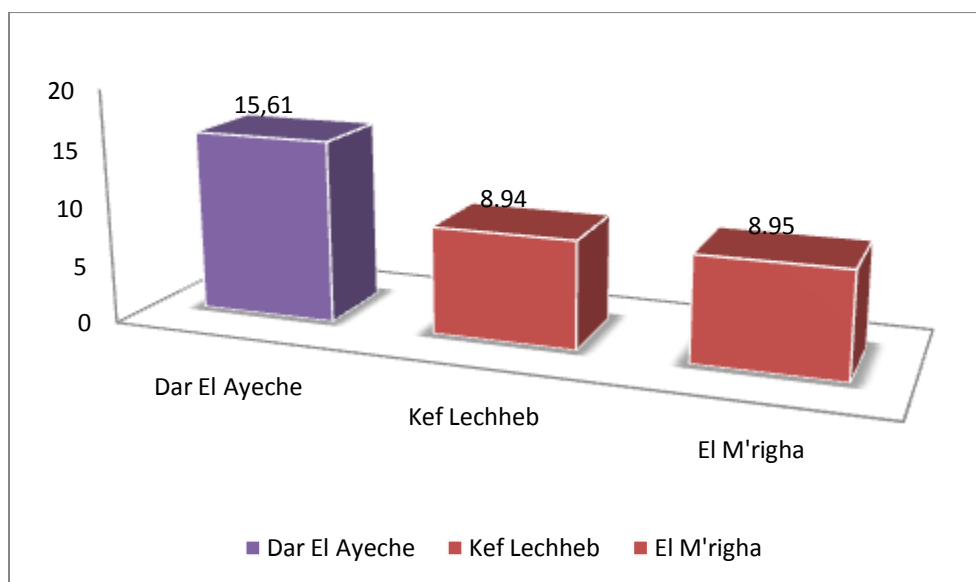


Figure 28 : superficie moyenne des lenticelles des trois stations (mm²).

2.5. Coefficient de porosité des stations :

Le coefficient de porosité calculé varie d'une valeur minimale de 12.74 % enregistrée au niveau de la station d'El M'righa à une valeur maximale de 29.51% enregistrée au niveau de la station de Dar El Ayeche, tandis que la station de Kef Lachheb présente une moyenne de 19.56%. La moyenne générale de la variable est de 20.6% (figure 29).

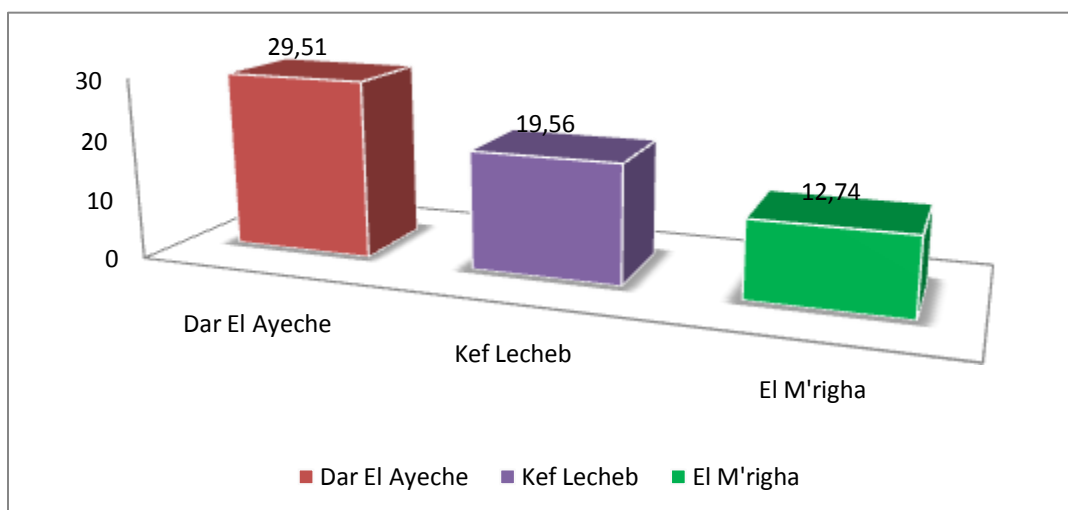


Figure 29 : Disposition du coefficient de porosité des trois stations.

2.6. Densité du liège :

La densité du liège calculée pour les 3 stations, présente des valeurs moyennes qui varient de 0.25 g/cm³ valeurs maximales enregistrées au niveau de la station d'El M'righa à des valeurs minimales enregistrées au niveau de la station de Dar El Ayeche de 0.18 g/cm³ . Nous constatons une moyenne de 0.21 g/cm³ de l'ensemble des trois stations (figure 30).

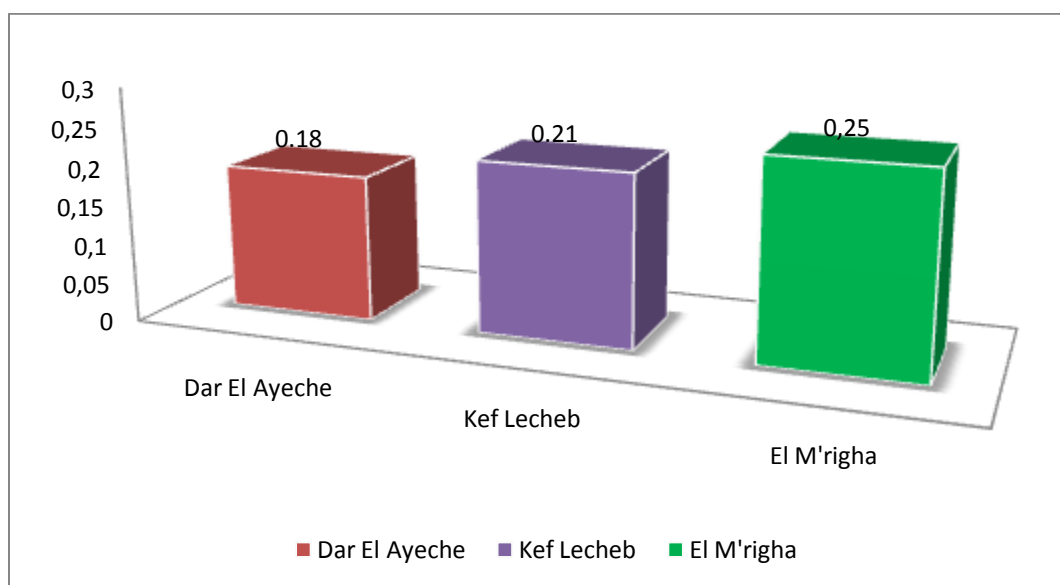


Figure30: La distribution de la densité du liège des trois stations.

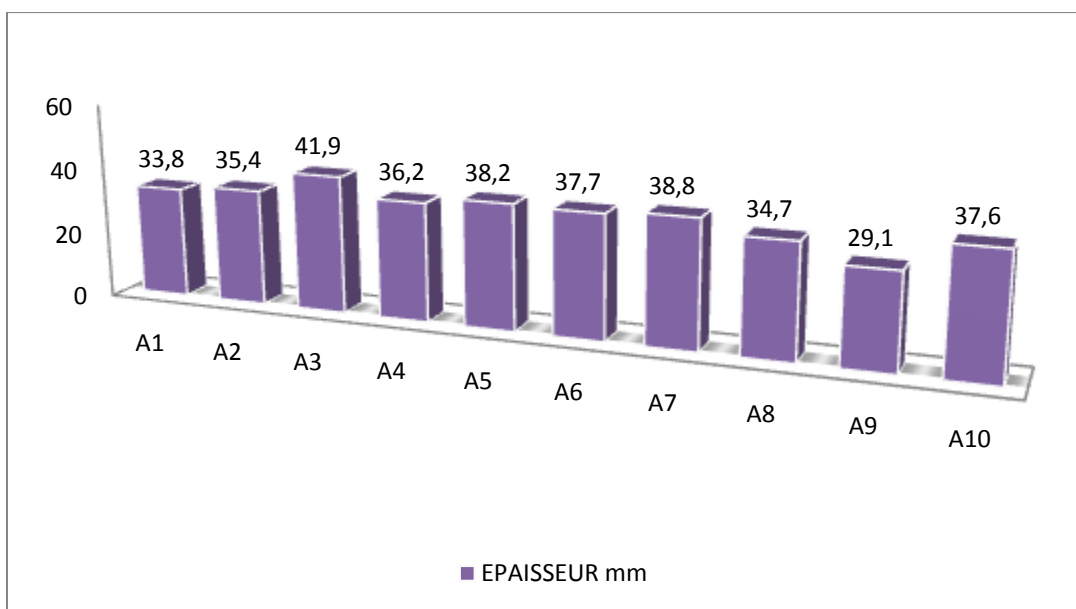


Figure31: Distribution de l'épaisseur du liège des arbres pour les trois stations (Dar El Ayeche, Kef Lachheb, El M'riha)

