REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES ET DES SCIENCES BIOLOGIQUES

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

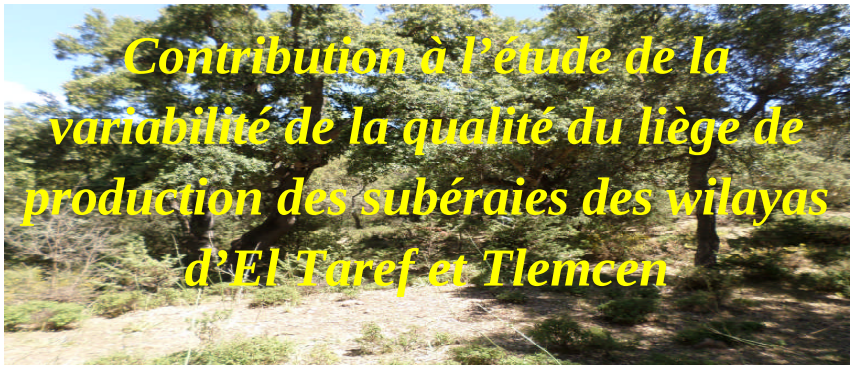
Mémoire de fin d'étude

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences Agronomiques

Spécialité : Foresterie

Option Production et aménagement de la forêt méditerranéenne

Thème



Réalisé par :

M^elle^ HOUACINE CELIA et M^elle^ MELIANI DJAMILA

Devant le jury :

Président de jury : Mr ASMANI A. Maître assistant chargé de cours (U.M.M.T.O)

Promoteur : Mr METNA B. Maître assistant chargé de cours (U.M.M.T.O)

Examinateur : Mr CHENOUNE K. Maître assistant chargé de cours (U.M.M.T.O)

Soutenu le 27 Septembre 2017

Remerciement

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 accepter d'examiner ce travail.*

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont participé de prés ou de loin, dans la réalisation de ce modeste travail, sans oublier la menuiserie HAMADOU ou on a réalisé nos éprouvettes et à touts ceux qui ont contribué à notre formation.

A tous merci

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents

A mes sœurs Malika,Lynda,Souhila,Faiza et Saliha

A mon frère moko (kapochino)

A mon Fiancé Kouceila

Mes très chères amies Sabrina ,Nissa ,Djouhar

A Samia ,Na Zohra et Zinda

Amon amis Belka

Célia

Je dédie ce travail à :

Mon affectation la plus tendre va en particulier

Vers mes chers parents

A TOUTE MA FAMILLE

A tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce modeste travail.

DJAMILA

SOMMAIRE

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I Généralités sur le chêne liège 3

I .2 Les caractères botaniques et dendrologiques du chêne liège 3

I .3 La superficie du chêne liège……. 3

I.4 La répartition géographique du chêne liège 6

I.4.1 La répartition mondiale du chêne liège 6

I.4.2 Répartition géographique en Algérie 7

I.4.2.1La répartition du chêne liège en Algérie par région subéricole 7

I.5 Ecologie du chêne liège 9

I.6 Le cortège floristique du chêne liège 10

II. Généralités sur le liège 10

II.1 : Introduction 10

II.2 : Le processus de formation du liège 10

II.3 Accroissement du liège 11

II.4 Structure cellulaire du liège 12

II.5 Composition chimique du liège 14

II.6 Propriétés physiques et mécaniques du liège 15

II.7 Les défauts du liège 16

II.8 Qualité du liège 16

II.8.1 Critère d'évaluation de la qualité du liège en planche 17

II.9 La production du liège 19

II.9.1 Production mondiale 19

II.9.2 Production en Algérie 19

II.10 Les différentes utilisations du liège 21

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODE

I. Présentation du milieu d'étude 22

1.1. El Taref 22

1.1.1. Situation géographique 22

1.2. Tlemcen 22

1.2.1. Situation géographique 22

2. Etude climatique 22

2.1. El Taref 22

2.2. Tlemcen 22

3. Méthode d'échantillonnage 24

4. Mesure des variables 24

4.1. Epaisseur du liège 24

4.2. Porosité 25

4.2.1. A propos du logiciel GIMP 25

6. Méthode de traitement des données 26

6.1. Variation intrastationnelle 33

6.2. Variation interstationnelle 33

6.3. L'analyse en composantes principales (ACP) 33

CHAPITRE III : RESULTATS ET I NTERPRETATIONS

I. Présentation des résultats 36

I.1 Epaisseur du liège (EPAIS) 36

I.2 Nombre de pores 37

I.3 La superficie moyenne des pores 38

I.4 La densité 39

I.5 Le nombre de lenticelles (nbl) 40

I.6 Surface des lenticelles 40

I.7 Coefficient de porosité 41

II. Analyses de la variance 49

II.1 Epaisseur du liège 50

II.2 Nombre de pore 50

II.3 Superficie des pores 50

II.4 Densité du liège 51

II.5 Nombre des lenticelles 51

II.6 Surface moyenne des lenticulaires (sml) 52

II. 7 Coefficient de porosité 52

III .Résultats de l'analyse en composante principales 52

III-1 Matrice de corrélation 53

CHAPITRE IV : DISCUSSION

Conclusion 60

Introduction générale

Le chêne-liège (Quercus suber L), est une essence forestière remarquable, qui présente une grande valeur économique, grâce à sa particularité physiologique qui le distingue des autres ligneux, à reproduire une nouvelle écorce subéreuse appelée communément : liège et ayant des qualités spécifiques de légèreté, de souplesse, et d'élasticité, d'autant plus que cette espèce est assez rare puisque son aire de répartition se limite au pourtour méditerranéen.

L'aire mondiale de la subéraie est évaluée à 2.5 million ha. Elle couvre le bassin méditerranéen occidental et la côte atlantique de l'Europe du sud. Sa présence ne touche que sept pays seulement : Portugal, Espagne, Italie, France, Algérie, Maroc et Tunisie. La subéraie algérienne représente 18% de cette superficie totale et produit 5% de la production mondiale de liège estimée à 300.000 tonnes par an (Apcor, 2007).

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

Les potentialités nationales pour la production du liège sont estimés à plus de 200000 Qx/ans, avec une production relativement faibles ces dernières années (100000 à 150000 Qx/ans), l'Algérie occupe le quatrième rang des producteurs du liège (5.2% de la production mondiale) mais loin derrière le Portugal (52.5%), L'Espagne (29.5%) et l'Italie (5.5%)

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

En ce qui concerne les aspects de la qualité du liège, furent sans doute a celles qui sont décrites par SACCARDY, (1937) dans ses notes sur le chêne liège et le liège en Algérie : La qualité du liège se traduit par l'absence relative des défauts. Un liège de très bonne qualité ne doit avoir que des lenticelles fines et peu nombreuses, il doit être léger, imperméable et souple. La classification des lièges en diverses catégories de qualité et d'épaisseur est faite en pratique suivant une méthode empirique qui consiste dans l'appréciation visuelle des principaux défauts, le critère fondamental étant la porosité

En Algérie peu de travaux ont été réalisés pour déterminer la qualité du liège sur des régions différentes, on cite celui de METNA (2003) sur les subéraies orientales de la wilaya de Tizi Ouzou, celui d'AMIR et HIMED (2005) sur la même région , et celui de BENGANA

et ALI AHMED (2006), DOUZANE (2008) et GHEZALI(2008) sur la région de Jijel ,GABIS et BOUKERB(2009), LOKMANE ET EDJIKOUNE (2009) sur les wilayas d'El Taref, Skikda et Bouira.

L'objectif de notre étude est de mesurer certaines variables qui déterminent la qualité du liège des subéraies des wilayas de Tlemcen (Station de HFIR) et El Taref (Stations de Bouhedjar et de Zitouna) d'apprécier les variations intra et inter stationnelles de cette qualité, En se basant sur des paramètres mesurables suivants :

- 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 :** Matériel et méthodes
- **Chapitre III :** Résultats et interprétation.
- **Chapitre IV :** Discussion**.**

CHAPITRE I
Synthèse bibliographique

I. Généralités sur le chêne liège :

I.1 la systématique du chêne liège :

Le chêne liège (Quercus suber L.) que les Grecs appelaient "l'arbre écorce" est une essence forestière de production. Il est également une usine à produire du liège, selon NATIVIDADE (1956) l'espèce Quercus suber L., appelé communément le chêne liège, a été décrit pour la première fois par le botaniste suédois LINNE en 1753. Sa systématique se résume comme suit :

Embranchement :	Spermaphytes
Sous embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Ordre :	fagales
Famille :	Fagaceae
Genre :	*Quercus*
Espèce :	*Quercus suber L.*

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

Espagne : Alcornoque, Alzinasurera ;

France : Chêne liège ;

Italie : Sughera

Portugal : Sobreiro ;

En Kabylie le Chêne liège est nommé : Igui.

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

Les caractères botaniques et dendrologiques du chêne liège sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 1: Les caractères botaniques et dendrologiques du chêne liège.

	Désignation	Caractéristiques	Auteurs
Caractères dendrologiques	**Port de l'arbre**	**Hauteur** : 10 à 12 m ; peut atteindre 20 à 22 m dans les conditions favorables. Tronc court, branches vigoureuses Apparition des premières ramifications à la hauteur de 3 à 4 m du sol	DEBIERRE, (1927) SACCARDY, (1937) BOUBY, (1956)
	Le houppier	De forme élancée en peuplement jeune ou serré De forme étalée en peuplement claire	NATIVIDADE, (1956)
	Le bois	Bois dense (densité égale à 1) Bois irrégulier Présence de cicatrices dues aux récoltes successives	YESSAD, (1999)
	L'écorce	Apparition à partir de 5 à 6 ans, du liège mâle Epaisseur moyenne de 2 à 3 cm entre 40 et 60 ans Possibilité d'attendre 20 cm sur un arbre âgé	ANONYME, (1987) in CHENOUNE, (1994)
	La longévité	Elle est en moyenne de 150 ans et peut atteindre 200 à 250 ans en Algérie	BOUDY, (1952)
Caractères botaniques	**Appareil végétatif**	**Racine** : de type pivotant notamment en sol profond **Les rameaux** : se subdivisent à partir de 3 à 4 ans de forme sinueuses, tomenteuses dans le jeune âge puis brun claire et grêles en première année puis deviennent robuste avec l'âge **Les bougeons** : de forme ovoïde, protégés par des écailles tomenteuses et sont de longueur de 2 à 3 mm **Les feuilles** : de forme ovale de longueur de 5 cm face supérieure blanchâtre et tomenteuse, persistance de 2 à 3 années renouvellement partiel chaque année	BOUDY, (1952) SACCARDY, (1937) SEIGUE, (1985) NATIVIDADE, (1956)
	Appareil reproducteur	**Inflorescence :** espèce monoïque ; 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 lannée.la fécondation n'a lieu qu'après 6 semaines de début de l'apparition des fleurs **Les fruits** : un gland de forme ovoïde enchâssé dense une forte cupule à écailles La fructification s'observe à 15 ans, abondante à partir de 30 ans et se poursuit au-delà de 100 ans	SEIGUE, (1985)

Les feuilles

Le liège

Inflorescences

l'arbre

Le gland

Le tronc

Figure 1 : Les caractéristiques botaniques et forestières du chêne liège.

I.3 La superficie du chêne liège

La superficie du chêne liège en Algérie présente 440000 ha, L'Algérie est classée en troisième position en termes de superficie, après le Portugal et l'Espagne. La superficie du chêne liège est résumée dans le tableau 2.

Tableau 2: Approximation des superficies du chêne liège en méditerranée

Pays	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Portugal	880000	32.6
Espagne	725000	26.9
Algérie	440000	16.3
Maroc	375000	13.9
Tunisie	144000	5.3
Italie	89000	3.3
France	44000	1.6

Source : Conservation des forêts de la wilaya de Tizi Ouzou, 2006) *in ADRIR et CHIKHI (2014)*

I.4 La répartition géographique du chêne liège

I.4.1 La répartition mondiale du chêne liège

Le chêne-liège se localise au Portugal, en Espagne, au Maroc, le nord de l'Algérie et en Tunisie (figure 2).

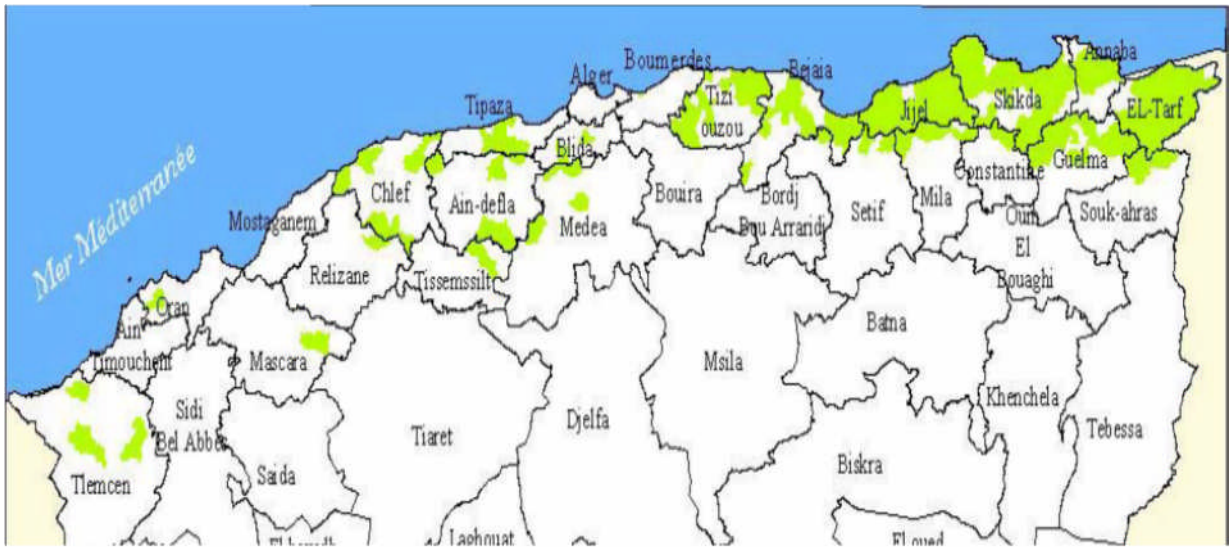
Figure 2 : distribution du chêne liège dans son aire géographique méditerranéenne et atlantique (I, M, L. 2005).

Cette espèce couvre une superficie totale d'environ 1 704 000 ha, éparpillés sur sept pays : Portugal, Espagne, France, Italie, Algérie, Tunisie et Maroc, **(**YESSAD, 2000**)**.
Nous résumons les superficies approximatives occupées par le chêne-liège dans le tableau 3.

I.4.2 Répartition géographique en Algérie

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

Le chêne liège est présent sur 450 000 ha, mais ne constitue de véritables subéraies que sur 150 000 ha.



Source: DGF(2003) *in* GABIS et Boukerb (2009)

Figure 3: Aire de répartition du chêne-liège en Algérie

I.4.2.1La répartition du chêne liège en Algérie par région subéricole

La répartition du chêne liège en Algérie par région subéricole est résumée dans le tableau 3 :

Tableau 3: La répartition du chêne liège en Algérie par région subéricole

Subéraies orientales		Subéraies occidentales	
Skikda	40.000 ha	Tlemcen	2000 ha
Jijel-EL-Milia	40.000 ha	Chleff	3000 ha
Guelma	20.000 ha	Médéa	200 ha
Annaba-EL-Tarf	30.000 ha	Blida	1000 ha
Tizi-Ouzou	10.000 ha		
Bouira	1500 ha		
Total	141 500 ha	Total	6200 ha

Source : YESSAD (2000)

I.5 Ecologie du chêne liège

Tableau 4: Ecologie, conditions édaphique, et cortège floristique du chêne liège

Désignation	Quercus suber	Auteurs
Conditions climatiques		MARGOT (2006)
Lumière	-Essence de lumière, accepte mal le couvert	
Pluviométrie	-le chêne liège représente une bonne croissance quand la pluviométrie annuelle est comprise entre 800 et 1200 mm	
Température	Il demande une température douce, dont l'optimum se situe entre 13 °C et 18 °C, elle ne supporte pas les gelées de -9 °C, longtemps (1 à 2 jours)	YESSAD (1999)
L'humidité	Le chêne-liège nécessite une humidité atmosphérique d'au moins 60٪ même en saison sèche	(BOUDY, 1952).
Bioclimat	étages bioclimatiques semi-arides tempérés et semi-arides doux à humide tempéré et humide doux.	(CANTAT et *al*. 2005)
Conditions édaphiques	Le chêne-liège est une essence calcifuge fuyant les sols calcaires et argileux. Il ne s'établit que sur des terrains siliceux, fissurés, meublés. Il s'accommode très bien aux terrains pauvres et profonds	(QUEZEL, 1976).
Altitude	Le chêne liège existe depuis le niveau de la mer jusqu'à 200 mètres d'altitude	(YESSAD, 19991)
Exposition	S'étend de 34° à 44° de latitude nord et constitue la région du bassin méditerranéen	(MICHOTTE, 1923)
Cortège floristique	Le chêne-liège pousse le plus souvent en peuplement mixte avec le chêne vert, le chêne zéen, le pin maritime, le pin pignon ou le châtaignier. végétation qui accompagne d'une manière naturelle le chêne-liège est souvent d'une formation buissonnante, haute et dense ; comprenant des espèces à feuilles persistantes aimant la chaleur et la lumière, ces espèces sont illustrées dans le tableau 1.	DESSAIN et TONDELIER (1991),

Source: (D.G.F, 2003) ***in ADRIR et CHIKHI (2014)***

I.6 Le cortège floristique du chêne liège

Le cortège floristique du chêne liège est représenté dans le tableau ci-dessous

Tableau 5 : Le cortège floristique du chêne liège

Nom commun	Nom scientifique
Bruyère arborescente	*Erica arborea*
Bruyère à balais	*Erica scoporia*
Arbousier	*Arbustus unedo*
Calycotome épineux	*Calycotum spinosa*
Ciste à trois feuilles de sauvage	*Cistus salvifolius*
Ciste de Montpellier	*Cistus monspeliensis*
Lavande à toupet	*Lavandula stoechas*
Cytise à trois fleurs	*Citus triflorus*

Source : DESSAIN ET TONDELIER, 1991.

