

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERY Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'étude



En vue de l'obtention du
Diplôme master en Sciences Agronomiques
Spécialité : Sciences Forestières.

Thème

**Contribution à l'étude de la variabilité stationnelle de la qualité
du liège de *Quercus suber L.* de la subéraie de Souk-Ahras
Cas des stations : Forêts domaniale et nationale Fedj Macta et
Rezgoune**

Présenté par :

M^{elle} ARIB Karima
M^{elle} ZAIDAT Kenza

Devant le jury :

Président : M^r ASMANI A.
Promoteur : M^r METNA B.
Examineurs : M^r. CHENOUNE K.

Maître Assistant à l'U.M.M.T.O
Maître Assistant à l'U.M.M.T.O
Maître Assistant à l'U.M.M.T.O

Promotion 2018 - 2019

Remerciment

Nous tenons à remercier très profondément

*Monsieur **METNA B.** Maître assistant chargé de cours à l'UMMTO
pour nous avoir proposé le sujet et accepté de diriger notre travail.*

*Monsieur **ASMANI A.** maître assistant chargé de cours à l'UMMTO.
De nous avoir fait l'honneur de présider de jury.*

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

*Nos reconnaissances s'adressent aussi aux gens de l'**I.N.R.F.**
d'**AZAZGA***

*Enfin nous tenons à remercier tous ceux qui ont participé de près
ou de loin, dans la réalisation de ce modeste travail, sans oublier ceux
qui ont contribué à notre formation.*



Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents Tahar et Tassadit,

Mes frères Arezki et Founes

Mes sœurs Samira et Naima

*Mes beau-frères Malek et Meziane avec ses enfants Lysa Arab
Dania et salim*

*Mes chers cousins Meriem, Moumouh, Rayen, anais, Bilal,
Melina et Imene.*

Et toute ma famille

*Mes très chers amis Tlyes, Zenza Ouerdia Wassila Salim
Zahina Massinissa Salima*

*Mes collègues Malika, Lytia, Hayet, Samira, Lisa, Oylia,
Ouiza et Lynda*

Karima

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents Brahim et Nadia

Ma sœur Sarah et mes frères Juba, Lyes, Amine et Salim

Mes grands-parents maternels Saïd et Ourdia

*Mes chères tantes Dehbia et Farida, leurs maris, mon oncle
Dahmane et sa femme Tassadit*

*Mes oncles et tantes paternels Saïd, Kamel, Mourad, Madjid,
Karima et Dalila. Aux autres membres de ma famille Malika,
Hora, Kahina, Lydia, Foucef et Mohammed*

La mémoire de ma grand-mère paternelle Djouher

Mes grands-parents paternels Belkacem et Ourida

*Mes chers petits cousins Jugurtha, Ania, Moumouh, Aris, Tyad,
Fanel Fudas et Masten*

*Mes chers amis Hocine, Oylia, Karima, Chanina, Kahina,
Ouerdia*

*Mes collègues Malika, Oylia, Hayet, Samira, Lisa, Oylia,
Ouiza et Lynda.*

Zenza

SOMMAIRE

Introduction.....	2
CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	
I-Le CHENE LIEGE	5
I.1-Origin et systématique	5
I.2- Répartition et superficie	6
I.2.1- Le chêne liège dans le monde	6
I.2.2- Le chêne liège en Algérie	7
I.3- Les caractères botaniques et forestiers du chêne liège	8
I.4- Ecologie du chêne liège.....	10
I.5- Association du chêne liège	10
II- Généralité sur Le liège.....	11
II.1- Le liège	11
II.2-Formation du liège	11
II.3-Accroissement du liège	12
II.4-Structure cellulaire du liège	12
II.5-Composition chimique du liège	13
II.6-Propriétés physiques et mécaniques du liège.....	14
II.7-Les défauts de liège	15
II.8-Qualité du liège.....	17
II.9-Classification du liège.....	18
II.10-Utilisations du liège.....	19
II.11-Production du liège.....	20
II.11.1-Dans le monde.....	20
II.11.2-En Algérie.....	20

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

1-Présentation du milieu d'étude.....	22
1.1- Situation géographique de la wilaya de Souk Ahras.....	22
2-Etude climatique.....	23
2.1- La température.....	23
2.2- Les Précipitations.....	24
2.3- Synthèse bioclimatique.....	25
3-Méthode d'échantillonnage	29
4-Mesure des variables	30
4.1- Epaisseur du liège	30
4.2- Porosité.....	30
4.3-Densité du liège (Dstl).....	30
5-Méthode de mesure.....	31
6-Méthode de traitement des données	37
6.1- Variation intra et interstationnelle.....	37
6.2- L'analyse en composantes principales (ACP).....	37

CHAPITRE III : RESULTATS ET I NTERPRETATIONS

1-Présentation des résultats.....	41
1.1- Epaisseur du liège (EPAIS).....	41
1.2-Porosité du liège.....	43
1.2.1- nombre de pores.....	43
1.2.2- La superficie moyenne des pores.....	43
1.2.3- Coefficient de porosité des faces horizontales.....	45
1.2.4- Nombre de lenticelles.....	46
1.2.5- Superficie moyenne des lenticelles.....	46

1.2.6- Coefficient de porosité des faces tangentielles.....	47
1.3- Densité du liège	47
2-Comparaison des résultats entre les stations.....	51
2.1- Analyses de la variance.....	51
2.1.1- Epaisseur du liège.....	52
2.1.2- Nombre de pore des pores.....	52
2.1.3- Superficie moyenne des pores	53
2.1.4- Coefficient de porosité des faces horizontales.....	53
2.1.5- Nombre de lenticelles.....	53
2.1.6- Superficie moyenne des lenticelles.....	53
2.1.7- Coefficient de porosité des faces tangentielles.....	54
2.1.8- Densité du liège	54
2.2- Résultats de l'analyse en composante principales.....	55
2.2.1- Plan factoriel	56
2.2.2- Signification des axes	57
2.2.3- Matrice de corrélation.....	57
CHAPITRE IV : DISCUSSION.....	60
Conclusion.....	64

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Approximation des superficies du chêne liège en méditerranée.....	6
Tableau 2 : La répartition du chêne liège en Algérie par région subéricole.....	7
Tableau 3 : Les caractéristiques botaniques et forestières du chêne-liège.....	8
Tableau 4 : Exigences écologiques du chêne liège.....	10
Tableau 5 : Association du chêne liège.....	10
Tableau 6 : Composition chimique du liège.....	13
Tableau 7 : les propriétés du liège.....	14
Tableau 8 : Les différents défauts du liège.....	15
Tableau 9 : Epaisseur commerciale pour le liège en planche.....	18
Tableau 10 : La production mondiale du liège.....	20
Tableau11 : Températures moyennes mensuelles (°C), enregistrées à Souk-Ahras sur une période d'observation de dix ans allant de 2009 à 2018.....	23
Tableau 12 : Précipitations moyennes mensuelles (mm) enregistrées à Souk-Ahras sur une période d'observation de dix ans allant de 2009 à 2018.....	24
Tableau 13 : Températures moyenne mensuelles (°C) ; Précipitations mensuelles (mm) de la région de Souk-Ahras. (Période de 2009-2018).....	25
Tableau 14 : Répartition des températures mensuelles moyennes (°C).....	26
Tableau 15 : Données concernant le calcul du quotient pluviométrique d'Emberger.....	27
Tableau 16 : Caractéristiques des stations.....	28
Tableau 17 : distribution des échantillons du liège par classe commerciale d'épaisseur.....	42
Tableau 18 : Distribution des pores et de la porosité par classes de dimension.....	44
Tableau 19 : Résultats de l'analyse de la variance et de test de NEWMAN et KEULS des variables Epaisseur, porosité et densité du liège.....	51

Tableau 20 : Valeurs propres des axes (pourcentages expliqués par les 4 premiers axes).....	55
Tableau 21 : Cosinus carres des variables.....	55
Tableau 22 : Résultats de la matrice de corrélation.....	58

Liste des figures

Figure 1 : Répartition du chêne liège dans le monde.....	6
Figure 2 : Aire de répartition du chêne-liège en Algérie.....	7
Figure 3 : quelques caractères botanique et forestier du chêne liège.....	9
Figure 4 : coupe transversale d'un bois de chêne liège.	11
Figure 5 : Formation de liège.....	11
Figure 6 : Identification des accroissements du liège.....	12
Figure 7 : Structure cellulaire du liège dans le plan transversal et tangentiel	13
Figure 8 : Représentation des différents défauts du liège.....	16
Figure 9 : Classification du liège de reproduction par classes d'épaisseur et d'aspect.....	18
Figure 10 : Carte de couverture forestière de la wilaya de Souk Ahras.....	22
Figure 11 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Souk Ahras (2009-2018).....	25
Figure 12 : Situation de la station d'étude dans le Climagramme d'Emberger (1955).....	27
Figure 13 : Carte des stations étudiées.....	27
Figure 14 : Dépôt de liège de Souk Ahras.....	29
Figure 15 : Prélèvement des planches du liège dans les dépôts.....	29
Figure 16 : Les éprouvettes utilisées pour le calcul de l'épaisseur sous croûte du liège.....	32
Figure 17 : Méthode de mesure de l'épaisseur sous croûte du liège à l'aide d'un logiciel GIMP 2.....	32
Figure 18 : Les éprouvettes utilisées pour la mesure de la porosité.....	33
Figure 19 : les mesures des diamètres (d1 et d2) des pores par le GIMP 2.....	33
Figure 20 : La mesure de la longueur des lenticelles par le GIMP 2.....	34

Figure 21 : Les éprouvettes utilisées pour la mesure de la densité (à gauche) et la balance de mesure de la masse des éprouvettes (à droite).....	34
Figure 22 : Les différentes étapes suivies lors de la réalisation de nos éprouvettes pour les différentes mesures effectuées.....	36
Figure 23 : distribution des épaisseurs du liège des trois stations	41
Figure 24 : Distribution des planches de liège par classes commerciales d'épaisseur.....	42
Figure 25 : Distribution de nombre de pores	43
Figure 26 : Distribution de la superficie moyenne des pores	43
Figure 27 : Distribution du Coefficient de porosité des faces horizontales des trois stations.....	45
Figure 28 : la distribution des lenticelles dans les trois stations	46
Figure 29 : Distribution des superficies moyennes des lenticelles des trois stations.....	46
Figure 30 : Distribution du Coefficient de porosité des faces tangentielles des trois stations	47
Figure 31 : Distribution de la densité du liège des trois stations	47
Figure 32 : distribution de l'épaisseur du liège des arbres des trois stations	48
Figure 33 : distribution de nombre de pores des arbres des trois stations	48
Figure 34 : distribution de la superficie moyenne des pores des arbres des trois stations.....	48
Figure 35 : distribution de coefficient de porosité des faces horizontales des arbres des trois stations.....	49
Figure 36 : distribution de nombre de lenticelles des arbres des trois stations	49
Figure 37 : distribution de la superficie moyenne des lenticelles des arbres des trois stations.....	49
Figure 38 : distribution de coefficient de porosité des faces tangentielles des arbres des trois stations	50

Figure 39 : Distribution de la densité du liège des arbres des trois stations50

Figure 40 : Projection des individus sur le plan factoriel (1x2)56

Liste des abréviations

ACP : analyse en composantes principales.

Age peup Age du peuplement.

Agel : L'âge du liège.

Alt : Altitude.

C.M : Carré moyenne.

C° : Degré cils suce.

Cp : Coefficient de porosité.

CPh : Coefficient de porosité des faces horizontales.

CPt : Coefficient de porosité des faces tangentielles.

CV % : Coefficient de variation.

D.D.L : Degré de liberté.

DGF : Direction générale des forêts.

DI : Diamètre d'une lenticelle.

dr : Erreur relative.

Dstl : Densité du liège.

Ep : Epaisseur du liège.

F.obs : Fonction observé.

F.théo : Fonction théorique lue sur la table des distributions F de SENDECORE.

FD : forêt domaniale.

FN : forêt nationale.

G : groupe.

GGR : groupe génie rural.

GIMP : General Image Manipulation Program.

h : Humidité du milieu.

ha : Hectare.

HS : hautement significatif.

IML : institut méditerranéen du liège.

K : Degré de liberté ($ddl = n-2$).

Km² : Kilomètre carré.

L : La longueur d'une lenticelle.

M : La température maximale du mois le plus chaud.

m : La moyenne de la température minimale du mois le plus froid.

m : Le mètre.

Mh: Masse du liège a une humidité h.

mm : Le millimètre.

mm² : Le millimètre carré.

Nbl : Nombre des lenticelles.

Nbp : Nombre de pores.

NS : non significatif.

P : Précipitations.

Prob : Probabilité.

Q₂ : quotient pluvio-thermique d'Emberger.

Q_x : Quintaux.

r : Coefficient de corrélation.

S : significatif.

S.C.E : Somme des carrés des écarts.

Sml : La surface moyenne des lenticelles.

Smp : La superficie moyenne des pores.

Stl : La surface totale occupée par les lenticelles.

THS : très hautement significatif.

Tm : Moyenne des températures minimales du mois le plu froid.

TM : Moyenne des températures maximales du mois le plu chaud.

Vh : volume du liège à la même humidité h.

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

α : Seuil de signification.

(σ) : écart-type.

Introduction générale

Le chêne liège (*Quercus suber* L.), est une essence forestière noble et remarquable. Il se distingue des autres chênes par sa particularité de produire une écorce subéreuse renouvelable et précieuse (le liège) et ayant des qualités spécifiques de légèreté, de souplesse, et d'élasticité.

Cette essence couvre le bassin méditerranéen occidental et la côte atlantique de l'Europe du sud (près de 2 millions d'hectares). On la rencontre dans sept pays seulement : Portugal, Espagne, Italie, France, Algérie, Maroc et Tunisie. L'Algérie se classait au 3^{ème} rang avec 21% de la superficie totale et 4% de la production mondiale de liège estimée à 15000 tonnes par an (AMORIM, 2012).

Comparativement aux autres essences forestières, le chêne liège en Algérie représente 11% de la superficie forestière nationale, et se classe en 2^{ème} position après le pin d'Alep (DGF, 2007). Il occupe l'atlas tellien de Tlemcen à Souk Ahras. Les régions subéricoles par excellence sont situées au centre-est du pays (Tizi Ouzou, Bejaia, Jijel, Skikda, Annaba, El-Tarf, Guelma et Souk Ahras). Les subéraies situées à l'ouest ; principalement à Tlemcen, Chlef, Tipaza, Ain-Defla, Mascara et Oran (DGF, 2008).

Les potentialités nationales pour la production du liège sont estimées à plus de 148 000 Qx/an, avec une production relativement faible ces dernières années (90.000 Qx/ans), l'Algérie occupe le cinquième rang des producteurs du liège (4% de la production mondiale) mais loin derrière le Portugal (54%), L'Espagne (26%), l'Italie (6%) et le Maroc (5%) (AMORIM, 2012).

Cependant, avec une bonne gestion et une exploitation rationnelle des peuplements, la production nationale de liège pourrait augmenter et reprendre sa place dans le classement mondial et ce à court ou à moyen terme.

La qualité du liège d'une suberaie a toujours été une préoccupation des gestionnaires et des industriels qui sont toujours à la recherche d'une matière première pouvant garantir l'élaboration d'un produit fini de haute qualité. La qualité du liège se traduit par l'absence de défauts ; un liège de bonne qualité doit avoir des lenticelles fines et peu nombreuses, il doit être léger, imperméable et souple.

Des travaux sur la qualité du liège de reproduction ont été réalisés à travers le monde dans les pays producteurs notamment au Portugal, Espagne et Italie. En effet plusieurs auteurs

se sont intéressés à l'étude des différents aspects liés à la qualité du liège, tel que PEREIRA (1987, 1988), FERREIRA et *al.* (1999).

En Algérie peu de travaux ont été réalisés pour déterminer la qualité du liège sur des régions différentes, parmi eux nous citons : METNA (2003) sur les subéraies orientales de la wilaya de Tizi Ouzou, AMIR et HIMED (2005) sur la même région, GHEZALI (2008) et DOUZENE (2008) sur la région de Jijel, GABIS et BOUKERB (2009), LOKMANE et EDJIKOUNE (2009) sur les wilayas d'El Tarf, Skikda et Bouira, DEHANE (2012) sur les wilayas d'Oran et Tlemcen et HOUACINE et MELIANI (2017) sur les wilayas d'El Tarf et Tlemcen.

L'objectif de notre étude est de déterminer la qualité du liège des subéraies de la wilaya de Souk Ahras cas des stations FD Fedj Macta, FN Fedj Macta et Rezgoune et d'apprécier les variations intra et inter stationnelles de cette qualité, en se basant sur des variables mesurables suivantes :

- ✓ L'épaisseur.
- ✓ La porosité.
- ✓ La densité

Notre mémoire est scindé en quatre chapitres :

- ✓ Chapitre I : Généralités sur le chêne liège et le liège
- ✓ Chapitre II : Matériels et méthodes
- ✓ Chapitre III : Résultats et interprétations.
- ✓ Chapitre IV : Discussion.

Chapitre I :
Synthèse Bibliographique

I-Le CHENE LIEGE :

I.1-Origin et systématique :

Le chêne liège est une espèce typiquement méditerranéenne, circonscrit en méditerranée occidentale depuis l'ère tertiaire, on le trouve aussi sur la côte atlantique où il est présent depuis bien avant l'antiquité (IML., 2009).

La première description de l'espèce *Quercus suber* remonte à celle du botaniste suédois Linné en 1753 (NATIVIDADE, 1956). Actuellement, on lui retient la systématique suivante :

- **Embranchement** : Spermaphytes
- **Sous embranchement** : Angiospermes
- **Classe** : Dicotylédones
- **Sous classe** : Apétales
- **Ordre** : Fagales
- **Familles** : Fagacées
- **Genre** : *Quercus*
- **Espèce** : *Quercus suber* L.

Selon METNA (2003) et CHENOUNE (2011), cette espèce possède plusieurs noms, qui sont désignés différemment dans plusieurs langues :

- Arabe : Fernan et Feline
- Berbère : Iggi, Iqecci, iferki
- Portugais : Subreiro
- Espagnole : Alcornoque
- Italien : Sughera
- Français : Chêne liège
- Anglais : Cork oak

I.2- Répartition et superficie :

I.2.1- Le chêne liège dans le monde :

L'aire naturelle du chêne liège s'étend du Nord au Sud entre le 45° Parallèle (embouchure de la Gironde) et le 31° (Maroc) ; de l'Ouest à l'Est, du Portugal au Calabre en Italie en passant par l'Espagne, la France. Elle atteint aussi les trois pays de l'Afrique du Nord à savoir, l'Algérie, le Maroc et la Tunisie (BOUDY, 1950)

Les suberaies occupent actuellement près de 2 millions d'hectares, s'étendant autour du bassin méditerranéen ouest et de la côte atlantique de l'Europe du sud (FERREIRA et al. 1999) éparpillés sur sept pays : Portugal, Espagne, France, Italie, Algérie, Tunisie et Maroc.

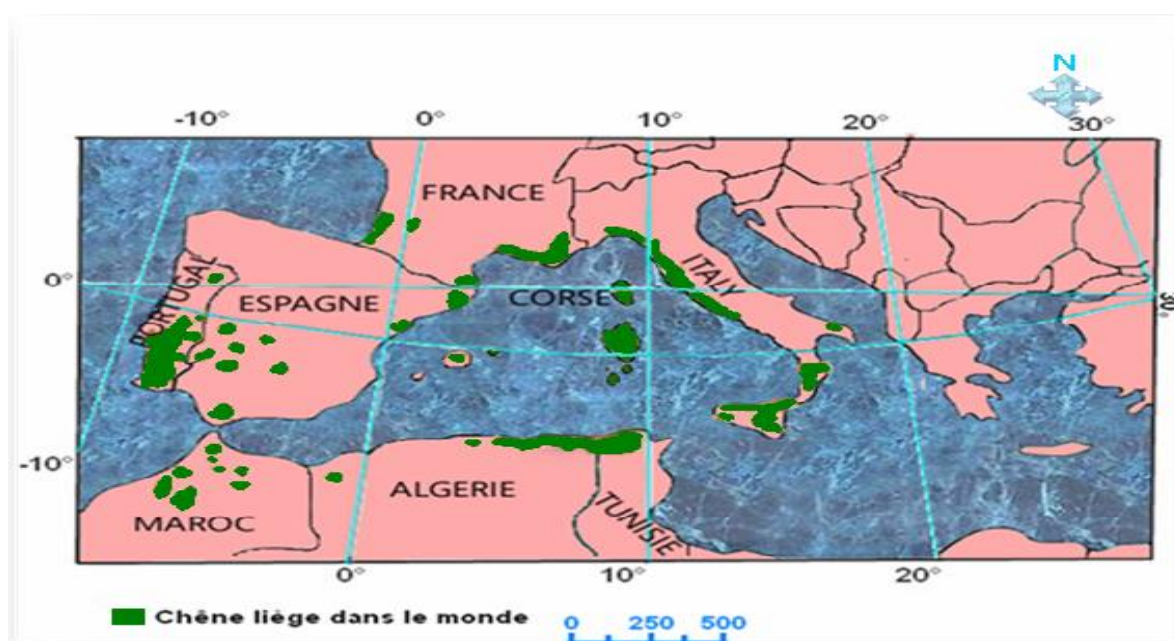


Figure 1 : Répartition du chêne liège dans le monde.