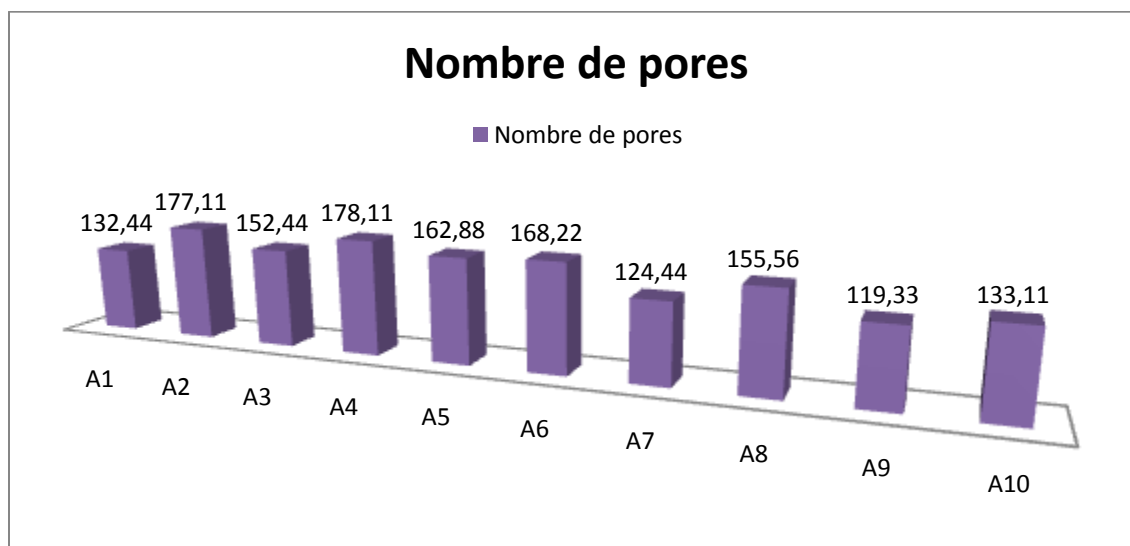


Figure 31 : Distribution du nombre de pores des arbres pour les trois stations.

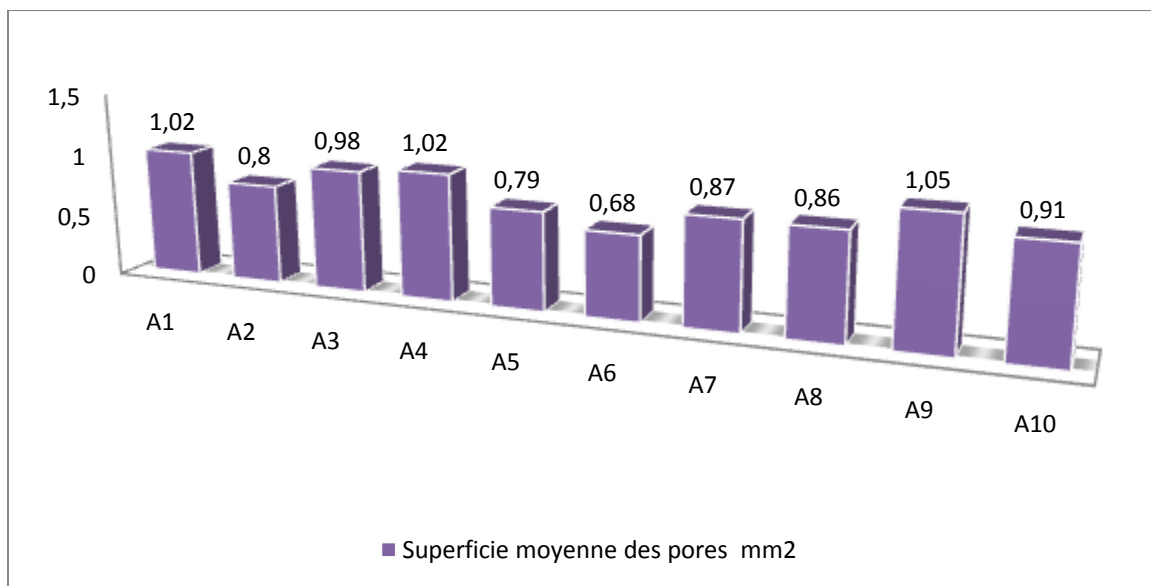


Figure 32 : Disposition de la superficie moyenne des pores des arbres pour les trois stations.

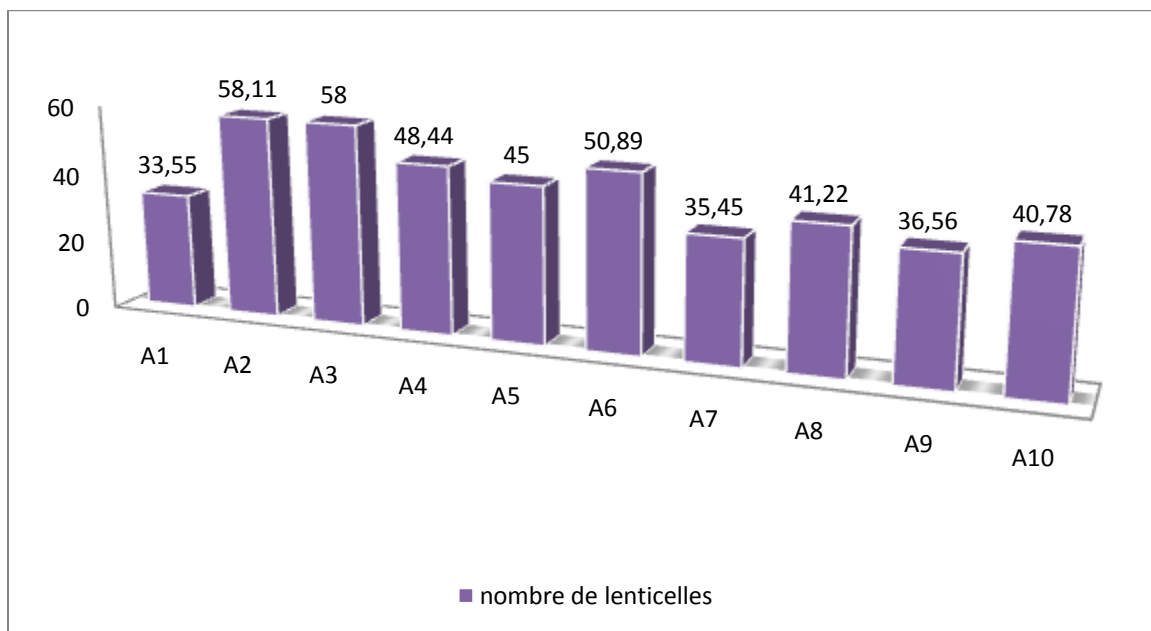


Figure 33 : Disposition du nombre de lenticelles des arbres des trois stations.

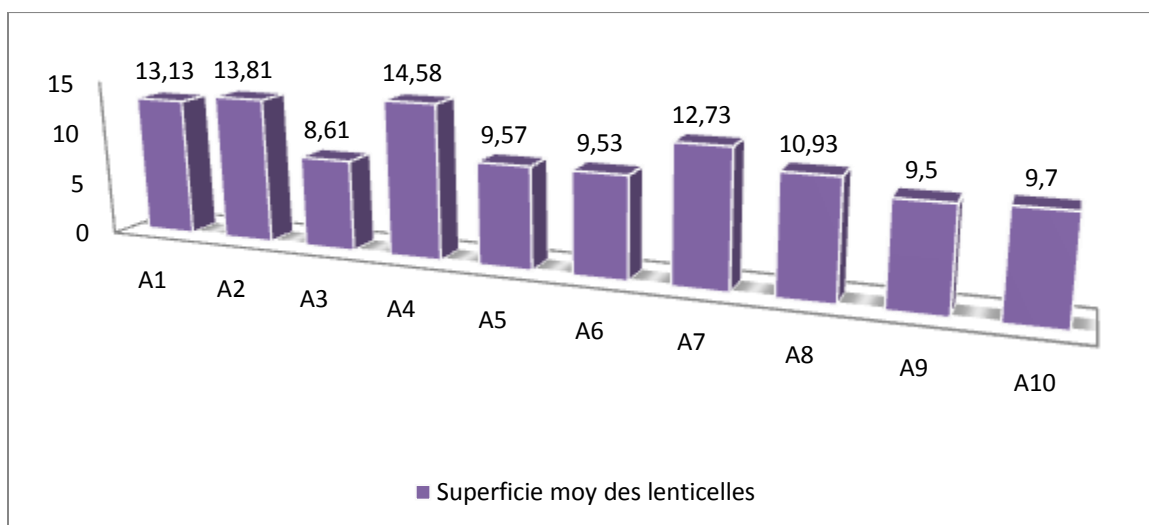


Figure 34 : Disposition de superficie moyenne des lenticelles des trois stations.