II. Généralités sur le liège

II.1 : Introduction

Le liège ou écorce du chêne liège : est un produit végétal tiré du tissu phellogène ou de l'assise génératrice subéro- phellodermique. Il est formé de cellules mortes aux parois subérifiées. Il protège les parties vivantes du tronc et des branches de l'arbre.

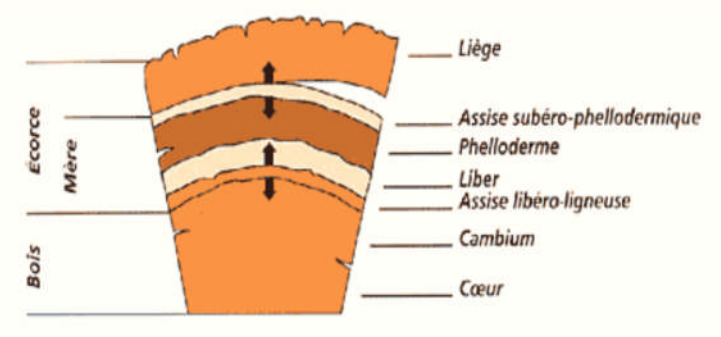
II.2 : Le processus de formation du liège

La croissance en diamètre de la tige de chêne liège résulte de deux assises génératrices de cellules, dont une que l'on nomme "phellogéne", "mère du liège" ou plus scientifiquement "assise génératrice subéro-phellodermique", située entre le liège et le liber (figure 5). L'assise subéro-phellodermique produit vers l'extérieur le liège et vers l'intérieur le phelloderme ; l'assise libéro-ligneuse (aussi appelée cambium) produit quant à elle vers l'extérieur le liber

(chargé de transporter la sève élaborée) et vers l'intérieur le xylème ou bois (chargé du transport de la sève brute) (figure 4). (Cours de METNA ; 2017).

Source :Cours METNA B., 2017

Figure 4 : Formation de liège



Source : Cours METNA B., 2017

Figure 5 : coupe transversale d'un bois de chêne liège

II.3 Accroissement du liège

Selon BOUDY (1952), l'épaisseur marchande du liège est en principe de 25 cm sous croûte, et se trouve normalement acquise à neuf ans en conditions écologiques favorables ; lorsque ces derniers sont défavorables il faut y aller jusqu'à douze ans.

Durant chaque année et après chaque récolte, une nouvelle couche de liège (cerne annuel) se forme en repoussant les plus anciennes vers l'extérieure, l'âge du liège est apprécié donc par le comptage des cernes (DEHANE, 2006, *in* ZENAGUI, 2014).

L'accroissement du liège s'arrête en hiver, généralement de la fin octobre à la- avril ou à la fin avril. Le cycle végétatif que produit le liège s'tend donc sur six mois environ ; mais il arrive que de très fortes chaleurs entrainent un repos estival momentané. Donc, l'évolution de l'épaisseur des cernes varie pour un même arbre selon nombreux facteurs, l'orientation et les

influences climatiques interviennent souvent pour accentuer l'effet de ce facteur (YESSAD, 2000).

Généralement, les accroissements annuels du liège Algérien sont maximums en 2éme, 3éme, et 4éme voire même à la 5éme année pouvant atteindre 3 à 5 mm d'épaisseur. Au delà, ils diminuent progressivement avec le vieillissement du liège et les conditions stationnelles (SACCARDY, 1937 *in* DEHANE, 2012).

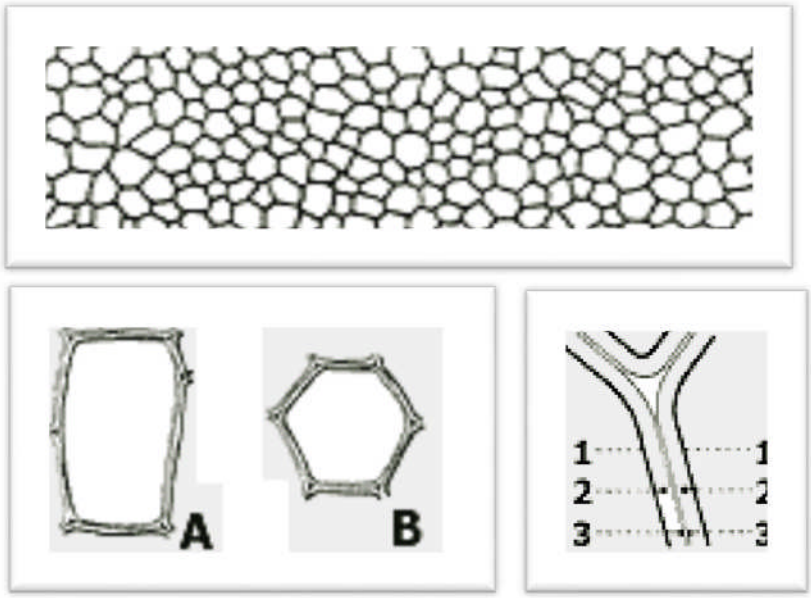
II.4 Structure cellulaire du liège :

Le premier tissu végétal examiné au microscope fut le liège qui a été décrit et dessiné par Robert Hooke**,** en 1665.Qui as trouvé une ressemblance entre ces tissus végétaux, composés de petites cavités, et l'intérieur d'une ruche d'abeilles, les nommas (cellules).

Les cellules sont des lenticelles sous forme des ports remplis en tannins et a forte lignification disposées en rangées radiales et contigües entre elles, les lenticelles permettent les échanges de l'air avec le milieu extérieur.

L'unité de mesure utilisée pour les cellules de liège est le micro dont le symbole est « µ »la longueur des cellules de liège varie entre 10 et 70µ, avec une moyenne de 40µ. Le nombre de cellules de liège par centimètre cube (cm^3) se rapproche des 35 millions de cellules (IPROCOR ,1999 *in* GABIS et BOUKERB, 2009).

La figure n 6 représente la section longitudinale et transversale de la cellule du liège.



C

A- section longitudinale

B- section transversale

C : membrane des cellules

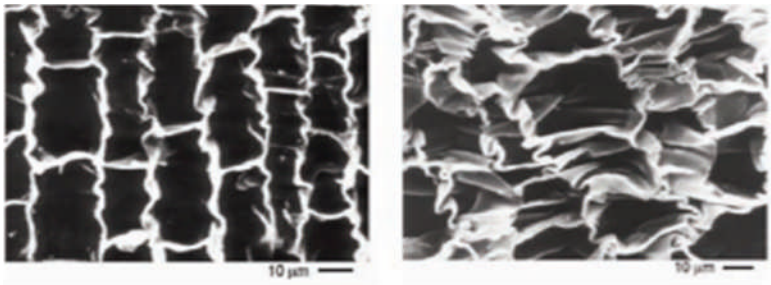
1- feuillet cellulosique

2- feuillet subérifié

3- feuillet lignifié

Source : PEREIRA (2008) *in* METNA B., 2003

Figure 6 : Représentation schématique de la structure cellulaire du liège



Source : PEREIRA (2008) *in* METNAB., 2003

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

II.5 Composition chimique du liège

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

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

Tableau 6 : Composition chimique du liège

Constituant	Pourcentage
Subérine	45%
Lignine	27%
Polysaccharides, cellulose	12%
Tanins	6%
Cires	5%
Autres (minéraux, eau, glycérine, etc..)	5%

Source : Cours METNA B., 2017

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**
La légèreté	88% d'air, faible densité (120 à 240 kg/m^3)
Elasticité et Compressibilité	Reprend instantanément son état initial
Coefficient de frottement élevé	Le micro ventouses lui confère une forte adhérence
Imperméabilité	Absorbe moins de 18 à 20% d'eau,
Pouvoir Calorifique	Capacité du liège à générer une chaleur équivalente a celle du charbon végétal, environ 7000 Kcal/kg.
Coefficient de « poisson nul »	Réduire le volume du liège vers une direction donnée, il ne se produit aucune déformation perpendiculaire.
Faible humidité d'équilibre	Cette faible humidité génére des conditions défavorable ou développement des microorganismes et par conséquence, il lui confère une durabilité illimitée.
Forte isolation thermique	Limitant la circulation de l'air. Il présente une résistance à la chaleur 30 fois supérieure à celle du béton.
Pouvoir d'absorption	Capacité de retenir à sa surface par le phénomène d'absorption certaines molécules provenant du milieu ambiant.
Absence de toxicité	Du fait de l'absence de toxicité, le liège a pu accompagner l'homme dans sa vie quotidienne.
Amortisseur d'impact	Capacité du liège à bien amortir les déformations dûes aux impacts directe.

Sources : IPROCOR (1999) et ALIECOR (2008).

II.7 Les défauts du liège :

Le liège présent aussi des différents défauts qui sont dûs à plusieurs effet externe qui rendent le liège de mauvaise qualité pour la production des bouchons.

Tableau 8 : Les différents défauts du liège

Défauts	**Caractéristiques**	**Auteur**
Liège soufflé	les lenticelles se remplissent par une matière pulvérulente, ce qui rend le liège imperméable.	IPROCOR, (1999).
Liège terreaux	Causé par un trouble dans le fonctionnement du phellogène qui abouti au remplacement d'une partie du suber par les tissus pulvérulent des lenticelles	MOUZAOUI, (1995).
Liège clouté	Présence de tissus lignifiés dans l'épaisseur du liège, ce qui le rend plus dur et plus dense	IPROCOR, (1999)
Liège doublé	c'est un décollement qui apparaît entre le phellogène et la nouvelle couche de liège.	IPROCOR, (1999).
Liège vert :	lorsque l'eau pénètre dans les cellules subéreuses entraîne l'apparition des champignons	IPROCOR, (1999)
liège marbré :	c'est un liège parcouru par des lignes noirâtres plus dense à la périphérie	BOUDY, (1952). IPROCOR, (1999)
liège parasité	la fourmi, le ver du liège et le pic creusent des galeries dans le liège et le déprécie.	BENKIRANE et *al*., (2000).

II.8 Qualité du liège

Le liège est un produit naturel qui, par sa nature et l'hétérogénéité des facteurs de sa production, présente une forte variabilité qualitative, d'où la difficulté à définir avec exactitude le concept de « qualité » (CARRASQUINHO, 1987). Dans le liège, les caractères morphologiques sont souvent des indicateurs de la qualité et ce, par la relation étroite qui

existe entre les propriétés du matériau, les caractéristiques et la disposition des tissus subéreux.

Au cours du processus de formation du liège, les perturbations du milieu affectent aussi bien sa croissance, sa couleur, sa texture, sa densité et sa porosité. Certaines de ces altérations, considérées comme des défauts, peuvent limiter les applications industrielles du produit (MOLINAS et OLIVA, 1990).

Parmi les facteurs de perturbation de la qualité du liège, nous citons le dépérissement des arbres. C'est un phénomène qui est apparu dans la région méditerranéenne dès le début du XXe siècle (NATIVIDADE, 1956). Mais, il a commencé à prendre des dimensions relativement importantes à partir des années 80-90 au Portugal (SOUSA *et al.* 1995), en Italie (MARRAS *et al.* 1995), en Espagne (GAROLERA 1988), en France (NAGELEISEN et HETT, 1989), au Maroc (BAKRY et ABOUROUH, 1996) et en Algérie (BOUHRAOUA *et al.* 2002). Ce phénomène complexe est en relation avec divers facteurs d'intensités variables d'une région à l'autre : les changements climatiques, les mauvaises pratiques de gestion sylvicole, l'exploitation du liège mal faite, les incendies, les attaques parasitaires, l'abandon des peuplements, etc. (AMANDIER, 2006).

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

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

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

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

Appelé aussi « calibre », ce critère représente le coté quantitatif de la qualité (quantité de bouchons ou disques produit par kilogramme sur une planche de liège). Il conditionne en même temps, la durée du cycle de production en subéraie (en se basant sur les accroissements

Annuels) et définit les classes d'épaisseurs admises couramment par le commerce. Dans la plus part des régions productrices du liège dites de plaine ou du littoral, la durée du cycle est évaluée à 9 ans voire 10 ans pour obtenir une épaisseur suffisamment marchande, très convoitée par les exploitants et les transformateurs bouchonniers. Par contre dans les régions de montagne, cette durée s'étale jusqu'à 12 ans voire 15 ans au maximum sous défaut d'un accroissement annuel fin et très lent.

Qu'il s'agisse de liège de plaine ou de montagne, l'utilisation industrielle range habituellement les planches de liège en classes d'épaisseur commerciale suivante (Tab.9) (Saccardy, 1937 ; Iprocor, 1994).

Tableau 9: Epaisseur commerciale pour le liège en planche

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

1ligne= 2,25 mm

Source : (SACCARDY, 1937 ; IPROCOR, 1994).

II.9 La production du liège

II.9.1 Production mondiale

La production mondiale du liège est estimée à environ 299.330 tonnes/an et est répartie sur sept pays comme le montre le tableau 10

Tableau 10 : La production mondiale du liège

Pays	**Production (tonnes/an)**	**Taux de production%**
Portugal	157 000	52.45
Espagne	88 400	29.54
Italie	17 000	5.68
Algérie	15 000	5.01
Maroc	11 000	3.68
France	7500	2.50
Tunisie	3400	1.14
TOTAL	**299 300**	100

Source : PREIRA (2008).

II.9.2 Production en Algérie

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

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

Selon la direction générale des forêts, la production a connu une diminution ; pendant que la demande est en augmentation. Elle tournait autour de 120 000 Qtx en 1990 et estimée ces dernières années à 90 000Qtx par ans. (Tableau 10).

Cette baisse de production annuelle est due selon le rapport de synthèse du **B.N.E.D.E.R. (1984)**,

A la dégradation de nos subéraies dont les causes sont les suivantes :

- Vieillissement des peuplements : presque 65 % des subéraies inventoriées sont formées de vieux sujets de plus de 100 ans et ayant subi plusieurs démasclages, 37 % de jeunes futaies, 1 à 1,5 % de taillis.
- Déficience ou absence de régénération naturelle.
- Absence d'aménagement dans la majorité des forêts de chêne-liège.
- Manque d'une main-d'œuvre qualifiée pour la récolte du liège : de nombreux arbres sont blessés lors du démasclage.
- Les incendies qui contribuent dans la dégradation des peuplements de chêne-liège (la mort des arbres, absence de régénération naturelle).

Tableau 11: Evolution de la production du liège

Années	**Production (Qtx)**
1990	91 261
1991	92 918
1992	128 478
1993	111 824
1994	38 824
1995	32 329
1996	109 491
1997	66 665
1998	162 253
1999	123 378
2000	127 724
2001	100 545
2002	80 553
2003	69 970
2004	67 808
Moyenne	**93 576**

Source : Ministère de l'Agriculture (2005) *in* ADRIR et CHIKHI (2014)

II.10 Les différentes utilisations du liège

Depuis longtemps le liège a été utilisé pour boucher des récipients contenant des liquides. Il possède des propriétés exclusives qui en ont fait un partenaire idéal du Vin ; il est souple pour pénétrer dans le goulot, élastique pour reprendre sa forme, adhérent pour se maintenir.

