

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE & POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للعلوم الفلاحية-الحراش-الجزائر

Ecole Nationale Supérieure Agronomique-El-Harrach-Alger

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Magister

Spécialité : Sciences Agronomiques

Option : Gestion des Ecosystèmes Forestiers

Par :

M. Bilal ROULA

THÈME

**ETUDE DE LA QUALITE DU LIEGE DE
REPRODUCTION DES SUBERAIES
DE LA REGION DE JIJEL**

Soutenu le 20/10/2010

Devant le jury composé de :

<i>Président :</i>	<i>Mr. BELLATRECHE M.</i>	<i>Professeur (E.N.S.A)</i>
<i>Rapporteur :</i>	<i>Mr. MESSAOUDENE M.</i>	<i>Directeur de Recherches (I.N.R.F-AZAZGA)</i>
<i>Examineurs :</i>	<i>Mr. BOUHRAOUA R.T.</i>	<i>Professeur (Univ. Tlemcen)</i>
	<i>Mr. OLDACHE E.H.</i>	<i>Maitre de conférences (E.N.S.A)</i>
	<i>Mme. KHELIFI H.</i>	<i>Maitre de conférences (E.N.S.A)</i>

Année universitaire 2010/2011

Remerciements

Le travail présenté ici a été réalisé à la station INRF de Jijel. Il concerne l'étude de la qualité du liège qui est un produit noble de la forêt méditerranéenne, si ce n'est le plus précieux des matériaux biologiques. Cette étude fait partie des programmes de recherche de l'unité Foresterie de l'INRF dirigée par M. MESSAOUDENE M. et plus précisément des tâches de l'équipe chargée de l'étude et de la valorisation des produits forestiers dont je fais partie.

J'adresse mon premier remerciement à M. MESSAOUDENE MAHAND, Directeur de recherches à l'INRF pour m'avoir proposé ce sujet de mémoire. Depuis que j'ai entamé ce travail de recherche, il a su à la fois prodiguer ses conseils, son expérience et m'accorder la liberté nécessaire à sa réalisation. J'ai admiré et apprécié sa rigueur de pensée, sa simplicité et sa patience qui m'ont encouragé et permis de mener ce travail à bon terme. Enfin à l'heure cruciale de la rédaction du manuscrit, son amitié et sa confiance m'ont aidé à surmonter cette dure épreuve.

J'exprime ma profonde gratitude au Professeur Mohamed BELLATRECHE qui par son professionnalisme et son engagement a contribué à ma formation en graduation et post-graduation. J'ai eu l'honneur de l'avoir comme enseignant et aujourd'hui il me fait encore une fois l'honneur d'accepter de présider le jury de ce mémoire, Je tiens à remercier vivement Dr. BOUHRAOUA Tarek RACHID, Professeur et Chef de département de Foresterie à l'université Abou Bekr Belkaid –Tlemcen, le DR. OLDACHE EL-HADI, et M^{me}. Khelifi. H. Maitres de Conférences à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique pour avoir bien voulu faire partie de ce Jury et accepter d'examiner mon travail.

Mes remerciements s'adressent aussi à l'ensemble de mes collègues, en particulier à M. CHOUIAL Ali, Chef de station INRF de Jijel pour son soutien logistique et administratif, à tous mes amis et personnel de la conservation des forêts de Jijel, du CFATSF de Jijel en particulier M. DEFFOUS A., du Parc National de Taza et de la SAFA Babors, pour leur gentillesse, leur serviabilité et leur important appui moral et leurs encouragements.

Enfin, au terme de ces remerciements, je souhaiterais rendre hommage à mes proches, en particulier à mes très chers parents, mes frères et sœurs. A mon épouse dont le soutien m'a beaucoup aidé dans l'accomplissement de ce modeste travail.

SOMMAIRE

Résumé	v
Liste des figures	vii
Liste des tableaux	viii
Liste des abréviations	ix
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : SYNHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
I- CARACTERES GENERAUX DU CHENE LIEGE.....	4
1.1- Systématique.....	4
1.2- Aire de répartition	4
1.2.1- Aire mondiale	4
1.2.2- Aire de répartition algérienne	6
1.3- Production du liège	8
1.3.1- Production mondiale	8
1.3.2- Production algérienne	8
1.4- Caractères botaniques, forestiers et dendrologiques	11
1.4.1- Taille, port et longévité.....	11
1.4.2- Feuilles	11
1.4.3- Fleurs	11
1.4.4- fruits	12
1.4.5- Les racines	13
1.5- Régénération du chêne liège	13
1.5.1- Régénération par voie sexuée	13
-Régénération naturelle par semis.....	13
-Régénération artificielle par semis de glands	14
-Régénération artificielle par la plantation	14
1.5.2- Régénération par voie asexuée ou végétative	14
-Les rejets de souche, les drageons et les marcottes.....	14
1.6- Ecologie du chêne liège	17
1.7- Composition floristique	18
1.8- Causes de déclin du Chêne liège	18
A- Les mauvaises pratiques de gestion	19
B- Les attaques d'insectes	20

-Le Bombyx disparate (<i>Lymantria dispar</i> L)	20
-La Tordeuse verte (<i>Tortrix viridana</i> L)	20
-Le Grand capricorne (<i>Cerambyx cerdo</i> L).....	20
-Le Platipe (<i>Paltypus cylindrus</i> F.)	20
-Le Bupreste du chêne (<i>Coroebus bifasciatus</i>)	21
C- Les attaques de champignons.....	21
-Hypoxylon mediterraneum ou charbon de la mère	21
-Diplodia mutila	21
-Phytophthora cinnamomi	21
D- Les incendies de forêt	22
E- Les mauvaises levées	22
II- GENERALITES SUR LE LIEGE	22
2.1-Structure du liège	22
2.2-Formation du liège.....	24
2.3-Composition chimique	27
2.4-Propriétés du liège.....	28
2.4.1-Légèreté	29
2.4.2-Elasticité et compressibilité	29
2.4.3-Coefficient de frottement élevé	29
2.4.4-Haute imperméabilité	29
2.4.5-Pouvoir calorifique	29
2.4.6-Amortisseur d'impacts.....	30
2.4.7-Coefficient de "Poisson nul"	29
2.4.8-Facilement transformable.....	30
2.4.9-Faible humidité d'équilibre	30
2.4.10-Isolation thermique.....	30
2.4.11-Absence de toxicité	30
2.4.12-Pouvoir d'absorption	31
2.5 - CRITERES DE QUALITE DU LIEGE	30
2.5.1-L'épaisseur ou calibre du liège	31
2.5.2- L'aspect du liège.....	32
2.5.2.1-La porosité	32
2.5.2.2-La densité.....	32

2.5.2.3 - Appréciation des parties intérieure et extérieure des planches de liège	32
2.5.2.4-La couleur	33
2.5.2.5- Les accroissements	33
2.6 - LES DEFAUTS DU LIEGE	33
- L'excès de porosité	34
- L'excès de densité.....	34
-Croûte épaisse	34
-Liège soufflé.....	34
-Le liège terreux	35
-Le liège vert	35
-Liège marbré ou tacheté	35
-Liège doublé.....	35
-Liège crevassé	36
-Liège flambé	36
-Liège troué.....	36
2.7- CLASSIFICATION DU LIEGE	36
2.8-TRANSFORMATION ET UTILISATION DU LIEGE	40
2.8.1-Le marché des bouchons naturels	41
2.8.2-Le marché des bouchons aggloméré.....	41
2.8.3-Le marché de l'isolation.....	41
2.8.4-Le marché de la décoration.....	41
2.8.5- Autres créneaux	42
2.9- LES INSECTES ENNEMIS DU LIEGE	42
2.9.1- La Fourmi du liège	42
2.9.2- Les lépidoptères.....	42
2.9.3- Les Coléoptères.....	42
- L'Agrile hastulifère	42
- La Couleuvre	43
-La Cadelle marocaine	43
- Dasytes terminalis.....	43
- Opilo domesticus	43
- Brachyderes pubescens	43
- Autres destructeurs du liège	43

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

INTRODUCTION	44
1- Présentation générale de la zone d'étude	44
2- Stratégie d'échantillonnage et prélèvement de liège	48
3- Mesure des paramètres du liège.....	48
3.1- Epaisseur du liège	48
3.2- Estimation visuelle de la qualité du liège	49
3.3- Densité.....	49
3.4- Productivité.....	49
3.5-Porosité	49
3.5.1- Nombre de pores.....	50
3.5.2- Surface moyenne des pores.....	50
3.5.3- Coefficient de porosité (C.P)	50
3.5.4- Dimensions des pores	50
3.5.5- Classement des pores par classes de superficie.....	52
3.5.6- Facteur de géométrie	52
4- Traitement des données	52
4.1- Variation intrastationnelle	52
4.2- Variations inter-stationnelles.....	52
4.3- Analyse en composantes principales	53
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	
1- Epaisseur du liège.....	54
2- Estimation de la qualité du liège	59
3- Densité	60
4- Productivité	61
5- Porosité	63
5.1- Nombre de pores.....	65
5.2- Dimensions et surface occupée par les pores.....	65
5.3- Coefficient de porosité (C.P)	68
6- Affinités entre les caractères du liège	70
CONCLUSION GENERALE.....	76
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	78

Résumé

La variabilité de la qualité du liège de reproduction de cinq suberaies de Texenna (Harma, Djouaneb, Sendouh, Cheraia et Béni-Foughal) a été étudiée par un prélèvement de liège des 14 piles rassemblant la production totale de ces 5 forêts. L'analyse a concerné 3 paramètres (épaisseur de la plaque, densité et porosité). La région fournit un liège d'épaisseur moyenne 29.05 mm, avec une dominance des calibres bouchonnables ($Ep \geq 27$ mm), surtout à Béni-Foughal. La productivité moyenne est de 8,34 kg/m². Le liège est moyennement dense et poreux, ce qui explique que seulement 40% du total des lièges produits dans la région est de bonne et de moyenne qualité (1^{ère} à 5^{ème} catégorie), contre 60 % de bas de gamme (6^{ème} à 7^{ème} catégorie et rebut).

L'étude de la qualité de liège de Jijel nous a permis de mettre en évidence une forte variabilité individuelle des plaques de liège, que nous pouvons rattacher à la variabilité des caractéristiques sylvicoles et stationnelles des suberaies.

Mots clé: *Quercus suber*, liège de reproduction, épaisseur, porosité, Jijel.

Abstract

The variability in the quality of reproduction cork has been studied for five cork oak sands within the production area of Texenna (Harma, Djouaneb, Sendouh, Cheraia et Béni-Foughal) by a levy of 14 cork cells bringing the total production of these five forests. The analysis involved 3 parameters (thickness of the plate, density and porosity). The region provides a cork of medium thickness 29.05 mm, with dominance of gauge plugs ($Ep \geq 27$ mm), especially in Beni-Foughal. The average productivity is 8.34 kg / m². Cork is moderately dense and porous, which explains that only 40% of all cork products in the region is good and average quality (1st to 5th category), against 60% of low range (6th and 7th category).

The study of the quality of Jijel cork allowed us to demonstrate a high individual variability of cork boards; we can relate to the variability of forest and site characteristics of cork oak forests.

Key words: *Quercus suber*, reproduction cork, thickness, porosity, Jijel

ملخص:

تم دراسة تباين نوعية الفلين لخمس غابات بلوط الفليني تابعة لمنطقة تاكسنة. و قد ارتكزت التحليل على ثلاث معلمات (سمك اللوحة، الكثافة والمسامية). متوسط سمك الفلين للمنطقة هو 29.05 مم، و تنتج هذه الغابات فلين ذات كثافة متوسطة تقدر ب 289.48 كلغ/م². أما متوسط القدرة الإنتاجية للمنطقة فهي 8.34 كلغ / م² من الفلين ولكنه فلين ذات مسامية مرتفعة (ن.م = 11.23%). أما حسب الأصناف التجارية للفلين ف40 % فقط من الإنتاج يعتبر من نوعية جيدة، أما الفلين ذات النوعية المنخفضة فتتراوح نسبته بين 40 % إلى 70 %، في حين 5 % إلى 25 % من لوحات رديئة النوعية. إن دراسة نوعية فلين جيجل سمح لنا إبراز وجود اختلافات بين لوحات الفلين. وهذا التباين بين الأشجار يمكن تفسيره بتنوع خصائصه.

الكلمات الرئيسية: فلين الاستتساخ ، السمك ، مسامية ، الكثافة ، جيجل

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Aire de distribution du chêne-liège (Quézel et Médail, 2003)	5
Figure 2 : Surface occupée par la suberaie dans le monde.....	6
Figure 3 : Aire de répartition du chêne liège en Algérie (d'après DGF, 2004).....	7
Figure 4 : Répartition de la production mondiale de liège	8
Figure 5 : Evolution de la production de liège en Algérie (période 1964-2008)	9
Figure 6 : Production de liège au en Algérie par région (période 1999/2008).....	10
Figure 7 : Production moyenne de liège à travers les 21 wilayas (période 1999/2008).....	10
Figure 8 : Caractères botaniques et dendrologiques du chêne liège.....	16
Figure 9 : Représentation schématique d'une section radiale de cellules de liège.....	23
Figure 10 : Représentation schématique de disposition cellulaire dans la section croissante de liège	23
Figure 11 : micrographie du liège naturel (après l'ébullition)	24
Figure 12 : Coupe transversale d'un tronc de chêne liège (IML).....	25
Figure 13 : Tronc de chêne liège avec les différentes récoltes de liège	27
Figure 14 : principaux défauts observés sur le liège de reproduction	38
Figure 15: Tableau de qualité de liège de reproduction adoptée par IPROCOR	40
Figure 16 : Localisation de la région de Texenna et des cinq suberaies étudiées	45
Figure 17: Représentation de la méthodologie d'échantillonnage	51
Figure 18 : Variation de l'épaisseur des planches de liège	56
Figure 19 : Répartition des liège par classes commerciales	58
Figure 20 : Variation de la densité du liège.....	61
Figure 21: Variation de la productivité du liège.....	62
Figure 22: Variation du nombre de pores.....	65
Figure 23 : Variation de la superficie des pores	68
Figure 24 : Variation du coefficient de porosité.....	69
Figure 25 : Projection des variables sur le plan factoriel	73
Figure 26 : Projection des individus sur le plan factoriel 1x2.....	75

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Principaux facteurs associés au déclin des peuplements de chênes liège	19
Tableau II : Classification du liège de reproduction par classes d'épaisseur	37
Tableau III : Classification du liège de reproduction par classes d'aspect	39
Tableau IV : Classification du liège de reproduction par classes d'épaisseur et d'aspect	40
Tableau V : Caractéristiques des cinq suberaies étudiées	47
Tableau VI: Caractérisation des échantillons de liège des cinq suberaies	55
Tableau VII: Comparaison inter-stationnelle des moyennes des caractères par l'analyse de variance et le test de Newman & Keuls	57
Tableau VIII: Distribution des échantillons de liège des cinq suberaies par classes commerciales d'épaisseur, en % du total	59
Tableau IX: Distribution des échantillons de liège des cinq suberaies par classes de qualité commerciales, en % du total.....	60
Tableau X: Caractérisation de la porosité des échantillons de liège des cinq suberaies	64
Tableau XI: Distribution des pores par classes de dimensions	67
Tableau XII: Présentation des valeurs propres de l'ACP.....	70
Tableau XIII: Contributions(%) et Cosinus carrés des variables	70
Tableau XIV: Matrice des corrélations	72
Tableau XV: Contributions (%) et Cosinus carrés des individus.....	74

LISTE DES ABREVIATIONS

ACP : Analyse en composantes principales
APCOR : Association Portugaise du Liège
ALT : Altitude
BQ : Liège de bonne qualité
CP : Coefficient de porosité
CV : Coefficient de variation
DGF : Direction générale des forêts
DGRF : Direction générale des ressources forestières (Portugal)
DSL : Densité du liège
DSP : Densité du peuplement
EP : Epaisseur du liège
EXP : Exposition
IML : Institut méditerranéen du liège
IPROCOR : Institut pour la promotion du Liège, du Bois et du Charbon (Instituto para la promoción del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal)
MQ : Liège de moyenne qualité)
MVQ : Liège de mauvaise qualité
NP : Nombre de pores
P : Pente du terrain
PD : Productivité
PNR : Plan national de reboisement
SEM : Scanning Electron Microscopy (microscopie à balayage électronique)
SP : Superficie des pores
STP : Structure du peuplement
 σ : Ecart type
 μ : Moyenne

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Le Chêne liège est une essence forestière noble et remarquable. Il se distingue des autres chênes par sa particularité de produire une écorce subéreuse renouvelable et précieuse (le liège), dotée d'importantes caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques, qui lui ont valu son utilisation dans divers débouchés industriels, comme le bouchage, l'isolation et la décoration.

C'est une essence cantonnée dans une aire géographique mondiale restreinte (2.277.700 ha), et couvre le bassin méditerranéen occidental et la cote atlantique de l'Europe du sud. Elle est confinée dans sept pays seulement : Portugal, Espagne, Italie, France, Algérie, Maroc et Tunisie. L'Algérie se classe au 3^{ème} rang avec 18% de la superficie totale (APCOR, 2007).