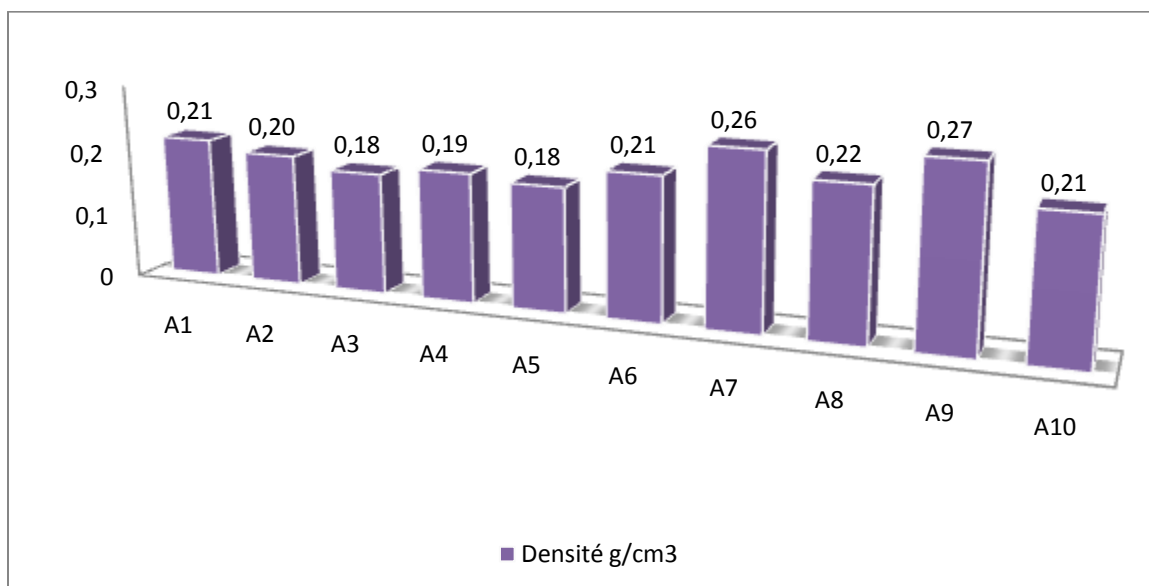


Figure35:Disposition de la densité des trois stations (Dar El Ayeche, Kef Lachheb, El M'riga)

3. Comparaison des résultats entre les stations

Tableau 08: résultats de l'analyse de la variance et de test de NEWMAN et KEULS des variables épaisseur, porosité et densité du liège.

Variables	Source de variation	S.C.E	DDL	C.M.	Fobs	C.V.	P	Test de Newman et Keuls	S
<u>Epaisseur</u> <u>Du</u> <u>Liege</u>	V.factorielle1	7.851	2	3.926					
	V.factorielle2	9.897	9	1.1	66.883		0	GA: D.E.A	THS
	V.interF1*F2	12.309	18	0.684	18.736	6.68%	0	GB: K.L	THS
	V. résiduel	3.522	60	0.059	11.65		0	GC: EL M'righta	THS
	V .total	33.579	89	0.377					
<u>Nombre</u> <u>de pores</u>	V.factorielle1	37029.75	2	18514.88					
	V.factorielle2	62896.47	9	6988.497	21.118		0		THS
	V.interF1*F2	146556.3	18	8142.014	7.971	19.89%	0	GA: D.E.A + K.L	THS
	V. résiduel	52603.34	60	876.722	9.287		0	GB: EL M'righta	THS
	V .total	299085.8	89	3360.515					
<u>Superficie</u> <u>des pores</u>	V.factorielle1	3.459	2	1.73				GA: D.E.A	THS
	V.factorielle2	1.059	9	0.118	36.352	24.45%	0	GB: EL M'righta	NS
	V.interF1*F2	4.402	18	0.245	2.474		0.01796	GC: K.L	THS
	V. résiduel	2.855	60	0.048	5.14		0		
	V .total	11.775	89	0.132					
<u>Coefficient</u> <u>De</u> <u>porosité</u>	V.factorielle1	4314.239	2	2157.12				GA: D.E.A	THS
	V.factorielle2	1189.63	9	132.181	127.258		0	GB: K.L	THS
	V.interF1*F2	2325.743	18	129.208	7.798	20.18%	0	GC: M'righta	THS
	V. résiduel	1017.048	60	16.951	7.623		0		
	V . total	8846.66	89	99.401					
<u>Densité</u> <u>Du</u> <u>Liege</u>	V.factorielle1	0.064	2	0.032					
	V.factorielle2	0.078	9	0.009	23.397		0	GA: EL M'righta	THS
	V.interF1*F2	0.131	18	0.007	6.316	17%	0	GB: K.L	THS
	V. résiduel	0.082	60	0.001	5.292		0	GC: D.E.A	THS
	V. total	0.356	89	0.004					

Avec :

S.C.E. : Somme des carrés des écarts.

C.M : Carré moyen.

Fobs : Fonction observée.

HS : Hautement significative.

THS : Très hautement significative.

NS : Non significative.

D.D.L : Degrés de liberté.

Fthéo : fonction théorique lue sur la table de SNEDECOR.

G : Groupe.

P : probabilité.

F1*F2 : Facteur stations-arbre.

S : Différences significatives.

- $F_{1\text{théo}}(\alpha=5\%)=3.15$; $F_{1\text{théo}}(\alpha=1\%)=4.98$; $F_{1\text{théo}}(\alpha=1\%)=7.76$.
- $F_{2\text{théo}}(\alpha=5\%)=2.04$; $F_{2\text{théo}}(\alpha=1\%)=2.72$; $F_{2\text{théo}}(\alpha=1\%)=3.69$.
- $F_{3\text{théo}}(\alpha=5\%)=1.75$; $F_{3\text{théo}}(\alpha=1\%)=2.20$; $F_{3\text{théo}}(\alpha=1\%)=2.83$.

La comparaison des moyennes de l'épaisseur du liège, de la porosité (nombre de pores, superficie des pores, coefficient de porosité, superficie et le nombre des lenticelles) et la densité est faite à l'aide de l'analyse de la variance à deux critères de classification et le teste de **NEWMAN ET KEULS** et les résultats sont synthétisés dans le tableau 08.

3.1 Epaisseur du liège :

Les résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification pour la variable épaisseur du liège nous montrent des différences très hautement significatives entre les stations et entre les arbres ; ($F_{\text{obs}1}=66.88 > F_{\text{théo}1}=7.76$) et ($F_{\text{obs}2}=18.73 > F_{\text{théo}2}=3.69$), au seuil $\alpha=1\%$. L'interaction (station-arbre) montre aussi des différences très hautement significatives ($F_{\text{obs}3}=11.76 > F_{\text{théo}3}=2.83$), au seuil $\alpha=1\%$.

Les stations classifiées en Trois groupe homogènes par le test de **NEWMAN** et **KEULS** A, B et C

- Le groupe A représenté par la station de Dar El Ayeche la moyenne la plus élevée (39.95mm).
- Le groupe B représenté par la station de Kef Lachheb avec une moyenne de 36.11mm

-Le groupe C représenté par la station d'El M'righa avec la moyenne la plus faible qui de 32.11.

3.2. Nombres de pores :

Les résultats de l'analyse de la variance de la variable nombre de pore montrent qu'aux trois niveaux de variation (station, arbre et interaction arbre-station), il existe des différences très hautement significatives ($F_{obs1}=21.11 > F_{théo1}=7.76$; $F_{obs2}=7.97 > F_{théo2}=3,69$ et $F_{obs3}=9.28 > F_{théo3}=2,83$), au seuil $\alpha=1\%$.

Le test de **NEWMAN** et **KEULS** classe les stations en deux groupes homogènes :

- Le groupe A : représenté par les deux stations Dar El Ayeche et Kef Lechheb avec des moyennes de 169.3 et 156.03.
- Le groupe B : représenté par la station d'El M'righa avec la moyenne la plus faible qui de 121.2.

3.3. Superficie moyenne des pores :

L'analyse de la variance de la superficie moyenne des pores montre qu'il n'y a pas de différences significatives entre les arbres ($F_{obs2}=2.47 < F_{théo2}=3,69$) avec une $P=0.01796$, mais il existe des différences très hautement significatives entre les stations ($F_{obs1}=36.35 > F_{théo1}=7.76$), au seuil de $\alpha=1\%$ entre et au niveau du facteur interaction station-arbre ($F_{obs3}=5.14 > F_{théo3}=2.83$).

Le test de **NEWMAN** et **KEULS**, classe les stations en trois groupes :

- La station Dar El Ayeche qui représente le groupe (A) avec la moyenne la plus élevée qui est de 1.10 mm².
- La station d'El M'righa représente le groupe (B) avec une moyenne de 0.94 mm².
- La station de Kef Lechheb avec une moyenne faible de 0.63 mm² représente le groupe C.

3.4. Coefficient de porosité (CP) :

L'analyse de la variance de la variable coefficient de porosité montre qu'il y a des différences très hautement significatives pour les trois facteurs étudiés station ($F_{obs1}=127.25 > F_{theo1}=7.76$), arbre ($F_{obs2}=7.79 > F_{theo2}=3,69$) et interaction station-arbre ($F_{obs3}= 7.62 > F_{theo3}=2,83$) au seuil de $\alpha=1\%$.

Le test de **NEWMAN** et **KEULS**, classe les stations en trois groupes :

- Le groupe A : représenté par la station de Dar El Ayeche avec une moyenne de 29.51.
- Le groupe B : représenté par la station de Kef Lechheb avec une moyenne de 18.96.
- Le groupe C : représenté par la station El M'righa avec une moyenne de 12.73.

3.5. Densité du liège

L'analyse de la variance de la densité du liège a donnée des différences très hautement significatives entre les stations avec ($F_{obs1}=23.39 > F_{théo1}=7.76$) au seuil de $\alpha=1\%$.

-Très hautement significatives entre les arbres avec ($F_{obs1}=6.31 > F_{théo1}=3.69$)

- très hautement significatives entre stations-arbre avec ($F_{obs1}=5.29 > F_{théo1}=2.83$) au seuil de $\alpha=1\%$.

Le test de **NEWMAN** et **KEULS** classe le facteur station en trois groupes :

- La station d'El M'righa représente le groupe (A) avec la moyenne la plus élevée (0.25 g/cm³).
- La station de Kef Lechheb représente le groupe (B) avec une moyenne de 0.21g/cm³.
- La station Dar El Ayeche avec une moyenne la plus faible de 0.18g/cm³ représente le groupe (C).