La superficie du chêne liège est résumée dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Approximation des superficies du chêne liège en méditerranée

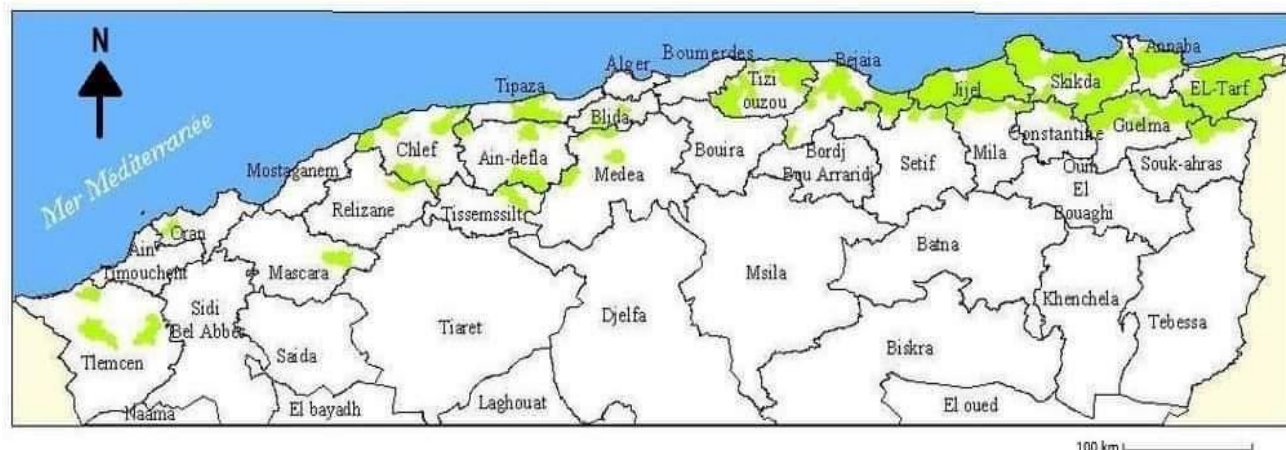
Pays	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Portugal	725000	33%
Espagne	510 000	23%
Algérie	460 000	21%
Italie	225 000	10%
Maroc	198 000	9%
Tunisie	60 000	3%
France	22 000	1%

Source : AMORIM (2012)

I.2.2- Le chêne liège en Algérie :

Selon BOUHRAOUA et al. (2010), les suberaies en Algérie, couvrent 440 000 ha dont 230 000 productives. Ces dernières sont comprises entre les frontières marocaines à l’ouest et tunisienne à l’est, s’étendant du littoral méditerranéen au nord aux chaînes telliennes au sud, sur une largeur qui ne dépasse pas les 100 km.

Elles sont réparties sur plusieurs wilayas, dont les peuplements les plus importants se trouvent dans les wilayas d’El-Tarf, Skikda, Jijel, Annaba, Bejaia et Tizi ousou.



Chêne liège

Source : BOUHRAOUA et al. (2010)

Figure 2 : Aire de répartition du chêne-liège en Algérie.

La superficie du chêne liège en Algérie par région subéricole est résumée dans le tableau 2 :

Tableau 2 : La répartition du chêne liège en Algérie.

Conservations	Superficies (ha)	Conservations	Superficies (ha)
SKIKDA	85 200	CHLEF	6 500
EL TARF	59 500	MEDEA	4 600
JIJEL	43 700	TLEMCEN	4 000
BEJAIA	41 700	TIPAZA	2 800
TIZI OUZOU	29 458	TISSEMSSILT	2 500
GUELMA	21 800	ORAN	2 000
ANNABA	14 900	SETIF	1 800
AIN DEFLA	13 700	BOUIRA	1 800
SOUK AHRAS	12 000	BOUMERDES	1 300
MILA	11 400	BLIDA	690
MASCARA	7 040	CONSTANTINE	650







Source : BOUDY (1955), D.G. F (2009)

I.3- Les caractères botaniques et forestiers du chêne liège :

Le tableau 3 montre les descriptions botaniques et forestières de cette espèce.

Tableau 3 : Les caractéristiques botaniques et forestières du chêne-liège

	Désignation	Caractéristiques	Auteurs
Caractères forestiers	Port de l'arbre	- ordinairement 10 à 14m, peut atteindre 20 à 22m. - tronc assez court, la tige principale est tortueuse et la ramification peu serrée	SACCARDY (1938)
	Le houppier	- forme élancée en peuplement jeune ou serré - forme étalée en peuplement claire	NATIVIDADE (1956)
	Les rameaux	- gris clair. -ils portent des tâches de lichen, parfois de mousse.	SEIGUE (1985)
	Le bois	- dur, lourd, d'un brun clair. - il sèche difficilement et se fend facilement. - c'est un excellent bois de chauffage.	CANTAT et PIAZZETTA (2005)
	L'écorce	- présente des crevasses laissant apparaître la couche épaisse de liège (mâle) qui s'épaissit avec l'âge et persiste durant toute la vie de l'arbre. -se couvre par des lichens rendant sa surface grise et pierreuse.	ABBARA (2018)
	La longévité	- sa durée de vie est de l'ordre de 150 à 200 ans.	
	Système racinaire	-pivotant, s'enfonce profondément dans le sol avec des racines latérales mycorhizées par des champignons.	CANTAT et PIAZZETTA (2005)
Caractères botaniques	Les bourgeons	-pubescents, ovoïdes de couleur pourpre.	ANONYME (2010)
	Les feuilles	-subentières ou dentées à dents peu ou pas épineuses -verte sur la face supérieure et pubescente sur la face inférieure. - longueur variable (3 à 5cm) - se renouvellent au printemps tous les 2 à 3 ans.	QUEZEL & SANTA (1962) SEIGUE (1985)
	Inflorescence	- les fleurs mâles : ou chatons apparaissent en bouquets à l'extrémité des pousses de l'année précédente, - les fleurs femelles : ont la forme de boutons écailleux qui se forment à la base des tiges de l'année. La fécondation n'a lieu qu'après 6 semaines du début de l'apparition des fleurs	SEIGUE (1985)
	Les fruits	- la fructification débute à 15 ans. - la taille des glands est très variable, leur chute s'échelonne d'octobre à janvier -ils sont amers et pas comestibles pour l'Homme	SACCARDY (1938)

	
Fleurs femelles	Fleurs mâles
	
Le tronc	Les feuilles
	
Les arbres	Le fruit

Source : IML (2006)

Figure 3 : Quelques caractères botaniques et forestiers du chêne liège.

I.4- Ecologie du chêne liège :

Tableau 4 : Exigences écologiques du chêne liège.

Désignation	Caractéristiques et exigences	Auteurs
Exigences climatiques	Lumière : le chêne liège exige beaucoup de lumière, il supporte mal l'ombre où il végète et fini par mourir.	SACCARDY (1938)
	Humidité : il lui faut en outre une humidité atmosphérique constamment élevée, de l'ordre de 60% dans la saison la plus sèche.	
	Pluviométrie : pour une bonne repousse, l'espèce nécessite une pluviométrie comprise entre 600 et 1000mm.	BOUDY (1955)
	Température : il a besoin d'une température moyenne annuelle d'environ 14°C. Il est sensible aux fortes gelées.	CANTAT et PIAZZETTA (2005)
Bioclimat : on le retrouve dans les étages mésoméditerranéens, il a besoin d'hivers tempérés, d'étés chauds et secs		
Exigences édaphiques	-il préfère les sols aérés, profonds, frais, riches en matière organique, acides et franchement siliceux. -il fuit les calcaires actifs et les sols hydromorphes.	
Altitude	-on le rencontre en bonne croissance jusqu'à 1300 m d'altitude.	
Exposition	-on peut considérer comme limites de la région d'habitation du chêne occidental : au Sud, le 30° de latitude, et au Nord le 45°. -on le retrouve encore en bon état de végétation jusqu'au 49°.	LAMEY (1893)

I.5- Association du chêne liège :

Tableau 5 : Association du chêne liège.

Cortège floristique	Essences concurrentes
Bruyère arborescente (<i>Erica arborea</i>)	Chêne afares (<i>Quercus afares</i>)
Arbousier (<i>Arbutus unedo</i>)	Chêne vert (<i>Quercus ilex</i>)
Phillyrea tifolia (<i>Phyllirea media</i>)	Olivier (<i>Olea europea</i>)
Lentisque (<i>Pistacia lentiscus</i>)	Pin d'Alep (<i>Pinus halepensis</i>)
Nerprun alaterne (<i>Rhamnus alaternus</i>)	Pin maritime (<i>Pinus pinaster</i>)
Viorne tin (<i>Viburnum tinus</i>)	Aulne glutineux (<i>Alnus glutinosa</i>)
Myrte (<i>Myrtus communis</i>)	
Cytise à longues grappes (<i>Cytisus triflorus</i>)	

Source : SACCARDY (1938).

II- Généralité sur Le liège :

II.1- Le liège :

Le liège est un produit naturel biodégradable, précieux et noble qui possède des caractéristiques très spéciales. Ce produit est formé de cellules mortes aux parois subérifiées qui protège les parties vivantes du tronc et les branches du chêne liège (*Quercus suber*).

II.2-Formation du liège :

La croissance en diamètre de la tige de chêne-liège résulte de deux assises génératrices de cellules :

- Une interne, appelée assise libéro-ligneuse (cambium) qui donne vers l'intérieur un bois dur, riche en larges rayons ligneux, pauvre en zones poreuses et en vaisseaux, et vers l'extérieur un liber mince et riche en tanin.
- Une externe, appelée assise subéro-phellodermique (phellogène), qui produit le phelloderme sur sa surface interne (tissu mince) et le suber(**le liège**) sur sa face externe qui assure la protection de l'arbre.

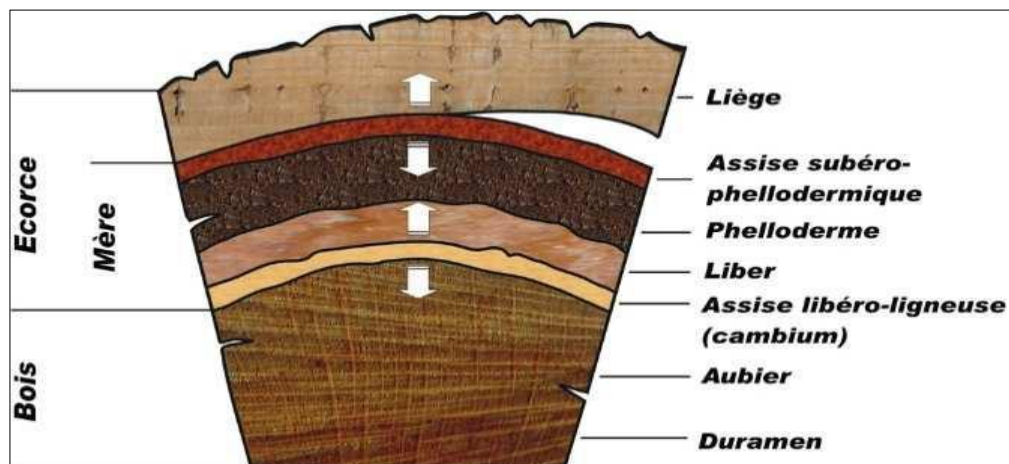


Figure 4 : Coupe transversale d'un bois de chêne liège.



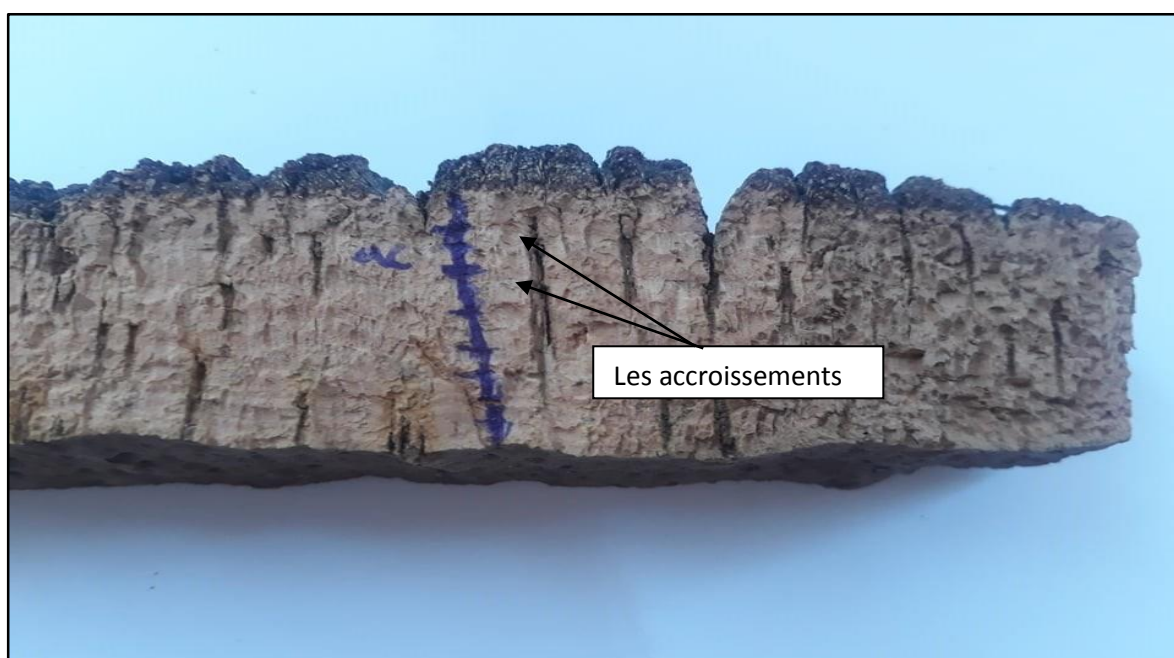
Figure 5 : Formation de liège.

II.3-Accroissement du liège :

Durant chaque année et après chaque récolte, une nouvelle couche de liège (cerne annuel) se forme en repoussant les plus anciennes vers l'extérieur. L'âge du liège est apprécié donc par le comptage de ces cernes ou accroissements annuel (DEHANE, 2012).

Les anneaux de croissance de liège poussent chaque année d'une certaine épaisseur variant de 1,5 à 7 mm. Ces accroissements ne sont jamais rectilignes, parfois larges parfois très serrés (DEHIRI, 2017).

Les épaisseurs des accroissements du liège algérien sont maximales en 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} voire la 5^{ème} année pouvant atteindre 3 à 5 mm d'épaisseur par an. Sur les derniers anneaux, elles progressent avec le vieillissement du liège et les conditions stationnelles (LAMEY, 1893).



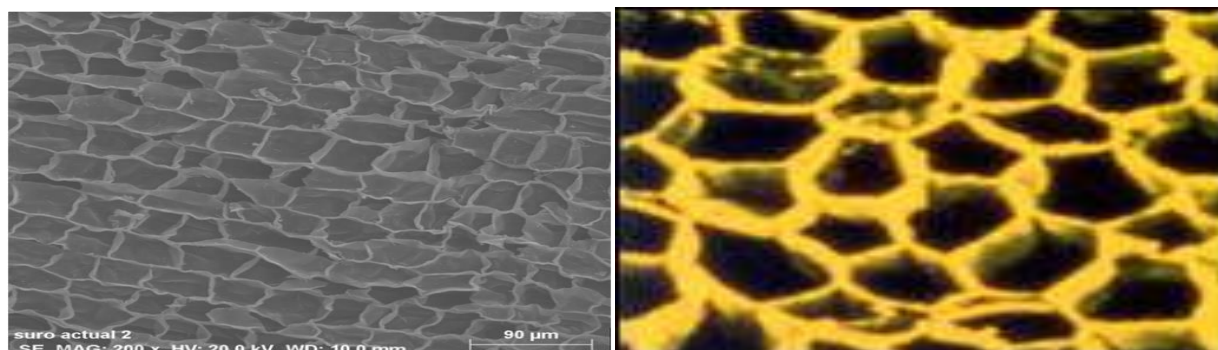
Source : Originelle.

Figure 6 : Identification des accroissements du liège.

II.4-Structure cellulaire du liège :

Le liège est un matériau cellulaire comprenant de petites cellules fermées et vides avec une forme de prismes hexagonaux assemblés dans une structure compacte sans vides intercellulaires. Chaque cellule est formée par une cellule mère du phellogène et la direction de croissance (élongation cellulaire) est radiale, construisant des lignes arrangées parallèlement. Les parois cellulaires ont une paroi secondaire subérisée et lamellée, qui est suffisamment flexible pour permettre une ondulation ou corrugation sous la pression compressive d'accroissement. En comparaison avec d'autres matériaux

cellulaires, le liège à des cellules plus petites et avec des parois plus fines, ainsi qu'une uniformité générale d'épaisseur de la paroi (PEREIRA, 2008).



Source : Fortes et al., (2004) in DEHIRI (2017)

Figure7: Structure cellulaire du liège dans le plan transversal et tangentiel

II.5-Composition chimique du liège :

L'analyse des composés chimiques du liège donne six éléments en proportions suivantes :

Tableau 6 : Composition chimique du liège

Constituants	Propriétés	Pourcentages
La subérine	Principal composant des parois des cellules du liège et lui permettant son élasticité.	45%
La lignine	Elle permet la liaison entre les divers composants.	27%
Les polysaccharides	Composants des parois des cellules, contribuent à la définition de sa texture.	12%
Les tannins	Ils déterminent la couleur.	6%
Les céroïdes	Composés hydrophobes assurant l'imperméabilité	5%
Les autres constituants	Minéraux, eaux, glycérine,	5%

Source : (YOUNSI, 2005)

II.6-Propriétés physiques et mécaniques du liège :

La nature des membranes cellulaires des tissus subéreux explique les nombreuses propriétés du liège (NATIVIDADE, 1956).

Tableau 7 : Les propriétés du liège

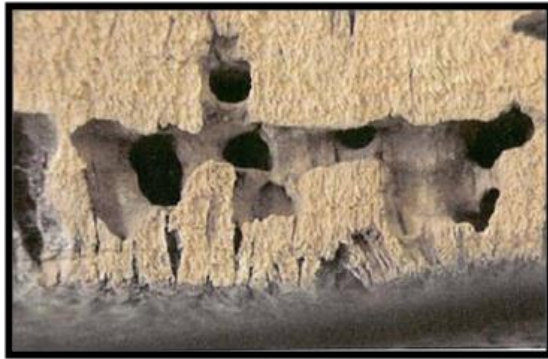
Propriétés	Caractéristiques	Auteurs
Facilité d'usinage	-il peut être usiné avec des outils coupants simples et grattant	ANONYME(2017)
La résistance au feu	-il ne libère ni produit, ni fumée toxique et est difficilement inflammable	
Coefficient de frottement élevé	-la surface de liège est tapissée de « micro ventouses » qui lui confèrent une forte adhérence.	ROULA (2010)
Chimiquement stable	-résistant à l'attaque d'acide	
Absence de toxicité	-il a pu accompagner l'homme dans sa vie quotidienne depuis l'antiquité.	
Pouvoir calorifique	-la capacité du liège à générer de la chaleur est équivalente à celle du charbon.	
Anti -Vibratoire	-isole des vibrations mécaniques et permet de constituer des joints et panneaux anti vibration	ANONYME(2006)
Étanche	-naturellement étanche aux liquides.	
Elasticité et compressibilité	-c'est la capacité de liège à récupérer son volume initiale après avoir subi une déformation	METNA (2003)
Imperméabilité	-absorbe moins de 18 à 20% d'eau	IPROCOR (1999)

II-7-Les défauts de liège :

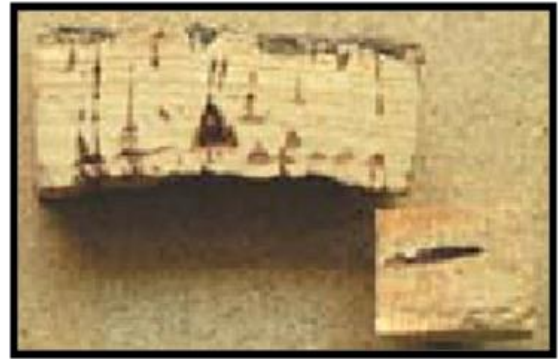
Le tableau 8 résume les différents défauts qui peuvent endommager la qualité du liège :

Tableau 8 : Les différents défauts du liège

Les défauts	Caractéristiques	Auteurs
Liège vert	Causé par la pénétration de l'eau dans les cellules subéreuses et favorisant l'attaque des champignons.	IML (2018)
Liège doublé	Le stress occasionné par un incendie, une blessure ou une forte sécheresse	SACCARDY (1938)
Dureté	Défaut grave, puisque dans les usages courants on fait appel aux qualités de souplesse et d'élasticité du liège	
La fourmi	Elle creuse ces galeries dans le liège et le déprécie	IPROCOR (1999)
Porosité	Lenticelles larges et déformées trop nombreuses	DJEMAI & LAHEB (2017)
La tache jaune	Se manifeste par une décoloration du tissu subéreux et par une forte odeur de moisissure, conduisant à un liège non bouchonnable	
Liège clouté	Présence de tissus lignifiés (bois) dans l'épaisseur du liège, ce qui le rend plus dur et plus dense.	CANTAT & PIAZZETTA (2005)
Liège soufflé	Ses trop nombreuses crevasses le rendent impropre à la fabrication de bouchons.	
Liège terreux	Défaut dû à un nombre trop important de lenticelles de grosse taille, ce qui augmente la porosité du liège. On le retrouve souvent au niveau du liège de pied.	