En Algérie, comparé aux autres essences forestières, le Chêne liège représente 11% de la superficie forestière nationale, et se classe en 2^{ème} position après le Pin d'Alep (DGF, 2007). Sa répartition géographique dans le pays est très asymétrique, elle est fonction de l'importance de la pluviométrie. Le Chêne liège exige en effet de l'humidité et des pluies plutôt abondantes, c'est pour cela que l'étendue et la densité des peuplements est plus grande à l'Est qu'à l'Ouest, sur le littoral qu'à l'intérieur. Sur les 440.000 hectares qu'il occupe, 82% sont localisés dans le tell oriental, 15.6% dans le tell central et 2.4% dans le tell occidental (ABBAS, 2006).

La suberaie algérienne joue un rôle prépondérant sur le plan socio-économique. Elle représente d'une part une source de revenu non négligeable pour la population rurale, puisque la récolte des lièges nécessite une main d'œuvre relativement importante, et d'autre part, elle a permis le développement des industries de transformation du liège.

L'activité bouchonnière reste le principal et le plus valorisant débouché du liège. Toutefois, être admis dans cette industrie, les lièges doivent à priori avoir une faible porosité et une épaisseur optimale.

Pour toutes ces considérations, la qualité du liège d'une suberaie a toujours été une préoccupation des gestionnaires et des industriels qui sont toujours à la recherche d'une matière première pouvant garantir l'élaboration d'un produit fini de haute qualité.

A ce sujet de nombreux travaux de recherches ont été consacrés à l'étude du liège dans les pays producteurs notamment au Portugal, Espagne et Italie. En effet, plusieurs auteurs se sont intéressés à l'étude des différents aspects liés à la qualité du liège, parmi eux nous citons : PEREIRA (1987), PEREIRA (1988), MARQUES et al (1994), GONZALEZ ADRADOS et al (1994), GONZALEZ ADRADOS et al (1996), ROCHA et al (1996) , PEREIRA et al (1996), LOPES et al (1996) , FERREIRA et al (2000), COSTA et al (2001), COSTA et al (2004), GRACIA et al (2004). Plus récemment en 2007, PEREIRA a fourni un ouvrage complet traitant la biologie, la production et les différentes utilisations du liège.

En Afrique du Nord, les recherches sur le liège restent très peu développées. Les travaux de recherche sur le chêne liège ont été jusqu'ici focalisés sur les aspects liés à la régénération, la restauration des suberaies et l'écologie de l'espèce.

En Algérie, très peu de travaux de recherche ont été réalisés sur la qualité et le classement du liège des différentes zones de production. Parmi eux, nous citons le travail de METNA (2003), qui a concerné le liège des suberaies orientales de la wilaya de Tizi-Ouzou, ainsi que celui de DAHANE (2006) sur le liège des suberaies du Nord Ouest de l'Algérie.

De fait, la qualité du liège des suberaies algériennes reste pratiquement mal connue. Les transformateurs évaluent visuellement eux même la qualité globale des lièges empilées au niveau des parcs, en procédant préalablement à une reconnaissance des piles et en se basant subjectivement sur le calibre et la porosité des planches de lièges empilées et ainsi décident du prix à donner à chaque pile.

Ce présent travail s'inscrit dans le contexte global de la valorisation des produits forestiers algériens, parmi lesquels figure le liège de reproduction. Il consiste à caractériser, sur le plan anatomique, la qualité de liège d'une des plus importantes suberaies de Jijel : Texenna. A cette échelle, cinq provenances de liège de reproduction ont été choisies pour l'étude.

Cette contribution est complémentaire aux travaux de METNA(2003) et DAHANE(2006). Associée aux résultats obtenus et autres données acquises dans les autres suberaies, elle sera utile pour la création d'une base de données dont la finalité est l'établissement d'un

catalogue sur la typologie des peuplements de chêne liège d'Algérie. Aussi, ces connaissances serviront de base pour une meilleure mise à prix des produits.

Nous consacrerons le premier chapitre à une synthèse globale sur le chêne liège et le liège. Le second chapitre abordera la méthodologie adoptée pour étudier la qualité du liège. Dans le troisième chapitre nous présenterons et discuterons les résultats obtenus. Nous terminerons enfin par une conclusion générale.

CHAPITRE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I- CARACTERES GENERAUX DU CHENE LIEGE

1.1. Systématique :

Le Chêne liège est une espèce décrite pour la première fois par LINNE en 1753 (NATIVIDADE, 1956), sa systématique s'ordonne de la manière suivante:

- Embranchement : SPERMAPHYTES
- S/Embranchement : ANGIOSPERMES
- Classe : DICOTYLEDONES
- Ordre : FAGALES
- Famille : FAGACEES
- Genre : QUERCUS
- Espèce : *Quercus suber* L.

Parmi les caractères qui le distinguent des autres chênes, le plus notable réside dans le remarquable développement que peut atteindre son enveloppe subéreuse (tronc et branches).

1.2- Aire de répartition :

1.2.1- Aire mondiale :

Le chêne liège occupe dans le monde une aire relativement restreinte, qui se situe entre le 31ème et le 45ème parallèle de latitude Nord (SACCARDY, 1937; SEIGUE, 1985) (figure 1). On le trouve au bord de la méditerranée, en Espagne (Catalogne et Andalousie), en France (Pyrénées orientales, Var, Alpes maritimes et Corse), en Italie (Sardaigne et la Sicile), en Tunisie, en Algérie et au Maroc.

Sur la façade Atlantique, profitant des influences climatiques tempérées océaniques, on le trouve au Maroc, au Portugal, en Espagne et au Sud-Ouest de la France.

Les statistiques disponibles concernant la superficie de la suberaie dans le monde sont loin d'être rigoureuses. En effet, il existe des différences parfois assez importantes entre les diverses sources indiquant les superficies recensées par pays. Ces écarts d'estimation de surfaces occupées peuvent être expliqués par certains facteurs:

- Les peuplements de Chêne liège dans les différents pays et parfois même dans les diverses régions d'un pays donné, présentent des densités et des surfaces d'occupation à l'hectare très différentes, allant du peuplement fermé au peuplement

clairsemé voire au maquis, où le Chêne liège se trouve à l'état de quelques pieds à l'hectare. Ceci rend difficile, voire aléatoire, toute comparaison statistique directe (SALAZAR SAMPAIO, 1988).

- L'évolution des peuplements dans le temps allant le plus souvent dans le sens d'une diminution liée aux effets répétés de dégradation (incendies, pâturage...etc.) et de substitution d'essence.
- A part, la difficulté de définir la notion de surface occupée, le Chêne liège peut se trouver en mélange avec d'autres essences, comme les pins et les autres chênes (ZERAIA, 1981).
- L'absence d'inventaires nationaux, cas de l'Algérie. Cette lacune ne permet pas d'apprécier à juste valeur la superficie des suberaies.

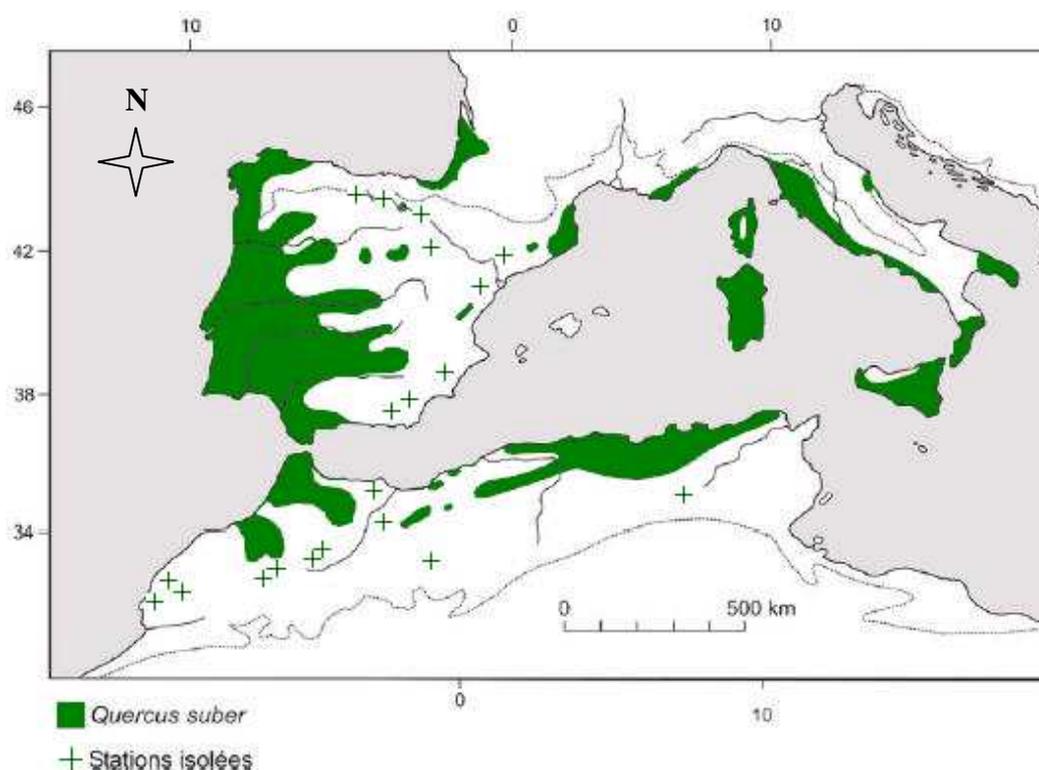


Figure 1: Aire de distribution du Chêne-liège (QUEZEL et MEDAIL, 2003)

Selon la direction générale des ressources forestières du Portugal (DGRF), la surface occupée par la suberaie dans le monde est d'environ 2.277.700 hectares, répartie entre les pays les sept pays comme suit (figure 2) :

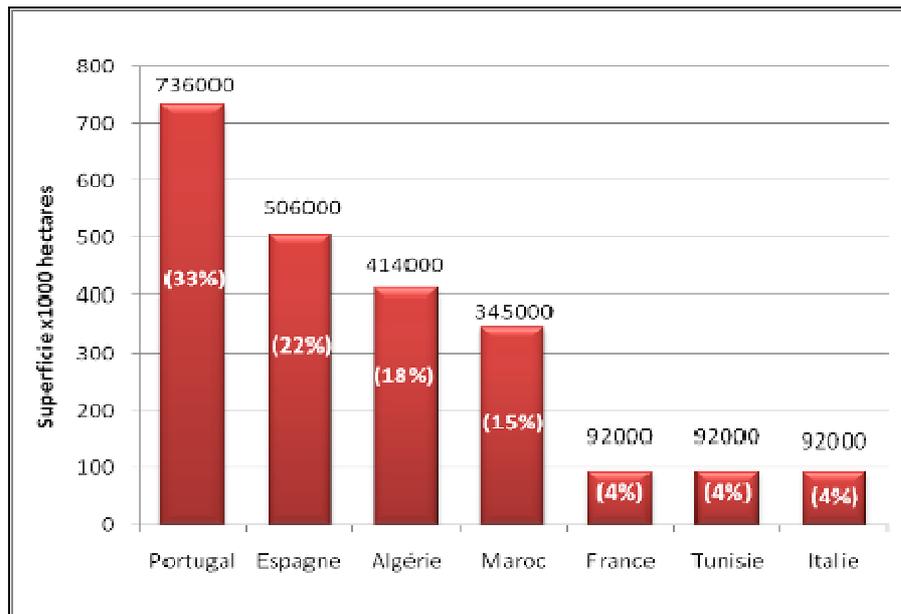


Figure 2 : Surface occupée par la suberaie dans le monde
 *Source: Direction Générale des Ressources Forestières (DGRF, 2007).

L'intérêt porté au matériau liège a très tôt suscité des tentatives d'acclimatation du chêne liège en dehors de son aire d'origine. La littérature, toute fois ancienne (NADIVIDADE, 1956), mentionne ces essais. Parmi les pays où cette espèce a été introduite à grand échelle, on peut citer :

- Les Etats Unies d'Amérique (en Californie dès 1858),
- La Russie (dès 1819 sur le littoral de la Mer Noire),
- Le Japon (1933).

Parmi ceux où l'expérimentation est restée plus modeste, on retrouve : la Turquie, l'Argentine, l'Uruguay et l'Australie.

1.2.2- Aire de répartition algérienne (figure 3):

D'après PUYO (2004), en 1858, on estimait la superficie des forêts de chêne liège à 208 000 hectares, dont plus de 190 000 pour la seule région de l'Est. Avec la multiplication des missions d'arpentage, ce chiffre a évolué pour atteindre près de 440 000 hectares durant les années 1870. L'aire d'implantation de chêne-liège se limite au littoral et à la région des chaînes telliennes. En effet, il présente la particularité d'être d'implantation spontanée aussi bien en plaine qu'en montagne jusqu'à une altitude de 1400 mètres, tels les massifs forestiers de Kabylie où la pluviométrie annuelle dépasse souvent les 1000 millimètres, et le versant sud du Parc National de Theniet El-Had.

Il forme de vastes massifs soit à l'état pur, soit en mélange avec le Chêne vert (*Quercus ilex* L), le chêne-zéen (*Quercus canariensis* Willd), le Pin maritime (*Pinus pinaster* Ait) et quelques oliviers (PUYO, 2004). Le plus souvent il est accompagné d'un sous étage de végétation dense et difficilement pénétrable, composée essentiellement de taxons pyrophiles comme la bruyère arborescente, le lentisque, le myrte, l'arbousier, la philaire et le ciste.

Selon BOUDY (1955), les suberaies algériennes végètent dans des conditions écologiques particulièrement favorables : tranche pluviométrique de plus de 1000mm/an, substrat perméable composé de grès numidien (Eocène) entrecoupé de couches aquifères donnant naissance à des bons sols forestiers profonds. L'auteur cite quelques beaux massifs où se produit le meilleur liège d'Algérie. Parmi eux ceux de la Grande Kabylie représentés par les forêts des Béni-Ghobri, de Tamgout, de Taourirt Ighil, et ceux de Jijel avec les forêts de Ouled El-Hadj et des Béni-Toufout.

Le Chêne liège est présent dans 21 wilayas : Annaba, El-Tarf, Guelma, Skikda, Souk Ahras, Jijel, Mila, Constantine, Bejaia, Setif, Tizi-Ouzou, Boumerdes, Blida, Ain Defla, Oran, Tlemcen, Bouira, Medea, Chlef, Tipaza, et Mascara (figure 3).

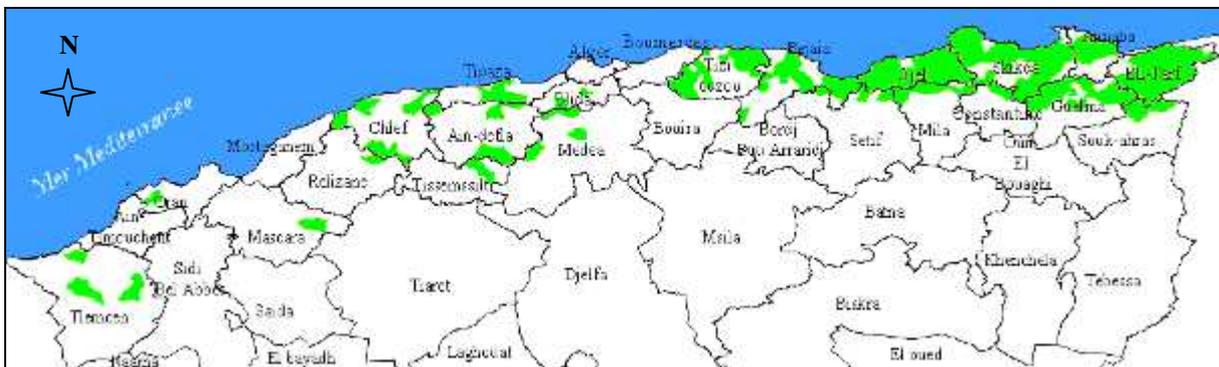


Figure 3 : Aire de répartition du Chêne liège en Algérie (MEZALI, 2003)

Le dernier inventaire national forestier établi par le B.N.E.D.E.R en 1984, évalue la superficie de la subéraie productive à 229.000 hectares environ dont:

- 138.500 hectares de vieilles futaies (soit 60.5 %),
- 84.702 hectares de jeunes futaies (soit 37%),
- 3.434 hectares de perchis (soit 1.5%)
- 2.284 hectares de taillis (soit 1%).

1.3- Production du liège:

1.3.1- Production mondiale.