3.6. Nombre de lenticelles :

L'analyse de la variance de la variable nombre de lenticelles présente des différences très hautement significatives entre les arbres, stations et station-arbre avec $(F_{obs1}=144.65 > F_{théo1}=7.76)$, $(F_{obs2}=19.66 > F_{théo2}=3.69)$, $(F_{obs3}=33.07 > F_{théo3}=2.83)$. Au seuil de $\alpha=1\%$.

Quant au test de **NEWMAN** et **KEULS** ; il classe les stations en trois groupes homogènes :

- Le groupe A : représenté par la station Kef Lechheb avec une moyenne de 54.567.
- Le groupe B: représenté par la station de Dar El Ayeche avec une moyenne de 50.867.
- El M'righa qui représente le dernier groupe avec une moyenne de 28.9.

3.7. Surface moyenne des lenticelles :

Les résultats de l'analyse de la variance de la variable de la superficie moyenne des lenticelles présente des différences très hautement significatives les stations, arbre et station-arbre dont $(F_{obs1}=66.09 > F_{théo1}=7.76)$, $(F_{obs2}=6.5 > F_{théo2}=3.69)$, $(F_{obs3}=5.03 > F_{théo3}=2.83)$. Au seuil de $\alpha=1\%$.

Les stations classées en deux groupes (A) et (B) selon le test de **NEWMAN** et **KEULS**.

- Le groupe A : représenté par la station de Dar El Ayeche avec une moyenne de 15.61 mm².
- Le groupe B : représenté par les deux stations d'El M'righa et Kef Lachheb avec les moyennes respectives de 8.95 et 8.94 mm².

3.8. Coefficient de porosité des faces tangentielles (CPP)

Selon les résultats de l'analyse de la variance, le coefficient de porosité des faces tangentielles (CPP) présente des différences très hautement significatives entre l'interaction station-arbre avec la p-valeur ($p=0.00006$). Pour le facteur arbre Il n'existe pas de différences significatives. La p-valeur observée P est de 0.06 supérieur à 0.05.

Les stations sont classées en deux groupes (A) et (B) selon le test de **NEWMAN** et **KEULS**.

-Le groupe (A) représenté par la station de Dar El Ayeche avec la moyenne la plus élevée (11.27).

-Le groupe (B) représenté par les deux stations d'El M'riga et Kef Lachheb avec les moyennes respectives de 7.52 et 6.50.

4. Résultats de l'analyse en composantes principales :

4.1. Détermination des composantes principales :

La caractérisation des composantes principales est réalisée essentiellement sur la part de l'information exprimée par la variance maximale sur les principaux axes, c'est-à-dire le pourcentage de la variance expliquée par les axes en valeurs propres, (**KHANFOUCI, 2005**).

Tableau 09 : Valeurs propres des axes.

Le Tableau ci-dessus des valeurs propres montre que **78,29 %** de l'inertie totale est expliquée par 4 axes.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Valeur propre	4,77	2,92	1,33	1,15	0,75	0,69	0,56	0,43
% variance	36,72	22,47	10,24	8,86	5,77	5,30	4,28	3,29
% cumulé	36,72	59,19	69,43	78,29	84,06	89,36	93,64	96,93

Les plus fortes contributions à cette inertie sont représentées par les axes 1 et 2 respectivement avec (36.72% et 22.47%), la combinaison de ces deux axes traduit 59.19% de l'inertie totale.

L'axe 4 intègre les variables âge du liège (âge L) et la densité (D) (cf tableau10) ces dernières ne présentent pas de corrélations significatives entre elles, la valeur absolue du coefficient de corrélation observé est de 0.19 (cf. tableau 11) inférieure au coefficient de corrélation théorique pour un seuil de signification de 5 % ($CC_{th}=0.21$) donc l'axe 4 n'est pas pris en considération dans cette ACP.

L'axe 3 intègre les variables surface moyenne des lenticelles (SML) et l'âge du liège (AGE L). Ces dernières ne présentent pas de corrélations significatives entre elles ($CC_{obs}=0.12$ inférieur $CC_{th}=0.21$ pour un seuil de signification de 5%) Ceci nous a poussés à ne pas prendre en considération l'axe 3 dans cette ACP.

Tableau (10) : cosinus carrés des variables.

	F1	F2	F3	F4
NP	0,09	0,46	0,12	0,03
SP	0,17	0,43	0,04	0,15
NL	0,23	0,53	0,10	0,00
SML	0,40	0,04	0,45	0,00
CPp	0,50	0,03	0,22	0,18
CPI	0,67	0,16	0,04	0,00
CP	0,82	0,11	0,00	0,01
EPS	0,30	0,02	0,03	0,01
D	0,20	0,04	0,00	0,39
AGE I	0,03	0,11	0,30	0,33
Altitude	0,73	0,00	0,01	0,04
A CH L	0,13	0,61	0,01	0,00
Exp	0,51	0,37	0,00	0,01

4.2. Plan factoriel :

Avec la représentation des plans factoriels et les coordonnées des variables, le regroupement des individus par rapport aux variables nous donnent quatre groupes : **A**, **B**, **C** et **D**. Figure (36).

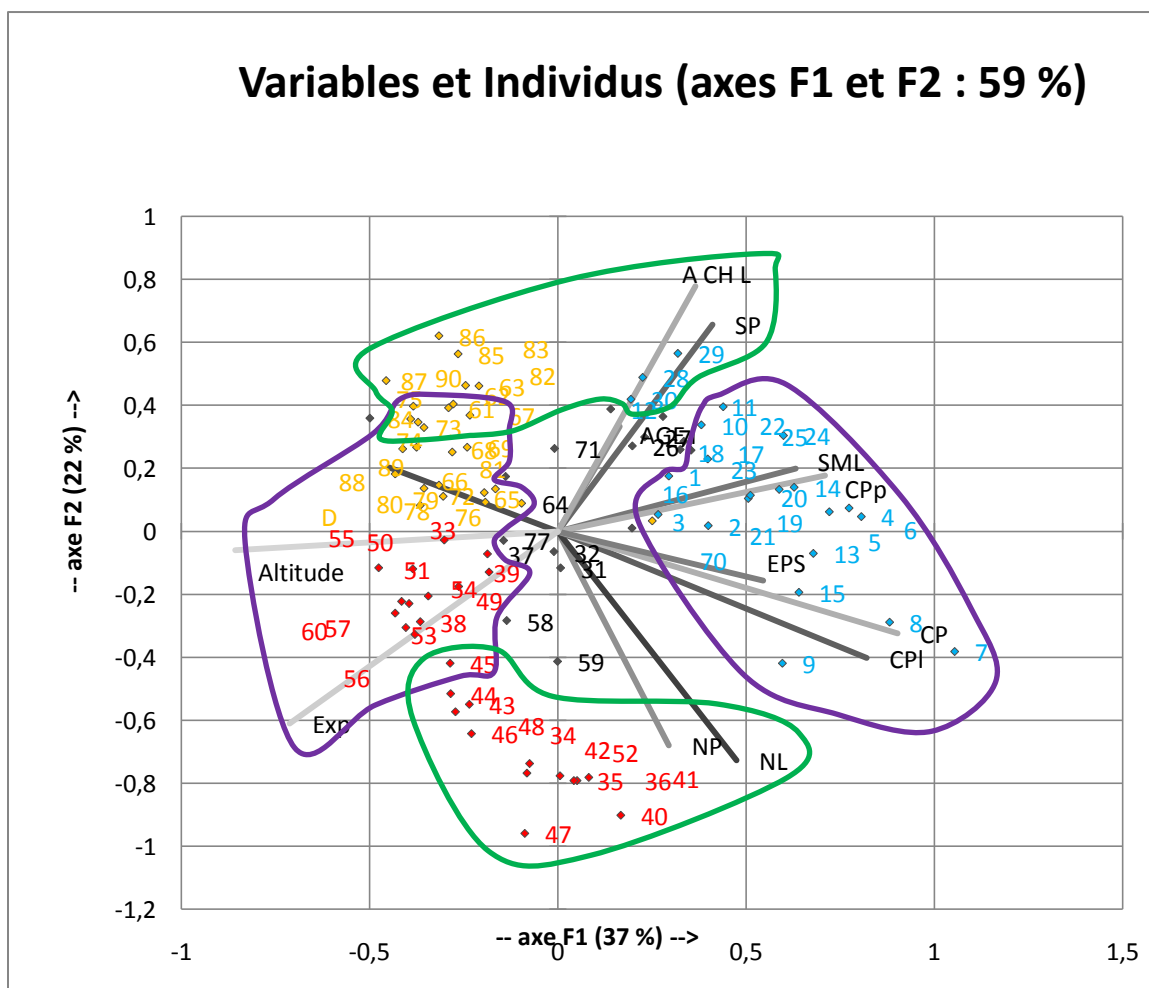


Figure 36 : projection des individus sur le plan factoriel (1 x 2).

Groupe A :

Il regroupe les individus caractérisés par,

- Une altitude faible.
- Superficie moyenne de pores importante.
- Superficie moyenne de lenticelle élevée.
- Coefficient de porosité aussi important

- Exposition froide.

Groupe B :

Il regroupe les individus d'une altitude, coefficient de porosité, superficie moyenne des pores et de lenticelles faibles et l'exposition froide.