La fourmi



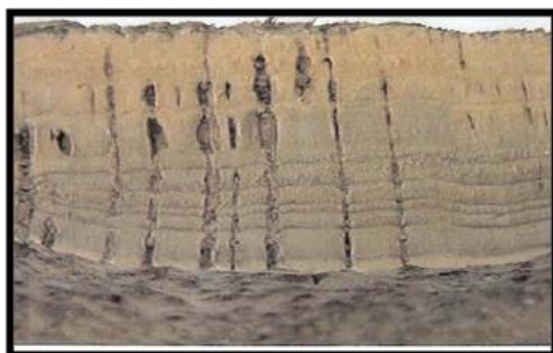
Liège clouté



Liège terreux



Liège souffle



Liège marbré



Liège vert

Source : IPROCOR (1999)

Figure 8 : Représentation des différents défauts du liège.

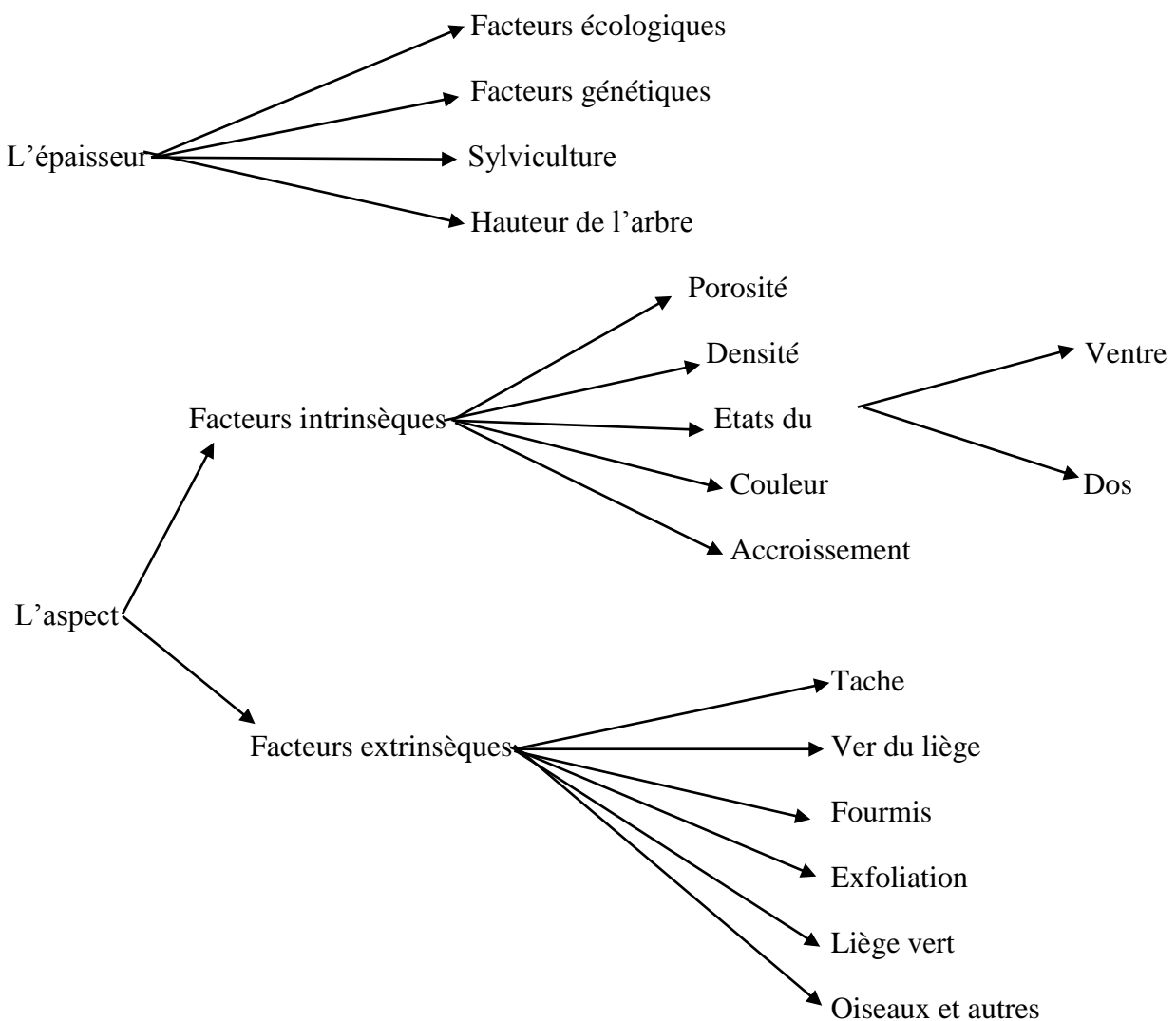
II.8-Qualité du liège :

La qualité du liège est établie principalement selon la porosité due à la présence des canaux lenticulaires qui traversent les planches de liège radialement, du phellogène jusqu'à l'extérieur. (PEREIRA, 2008).

Un liège doit avoir des lenticelles fines et peu nombreuses, légères, imperméables et souples. Sa principale qualité technique est l'élasticité qui lui permet de reprendre sa forme et son volume primitif dès qu'il cesse d'être comprimé, de résister à l'écrasement et de conserver une grande flexibilité. BOUDY (1952).

Selon LAMEY (1893), dans les lièges de bonne qualité, les couches doivent être régulières, ni trop épaisses, 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.

Selon IPROCOR (2009) la qualité du liège est déterminé par :



II.9-Classification du liège :

Selon ROULA (2011), l'industrie de première transformation (industrie du bouchon) classe le liège à partir de son épaisseur et de son aspect.

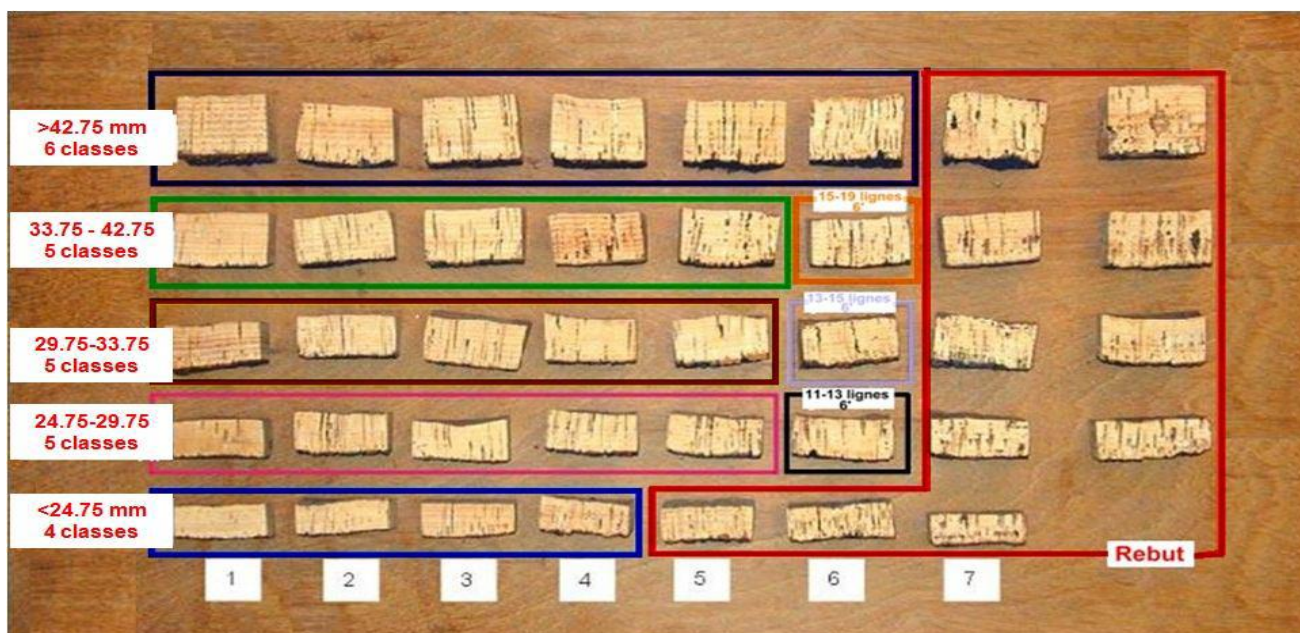
Le nombre de classes varie d'un pays producteur à l'autre :

- Portugal, 6 classes ;
- Espagne, 5 classes ;
- Algérie, 6 classes :

Tableau 9 : Epaisseur commerciale pour le liège en planche

Catégories	Epaisseur en mm
Sur-épais	>54
Epais	40-54
Régulier	32-40
Juste	27-32
Mince	22-27
Flotte	<22

Source : ROULA (2011).



Source : IPROCOR (1999)

Figure 9 : Classification du liège de reproduction par classes d'épaisseur et d'aspect

II.10-Utilisations du liège :

L'utilisation principale du liège reste les bouchons, il est employé aussi en quantité très faible, mais parfois irremplaçable dans de nombreux domaines. Les produits, après transformation, sont principalement destinés aux activités industrielles suivantes :

- la construction en général (isolement thermique et acoustique, revêtement, décorations, cloisons,...)
- l'industrie du froid (chambres froides et transports frigorifiques)
- la construction navale (isolation, revêtement, décoration,...)
- l'industrie de l'automobile (joints)
- l'industrie des transports (isolation thermique, acoustique et vibratoire)
- l'industrie mécanique en général (joints d'étanchéité,...)
- l'industrie chimique, pharmaceutique et la parfumerie (bouchage et conditionnement des produits)
- l'industrie de la pêche (bouées, flotteurs,...)
- l'industrie de la chaussure (semelles, talons,...)
- l'industrie des emballages (granulés et laine de liège)
- la fabrication d'articles de sport (articles de pêche, raquettes, panneaux, balles,...)
- la chasse (bourre de cartouches)
- la fabrication d'articles de maison (nappes, boîtes de rangement, cadres, divers matériels de bureau...)
- la musique (isolant phonique particulièrement performant dans les basses et moyennes fréquences ; cette utilisation nécessite des planches de liège de toute première qualité)
- la pyrotechnique (feux d'artifice)
- l'industrie spatiale (comme isolant thermique dans les navettes spatiales ; il fut d'ailleurs classé dans la catégorie des " matériaux stratégiques " par les U.S.A. pendant la 2ème Guerre Mondiale) (IML, 2018).

II.11-Production du liège :**II.11-1-Dans le monde :**

La production mondiale du liège atteint environ 340 000 tonnes par an, dont 54% vient du Portugal plus de 185 000 tonnes) :

Tableau 10 : La production mondiale du liège

PAYS	TONNES	PORCENTAGE
Portugal	185 000	54%
Espagne	88 000	26%
Italie	20 000	6%
Maroc	18 000	5%
Algérie	15 000	4%
Tunisie	9 000	3%
France	5 000	2%

Source : (AMORIME, 2012)

II.11.2-En Algérie :

De 1962 à 1970, la production du liège était en moyenne de 148 000 quintaux (TAHAR, 2012), alors qu'elle dépassait les 350 000 quintaux entre 1930 et 1950 (CHENEL, 1951).

De 1970 à 1980, elle a chuté en raison des incendies qui ont ravagé plusieurs années de suite les subéraies ; du vieillissement des peuplements ; de l'absence de régénération et d'aménagement des forêts, ainsi que d'une exploitation irrationnelle. La production régresse ainsi d'année en année, passant de 129 350 quintaux en 1983 à 78 150 quintaux en 1990, à 51 000 quintaux en 2010.

A noter que ce niveau de production est lié au mode d'organisation de la récolte qui ne semble pas correspondante aux règles optimales d'exploitation (TAHAR, 2012).

Chapitre II :

Matériels & Méthodes

1- Présentation du milieu d'étude :

Notre travail a été réalisé sur les trois stations forestières suivantes : la forêt nationale Fedj Macta, la forêt domaniale Fedj Macta et la forêt Rezgoune à Souk Ahras.

1.1- Situation géographique de la wilaya de Souk Ahras :

La wilaya de Souk Ahras est située au Nord-Est de l'Algérie, elle s'étend sur une superficie de 4600 km². Elle est frontrière avec :

- La wilaya d'EL TARF au Nord
- La wilaya de GUELMA au Nord-Ouest
- La wilaya d'OUM EL BOUAGHI au Sud-Ouest
- La wilaya de TEBESSA au Sud
- La frontière tunisienne à l'Est et au Nord-Est

Les coordonnées de la région sont :

- Longitude 7°57'4" Est
- Latitude 36°17'11" Nord



Source : ZOUAIDIA (2006) in SAIGHI (2012).

Figure 10 : Carte de couverture forestière de la wilaya de Souk Ahras.

2- Etude climatique

2.1- La température :

Les températures constituent l'un des éléments majeurs conditionnant le climat d'une région. Elles permettent de déterminer l'évapotranspiration et le déficit d'écoulement, interviennent aussi dans le développement du rythme biologique des végétaux et facilitent l'établissement du bilan hydrique (DAVIDE, 1956 in SAIGHI, 2013).

Les données sur les températures permettent de dégager certaines caractéristiques climatologiques de la région, notamment :

- La division de l'année en saisons thermiques distinctes.
- Le seuil des températures minimales et maximales influençant directement les besoins en eau de la région surtout en période sèche et humide.

Tableau 11 : Températures moyennes mensuelles (°C), enregistrées à Souk Ahras sur une période d'observation de dix ans (2009 à 2018).

Année	Jan	Fev	Mar	avr	mai	jui	juil	aout	sep	Oct	Nov	dec	Moyenne annuelle
2009	7,7	6,7	10,1	11,2	18,1	22,5	27,8	26,5	21,1	17,6	13,5	10,7	16,2
2010	8,3	10	11,3	14,2	15,5	21	26,1	26,1	21,2	17,5	12,7	9,6	16,13
2011	9,1	7,3	9,6	14,7	16,4	20,5	25,8	26,1	22,9	16,5	12,8	8,7	15,87
2012	7	4,5	10,8	13,4	17,5	25,3	26,7	29,2	22,8	18,8	14,1	9,7	16,65
2013	7,5	6,3	11,6	14,6	15,8	20,1	25,6	24,8	22,5	21,9	12,1	8,8	15,97
2014	8,9	8,9	8,6	14,4	16,7	22,2	25,2	26,6	24,6	20,1	14,9	8,1	16,6
2015	7,5	5,8	10,4	14,5	18,8	21,7	26,7	26,5	22,3	18	21,1	10,4	16,98
2016	9,9	10,1	10,2	15,2	17,1	22,1	25,3	24,4	21	19,9	13,3	10	16,54
2017	5,5	9,8	11,9	13,3	18,9	24,5	27,4	28,2	21,9	16,5	11,3	7	18,48
2018	9,5	6,9	11,1	14,5	16,3	21,1	28,4	24	23,5	16,9	12,4	10	16,22
Moyenne mensuelle	8,09	7,63	10,56	14	17,11	22,1	26,5	26,24	22,38	18,37	13,82	9,3	16,56 16.34

Il ressort du tableau précédent que :

* La température moyenne mensuelle minimale est au mois de février, elle est de l'ordre de **7,63°C**

* Les températures moyennes mensuelles maximales sont enregistrées au mois de Juillet et Août avec des valeurs respectives de **26.5°C** et **26,24°C**.

* La température moyenne mensuelle est égale à **16,56°C**.

2.2- Les Précipitations :

La pluie est un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et influence directement le régime des cours d'eau, ainsi que celui des nappes aquifères. (DAVIDE, 1956 in SAIGHI, 2013). Des mesures pluviométriques mensuelles de la période (2009-2018), ont été prises d'après la station Météorologique de Souk-Ahras, et elles sont représentées dans le tableau 12 :

Tableau 12 : Précipitations moyennes mensuelles (mm) enregistrées à Souk Ahras sur une période d'observation allant de 2009 à 2018.

Année	Jan	fev	Mar	avr	mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	nov	Dec	Moyenne annuelle
2009	182	150	92	219	87	00	4	31	108	64	48,5	108	1093,5
2010	513	46	64	64	82	35	0,1	3	29	57	159	66	1190,1
2011	72	233	64	109	145	16	4	3	15	124	47	197	1329
2012	119	167	144	109	10	50	1	10	55	15	110	85	875
2013	125	130	150	95	60	50	10	39	11	35	263	52	1020
2014	129	120	203	26	54	20	15	5	39	6	37	305	959
2015	245	292	89	5	83	2	1	35	42	91	139	3	1027
2016	69	38	164	76	72	10	2	2	43	18	55	34	583
2017	146	81	23	52	6	42	1	35	18	44	184	96	728
2018	32	92	104	51	96	55	9	47	14,5	141	58	84	784,3
Moyenne mensuelle	163,2	134,9	109,7	80,6	69,5	28	4,71	21	37,45	59,5	110,05	103	958,89 76.80

Le tableau sus cité montre que les précipitations sont réparties sur l'ensemble de l'année avec une moyenne annuelle de l'ordre de **958,89 mm**.

- la précipitation maximale moyenne mensuelle est enregistrée au mois de janvier (**163,2 mm**).

- la précipitation minimale moyenne mensuelle est enregistrée au mois de Juillet (**4,71 mm**).

2.3- Synthèse bioclimatique :

Pour classer notre zone d'étude dans le contexte climatique global, il est indispensable de calculer l'indice climatique de notre région.

Tableau 13 : Températures moyennes mensuelles (°C) ; Précipitations mensuelles (mm) de la région de Souk Ahras. (Période de 2009 à 2018).

Année	Jan	fev	Mar	avr	mai	Jui	Juil	aout	sep	Oct	Nov	Dec
T (°C)	8,09	7,63	10,56	14	17,11	22,1	26,5	26,24	22,38	18,37	13,8	9,3
P (mm)	163,2	134,9	109,7	80,6	69,5	28	4,71	21	37,45	59,5	110,05	103

Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN, exprimé en courbes juxtaposées, met en relation les précipitations et la température : $P = 2T$.

A partir des données des précipitations mensuelles moyennes (P) et des températures (T), durant la période de (2009-2018) ; nous avons réalisé le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN et qui nous ont permis de distinguer :

Une saison sèche qui s'étend du mois de Juin au mois de Septembre ;

Une saison humide qui s'étend du mois d'Octobre au mois d'Avril.

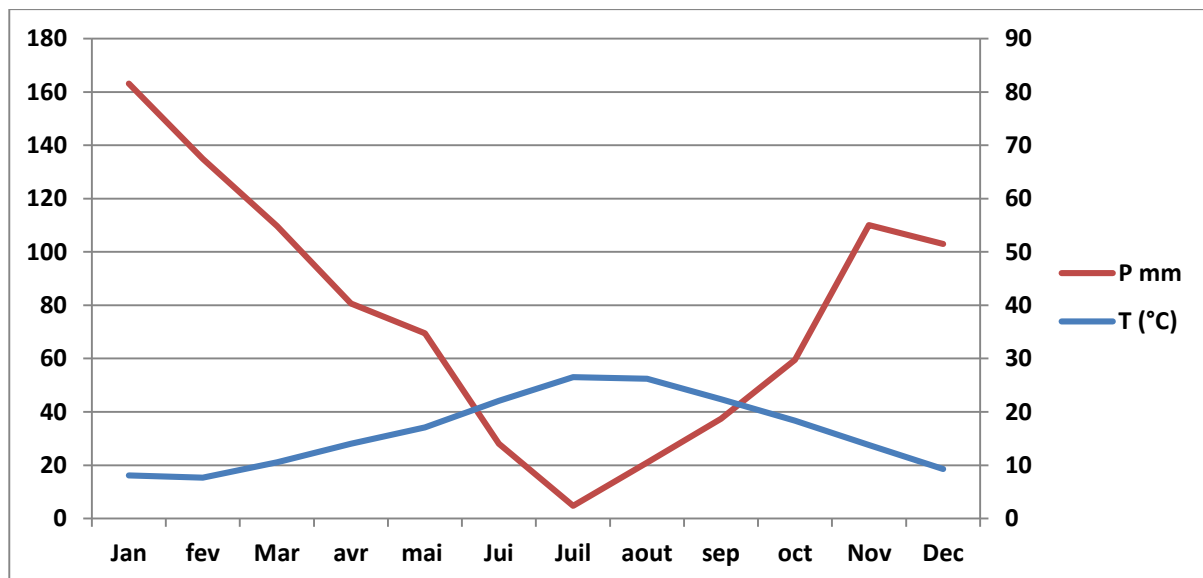


Figure 11 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Souk Ahras. (2009-2018).