Tout comme pour les surfaces, de nombreuses divergences sont relevées sur les chiffres. Les données statistiques disponibles sur la production mondiale du liège par pays manquent aussi de rigueur, rendant sérieusement difficile les comparaisons notamment dans le temps. Cependant, selon l'Association Portugaise du Liège (APCOR), la production mondiale de liège se situerait au environ de 300.000 tonnes par an et se répartie par pays producteur comme suit (figure 4):

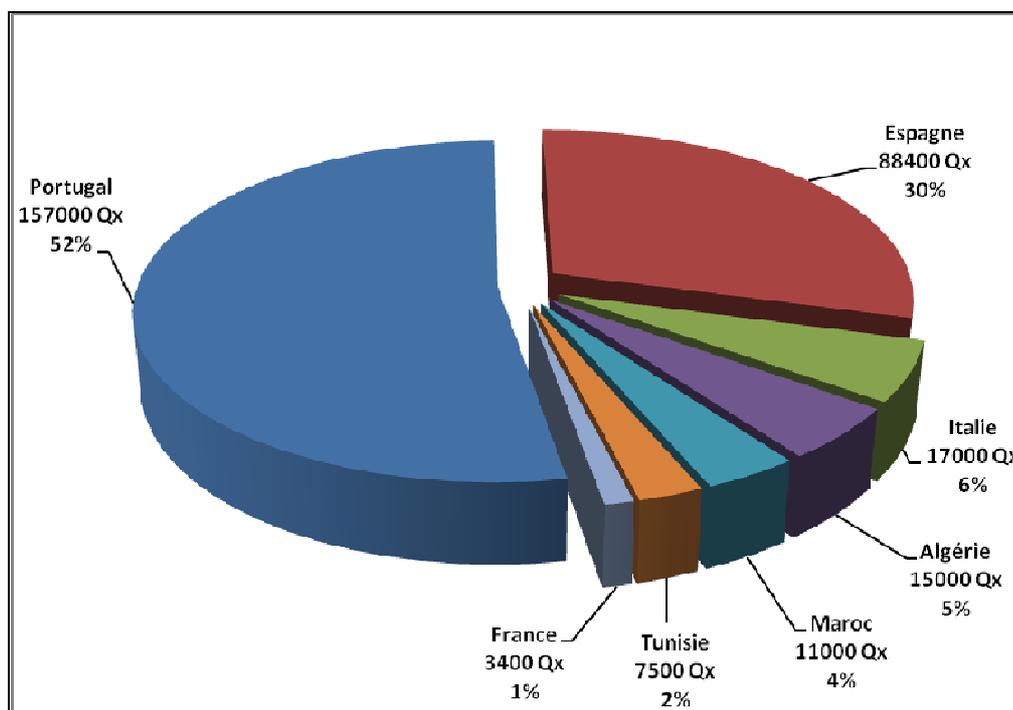


Figure 4 : Répartition de la production mondiale de liège

*Source : APCOR, Année : 2007

1.3.2- Production algérienne

La suberaie algérienne assure une production annuelle de 12431 tonnes de liège, moyenne calculée de 1964 à 2008 (Com. Pers., DGF, Alger). Elle est en grande partie transformée à travers les unités installées dans la région Est, notamment dans la wilaya de Jijel. Cette quantité de liège ne représente qu'à peine 38.43% de la production de la période 1939-1951, soit 32340 tonnes de liège selon BOUDY, (1950). Toutefois, cette production du liège connaît des fluctuations d'une année à l'autre, avec une tendance à la baisse, surtout de 1994 à 1996 (figure 5).

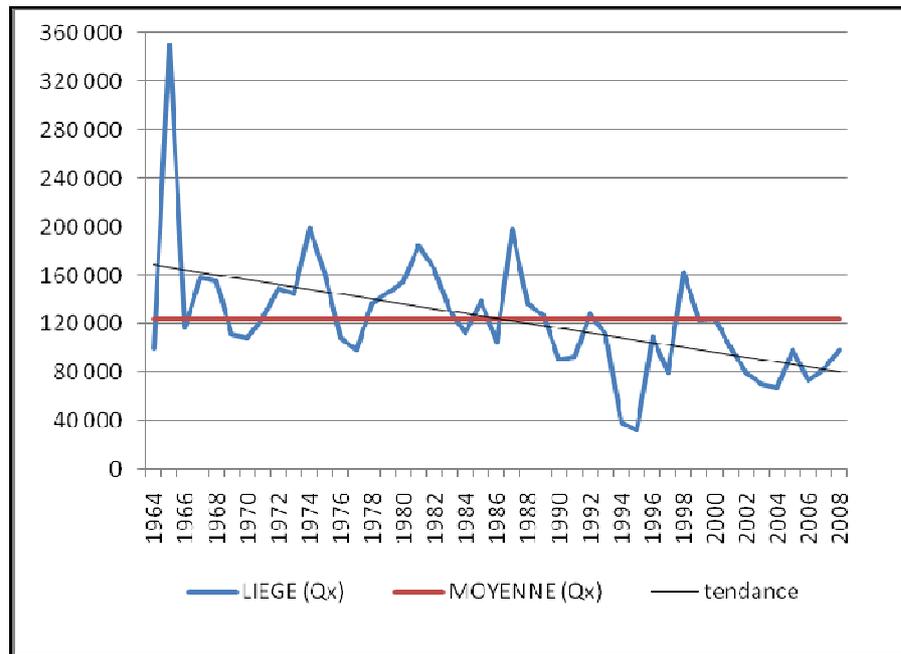


Figure 5: Evolution de la production de liège en Algérie de 1964 à 2008
(Com. Pers., DGF, Alger)

Plusieurs facteurs sont à l'origine de cette baisse de production. En effet, mise à part le recul de l'aire des suberaies suite aux incendies répétitifs, d'autres contraintes affectent directement le déroulement des opérations de récolte du liège et par conséquent la production, nous citons plus particulièrement :

- Le problème d'accessibilité aux massifs forestiers, lié à la présence d'un maquis assez vigoureux et un relief accidenté, ainsi aux conditions sécuritaires qui caractérisent la période 1992 à 2008,
- L'état phytosanitaire des arbres : arbres dépérissants,
- Le mauvais décollement du liège lors de la récolte.

En Algérie, les peuplements de Chêne liège se trouvent majoritairement concentrés dans le tell oriental (82%), le tell central occupe la seconde position avec 15.6%, suivi du tell occidental avec 2.4% (ABBAS, 2006). La production de liège suit la même tendance, la région Est produit annuellement 82908 quintaux de liège (soit 90%), la région centre assure 82908 quintaux (9%) et la région ouest ne fournit que 787 quintaux, soit à peine 1% de la production nationale (figure 6).

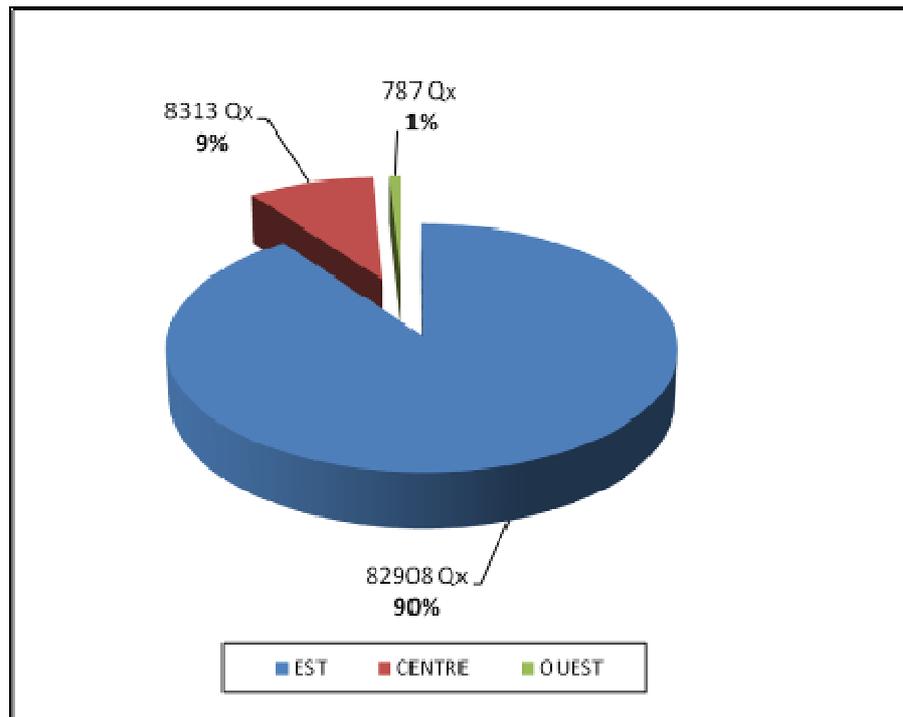


Figure 6 : Production de liège au en Algérie par région (période 1999/2008)

Localement, la wilaya de Jijel assure une production annuelle de 22913 quintaux de liège de reproduction, soit 22% des lièges produits dans la région Est et 24,90% de la production nationale (figure 7).

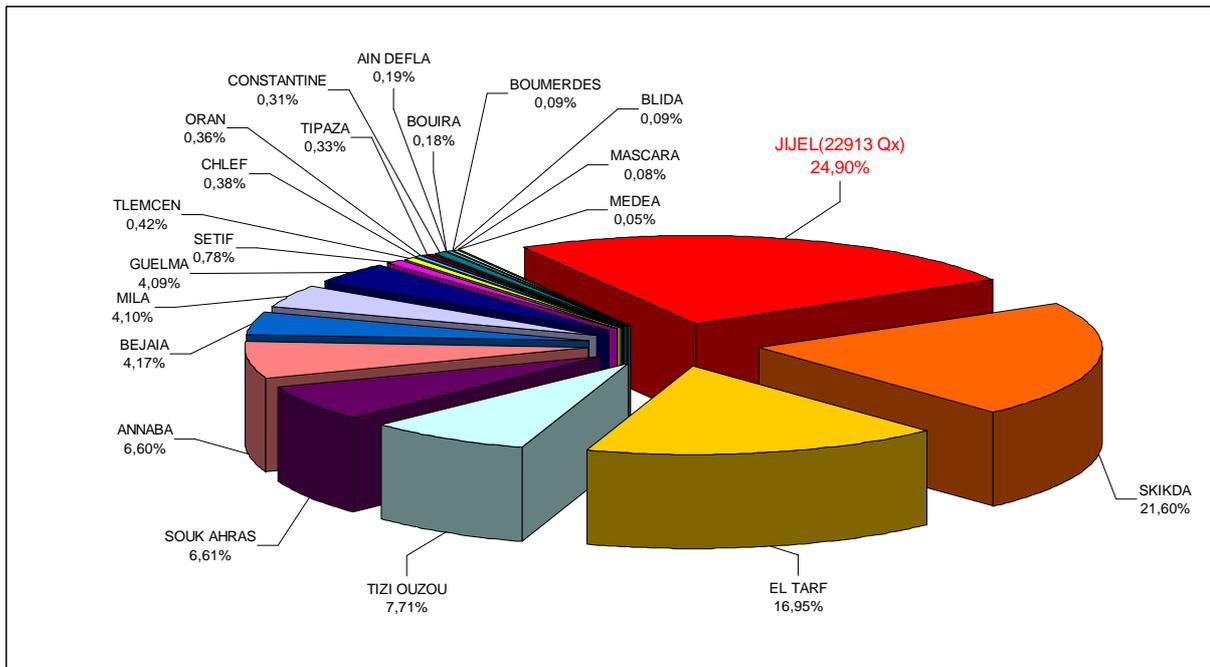


Figure 7 : Production moyenne de liège à travers les 21 wilayas concernées (période 1999/2008)

1.4- Caractères botaniques, forestiers et dendrologiques (figure 8).

1.4.1- Taille, port et longévité

Le chêne liège est une essence de moyenne grandeur. Les arbres les plus grands ne dépassent pas 14 à 16 m de hauteur, mais on peut observer des sujets ayant une très grande circonférence avec une couronne qui peut atteindre 500 m², notamment chez les sujets âgés de 150 à 200 ans. Son port est variable ; en peuplement clair sa cime est étalée, bien charpentée par de grosses branches, et le tronc est cour. Cependant, en peuplement fermé, la forme des arbres est fortement influencée par la concurrence. Les chênes liège sont dans ce cas de forme élancée avec des couronnes plus étroites (PEREIRA, 2007).

L'âge limite naturel d'un chêne-liège est compris entre 300 et 500 ans. Cependant, pour un arbre régulièrement écorcé, cette limite n'est plus que de 150 à 200 ans (DEBIERRE, 1922; SACCARDY, 1937; BOUDY, 1950).

1.4.2- Feuilles

Les feuilles de forme est plus ou moins ovoïde à oblongue, à extrémités ondulées, glabres, d'un vert foncé sur la face supérieure et blanchâtres pubescentes sur la face inférieure. Le nombre de stomates est d'environ 430 par mm². Leur taille varie de 4 à 7 cm de longueur et 2 à 3 cm de largeur. La variation de la forme et la taille des feuilles est très grande aussi bien entre les arbres que sur un même arbre (PEREIRA, 2007).

La durée de vie des feuilles varie de 11-18 mois, soit approximativement 14 mois en moyenne (PEREIRA, 2007). Leur chute n'a presque jamais lieu simultanément en Algérie (BOUDY, 1950), elle se produit au printemps, mais certains événements accidentels, peuvent mener à une défoliation plus rapide. C'est le cas d'une forte abondance des pluies d'hiver (PEREIRA, 2007), d'une longue période de chaleur ou d'une récolte exagérée du liège (NATIVIDADE, 1956).

1.4.3- Fleurs

Le chêne liège est monoïque. Il commence à fleurir à l'âge d'environ 15-20 ans (PEREIRA, 2007). La saison de floraison est conditionnée par le climat, l'altitude et l'exposition, et elle s'échelonne généralement d'Avril à Mai. LAMEY (1893) affirme qu'une deuxième floraison peut avoir lieu lorsque les premières pluies caractérisant la fin de l'été sont précoces.

Les fleurs mâles présentant l'aspect de chatons filiformes sont réunies par bouquet à l'extrémité des pousses de l'année précédente, alors que les fleurs femelles sont fixées à l'aisselle des feuilles de la pousse de l'année.

La pollinisation se produit au printemps, mais c'est seulement un mois et demi plus tard que les ovules accomplissent leur différenciation et leur fertilisation se produit, avec seulement un ovule mûrissant avec succès pendant l'automne. La pollinisation se produit aussi bien avec le pollen du même arbre qu'avec celui des autres arbres (PEREIRA, 2007).

1.4.4- fruits

Le chêne liège commence à fructifier dès l'âge de 15 ans (SACCARDY, 1937 ; BOUDY, 1950; BOUDY, 1952; NATIVIDADE, 1956 ; PEREIRA, 2007). La fructification est alternée, c'est à dire qu'à une ou plusieurs années de production réduite, succède une ou plusieurs années d'abondance (NATIVIDADE, 1956). Cependant, les bonnes glandées ne sont observées que tous les deux ou trois ans. Ces dernières se situeraient presque toujours durant les années dont les printemps ont été les plus pluvieux (NATIVIDADE 1956). Par ailleurs, la production de glands peut être compromise en cas d'attaque par le *Limantria dispar*, par la consommation des fleurs par les chenilles au moment de la défoliation au printemps. En effet, l'insecte peut être responsable de la perte de deux glandées potentielles (FRAVAL, 1991).

La forme et les dimensions du fruit sont très variables suivant les arbres. Les glands sont en général allongés, à pointe velue ; la cupule est conique, mais il existe une grande diversité aussi parmi les cupules fructifères, autant pour ce qui concerne la forme et la dimension des écailles que pour leur grandeur et leur disposition.

Du point de vue dimension, il arrive que le grand axe atteigne 5cm dans la forme macrocarpa et qu'il ne dépasse pas 1cm dans la forme microcarpa (NATIVIDADE, 1956). Cette taille des glands peut affecter le rythme de croissance des plants en pépinière. En effet, il a été démontré que la croissance des plants issus de gros glands est plus rapide que celle des plants issus de petits glands (MEROUANI et al., 2001).

En raison de la longue période de floraison, les glands ne mûrissent pas en même temps, mais la maturité se produit au cours de la même année. En effet, les glands se développent principalement à la fin d'été et d'automne et atteignent leur maturité complète en novembre (MEROUANI et al., 2003). Le gland possède en général, deux cotylédons et un seul embryon.

1.4.5- Les racines

Le chêne liège est fortement enraciné. Son système racinaire se caractérise par une distribution dimorphe (PEREIRA, 2007). Il est doté d'une racine pivotante, avec les ramifications latérales épaisses présentant une extension horizontale avec beaucoup de racines superficielles. La racine pivotante peut pénétrer plusieurs mètres vers le bas dans le sol, notamment dans les sols profonds, ce qui lui permet une fixation solide. Sur sol rocheux, l'arbre profite de la moindre fissure pour enfoncer ses racines et puiser l'eau et les éléments minéraux dont il a besoin. En effet, la racine du chêne liège montre dès son plus jeune âge, c'est-à-dire dès la phase de germination du gland, une disposition naturelle à s'enfoncer verticalement et avec vigueur dans le sol. L'association du système racinaire avec différents mycorhizes est très fréquente.

1.5- Régénération du Chêne liège.

Le problème de la régénération du chêne liège domine les débats de la foresterie en Algérie, et ce en raison des problèmes rencontrés pour rajeunir les peuplements. La pérennité d'un peuplement forestier ne peut être assurée que lorsque ce dernier arrive à se régénérer naturellement.

La régénération est la phase de vie qui perpétue la forêt et l'espèce. Elle dépend de multiples facteurs dont certains sont relativement faciles à maîtriser, et d'autres sont totalement incontrôlables. Pour le chêne liège, le premier facteur est la fréquence des glandées dépendant du climat, puis la germination et le développement des semis, qui eux dépendent de la structure du peuplement, de la réceptivité du sol et de la lumière. Dans les conditions très favorables, le chêne liège présente une excellente capacité à se régénérer par semis naturel, par drageonnement, par rejet de souche et par bouturage.