Groupe C :

Les individus de ce groupe sont caractérisés par :

- Peuplement âgé.
- La superficie des pores importante.
- Un nombre de pores et de lenticelles faibles.

Groupe D :

Un groupe caractérisé par

- Nombre de pores élevé.
- Nombre de lenticelles élevé.
- Superficie des pores faible.

4.2.1. Signification des axes :

Les résultats de l'analyse montrent qu'il y a une opposition entre le groupe A et le groupe B par rapport à l'axe (1), donc ce dernier interprète la variation de la qualité du liège en fonction de l'altitude et de l'exposition. Plus on monte en altitude et plus on avance vers les expositions chaudes la porosité qui est désignée par CP, CPP, CPL, SML diminue donc la qualité du liège augmente.

Les groupes C et D s'oppose par rapport à l'axe 2. Ce dernier interprète la variation de la superficie des pores en fonction de l'âge du chêne liège.

4.2.2. La matrice de corrélation :

Des corrélations positives et négatives entre les variables introduites montré par l'examen de la matrice des corrélations avec des niveaux de signification différents. Tableau(11) :

Les résultats donnés par le tableau (11) sont :

-Des corrélations très hautement significatives et positives entre le nombre de pores, la superficie des pores, nombre de lenticelles et le coefficient de porosité des lenticelles avec le coefficient de porosité, dont les valeurs : $r=0.35^{***}$; 0.61^{***} ; 0.39^{***} ; 0.43^{***} .

-Corrélations positives entre la superficie des pores, coefficient de porosité des pores avec l'âge du chêne liège avec les valeurs successives, $r= 0.70^{***}$; 0.51^{***} ; 0.53^{***}

-des corrélations positives et très hautement significatives entre le nombre de lenticelles, coefficient de porosité des lenticelles et le coefficient de porosité dont leurs valeurs successives de $r= 0.65^{***}$; 0.67^{***} .

- des corrélations positives et très hautement significatives le coefficient de porosité des pores, coefficient de porosité de lenticelles, coefficient de porosité, l'altitude, l'exposition et l'âge du chêne liège avec les valeurs respectives de $r=0.40^{***}$; 0.58^{***} ; 0.49^{***} ; 0.58^{***} ; 0.54^{***} .

- Corrélations très hautement significatives et positives entre coefficient de porosité des lenticelles avec le coefficient de porosité et l'épaisseur dont leurs valeur de $r=0.96^{***}$, 0.42^{***} .

-Corrélations très hautement significatives et positives entre le coefficient de porosité et l'épaisseur avec une valeur de $r= 0.45^{***}$.

- Une corrélation positive et très hautement significative entre la densité et l'altitude avec une de $r=0.42^{***}$.

-Corrélations très hautement significatives et positives entre l'altitude et l'exposition avec une valeur de $r=0.69^{***}$.

Des corrélations positives et hautement significatives entre :

-Le nombre de pores, le coefficient de porosité des pores avec une valeur de $r= 0.33^{**}$.

-Le nombre de lenticelles avec le coefficient de porosité des pores et l'épaisseur avec des valeurs successive de $r=0.31^{**}$; 0.31^{**} .

-L'âge du liège avec l'âge du chêne liège dont une valeur de $r=0.29^{**}$.

Des corrélations positives et significatives entre :

- La superficie des pores et la superficie moyenne des lenticelles avec une valeur de $r=0.24^*$.
- Le coefficient de porosité des pores et l'épaisseur avec la valeur de $r=0.25^*$.
- La densité et l'exposition avec une valeur de $r=0.22^*$.

Des corrélations négatives et très hautement significatives entre :

- La surface moyenne des lenticelles avec l'altitude et l'exposition avec des valeurs respective de $r= -0.60^{***}$; -0.53^{***} .
- Le coefficient de porosité des pores avec l'altitude et l'exposition qui ont des valeurs de $r=-0.49^{***}$; -0.54^{***} .
- Le coefficient de porosité des lenticelles, la densité et l'altitude avec des valeurs de $r= -0.36^{***}$; -0.62^{***} .
- Entre le coefficient de porosité, l'altitude et l'exposition avec des valeurs de $r= -0.38^{***}$; -0.69^{***} ; -0.41^{***} .
- L'épaisseur avec l'altitude d'une valeur de $r= -0.47^{***}$.
- L'âge du chêne liège et l'exposition avec une valeur de $r= -0.87^{***}$.

Des corrélations négatives et hautement significatives entre :

- Le nombre de pores et l'âge du chêne liège avec une valeur de $r=-0.28^{**}$.
- La superficie des pores et l'altitude avec la valeur de $r= -0.30^{**}$.
- Le nombre de lenticelles et la densité, l'altitude et l'âge du chêne liège avec $r= -0.33^{**}$; -0.31^{**} ; -0.33^{**} .
- coefficient de porosité des lenticelles et l'exposition avec $r= -0.31^{**}$.
- L'âge du chêne liège et l'exposition avec le $r= -0.33^{**}$.

Des corrélations négatives, significatives entre :

- L'épaisseur et l'exposition avec la valeur $r= -26^*$.
- L'âge du liège et l'altitude ave $r= -0.22^*$.
- L'altitude et l'âge du chêne liège avec la valeur de $r= -0.24^*$.

Tableau 11 : Résultats de la matrice de corrélation.

	NP	SP	NL	SML	CPp	CPI	CP	EPS	D	Age L	Alt	A CH L	EXP
NP	1												
SP	0.35 ***	1											
NL	0.61 ***	-0.19	1										
SML	-0.10	0.24 *	-0.12	1									
CPp	0.33 **	0.70 ***	0.31 **	0.20	1								
CPI	0.39 ***	0.05	0.65 ***	0.59 ***	0.40 ***	1							
CP	0.43 ***	0.20	0.67 ***	0.57 ***	0.58 ***	0.96 ***	1						
EPS	0.15	0.08	0.31 **	0.32 **	0.25 *	0.42 ***	0.45 ***	1					
D	-0.14	0.05	- 0.33 **	-0.17	-0.15	- 0.36 ***	- 0.38 ***	-0.21	1				
Age L	-0.10	0.18	0.04	-0.12	0.16	-0.07	-0.01	0.03	-0.19	1			
Alt	-0.16	- 0.30 **	- 0.31 **	-0.60 ***	- 0.49 ***	- 0.62 ***	- 0.69 ***	- 0.47 ***	0.42 ***	-0.22*	1		
A CH L	- 0.28 **	0.51 ***	- 0.33 **	0.29 **	0.58 ***	-0.01	0.07	0.03	0.00	0.29**	- 0.24*	1	
EXP	0.12	0.53 ***	0.08	-0.53 ***	- 0.54 ***	- 0.31 **	- 0.41 ***	- 0.26 *	0.22 *	-0.33 **	0.69 ***	-0.87 ***	1

En **gras**, valeurs significatives (hors diagonales) au seuil Alpha=0.05 (test bilatéral)

* : significatif pour $\alpha=5\%$, $C_{\text{theo}}=0.21$.

** : hautement significatives pour $\alpha=1\%$, $C_{\text{theo}}=0.28$.

***: très hautement significatives pour $\alpha=1\%$, $C_{\text{theo}}=0.35$.

CC : coefficient de corrélations minimums théorique.

K : (ddl-2) degré de liberté (k=28).

α : seuil de signification.

CHAPITRE IV :

Discussion

Le liège doit posséder une épaisseur optimale pour être utilisé dans la fabrication de bouchons, comme mentionné dans **IPROCOR (1999)**. Selon **FERREIRA et al. (1999)**, les calibres les plus couramment utilisés en bouchonnerie sont principalement de 27 à 32 mm et de 32 à 40 mm. Pour nos zones d'étude El Tarf.

L'âge moyen du liège est de 10 ans, avec une épaisseur moyenne globale de 36.26 mm, ce qui classe le liège de notre région comme "régulier".

Comparativement à celles obtenus par d'autres auteurs notamment **BENBOUDJEMAA et SADOU (2019)** dans quelques stations de la subéraie d'El Kala (Day Ezzitoun, Laach Lahmar et Nahal) qui est de 37,13 mm acquise en un âge de 14 ans, **GHEZALI (2008)** dans les subéraies de Jijel, canton de Laaouana qui est de 32,54 mm acquise en un âge moyen de 20 ans et **DOUZENE (2008)** dans la même subéraie (Jijel) canton de Tahir qui est de 25.47mm, acquise en l'espace de 12ans, le liège de notre zone d'étude présente une épaisseur moyenne plus importante. Ceci pourrait s'expliquer par la variation des conditions écologiques de ces subéraies, notamment l'altitude, l'humidité et l'exposition.

La répartition des planches de liège par classes de qualité commerciale d'épaisseur montre que 96 % des planches de liège de notre zone d'étude présentent une épaisseur supérieure à 27mm. Elles seront donc considérées comme étant aptes au bouchonnage. 04% seulement des planches des trois stations seront destinés à d'autres fins (disques de bouchons, plaques d'isolations...) en raison de leur épaisseur qui est inférieur à 27mm.