Au-delà du traditionnel bouchon, il faut aussi souligner que le liège est employé 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 textile et la fabrication de chapeaux;
• 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 cristallerie (pour ses propriétés abrasives);
• 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).

CHAPITRE II
Matériels et méthodes

1. Présentation du milieu d'étude

Dans le cadre de notre étude, le travail portera sur les trois stations forestières suivantes: la forêt de Bouhedjar, la forêt Zitouna à El Taref, et la forêt de Hafir à Tlemcen.

1.1. El-Taref

1.1.1. Situation géographique

La wilaya d'El-Taref est limitée au Nord par la mer méditerranéen, à l'Est par la frontière algéro-tunisienne, au Sud par les montagnes de la Medjerda (la wilaya de Souk-Ahras) et à l'Ouest par la ville d'El -Taref et par les marais de la Mekkada. Il s'étend sur une superficie de 78.400 ha (ANONYME, 1984). Les coordonnées de la région sont les suivantes :

- Longitude 8°27'3 Est.
- Latitude36°53'47' Nord.

1.2. Tlemcen

1.2.1. Situation géographique

La wilaya de Tlemcen se situe au nord-ouest d'Algérie. Elle est limitée géographiquement au : Nord-est par la wilaya d'Ain-Temouchent, à l'Est par la wilaya de Sidi Bel Abbes, à l'Ouest par la frontière Algéro-Morocaine et au sud par la wilaya de Naâma.

Elle s'étend sur une superficie de 9020 km2 du littoral au Nord et de la steppe au Sud.

Les coordonnées de la région sont suivantes :

- Longitude 34° et 35° 40' Est.
- Latitude 0° 30' et 2° 30' Nord.

2. Etude climatique

L'étude climatique est l'ensemble de tous les états ou l'état moyen que peut avoir l'atmosphère en un lieu donné au cours des années. L'étude climatique est basée sur des observations météorologiques archivées (évaluation momentanée et quotidienne), cette évaluation de l'atmosphère en un endroit donné peut être décrite avec de nombreux paramètres, en général elle se fait selon deux critères : la température et les précipitations.

2.1. El Taref

La zone d'étude est sous l'influence d'un climat subhumide, variante à hiver tempéré à chaud (Emberger, 1955). Il se caractérise par une pluviométrie forte généreuse, dont le total annuel varie entre 710 et 910 mm. Ce climat est à caractère méditerranéen avec une période

pluvieuse d'octobre à avril et une période sèche de mai à septembre. La température moyenne annuelle est de l''ordre de 18°C. Les mois les plus chauds sont juillet et août où la température moyenne oscille autour de 25°C. Les mois les plus froids sont décembre et janvier avec des températures moyennes de l'ordre de 12°C.

Durant la saison estivale, ce sont les vents chauds et secs qui dominent. Ils assèchent l'atmosphère et favorisent le déficit hydrique de la végétation et contribuent fortement à la propagation de violents incendies de forêts. Par ailleurs, la pluviométrie généreuse de la zone d'étude permet non seulement l'entretien du couvert forestier, mais surtout le maintien du réseau hydrographique important existant au sein du Parc. Ce dernier est représenté essentiellement par les 3 grands lacs cités précédemment à savoir El Mellah, Oubeïra et Tonga, de même que les nombreux oueds (Rivières) et sources traversant la zone.

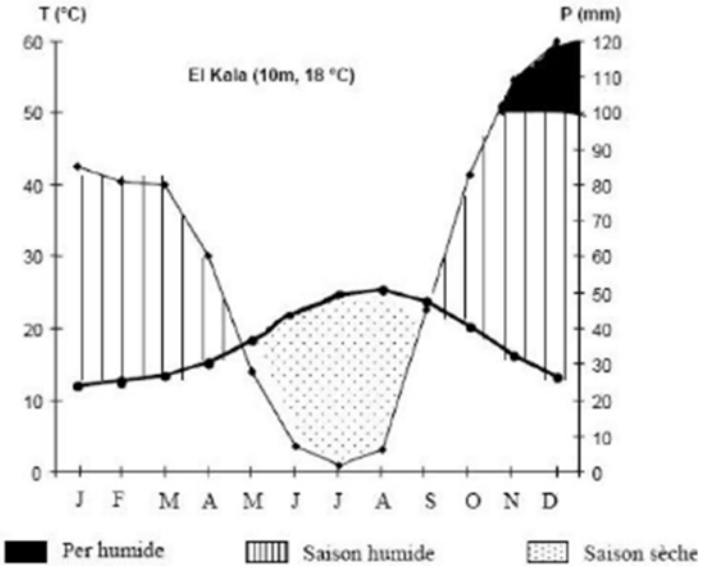


Figure 8 : Diagramme ombrothermique de la station d'El Kala.

2.2. Tlemcen

Le climat de la région de Tlemcen comme toute autre région méditerranéenne se caractérise par l'irrégularité de la pluviométrie dans l'espace.

Sur notre globe terrestre, la région de Tlemcen région est sous l'influence du climat méditerranéen, qui est « un milieu transitoire entre la zone tempérée et la zone tropicale, ou c'est le climat subtropical de la façade ouest des continents » , ce climat est caractérisé par la clémence des températures, le nombre élevé des jours ensoleillés sans pluies.

Sous ce climat on peut distinguer plus ou moins deux périodes ou saisons différenciées ; un été très sec et très chaud, un hiver pluvieux et très frais. La température

annuelle moyenne est de 25 °C, la pluviosité annuelle moyenne est de 600 mm, avec des vents périodiques violents comme le sirocco (un vent chaud et sec qui vient du sud rempli de sable) et le vent de l'est

3. Méthode d'échantillonnage

Dans la forêt de Tlemcen la méthode échantillonnage est le déliegeage de 10 arbres sur pied, et au niveau des 2 autre stations d'El Taref le liège récupéré a été mis dans des dépôts sur un ou plusieurs lots. Pour notre échantillonnage nous avons choisi la méthode d'échantillonnage pied par pied dans la station de Tlemcen (annexe 14) et l'échantillonnage stratifié systématique au niveau de la station d'El Taref, et nous avons pris 10 planches de chaque forêt. Au total 30 planches : 10 planches x 3 stations.

.Figure 9 : Dépôt du liège d'El Taref

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), AMIR et HIMED (2004) et ALOUI et *al* ., (2006). Trois mesures d'épaisseurs sous croûte ont été mesurées, deux à l'extrémité gauche et droite une au centre de la planche échantillonnée à l'aide d'un logiciel de mesure GIMP (General Image Manipulation Program) (annexe 19), qu'on va expliquer dans les étapes suivantes.

L'épaisseur de la planche est représentée par la moyenne des trois mesures, ceci est réalisé à l'aide d'un logiciel. (3 répétitions x10 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** (voir figure22) ; le nombre de pores et leurs diamètres horizontal et vertical sur les trois éprouvettes.

- **Densité du liège (Dstl)**

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 effectuées pour chaque éprouvette. La moyenne des trois éprouvettes représente la densité de la planche. Au total 90 mesures (3 mesures x 3 éprouvettes x 10 arbres) des 3 stations ont été effectuées.

Ainsi, la densité est estimée comme suit:

$$\mathbf{Dstl = M_h\,(g) / V_h\,(cm^3)}$$

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.

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 (mm^2)**

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

$$\mathbf{S = \pi\, D^2 / 4 \qquad avec \qquad D = (d_1+d_2) / 2}$$

d_1 et **d_2** étant les deux diamètres perpendiculaires de chaque pore mesuré à l'aide du logiciel **GIMP2**

- **Nombre de lenticulaires (NbL)**

C'est le nombre total des lenticelles observées sur une longueur de 5 cm. La moyenne des trois éprouvettes représente la moyenne de l'arbre.

- **Diamètre moyen des lenticelles (Dml)**

Le diamètre a été mesuré à l'aide d'un Logiciel **GIMP2** (voir figure23**)**. IL est estimé à l'aide de la formule suivante.

$Dml = (D_1 + D_2) / 2$

Avec :

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

D_1 : Diamètre au pré de la croûte (mm).

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

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

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

Sml =Dml x L

Avec :

Sml : Surface moyenne d'une lenticelle (mm^2).

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

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

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

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

Source : **MELIANI.D, HOUACINE.C (2017)**

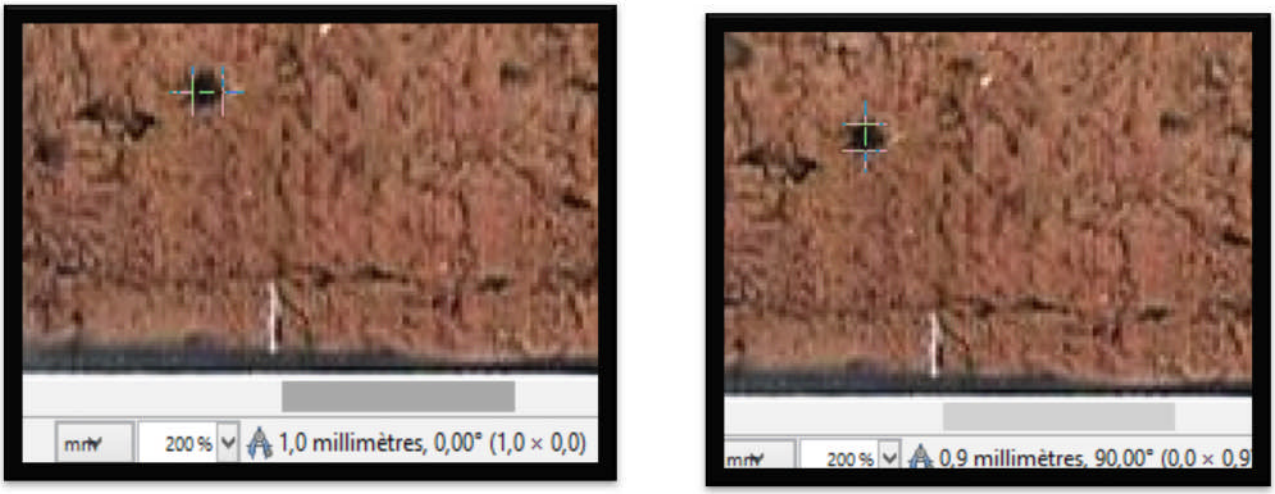
Figure 10 :Les éprouvettes utilisées pour le calcul de l'épaisseur sous croute du liège

Source : **MELIANI.D, HOUACINE.C (2017)**

Figure 11 : Méthode de mesure de l'épaisseur sous croute du liège à l'aide d'un logiciel GIMP

Source : **MELIANI.D, HOUACINE.C (2017)**

Figure 12: **Les éprouvettes utilisées pour la mesure de la porosité**



Source : **MELIANI.D, HOUACINE.C (2017)**

Figure 13 : les mesures des diamètres (d1 et d2) des pores par le GIMP

Source : **MELIANI.D, HOUACINE.C (2017)**

Figure 14: La mesure de la longueur des lenticelles par le GIMP

Source : **MELIANI.D, HOUACINE.C (2017)**

Figure 15 : Les éprouvettes utilisées pour la mesure de la densité (à gauche) et la balance de mesure de la masse des éprouvettes (à droite)

Étape 1

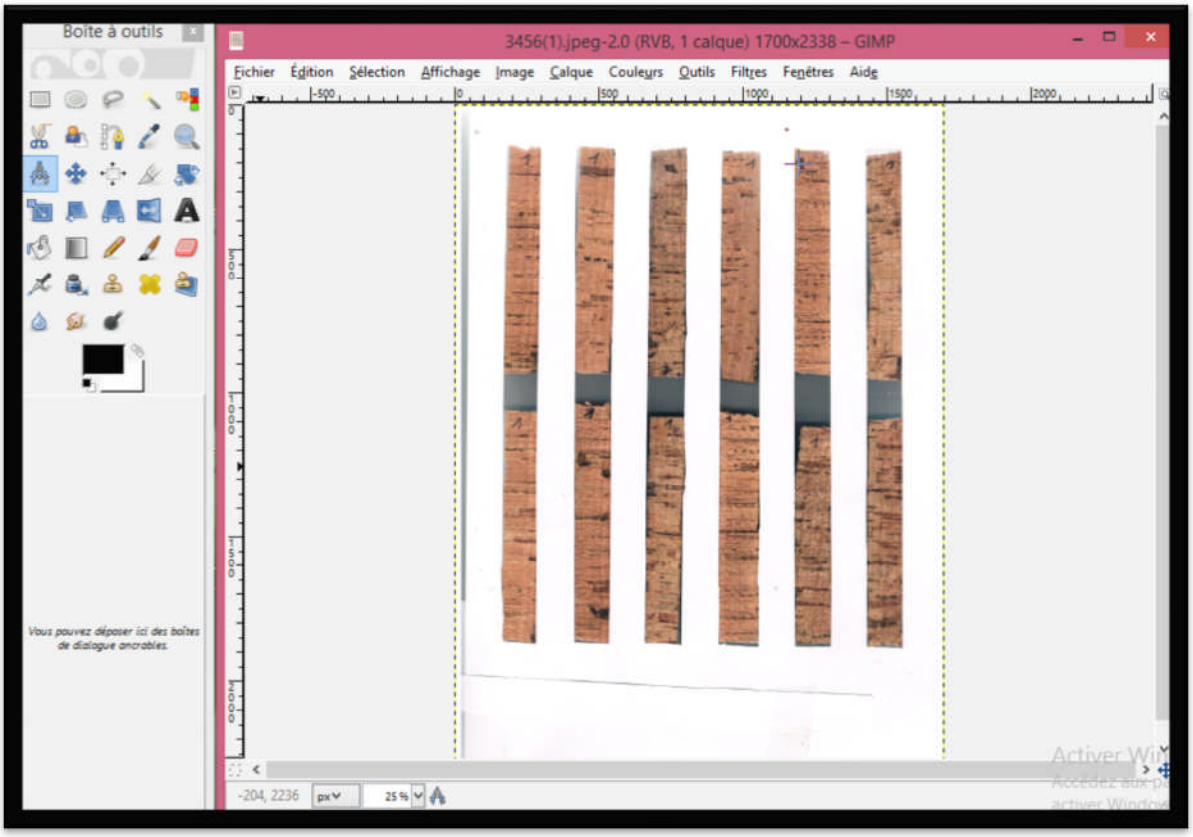
Étape 2

Étape 3

Étape 4

Étape 5

Étape 6



Étape 7

Source : **MELIANI.D, HOUACINE.C (2017)**

Figure 16 : Les déférentes étapes suivies lors de la réalisation de nos éprouvettes pour les déférentes 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%).**

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

6.1. Variation intra-stationnelle

A fin d'estimer la variation de l'épaisseur, de la porosité et de la zone terreuse du liège entre les arbres d'une même station, des paramètres de position (la moyenne **(M))** et de dispersion (l'écart-type **(σ) ;** le coefficient de variation **(CV%))** ont été calculés.

Ces paramètres permettent de comparer la dispersion de la variabilité relative de plusieurs séries statistiques dont les ordres de grandeur sont très différents. Le coefficient de variation est obtenu en exprimant l'écart-type en valeur relative à la moyenne, lorsque celle-ci est positive (DAGNELIE, 1973).

CV% = (σ/μ) x 100 avec **(σ)** : écart-type et μ : moyenne.

6.2. Variation 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 normales et de même variances, résultant d'échantillons aléatoires simples et indépendants les uns des autres (DAGNELIE, 1973).

L'analyse de la variance a pour principe de diviser la variation totale en plusieurs Composantes : une variance résiduelle, deux variances factorielles et une variance liée à l'interaction des deux facteurs (arbre et station). L'analyse des résultats se fait par la comparaison de la fonction observée qui est estimée par le rapport du carré moyen factoriel et du carré moyen résiduel avec la fonction théorique. Cette dernière est obtenue en fonction du degré de liberté factoriel et résiduel, elle est donnée par la table des distributions de la fonction de SNEDECORE au seuil $\alpha = 5\%$,1% et 1‰ (DAGNELIE ,1975).