1.5.1- Régénération par voie sexuée

- ***Régénération naturelle par semis***

Bien que le chêne liège soit une essence de lumière, les jeunes plants issus de la germination des glands tombés au sol, ont besoin durant leurs premières années, d'un couvert végétal léger, pour se protéger pendant les mois d'été des insolation et des vents desséchants. L'absence de ce dernier serait la cause principale rendant aléatoire la régénération (BOUDY 1950 ; BELGHAZI et al., 1995). Toutefois, un sous bois dense et élevé concurrence souvent les

jeunes plants qui finiront généralement par disparaître (DAHMANI et al., 2000). D'autres facteurs peuvent aussi être défavorables à l'installation et la survie des semis de chêne liège, notamment le recouvrement des arbres de la futaie et la réceptivité du sol (MESSAOUDENE et al, 2003).

- **Régénération artificielle par semis de glands**

Le semis de glands se fait dans des terrains ayant subis préalablement un labour profond de 40cm en plein, complété par un labour superficiel effectué dans le sens perpendiculaire au premier. Les glands préalablement traités par une solution fongique, sont semés dans des potêts de 20x30cm de profondeur à raison de quatre glands chacun et déposés à une profondeur de 3 à 4cm. La réussite de cette régénération est conditionnée aussi bien par la mise ne défens du périmètre, que par les soins et entretiens apportés, notamment, les arrosages en été, le binage et le désherbage des jeunes plants (BELGHAZI et al, 2001).

- **Régénération artificielle par plantation**

Il s'agit de la mise en terre de plants de chêne liège préalablement produits en pépinière. C'est une opération qui nécessite des travaux préparatoires, notamment la préparation du sol et le débroussaillage.

En Algérie, depuis l'année 2000, la direction générale des forêts (DGF), consciente de la dégradation avancée de l'aire naturelle du chêne liège et de ses peuplements productifs ainsi des pertes financières liées à la chute de la production de liège, a établi un programme national de reboisement (PNR) prometteur et audacieux. Ce programme inscrit dans le contexte global de la réhabilitation de la subéraie algérienne dans sa première phase, n'a pas atteint les objectifs tant attendus pour plusieurs raisons, notamment d'ordre technique (MESSAOUDENE, 2009). En effet, malgré que le choix des parcelles à reboiser soit bien justifié, du moment qu'elles sont toutes confinées dans l'aire du chêne liège, les densités proposées restent faibles par rapport à la norme méditerranéenne et les plantations sont généralement effectuées tardivement avec des plants présentant souvent des défauts rédhibitoires.

1.5.2- Régénération par voie asexuée ou végétative

- **Les rejets de souche, les drageons et les marcottes.**

Le chêne liège peut se régénérer vigoureusement par rejets de souche. Toutefois, sa capacité à se régénérer par cette voie végétative est très influencée par l'âge des arbres. En effet, il a

été constaté que le diamètre moyen requis pour espérer obtenir une bonne régénération par rejet ne doit guère dépasser les 80 cm (MESSAOUDENE et al., 2009). De même, la faculté d'émettre les rejets s'amointrit pour les arbres soumis régulièrement au déliégeage (SEIGUE, 1985).

Les rejets qui se forment ont une croissance assez rapide. Ils forment d'abord une cépée assez touffue, mais leur nombre se restreint dans les premières années par le jeu de la concurrence (SACCARDY, 1937). Ainsi, le plus souvent, à l'âge de 22 à 40 ans, selon de la fertilité des parcelles, suite à la sélection naturelle, les cépées se composent d'au moins quatre brins (MESSAOUDENE et al., 2009). La reconversion de ce taillis en futaie sur souche est possible si des opérations sylvicoles sont adoptées. Aussi, le forestier peut le faire évoluer vers la structure composée du taillis sous futaie. L'objectif, dans ce cas, est d'éduquer les brins d'élite du taillis en semenciers qui permettront d'assurer la régénération naturelle.

Le chêne liège peut aussi se régénérer grâce aux drageons émis par ses racines traçantes, en particulier en cas de traumatisme, notamment après un incendie. Les diverses techniques et procédés de marcottage permettent de régénérer artificiellement le chêne liège. Greffé sur d'autres chênes, il donne de bons résultats.

Les techniques évoquées sont assez anciennes, mais il pourrait bénéficier des progrès récents réalisés dans le domaine de la multiplication, notamment la culture in vitro qui permet la régénération de plantes entières à partir de la micropropagation de bourgeons axillaires issus de plantules de Chêne-liège (EL KBIACH et al., 2002).

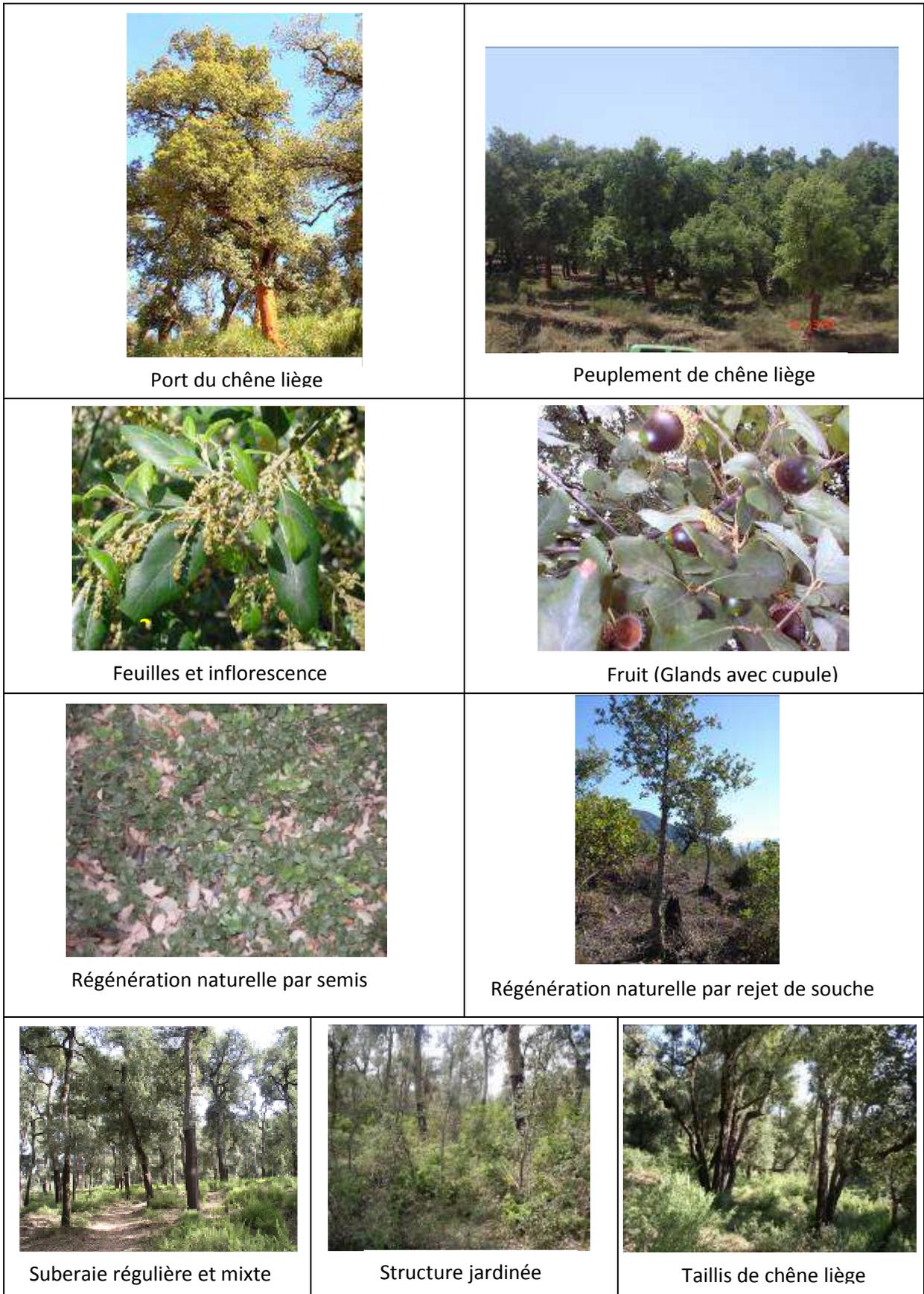


Figure 8 : Caractères botaniques et dendrologiques du Chêne liège
 (Photos : MESSAOUDENE et al, 2009)

1.6- Ecologie du Chêne liège.

Le cumul des exigences particulières du chêne liège vis à vis du climat et du sol, décide de son implantation. Ecologiquement plastique, il se développe en conditions humides et sub-humides du niveau de la mer jusqu'à 2000 m d'altitude, mais sa croissance optimale se produit jusqu'à 600 m d'altitude (PEREIRA, 2007). En effet, le chêne liège est une essence plus méditerranéo-atlantique que franchement méditerranéenne. Son absence en Méditerranée orientale est, en particulier, liée à l'allongement et à l'intensification de la sécheresse estivale parallèle à l'accroissement des phénomènes de continentalité (QUEZEL, 1976). Sur le climagramme d'Emberger, le chêne liège se situe essentiellement au niveau des variantes chaude et tempérée des bioclimats méditerranéens humide et subhumide. Pour ZERAIA (1981), les suberaies algériennes littorales appartiendraient plutôt au subhumide tempéré, tandis que celles de la zone tellienne, elles appartiendraient au subhumide à humide frais.

Le chêne de liège se développe bien avec des précipitations annuelles moyennes de 600-800 mm, mais il peut toujours survivre avec une pluviométrie très basse au-dessous de 400 mm. Cependant, on considère habituellement que développement équilibré de l'espèce peut être assuré avec une pluviométrie annuelle minimale de 500 mm (PEREIRA, 2007). En ce qui concerne la distribution saisonnière des précipitations, le chêne de liège est adapté au climat de type méditerranéen avec la précipitation se concentrant en automne et hiver et où au cas échéant il pleut très peu en été. En Algérie, le chêne liège s'étend sur une aire recevant annuellement entre 600mm (Ben chicao) à 1400mm de pluie (Ain-El-Kseur), soit une moyenne de 960mm. Le facteur précipitation demeure le facteur essentiel en matière de production subéro-ligneuse (ZERAIA, 1981).

Il exige une humidité atmosphérique d'au moins 60%, notamment durant la saison sèche (MAIRE, 1926; SACCARDY, 1937; BOUDY, 1950).

Le chêne liège demeure le chêne le plus frileux des chênes méditerranéens à feuilles persistantes (SEIGUE, 1985). Il demande une température moyenne annuelle assez élevée de 13 à 18°C (BOUDY, 1950; VIGNES, 1990) et redoute les gelées persistante à - 5°C. L'élongation du bourgeon du chêne liège exige un seuil thermique, soit un minimum de température supérieur à 0°C avec un maximum ne dépassant pas 20 °C (ZERAIA 1981).

Le chêne liège exige également une forte insolation, c'est une essence dite héliophile ou de pleine lumière, il accepte mal le couvert (SACCARDY, 1937).

Sur le plan édaphique, le chêne liège a un tempérament d'espèce calcifuge. Il préfère les terrains sableux et profonds, surtout issus de roches riches en sable et pauvres en calcaire actif tels que les grès (MAIRE, 1926; BOUDY, 1956 ; PEREIRA, 2007). Cependant, vu son système racinaire pivotant, il redoute les sols argileux compacts.

1.7- Composition floristique

Le couvert léger du chêne liège et la nature siliceuse des sols sur lesquels il pousse, contribuent à faciliter le développement d'un sous bois abondant et dense au point d'être impénétrable (SEIGUE, 1985). Ainsi, les phytosociologues distinguent diverses associations du chêne liège dont ils forment l'alliance *Quercion suberis*. Cette alliance présente des faciès différents suivant l'altitude et le pays, mais on peut y retrouver dans presque tous les cas le cortège floristique suivant (ZERAIA, 1981 ; MESSAOUDENE K. et al., 2000. GUERFI, 2001) :

<i>Erica arborea</i>	<i>Asphodelus microcarpus</i>
<i>Arbutus unedo</i>	<i>Arisarum vulgare</i>
<i>Rubia peregrina</i>	<i>Eryngium tricuspdatum</i>
<i>Lonicera implexa</i>	<i>Simethis planifolia</i>
<i>Pulicaria odora</i>	<i>Rubus ulmifolius</i>
<i>Asparagus acutifolius</i>	<i>Sanguisorba minor</i>
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	<i>Centaurea sp</i>
<i>Melica major</i>	<i>Bellis silvestris</i>
<i>Teucrium atratum</i>	<i>Blackstonia perfoliata</i>
<i>Myrtus communis</i>	<i>Cistus monspelliensis</i>
<i>Genista tricuspdata</i>	<i>Hypericum humifusum</i>
<i>Phillyrea media</i>	<i>Satureja vulgare</i>
<i>Calycotum spinosa</i>	<i>Galium rotundifolium</i>
<i>Cistus salvifolius</i>	<i>Linum sp</i>
<i>Cytisus triflorus</i>	<i>Daphne gnidium</i>
<i>Lavandula stoechas</i>	<i>Carthamus caeruleus</i>
<i>Aristolochia altissima</i>	<i>Viola silvestris</i>
<i>Myrtus communis</i>	

1.8- Causes de déclin du Chêne liège

Différentes causes interviennent dans le déclin du chêne-liège. En effet, le phénomène fréquent de dépérissement des peuplements de chênes liège est observé pratiquement dans tous les pays producteur de liège. Les premiers constats datent des années 1960, mais le phénomène est apparu plus nettement dans les années 1980/1990 et semble s'accélérer

depuis les années 2000 (DGRF, 2006). Le pourcentage des zones affectées varie selon les lieux. Les symptômes du dépérissement se manifestent par une défoliation progressive associée à l'évolution des états sanitaires pouvant aller jusqu'à la mort de l'arbre. Les conséquences du dépérissement des suberaies sont la diminution de la quantité du liège produit et la disparition de l'espèce.

Plusieurs facteurs sont mis en cause pour expliquer ce phénomène. Parmi les facteurs de dépérissement, on distingue les facteurs de prédisposition qui opèrent d'une manière continue sur de longues périodes et entraînent l'affaiblissement des arbres, sans pour autant provoquer l'apparition de symptômes.

Les facteurs de déclenchement agissent, quant à eux, de façon ponctuelle en réduisant la capacité de défense des arbres et créant des conditions favorables à l'action des facteurs d'accélération (tels que les insectes et les champignons). L'importance relative de ces facteurs varie d'une région à l'autre. En effet, selon BEN JAMAA et PIAZZETTA (2006) les principaux facteurs de prédisposition associés au déclin des peuplements de chênes liège par pays se résument comme suit (Tableau I):

Tableau I : Principaux facteurs associés au déclin des peuplements de chênes liège

Facteurs de prédisposition	Pays
Délaissement des suberaies	France
Exploitation intensive Agriculture céréalière Perturbation au niveau du sol (érosion, chimie du sol, acidification) Utilisation de machines agricoles	Portugal et Espagne Sardaigne (Italie)
Pâturage intensif	Tunisie, Maroc, Algérie, Sardaigne (Italie)
Déliègeage mal effectué	Tunisie, Maroc, Algérie, France

Source : BEN JAMAA et PIAZZETTA (2006)

Les évaluations des causes du dépérissement sont variables selon les auteurs. On peut d'une façon générale considérer que le dépérissement des chênes résulte de multiples interactions :

A- Les mauvaises pratiques de gestion:

- Une gestion sylvicole inappropriée.
- Un écorçage mal conduit (mauvaise technique, période mal choisie, fréquence d'extraction excessive).

- Un pâturage excessif.
- Un travail du sol inapproprié.
- Un abandon des peuplements.

B- Les attaques d'insectes

Parmi les plus répandus on peut rencontrer :

- Le Bombyx disparate (*Lymantria dispar* L)

Caractérisé par une capacité de dispersion et grande polyphagie, le *Lymantria dispar* est un ravageur imprévisible, s'avérant parfois très virulent. C'est un des ravageurs les plus spectaculaires du chêne liège. En effet, les chenilles se nourrissent des feuilles entraînant une défoliation complète de l'arbre en juillet/août. Ces attaques peuvent intéresser d'importants territoires sur plusieurs milliers d'hectares et compromettre aussi bien la glandée que la récolte du liège.

- La Tordeuse verte (*Tortrix viridana* L)

Au printemps, les chenilles sont observables, les feuilles ont un aspect "grignoté" et enroulé. L'activité importante des chenilles se traduit par une réduction de la surface foliaire (déséquilibre physiologique) mais également par la destruction des bourgeons floraux, ce qui entraîne une carence à la régénération suite à cette attaque.

- Le Grand capricorne (*Cerambyx cerdo* L)

Le grand capricorne est un coléoptère xylophage qui s'attaque notamment aux vieux arbres. C'est un ravageur secondaire dont la présence est facilement repérable en raison de sa grande taille. Les attaques sont localisées dans le bas de l'arbre, tronc et les branches maîtresses. Il est considéré comme un ravageur de faiblesse, car on le rencontre généralement lorsque les arbres ont déjà fortement dépérissants voire morts.

- Le Platipe (*Paltypus cylindrus* F.)