Ces résultats sont proches de ceux obtenus par **BENBOUDJEMAA et SADOU (2019)** dans la même région pour un âge du liège de 14 ans, **ARIB et ZAIDET (2019)** dans quelques subéraies de la wilaya de SOUK AHRAS pour un âge de 10 ans et **HAOUACINE et MELIANI (2017)** dans quelques subéraies de la wilaya d'El TAREF pour un âge de 10 ans. Par contre ils sont différents de ceux obtenus par **METNA (2003)** dans quelques stations la subéraie orientale de la wilaya de TIZI-OUZOU, **FERREIRA et al. (1999)** au Portugal, et **GHEZALI (2008)** dans quelques stations de la subéraie de la wilaya de JIJEL qui présentent les valeurs respectives de 45% ; 25% et 37% des planches ayant des épaisseurs supérieures à 27mm, nous dirons que le liège de notre zone d'étude est plus épais.

Les travaux réalisés sur les trois stations nous ont permis d'obtenir des épaisseurs du liège qui varient de 39,95 mm comme valeur maximale dans la station de Dar El Ayeche et de

32,72 mm comme valeur minimale dans la station d'El M'riha et en passant par la valeur de 36,11mm pour la station de Kef Lachheb, Cette variation est confirmée par les résultats de l'analyse de la variance et le test de **NEWMAN** et **KEULS** qui ont donnés des différences très hautement significatives de la variable épaisseur entre les trois stations étudiées. Ceci pourrait être dû aux variations des conditions écologiques notamment l'altitude et l'humidité sachant que les stations des basses altitudes dans les régions côtières présentent des taux d'humidité élevés donc une croissance rapide du liège. Par contre les stations de hautes altitudes présentent des taux d'humidité faibles ce qui induit une croissance lente du liège.

En ce qui concerne le nombre de pores, il est plus élevé dans la station Kef Lachheb (173.86) que dans les stations Dar El Ayeche (156.03) et El M'riha (121,2). Cette variation stationnelles pourrait s'expliquer par l'âge du peuplement de chêne-liège de la station de Kef Lachheb, qui est le plus ancien. La moyenne globale du nombre de pores dans notre région est d'environ 150.36, ce qui est plus élevé par rapport aux résultats obtenus par **GABIS (2009)**, **METNA (2003)** et **GHEZALI (2008)** qui sont respectivement de l'ordre de 73,26, 79,94, 112.1. Et aussi nos résultats se rapprochent de ceux de **Z Aidat et ARIB (2019)** qui ont obtenu un nombre de pores moyen de 142.02 par éprouvette de 15 cm² et la valeur maximale est enregistrée au niveau de la station la plus âgée ; station " FD FEDJ MEKTA" avec 180.22.

La superficie moyenne des pores pour l'ensemble des trois stations étudiées est de 0,96 mm². Cette valeur est inférieure à celle obtenue dans différentes subéraies étudiées par **DOUZENE (2008)** (1,44 mm²) à Jijel, et par **MELIANI et HOUACINE (2017)** (2,06 mm²) à Tlemcen. En revanche, elle est supérieure à celle obtenue par **GABIS et BOUKERB (2009)** (0,68 mm²), et **Z Aidat et ARIB (2019) (0.76mm²)** à Souk-Ahras. Cette différence pourrait être liée aux altitudes différentes des stations étudiées, car selon **LAMEY (1893)**, la variation de la superficie moyenne des pores peut être influencée par le taux d'humidité et selon l'altitude.

Selon la classification établie par **FERREIRA et al. (1999)**, le liège des trois stations contient principalement des pores de petite taille (< 1 mm²), avec 62% des pores mesurant en moyenne 0,66 mm² et. Les pores de taille comprise entre 1 mm² et 2 mm² représentent 38%, tandis que les pores de plus de 2 mm² nous n'avons enregistré aucun pore (0%). Ces résultats sont différents de ceux obtenus au Portugal par **FERREIRA et al. (1999)**, où 75 % des pores sont inférieurs à 1 mm², 10 % appartiennent à la classe 1-2 mm², et 15 % des pores sont supérieurs à 2 mm², ceux de **METNA (2003)**, qui indiquent que la proportion de pores supérieurs à

2 mm² est très faible (seulement 1,24 % du total), 78.08 % appartiennent à la classe des petits pores (inférieurs à 1mm²) et 20.67 % à la classe des moyens pores (1mm² à 2mm²) dans le liège de la subéraie orientale de la wilaya de Tizi-Ouzou et ceux de **ZAIDAT et ARRIB (2019)** dans quelques stations de la subéraie de Souk-Ahras avec 80.78% de petites dimensions (< 1 mm²), 11.06% entre 1 et 2 mm² et 8.16% qui sont supérieurs à 2 mm².

La porosité réelle, c'est-à-dire la proportion de la surface occupée par les pores par rapport à la surface totale de l'éprouvette, montre une grande variabilité de la qualité du liège entre les subéraies et même entre les arbres d'une même forêt de chêne-liège. Le coefficient de porosité moyen du liège des trois stations étudiées est de 8.43 %, D'après la classification établie par NATIVIDADE (1956), le liège des subéraies étudiées se situe dans la classe des lièges très poreux. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus dans la même région par MELIANI et HAOUACINE (2017) avec un coefficient de porosité moyen de 8.87% ceux de LOKMANE et EDJIKOUANE (2009) avec un coefficient de porosité de 5.43%, ceux de ZAIDET et ARIB (2019) dans quelques subéraies de la wilaya de SOUK AHRAS avec un coefficient de porosité moyen de 7% et ceux obtenus dans la subéraie de Jijel respectivement par BENGANA et ALI AHMED (2006) avec une valeur moyenne du coefficient de porosité de 5,73%, GHEZALI (2007) avec une valeur moyenne de 5.61 % et DOUZENE (2007) avec un coefficient de porosité de 5.71 %. Par contre ils sont différents de ceux obtenus par METNA (2003) dans la subéraie orientale de Tizi-Ouzou avec une valeur moyenne de 3.94 % (moyennement poreux) et ceux obtenus par **LOKMANE et EDJIKOUANE (2009)** au niveau de la région de Bouira, station d'Ighil Ougharef avec une valeur du coefficient de porosité de 2.86 % (moyennement poreux). Ceci pourrait être dû au taux d'humidité élevé qui caractérise les subéraies d'El Kala et de Jijel qui sont des régions littorales comparativement aux subéraies de Tizi-Ouzou et de Bouira qui ne subissent pas directement une influence maritime donc un taux d'humidité moins élevé. **IPROCOR (1999)** note que les lièges produits par les arbres situés dans les combes ou en bordures de rivières seront différents de ceux produits par des arbres situés sur des versants ou sur des crêtes.

La porosité élevée de notre région d'étude pourrait être aussi dû aux galeries d'insectes importants retrouvés sur nos planches étant donné que notre échantillonnage a été réalisé dans un dépôt de liège.

A propos des résultats de la densité de notre zone d'étude. Les densités de liège notées pour la station de Dar El Ayeche est de 0.18 g/cm^3 , la station de Kef Lachheb est de $0,21 \text{ g/cm}^3$, et la station d'El M'righa avec la valeur la plus élevée des trois stations ($0,25 \text{ g/cm}^3$). La moyenne générale des trois stations est de 0.218 g/cm^3 , ce qui est légèrement élevé à la normale. **NATIVIDADE (1956)** et **IPROCOR (1999)**, notent que la densité normale des tissus subéreux varie de $0,12$ à $0,20 \text{ g/cm}^3$. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par **FERREIRA et al. (1999)** et par **GHEZALI (2008)**, qui avaient des densités moyennes respectives de $0,26 \text{ g/cm}^3$ et $0,29 \text{ g/cm}^3$ ainsi que ceux de **GABIS et BOUKERB (2009)** avec une moyenne de 0.22 g/cm^3 .

Conclusion générale

Au terme de ce travail, nous présentons de façon synthétique les principaux résultats et conclusion auxquels nous sommes parvenus. Rappelons que notre objectif était d'analyser les variations stationnelles de la qualité du liège de la région d'El Tarf. Notre étude s'est concentrée essentiellement sur le liège provenant de la forêt de Bouhadjar (Station d'El M'riga) et la forêt d'El Tarf (station Dar El Ayeche et Kef Lachheb) . Les échantillons de liège ont été prélevés des piles stockées au dépôt de liège d'Ain lassel (El Taref).

En ce qui concerne la qualité commerciale de notre liège, les résultats peuvent être résumés comme suit :

Concernant les paramètres mesurés, pour les trois stations est de l'ordre de 37,13 mm acquise en un âge moyen de 14 ans. Cette moyenne classe le liège de la région d'étude dans la catégorie des lièges réguliers et il est considéré comme étant apte au bouchonnage (bouchons des bouteilles de vins).

- Les trois stations étudiées présentent un liège "régulier"; la moyenne globale de l'épaisseur du liège obtenue est de 36.26 mm acquis en un âge moyen de 10 ans.

- Le liège des trois stations est considéré comme apte à la fabrication des bouchons des bouteilles de vins, 96% des planches étudiées présentent une épaisseur supérieure à 27mm.

- Le liège de cette région est considéré comme très poreux selon la classification de la porosité adoptée par **NATIVIDADE (1956)**; étant donné que le coefficient de porosité moyen des trois stations étudiées est de 8.43%. Ce pourcentage est peut-être dû à des galeries d'insectes, humidité élevée dans la région et aux altitudes faibles de nos stations.

- La superficie moyenne des pores des stations de Dar El Ayeche est de 1.10 mm², El M'riga avec une valeur maximale de 1.17 mm² et Kef Lechheb avec une valeur minimale de 0.63 mm².

- La superficie moyenne des lenticelles des trois stations est de 11.16 mm².