6.3. L'analyse en composantes principales (ACP)

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

Dans le présent travail, l'utilisation de cette méthode permet d'apprécier la relation entre les variables 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 pore.
Smp.	Superficie moyenne des pores.
Cp.	Coefficient de porosité.
Sml.	Surface moyenne des lenticelles.
Stl.	Surface totale des lenticelles.
Dml.	Diamètre moyen des lenticelles.
Nbl.	Nombre des lenticelles.
Alt.	Altitude.
Agel.	Age du liège.
Dstl.	Densité du liège.
Pluv	Pluviométrie

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

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 = Cov(x, y) / S x Sy (DAGNELIE, 1973 *in* METNA, 2003)

Avec : **Sx** et **Sy** 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 :

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

Avec :

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

Il y a corrélation lorsque $\mathbf{t_{obs}}$ est supérieur à $\mathbf{t_{théo}}$ 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 et interprétations

I. Présentation des résultats

I.1 Epaisseur du liège (EPAIS)

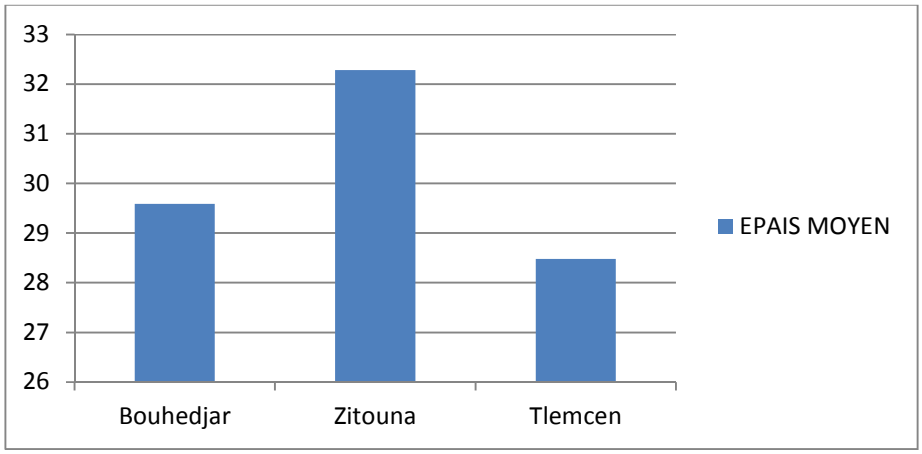


Figure 17 : distribution des l'épaisseur du liège des trois stations

Nous constatons que les moyennes de l'épaisseur du liège obtenu varient de 28.50 mm (valeur minimale enregistrée au niveau de la station de Tlemcen) à 32.20 mm (valeur maximale enregistrée au niveau de la station Zitouna (figure 17).

Si nous nous référons au seul critère de classification des épaisseurs des lièges (NORMES AFNOR, 1973 et ANONYME, 1989), la station de Zitouna a un liège d'épaisseur moyenne de 32.20 mm et les stations de Bouhedjar et Tlemcen présentent des épaisseurs moyennes inférieures à 30 mm. Les 3 stations sont représentées par une moyenne générale de l'épaisseur du liège de 30.278 mm.

Tableau 12 : distribution des échantillons du liège par classe commerciale d'épaisseur

stations / classe	Bouhedjar	Zitouna	Tlemcen	Moyenne par classe	Moyenne générale
<22	**7%**	**7%**	**13%**	**9%**	**30%**
[22-27]	**30%**	**13%**	**20%**	**21%**	
] 27-32]	**36%**	**33%**	**40%**	**37%**	**70%**
] 32-40]	**20%**	**30%**	**17%**	**22%**	
>40	**7%**	**17%**	**10%**	**11%**	

D’après le tableau 12 et la figure 18 la distribution par classe d’épaisseur du liège récolté dans les trois stations Bouhedjar, Zitouna et Tlemcen montre que 70% des planches présentent une épaisseur supérieure à 27 mm et sont destinées à la fabrication des bouchons, et les 30% de planches restantes doivent être orient vers la production de disques pour bouchons et autres agglomérés.

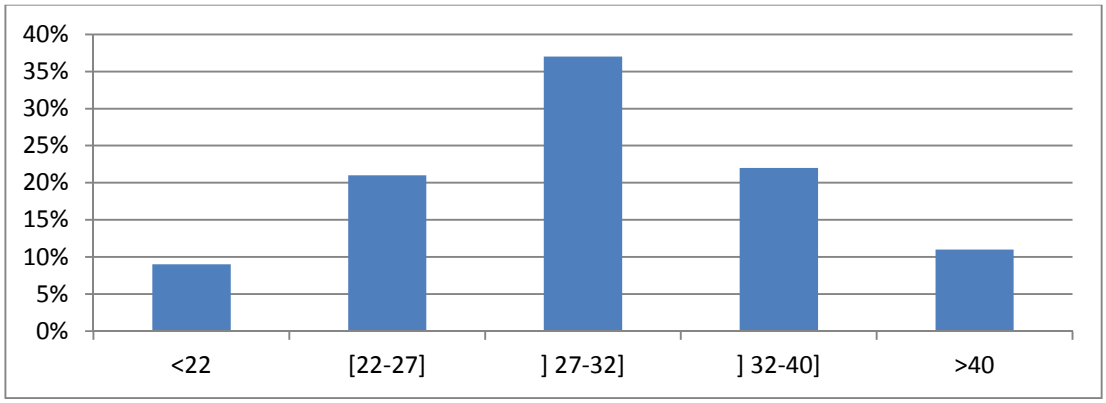


Figure 18 : Distribution des planches de liège par classes commerciales d’épaisseur

I.2 Nombre de pores

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

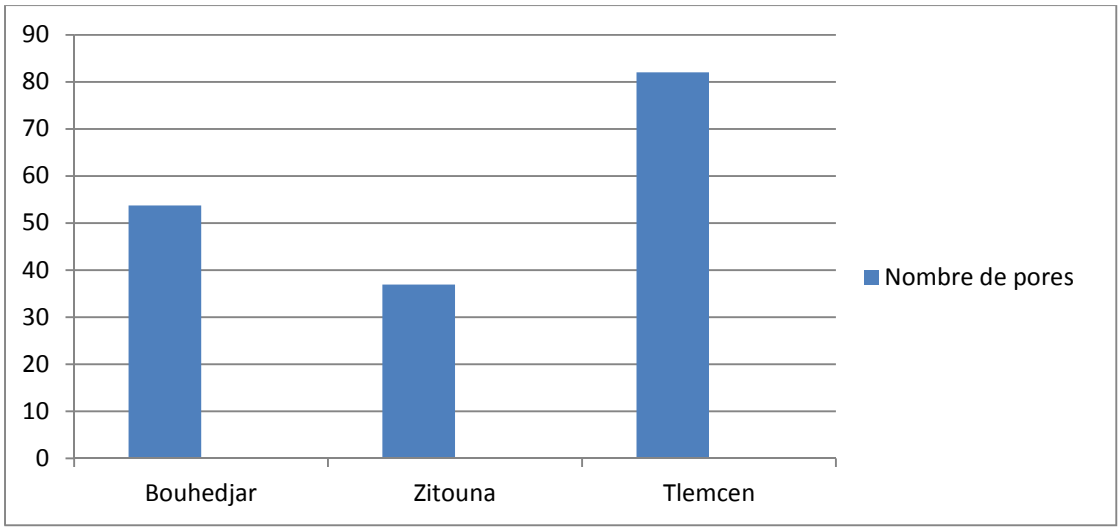


Figure 19 : Distribution de nombres de pores

Le nombre de pores moyen du liège obtenu varie de 36.95 pores mm (valeur minimale enregistrée au niveau de la station de Zitouna) à 82.03 (Valeur maximale enregistrée au niveau de la station de Tlemcen) (figure 19). La moyenne globale est de 57.57.

I.3 La superficie moyenne des pores

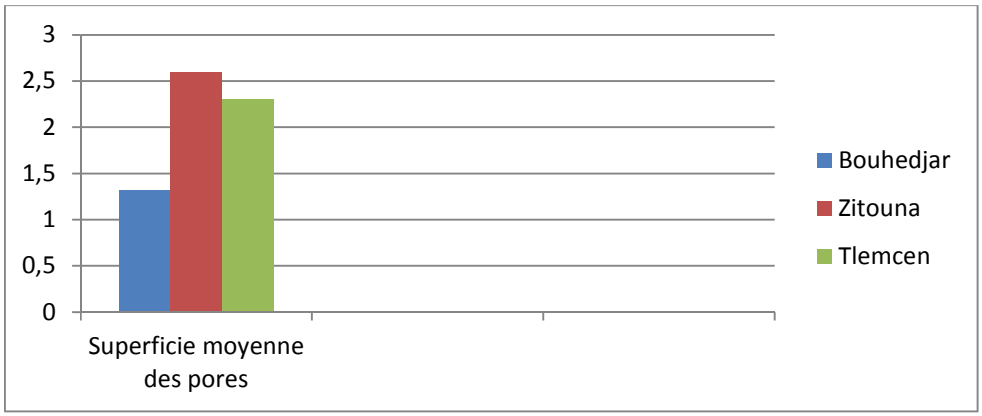


Figure 20 : Distribution de la superficie moyenne des pores

La superficie moyenne des pores varie d'une valeur minimale de 1.32 mm² enregistrée au niveau de la station de Bouhedjar et une valeur maximale de 2.592 mm² enregistrée au niveau de la station de Zitouna (figure 20**)** .La moyenne globale de la superficie des pores est de 2.07 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 13), inférieure à 1 mm^2, [1 - 2] mm^2 et supérieure à 2 mm^2 qui représentent respectivement les pores de petites, moyennes et grandes superficies. Les résultats obtenus montrent que Zitouna et Tlemcen sont dépourvues des pores de la classe des petites dimensions (<1mm²) alors que 37% des pores de la station de Bouhedjar appartiennent à cette dernière.

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

Tableau 13 : Distribution des pores par classe de diamètre des trois stations

Station	Classes de superficies des pores		
	<1mm²	1mm²-2mm²	>2mm²
Bouhedjar	37%	50%	13%
Zitouna	0%	43%	57%
Tlemcen	0%	40%	60%
Pourcentage des pores par classe de superficies	12.33%	44.33%	43.33%
Moyenne des pores par classe de superficies	0.71mm²	1.68mm²	2.88mm²

I.4 La densité

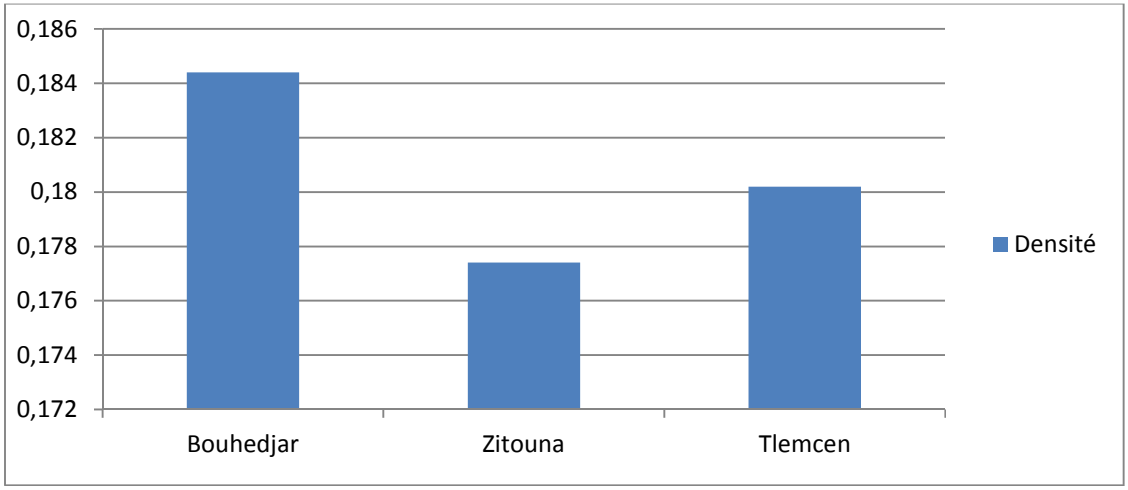


Figure 21 : Distribution de la densité des trois stations

La densité du liège calculée, pour les 3 stations, présente des valeurs moyennes qui varient de 0.184 g/cm ^{3} valeurs maximales enregistrées au niveau de la station de Bouhedjar à une valeur minimale de 0.181 g/cm ^{3} valeurs minimales enregistrées au niveau de la station de Tlemcen.(figure 21).

I.5 Le nombre de lenticelles (nbl)

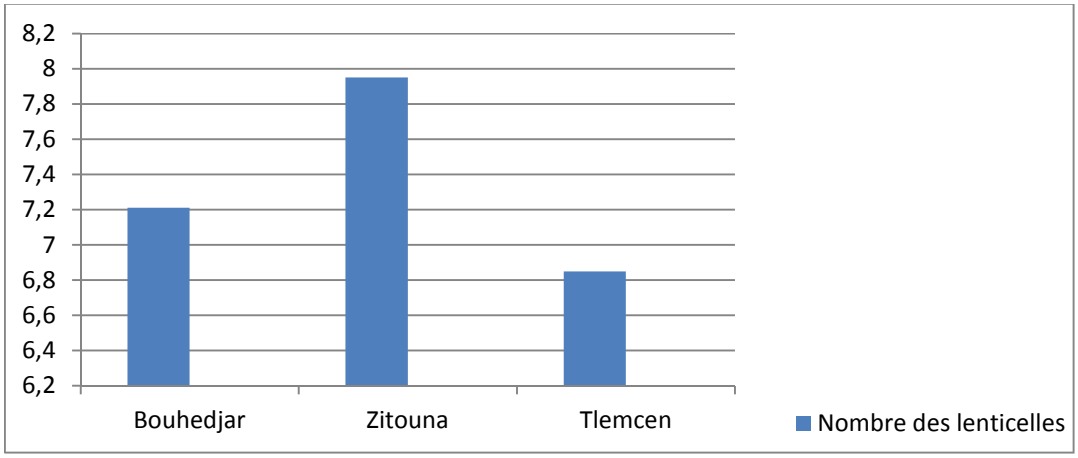


Figure 22 : la distribution des lenticelles dans les trois stations

Les résultats obtenus pour le nombre de lenticelles varient d'une valeur minimale de 6.85 enregistrée au niveau de la station de Tlemcen à une valeur maximale de 7.95 enregistrée au niveau de la station Zitouna. (figure 22). La moyenne globale pour l'ensemble des stations est de 7.34.

I.6 Surface des lenticelles

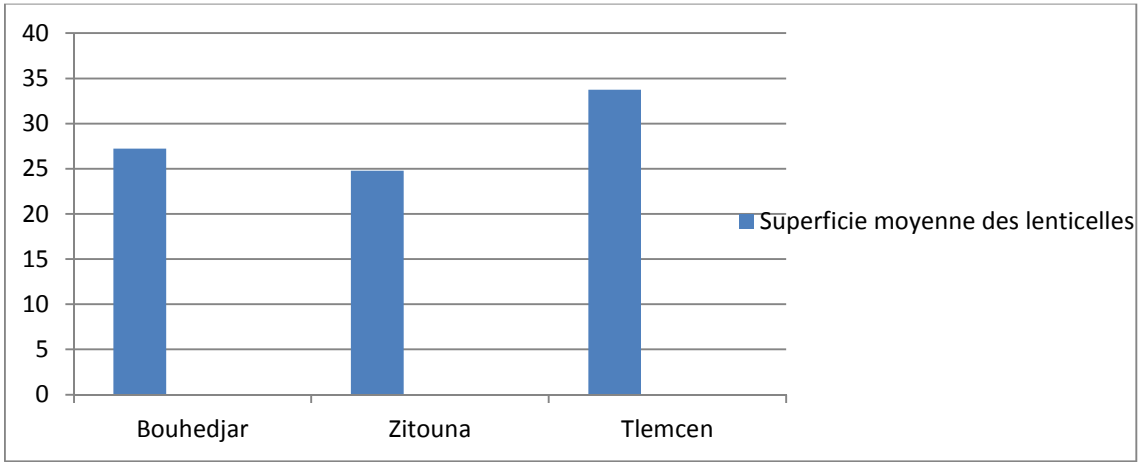


Figure 23 : Distribution des surfaces des lenticelles des trois stations

La surface moyenne des lenticelles est de 28.6mm^2 (figure 23) et elle varie d'une valeur minimale de 24.805 mm^2 enregistrée au niveau de la forêt de Bouhedjar à une valeur maximale de 33.766 mm^2 enregistrée au niveau de la forêt de Tlemcen.