Ce xylophage est un ravageur secondaire attaquant seulement des arbres presque morts ou très affaiblis (BEN JAMAA et PIAZZETTA, 2007). En France, il a été vérifié que les arbres déliégés constituaient les cibles principales de *Platypus cylindrus* F. (DURAND et al., 2004), et c'est le cas au Maroc où la période de déliègeage coïncidait avec le vol des insectes à la recherche de nouveaux arbres à coloniser (EL ANTRY TAZI et al., 2007). En effet, cet insecte lié

à un processus de dépérissement se manifeste par la présence de la sciure blanche expulsée des galeries. On constate également en cas d'attaques importantes, des diminutions de feuillaison et des dessèchements de branchages. Les attaques sont généralement importantes à la base du tronc et diminuent avec la hauteur. et au Maroc

- Le Bupreste du chêne (*Coroebus bifasciatus*)

Sa présence se caractérise par des branches sèches sur la partie extérieure du houppier. La larve de ce coléoptère xylophage se nourrit de bois jusqu'à la formation de la chrysalide. Les tissus conducteurs de sève du rameau sont détruits par la larve. Les dégâts sont mineurs mais peuvent être contraignants sur de jeunes plants.

C- Les attaques de champignons

Parmi les plus fréquents on cite :

- *Hypoxyylon mediterraneum* ou charbon de la mère

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

Ce champignon attaque de préférence des arbres affaiblies, la lute ne peut être que préventive et résider dans le maintien du meilleur état sanitaire possible des peuplements par élimination des sujets dépérissants, vieux et malades.

- *Diplodia mutila* :

Ce champignon endophyte s'attaque aux arbres blessés lors du démasclage. Sa présence provoque d'abord un dessèchement partiel (terminaison, rameaux) puis total de la frondaison. Des taches noirâtres (nécrose et chancre) apparaissent sur l'écorce des branches et du tronc. Les issues internes brunissent par portions plus ou moins étendues, tandis que les tissus vasculaires sont envahis par les hyphes fongiques. A terme, la partie infestée se dessèche, le liège ne pousse plus sur cette partie, la mère part en lambeaux, laissant le bois nu.

- *Phytophthora cinnamomi* :

Le *Phytophthora cinnamomi* est un champignon racinaire responsable de la maladie de l'encre. Depuis les années 80, des dépérissements de chênes lièges dus à ce pathogène sont

observés dans plusieurs pays méditerranéens. Les premiers symptômes sont caractérisés par une infection des petites racines qui peu à peu se propage sur les grosses. On observe un écoulement noirâtre encreux à la base du tronc lié à une lésion brune sur le ventre de l'écorce en continuité avec les lésions racinaires. La plupart des arbres infectés présente le symptôme d'un chancre basal suintant.

D- Les incendies de forêt :

Les incendies de forêt constituent un facteur de dépérissement important des suberaies. Le passage de feu entraîne la dégradation de la vitalité des arbres, voire la mort du peuplement si celui-ci a été récemment démasclé. La suberaie algérienne n'est pas épargnée, la situation est devenue préoccupante, vu que ces dernières ravagent chaque année des centaines d'hectares.

E- Les mauvaises levées:

L'écorçage est par lui-même déjà une opération provoquant un traumatisme à l'arbre. Souvent cette opération occasionne des blessures variables, allant du petit coup de hache sur la mère jusqu'à son décollement, voire son arrachage. Le bois mis à nu n'a plus de protection et devient sujet aux aléas climatiques, aux pourritures et aux attaques pathogènes. L'arbre en est affaibli, devient très vulnérable, et sa durée de survie est considérablement diminuée.

II- GENERALITES SUR LE LIEGE.

Le liège est un matériau naturel, tout à fait particulier, renouvelable et exclusivement produit par le chêne liège. Il s'agit d'une écorce subéreuse qui enveloppe le tronc et les branches de l'arbre. Durant le cycle de vie de l'arbre, on peut distinguer trois qualités de tissus subéreux (NADIVIDADE, 1956; SILVA et al, 2005):

- le liège mâle qui forme l'enveloppe originelle,
- le liège de première reproduction obtenu après extraction du liège mâle,
- le liège de reproduction issu des récoltes suivantes.

2.1-Structure du liège

Le liège est le premier tissu végétal examiné au microscope. Il a été décrit et dessiné par Robert Hooke en 1665 (SILVA et al, 2005). L'auteur, trouvant une ressemblance entre ces

tissus végétaux, composés de petites cavités et la cire d'abeilles, les nomma "cellules". En microscopie à balayage électronique (Scanning Electron Microscopy) (SEM), il a été observé pour la première fois en 1987 (SILVA et al, 2005). C'est un tissu homogène, composé de cellules à parois minces, régulièrement disposé sans espace intercellulaire, et formant ainsi une structure alvéolaire, analogue à celle d'un nid d'abeilles, dépourvue d'espaces vides entre les cellules contiguës (figures 9 et 10).

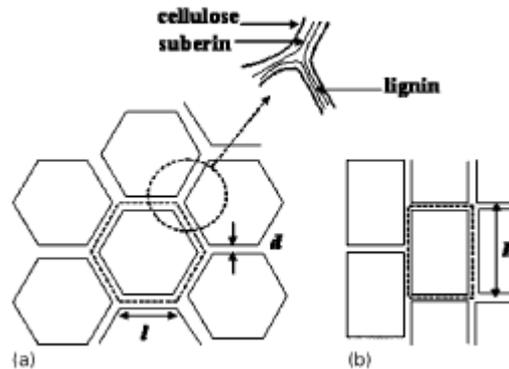


Figure 9 : Représentation schématique d'une section radiale de cellules de liège

l : bord bas de prisme ; d : épaisseur de paroi ; coupe longitudinale tangentielle de b (perpendiculaire à la direction radiale) : h, taille de prisme ; détail des murs cellulaires de structure du liège montrant ses composants principaux

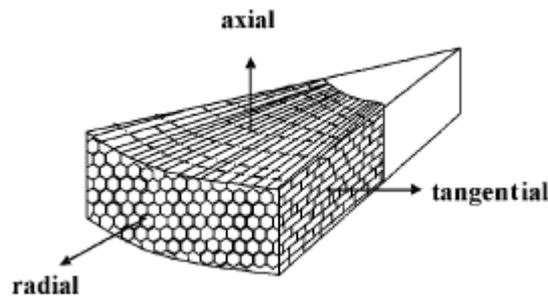


Figure 10: Représentation schématique de la disposition cellulaire dans la section croissante de liège

Les cellules peuvent être décrites en tant que prismes rectangulaires, emballés dans les colonnes parallèles à la direction radiale de l'arbre (fig. 10). Les alvéoles minuscules sont arrangées d'une manière condensée, et leurs dimensions sont si strictes que le nombre de cellules peut changer de manière significative d'un liège à un autre.

Le liège contient toujours les canaux lenticulaires, qui fonctionnent radialement. Ces canaux sont approximativement cylindriques et donc ne détruisent pas la symétrie cylindrique dans la direction radiale. Les canaux lenticulaires sont habituellement creux ; leur fraction de

volume change considérablement avec le type de liège et est étroitement liée à sa qualité industrielle.

L'observation du liège par microscopie à balayage électronique a prouvé que, dans une section radiale, les cellules de liège apparaissent en tant que polygones ayant 4 à 9 cotés (Fig. 11a) (heptagonal, hexagonaux et les cellules pentagonales sont statistiquement les plus fréquentes).

Trois cellules se réunissent à chaque sommet du réseau et les formes triangulaires sont très rare et résultent probablement d'une section coupée près de la base de cellules (PEREIRA et al, 1987). Les sections axiales et tangentiels montrent une structure qui ressemble à un mur de brique (figure 11).

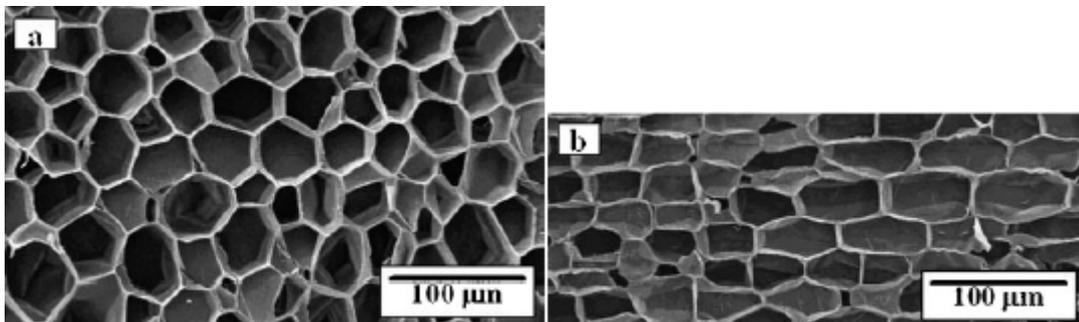


Figure 11 : micrographie du liège naturel (après l'ébullition)

a: section radiale ; b: section tangentielle

Les dimensions moyennes des cellules de liège dépendent sensiblement de la saison de formation (PEREIRA et al, 1987). Les cellules formées au début de la saison de croissance (printemps) sont plus grandes et ont des parois plus minces que celles formées vers la fin de la saison de croissance (automne). Ainsi, le nombre de cellules par cm^3 varie de $4-7 \times 10^7$ pour le liège formé au début à $10-20 \times 10^7$ pour le liège en fin de saison.

2.2-Formation du liège

Sur une coupe transversale du tronc ou d'une branche de chêne liège, on observe trois zones concentriques : le bois au centre, le liège à l'extérieur et le liber entre les deux. Entre le bois et le liber se trouve l'assise libero-ligneuse (cambium) qui donne à l'extérieur le liber et à l'intérieur le bois. Entre le liber et le liège l'assise subéro-phellodermique ou phellogène donne à l'extérieur le liège et à l'intérieur un très mince tissu : le phelloderme (figure 12).

Le phellogène apparaît très tôt sur les jeunes pousses. Le liber riche en tanin, souvent appelé "Mère" du liège, est un tissu vivant. Il comporte les vaisseaux qui transportent la sève élaborée. Le liège, par contre, est un tissu mort. Il a un rôle protecteur, c'est l'écorce de l'arbre.

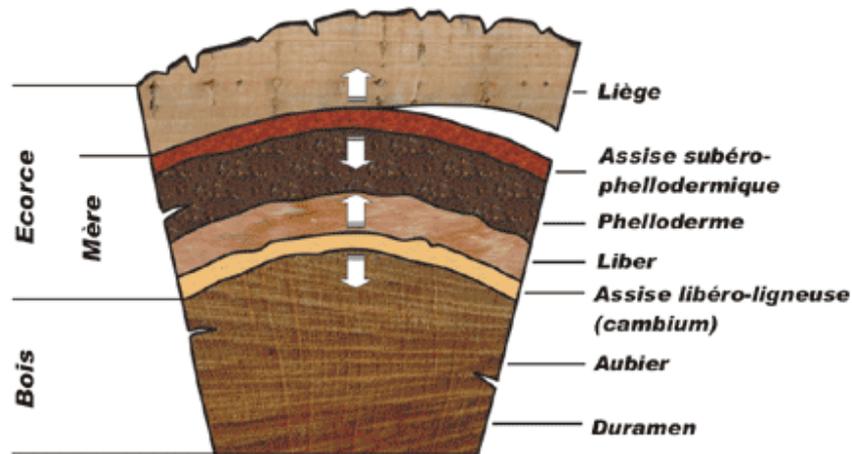


Figure 12 : Coupe transversale d'un tronc de chêne liège
(Source : IML)

Les premières assises du liège se forment sur les jeunes tiges de 1 à 2 cm de circonférence, se distendent et se fendillent quand la tige grossie. Quand l'arbre vieillit, ces fentes deviennent de plus en plus larges. Ce liège mâle est de qualité médiocre, en raison notamment de sa profonde fissuration. Il peut atteindre 15 à 20 cm d'épaisseur (SEIGUE, 1985).

Une fois le liège mâle récolté, le liber apparaît comme une surface jaune clair, très humide. Très vite il se charge de tanin et prend une couleur rouge foncé, puis brune. Il se dessèche et durcit en surface tandis qu'un nouveau phellogène se forme dans le liber et génère de nouvelles assises de liège. Tous les ans cette assise génératrice forme du liège sur sa face externe et repousse à l'extérieur la partie externe du liber. Cette couche du liber meurt et se dessèche. Elle constitue la croute du liège.

Bien que le chêne liège soit une essence à feuillage persistant, apte par conséquent à maintenir pendant la saison hivernale l'activité de ses processus physiologiques, l'activité des assises génératrices s'interrompte au cours de l'hiver et la période de repos peut être plus ou moins longue selon les conditions du milieu. En général, elle va de la fin d'octobre ou du début de novembre jusqu'au milieu ou à la fin d'Avril: le phellogène reste donc actif, chaque année, durant 6 ou 7 mois à peine. Les différences dans la dimension des cellules et l'épaisseur des membranes cellulaires de la production subéreuse de l'automne et du printemps suivant permettent de faire la distinction entre les anneaux annuels formés (NADIVIDADE, 1956). La formation du liège mâle et de reproduction suit le même processus.

On distingue le liège mâle du liège femelle. Le liège qui se développe naturellement sur le tronc et les branches de l'arbre est appelé liège mâle. Il est susceptible d'atteindre une forte épaisseur allant jusqu'à 25 ou 30cm sur de très vieux individus jamais exploités, mais il se crevasse fortement en vieillissant, devient compact, siliceux, dépourvu d'élasticité, ce qui ne permet pas de l'utiliser pour fabriquer des bouchons. Ce type de liège très riche en subérine est très recherché par l'industrie de l'isolation pour la fabrication de panneaux d'agglomérés noirs. Son extraction a lieu vers l'âge de 30 à 40 ans, lorsque l'arbre a atteint une circonférence d'environ 70cm à 1,30m du sol. Cette opération est appelée démasclage.

Par la suite, se développe une nouvelle écorce liégeuse, plus régulière, plus homogène, plus élastique et moins crevassée appelée liège de première reproduction ou liège femelle (Fig.13), qui sera de meilleure qualité mais ne pourra pas toujours être utilisée pour les usages les plus nobles à cause notamment de sa croûte souvent trop épaisse et crevassée.

La croûte se forme à la surface de la mère, lorsque suite à l'écorçage celle-ci est mise à nue et se retrouve exposée au milieu extérieur, elle n'est pas utilisable et par conséquent, plus elle est développée, moins l'épaisseur de bon liège disponible en dessous sera importante.

On considère qu'il n'est pas raisonnable de récolter le liège suivant un cycle trop court (moins de 9 ans) car cela mènerait à un épuisement de l'arbre, de même qu'il n'est pas intéressant de le laisser se développer trop longtemps, car la vitesse d'accroissement du liège diminue avec le temps et qu'il finirait de plus par se crevasser et ainsi perdre ses qualités.

Ce n'est qu'à l'écorçage suivant que l'on obtiendra du liège de deuxième reproduction, de meilleure qualité et donc de meilleure valeur marchande. La qualité des lièges est ensuite croissante puis elle finit par diminuer au fur et à mesure que l'arbre vieillit : un chêne-liège peut ainsi subir entre 12 et 15 écorçages au cours de sa vie.

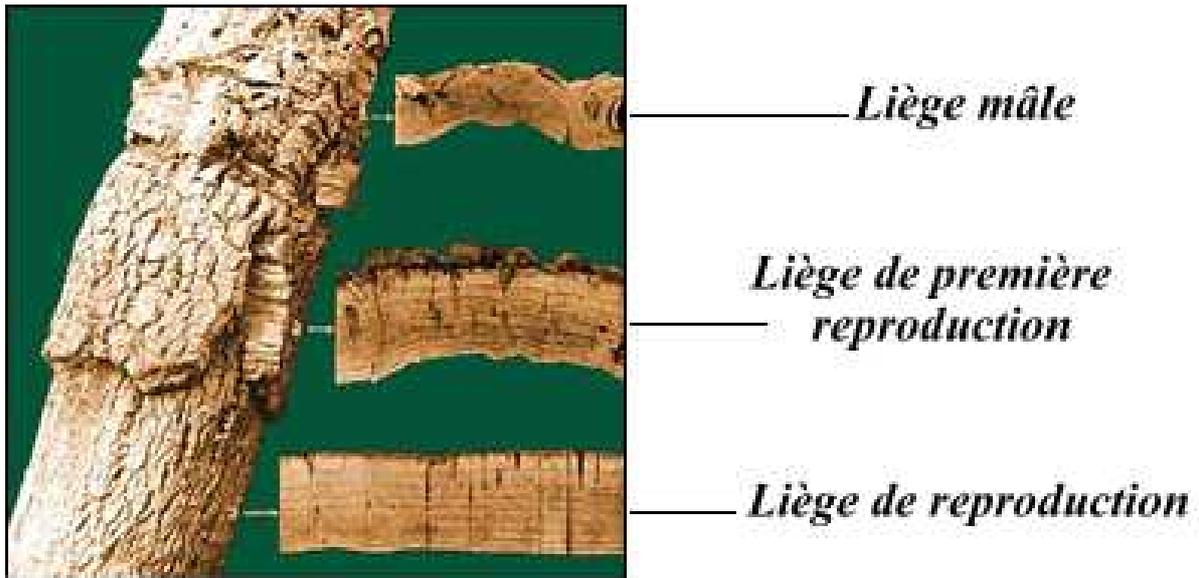


Figure 13 : Tronc de Chêne liège avec les différentes récoltes de liège
 Source : PONTE E SOUSSA et al., 2003)

2.3-Composition chimique

Le liège est un matériau très complexe. Sa composition chimique a été étudiée pour la première fois par Chevreul en 181 (BLETON et al, 1998). Selon l'auteur, de nombreux travaux lui ont été consacrés par la suite avec des résultats souvent contradictoires. Tous ces travaux notent que sa composition chimique dépend de plusieurs facteurs tels que l'origine géographique, les conditions climatiques et édaphiques, l'origine génétique, les dimensions de l'arbre, nature du liège (mâle ou de reproduction) et des conditions de croissance (SILVA et al. 2005). Le liège possède des propriétés particulières, notamment une élasticité élevée et une faible perméabilité ; celles-ci résultent, au moins partiellement, de sa composition chimique spécifique (et plus particulièrement de celle de subérine).