- La densité du liège des trois stations est de 0.218 g/cm³. On constate qu'elle est légèrement élevée par rapport à la densité normale selon la classification énoncée par **IPROCOR (1999)**, qui indiquent que la densité normale, varie de 0,12 g/cm³ à 0,20 g/cm³.
- L'étude statistique des variables, nombre de pores et coefficient de porosité a montré des différences très hautement significatives entre les trois stations étudiées.
- L'analyse en composantes principales (ACP) a révélé que la qualité du liège des stations étudiées varie en fonction de l'altitude et de l'exposition ; plus on monte en altitude, plus on s'éloigne du littoral, plus on avance vers les expositions Sud, l'humidité diminue, la porosité diminue et la qualité du liège devient meilleure.

Les résultats obtenus nous permettent de conclure que plusieurs facteurs peuvent avoir un impact sur la qualité du liège notamment :

- L'humidité environnementale, telles que la pluviométrie et l'exposition.
- L'âge du liège.
- L'âge du peuplement de chêne liège
- La méthode d'échantillonnage, notamment la collecte depuis les dépôts.
- Les attaques parasitaires (La présence de galeries d'insectes).
- La variation génétique.

Pour améliorer et avoir plus sur cette étude, nous recommandons l'exploration d'analyses chimiques et, éventuellement, génétiques. Afin de mieux comprendre les facteurs qui influencent la qualité du liège, il serait bénéfique de :

-
- Réaliser des méthodes d'échantillonnages sur le terrain, accroître le nombre d'arbres à inclure dans les échantillons.
 - Réaliser des interventions sylvicoles et favoriser la régénération naturelle de peuplement.
 - Prendre en considération l'état de santé des arbres, évaluer et quantifier les éléments nutritionnels du peuplement étudié.
 - Considérer les caractéristiques spécifiques des stations, telles que la pente dominante, l'exposition au soleil, la composition des peuplements et la présence d'espèces secondaires, l'âge du liège et la nature des peuplements et leur densité.

Cette approche plus approfondie permettrait d'obtenir une meilleure compréhension des facteurs influençant la qualité du liège.

Références
Bibliographique

Références bibliographique

- **ADOUANE M, 2008** : Etat mycorrhizien chêne-liège (*Quercus suber* L.) et influence des acacia et eucalyptus sur son développement dans la région d'EL-KALA (cas du Canton Boumalek).Mémoire d'ingénieure en écologie et environnement Université de Annaba.
- **AMIR O. et HIMED N., 2004.** Contribution à l'étude de la variabilité de la qualité du liège de reproduction : cas du canton Aboud (AZAZGA). Mémoire Ing., Faculté des sciences agronomiques et des sciences biologiques, Université de Tizi-Ouzou, 67p.
- **Aranson J., Pereira J.S., Pausae J, G ; 2009-** Cork Oak Woodland on the edge. Tslanpress. Washington. Covelo. London. 350p.
- **BENKIRANE H. et al., 2000.**Possibilité de contrôle automatique de la qualité du liège par vision artificielle .École Nationale Forestière d'Ingénieurs, BP 511, Salé, Maroc.455-457pp.
- **BENSEGHIR L.A, 2002-** Amélioration des techniques de production hors-sol du chêne-liège: conteneurs-substrats-nutrition minérale. Mémoire de magistère. Université d'Annaba.
- **B.N.E.D.E.R.(1984).**État actuel de la subéraie et ses perspectives de valorisation .Rapport.
- **BOUHRAOUA, T., 2003-** Situation sanitaire de quelques forêts de chêne- liège de l'ouest Algérien. Etude particulière des problèmes posés par les insectes. Thèse de Doctorat. Faculté des sciences, Université de Tlemcen. 267p.
- **BOUDY P., 1952.**Guide du forestier en Afrique du Nord. La maison Rustique. Paris, 505p.
- **BOUDY P., 1956.** Économise forestière nord-africaine. Tome 4.Ed. Larousse, 247p.
- **CHENOUNE K., 1994.**Contribution a l'étude ecodendrometrique d'une futaie et d'un taillis de chêne liège dans le massif de Beni Ghobri. Thèse Ing. ,D 'Agro., Université de Tizi Ouzou 86p.
- **DAGNELIE P., 1973.** Théories et méthodes statistiques applications agronomiques. Vol 1. Ed. Presses agronomiques de Gembloux, 378p .
- **DAGNELIE P., 1975.** Théories et méthodes statistiques. Vol 2. Ed. Presses agronomiques de Gembloux, 463p.
- **DEBIERRE F., 1927.**Le chêne liège en Tunisie.60p.
- **DEHIRI., 2017.** Contribution à l'étude de la qualité du liège de la forêt domaniale de Nesmoth (Wilaya de MASCARA). 73p.
- **DESSAIN G. & TONDELIER M., 1991.** *Le liège de méditerranéen. Edit. Presse Agronomique de Gembloux, 362 P.*
- **DOUZANE K., 2008.**Contribution à l'étude de la variabilité de la qualité du liège des subéraies de la Wilaya de JIJEL. Cas du Canton de Taher. Mémoire Ing., Faculté des sciences agronomiques et des sciences biologiques, Université de Tizi-Ouzou, 82p.

Références bibliographique

- **EMBERGER L ; 1955**—Une classification biogéographique des climats. Recueil. Trav. Labo. Géol. Zool. Fac. Sci. Montpellier. 48p.
- **FFL,2016** : fédération française du liège.
- **FERREIRA A., LOPES F. et PEREIRA H., 1999.** Caractérisation de la croissance et de la qualité du liège dans une région de production. Centre d'étude forestière, institut supérieur d'agronomie Portugal, 6 Pp 187 – 193.
- **GABIS A. et BOUKERB K., 2009.** Contribution a l'étude de la variabilité de la qualité du liège des subéraies de la wilaya d'El Taref. Thèse Ing.,D'Agro., Université de Tizi Ouzou , 8p.
- **GHEZALI Y., 2008.**Contribution à l'étude de la qualité du liège la région de Jijel ; cas de canton Al-Aouana. Mémoire Ing., Faculté des sciences agronomiques et des sciences biologiques, Université de Tizi-Ouzou, 87p.
- **HOUACINE et MELIANI.,2017.** Contribution à l'étude de la variabilité de la qualité du liège de production des subéraies des wilayas d'El Taref et Tlemcen.
- **IPROCOR/ FUNDECYT, 1999.** Manuel didactique du leveur et de l'ouvrier spécialisé dans les travaux d'exploitation du chêne-liège. Junta de Extremadura/. Mérida.
- **Kadri D., 2017,** Approche quantitative de la régénération naturelle du chêne liège (*Quercus Suber L.*) au niveau du canton de Tizi Tghidet, forêt domaniale de Béni Ghobri (commune de Yakouren, Wilaya de Tizi-Ouzou), En vue de l'obtention du Diplôme de Master, Spécialité : Production et aménagement des forêts méditerranéennes, Univ. Tizi Ouzou, 48p.
- **LAMEY A., 1893.** Le chêne-liège sa culture et son exploitation. Ed. Berger Levrault et Cie, 289p. Louvain La Neuve : Forêt Wallone AmSBL, 190 p.
- **Linné (1753) in Soukkou Wahiba et Harem Aicha 2018** - Contribution à l'étude de l'état de santé et la capacité de germination des glands de Chêne liège (*Quercus suber L.*). Université de Med- Seddik Benyahia -Jijel.
- **METNA B., 2003.** Caractéristiques physiques et chimiques du liège de reproduction de la subéraie orientale de la wilaya de TIZI OUZOU .TH2SE DE MAGISTER. Agro. Univ. T.O 102p.
- **NATIVIDADE JV., 1956** - Subériculture. ED Française de l'ouvrage Portugais Subériculture. E.N.E.F. (Nancy), 303 p.
- **PHILLIPEAU G., 1986.** Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. Services des études statistiques, ITCF, 63p.
- **PEREIRA. (2008).**Chemical composition and variability of cork from *Quercus suber L.* Wood sci. Techn.

Références bibliographique

- **QUEZEL P., 2000** - Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb Méditerranéen. Ibis Press, Paris, 117p.
- **QUEZEL P., & MEDAIL F., 2003**: Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Edition Elsevier, Paris. 571p.
- **SACCARDY L., 1937**. Note sur le chêne-liège et le liège en Algérie. Bulletin de la science de recherche forestière du nord de l'Afrique 372P.**SEIGUE A., 1985**. La forêt circum-Méditerranéenne et ses problèmes. Edit. Maisonneuve et Larousse, pp 67-97.
- **Santos Pereira J., Burgalho, M.N. & Caldeira M.C., 2008**-From the cork oak to cork. A sustainable system. APCOR(Portugal). 44p.
- **SEIGUE A., 1985**: La Forêt méditerranéenne française. Aménagement et protection contre les incendies. Aix-en-Provence, Edi sud.
- **YESSAD S.(1999)**. Le chêne-liège dans les pays de la méditerranée occidentale. 190 P.
- **YESSAD S.A., 2000**- Le chêne-liège et le chêne dans les pays du méditerrané occidental. Edition ASBL foret Wallonne. 190 P.
- **ZERAIA L., 1981**: Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phénologiques et production subéro-ligneuse dans les forêts de chêne liège de provenance cristallines (France méridionale) et d'Algérie. Thèse de doctorat es-sciences (Aix-Marseille), 367p.