Pour le bassin méditerranéen, à partir d'un coefficient pluviothermique d'EMBERGER (indice d'aridité perfectionné par la prise en compte de l'amplitude thermique annuelle), EMBERGER a classé toutes les situations météorologiques suivant deux coordonnées : d'une part les valeurs de ce coefficient et d'autre part la moyenne des températures du mois le plus froid.

EMBERGER a réalisé un climagramme où l'on trouve l'ensemble de ces étages associés chacun à la température moyenne minimale du mois le plus froid et le coefficient pluviothermique correspondant. Ce climagramme permet de caractériser le climat d'une région et le classer dans un étage bioclimatique.

Calcul du quotient pluviothermique d'EMBERGER :

Le calcul du quotient pluviothermique « Q_2 » d'Emberger nous permet de déterminer l'étage bioclimatique de la région ; ce dernier est déterminé par la combinaison des 3 principaux facteurs du climat :

P : Précipitations annuelles en mm ;

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud ;

m : moyenne des minima du mois le plus froid.

M et **m** : sont exprimées en degrés absolus ($t^{\circ} K = t^{\circ} C + 273$).

La formule utilisée pour le calcul est la suivante :

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

Le tableau 14 présente la répartition des températures mensuelles moyennes :

Tableau 14 : Répartition des températures mensuelles moyennes (°C).

MOIS T °C	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Tm	-0,95	-0,72	0,53	2,98	5,74	10,51	13,66	14	10,89	7,26	3,49	0,69	5,67
TM	19,02	21,25	23,57	27,41	32,48	37,4	40,67	39,58	36,63	31,38	25,08	20,75	29,60

$$Q_2 = 78.67$$

Les résultats sont représentés dans le tableau 15 :

Tableau15 : Données du quotient pluviométrique d’EMBERGER.

La région	M (°K)	m (°K)	P (mm)	Q ₂	M (°C)	m (°C)	Période
Souk Ahras	313.67	272.05	958.89	78.67	40.67	-0.95	2009-2018

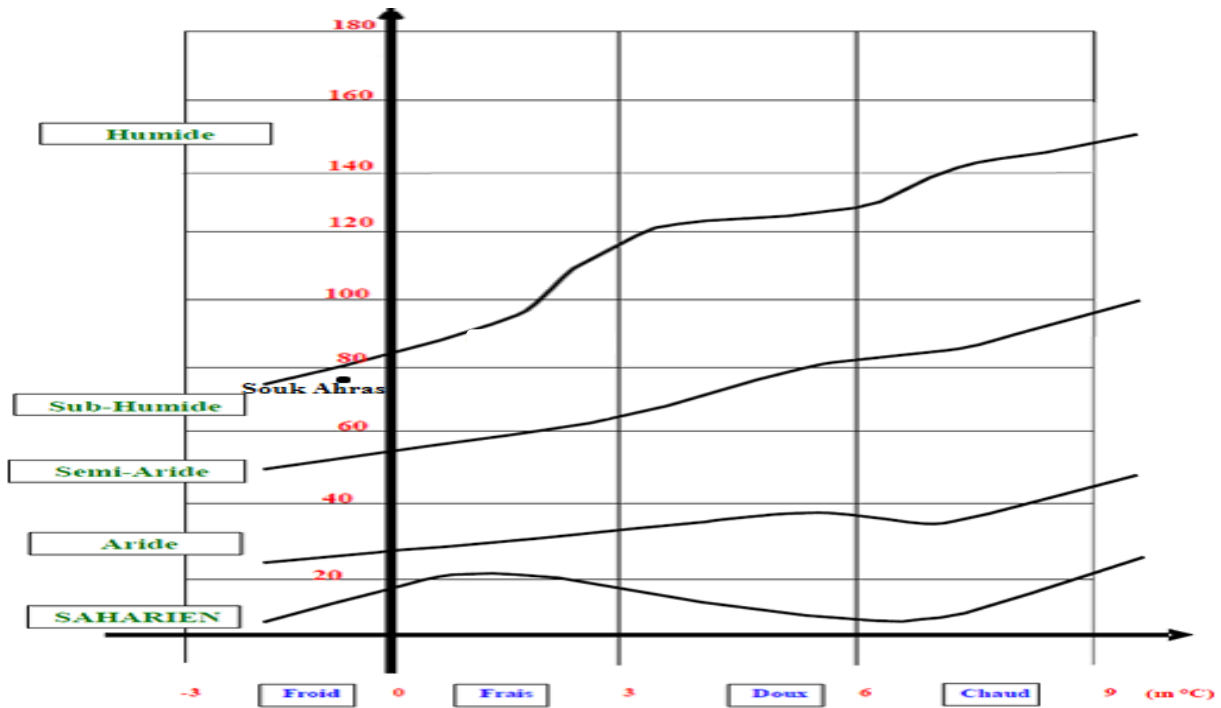


Figure 12 : Situation de la station d’étude dans le climagramme d’EMBERGER (1955).



Figure 13 : Carte des stations étudiées.

Tableau 16 : Caractéristiques des stations

Stations	Forêt domaniale Fedj Macta (FDFM)	Forêt Nationale Fedj Macta (FNFM)	REZGOUNE
Forêt	FD FEDJ MACTA	FN FEDJ MACTA	FD REZGOUNE
Année d'Exploitation	2017	2017	2017
Altitude	925m	865m	895m
Exposition	TOUTE EXPOSITIONS	TOUTE EXPOSITIONS	TOUTE EXPOSITIONS
Nature du peuplement	CHENE LIEGE + CHENE ZEN	CHENE LIEGE + CHENE ZEN	CHENE LIEGE + CHENE ZEN
Age du peuplement	130	121	127
Nombre d'exploitation	NEUF(9) ROTATION à 2017	NEUF(9) ROTATION à 2017	NEUF(9) ROTATION à 2017
pen- te moyenne	RELIEF ACCIDENTE 22 % à 39 % MOY	RELIEF ACCIDENTE 17 % à 35 % MOY	RELIEF ACCIDENTE 25 % à 40 % MOY
Substrat géologique	Grès Numédien	Grès Numédien	Grès Numédien
Sols	complexe argilo- siliceux friable	complexe argilo- siliceux friable	complexe argilo- siliceux friable
Pluviométrie annuelle	750 mm à 900 mm	750 mm à 900 mm	750 mm à 900 mm
TP moyenne	été 35°C Hiver 5°C	été 35°C Hiver 5°C	été 35°C Hiver 5°C

3- Méthode d'échantillonnage :

Après le déliègeage des arbres au niveau des trois stations, le liège de reproduction récupéré a été mis dans des dépôts sur un ou plusieurs lots. Pour notre échantillonnage nous avons choisi la méthode d'échantillonnage stratifié systématique et nous avons pris 10 planches de chaque forêt considérée comme strate, l'intervalle de prélèvement change d'une strate à une autre. Au total 30 planches ont été considérées : 10 planches x 3 stations.



Figure 14 : Dépôt de liège de Souk Ahras.



1^{er} planche 2^{ème} planche 3^{ème} planche etc...

Figure 15 : Prélèvement des planches du liège dans les dépôts.

4- Mesure des variables :

4.1- Epaisseur du liège :

Après le bouillage durant une heure de temps et séchage du liège suivant la méthode utilisée par FERREIRA et al., (1999) et ALOUI et al., (2006).

Trois mesures d'épaisseurs sous croûte ont été mesurées, deux aux extrémités gauche et droite une au centre de la planche échantillonnée à l'aide d'un logiciel de mesure **GIMP 2** (General Image Manipulation Program), qu'on va expliquer dans les étapes suivantes.

L'épaisseur de la planche est représentée par la moyenne des trois mesures (3 répétitions x 10 arbres x 3 stations) ; au total 90 mesures ont été effectuées pour notre étude.

4.2- Porosité :

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

Suivant la méthode développée par FERREIRA et al. (1999) la porosité est étudiée par analyse d'image scannée sur les deux sections, puis on a mesuré à l'aide d'un logiciel **GIMP 2**, le nombre de pores et leurs diamètres horizontal et vertical sur les trois éprouvettes.

4.3-Densité du liège (D_{stl}) :

Au laboratoire nous avons effectué un prélèvement de trois lamelles de (1cm x 1.5 cm x 1.5 cm), une à l'extrémité droite, une à l'extrémité gauche et la troisième au milieu, de chaque éprouvette de (10 cm x 1.5 cm).

Pour déterminer la densité du liège de chaque arbre ; trois (03) mesures sont effectuées pour chaque éprouvette. La moyenne des trois éprouvettes représente la densité de la planche. Au total 90 mesures (3 mesures x 10 arbres x 3 stations) ont été effectuées.

Ainsi, la densité est estimée comme suit :

$$D_{stl} = M_h(g) / V_h (cm^3)$$

Avec :

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

V_h: volume du liège à la même humidité h (mesuré à l'aide d'un pied à coulisse).

h : Humidité du milieu.

5- Méthode de mesure :

A l'aide d'un outil de mesure et de grossissement, nous avons déterminé pour chaque échantillon les caractères suivants :

- **Nombre de pores (Nbp)**

C'est le nombre total de pores observés sur chaque éprouvette de 10 cm de longueur et 1.5 cm d'épaisseur.

- **Superficie moyenne des pores (Smp) en (mm²)**

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

$$S = \pi D_2 / 4 \text{ avec } D = (d_1 + d_2) / 2$$

d_1 et d_2 étant les deux diamètres perpendiculaires de chaque pore mesuré à l'aide d'un logiciel **GIMP 2**.

- **Nombre de lenticelles (NbL)**

C'est le nombre total des lenticelles observées sur une longueur de 10 cm. La moyenne des trois éprouvettes représente la moyenne de l'arbre.

- **Surface moyenne des lenticelles (Sml)**

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

$$Sml = DI \times L$$

Avec :

Sml : Surface moyenne d'une lenticelle (mm²).

DI : Diamètre d'une lenticelle (mm).

L : La longueur d'une lenticelle (mm)

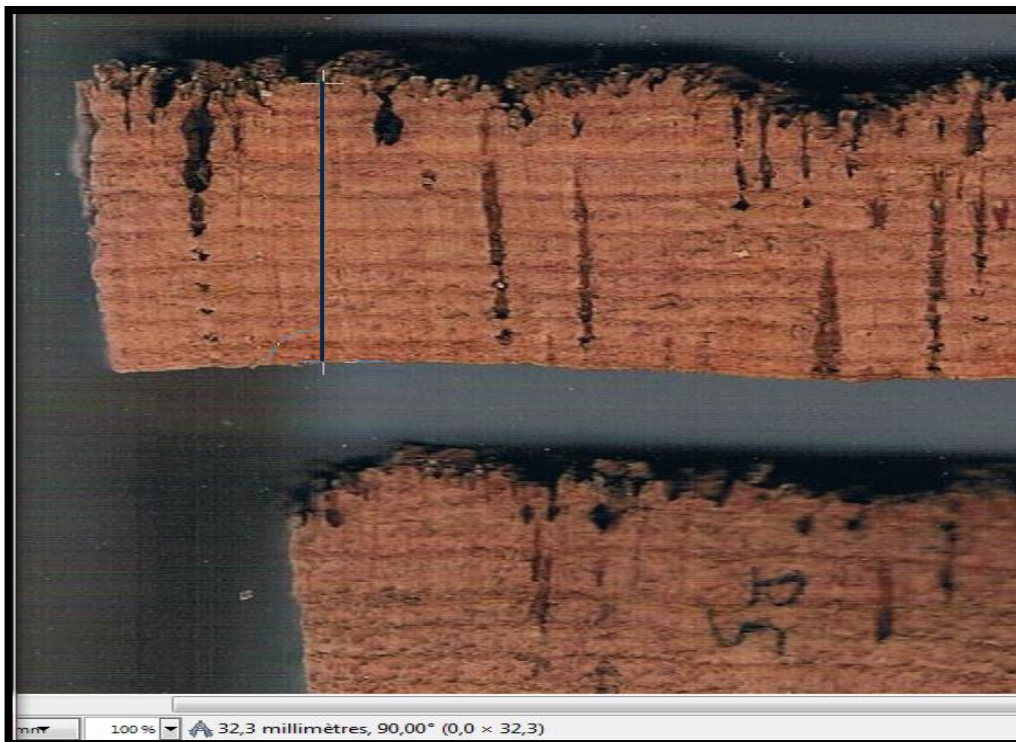
- **Coefficient de porosité (Cp) en (%)**

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



Source : Originelle

Figure 16 : Les éprouvettes utilisées pour les mesures de l'épaisseur sous croute du liège.



Source : Originelle

Figure 17 : Mesure de l'épaisseur sous croute du liège à l'aide d'un logiciel GIMP 2



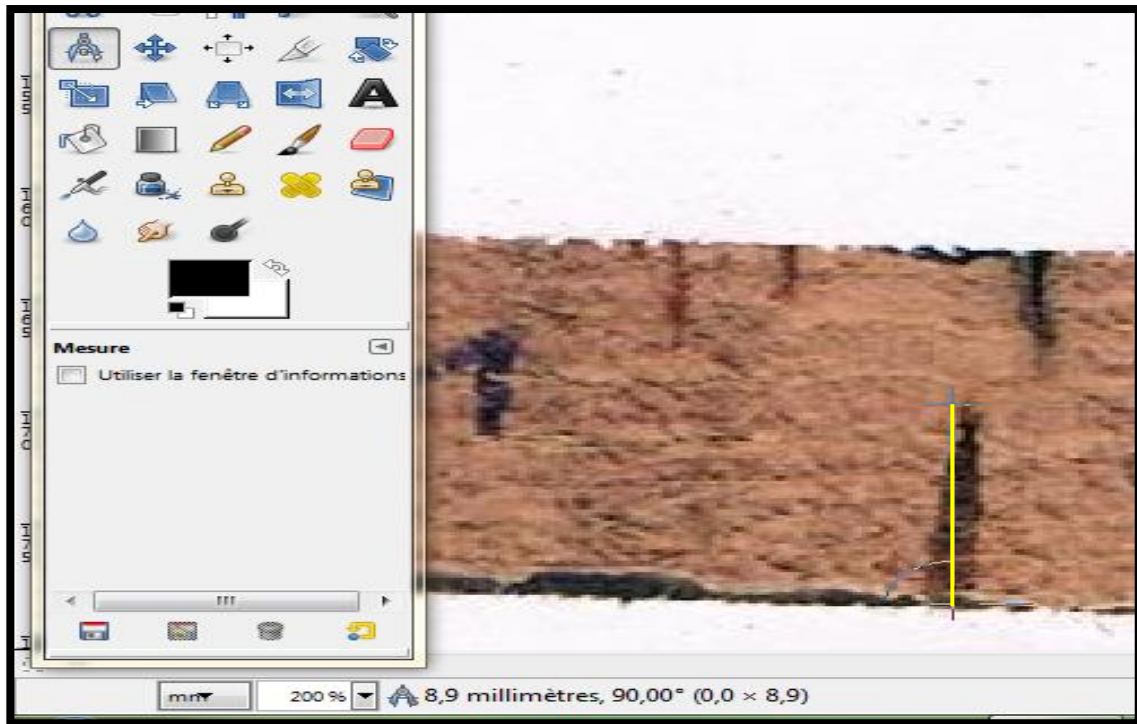
Source : Originelle

Figure 18 : Les éprouvettes utilisées pour la mesure de la porosité.



Source : Originelle

Figure 19 : Les mesures des diamètres (d1 et d2) des pores par le GIMP 2.



Source : Originelle

Figure 20 : La mesure de la longueur des lenticelles par le GIMP 2.



Source : Originelle

Figure 21 : Les éprouvettes utilisées pour les mesures de la densité (à gauche) et la balance de mesure de la masse des éprouvettes (à droite).



Étape 1



Étape2



Étape 3



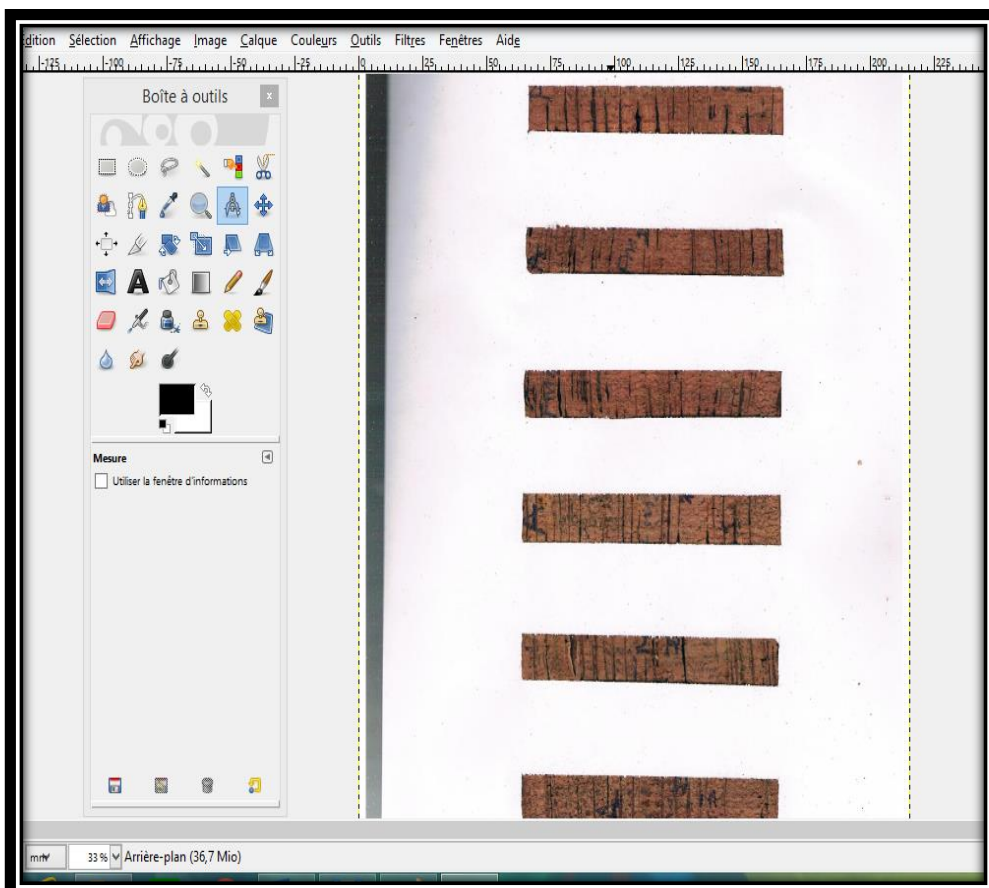
Étape 4



Étape 5



Étape 6



Étape 7

Source: Originelle

Figure 22 : Les différentes étapes suivies lors de la réalisation de nos éprouvettes pour les différentes mesures effectuées.

6- 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%**) et histogrammes.

Le Stat box 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 stationnelle de la qualité du liège.

6.1- Variation intra et interstationnelle :

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 normale set de même variances, résultant d'échantillons aléatoires (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 SNEDECOR au seuil $\alpha = 5\%$,1% et 1‰ (DAGNELIE ,1975).

6.2- 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 mesurées et de mettre en évidence d'une manière synthétique, les affinités et l'impact des différentes variables écologiques sur la qualité du liège.

A l'aide du logiciel **STAT-BOX**, on a réalisé une **ACP** basée sur les moyennes des variables suivantes :

Ep.	Epaisseur du liège.
Nbp.	Nombre de pores.
Smp.	Superficie moyenne des pores.
CPh.	Coefficient de porosité des faces horizontales.
Sml.	Surface moyenne des lenticelles.
CPt.	Coefficient de porosité des faces tangentielles.
Nbl.	Nombre des lenticelles.
Alt.	Altitude.
Agel.	Age du liège.
Dstl.	Densité du liège.
Age peup	Age du peuplement

Des coefficients de corrélation ont été calculés pour dégager les liaisons entre les variables expliquées (Ep, Nbp, Smp, CPh, Sml, CPT, Dml, Nbl et Dstl) et les variables explicatives (Alt, Agel, et Age peup).