Les constituants directement extractibles à l'aide d'un solvant organique, donc non combinés, sont peu nombreux : il s'agit essentiellement de triterpènes pentacycliques dont le plus important est la friedeline. Les autres constituants ne sont accessibles qu'à la suite de réactions de dépolymérisation et les résultats obtenus sont fortement liés aux procédés utilisés. En 1960, il était cependant possible d'inclure dans la liste des constituants du liège : le glycérol, la subérine, la lignine, la cellulose et d'autres polysaccharides.

La subérine, constituant principal du liège de *Quercus Suber*, est elle même une substance originale très complexe. Chacune des parois qui sépare deux cellules contigües présente cinq

feuillet: deux de nature celluloses, le long des parois qui tapissent les cavités cellulaires; deux autres plus épais, subérifiés, et le cinquième, intermédiaire, lignifié (NADIVIDADE, 1956; SILVA et al, 2005). L'examen microscopique ne permet pas d'observer la nature double de ce dernier feuillet, son épaisseur étant trop exigüe et les deux éléments qui le composent intimement soudés. Le feuillet ne se déploie que là où les parois se ramifient (figure 9). La composition chimique du liège est généralement la suivante (PEREIRA, 1988):

- 46% de subérine (constituant principal du liège). La grande compressibilité et élasticité du liège sont dues à la présence de subérine en quantité importante.
- 25% de lignine (structure des parois cellulaires)
- 12% de cellulose et autres polysaccharides. La cellulose du liège est sous forme libre.
- 6% de tanins
- 6% de céroïdes. Les céroïdes repoussent l'eau et contribuent à l'imperméabilité du liège
- 5% de cendres et autres composés

Le rôle structural de la subérine et de la lignine dans les cellules de liège est schématiquement défini comme suit « *La lignine est un polymère isotrope en réseau, assurant la rigidité structurelle des cellules et leur résistance sous compression. La subérine est un polymère avec des unités de type linéaire assemblées formant des structures en type ruban et sont les responsables des propriétés élastiques du liège, Ils permettent la flexion des parois cellulaires* » (PEREIRA, 2007).

2.4-Propriétés du liège

D'après PEREIRA et al. (1987), la structure et la composition chimique de liège lui attribue des propriétés mécaniques et physiques tout à fait remarquables. En effet, le liège est un matériau léger, imperméable aux liquides, un très bon isolant thermique, chimiquement stable et surtout non affecté par l'activité microbienne. Les principales propriétés sont décrites ci-après :

2.4.1-Légèreté :

Selon SACCARDY (1937), les expériences réalisées par MALOCHENKO en 1931 ont montré que le liège contient 89.7% d'air. Cette caractéristique confère au liège une faible densité qui peut varier entre 120 et 240 kg/m³ et lui donne une extraordinaire capacité de flottabilité, reconnue et utilisée depuis des temps reculés et à vrai dire c'est elle, parmi les propriétés du liège, qui a été la plus connue et la plus appréciée depuis les anciennes civilisations (NADIVIDADE, 1956).

2.4.2-Elasticité et compressibilité

De pair avec la légèreté, il possède d'autres qualités notables, comme l'élasticité et la compressibilité qui ont permis son emploi dans l'industrie des bouchons. Il s'agit de la capacité du liège à récupérer son volume initial après avoir subi une déformation. En effet, lorsqu'il est soumis à une pression, le gaz renfermé dans les cellules est comprimé et le volume du liège diminue considérablement, par la suite, il reprend son volume de départ dès que la compression cesse d'être exercée.

2.4.3-Coefficient de frottement élevé

La surface du liège est tapissée de "micro ventouses" qui lui confèrent une forte adhérence.

2.4.4-Haute imperméabilité

La diffusion de gaz ou de liquides à travers le liège est particulièrement difficile. C'est l'imperméabilité qui, alliée à l'élasticité et la compressibilité, qui lui a valu un emploi universel dans le domaine du bouchage. Cette remarquable qualité est due à la présence de la subérine et de céroïdes, qui rend les cellules de liège imperméables aux liquides et aux gaz (NADIVIDADE, 1956).

2.4.5-Pouvoir calorifique

La capacité du liège à générer de la chaleur est équivalente à celle du charbon, environ 7000 kcal/kg.

2.4.6-Amortisseur d'impacts

L'amortisseur d'impact suppose que la déformation provoquée par un impact direct sur une zone donnée, s'étendra en zones contigües. Cela indique la capacité du liège à bien amortir les impacts.

2.4.7-Coefficient de "Poisson nul"

La compression du liège vers une direction donnée, n'occasionne aucune déformation perpendiculairement. Ceci permet d'apprécier la capacité d'absorption du liège vis à vis de déformations qui pourraient être occasionnées par d'autres matériaux dans lequel il pourrait être intégré (caoutchouc par exemple).

2.4.8-Facilement transformable

En modifiant artificiellement le contenu en eau du liège, au moyen de bouillage par exemple on facilite les processus industriels, principalement ceux de le découper en le rendant plus mou et plus élastique.

2.4.9-Faible humidité d'équilibre

L'humidité d'équilibre du liège, hormis la partie extérieure (crouste), est inférieure à 9 % de son poids approchant généralement les 6%. Cette faible humidité génère des conditions défavorables au développement de micro-organismes et, par conséquent, lui confère une durabilité illimitée.

2.4.10-Isolation thermique

La fonction naturelle du liège est de protéger les parties vivantes de l'arbre. Sa structure alvéolaire (limitant la circulation de l'air), sa faible proportion en eau et le manque de conductivité de ses composants lui confère une forte capacité d'isolation thermique. Il présente une résistance à la chaleur 30 fois supérieure à celle du béton.

2.4.11-Absence de toxicité

Du fait de son absence de toxicité, le liège a pu accompagner l'homme dans sa vie quotidienne depuis l'antiquité.

2.4.12-Pouvoir d'absorption

Avec sa structure poreuse, le liège a la capacité de retenir à sa surface, par le phénomène d'absorption certaines molécules d'origines diverses, provenant du milieu ambiant.

2.5 - CRITERES DE QUALITE DU LIEGE

La qualité du liège se traduit par l'absence relative de défauts. Un liège de très bonne qualité ne doit avoir que des lenticelles fines et peu nombreuses, il doit être léger, imperméable et souple (SACCARDY, 1937).

La classification des lièges en diverses catégories de qualité est faite d'après une méthode empirique qui consiste dans l'appréciation visuelle des principaux défauts, le critère fondamental étant la porosité.

La principale utilisation du liège est la fabrication de bouchons. Une planche de liège est d'ailleurs considérée de bonne qualité, si l'on peut y maximiser la production de bouchons naturels. Comparé aux autres produits industriels artificiels, le liège est doté d'une hétérogénéité particulière. En effet, sur la globalité de la production, seule une partie est bouchonable. Il est donc indispensable de faire la distinction entre ce qui est acceptable et ce qui ne l'est pas pour la fabrication de bouchons naturels mais valable pour d'autres utilisations.

Dans ce sens, il faut distinguer deux facteurs qui interviennent dans la qualité du liège : l'épaisseur ou calibre du liège et son aspect.

2.5.1-L'épaisseur ou calibre du liège

L'épaisseur est l'une des caractéristiques majeures pour l'appréciation de la qualité d'une planche de liège destinée à la fabrication de bouchons. En effet, pour être bouchonable, le liège doit avoir une épaisseur optimale permettant le poinçonnage de bouchon naturel. Le calibre de liège se mesure dans le sens radial et donne l'épaisseur de la planche entre sa partie intérieure et sa croûte. C'est l'addition des différentes couches d'accroissement de liège produites annuellement entre deux écorçages.

Traditionnellement, l'épaisseur se mesure en lignes, à l'aide d'un "pied de ligne". Ce dernier est constitué d'une échelle graduée, divisée en lignes régulières et séparées entre elles par 2.25 mm. Sachant que le diamètre standard du bouchon est de 24 mm, et en tenant compte de la marge nécessaire pour le produire dans l'épaisseur de liège brut, on estime qu'il faut environ 13 lignes (IPROCOR, 1999). L'optimum recherché dans la fabrication du bouchon naturel est la réduction maximale des déchets.

2.5.2- L'aspect du liège

C'est un facteur d'appréciation de la qualité qui tient compte de sa capacité de bouchage, de son esthétique, de critères d'hygiène, de son comportement à l'écorçage, etc. Toute une série de raisons liées aux caractéristiques du liège ou occasionnelles, le confirme. Parmi elles :

2.5.2.1-La porosité

Le liège n'est pas complètement étanche, il renferme des lenticelles permettant les échanges gazeux. Les lenticelles s'observent sur la partie intérieure, sur la croûte et sur l'épaisseur de la planche. Leur diamètre oscille entre 0.2 et 8mm et leur nombre varie entre 30 et 270 par cm². Leur forme est généralement cylindrique. Une porosité excessive va rendre le liège moins compact. Par ailleurs, la qualité d'un liège va diminuer avec l'augmentation du nombre et de la taille des lenticelles.

2.5.2.2-La densité

La densité normale du liège varie de 120 à 240 kg/m³. Au-delà, elle est considérée excessive. Cette densité élevée peut provenir d'un excès de liège d'été et d'automne par rapport à celui de printemps, beaucoup plus léger. Par contre, pour le liège dont l'accroissement sera rapide au printemps, l'effet sera inverse et entraînera une baisse de la densité et de l'élasticité du produit.

2.5.2.3 - Appréciation des parties intérieure et extérieure des planches de liège

Sur la partie intérieure appelée "ventre", on appréciera la porosité et les déformations (manque d'homogénéité, présence de protubérances). Par contre, sur la partie extérieure (dos), il s'agit plutôt d'apprécier la densité et la profondeur des crevasses. La qualité optimale

correspond aux planches de liège présentant une partie extérieure homogène et la plus lisse possible.

2.5.2.4-La couleur

Il existe en fonction de la qualité de la station, une variation de la couleur. Par ordre d'appréciation, on rencontre les teintes rosées, puis les jaunâtres, ensuite les terreuses (marron) et pour finir les noirâtres. La couleur s'apprécie sur la tranche et les faces de la planche.

2.5.2.5- Les accroissements

Il est préférable que les accroissements annuels soient réguliers et homogènes. Ils dépendent des conditions climatiques, de l'état sanitaire de l'arbre, etc. Le liège reconnu de meilleure qualité est généralement celui dont les accroissements sont les plus réguliers et où les couches séparatrices sont plutôt ondulées.

2.6 - LES DEFANTS DU LIEGE

La notion de qualité de liège évolue avec les multiples utilisations du liège, de manière à traduire les caractéristiques recherchées pour chaque produit manufacturé. A titre d'exemple, l'excès de porosité, de dureté, de défaut d'élasticité, qui sont des défauts très importants pour l'industrie du bouchon, n'intéressent pas, dans la pratique, les lièges destinés à la trituration. Toutefois, étant donné que la fabrication du bouchon représente la principale et la plus ancienne utilisation du liège, la classification commerciale continue d'obéir aux normes établies par cette industrie.

Selon NADIVIDADE (1956), seuls ont de l'importance les défauts qui portent atteinte à l'homogénéité du tissu subéreux et à ses caractéristiques physiques, mécaniques ou chimiques.

Certains défauts peuvent à partir d'un certain niveau, déprécier la qualité des planches de liège. Parmi eux nous citons (figure.14):

- **L'excès de porosité**

Les pores sont des éléments de la structure du liège. Cependant, leur nombre et plus particulièrement leur diamètre sont les traits distinctifs les plus importants pour l'appréciation de la porosité des lièges (SACCARDY, 1937 ; NADIVIDADE, 1956). Cette porosité varie entre des limites très éloignées allant de moins de 3% à 29% pour le cas des lièges dits gras ou soufflés.

- **L'excès de densité**

L'excès de densité est une cause de dépréciation du liège. En effet, bien que la densité du tissu subéreux soit d'habitude très basse, certaines planches de liège accusent un poids spécifique supérieur à la normale. Selon NADIVIDADE (1956), ce défaut est toujours étroitement lié à la dureté et résulte, soit de la minceur des anneaux subéreux formés chaque année, et par conséquent de la prédominance de cellules d'été et d'automne, de hauteur réduite et à parois très épaisses, soit de la présence de sclérenchyme et d'inclusions, dans le liège, de tissu libérien et phellodermique (la densité dans ce cas est 3 à 4 fois supérieures à la normale).

La densité du liège de reproduction à l'état sec et sans croûte varie de 160 à 260 kg/m³ (190 kg/m³ en moyenne). Cette valeur augmente avec l'état d'humidité du liège et la présence de la croûte influence largement cette densité, de sorte qu'elle peut atteindre une moyenne de 230 kg/m³ (SACCARDY, 1937). En revanche, le liège mâle est plutôt plus lourd et peut atteindre une densité de 300 et même de 350 kg/m³.

- **Croûte épaisse**

La croûte du liège constitue sa partie externe, inutilisable. La qualité du liège est dépréciée lorsque l'épaisseur de la croûte est importante, elle ne représente qu'un poids mort et impose un travail supplémentaire dans le processus de transformation notamment durant l'opération de raclage et ainsi des dépenses supplémentaires. Le liège qui porte une croûte épaisse est qualifié de liège croûteux.

- **Liège soufflé**

Les soufflures sont des cavités qui apparaissent à l'intérieur des lièges. En section transversale elles ont l'apparence de fuseaux allongés dans le sens radial, intéressant le plus souvent

plusieurs accroissements ou même traversant la planche de part en part. Les soufflures sont en réalité que des déchirures internes sous la double action de la tension des couches subéreuses et du retrait imposé par la dessiccation (SACCARDY, 1937).

- **Le liège terreux**

Il s'agit d'un trouble dans le fonctionnement du phellogène qui aboutit à remplacer une partie du suber proprement dit par le tissu pulvérulent des lenticelles, qui forme alors des plaques continues, voire des accroissements entiers. Ce type de liège est donc en même temps terreux, mais il est fortement durci par les parois lenticulaires qui sont sclérifiées à l'excès.

- **Le liège vert**

C'est un défaut dû à la pénétration de l'eau dans les cellules subéreuses, favorisant ainsi son attaque par des champignons dépréciateurs. Ce défaut entraîne au cours du séchage de la planche un fort rétrécissement du liège. Sur les planches fraîchement levées, ce défaut apparaît sous forme d'une bande de liège humide présente sur les derniers accroissements, près de la face intérieure. Sur le liège sec, il s'apprécie par la présence d'une couche contractée provoquée par la perte d'eau.

- **Liège marbré ou tacheté**

Juste après bouillage, apparaît sur le liège des taches irrégulières de couleur foncée, noire ou noir-bleuâtre, plus denses à la périphérie, notamment sur la coupe tangentielle. Il s'agit de la marbrure, qui est un défaut n'affectant pas les caractéristiques physicochimiques du matériau, mais par contre, il donne un mauvais goût aux vins. L'origine de ce défaut reste mal connue. La marbrure proviendrait selon HENRIQUET (1897) cité par NADIVIDADE (1956) de l'attaque d'un champignon (*Melophia ophiospora* Sacc), dont le mycélium traverse les membranes des cellules subéreuses et provoque leur altération.

- **Liège doublé**

Le stress occasionné par un incendie, une blessure ou une forte sécheresse peut provoquer une interruption soudaine de la croissance. Lorsque celle-ci reprend normalement, de fortes ruptures peuvent apparaître du fait d'un manque d'adhérence entre le phellogène (ou la mère) et la nouvelle couche de liège produite. Ce décollement peut se manifester lors de

l'écorçage ou après le bouillage lors de l'effort déployé pour aplanir la planche. Il a pour conséquence l'altération de la qualité du liège et la dépréciation de la planche.

- **Liège crevassé**

Les profondes crevasses longitudinales qui se forment au dos des planches de liège, résultat de l'accroissement du tronc et de la formation endogène du tissu subéreux, peuvent être considérées comme un défaut, car elles déprécient le liège destiné à certains usages.

- **Liège flambé**

Le liège flambé est un liège qui a été léché par les flammes. Ce liège est déprécié et réservé à des utilisations marginales, ce qui diminue son prix de vente, qui n'est que de l'ordre du dixième de celui du liège bouchonnable (SANTIAGO BELTRAN, 2004).

- **Liège troué**

Ce défaut résulte soit des attaques occasionnées par la fourmi (*Crematogaster escutellaris*) et/ou la larve du *Coroebus undatus* (ver du liège) qui creusent leurs galeries à l'intérieur du liège et le déprécie, soit par le pic qui pratique des perforations transversales sur la partie extérieure du liège pour rechercher les larves d'insectes.