I.7 Coefficient de porosité

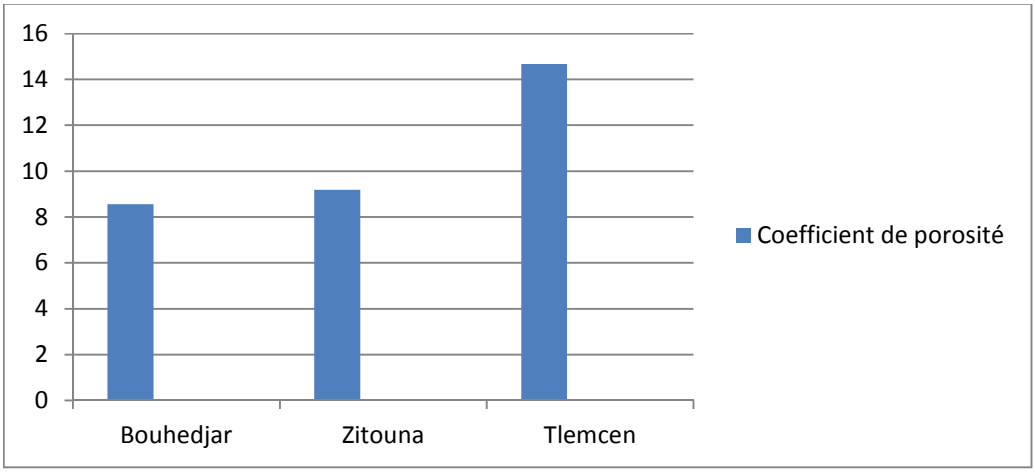


Figure 24 : Distribution du Coefficient de porosité des trois stations

Le Coefficient de porosité calculé s'évalue d'une valeur minimale de 8.554 % enregistrée au niveau de la station Bouhedjar à une valeur maximale de 14.667 % enregistrée au niveau de la station de Tlemcen, tandis que la station de Zitouna présente une moyenne de 9.184%. La moyenne générale de la variable est de 10.802%(figure 24).

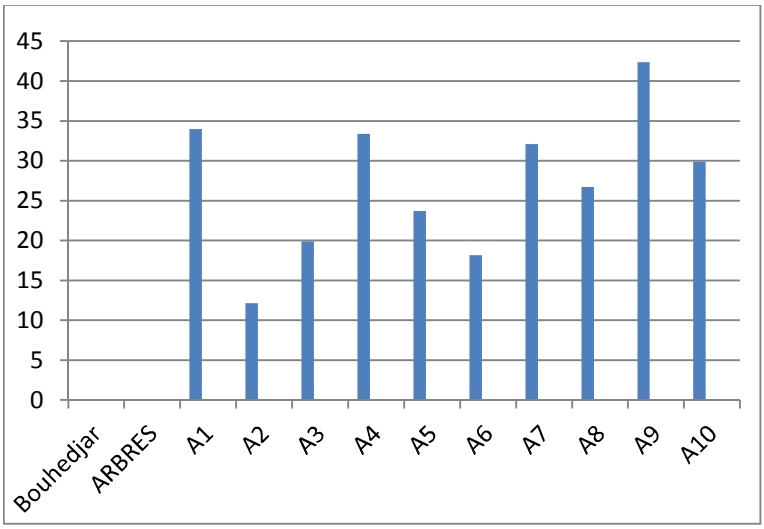


Figure 25 : distribution de la superficie moyenne des lenticelles des arbres de la station Bouhedjar

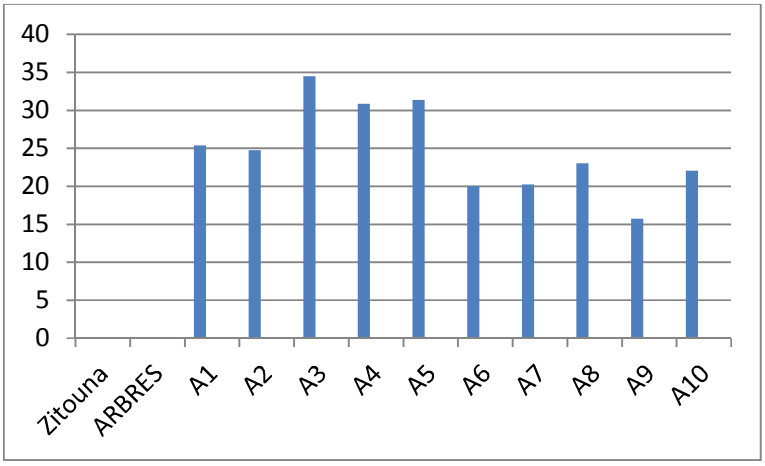


Figure 26 : distribution de la superficie moyenne des lenticelles des arbres de la station Zitouna

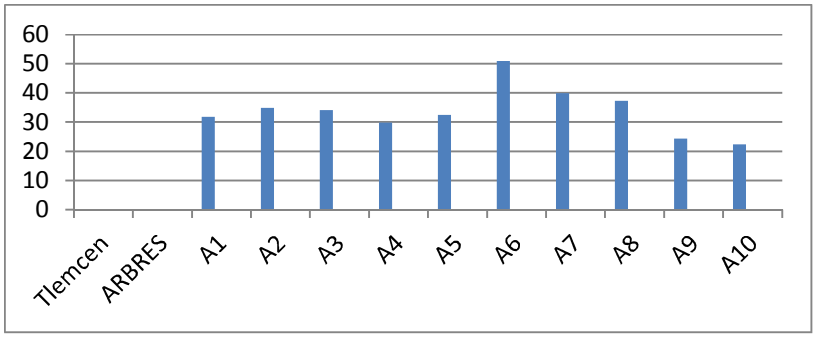


Figure 27 : distribution de la superficie moyenne des lenticelles des arbres de la station Tlemcen

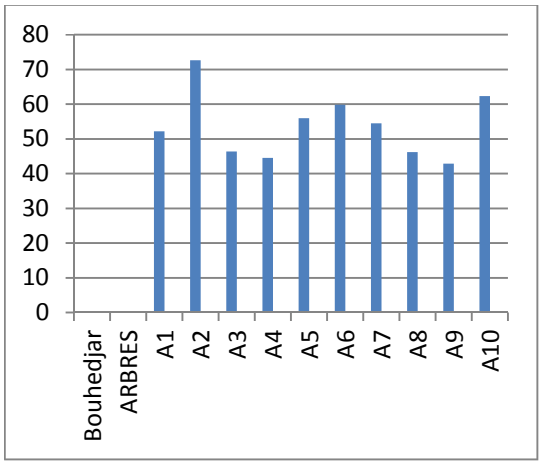


Figure28 :Distribution de nombre des pores des arbres de la station de Bouhedjar

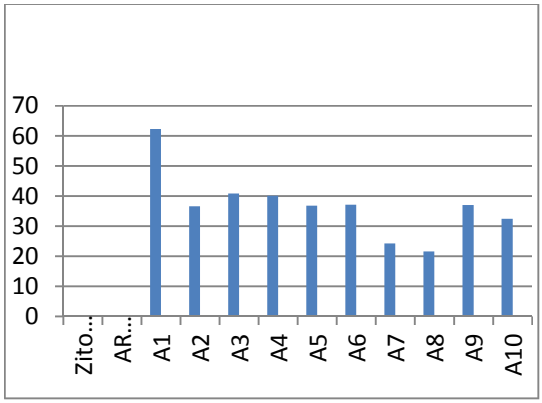


Figure 29 :Distribution de nombre des pores des arbres de la station de Zitouna

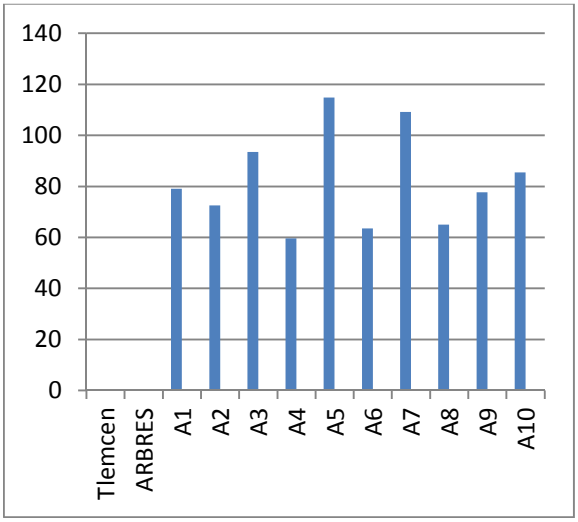


Figure 30 : variabilité de nombre des pores des arbres de la station de Tlemcen

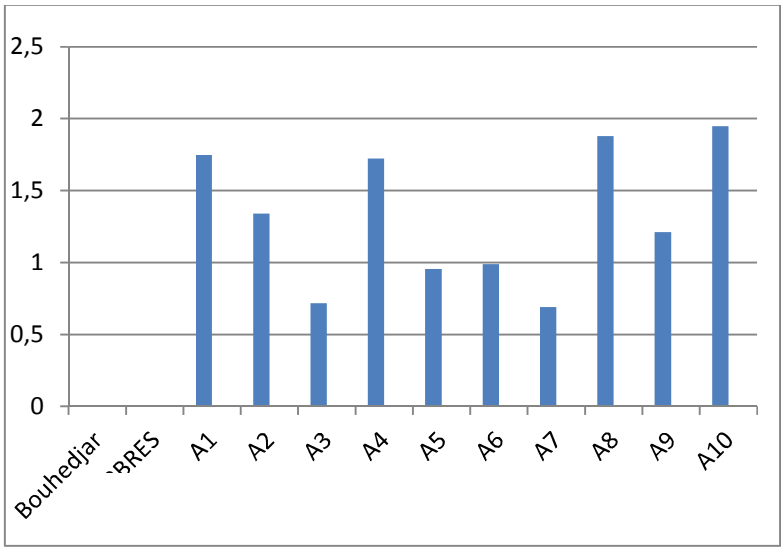


Figure 31:Distribution de la superficie moyenne des pores des arbres de la station de Bouhedjar

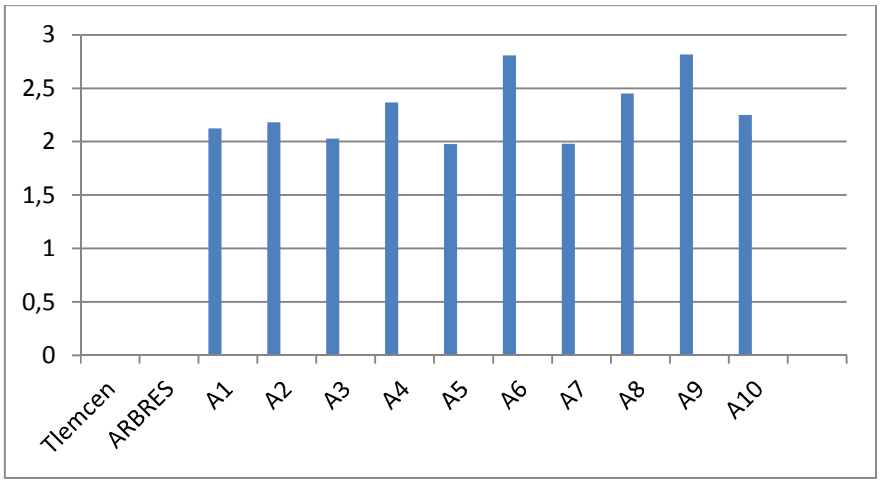


Figure 32:Distribution de la superficie moyenne des pores des arbres de la station de la station Zitouna

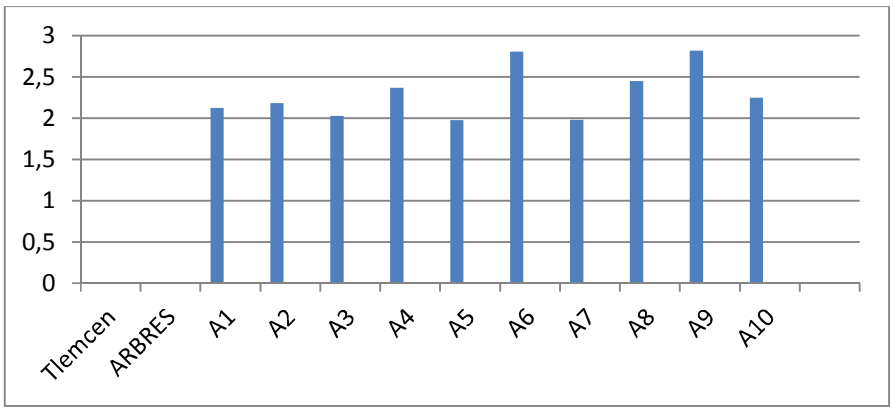


Figure 33:Distribution de la superficie moyenne des pores des arbres de la station de la station de Tlemcen

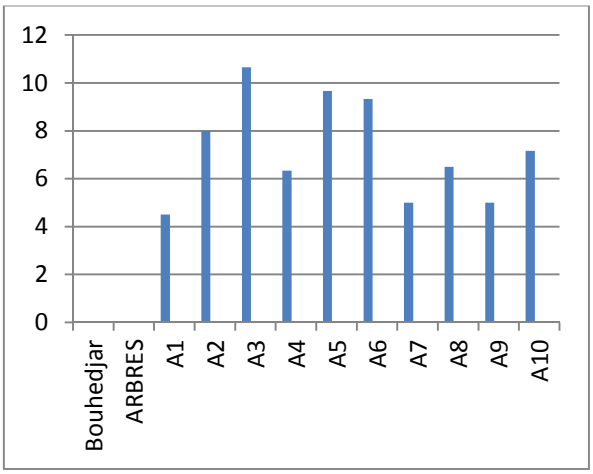


Figure 34 : Distribution de nombre de lenticelles de la station de Bouhedjar

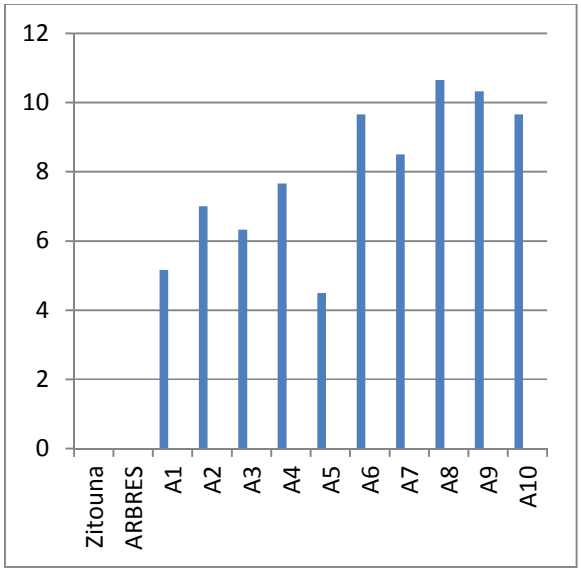


Figure 35 : Distribution de nombre de lenticelles de la station de Zitouna

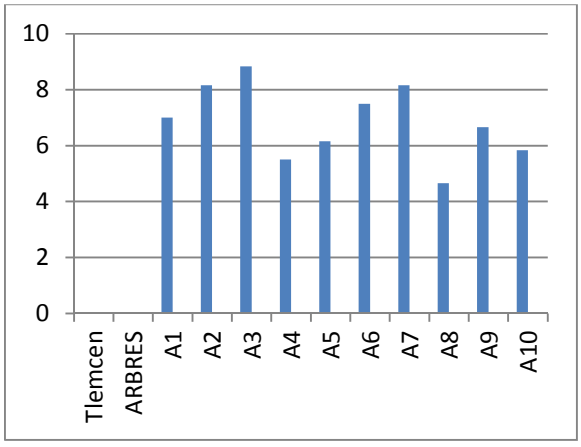


Figure 36 : Distribution de nombre de lenticelles de la station de Tlemcen

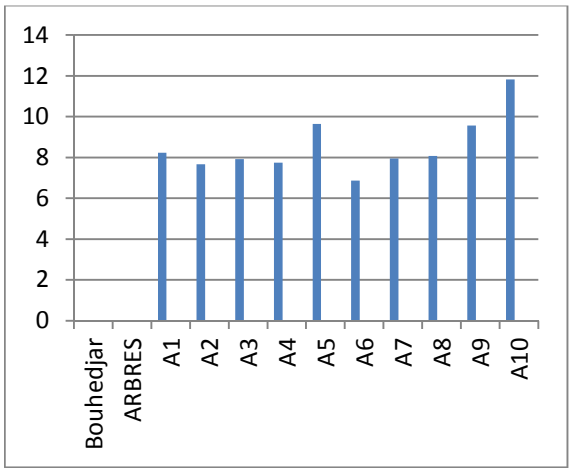


Figure 37 : Distribution de coefficient de porosité des arbres de la station de Bouhedjar

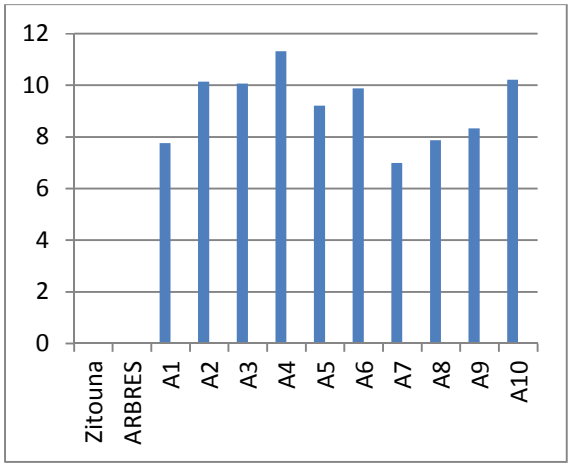


Figure 38: Distribution de coefficient de porosité des arbres de la station de Zitouna