Cependant, une matrice de corrélation est ressortie dans l'**ACP** et elle nous renseigne sur les coefficients de corrélation 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** » et calculé par la formule suivante :

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

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}** estimée comme suit :

Formule :

$$\chi = \frac{|r|\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{t_{obs}^2}{t_{obs}^2 + n - 2}}$$

Avec :

- **r** : coefficient de corrélation
- **n** : nombre d'observations.
- **t_{obs}** : doit être comparé à **t_{théo}** lu sur la table de distribution de Student.

Il y a corrélation lorsque le **C_{obs}** est supérieure à **C_{théo}** pour un niveau de signification **α** et un degré de liberté **n-2**. 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 & interprétations

1- Présentation des résultats :

Les tableaux 17, 18, 19, 20, 21, 22 et les figures 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 synthétisent les résultats de l'analyse descriptive de l'épaisseur, la porosité (le nombre et la superficie moyenne des pores, coefficient de porosité des faces horizontales, le nombre et la superficie moyenne des lenticelles et le coefficient de porosité des faces tangentielles) et la densité du liège pour les trois stations (FD Fedj Macta, FN Fedj Macta et Rezgoune).

1.1- Epaisseur du liège (EPAIS) :

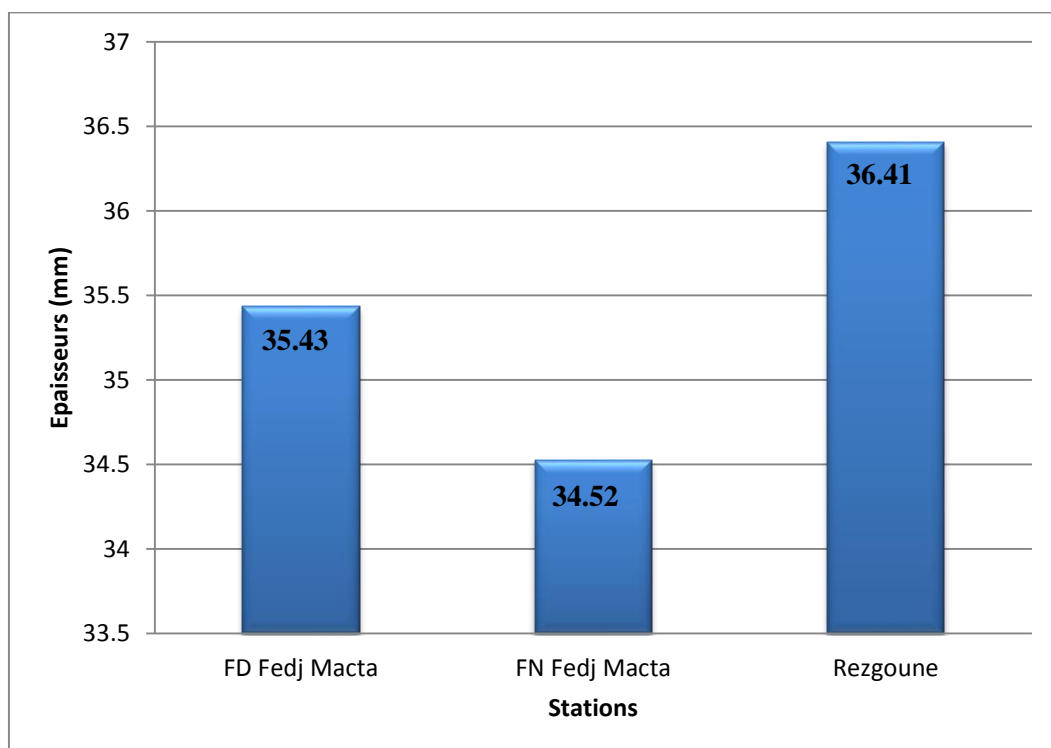


Figure 23 : distribution des épaisseurs du liège des trois stations

Les résultats de la variable épaisseur obtenus varient entre 34,52 mm, valeur minimale enregistrée au niveau de la station FN Fedj Macta et 36,41 mm valeur maximale enregistrée au niveau de la station Rezgoune (figure 23). La moyenne générale pour les trois stations est de 35,45 mm.

Le tableau 17 et la figure 24 montrent la distribution par classe d'épaisseur du liège récolté dans les trois stations étudiées :

Tableau 17 : distribution des échantillons du liège par classe commerciale d'épaisseur

Station Classe	Forêt domaniale Fedj Mecta	Fôrêt nationale Fedj Mecta	Rezgoune	Moyenne par classe	Moyenne générale
<22	7 %	0 %	0 %	2 %	12 %
[22-27]	13 %	6 %	10 %	10 %	
] 27-32]	0 %	17 %	17 %	11 %	88 %
] 32-40]	50 %	60 %	46 %	52 %	
>40	30 %	17 %	27 %	25 %	

D'après le tableau 17 et la figure 23 la distribution par classe d'épaisseur du liège récolté dans les trois stations FD Fedj Macta, FN Fedj Macta et Rezgoune montre que 88 % des planches présentent une épaisseur supérieure à 27 mm donc sont destinées à la fabrication des bouchons, et les 12 % de planches restantes doivent être orientées vers la production de disques pour bouchons et autres utilisations.

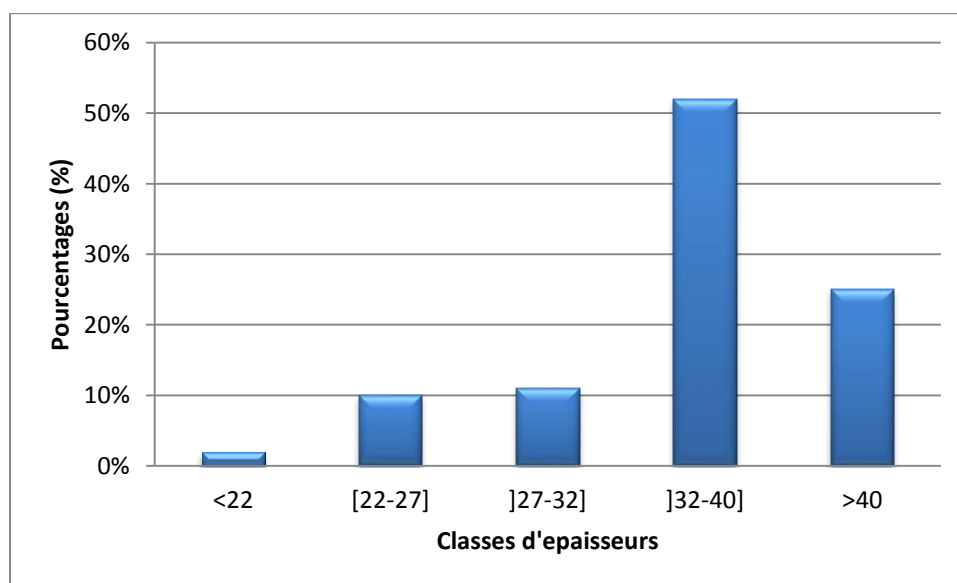


Figure 24 : Distribution des planches de liège par classes commerciales d'épaisseur

1.2-Porosité du liège :

La détermination de la qualité du liège est basée essentiellement sur la porosité qui est définie par le nombre et la superficie des pores.

1.2.1- nombre de pores :

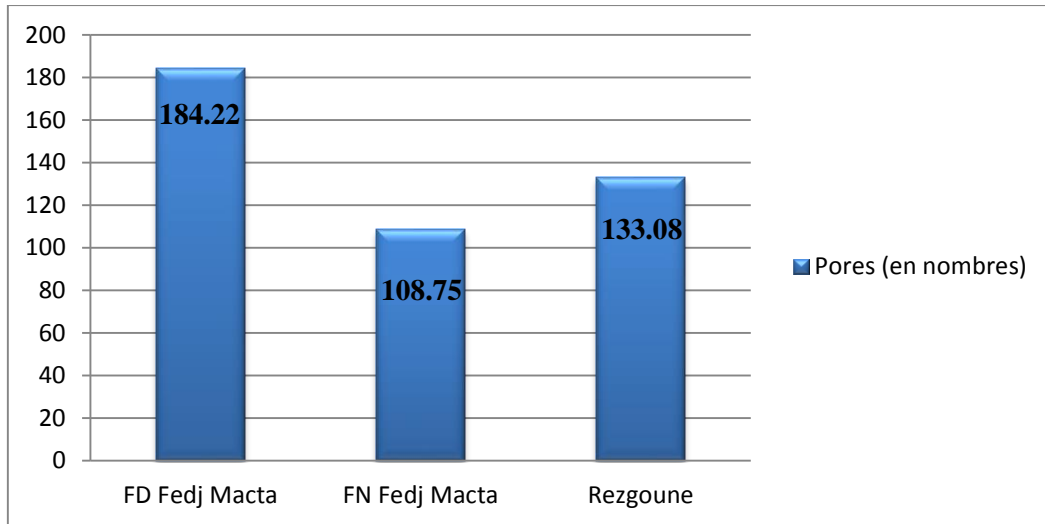


Figure 25 : Distribution de nombre de pores

Le nombre de pores moyen du liège obtenu varie de 108.75 (valeur minimale enregistrée au niveau de la station FN Fedj Macta) à 184.22 pores (Valeur maximale enregistrée au niveau de la station FD Fedj Macta) (figure 25). La moyenne globale est de 142,02 pores.

1.2.2- La superficie moyenne des pores :

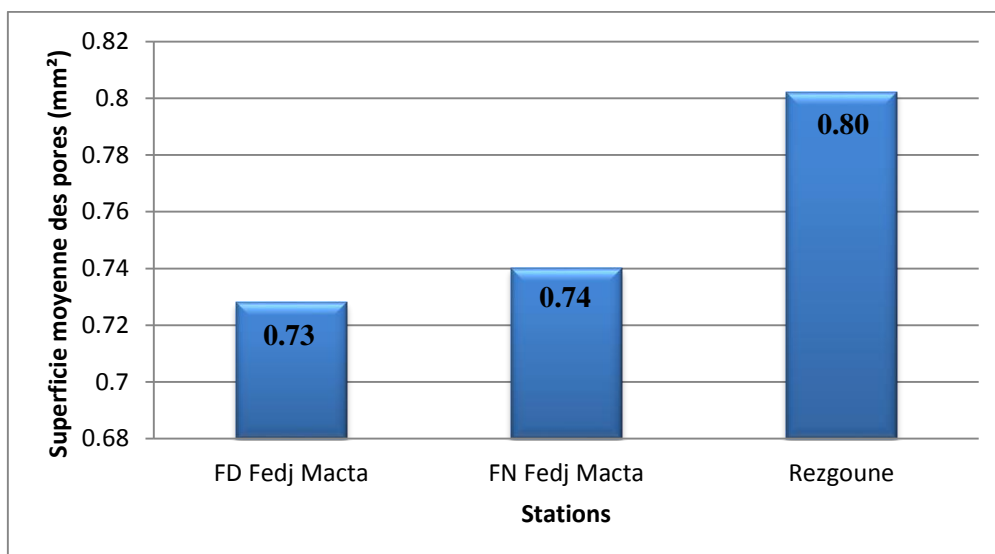


Figure 26 : Distribution de la superficie moyenne des pores

La superficie moyenne des pores varie d'une valeur minimale de 0.73 mm² enregistrée au niveau de la station FD Fedj Macta et une valeur maximale de 0.80 mm² enregistrée au niveau de la station Rezgoune (figure 26). La moyenne globale de la superficie des pores est de 0.76 mm².

La distribution de la superficie des pores du liège étudié par classes de dimension selon FERREIRA *et al.* (1999), donne trois classes de dimension (Tableau 18), inférieure à 1 mm², [1 - 2] mm² et supérieure à 2 mm² représentant respectivement les pores de petites, moyennes et grandes superficies.

La distribution des pores par classe de dimensions des trois stations étudiées selon la classification de FERREIRA *et al.* (1999) est représentée dans le tableau ci- dessous.

Tableau 18 : Distribution des pores et de la porosité par classes de dimension

Stations	Classes de superficie des pores	Moyenne des pores par classes de superficies (mm ²).	Pourcentage des pores par classes de superficies (%)	Pourcentage de la porosité représentée pour chaque classe de superficies (%).
Forêt domaniale Fedj Macta	<1mm ²	0.31	80.33	35.06
	[1-2]	1.37	11.72	22.57
	>2mm ²	3.79	7.94	42.38
Forêt nationale Fedj Macta	<1mm ²	0.29	81.72	34.96
	[1-2]	1.38	10.38	21.14
	>2mm ²	3.77	7.90	43.90
Rezgoune	<1mm ²	0.29	80.28	32.70
	[1-2]	1.38	11.09	21.49
	>2mm ²	3.79	8.63	45.81
Région	<1mm ²	0.30	80.78	34.24
	[1-2]	1.37	11.06	21.73
	>2mm ²	3.78	8.16	44.03

Après l'analyse du tableau 18, nous remarquons que :

- La station FD Fedj Macta présente 80.33 % des pores de petites superficies, avec une dimension moyenne de 0.31 mm² et représentant 35.06 % de la porosité totale ; 11.72% des pores de moyennes superficies, avec une dimension moyenne de 1.37 mm² représentant 22.57 % de la porosité totale et 7.94 % des pores de grandes superficies, avec une dimension de 3.79 mm² et représentant 42.38 % de la porosité totale.

- La majorité des pores de la station FN Fedj Macta sont de petites dimensions soit 81,72%, avec une superficie moyenne de 0.29 mm² représentant 34.96 % de la porosité totale, 10.38 % des pores sont de moyennes dimensions, avec une superficie moyenne de 1.38 mm² représentant 21.14 % de la porosité totale et 7.90 % des pores sont de grandes dimensions, avec une superficie moyenne de 3.77 mm² ce qui représentent 43.90 % de la porosité totale.
- 80.28 % des pores de la station Rezgoune sont de petites dimensions avec une superficie moyenne de 0.29 mm² qui représentent 32.70 % de la porosité totale ; 11.09 % des pores sont de moyennes dimensions, avec une superficie moyenne de 1.38 mm² qui représentent 21.49 % de la porosité totale et 8.63 % des pores sont de grandes dimensions, avec une superficie moyenne de 3.79 mm² qui représentent 45.81 % de la porosité totale.

Globalement, 80.78 % des pores du liège de la région étudiée présentent de petites dimensions avec une superficie moyenne de 0.30 mm² qui représentent 34.24 % de la porosité totale, 11.06 % des pores sont de moyenne dimension avec une superficie moyenne de 1.37 mm² qui représentent 21.73 % de la porosité totale et seulement 8.16 % des pores présentent de grandes dimensions avec une superficie moyenne de 3.78 mm² qui représentent 44.03 % de la porosité totale.

1.2.3- Coefficient de porosité des faces horizontales :

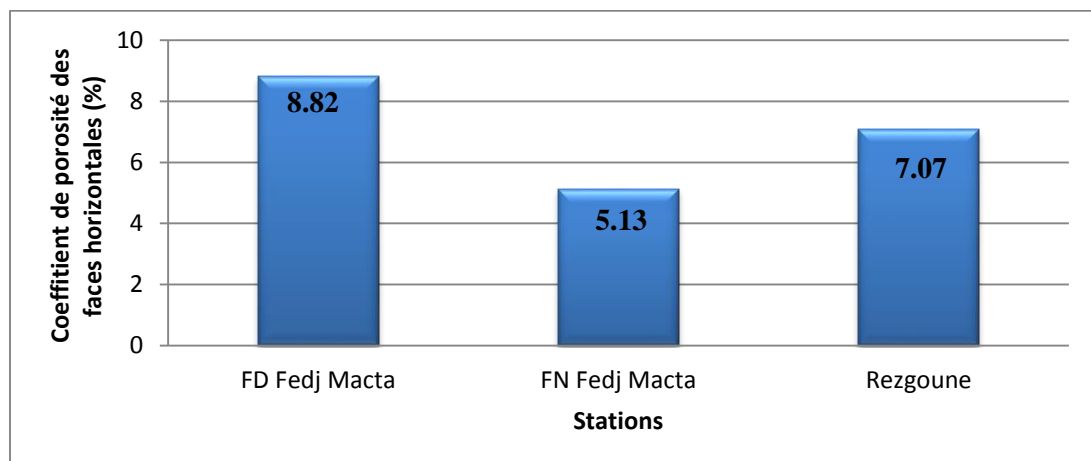


Figure 27 : Distribution du Coefficient de porosité des faces horizontales des trois stations

Le Coefficient de porosité calculé pour les faces horizontales des éprouvettes varie d'une valeur minimale de 5.13 % enregistrée au niveau de la station FN Fedj Macta à une valeur

maximale de 8.82 % enregistrée au niveau de la station FD Fedj Macta, tandis que la station Rezgoune présente une moyenne de 7.07 % (figure 27). La moyenne générale de la variable est de 7 %.

1.2.4- Nombre de lenticelles :

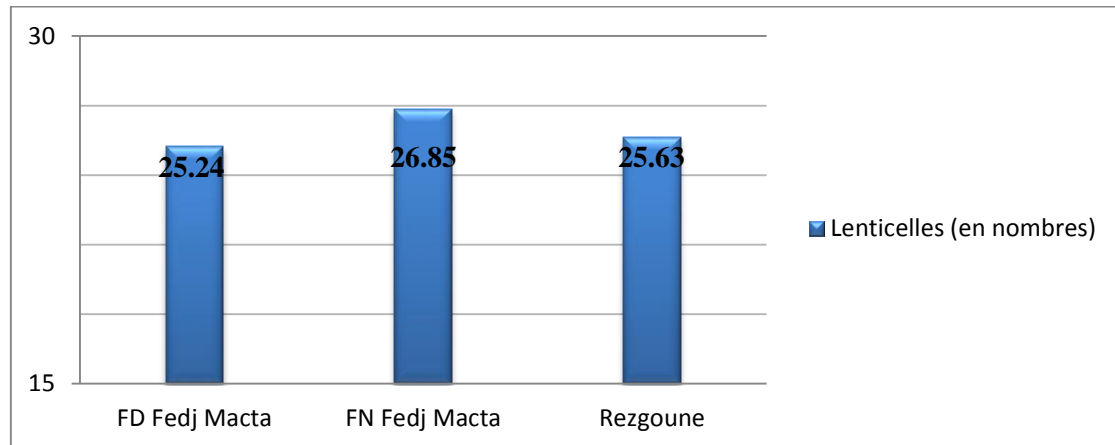


Figure 28 : la distribution des lenticelles dans les trois stations

Les résultats obtenus pour le nombre de lenticelles varient de 25.24 (valeur minimale enregistrée au niveau de la station FD Fedj Macta) à 26.85 (valeur maximale enregistrée au niveau de la station FN Fedj Macta) (figure 28). La moyenne globale pour l'ensemble des stations est de 25.91.

1.2.5- Superficie moyenne des lenticelles :

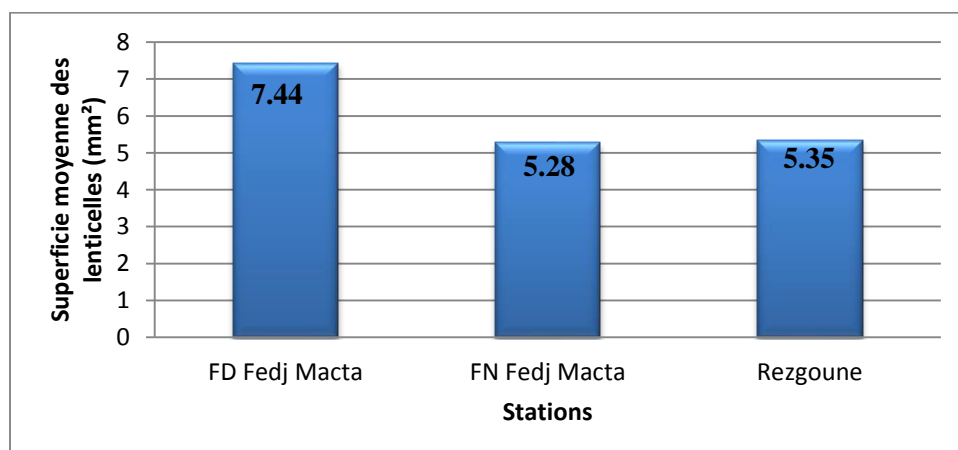


Figure 29 : Distribution des superficies moyennes des lenticelles des trois stations

Les superficies moyennes des lenticelles varient d'une valeur minimale de 5.28 mm² enregistrée au niveau de la station FN Fedj Macta à une valeur maximale de 7.44 mm²

enregistrée au niveau de la station FD Fedj Macta (figure 29). La moyenne générale de la variable est de 6.02 mm².