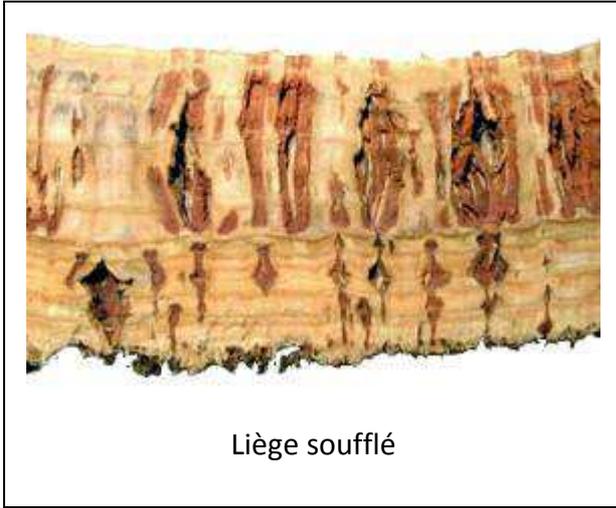
2.7- CLASSIFICATION DU LIEGE

La classification traditionnelle du liège en liège mâle, liège de première reproduction et liège de reproduction est beaucoup trop simple pour répondre aux différentes demandes et exigences des industries de transformation (bouchons, trituration, etc.). En effet, dans la catégorie de liège dit "de reproduction", on peut trouver des qualités très différentes à des prix et pour des utilisations tout aussi différentes. Pour cela, l'industrie de première transformation classe le liège à partir de son épaisseur et de son aspect.

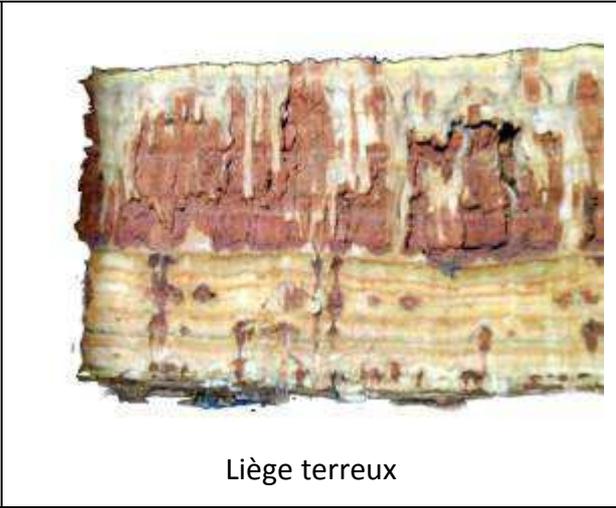
Du point de vue épaisseur, le nombre de classes varie d'un pays producteur à l'autre. En Espagne, l'Institut du liège, du bois et du charbon (IPROCOR) a proposé une classification basé sur cinq classes, alors qu'au Portugal la classification officielle (NP-298) utilise six classes (tableau II).

Tableau II : Classification du liège de reproduction par classes d'épaisseur

ESPAGNE			PORTUGAL		
Classes	Epaisseur en lignes	Epaisseur en mm	Classes	Epaisseur en lignes	Epaisseur en mm
1	>19	42.75	1	>24	>54
2	15 - 19	33.75 - 42.75	2	18 - 24	40 - 54
3	13 - 15	29.75 - 33.75	3	14 - 18	32 - 40
4	11 - 13	24.75 - 29.75	4	12 - 14	27 - 32
5	<11	24.75	5	10 - 12	22 - 27
			6	4 - 10	9 - 22



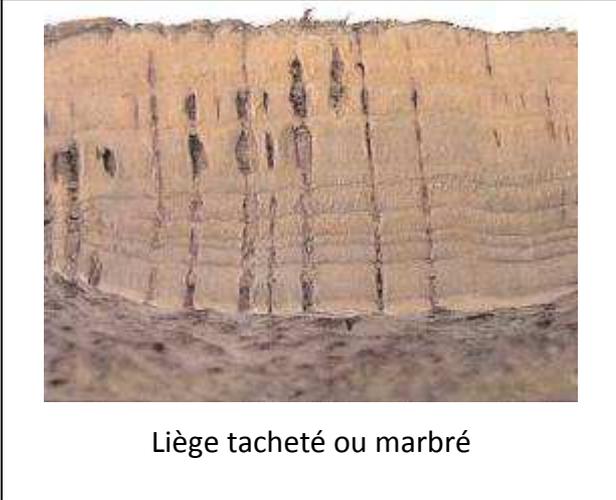
Liège soufflé



Liège terreux



Liège vert



Liège tacheté ou marbré



Liège doublé



Liège flambé



Liège troué (galeries de fourmi)



Liège troué (liège attaqué par le pic)

Figure 14 : principaux défauts observés sur le liège de reproduction

Du point de vue aspect, les planches de liège sont classées en 7 catégories et Rebut en Espagne et 6 catégories et Rebut au Portugal. Ces classes d'aspect mentionnées dans le tableau 3, sont établies en fonction des caractéristiques suivantes :

- Densité et taille des lenticelles
- Nature et épaisseur de la croûte et de la mie
- Nombre et épaisseur des veines (croissance)
- Poids et souplesse
- Défauts divers : présence de terre, bois, soufflures, trous de vers ou fourmis, champignons, colorations, liège vert (trop frais), dimensions et profondeurs des crevasses, veines creuses ou sèches.

Tableau III : Classification du liège de reproduction par classes d'aspect

CLASSE	ESPAGNE	PORTUGAL
1	Première	Première
2	Deuxième	Deuxième
3	Troisième	Troisième
4	Quatrième	Quatrième
5	Cinquième	Cinquième
6	Sixième	Sixième
7	Septième	Rebut
8	Rebut	

Ainsi, le croisement des différents aspects avec les épaisseurs, a permis l'obtention d'une combinaison de données regroupée au sein d'une classification globale de qualité liège et constituée de neuf catégories (tableaux IV, figure 15).

La classification du liège est accomplie par un opérateur. Ce dernier réalise une première classification par épaisseur. Par la suite, il effectue à partir de l'aspect, un nouveau tri et classement, donnant à chaque planche une destination définitive, liée à son utilisation industrielle la plus adaptée.

Tableau IV : Classification du liège de reproduction par classes d'épaisseur et d'aspect

CLASSE (en lignes)	CLASSES	UTILISATION
Plus de 19	1, 2, 3, 4, 5, 6	Bouchon naturel, bouchon de cruche (génère beaucoup de déchets)
15 à 19	1, 2, 3, 4, 5	Bouchon naturel de 24 mm de diamètre
15 à 19	6	Bouchon colmaté de 24 mm de diamètre
13 à 15	1, 2, 3, 4, 5	Bouchon naturel de 24 mm de diamètre
13 à 15	6	Bouchon colmaté de 24 mm de diamètre
11 à 13	1, 2, 3, 4, 5	Bouchon naturel de 21 mm de diamètre
11 à 13	6	Bouchon colmaté de 21mm de diamètre
Moins de 11	1, 2, 3, 4	Rondelle naturelle, papier, bouchon 2 pièces
Toutes classes confondues	Rebut	Trituré

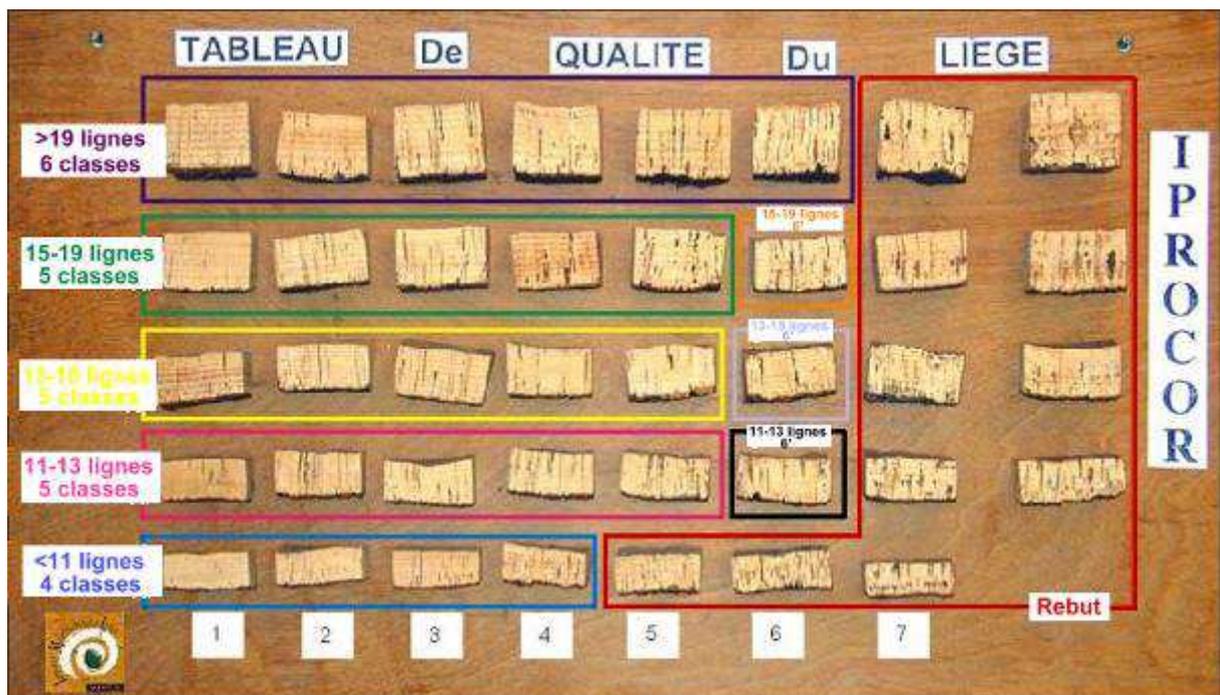


Figure 15: Tableau de qualité de liège de reproduction adoptée par IPROCOR

2.8-TRANSFORMATION ET UTILISATION DU LIEGE

Le liège est un matériau utilisé dans divers créneaux de transformation. En effet, on peut l'affecté à l'isolation, la décoration, les bouchons traditionnels, les bouchons agglomérés et autres.

2.8.1-Le marché des bouchons naturels

Ce marché reste la plus rentable utilisation du liège. La fabrication est réalisée à partir du liège femelle. L'obtention des bouchons nécessite les opérations suivantes: bouillage du liège, vieillissement, tirage en bande, tubage, colmatage, ponçage-rognage, lavage-séchage, triage, marquage, paraffinage et comptage-emballage.

2.8.2-Le marché des bouchons agglomérés

Le bouchon est composé d'une tête en liège aggloméré (environ 10grs) et de 2 ou 3 rondelles de liège naturel. Il est soit à l'aide d'une extrudeuse à boudin, soit à l'aide de machines permettant de faire très rapidement les bouchons un à un, grâce à des moules où sont introduites les rondelles.

2.8.3-Le marché de l'isolation

Il englobe deux grands secteurs: l'isolation thermique et l'isolation phonique. Le liège isolant est vendu en granulés, plaques de liège expansé. La fabrication du liège d'isolation se fait à partir du liège de ramassage, ou rebut, cuit durant 15 minutes à 350 degrés. Les agglomérés des granules du liège, connus sous le nom d'agglomérés noirs sont réalisés sans l'adjonction de liants. Ils sont utilisés en construction pour les murs intérieurs ou extérieurs, bâtiments et plafonds, pour leur propriétés d'isolation thermique et acoustique, ainsi que pour réduire au minimum la transmission des vibrations (SILVA et al., 2005).

2.8.4-Le marché de la décoration

Dans le marché de la décoration, l'utilisation du liège peut être sur les murs, les sols, au plafond. Les produits de la décoration murale sont vendus en plaques ou en rouleaux, et ceux de décoration des sols sont commercialisés en carrés ou en lattes.

Le liège de décoration est un liège aggloméré composé (aggloméré blanc) obtenu à une température moins élevée que le liège expansé noir afin de ne pas affecter la constitution, l'aspect et la couleur. Les granulés utilisés sont obtenus à partir de liège mâles ou femelles, de rebut, de déchets ou de liège de ramassage.

2.8.5- Autres créneaux

D'autre part, le liège peut être orienté vers d'autres créneaux, notamment pour la fabrication de joints moteurs, joints industriels, pièces de collage, capsules pour bouchons à vis pour flacons.

2.9- LES INSECTES ENNEMIS DU LIEGE

2.9.1- La Fourmi du liège (*Crematogaster scutellaris*)

Très présente dans les suberaies, cette fourmi est particulièrement crainte par les leveurs et débardeurs en raison des morsures qu'elle occasionne. Elle a une action particulièrement dévastatrice dans le liège dans lequel elle établit son nid. Particulièrement rencontrée sur les lièges mâles et les lièges sur-épais. Les attaques peuvent être très importantes de sorte que le liège est complètement creusé, on parle de liège vide. Les arbres attaqués se reconnaissent aux nombreux orifices d'entrée de la fourmilière (10 à 30 trous de 2 mm de diamètre environ) par lesquels entrent et sortent sans arrêt des colonnes d'ouvrières. Le nid creusé depuis la surface dans l'épaisseur du liège, sur 3 à 4cm de profondeur et 1,5 à 2,5 m de hauteur, est généralement constitué de plusieurs parties reliées les unes aux autres par un réseau de galeries.

La fourmi du liège est présente dans la plupart des subéraies d'Europe méditerranéenne et d'Afrique du Nord. Au Maroc, on estime qu'elle provoque la perte de 50 % du rendement qualitatif du liège destiné à la bouchonnerie (VILLEMANT et FRAVAL, 2002).

2.9.2- Les lépidoptères

Deux Lépidoptères, à l'état larvaire, creusent des galeries dans le liège sans provoquer de dégâts importants (VILLEMANT et FRAVAL, 2002). Il s'agit de la Teigne des nids, *Niditinea fuscipunctella* (Lépidoptère Tinéidé) et la Teigne du bananier, *Opogona sacchari* (Lépidoptère Tinéidé Hieroxestiné).

2.9.3- Les Coléoptères

- L'Agrile hastulifère (*Agrilus hastulifer*), est un petit Buprestidé allongé (6 à 7 mm). Les larves de cette espèce d'Afrique du Nord et d'Europe méridionale, semblent se développer préférentiellement dans le liège.

- La Couleuvre (*Coroebus undatus*), est autre Buprestidé qui se développe au milieu de la mère et rend difficile la levée du liège, surtout le démasclage.

Par ses galeries pleines de résidus et d'excréments, il déprécie la planche. Lors du déliégeage, l'écorce se casse facilement suivant des lignes de moindre résistance correspondant aux galeries que présentait la mère à la récolte précédente. Ce ravageur est très apprécié des Pics qui perforent le liège à la recherche de ses larves, causant alors des dommages plus importants que ceux de l'insecte lui-même (VILLEMANT et FRAVAL, 2002).

-La Cadelle marocaine, *Tenebroides maroccanus* (Ostomatidé), strictement corticole, commune en Algérie et au Maroc et signalée aussi en Corse. Les adultes, actifs entre mai et juillet, creusent le liège et circulent sous les écorces décollées, se nourrissant d'insectes divers.

- *Dasytes terminalis* (Dasytidé) : les larves de creusent dans le liège des galeries étroites de section ovale (1 à 1,5 mm) qui, comme chez la Cadelle marocaine, sont toujours remplies de débris de liège.

- *Opilo domesticus* : c'est un actif prédateur recherchant en particulier les insectes xylophages. Les larves brunes et velues de ce Cléridé, creusent des galeries et se nymphosent dans le liège.

-*Brachyderes pubescens* : les adultes de ce Curculionidé phyllophage, creusent dans le liège mâle des logettes où ils passent l'hiver. Contrairement à celles de la Fourmi du liège, leurs galeries sont pleines de vermoulure.

-Autres destructeurs du liège : les Dermestidés, le Dermeste des peaux, *Dermestes maculatus*, *D. sardous* et, surtout, le Dermeste du lard, *D. lardarius*, creusent leurs logettes de nymphose dans l'écorce des Chênes. Les dégâts des Dermestes dans les entrepôts de liège sont parfois considérables.

CHAPITRE II

MATERIEL ET METHODES

INTRODUCTION

Le liège est un matériau doté de propriétés remarquables d'élasticité, compressibilité, isolation thermique et phonique, légèreté et faibles perméabilité au liquide. Ces propriétés font de lui un matériau de choix dans différents usages, et le bouchage reste de loin l'utilisation la plus valorisante. Cependant, la qualité du liège reste un facteur capital qui conditionne sa destination finale vers l'industrie du bouchon.

Les lièges destinés à la bouchonnerie doivent avoir un calibre supérieur à 27 mm. Cette épaisseur qui permet le poinçonnage des bouchons est obtenue au bout d'un cycle de production de 9 à 12 ans (FEREIRA et al., 2000).

La qualité du liège est également influencée par la porosité et la présence de défauts (LOPES et PEREIRA, 1996). La porosité correspond à la présence de canaux lenticulaires qui traversent radialement la planche de liège. Leur nombre, leur distribution et leur dimension sont des paramètres importants permettant l'appréciation de la qualité et la classification des planches de liège dans les diverses classes commerciales.

Les professionnels de liège réalisent leurs achats à partir de parcs à liège, en procédant préalablement à une reconnaissance des piles. Ils apprécient généralement à vue d'œil l'épaisseur et la porosité des lièges empilés et décident ainsi du prix à donner à chaque pile.

MATERIEL ET METHODES

1- Présentation générale de la zone d'étude

Les cinq subéraies étudiées font partie des onze que compte la forêt de Rekkada Metlatine (figure 16). Cette forêt d'une contenance totale de 2440,65 hectares est constituée de peuplements assez denses (futaies de 130 à 160 arbres à l'hectare) est considérée comme l'un des pôles les plus importants de production du liège de la wilaya de Jijel.