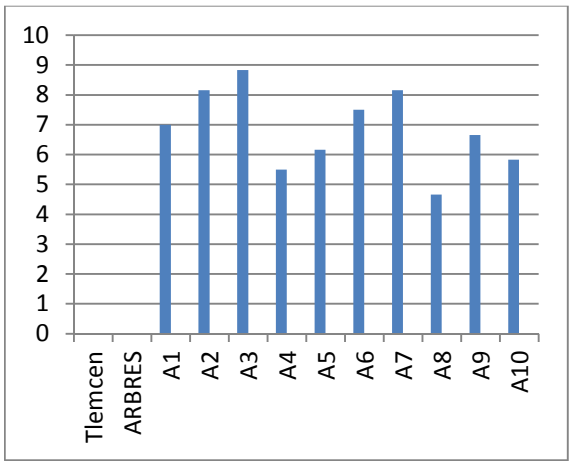


Figure 39 : Distribution de coefficient de porosité des arbres de la station de Tlemcen

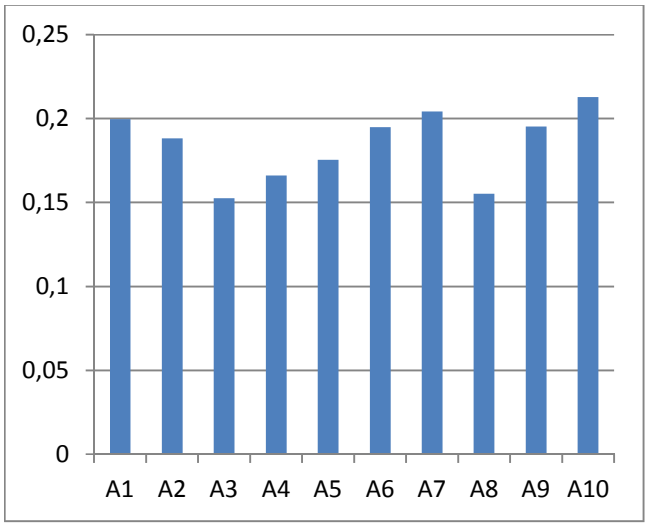


Figure 40 : Distribution de la des arbres de la station de Bouhedjar

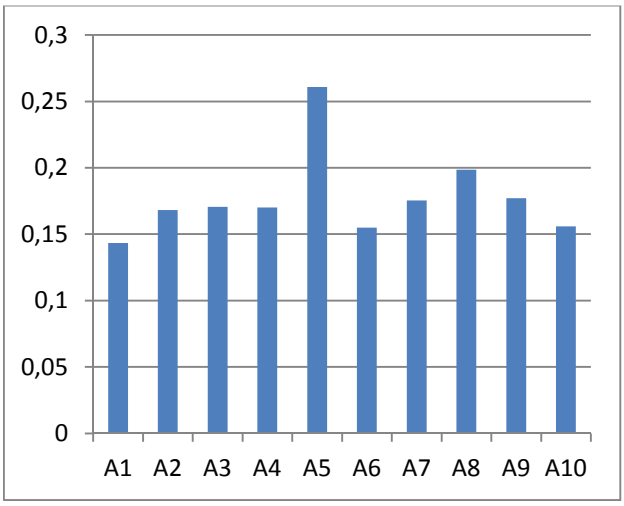


Figure 41 : Distribution de la densité des arbres de la station de Zitouna

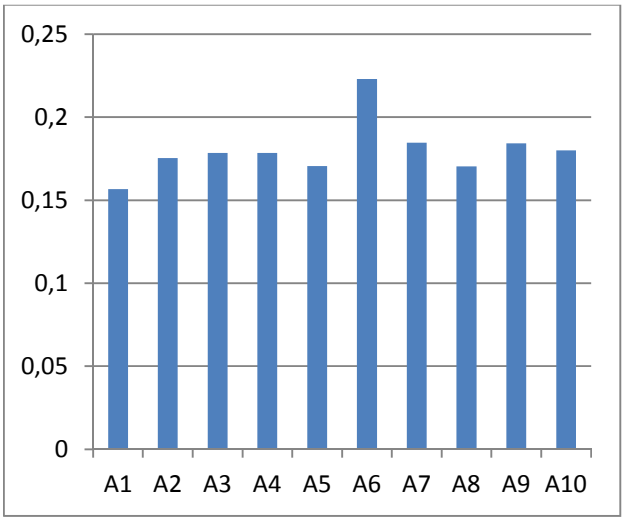


Figure 41 : Distribution de la densité des arbres de la station de Tlemcen

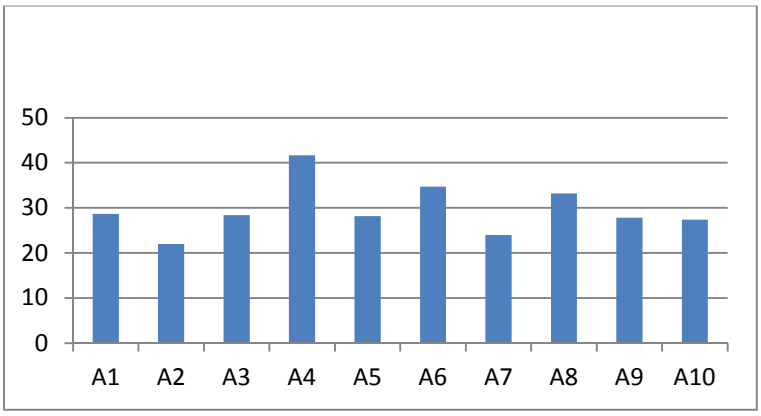


Figure 43 : distribution de l'épaisseur de liège des arbres de la station de Bouhrdjar

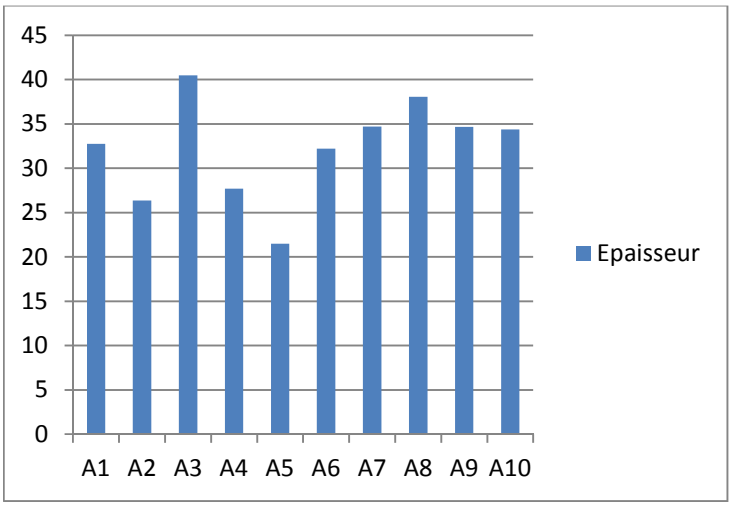


Figure 44 : distribution de l'épaisseur du liège des arbres de la station de Zitouna

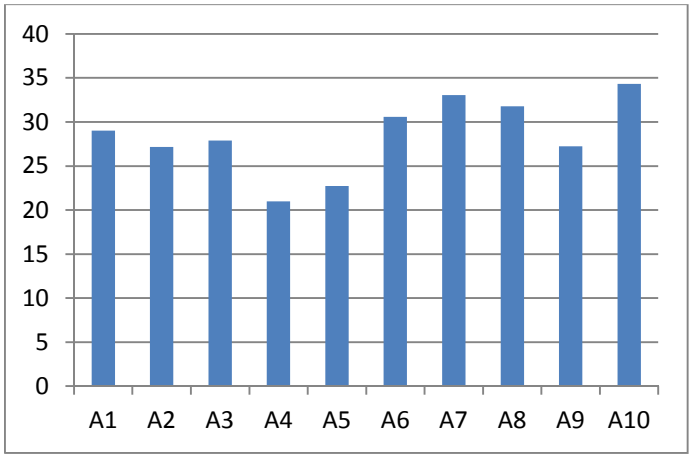


Figure 45 : distribution de l'épaisseur du liège des arbres de la station de Tlemcen

II. Analyses de la variance

Comparaison des résultats entre les stations

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

Tableau 14: 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	DDl	C.M	TEST F	C.V	P	S	Test de Newman et keuls facteur station.
Epaisseur du liège	v.totale	3246.015	89	36.472		8.44%			GA : Zitouna, Tlemcen GB : Bouhedjar
	v.factorielle1	294.147	2	147.073	22.497		0	THS	
	v.factorielle2	1036.472	9	115.164	17.616		0	THS	
	v.inter f1*f2	1523.142	18	84.619	12.944		0	THS	
	v.résiduel	392.253	60	6.538					
Nombre de pores	v.totale	55903.79	89	628.132		21.85%			GA : Tlemcen GB :Bouhedjar GC :Zitouna
	v.factorielle1	31150.78	2	15575.39	98.39		0	THS	
	v.factorielle2	4868.449	9	540.939	3.417		0.00194	HS	
	v.inter f1*f2	10386.39	18	577.022	3.645		0.00009	THS	
	v.résiduel	9498.168	60	158.303					
Superficie moyenne des pores	v.totale	73.995	89	0.831		30.14%			GA :Zitouna, Tlemcen GB :Tlemcen
	v.factorielle1	26.631	2	13.315	34.25		0	THS	
	v.factorielle2	9.833	9	1.093	2.81		0.00809	NS	
	v.inter f1*f2	14.206	18	0.789	2.03		0.02142	S	
	v.résiduel	23.326	60	0.389					
Nombre des lenticelles	v.totale	569.314	89	6.404		27.88%			GA :Bouhedjar, Zitouna, Tlemcen
	v.factorielle1	18.822	2	9.411	2.248		0.11227	NS	
	v.factorielle2	74.358	9	8.262	1.974		0.05811	S	
	v.inter f1*f2	225.567	18	12.531	2.994		0.00077	THS	
	v.résiduel	251.167	60	4.186					
Superficie moyenne des lenticelles	.totale	11096.83	89	124.684		31.79%			GA : Tlemcen GB :Zitouna, Bouhedjar
	v.factorielle1	1289.017	2	644.508	7.797		0.00109	THS	
	v.factorielle2	499.345	9	55.483	0.671		0.73264	NS	
	v.inter f1*f2	4348.545	18	241.586	2.922		0.00098	THS	
	v.résiduel	4959.924	60	82.665					
Coefficient de porosité	v.totale	1720.216	89	19.328		31.12%			GA : Tlemcen GB : Zitouna, Bouhedjar
	v.factorielle1	678.248	2	339.124	30.015		0	THS	
	v.factorielle2	58.304	9	6.478	0.573		0.81442	S	
	v.inter f1*f2	305.752	18	16.986	1.503		0.12068	S	
	v.résiduel	677.911	60	11.299					
Densité du liége	v.totale	0.075	89	0.001		11.36%			GA :Bouhedjar, Zitouna, Tlemcen
	v.factorielle1	0.001	2	0	0.867		0.42831	NS	
	v.factorielle2	0.011	9	0.001	2.772		0.00885	HS	
	v.inter f1*f2	0.039	18	0.002	5.085		0	THS	
	v.résiduel	0.025	60	0					

Avec :
S.C.E : somme des carrés des écarts **; CM** : carré moyen **; DDL** : degrés de liberté,
S : différences significatives au seuil de 5% **; HS** : différences hautement significatives ; **THS** : différences très hautement significatives **; G** : Groupe **; P** : Probabilité.

II.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 très hautement significatives entre les stations et à l'intérieure des stations.

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

- La station de Zitouna représente le groupe (A) avec une moyenne de 32.753 mm.
- Les stations de Bouhedjar et Tlemcen représentent le groupe (B) avec des moyennes respectives de 29.593 mm et 28.487mm.

II.2 Nombre de pore

Les résultats de l'analyse de la variance des nombres de pores montrent des différences très hautement significatives entre les stations et l'interaction arbre-station avec des p values respectives de 0 et 0.00009 et des différences hautement significatives entre les arbres (p=0.00194).

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

- La station de Tlemcen représente le groupe (A) avec la moyenne la plus élevée (82.033).
- La station de Bouhedjar représente le groupe (B) avec une moyenne de 53.733.
- La station de Zitouna représente le groupe (C) avec la moyenne la plus faible (36.95)

II.3 Superficie des pores

L'analyse de la variance montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les superficies des pores des stations étudiées (p =0), des différences hautement significatives entre les arbres (p=0.00809) et des différences significatives au niveau de l'interaction arbres-station (p=0.02142)

Le test de NEWMAN et KEULS scinde les stations étudiées en deux groupes homogènes (A, B)

- Le groupe (A) est représenté par les stations Zitouna et Tlemcen avec des moyennes respectives de 2.592mm² et 2.298 mm².

- Le groupe (B) est représenté par la station Bouhedjar avec la moyenne la plus faible (1.32 mm²).

II.4 Densité du liège

L'analyse de la variance montre l'absence de différences significatives entre les stations étudiées (p=0.42831), des différences hautement significatives au niveau du facteur arbres p=(0.00885) et des différences très hautement significatives au niveau de l'interaction arbres station (p=0).

II.5 Nombre des lenticelles

L'analyse de la variance révèle l'absence de variations du nombre des lenticelles entre les niveaux des facteurs étudiés; p= 0.11225 pour le facteur station et p=0.05811 pour le facteur arbre.

II.6 Surface moyenne des lenticulaires (sml)

L'analyse de la variance de la surface moyenne des lenticelles montre l'existence des différences significatives au seuil de 5% au niveau du facteur arbres, des différences hautement significatives au niveau du facteur station, et des différences très hautement significatives au niveau de l'interaction station arbre.

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

- La station de Tlemcen représente le groupe (A) avec la moyenne la plus élevée; 33.766 mm².
- Les stations de Bouhedjar et Zitouna représentent le groupe (B) avec des moyennes respectives de 27.23mm² et 24.805.

II. 7 Coefficient de porosité

L'analyse de la variance de la variable coefficient de porosité montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les stations, et des différences non significatives entre les arbres et interaction arbres avec les variables respectives de 0.81442 et 0.12068

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

- les stations de Tlemcen représentent le groupe (A) avec des moyennes de 14.667 %
- les stations de Zitouna et Bouhedjar représente le groupe (B) avec une moyenne respective de 9.184% et 8.554 %.

III .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 15 : valeurs propres des axes (pourcentages expliqués par les 4 premiers axes).

	F1	**F2**	**F3**	**F4**
Valeur propre	2,98	1,66	1,23	1,04
% variance	33,11	18,48	13,64	11,55
% cumulé	33,11	51,59	65,23	76,78

Le Tableau ci-dessus des valeurs propres montre que 79.78 % de l'inertie totale est expliquée par 4 axes.

Les axes 1 et 2 présentent la plus grande contribution à cette inertie avec respectivement 33.11% et 18.48%. La combinaison des deux axes traduit une valeur de 51.59% de la variance totale, et intègre la plupart des variables à l'exception de la densité représentés par l'axe 3 et le nombre des lenticelles qui est plus représenté par l'axe 4.

Il est juger utile d'éliminer dans l'interprétation les rôles respectifs des axes 3 et 4 (Tableau16), étant donné que le plan factoriel (1x2) intègre la majorité (51%) des variables

expliquées et explicatives (NPORES, SML, CP, AGE, ALTITUDE, SMPORE,EPAIS). D'où le choix de ce plan.

Tableau 16 : cosinus carres des variables

	F1	F2	F3	F4
N PORES	**0,46**	-0,11	-0,08	0,37
SMPORE	0,04	**0,55**	-0,05	-0,25
NBL	-0,16	0,43	0,29	**0,59**
SML	**0,37**	0,21	0,13	-0,53
CP	**0,45**	0,40	0,26	0,06
DENSI	0,08	-0,24	**0,71**	-0,26
EPAIS	-0,21	**0,44**	-0,33	-0,18
AGE	**0,36**	-0,20	-0,44	-0,10
Altitude	**0,49**	0,06	-0,09	0,24

Le plan F1 intègre les variable nombre de pores, surface moyenne des lenticelles coefficient de porosité, âge et Altitude.

III-1 Matrice de corrélation

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

Les résultats de la matrice (Tableau 17) montrent :

Des corrélations positives et très hautement significatives entre :

- le nombre de pores et la variable coefficient de porosité, âge et Altitude, avec des valeurs respectives de r = 0.52***,0.46*** et 0.72***.
- La surfaces moyennes des pores et la variable coefficient de porosité avec la valeur de r = 0.34***.
- La surface moyennes des lenticelles avec des valeurs coefficient de porosité, âge et altitude avec des valeurs respectives de r = 0.68***,0.32*** et 0.34***.
- Le coefficient de porosité avec la variable Altitude avec la valeur de r= 0.45***.