1.2.6- Coefficient de porosité des faces tangentielles :

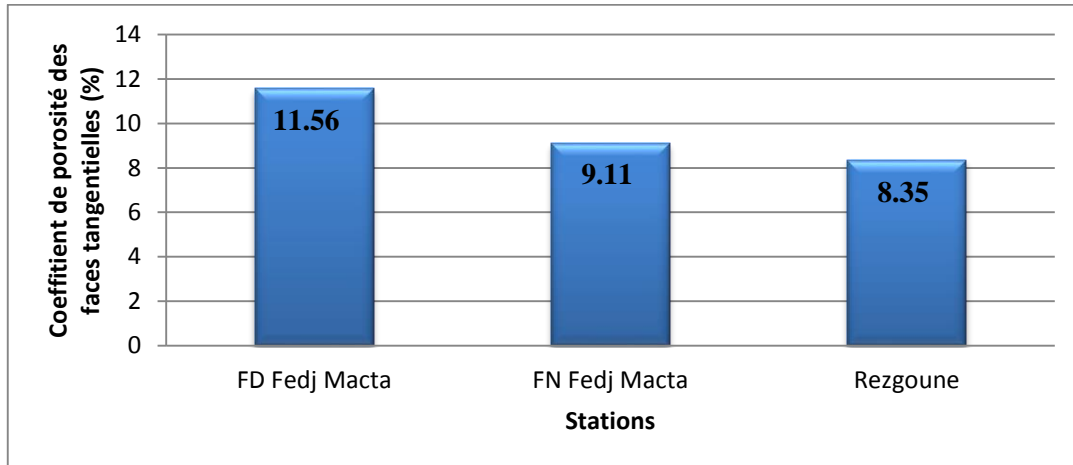


Figure 30 : Distribution du Coefficient de porosité des faces tangentielles des trois stations

Le Coefficient de porosité calculé pour les faces tangentielles des éprouvettes varie d'une valeur minimale de 8.35 % enregistrée au niveau de la station Rezgoune à une valeur maximale de 11.56 % enregistrée au niveau de la station FD Fedj Macta, tandis que la station FN Fedj Macta présente une moyenne de 9.11 % (figure 30). La moyenne générale de la variable est de 9.67 %.

1.3- Densité du liège :

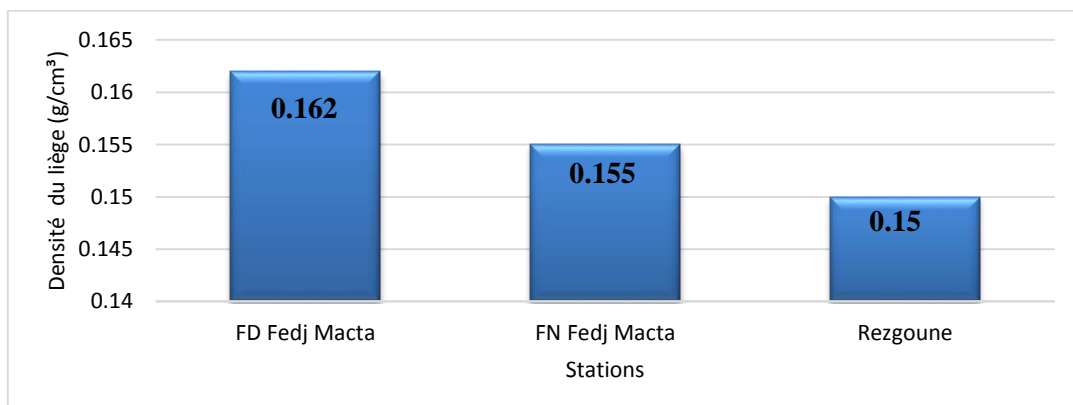


Figure 31 : Distribution de la densité du liège des trois stations

Nous constatons que les moyennes de densité du liège obtenues varient de 0.15 g/cm³ (Rezgoune) à 0.162 g/cm³ (FD Fedj Macta) (figure 31). La densité moyenne du liège des trois stations étudiées oscille autour d'une densité moyenne globale de 0.156 g/cm³.

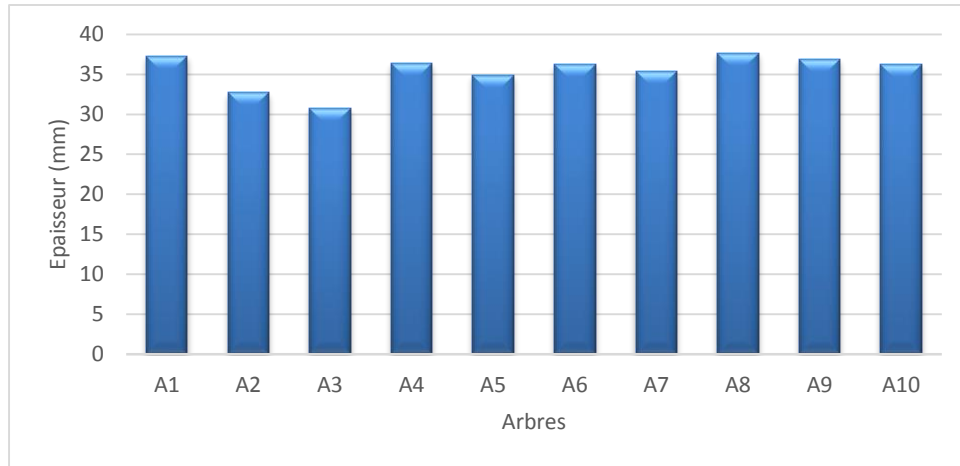


Figure 32 : distribution de l'épaisseur du liège des arbres des trois stations

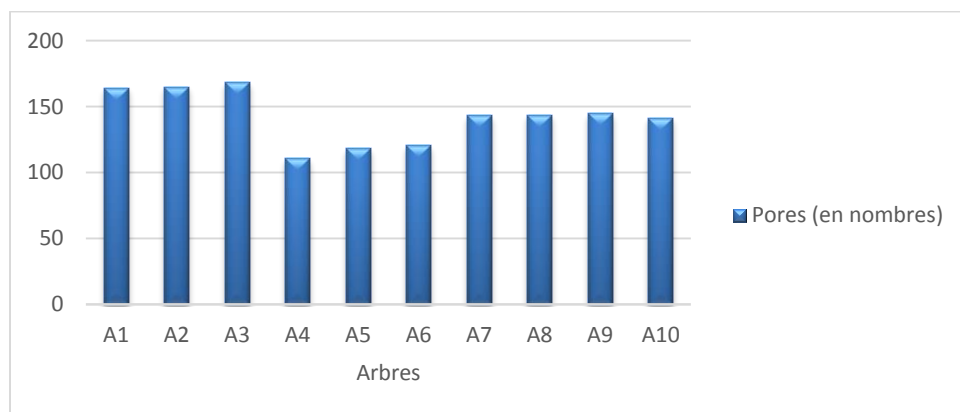


Figure 33 : distribution de nombre de pores des arbres des trois stations

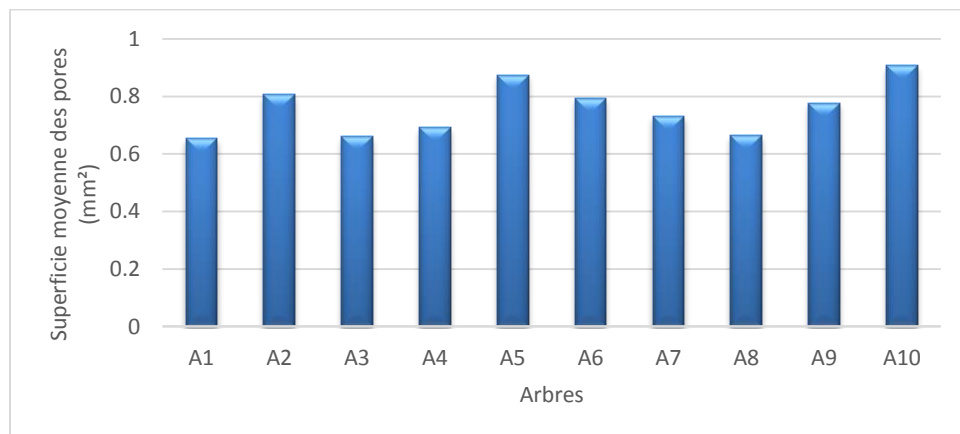


Figure 34 : distribution de la superficie moyenne des pores des arbres des trois stations

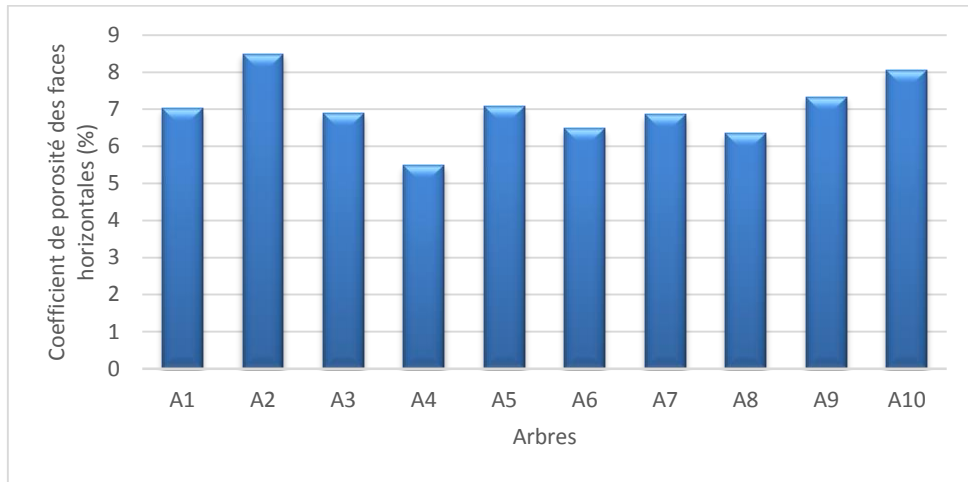


Figure 35 : distribution de coefficient de porosité des faces horizontales des arbres des trois stations

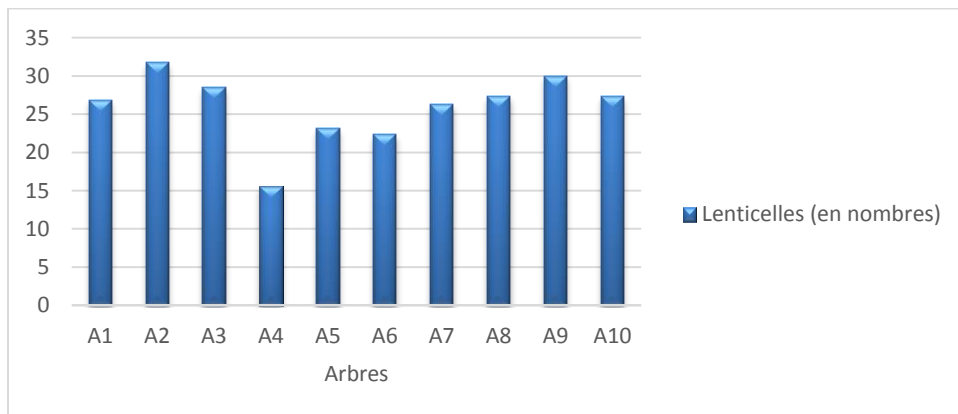


Figure 36 : distribution de nombre de lenticelles des arbres des trois stations

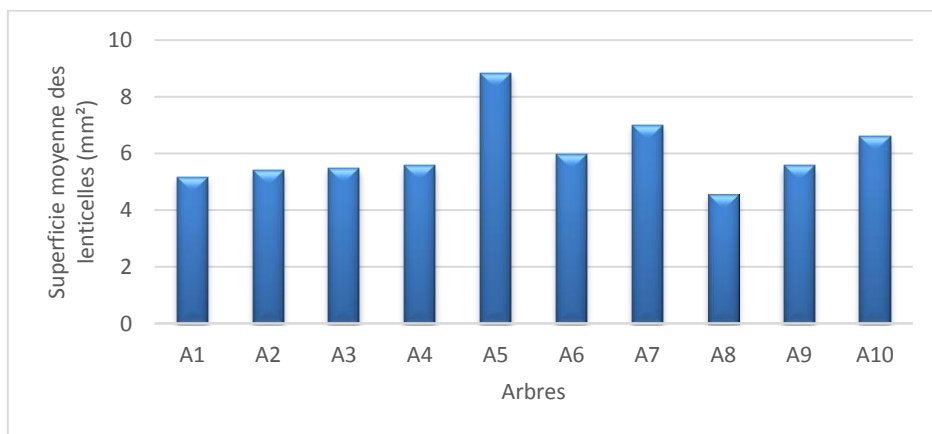


Figure 37 : distribution de la superficie moyenne des lenticelles des arbres des trois stations

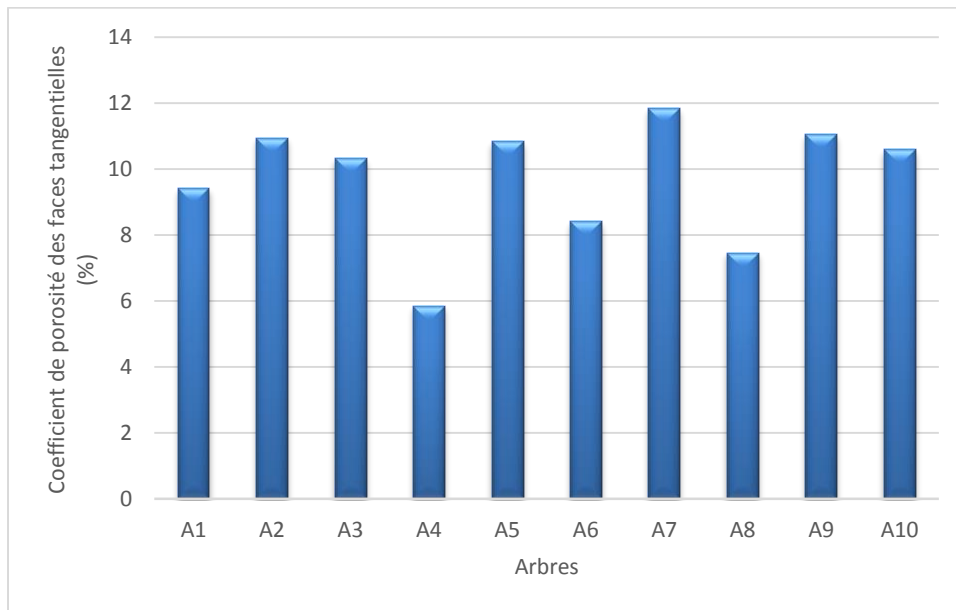


Figure 38 : distribution de coefficient de porosité des faces tangentielles des arbres des trois stations

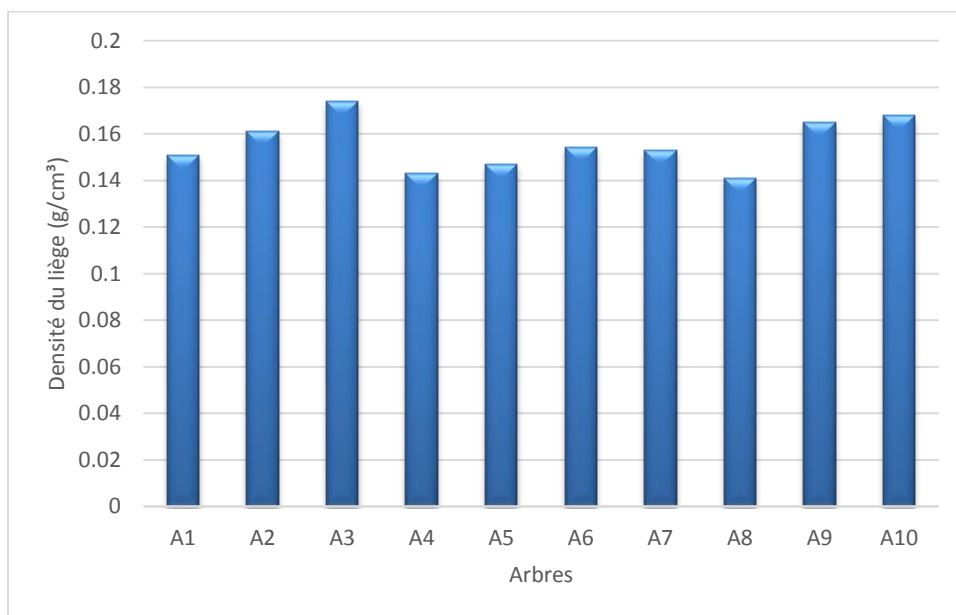


Figure 39 : Distribution de la densité du liège des arbres des trois stations

2- Comparaison des résultats entre les stations

2.1- Analyses de la variance

La comparaison des moyennes de l'épaisseur du liège, de la porosité (nombre de pores, superficie des pores, nombre de lenticelles, superficie des lenticelles et coefficient de porosité) et la densité du liège, est faite à l'aide de l'analyse de la variance à deux critères de classification et le test de **NEWMAN et KEULS**.

Tableau 19 : résultats de l'analyse de la variance et de test de NEWMAN et KEULS des variables Epaisseur, porosité et densité du liège.

Variable	Source de variation	S.C.E	D.D.L	C. M	F.obs	Prob	S	Test de Newman et keuls facteur station.
Epaisseur du liège	V. factorielle1	53,223	2	26,612	7,671	0,00119	HS	GA : Rezgoune GB : FN Fedj Macta, FD Fedj Macta
	V. factorielle2	380,237	9	42,249	12,179	0	THS	
	V. inter. F1*F2	3472,195	18	192,9	55,608	0	THS	
	V. résiduelle	208,135	60	3,469				
Nombre de pores	V. factorielle1	89033,48	2	44516,74	113,307	0	THS	GA : FD Fedj Macta GB : Rezgoune GC : FN Fedj Macta
	V. factorielle2	33611,53	9	3734,615	9,506	0	THS	
	V. inter. F1*F2	53034,56	18	2946,365	7,499	0	THS	
	V. résiduelle	23573,08	60	392,885				
Superficie moyenne des pores	V. factorielle1	0,094	2	0,047	0,998	0,37623	NS	Homogénéité entre les stations
	V. factorielle2	0,675	9	0,075	1,602	0,13478	NS	
	V. inter. F1*F2	2,379	18	0,132	2,822	0,00139	HS	
	V. résiduelle	2,81	60	0,047				
Coefficient de Porosité des faces horizontales	V. factorielle1	203,71	2	101,855	43,908	0	THS	GA : FD Fedj Macta GB : Rezgoune GC : FN Fedj Macta
	V. factorielle2	58,243	9	6,471	2,79	0,00849	HS	
	V. inter. F1*F2	156,48	18	8,693	3,748	0,00006	THS	
	V. résiduelle	139,184	60	2,32				
Nombre de lenticelles	V. factorielle1	42,24	2	21,12	1,111	0,33671	NS	Homogénéité entre les stations
	V. factorielle2	1696,474	9	188,497	9,915	0	THS	
	V. inter. F1*F2	4973,419	18	276,301	14,534	0	THS	
	V. résiduelle	1140,632	60	19,011				
Superficie moyenne des lenticelles	V. factorielle1	90,354	2	45,177	25,106	0	THS	GA : FD Fedj Macta GB : Rezgoune, FN Fedj Macta
	V. factorielle2	118,368	9	13,152	7,309	0	THS	
	V. inter. F1*F2	175,994	18	9,777	5,434	0	THS	
	V. résiduelle	107,968	60	1,799				
Coefficient de Porosité des faces tangentielles	V. factorielle1	168,626	2	84,313	13,97	0,00002	THS	GA : FD Fedj Macta GB : FN Fedj Macta, Rezgoune
	V. factorielle2	288,54	9	32,06	5,312	0,00003	THS	
	V. inter. F1*F2	407,146	18	22,619	3,748	0,00006	THS	
	V. résiduelle	362,119	60	6,035				
Densité du liège	V. factorielle1	0,002	2	0,001	3,162	0,0483	S	GA : FD FedjMacta GAB : FN FedjMacta GB : Rezgoune
	V. factorielle2	0,01	9	0,001	3,646	0,00114	HS	
	V. inter. F1*F2	0,018	18	0,001	3,416	0,00019	THS	
	V. résiduelle	0,018	60	0				

Avec : **S.C.E** : somme des carrés des écarts ; **DDL** : degré de liberté ; **CM** : carré moyen ; **Prob** : Probabilité ; **Fobs** : Fonction observée ; **CV%** : Coefficient de Variation ; **F1** : Facteur station **F2** : Facteur arbres ; **F1*F2** : Facteur station-arbre ; **S** : différences significatives au seuil de 5% ; **HS** : différences hautement significatives ; **THS** : différences très hautement significatives ; **G** : Groupe

F.théo : fonction théorique lue sur la table des distributions de Fisher et SNEDECOR pour :

- Facteur stations ($\alpha=5\%$) F.théo1=3.15 ; ($\alpha=1\%$) F.théo1=4.98 ; ($\alpha=1\%$) F.théo1 =7.76 ;
- Facteur arbres ($\alpha=5\%$) F.théo2=2.04 ; ($\alpha=1\%$) F.théo2 =2.72 ; ($\alpha=1\%$) F.théo2 =3.69 ;
- Facteur stations-arbres ($\alpha=5\%$) F.théo3=1.79 ; ($\alpha=1\%$) F.théo3 =2.27 ; ($\alpha=1\%$) F.théo3 =2.95.