Autres références :

- **ANIREF (2021)** : Monographie de la wilaya d'El Taref (Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière).
- **FAO(2013)** : Etat des forêts méditerranéenne 2013.état des ressources forestières dans la région méditerranéenne- les forêts du chêne-liège.

Annexe 1 : Densité du liège des trois stations (g/cm³).

station Arbre	1 (dar el)	2 (K EL)	3 (MRIGHA)
1 (A1)	0,17	0,26	0,20
2 (A2)	0,17	0,22	0,20
3 (A3)	0,15	0,21	0,18
4 (A4)	0,18	0,16	0,20
5 (A5)	0,13	0,19	0,23
6 (A6)	0,15	0,29	0,20
7 (A7)	0,25	0,25	0,28
8 (A8)	0,19	0,17	0,32
9 (A9)	0,21	0,22	0,37
10 (A10)	0,21	0,14	0,29

Annexe 2 : Épaisseur du liège des trois stations (mm).

Station Arbre	1 (dar el)	2 (K EL)	3 (MRIGHA)
1 (A1)	33.3	39.87	28.4
2 (A2)	42.07	32.3	28.63
3 (A3)	49.23	41.43	35.2
4 (A4)	41.97	34.5	32.3
5 (A5)	43.67	42.77	28.4
6 (A6)	38.43	39.3	35.53
7 (A7)	46.23	31.83	38.27
8 (A8)	40.43	28.97	34.53
9 (A9)	24.97	32.67	29.73
10 (A10)	39.2	37.43	36.2

Annexe3 : Nombre de pores du liège des trois stations.

Station Arbre	1 (dar el)	2 (K EL)	3 (MRIGHA)
1 (A1)	196,33	102,66	98,33
2 (A2)	168,66	235,33	127,33
3 (A3)	201,66	133	122,66
4 (A4)	98,66	307	128,66
5 (A5)	159,66	191,33	137,66
6 (A6)	170,33	278,66	124,33
7 (A7)	150,66	92,33	137,66
8 (A8)	169,33	152	99,66
9 (A9)	143,33	90,33	117
10 (A10)	101,66	110,33	118,66

Annexe4 : Nombre de lenticelles du liège des trois stations.

Station Arbre	1 (dar el)	2 (K EL)	3 (MRIGHA)
1 (A1)	37,333	36	27,333
2 (A2)	48,333	89,667	36,333
3 (A3)	118,667	35,333	20
4 (A4)	20,333	82,333	42,667
5 (A5)	62,667	53,667	18,667
6 (A6)	53,333	63,667	43,333
7 (A7)	42	37	24,667
8 (A8)	47	52	19
9 (A9)	41,333	46,667	21,667
10 (A10)	37,667	49,333	35,333

Annexe 5 : Superficie moyenne des pores (mm2).

station			
Arbre	1 (dar el)	2 (K EL)	3 (MRIGHA)
1 (A1)	0,72	1,14	1,21
2 (A2)	1,20	0,58	0,62
3 (A3)	1,13	0,82	0,96
4 (A4)	1,13	0,53	1,21
5 (A5)	1,04	0,38	0,94
6 (A6)	1,05	0,26	0,72
7 (A7)	1,14	0,87	0,59
8 (A8)	1,21	0,55	0,82
9 (A9)	1,07	0,44	1,63
10 (A10)	1,32	0,71	0,67

Annexe6 : Superficie moyenne des lenticelles (mm2).

station			
Arbre	1 (dar el)	2 (K EL)	3 (MRIGHA)
1 (A1)	16,92	15,04	7,43
2 (A2)	22,27	8,22	10,93
3 (A3)	8,65	9,62	7,55
4 (A4)	22,93	8,23	12,55
5 (A5)	15,44	6,62	6,63
6 (A6)	10,12	8,61	9,85
7 (A7)	19,69	9,68	9,80
8 (A8)	12,9	5,16	12,52
9 (A9)	15,06	8,29	5,13
10 (A10)	12,1	9,89	7,09

Annexe07 : Coefficient de porosité du liège des trois stations %.

station Arbre	1 (dar el)	2 (K EL)	3 (MRIGHA)
1 (A1)	25,73	21,64	10,77
2 (A2)	41,58	29,49	16,09
3 (A3)	41,65	14,85	8,95
4 (A4)	19,37	28,01	23,48
5 (A5)	37,49	14,25	8,46
6 (A6)	23,66	21,13	17,14
7 (A7)	33,21	14,75	10,78
8 (A8)	27,00	12,32	10,70
9 (A9)	25,93	14,17	10,12
10 (A10)	19,45	19,05	10,79

Annexe08 : Coefficients de porosité des faces tangentielles (pores)

Station Arbre	1 (dar el)	2 (K EL)	3 (MRIGHA)
1 (A1)	9,342	7,873	7,887
2 (A2)	13,801	9,266	5,563
3 (A3)	15,345	7,103	7,806
4 (A4)	7,558	11,222	10,375
5 (A5)	10,656	4,82	8,655
6 (A6)	11,69	4,898	6,051
7 (A7)	11,404	5,377	5,367
8 (A8)	13,726	6,41	5,547
9 (A9)	10,213	2,658	12,677
10 (A10)	9,047	5,385	5,359

Annexe09 : Coefficients de porosité des faces transversales (lenticelles)

Station Arbre	1 (dar el)	2 (K EL)	3 (MRIGHA)
1 (A1)	4,33	13,266	3,757
2 (A2)	3,232	15,54	5,093
3 (A3)	10,671	3,246	2,37
4 (A4)	5,558	4,889	20,649
5 (A5)	9,577	5,496	2,152
6 (A6)	2,747	14,683	7,773
7 (A7)	5,336	9,841	2,792
8 (A8)	6,39	4,311	5,157
9 (A9)	7,464	5,132	2,741
10 (A10)	3,661	9,441	4,441

Annexe10 : Résultats du teste de NEWMAN et KEULS pour l'épaisseur comparaison des moyennes antres les arbres

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0	A3	4,196	A			
7.0	A7	3,878		B		
5.0	A5	3,828		B		
6.0	A6	3,776		B		
10.0	A10	3,761		B		
4.0	A4	3,626		B	C	
8.0	A8	3,464			C	
2.0	A2	3,433			C	
1.0	A1	3,386			C	
9.0	A9	2,912				D

Annexe11 : Résultats du teste de NEWMAN et KEULS pour le nombre de pores
comparaison des moyennes antres les arbres

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
6.0	A6	191,111	A				
4.0	A4	178,111	A	B			
2.0	A2	177,111	A	B			
5.0	A5	162,889	A	B	C		
3.0	A3	152,444	A	B	C	D	
8.0	A8	140,333		B	C	D	E
1.0	A1	132,444			C	D	E
7.0	A7	126,889			C	D	E
9.0	A9	116,889				D	E
10.0	A10	110,222					E

Annexe12 : Résultats du teste de NEWMAN et KEULS pour le nombre des lenticelles
comparaison des moyennes antres les arbres

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
2.0	A2	58,111	A				
3.0	A3	58	A				
6.0	A6	53,444	A	B			
4.0	A4	48,444		B	C		
5.0	A5	45			C	D	
10.0	A10	40,778				D	E
8.0	A8	39,333				D	E
9.0	A9	36,556					E
7.0	A7	34,556					E
1.0	A1	33,556					E



Annexe13 : Façonnage des planches du liège au niveau de la menuiserie



Résumé :

Notre contribution à l'étude de la variabilité de la qualité de liège de reproduction (*Quercus suber L.*) a été caractérisée pour trois stations dans la région d'El Taref, par un prélèvement de 10 arbres par stations en utilisant la méthode d'échantillonnage stratifié "aléatoire" systématique. Au total, 90 éprouvettes ont été considérées et les variables mesurées sont l'épaisseur, la porosité et la densité des planches de liège.

L'épaisseur moyenne du liège est de 36.26 mm, dont 96 % du total appartient à la classe commerciale au-dessus de 27 mm, apte au bouchonnage et c'est un liège de catégorie régulière, la porosité mesurée par l'analyse d'image est de l'ordre de 8% donc ce liège est considéré comme étant très poreux. Concernant la densité du liège de cette région, elle est d'une moyenne globale de 0.21 g/cm³

Les résultats acquis montrent que la qualité du liège de notre région d'étude présentent de grandes variabilité entre les stations et aussi entre les arbres d'une même station. Ceci est du surtout au facteur âge du peuplement qui a même inversé la relation habituelle existante entre la porosité du liège et l'altitude des stations.

Mots clés : El Tarf / liège / qualité / variabilité / porosité / épaisseur / densité.

Abstract :

Our contribution to the study of cork growth of *Quercus Suber L.* Was characterized for three stations in El Taref regions , by sampling 10 tree per station using the systematic stratified sampling method. A total of 90 specimens were considered and the variables measured were thickness of the cork boards and the thickness of the annual rings of specimens.

The average thickness of the cork is 36.26 mm, of which 96% of the total belongs to the commercial class above 27 mm , suitable for corking and it is a regular grade cork, the porosity measured by image analysis is of the order of the 8%, therefore this cork is considered to be very porous. Regarding the density of cork in this region, it has an overall average of 0.21 g/cm³.

The results obtained show that the quality of cork in our region of study presents great variability between stations and also between trees of the same station. This is mainly due to the age of stand, which has even reversed the usual relationship between the porosity of the cork and the altitude of the stations.

Keywords: El Tarf / cork / quality / variability / porosity / thickness / density.