Des corrélations positives et hautement significatives entre :

-La superficie moyenne des pores et l'épaisseur avec la valeur de r = 0.25**.

-le nombre des lenticelles avec la variable épaisseur avec la valeur de r = 0.25**.

Des corrélations positives significatives :

-le nombre des lenticelles avec la variable coefficient de porosité avec la valeur de r = 0.21**.

-le coefficient de porosité avec la variable âge avec la valeur de r = 0.22**.

Des corrélations négatives et très hautement significatives :

-le nombre des lenticelles avec la variable âge avec la valeur de r = -0.36***.

Des corrélations négatives et hautement significatives :

-le nombre des pores avec la variable épaisseur avec la valeur de r= -0.28**.

-la densité avec la variable épaisseur avec la valeur de r= -0.28**.

-l'épaisseur avec la variable Altitude avec la valeur de r= -0.25*.

Les résultats de la matrice de corrélation montre que le coefficient de porosité présente une corrélation positive et très hautement significatives avec la variable Altitude avec la valeur de r= 0.45***, Et une corrélation positives et significative avec la variable âge avec la valeur de r = 0.22**.pourtant la plupart des études montre que la porosité présente une corrélation négative avec l'Altitude, ceci est expliquer par le faite que Tlemcen présente un vieux peuplement (figures 46 et 47).

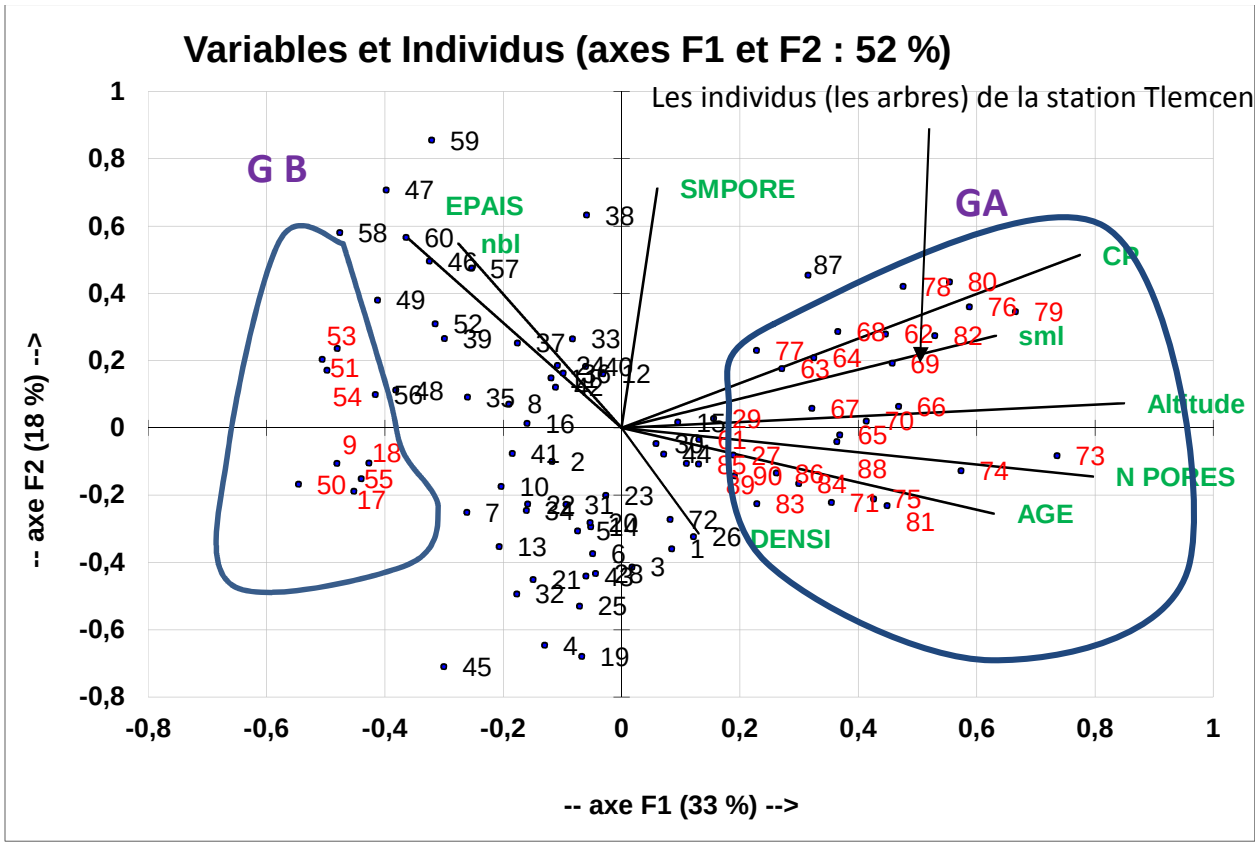


Figure 46 : Projection des individus sur le plan factoriel (1x2)

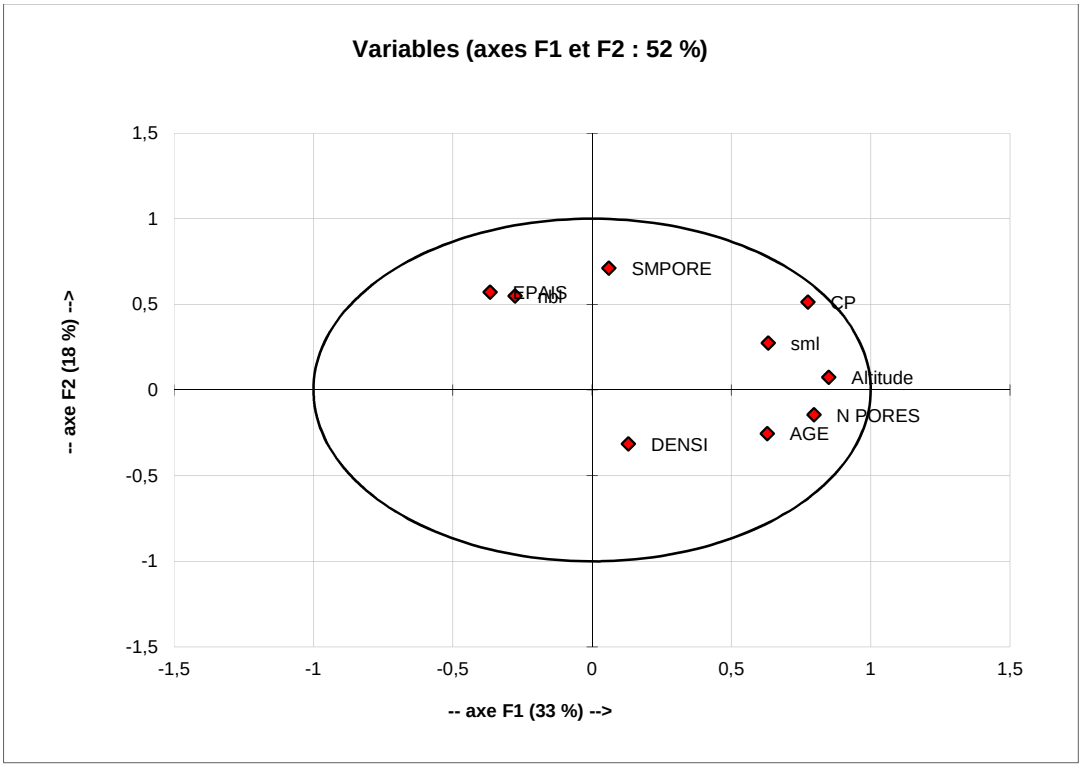


Figure 47 : cercle de corrélation du plan (1x2)

Tableau 17 : Résultats de la matrice de corrélation

	N PORES	SMPORE	NBL	SML	CP	DENSI	EPAIS	AGE	Altitude
N PORES	1								
SMPORE	-0,12	1							
Nbl	-0,17	0,05	1						
sml	0,20	0,10	-0,20	1					
CP	**0,52*** **	**0,34*** **	**0,21***	**0,68*** **	1				
DENSI	0,05	-0,14	-0,09	0,15	0,09	1			
EPAIS	**-0,28****	**0,25****	**0,25****	0,01	-0,16	**-0,28****	1		
AGE	**0,46*** **	-0,13	**-0,36*** **	**0,32*** **	**0,22***	-0,11	-0,14	1	
Altitude	**0,72*** **	0,11	-0,15	**0,34*** **	**0,61*** **	0,00	**-0,25****	**0,45*** **	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,05 (test bilatéral)
***: significatif; pour α =5% (K= 88), r_{th1} =0,194.**
****: hautement significatif ; pour α =1% (K= 88), r_{th2} =0,254.**
*****: très hautement significatif ; pour α =1‰ (K= 88), r_{th3} =0,321.**
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

La moyenne des épaisseurs du liège des stations étudiées nous conduit à une moyenne globale de 30.37 mm. Elle classe le liège comme un liège apte au bouchonnage. FEREIRA (1999) a déterminé les classes pour la fabrication des bouchons qui se situent entre 27 à 32 mm et entre 32 et 42 mm ; ils permettent le poinçonnage des bouchons de 24 mm de diamètre destinés pour les bouteilles de vin. Selon IPROCOR (1999). L'épaisseur est l'une des caractéristiques majeures pour l'appréciation de la qualité bouchonnable d'une planche de liège.

Sur un âge moyen de 10 ans, le liège étudié est classé dans la catégorie juste et régulière pour les trois stations. Les résultats de l'analyse de la variance de l'épaisseur du liège montrent une variabilité intra stationnelles avec un coefficient de variation moyen de 8.44 %, ceci pourrait être expliqué par l'hétérogénéité des peuplements, leur âge et leur structure liée au fonctionnement physiologique des arbres à l'intérieur des stations.

Gabis Amel et Boukerb Karima (2009) ont obtenu une épaisseur moyenne de 29.77 mm pour un âge moyen du liège de 11 ans au niveau de la station de GHORRA à El Taref. Ces résultats se rapprochent de ceux que nous avons obtenus au niveau de la station de Bouhedjar pour un même âge (29.59 mm).

Au niveau de la station de Hafir de la wilaya de Tlemcen dont l'âge moyen est de 12 ans, l'épaisseur marquée est de 31.31 mm, il présente une épaisseur plus importante que ceux des stations de Zitouna et Bouhedjar qui présentent des épaisseurs respectives de 33.04 et 29.59. Ce ci pourrait être expliqué par cette différence d'âge du liège de la station de Hafir avec les autres stations ; ainsi qu'a la présence de conditions favorables au développement du liège en épaisseur, étant donné que la station de Hafir est située dans l'étage climatique semi-aride d'où la présence de stresse hydrique qui permet au liège de se développer en épaisseur afin de protéger l'arbre. Dans de telles situations, la production du liège l'emporte sur la production du bois.

Le nombre de pores est plus important au niveau de la station Hafir (82.03) par apport à ceux de Zitouna (36.95) et Bouhedjar (53.73) (Annexe 14).

Cette variabilité inter stationnelle pourrait être expliquée par l'âge du peuplement du chêne liège de la station Hafir qui présente un grand nombre de vieux arbres (Annexe 16).

La superficie moyenne des pores du liège, des stations de Bouhedjar et Zitouna de la wilaya d'El Taref se présente avec des moyennes respectives de 1.32 mm^2, et 2.59 mm^2. Ces

dernières sont supérieures a celles obtenues par GABIS (2009), LOKMANE et EDJEKOUANE (2009), dans la même wilaya avec des valeurs respectives de 0.68 mm² et 0.9 mm².Ceci pourrait être dût aux altitudes différentes des stations étudiées étant donné que la variation de la superficie moyenne des pores pourrait être liée à la variation du taux d'humidité et de l'Altitude.

La station de Hafir à Tlemcen présente aussi une superficie moyenne des pores élevée (2.29 mm²) par rapport à celles des auteurs sus cités; ceci pourrait être du à l'âge du peuplement étant donné que le peuplement de Hafir est d'un grand nombre de vieux arbres. (Annexe.16).

Les coefficients de porosité obtenus pour les trois stations présentent des valeurs de 8.554 %, 9.184 % et 14.667 % qui correspondent respectivement aux stations de Bouhedjar, Zitouna et Hafir. La variation du coefficient de porosité entre les stations d'El Taref pourrait s'expliquer par la variation des conditions écologiques notamment l'humidité qui est en relation avec l'altitude de ces deux stations. Ces deux dernières présentent des altitudes ne dépassant pas 250 m donc un taux d'humidité élevé; ce qui pourrait expliquer cette porosité élevée su-citée comparativement au travail de Lokmane et Edjikouane, (2009) dans les stations dar djebel et Sidi-Bouzid avec des coefficients de porosités respectifs de 5.43 % et 4.92 % et le travail de Gabis et Boukerb..Karima(2009) dans les stations de Ghora, djebel dir d'El Taref et Bouabed avec une porosité moyenne des quatre stations de 3.36%.dans la même wilaya d'étude (El Taref).

Par contre la comparaison avec la station de Hafir avec un coefficient de porosité de 14.667 malgré une altitude de 1200 m ceci ne pourrait être lié qu'a l'âge du peuplement étant donné que la station de Hafir est composée d'un vieux peuplement de chêne liège.

L'analyse en composantes principales, réalisée à partir de toutes les variables mesurées des trois stations étudiées, a confirmé ces résultats. L'axe 1 de cette dernière a scindé les individus en deux groupes opposés GA et GB en fonction du coefficient de porosité qui est positivement corrélé avec l'âge du liège et l'altitude des stations.

Concernant la première corrélation coefficient de porosité avec l'âge du liège, cette dernière coïncide avec la théorie ainsi que les travaux de la majorité des auteurs. Par contre, la deuxième corrélation citée entre le coefficient de porosité et l'altitude ne pourrait s'expliquer que par l'âge du peuplement de la population de Hafir de Tlemcen qui a inversé la tendance entre la porosité et l'altitude des stations.

La densité du liège noté pour les stations de Bouhedjar, Zitouna et Tlemcen est respectivement de 0.184 g/cm^3, 0.177 g/cm^3 et 0.18 g/cm^3. D'après (NATIVIDADE (1956) et IPROCOR (1999), la densité normale des tissus subéreux varie de 0.12 g/cm^3 à 0.20 g/cm^{3,} nos résultats sont inférieurs a ceux obtenus par FERREIRA et al. (1999), avec une densité moyenne de 0.26 g/cm^3. Les résultats obtenus montrent une faible variation inter stationnelles de la variable densité.

L'analyse de la variance de la variable densité dévoile un groupe homogène, ceci pourrait s'expliquer par l'âge du peuplement. PIAZZETTA (2004) note que la densité du liège varie en fonction des caractéristiques du liège (nombre et taille des lenticelles, humidité, etc.).

Conclusion générale

Au terme de ce travail, nous présentons de façon synthétique les principaux résultats et conclusions auxquels nous sommes parvenus. Rappelons que ce travail a été consacré à l'étude de la variabilité de la qualité du liège des deux Wilayas El Taref et Tlemcen. Le liège de la station de Zitouna et Bouhedjar de la wilaya d'EL TAREF a été récupéré des dépôts de liège d'El-Taref. L'échantillonnage utilisé est l'échantillonnage systématique stratifié, et celui de Tlemcen a été prélevé directement sur l'arbre, l'échantillonnage effectué pour cette station est l'échantillonnage pied par pied.

Du point de vue classement du liège en fonction de l'épaisseur, les résultats acquis se résument comme suit :

- les stations de Bouhedjar et Hafir présentent un liège « juste », et Zitouna présente un liège « juste» et « régulier»
- le liège des trois stations est considéré apte au bouchonnage
- La distribution des planches du liège par classes de porosité suivant la classification de (NATIVIDADE ,1956); montre que les trois stations étudiées Zitouna et Bouhedjar d'Elkalaa et Hafir de Tlemcen présentent un liège poreux leurs coefficients de porosité moyens sont supérieurs à 4.
- la station de Tlemcen est caractérisée par une forte porosité (cp=14.66) donc de moindre qualité que les autres stations, ceci a été expliqué par le vieillissement du peuplement du chêne liège de la station de Hafir
- des coefficients de porosité moyens respectifs de 8.554 et 9.184 des deux stations d'El Taref en l'occurrence Bouhedjar et Zitouna sont en relation avec la faible altitude de ces deux stations donc un taux d'humidité élevé au niveau des stations.
- Une superficie moyenne des pores de 1.95 mm² au niveau de la wilaya d'El Taref et de 2.29 mm² a Hafir.
- La superficie moyenne des lenticelles de 26.01 a El Taref et 33.76 mm² à Tlemcen.
- Les densités du liège des trois stations sont très proches et concordent avec les travaux de IPROCOR, 1999 qui que la densité normale varie de 0.12 g/cm^3 à 0.20 g/cm^3.
- L'étude statistique des variables, nombre de pores et coefficient de porosité a montré des différences très hautement significatives entre les trois stations étudiées.