2.1.1- Epaisseur du liège :

Les résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification pour la variable épaisseur du liège montrent des différences hautement significatives entre les stations ($p=0.00119$) et des différences très hautement significatives entre les arbres et l'interaction station-arbre ($p=0$).

Le test de NEWMAN et KEULS classe les stations en deux groupes homogènes (A et B).

- La station Rezgoune représente le groupe (A) avec une moyenne de 36.407 mm.
- Les stations FD Fedj Macta et FN Fedj Macta représentent le groupe (B) avec des moyennes respectives de 35,433 mm et 34,523 mm.

2.1.2- Nombre de pores :

L'analyse de la variance des nombres de pores montrent des différences très hautement significatives entre les stations, les arbres et l'interaction stations-arbres ($F_{obs1} = 113,307 > F_{théo1} = 7.79$, $F_{obs2} = 9,506 > F_{théo2} = 3.69$ et $F_{obs3} = 7,499 > F_{théo3} = 2.95$).

Quant au test de NEWMAN et KEULS, il classe les stations en trois groupes homogènes (A, B, C)

- La station FD Fedj Macta représente le groupe (A) avec la moyenne la plus élevée (184.222).
- La station Rezgoune représente le groupe (B) avec une moyenne de 133.083.

- La station FN Fedj Macta représente le groupe (C) avec la moyenne la plus faible (108.75).

2.1.3- Superficie moyenne des pores :

Les résultats obtenus montrent que les superficies moyennes des pores ne présentent aucune différence significative entre les différentes stations et entre les arbres avec des p values respectives de 0,37623 et 0,13478, par contre on trouve des différences hautement significatives au niveau de l'interaction stations-arbres ($p=0,00139$).

2.1.4- Coefficient de porosité des faces horizontales :

L'analyse de la variance de la variable coefficient de porosité des faces horizontales montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les stations et au niveau de l'interaction stations-arbres avec des p values respectives de 0 et 0.00006, et des différences hautement significatives entre les arbres ($p=0,00849$).

Le test de NEWMAN et KEULS regroupe les stations étudiées en trois groupes homogènes (A, B et C)

- La station FD Fedj Macta représente le groupe (A) avec la moyenne la plus élevée (8.815 %).
- La station Rezgoune représente le groupe (B) avec une moyenne de 7.07 %.
- La station FN Fedj Macta représente le groupe (C) avec la moyenne la plus faible (5.131%).

2.1.5- Nombre de lenticelles :

L'analyse de la variance de la variable nombre de lenticelles montre l'absence de différences significatives entre les stations étudiées ($F_{obs1} = 1.111 < F_{théo1} = 3.15$), et des différences très hautement significatives entre les arbres et au niveau de l'interaction stations-arbres ($F_{obs2} = 9,915 > F_{théo2} = 3.69$, $F_{obs3} = 14,534 > F_{théo3} = 2.95$).

2.1.6- Superficie moyenne des lenticelles :

L'analyse de la variance de la superficie moyenne des lenticelles montre des différences très hautement significatives entre les stations, les arbres et l'interaction stations-arbres ($F_{obs1} = 25,106 > F_{théo1} = 7.79$, $F_{obs2} = 7,309 > F_{théo2} = 3.69$ et $F_{obs3} = 5,434 > F_{théo3} = 2.95$).

Le test de NEWMAN et KEULS classe les stations en deux groupes homogènes (A et B).

- La station FD Fedj Macta représente le groupe A avec une moyenne de 7.437 mm².
- Les stations Rezgoune et FN Fedj Macta représentent le groupe (B) avec des moyennes respectives de 5.346 mm² et 5.279 mm².

2.1.7- Coefficient de porosité des faces tangentielles :

Les résultats obtenus pour cette variable montrent des différences très hautement significatives entre les stations, les arbres et l'interaction stations-arbres avec des p values respectives de 0.00002, 0.00003 et 0.00006.

Quant au test de NEWMAN et KEULS, il classe les stations en deux groupes homogènes (A et B)

- La station FD Fedj Macta représente le groupe A avec une moyenne de 11.556 %.
- Les stations FN Fedj Macta et Rezgoune représentent le groupe (B) avec des moyennes respectives de 9.107 % et 8.348 %.

2.1.8- Densité du liège :

L'analyse de la variance de la densité du liège révèle des différences significatives au seuil de 5% entre les stations ($F_{obs1} = 3.162 > F_{théo1} = 3.15$), des différences hautement significatives entre les arbres ($F_{obs2} = 3.646 > F_{théo2} = 2.72$) et des différences très hautement significatives au niveau de l'interaction stations-arbres ($F_{obs3} = 3.416 > F_{théo3} = 2.95$).

Le test de NEWMAN et KEULS classe les stations en trois groupes homogènes (A, AB et B)

- La station FD Fedj Macta représente le groupe (A) avec la moyenne la plus élevée (0.162 g/cm³).
- La station FN Fedj Macta représente le groupe (AB) avec une moyenne de 0.155 g/cm³.
- La station Rezgoune représente le groupe (B) avec la moyenne la plus faible (0.15g/cm³).

2.2- Résultats de l'analyse en composante principales :

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

Tableau 20 : valeurs propres des axes (pourcentages expliqués par les 4 premiers axes).

	F1	F2	F3	F4
Valeur propre	4,04	2,20	1,73	1,11
% variance	36,74	20,00	15,69	10,07
% cumulé	36,74	56,75	72,43	82,51

D'après le tableau (20), nous avons choisi les quatre axes dont les valeurs propres supérieures à 1. Ainsi que 82.51 % de l'inertie totale est expliquée par ces quatre axes. Les plus fortes contributions à cette inertie sont représentées par les axes 1 et 2 avec respectivement (36.74 % et 20 %), la combinaison de ces deux axes traduit 56,75 % de la variance totale.

Le plan factoriel (1 x 2) intègre les variables les plus importantes pour notre étude (Nbp., Nbl., Sml., CPh., CPt., Dstl., Alt., Age peup.), d'où le choix de ce plan.

Les axes 3 et 4 intègrent les variables (Smp., Ep.) qui ne représente pas des corrélations importantes avec les variables explicatives donc il est jugé utile d'éliminer dans l'interprétation les rôles respectifs de ces derniers (Tableau 21).

Tableau 21 : cosinus carres des variables

	F1	F2	F3	F4
Nbp.	0,65	0,08	0,17	0,03
Smp.	0,03	0,12	0,70	0,00
Nbl.	0,09	0,62	0,06	0,15
Sml.	0,25	0,26	0,11	0,23
CPh	0,80	0,01	0,04	0,02
CPt	0,53	0,15	0,20	0,01
Ep.	0,00	0,21	0,13	0,50
Dstl.	0,23	0,45	0,04	0,12
Agel.	0,12	0,06	0,01	0,05
Alt.	0,70	0,11	0,13	0,00
Age peup.	0,65	0,13	0,13	0,01

2.2.1- Plan factoriel :

A partir de la représentation des plans factoriels et des coordonnées des variables, le regroupement des individus par rapport aux variables permet de distinguer quatre groupes : A, B, C et D. (Figure39).

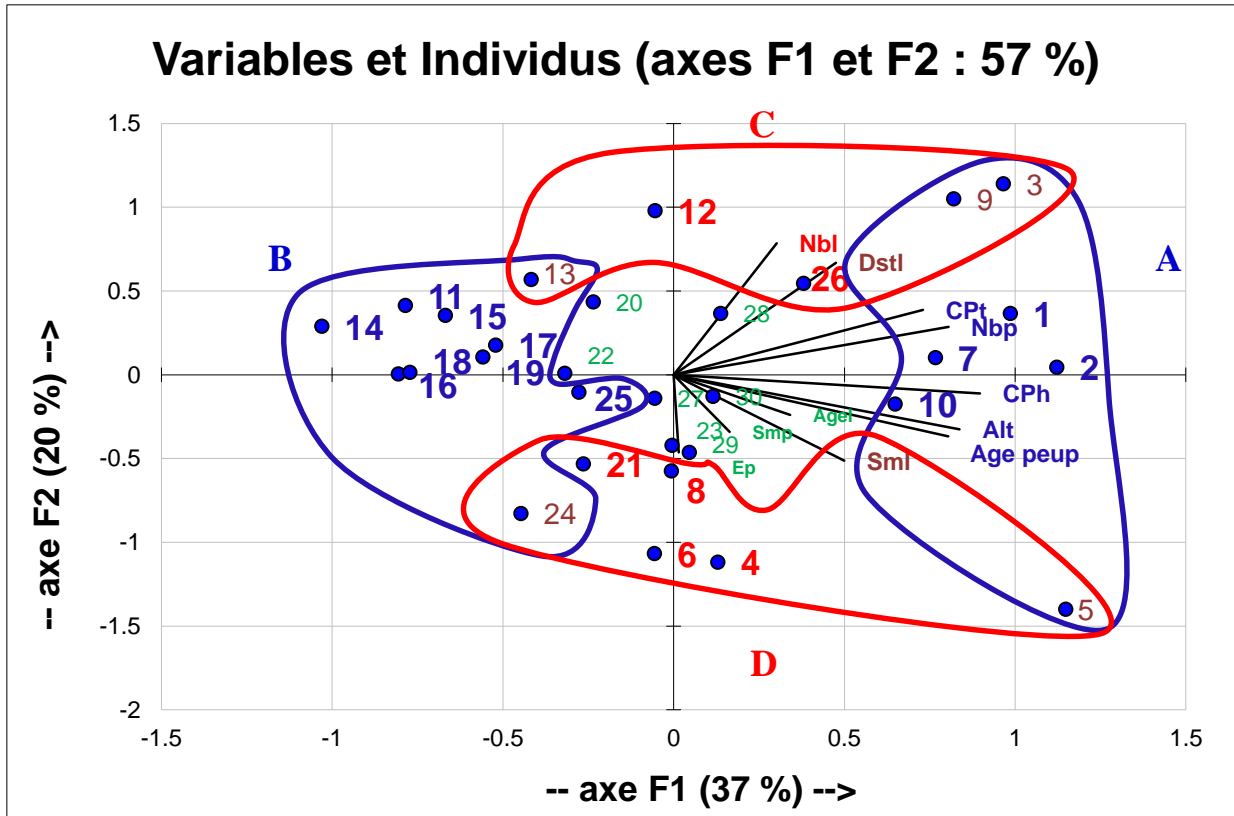


Figure 40 : Projection des individus sur le plan factoriel (1x2)

Groupe A :

Il regroupe les individus âgés qui sont à une haute altitude et qui sont caractérisés par un nombre de pores important, un coefficient de porosité élevé, densité du liège importante et une importante superficie des lenticelles.

Groupe B :

L'âge, l'altitude, le nombre de pores, la superficie des lenticelles, le coefficient de porosité et la densité du liège des individus de ce groupe sont faibles.

Groupe C :

Il regroupe les individus caractérisés par un nombre de lenticelles élevé, une densité importante et une superficie moyenne des lenticelles faible.

Groupe D :

Il rassemble les individus caractérisés par un nombre de lenticelles faible, une densité faible et une superficie moyenne des lenticelles élevée.

2.2.2- Signification des axes :

Le plan 1 x 2 montre une opposition entre les groupes A et B selon l'axe (1) et les groupes C et D selon l'axe (2).

L'axe (1) explique la variation de la porosité en fonction de l'âge du peuplement.

L'axe (2) interprète la variation de la densité en fonction du nombre et superficie moyenne des lenticelles.

2.2.3- Matrice de corrélation :

L'examen de la matrice des corrélations. Montre des corrélations positives et des corrélations négatives, avec des niveaux de signification différents.

Les résultats de la matrice (Tableau 22) montrent :

Des corrélations positives et très hautement significatives entre :

- Le nombre de pores et la variable coefficient de porosité des faces horizontales, altitude et l'âge du peuplement, avec des valeurs respectives de $r = 0.69^{***}$, 0.7^{***} et 0.66^{***} .
- Le nombre de lenticelles et la variable coefficient de porosité des faces tangentielles avec $r = 0.62^{***}$
- Le coefficient de porosité des faces horizontales et coefficient de porosité des faces tangentielles, altitude et l'âge du peuplement, avec des valeurs respectives de $r = 0.62^{***}$, 0.7^{***} et 0.69^{***} .
- Le coefficient de porosité des faces tangentielles, et la variable densité du liège avec $r = 0.63^{***}$.
- L'altitude et l'âge du peuplement avec $r = 0.97^{***}$.

Des corrélations positives et hautement significatives entre :

- Le nombre de pores et le coefficient de porosité des faces tangentielles avec $r = 0.5^{**}$.
- Le nombre de lenticelles et la densité du liège avec $r = 0.54^{**}$

Des corrélations positives significatives entre :

- Le nombre de pores et le nombre de lenticelles et la densité du liège avec respectivement $r = 0.4^*$ et 0.41^* .
- La superficie moyenne des pores et la superficie moyenne des lenticelles, le coefficient de porosité des faces horizontales, avec un même coefficient de corrélation $r = 0.41^*$.
- La superficie moyenne des lenticelles et le coefficient de porosité des faces horizontales, le coefficient de porosité des faces tangentielles, l'altitude et l'âge du peuplement, avec des valeurs respectives de $r = 0.44^*$, 0.45^* , 0.44^* et 0.37^*

Des corrélations négatives et significatives :

- L'épaisseur et la densité du liège avec $r = -0.38^*$.

Les résultats de la matrice de corrélation montre que la porosité présente des corrélations positive avec l'altitude, pourtant la plupart des études montre que la porosité diminue en montant en altitude, ceci est expliquer par le fait que les stations étudiées présentent des vieux peuplements.

Tableau 22 : Résultats de la matrice de corrélation

	Nbp.	Smp.	Nbl.	Sml.	CPh.	CPt.	Ep.	Dstl.	Agel.	Alt.	Age peup.
Nbp.	1										
Smp.	-0,33	1									
Nbl.	0,4*	-0,04	1								
Sml.	0,05	0,41*	-0,35	1							
CPh.	0,69***	0,41*	0,23	0,44*	1						
CPt.	0,5**	0,27	0,62***	0,45*	0,62***	1					
Ep.	-0,15	0,34	0	0,1	0,16	-0,04	1				
Dstl.	0,41*	0,03	0,54**	0,08	0,32	0,63***	-0,38*	1			
Agel.	0,2	0,03	-0,04	0,27	0,21	0,05	0,07	0,11	1		
Alt.	0,7***	-0,04	-0,07	0,44*	0,7***	0,34	0,05	0,1	0,26	1	
Age peup.	0,66***	0	-0,08	0,37*	0,69***	0,26	0,07	0,04	0,32	0,97***	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,05 (test bilatéral)

*****: significatif ; pour $\alpha = 5\%$ ($K = 28$), $r_{th1} = 0,361$.

****** : hautement significatif ; pour $\alpha = 1\%$ ($K = 28$), $r_{th2} = 0,463$.

******* : très hautement significatif ; pour $\alpha = 1\%$ ($K = 28$), $r_{th3} = 0,570$.

Avec : K : degré de liberté ($ddl = n - 2$).

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

α : seuil de signification.

Chapitre IV
Discussion

Le liège doit avoir une épaisseur optimale pour pouvoir l'utiliser dans la fabrication des bouchons (IPROCOR, 1999). Selon FERREIRA et al. (1999), Les calibres les plus utilisés en bouchonnerie sont surtout 27 à 32 mm et 32 à 40 mm. Pour nos stations d'étude, l'âge moyen du liège est de 10 ans, la moyenne globale de l'épaisseur est de 35,45 mm ce qui classe le liège de notre région dans la catégorie des lièges « réguliers ».

Au niveau de la station de Rezgoune, l'épaisseur marquée est de 36.41 mm, elle est plus importante que celles des stations de FD Fedj Macta et FN Fedj Macta qui présentent des épaisseurs respectives de 35.43 mm et 34.52 mm. Ceci pourrait être dû à des facteurs génétiques, étant donné que les trois stations étudiées ont les mêmes conditions stationnelles (sols, pluviométrie, température moyenne, substrat...).

La répartition des planches de liège par classes de qualité commerciale d'épaisseur montre que 88 % des planches de liège de notre zone d'étude présentent des épaisseurs supérieures à 27 mm et seront donc considérées comme aptes au bouchonnage. Par conséquent, 12 % seulement qui présentent des épaisseurs inférieures à 27 mm et qui seront orienter vers d'autres utilisations. Comparativement aux résultats obtenus par METNA (2003) dans la suberaie orientale de Tizi-Ouzou, FERREIRA et al. (1999) au Portugal, GHEZALI (2008) à Jijel avec des taux respectifs de 55 % ; 75 % et 63 % des planches présentant des épaisseurs supérieures à 27 mm, notre zone d'étude présente un taux de liège bouchonnable plus important. La moyenne globale de l'épaisseur du liège de nos stations est de 35,45mm acquise en un âge moyen de 10 ans. Cette dernière est élevée par rapport à celles obtenues par METNA (2003) et GHEZALI (2008) en un âge moyen respectif de 12 ans et 20 ans. Ceci pourrait être dû aux conditions écologiques favorables au développement du liège dans les suberaies de souk ahras. IPROCOR (1999) note que deux facteurs peuvent influencer sur l'épaisseur du liège notamment : les facteurs écologiques qui influencent sur la croissance de l'arbre ; et les facteurs génétiques du fait que l'héritage d'un arbre peut limiter sa productivité en liège malgré des conditions stationnelles favorables. Comme il pourrait aussi être dû à la nature des stations qui sont représentées par des peuplements âgés.

Le nombre de pores est plus important au niveau de la station FD Fedj Macta (184,22) par rapport aux stations Rezgoune (133,08) et FN Fedj Macta (108,75). Cette variabilité stationnelle pourrait être expliquée par l'âge du peuplement du chêne liège de la station FD Fedj Macta qui présente le peuplement le plus âgé. Le nombre de pores moyen de notre région d'étude est de l'ordre de 142,02, il est plus important si on le compare aux résultats obtenus par

FERREIRA et al. (1999), METNA (2003) et GABIS et BOUKERB (2009) qui sont respectivement de l'ordre de 79 ; 76,26 et 73,26.

Les résultats de l'analyse de la variance de la variable nombre de pores montrent une variabilité intra-stationnelle importante ; en effet la fonction observée du facteur arbre est de l'ordre de 9.506 donc supérieure à la fonction théorique lue sur la table de Fisher-Snedecor au seuil $\alpha = 1\%$. Ceci pourrait être lié au fait que chaque arbre possède des caractéristiques génétiques différentes. NATIVIDADE (1956), énonce que le chêne-liège se manifeste par un fort polymorphisme et note aussi que le facteur génétique influe sur la variation du nombre de pores et il est à peine influencé par les conditions environnementales du milieu.

La moyenne globale de la superficie des pores des trois stations étudiées est de $0,76\text{mm}^2$. Elle est inférieure à la superficie moyenne des pores obtenue au niveau des différentes suberaies étudiées par LOKMANE et EDJEKOUANE (2009) ($0,83\text{mm}^2$) au niveau des forêts d'ighil ougharef (Bouira), dar djebel et sidi bouzid (El taref) et Skikda. DOUZENE (2008) ($1,44\text{mm}^2$) au niveau du canton de Taher (Jijel) et HOUACINE et MELIANI (2017) ($2,06\text{mm}^2$), au niveau de la suberaie de Tlemcen. Par contre, elle est supérieure à celle obtenue par GABIS et BOUKERB (2009) ($0,68\text{mm}^2$) au niveau des suberaies de Ghora, Djebel Dir, Bouabed et forêt domaniale d'El taref. Ceci pourrait être dû aux altitudes différentes des stations étudiées étant donné que selon LAMEY, (1893) la variation de la superficie moyenne des pores pourrait être liée à la variation du taux d'humidité et de l'altitude).

En se référant au classement établi par FERREIRA et al. (1999), le liège des trois stations renferme en majorité des pores de petites dimensions ($<1\text{mm}^2$), puisque 80.78% des pores dénombrés mesurent en moyenne 0.30mm^2 et occupent 34.19% de la porosité totale du liège des stations étudiées. Le reste est constitué de 11.06% de pores appartenant à la classe de 1mm^2 à 2mm^2 et 8.16% de pores de section supérieure à 2mm^2 qui occupent 65.81% de la porosité totale. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par FERREIRA et al. (1999) au Portugal où 75% des pores sont de moins de 1mm^2 , 10% appartiennent à la classe $1-2\text{mm}^2$ et 15% des pores sont au-dessus de 2mm^2 . En revanche, ces résultats diffèrent de la répartition obtenue par METNA (2003), qui a trouvé que la proportion des pores supérieurs à 2mm^2 est très peu représenté (seulement 3.44% du total) pour le liège de la suberaie orientale de Tizi-Ouzou.