- Les résultats de l'analyse en composantes principales ont montré que la présence de beaucoup de vieux arbres au niveau de la station de Hafir de Tlemcen a inversé la tendance de la corrélation entre la porosité du liège et l'altitude des stations du chêne liège.

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

- L'humidité du milieu (l'éloignement de la mer, 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

Pour une étude plus complète nous recommandons à ceux qui vont compléter ce travail de **:**

- Faire un échantillonnage sur le terrain
- Réaliser des interventions sylvicoles et favoriser la régénération naturelle de peuplement.
- 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 et leur densité
    - Essence secondaire.
    - Situation du terrain
    - l'âge du liège.

Références bibliographiques

ADDRIR M. et CHIKHI R., 2014. Approche de l'étude de la typologie et des facteurs de concurrence dans les suberaies de Haddada, Bougous et Zitouna dans la wilaya d'El-Tarf. Thèse Ing.,D'Agro.,Université de Tizi-Ouzou,p5-7.

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

AMIR O. et HIMED N., 2004. Contribution à l'étude de la variabilité de la qualité du liège de reproduction : cas du canton Aboud (AZAZGA). Mémoire Ing., Faculté des sciences agronomiques et des sciences biologiques, Université de Tizi-Ouzou, 67p.

BENKIRANE H. et *al*., 2000.Possibilité de contrôle automatique de la qualité du liège par vision artificielle .École Nationale Forestière d'Ingénieurs, BP 511, Salé, Maroc.455-457pp.

B.N.E.D.E.R.(1984).État actuel de la suberaie et ses perspectives de valorisation .Rapport.

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

BOUDY P., 1956. Économise forestière nord-africaine. Tome 4.Ed. Larousse, 247p.

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.

CHENOUN K., 1994.Contribution a l'étude ecodendrometrique d'une futaie et d'un taillis de chêne liège dans le massif de Beni Gobri. Thèse Ing.,D 'Agro.,Université de Tizi ouzou 86p.

CIMASA, 1991. Laboratoire de l'industrie chimique du liège.

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

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

DEBIERRE F., 1927.Le chêne liège en Tunisie.60p.

DEHANE ; 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).

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.

DESSAIN G. et TONDELIER M., 1991. Le liège de méditerranée. Ed. Naratim, 80p.

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.

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.

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 , 8p.

INSTITUT MÉDITERRANÉEN DU LIÈGE (I.M.L).,1996. Ravageurs et maladies du Chêne-liège. Guide de Vulgarisation attaché aux ravageurs et maladies du chêne-liège en France, 23p.

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

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

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.

METNA B., 2003. Caractéristiques physiques et chimiques du liège de reproduction de la suberaie orientale de la wilaya de TIZI OUZOU .TH2SE DE MAGISTER. Agro.Univ.T.O, 102p.

MICHOTTE F., 1929.Manuelle de l'industrie du liège,pp 12-73.

MOUZAOUI A., 1995. Contribution a l'étude des caractéristiques physiques et mécaniques du liège aggloméré blanc et du liège caoutchouc. Cas de l'unité d'Aoukas (Bejaïa) .Méssm., Ing., I.N.A, El-Harrach. Algérie 64p.

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

PEREIRA. (2008).Chemical composition and variability of corkfromQuercussuber 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., 2005 —État des lieux de la filière liège française. Institut méditerranéen du Liège - Vivès.

PLAISANCE G., 1977.Le chêne liège. forêt privé , 118,pp.57-66.

QUEZEL P., 1976. Les forêts du pourtour méditerranéen. Forêts et maquis méditerranéens. Écologie, conservation et aménagement. Note technique de MAB, UNESCO, 2pp.

SACCARDY L., 1937. Note sur le chêne-liège et le liège en Algérie. Bulletin de la science de recherche forestière du nord de l'Afrique 372P.**SEIGUE A. ,1985**.La forêt circum-Méditerranéenne et ses problèmes. Edit. Maison neuve et Larousse, pp 67-97.

YESSAD S.(1999). Le chêne-liège dans les pays de la méditerranée occidentale.190 P.

YESSAD S. (2000). Le chêne-liège et le chêne dans les pays de la méditerranée occidentale. Édition ASBL forêt Wallonne. 190P.

ZENAGUI .(2014). Contribution a l'étude de la variabilité des paramètres caractéristiques du liège de 10 provenances. mémoire de master ., Faculté des sciences de la nature et de la vie et science de la terre et de l'Univers, Université de Tlemcen,1p.

Autres références :

DGF Direction Générale des Forêts de la Wilaya de Tizi Ouzou (2003).

Ministère de l'Agriculture (2005).

Annexes

Annexe 01 : Nombre des pores.

stations / Arbres	Bouhedjar	Zitouna	Tlemcen
A1	52,16	62,33	79
A2	72,66	36,66	72,5
A3	46,33	40,83	93,5
A4	44,5	40,16	59,66
A5	56	36,83	114,83
A6	59,83	37,16	63,5
A7	54,5	24,33	109,16
A8	46,15	21,66	65
A9	42,83	37	77,66
A10	62,33	32,5	85,5

Annexe 02 : Superficies moyennes des pores.

Stations / Arbres	Bouhedjar	Zitouna	Tlemcen
A1	1,74792413	1,65907088	2,12457796
A2	1,33976759	2,54684392	2,18227048
A3	0,71629565	3,34910029	2,02798192
A4	1,72355332	2,37537676	2,36673103
A5	0,95474373	2,05222666	1,97767931
A6	0,9891397	3,56686744	2,80752305
A7	0,6892197	1,84464975	1,98110845
A8	1,87787935	2,17034787	2,45143179
A9	1,21175817	2,50449509	2,81680951
A10	1,94724107	3,85207742	2,24916385

Annexe 03 : Coefficient de porosité.

stations / Arbres	Bouhedjar	Zitouna	Tlemcen
A1	8,24	7,76	15,14
A2	7,67	10,14	15,39
A3	7,92	10,07	17,25
A4	7,74	11,32	12,44
A5	9,64	9,21	16,18
A6	6,87	9,88	18,53
A7	7,95	6,99	18,03
A8	8,08	7,87	11,06
A9	9,56	8,33	13,48
A10	11,82	10,21	9,12

Annexe 04 : Densité du liège

stations / Arbres	Bouhedjar	Zitouna	Tlemcen
A1	0,19957	0,14327	0,15666
A2	0,1883	0,16811	0,17539
A3	0,15251	0,17056	0,17853
A4	0,16613	0,17014	0,17845
A5	0,17542	0,26098	0,17063
A6	0,19488	0,1549	0,22318
A7	0,20417	0,17542	0,18474
A8	0,15518	0,19851	0,17033
A9	0,19524	0,17699	0,18419
A10	0,21287	0,15579	0,17999

Annexe 05: Le nombre des lenticelles.

stations / Arbres	Bouhedjar	Zitouna	Tlemcen
A1	8	5,16	7
A2	10,66	7	8,16
A3	6,33	6,33	8,83
A4	9,66	7,66	5,5
A5	9,33	4,5	6,16
A6	5	9,66	7,5
A7	6,5	8,5	8,16
A8	5	10,66	4,66
A9	7,16	10,33	6,66
A10	4,5	9,66	5,83

Annexe 06 : Superficies moyennes des lenticelles.

stations / Arbres	Bouhedjar	Zitouna	Tlemcen
A1	33,987	25,389	31,741
A2	12,149	24,761	34,881
A3	19,872	34,492	34,117
A4	33,374	30,873	29,77
A5	23,691	31,386	32,402
A6	18,17	20,045	50,934
A7	32,106	20,247	39,873
A8	26,703	23,046	37,228
A9	42,351	15,741	24,341
A10	29,895	22,046	22,369

Annexe 07 : Résultats du test de NEWMAN et KEULS pour l'épaisseur du liège (comparaison des moyennes entre les stations)

STATIONS	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
Zitouna	32,753	A	
Bouhedjar	29,593		B
Tlemcen	28,487		B

Annexe 08 : Résultats du test de NEWMAN et KEULS pour le Coefficient de Porosité du liège (comparaison des moyennes entre les stations)

STATIONS	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
Tlemcen	14,667	A	
Zitouna	9,184		B
Bouhedjar	8,554		B

Annexe 09 : Résultats du test de NEWMAN et KEULS pour le nombre de pores du liège (comparaison des moyennes entre les stations)

STATIONS	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
Tlemcen	82,033	A		
Bouhedjar	53,733		B	
Zitouna	36,95			C

Annexe 10 : Résultats du test de NEWMAN et KEULS pour la superficie des pores du liège (comparaison des moyennes entre les stations)

STATIONS	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
Zitouna	2,592	A	
Tlemcen	2,298	A	
Bouhedjar	1,32		B

Annexe 11 : Résultats du test de NEWMAN et KEULS pour la superficie moyenne des lenticelles du liège (comparaison des moyennes entre les stations)

STATIONS	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
Tlemcen	33,766	A	
Bouhedjar	27,23		B
Zitouna	24,805		B

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

ARBRES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
A10	35,022	A			
A8	34,356	A			
A6	32,511	A	B		
A3	32,244	A	B		
A7	30,578		B	C	
A1	30,144		B	C	
A4	30,122		B	C	
A9	28,5			C	
A2	25,167				D
A5	24,133				D

Annexe 13: Résultats du test de NEWMAN et KEULS pour la densité du liège (comparaison des moyennes entre les Arbres) .

ARBRES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
A5	0,202	A	
A6	0,191	A	B
A7	0,188	A	B
A9	0,185	A	B
A10	0,183	A	B
A2	0,177	A	B
A8	0,175	A	B
A4	0,172		B
A3	0,167		B
A1	0,166		B

Annexe 14 : l’arbre de Hafir avec un taux de porosité élevé.

Annexe 15 : Le déliègeage du liège a plusieurs reprises.

Annexe 16 : Arbre 74 de la station de Hafir (vieil arbre).

Annexe 18 : Planches de liége

Annexe19 : Logiciel GIMP

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 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 connaitre 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 fenétre 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°

Liste des tableaux

Tableau 1 : les caractéristiques botaniques et Forestières du chêne liège 4

Tableau 2: Approximation des superficies du chêne liège en méditerranéens 6

Tableau 3: La répartition du chêne liège en Algérie par région subéricole 8

Tableau 4: Ecologie, conditions édaphique, et cortège floristique du chêne liège 9

Tableau 5 : Le cortège floristique du chêne liège 10

Tableau 6 : Composition chimique du liège 14

Tableau 7 : les propriétés du liège..... 15

Tableau 8 : Les différents défauts du liège 16

Tableau 9: Epaisseur commerciale pour le liège en planche 18

Tableau 10 : La production mondiale du liège..... 19

Tableau 11: Evolution de la production du liège 20

Tableau 12 : distribution des échantillons du liège par classe commerciale d'épaisseur 36

Tableau 13 : Distribution des pores par classe de diamètre des trois stations 39

Tableau 14: résultats de l'analyse de la variance et du test de NEWMAN et KEULS des variables mesurées..... 49

Tableau 15 : valeurs propres des axes (pourcentages expliqués par les 4 premiers axes) 52

Tableau 16 : cosinus carres des variables 53

Tableau 17 : Résultats de la matrice de corrélation 56

Liste des abréviations

CM : Carré moyen

C° : Degré Celsius

Cp : Coefficient de porosité

CV : Coefficient de variation

CVr : Coefficient de variation résiduelle

DDL : Degré de liberté

DGF : Direction générale des forêts

Dml : Diamètre moyen des lenticelles.

Ep : Epaisseur du liège

Fobs : Fonction observée

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

Facteur 1 : Station

Facteur 2 : Arbre

Facteur 3 : Station-Arbre

G : groupe

GIMP : General Image Manipulation Program.

Ha : Hectare

K : Degré de liberté (ddl = n-2)

Km^2 : Kilomètre carré

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid

m : Mètre

mm : Millimètre

mm^2 : Millimètre carré

Nbl : Nombre de lenticelles

NPORES : Nombre de pores.

Prob : Probabilité

r : Coefficient de corrélation

SCE : Somme des carrés des écarts

Sml : Surface moyenne des lenticelles.

Smp : Superficie moyenne des pores.

Stl : Surface totale des lenticelles

(r_{th1}, r_{h2}, r_{th3}) : Coefficients de corrélations minimums théoriques

V_h : volume du liège à la même humidité h.

α : Seuil de signification.

(σ): écart-type

Liste des figures

Figure 1 : Les caractéristiques botaniques et forestières du chêne liège……....5

Figure 2: distribution du chêne liège dans son aire géographique méditerranéenne et atlantique (I,M,L. 2005)…….....6

Figure 3: Aire de répartition du chêne-liège en Algérie……...7

Figure 4 : Formation de liège……...11

Figure 5 : coupe transversale d'un bois de chêne liège……..11

Figure 6 : Représentation schématique de la structure cellulaire du liège ……...13

Figure 07 : Cellules de liège en section transversale montrant ondulation (gauche) et corrugation (droite) ……....13

Figure 8 : Diagramme ombrothermique de la station d'El Kala……23

Figure 9 : dépôt du liège d'El Taref……24

Figure 10 : Les éprouvettes utilisées pour calcule de l'epaisseur sous croute du liége…..28

Figure 11 : Méthode de mesure de l'épaisseur sous croute du liège à l'aide d'un logiciel GIMP …….….28

Figure 12: Les éprouvettes utilisées pour la mesure de la porosité…….….29

Figure 13 : Les mesures des diamètres (d1 et d2) des pores par le GIMP……...….29

Figure 14: La mesure de la longueur des lenticelles par le GIMP……...30

Figure 15 : Les éprouvettes utilisées pour la mesure de la densité (a gauche) et la balance de mesure de la masse des éprouvettes (a droite)……....30

Figure 16 : Les déférentes étapes suivies lors de la réalisation de nos éprouvettes pour les déférentes mesures effectuées…….…...32

Figure 17: Distribution des l'épaisseur du liège des trois stations…….36

Figure 18 : Distribution des planches de liège par classes commerciales d'épaisseur….37

Figure 19 : Distribution de nombres de pores …….37

Figure 20 : Distribution de la superficie moyenne des pores……...38

Figure 21 : Distribution de la densité des trois stations……39

Figure 22 : Distribution des lenticelles dans les trois stations……..40

Figure 23 : Distribution des surfaces des lenticelles des trois stations……..40

Figure 24 : Distribution du Coefficient de porosité des trois stations……41

Figure 25 : Distribution de la superficie moyenne des lenticelles des arbres de la station Bouhedjar……...…….42

Figure 26 : Distribution de la superficie moyenne des lenticelles des arbres de la station Zitouna……...…….42

Figure 27 : Distribution de la superficie moyenne des lenticelles des arbres de la station Tlemcen …….42

Figure 28 : Distribution de nombre de pores des arbres de la station Bouhedjar……..43

Figure 29 : Distribution de nombre de pores des arbres de la station Zitouna……...43

Figure 30 : Distribution de nombre de pores des arbres de la station Tlemcen…….43

Figure 31 : Distribution de la superficie moyenne des pores des arbres de la station Bouhedjar……..…..44

Figure 32 : Distribution de la superficie moyenne pores des arbres de la station Zitouna…44

Figure 33 : Distribution de la superficie moyenne des pores des arbres de la station Tlemcen……...44

Figure 34 : Distribution de nombre de lenticelles du des arbres de la station Bouhedjar…….…...45

Figure 35 : Distribution de nombre de lenticelles des arbres de la station Zitouna……..….45

Figure 36 : Distribution de nombre de lenticelles des arbres de la station Tlemcen…….45

Figure 37 : Distribution du coefficient de porosité des arbres de la station Bouhedjar……46

Figure 38 : Distribution du coefficient de porosité des arbres de la station Zitouna……..46

Figure 39 : Distribution du coefficient de porosité des arbres de la station Tlemcen…….46

Figure 40 : Distribution de la densité du liège des arbres de la station Bouhedjar……..47

Figure 41 : Distribution de la densité du liège des arbres de la station Zitouna……...47

Figure 42 : Distribution de la densité du liège des arbres de la station Tlemcen……..47

Figure 43 : Distribution de l'épaisseur du liège des arbres de la station Bouhedjar……....48

Figure 44 : Distribution de l'épaisseur du liège des arbres de la station Zitouna……..48

Figure 45 : Distribution de l'épaisseur du liège des arbres de la station Tlemcen……...48

Figure 46: Projection des individus sur le plan factoriel (1x2)…….……55

Figure 47 : Cercle de corrélation du plan (1x2)…….……55