La porosité proprement dite, c'est-à-dire la surface occupée par les pores par rapport à la surface totale de l'échantillon de liège, confirme la grande variabilité de la qualité du liège

entre les suberaies et entre les arbres de la même suberaie. Le coefficient de porosité moyen de liège des trois stations étudiées est de 7%, ce qui permet de classer le liège de cette région dans la classe des lièges très poreux suivant la classification de la porosité adoptée par NATIVIDADE (1956). Comparativement aux résultats obtenus par METNA (2003) sur le liège des suberaies orientales de la wilaya de Tizi-Ouzou qui est de 3,94% (liège moyennement poreux).

Malgré que les trois stations étudiées sont en hautes altitudes, on a eu un coefficient de porosité élevé ceci ne pourrait être lié qu'à l'âge du peuplement étant donné que ces dernières sont composées d'un vieux peuplement de chêne liège.

L'analyse en composantes principales, réalisée à partir de toutes les variables mesurées, a confirmé ces résultats. L'axe (1) de cette dernière a scindé les individus en deux groupes opposés A et B en fonction du coefficient de porosité qui est positivement corrélé avec l'altitude des stations et l'âge des peuplements. Cette corrélation est contraire à la théorie ainsi qu'aux travaux de la majorité des auteurs, ceci pourrait être dû aux peuplements âgés qui ont inversé la tendance entre la porosité et l'altitude des stations.

Nos résultats coïncident avec ceux obtenus par HOUACINE et MELIANI (2017) (14.667%) au niveau de la station de Hafir à Tlemcen (1200 m) qui est composée d'un vieux peuplement de chêne liège.

Les densités du liège noté pour les stations de FD Fedj Macta, FN Fedj Macta et Rezgoune sont respectivement de 0.162 g/cm³, 0.155 g/cm³ et 0.15 g/cm³. Ceci pourrait considérer la densité du liège de notre zone d'étude comme normale étant donné que NATIVIDADE (1956) et IPROCOR (1999), notent que la densité normale des tissus subéreux varie de 0.12 à 0.20 g/cm³. Nos résultats sont inférieurs à ceux obtenus par FERREIRA et al. (1999) et par GHEZALI (2008) avec des densités moyennes respectives de 0.26 g/cm³ et 0.29 g/cm³.

L'axe (2) de l'Analyse en Composantes principales réalisée, interprète la variation de la densité du liège en fonction du nombre et superficie moyenne des lenticelles, ce résultat concorde avec les travaux de PIAZZETTA (2004) qui note que la densité du liège varie en fonction des caractéristiques du liège (nombre et taille des lenticelles, inclusions ligneuses, humidité, etc.).

Conclusion générale

Dans ce travail, nous avons essayé d'analyser la variation stationnelle de la qualité du liège de la région de Souk Ahras. L'étude a ciblé particulièrement le liège provenant de FD Fedj Macta, FN Fedj Macta et Rezgoune. Les échantillons de liège ont été prélevés à partir des piles entreposées au niveau du dépôt de liège de Souk Ahras.

D'après les différentes analyses statistiques effectuées, il apparaît que tous les résultats obtenus sont différents d'une station à une autre, ainsi qu'à ceux obtenus par DOUZANE (2008) sur le liège de Jijel cas de canton de Taher et ceux de METNA (2003) sur le liège de la subéraie orientale de la Wilaya de Tizi- Ouzou.

Concernant la qualité commerciale de notre liège, les résultats acquis se résument comme suit :

- ✓ les trois stations étudiées présentent un liège « régulier » ;
- ✓ le liège des trois stations est considéré apte au bouchonnage ;
- ✓ le liège de cette région est considéré comme très poreux suivant la classification de la porosité adoptée par NATIVIDADE (1956), étant donné que les coefficients de porosité moyens des stations étudiées sont supérieurs à 4% ;
- ✓ malgré les hautes altitudes des stations étudiées, le coefficient de porosité est élevé et ceci a été expliqué par le vieillissement des peuplements du chêne liège de ces stations ;
- ✓ la superficie moyenne des pores des stations FD Fedj Macta, FN Fedj Macta et Rezgoune sont respectivement de 0.73 mm², 0.74 mm² et 0.80 mm² ;
- ✓ les coefficients de porosité des faces tangentielles des stations FD Fedj Macta, FN Fedj Macta et Rezgoune sont respectivement de 11.56 %, 9.11 % et 8.35% ;
- ✓ Les densités du liège des trois stations sont très proches et concordent avec les travaux d'IPROCOR, 1999 qui note 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 des faces horizontales et tangentielles a montré des différences très hautement significatives entre les trois stations étudiées ;
- ✓ les résultats de l'analyse en composantes principales ont confirmés la tendance de la corrélation entre la densité du liège, le nombre de lenticelles et la superficie moyenne des lenticelles. Par contre, la présence de beaucoup de

vieux arbres du chêne liège au niveau des stations étudiées a inversés la tendance de la corrélation entre la porosité du liège et l'altitude des stations.

Les résultats obtenus nous permettent de conclure que plusieurs facteurs peuvent influencer la qualité du liège notamment :

- L'humidité du milieu (la pluviométrie et l'exposition...);
- L'âge du liège ;
- L'âge du peuplement ;
- L'échantillonnage réalisé au niveau des dépôts ;
- Les attaques parasitaires et la présence des galeries d'insectes ;
- La variation génétique ;

Notre étude peut s'améliorer et s'approfondir par des analyses chimiques et même génétiques ; pour une étude plus complète qui mettrait en évidence les facteurs qui influent sur la qualité du liège nous recommandons de :

- Faire un échantillonnage sur le terrain ;
- Augmenter les effectifs des arbres à échantillonner ;
- Tenir compte de l'état sanitaire des arbres ;
- Apprécier et quantifier le bilan nutritionnel du peuplement à étudier ;
- Tenir compte des caractéristiques des stations telles que :
 - Pente dominante ;
 - Luminosité ;
 - Nature des peuplements ;
 - Sol ;
 - Essences secondaires.

*Références
bibliographiques*

ABBARA A., 2018. Chêne-liège (*Quercus suber*) - Composition du tronc, Botanica, Paris/France.

ALOUÏ et al., 2006. Etude de la qualité du liège de reproduction des suberaies d'AIN DRAHAM. Institut sylvo-pastoral Tunisie, 44-59Pp.

AMORIM, 2012. Amorim isolamentos, S.A., Natureza e tecnologia a solucao ideal. Vivexpo 2012.

ANONYME, 2006. Caractéristiques et Avantages de l'Utilisation du Liège, EASY LIEGE.

ANONYME, 2010. Jardin l'encyclopédie par la société des gens de lectures. Nature, jardin, free.fr

ANONYME, 2017. Caractéristiques et propriétés du liège, liege24.fr, experts du liège.

BOUDY P., 1950. Economie forestière Nord Africaine. Monographie et traitement des essences forestières. Ed, Larousse, Paris, 575p.

BOUDY P., 1952. Guide du forestier en Afrique du Nord. La maison Rustique. Paris, 505p.

BOUDY P., 1955. Economie forestière en Afrique du nord. La Maison Rustique, Paris, 487p.

BOUHRAOUA R. DAHANE B. GHANEM A. et BELHOUCINE L., 2010. Impacte des variations climatiques (pluviométrie) sur l'état sanitaire des arbres et les accroissements du liège dans quelques suberaies de l'ouest algérien.», Vivexpo 2010, université de Tlemcen.

CANTAT R. et PIAZZETTA R., (I.M.L.), 2005. La levée du liège ce qu'il faut savoir sur l'exploitation du chêne-liège. Guide technique et de la vulgarisation, 24p.

CHENEL P., 1951. Le liège en Algérie [note critique]. Importance et répartition, pp 296-299.

CHENOUNE K., 2011. Etude de la relation entre la circonférence et la hauteur ; et entre la circonférence, la hauteur et l'espacement des arbres. Cas des suberaies de Souk Ahras et de Tizi Ouzou.

DAGNELIE P., 1973. Théories et méthodes statistiques applications agronomiques. Vol 1.Ed. Presses agronomiques de Gembloux, 378 p.

DAGNELIE P., 1975. Théories et méthodes statistiques. Vol 2. Ed. Presses agronomiques de Gembloux, 463p.

DEHANE B., 2012. Incidence de l'état sanitaire des arbres du chêne liège sur les accroissements annuels et la qualité du liège de deux suberaies oranaises: Msila (w.Oran) et Zarieffet (w.Tlemcen).

DEHIRI T., 2017. Contribution à l'étude de la qualité du liège de la forêt domaniale de Nesmoth (Wilaya de MASCARA), Université de Tlemcen, 69p.

DJEMAI O. & LAHEB Y., 2017. Contribution à l'étude de la variabilité de la production du liège de reproduction en relation avec la structure et les facteurs dendrométriques dans la forêt de Beni-Ghobri (wilaya Tizi Ouzou), Université de Tizi-Ouzou.

DOUZANE K., 2008. Contribution à l'étude de la variabilité de la qualité du liège des suberaies 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.

EMBERGER L., 1955. Une classification biogéographique des climats. Recueil. Trav. Labo. Géol. Zool. Fac. Sci. Montpellier. 48p.

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 suberaies de la wilaya d'El Tref. Thèse Ing., D'agro. Université de Tizi Ouzou, 68p.

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 C. & MELIANI D., 2017. Contribution à l'étude de la variabilité de la qualité du liège de production des subéraies des wilayas d'El Tarf et Tlemcen, wilaya de Tizi Ouzou, p 61.

INSTITUT MÉDITERRANÉEN DU LIÈGE (I.M.L), 2006. Plan stratégique liège pour les Pyrénées-Orientales, 75p.

INSTITUT MÉDITERRANÉEN DU LIÈGE (I.M.L), 2018. Caractéristiques et Utilisations du liège. EASY LIEGE.

IPROCOR, 1999. Manuel didactique du leveur et de l'ouvrier spécialisé dans les travaux d'exploitation du chêne-liège. Junta de Extremadura/. Mérida.

IPROCOR, 2009. Qualité du liège. Indice et carte de qualité, Tlemcen le 19 Octobre 2009.

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.

LOKMANE K. & EDJEKOUANE Z., 2009. Contribution à l'étude de la variabilité du liège des subéraies dans les régions de Bouira, Skikda et El Kala. wilaya de Tizi Ouzou, p 76.

METNA B., 2003. Caractéristiques physiques et chimiques du liège de reproduction de la suberaie orientale de la wilaya de Tizi Ouzou .THESE DE MAGISTER. Agro.Univ.T.O, 102p.

NATIVIDADE J.V., 1956. Subériculture. Édition française de l'ouvrage Portugais Subériculture, Nancy.303P.

PEREIRA H., 2008. Chemical composition and variability of cork from *Quercus suber* L. Wood sci. Techn.

PHILLIPEAU G., 1986. Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. Services des études statistiques, ITCF, 63p.

PIAZZETTA R., 2004. Réhabilitation des subéraies incendiées: Quelles perspectives pour l'utilisation du liège brûlé en bouchonnerie, Institut Méditerranéen du liège. Vivexpo.

QUEZEL P. & SANTA S., 1962. Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales - Tome 1, Edition du Centre National de la Recherche scientifique 15, quai Anatole-France _ Paris 7^e.

ROULA B., 2010. Etude de la qualité du liège de reproduction des suberaies de la région de Jijel, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, p75.

ROULA B., 2011. Techniques de récolte du liège. Institut National de la Recherche Forestière, Arboretum de Bainem BP 37 Cheraga. Alger.

SACCARDY L., 1938. Le Chêne Liège et le Liège en Algérie [article], pp 488-593.

SAIGHI L., 2012. Etude de l'état sanitaire de la suberaie d'Ouled Bechih. Effet des facteurs biotiques. Université de Souk Ahras, p 91.

SEIGUE, 1985. La forêt circum-Méditerranéenne et ses problèmes. Edit. Maison neuve et Larousse, pp 67-97.

TAHAR H., 2012. Production forestière, exploitation et valorisation en Algérie, forêt méditerranéenne t.XXXIII, n° 4, décembre 2012.

YOUNSI S., 2005. Diagnostic des essais de reboisement et de régénération du chêne liège (*Quercus suber L.*) dans la région de Jijel, université Mentouri de constantine, p102.

Autres références

DGF. (2007, 2008, 2009) Direction générale des forêts (<http://www.dgf.org.dz>).

www.IML.com,2009

Annexes

Annexe 01 : Epaisseur du liège (mm).

Stations Arbres	FD Fedj Macta	FN Fedj Macta	Rezgoune
A1	38	37.07	36.83
A2	33.87	40.67	23.73
A3	22.3	40.63	29.33
A4	44.63	27.73	36.9
A5	39.17	32.87	32.73
A6	43.77	30.4	34.47
A7	36.27	35.77	34
A8	39.2	30.4	43.43
A9	21.7	36.33	52.67
A10	35.43	33.37	39.97

Annexe 02 : Nombre des pores.

Stations Arbres	FD Fedj Macta	FN Fedj Macta	Rezgoune
A1	251	122.83	119
A2	219.5	115.67	159.5
A3	234.83	138.33	132
A4	151.33	84.5	96.33
A5	128	105	122.17
A6	136.17	83.5	141.33
A7	217.67	95.83	116.83
A8	117.33	132.67	180.83
A9	202.17	104.67	127.5
A10	184.22	104.5	135.33

Annexe 03 : Superficies moyennes des pores (mm²).

Stations Arbres	FD Fedj Macta	FN Fedj Macta	Rezgoune
A1	0.61	0.49	0.86
A2	0.83	1.01	0.58
A3	0.54	0.55	0.89
A4	0.83	0.43	0.82
A5	1.15	0.72	0.75
A6	0.66	0.7	1.02
A7	0.61	0.81	0.78
A8	0.79	0.64	0.56
A9	0.53	0.85	0.96
A10	0.73	1.21	0.79

Annexe 04 : Coefficient de porosité des faces horizontales (%).

Stations Arbres	FD Fedj Macta	FN Fedj Macta	Rezgoune
A1	10.46	3.77	6.86
A2	12.68	6.5	6.29
A3	8.66	5.09	6.89
A4	8.64	2.41	5.42
A5	10.42	4.74	6.06
A6	5.99	4	9.48
A7	8.8	5.02	6.77
A8	6.35	5.52	7.16
A9	7.34	6.15	8.51
A10	8.81	8.11	7.27

Annexe 05 : Nombre des lenticelles.

Stations Arbres	FD Fedj Macta	FN Fedj Macta	Rezgoune
A1	32.33	27.17	21.17
A2	27.67	46.83	20.67
A3	36.17	32.5	16.67
A4	16.17	17.33	13.33
A5	15.33	28	26.17
A6	14.33	16.5	36.17
A7	26.33	29	23.33
A8	19	19.83	43.17
A9	39.83	19.33	30.83
A10	25.24	32	24.83

Annexe 06 : Superficie moyenne des lenticelles (mm²).

Stations Arbres	FD Fedj Macta	FN Fedj Macta	Rezgoune
A1	5.86	4.67	4.99
A2	7.45	4.69	4.04
A3	5.62	4.89	5.93
A4	6.78	4.48	5.45
A5	15.59	5.35	5.59
A6	6.78	5.87	5.28
A7	7	6.8	7.2
A8	5.85	5.01	2.87
A9	6.01	5.85	4.86
A10	7.44	5.15	7.24

Annexe 07 : Coefficient de porosité des faces tangentielles (%).

Stations Arbres	FD Fedj Macta	FN Fedj Macta	Rezgoune
A1	12.92	7.66	7.63
A2	13.56	14.66	5.07
A3	13.49	10.54	6.95
A4	7.37	5.31	4.84
A5	15.46	9	8.04
A6	6.12	6.58	12.51
A7	11.95	12.53	11.03
A8	7.56	6.68	8.16
A9	15.57	7.64	9.93
A10	11.56	10.92	9.32

Annexe 08 : Densité du liège (g/cm³).

Stations Arbres	FD Fedj Macta	FN Fedj Macta	Rezgoune
A1	0.17	0.15	0.13
A2	0.17	0.18	0.14
A3	0.2	0.16	0.16
A4	0.12	0.16	0.14
A5	0.16	0.15	0.14
A6	0.13	0.16	0.18
A7	0.17	0.14	0.15
A8	0.15	0.13	0.15
A9	0.18	0.17	0.14
A10	0.16	0.17	0.17

Annexe 09 : Résultats du test de NEWMAN et KEULS pour l'épaisseur du liège (comparaison des moyennes entre les Arbres)

F2	LIBELLES	MOYENNES(mm)	GROUPES HOMOGENES		
8.0	A8	37,678	A		
1.0	A1	37,3	A		
9.0	A9	36,9	A		
4.0	A4	36,422	A		
10.0	A10	36,256	A		
6.0	A6	36,211	A		
7.0	A7	35,344	A		
5.0	A5	34,922	A		
2.0	A2	32,756		B	
3.0	A3	30,756			C

Annexe 10 :Résultats du test de NEWMAN et KEULS pour le nombre de pores (comparaison des moyennes entre les Arbres)

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	A3	168,389	A		
2.0	A2	164,889	A		
1.0	A1	164,278	A		
9.0	A9	144,778	A	B	
8.0	A8	143,611	A	B	
7.0	A7	143,444	A	B	
10.0	A10	141,352	A	B	
6.0	A6	120,333		B	C
5.0	A5	118,389		B	C
4.0	A4	110,722			C

Annexe 11 :Résultats du test de NEWMAN et KEULS pour le nombre de lenticelles (comparaison des moyennes entre les Arbres)

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0	A2	31,722	A		
9.0	A9	30	A		
3.0	A3	28,444	A	B	
10.0	A10	27,358	A	B	
8.0	A8	27,333	A	B	
1.0	A1	26,889	A	B	
7.0	A7	26,222	A	B	
5.0	A5	23,167		B	
6.0	A6	22,333		B	
4.0	A4	15,611			C

Annexe 12: Résultats du test de NEWMAN et KEULS pour la densité du liège (comparaison des moyennes entre les Arbres).

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	A3	0,174	A		
10.0	A10	0,168	A	B	
9.0	A9	0,165	A	B	C
2.0	A2	0,161	A	B	C
6.0	A6	0,154	A	B	C
7.0	A7	0,153	A	B	C
1.0	A1	0,151	A	B	C
5.0	A5	0,147		B	C
4.0	A4	0,143		B	C
8.0	A8	0,141			C



Annexe 13 : Façonnage des planches du liège au niveau de la menuiserie.



Annexe 14 : Le matériel utilisé pour réaliser les éprouvettes de la mesure de la porosité.

Annexe15 : Logiciel GIMP 2

Programme de manipulation d'image créé par SPENCER KIMBALL et PETTER MATTIS, est un outil portable (c'est-à-dire utilisable sur de nombreuses plates formes) de manipulation d'images est de photos, est un éditeur de tram **raster** (point à point), Il effectue ses opérations directement sur les pixels déterminant l'image.

Il peut être utilisé comme :

- Un programme de dessin
- Un programme de retouche photo
- Un système en ligne de traitement par lot
- Un générateur d'image pour la production en masse
- Convertir un format d'image en un autre (RAYMON OSTERTAG, 2008).

Le GIMP 2 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
- Un bouton de zoom utilisé pour agrandir 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°.

Résumé

La variation stationnelle de la qualité du liège a été caractérisée pour trois suberaies de la région de Souk Ahras, par un prélèvement d'échantillons sur 10 arbres par peuplement. En moyenne, l'épaisseur du liège était de 35,45 mm, dont 88 % du total appartenant aux classes commerciales au-dessus de 27 mm ; aptes au bouchonnage, la porosité mesurée par analyse d'image est de l'ordre de 7 % donc ce liège est considéré comme étant très poreux. Concernant la densité du liège de cette région, elle est d'une moyenne globale de 0.156 g/cm³.

Les résultats acquis montrent que La qualité du liège de notre région d'étude présente de grandes variabilités entre les stations et aussi entre les arbres d'une même station. Ceci est dû 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 : Souk ahras / liège / qualité / variabilité / porosité / épaisseur / densité.

Abstract :

The stationary variation in the quality of cork was characterized for three suberries in Souk Ahras, by taking samples from 10 trees per stand. On average, the thickness of the cork was 35.45 mm, 88 % of the total belonging to the commercial classes above 27 mm ; suitable for plugging, the porosity measured by image analysis is of the order of the 7 %, therefore this cork is considered to be very porous. Regarding the density of cork in this region, it has an overall average of 0.156 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 : Souk ahras / cork / quality / variability / porosity / thickness / density.