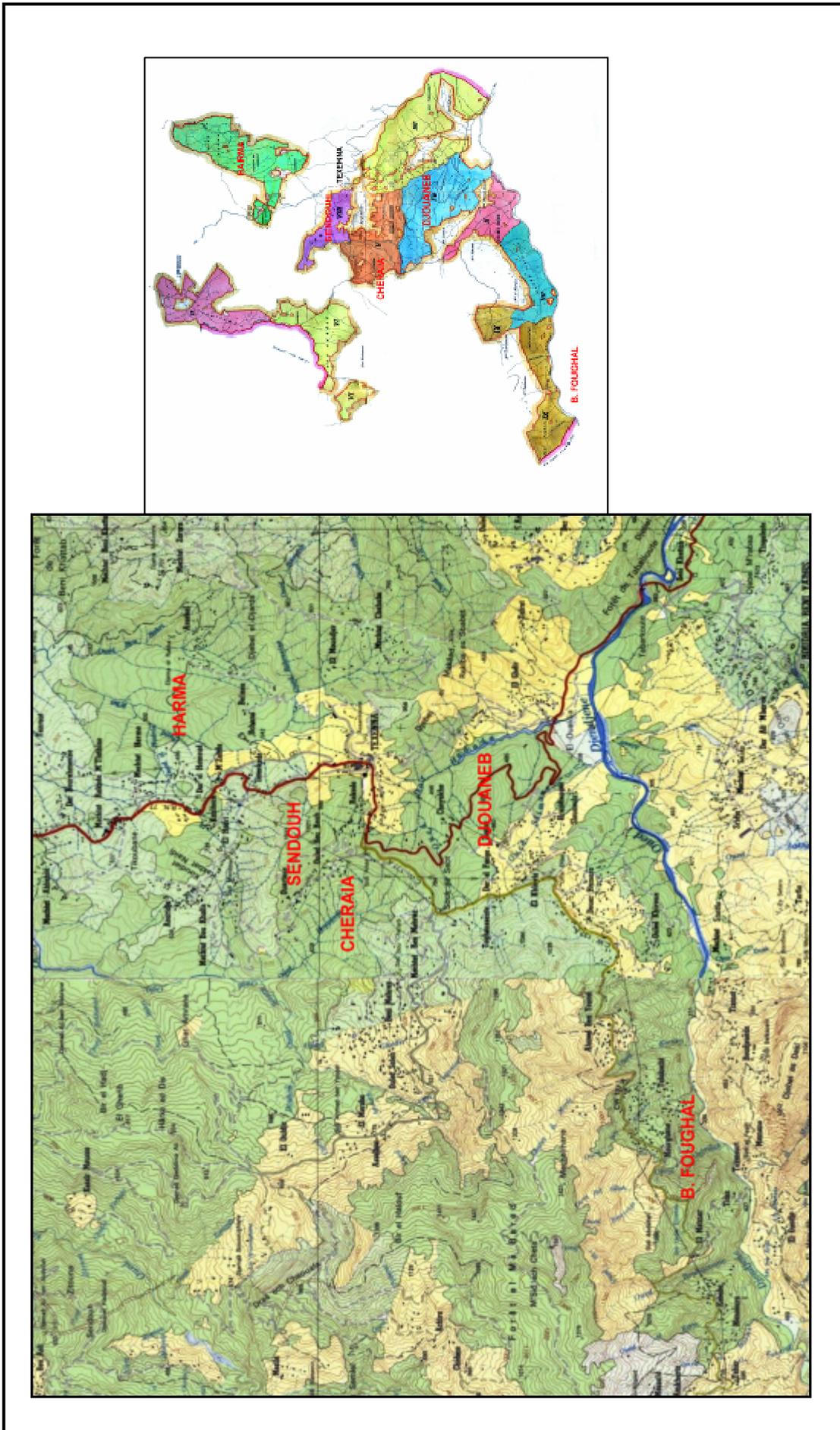


Figure 16 : Localisation de la région de Texenna et des cinq suberaies étudiées

Située à 18 km au sud de la ville Jijel, la forêt relève administrativement de la commune de Texenna et rattachée à la circonscription des forêts de Texenna, selon le découpage territorial de l'administration forestière. La description des suberaies étudiées est représentée dans le tableau V.

La région de Texenna se situe dans l'étage bioclimatique humide à hiver chaud ($Q_2=218$; Température minimale = 8.3°C) (DJENNIT, 1977). Les précipitations enregistrées par le pluviomètre de la subdivision de l'hydraulique de Texenna, pour la période 1998-2007, donnent une moyenne annuelle de 1200 mm. Cette pluviométrie est inférieure à celle la période 1913 à 1939 (1395mm/an), mentionnée par SELTZER (1946). Le régime pluviométrique saisonnier est du type HPAE. L'indice d'aridité calculé pour la région est de 49.2 et détermine un régime humide (DJENNIT, 1977). La saison sèche dure 3 mois et demi, elle couvre la dernière semaine du mois de Mai et s'étale jusqu'au début de la troisième décennie du mois de Septembre.

Comme la majeure partie du territoire de la wilaya de Jijel, la région de Texenna se caractérise par un relief très accidenté, où les pentes peuvent atteindre 40%. Les pentes des subéraies étudiées sont orientées au nord, sud sud-est et sud-ouest. L'altitude varie de 400 à 900 m.

Du point de vue géologique la région est constituée principalement de grès, d'argiles et de schistes. Les grès facilement décomposables sous l'action des agents atmosphériques, donnent naissance à un complexe argilo siliceux très perméable, surmonté d'un horizon humifère dont l'épaisseur varie de 10 à 15 cm. Dans l'horizon sous-jacent, on note la présence de nombreuses veines humifère et l'ensemble constitue un excellent sol forestier (BOUDY 1955).

Sur le plan de l'aménagement des récoltes, la forêt de Rekkada Metlatine est gérée selon la méthode des coupons réglés. Cette forêt est subdivisée en 9 coupons ou parties, récoltées successivement d'année en année.

Tableau V : Caractéristiques des cinq suberaies étudiées

Caractéristiques	Stations				
	Sendouh	Djouaneb	Harma	Cheraia	Béni-Foughal
Superficie (Ha)	100.12	409.59	330.20	221.93	284.87
Altitude moyenne (m)	893	672	413	580	655
Exposition dominante	Sud+Est	Sud+Sud-est	Nord	Est + Ouest	Sud
Pente moyenne (%)	25 à 30	35 à 40	10 à 15	20 à 25	20 à 25
Sols	Schisteux + Argileux	Roches schisteuses	Argile+Schiste	Schiste + Argile	Schisteux+ Argileux
Structure du peuplement	Futaie + taillis sous futaie	Vieille futaie claire au sud-est, futaie serrée par endroits et taillis sous futaie en bouquets très serrés à l'ouest	Futaie+Taillis sous futaie	Vieille futaie par endroits et principalement sur le sommet ; futaie et taillis à l'ouest ; futaie à l'est	Vieille futaie claire et taillis sous futaie par endroits
Densité (tiges/ha)	250	130	160	180	90
Age du liège	9 ans	9 ans	9 ans	9 ans	9 ans

2- Stratégie d'échantillonnage et prélèvement de liège

L'échantillonnage qui a servi de base à cette étude a été fait en 2007 dans le parc à liège d'oued Kissir, à partir des 14 piles de liège rassemblant la production des suberaies de Sendouh, Djouaneb, Béni-Foughal, Harma et Cheraia. Les lièges de ces cinq forêts est âgé de 9ans. Le tableau 5 récapitule la description des suberaies étudiées.

Le nombre et les dimensions des piles est variable d'une suberaie à l'autre. Le prélèvement des planches de liège a été opéré systématiquement dans chacune des piles (ALOUÏ et al., 2006) où trois échantillons sont extraits à un intervalle régulier de deux mètres. Le premier échantillon a été extrait à la base, le second au milieu et le troisième au haut de la pile (Fig. 17). Les échantillons prélevés sont ensuite étiquetés et codifiés.

Au total 423 échantillons de liège de reproduction ont été prélevés et ramenés au laboratoire, pour être découpé sous forme de carrés de 10x10 cm à l'aide d'une scie électrique. Les échantillons de liège ont été traités à l'eau bouillante pendant 1 heure, suivant la pratique industrielle de préparation du liège (EMILIA ROSA et al, 1990) et équilibrée à la température ambiante du laboratoire. L'humidité moyenne des échantillons de liège séchés à l'air était de 7.71%.

3- Mesure des paramètres du liège

3.1- Epaisseur du liège

L'épaisseur moyenne de liège (E_{moy}) en millimètre de chaque échantillon a été calculée. Il s'agit de la moyenne des quatre mesures effectuées à l'aide un pied à coulisse numérique sur chaque coté de l'échantillon de 10x10 cm :

$$E_{moy} (mm) = (E_1 + E_2 + E_3 + E_4) / 4$$

L'épaisseur moyenne de liège a permis de classer les échantillons en 6 catégories d'épaisseur comme suit :

- Catégorie 1 : < 22 mm
- Catégorie 2 : 22-27 mm
- Catégorie 3 : 27-32 mm
- Catégorie 4 : 32-40 mm
- Catégorie 5 : 40-45 mm
- Catégorie 6 : 45-54 mm

3.2- Estimation visuelle de la qualité du liège

Afin de comparer la classification visuelle du liège, actuellement utilisée par les transformateurs et celle basée sur la quantification biométrique de la porosité, nous avons fait appel à un expert de l'industrie de liège. Ce dernier, grâce à son expérience professionnelle a apprécié la qualité des échantillons de liège à la vue et au toucher d'après la texture, la densité des lenticelles (porosité), la finesse et la souplesse du grain ainsi que l'absence de défauts (SEIGUE, 1988 ; COURTOIS et MASSON, 1999). Ainsi, les échantillons ont été classés par ordre de qualité commerciale visuel décroissant : 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème}, 4^{ème}, 5^{ème}, 6^{ème}, 7^{ème} et rebuts, puis regroupés par classes de qualité comme suit:

- Bonne qualité : représenté par les catégories 1 à 3,
- Moyenne qualité : représenté par les catégories 4 et 5,
- Faible qualité : représenté par les catégories 6 et 7,
- Le liège rebut.

3.3- Densité

La densité en kg/m^3 est définie comme étant le poids du liège par unité de volume. Elle est déterminée par la pesée des échantillons de liège séché à l'air à l'aide d'une balance de précision (1/100g), puis ramenée à l'unité de volume (longueur, largeur et épaisseur des échantillons étant connu).

$$D (\text{kg/m}^3) = \text{Poids de l'échantillon} / \text{Volume de l'échantillon}$$

3.4- Productivité

La productivité correspond au poids du liège produit par unité de surface de déliègeage (kg/m^2). Elle est estimée à l'aide de la formule suivante:

$$P_{\text{rod}} (\text{kg/m}^2) = \text{Poids de l'échantillon} / \text{surface de l'échantillon}$$

3.5-Porosité

Afin d'étudier la porosité de liège, nous avons tiré aléatoirement 100 échantillons de liège (soit 20 échantillons par suberaie) des 423 échantillons prélevés au départ. Des éprouvettes rectangulaires de 10cm de long et 1.5cm de large ont été découpées au centre de chaque échantillon (figure 17). Les surfaces de chaque éprouvette ont été polies et nettoyées à l'air

comprimé pour préparer les éprouvettes à l'observation des pores et effectuer les mesures de leurs dimensions à l'aide d'une loupe binoculaire munie d'un micromètre permettant des lectures à 1/100 de millimètre. La quantification de la porosité du liège a concerné les paramètres suivants:

3.5.1- Nombre de pores :

Il s'agit du nombre total de pores recensé dans une éprouvette de 10cm de longueur et 1.5cm de largeur.

3.5.2- Surface moyenne des pores :

En raison de la géométrie et la multitude de forme des pores, la surface de chaque pore recensé a fait l'objet d'une estimation à l'aide de la formule:

$$S_i = \pi D^2/4 \quad \text{avec } D_i = d_1 + d_2$$

avec S_i = Surface du pore ($i= 1$ à n)

d_1 et d_2 étant les deux diamètres de chaque pore, d_1 est mesuré perpendiculairement à d_2 ;

La surface moyenne des pores étant la surface totale des pores divisée par le nombre de pores recensé par éprouvette.

$$S_{\text{moy}} = \sum S_i/n_i$$

n_i = nombre total de pores

3.5.3- Coefficient de porosité (C.P):

Il correspond au pourcentage de la surface totale occupée par les pores par rapport à la surface totale de la section de l'éprouvette. C'est le paramètre le plus déterminant dans la porosité du liège (FERRREIRA et al., 2000).

$$\text{C.P (\%)} = \sum S_i/S_{\text{ép}} \times 100$$

3.5.4- Dimensions des pores :

La longueur et de la largeur spécifiques de chaque pore ont été mesurés à l'aide du micromètre de la loupe binoculaire à 1/100 de mm.

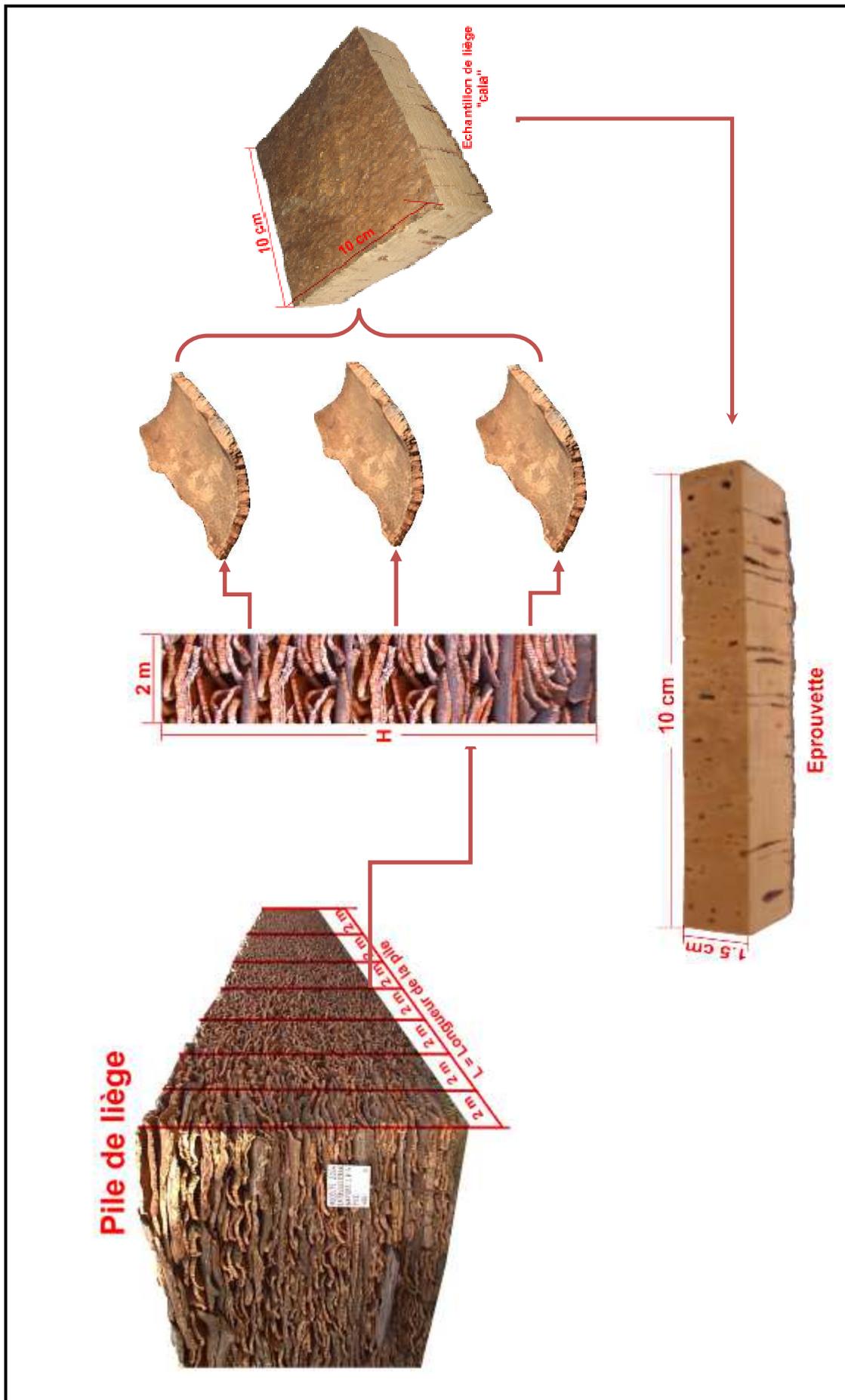


Figure 17 : Représentation de la méthodologie d'échantillonnage

3.5.5- Classement des pores par classes de superficie:

L'ensemble des pores recensés et mesurés ont été rangés en trois classes de superficie comme suit :

- Classe 1 : pores de superficie $<1\text{mm}^2$,
- Classe 2 : pores de superficie variant de $1\text{ à }2\text{mm}^2$
- Classe 3 : pores de superficie $>2\text{ mm}^2$

3.5.6- Facteur de géométrie:

C'est le rapport entre le diamètre minimum et le diamètre maximum du pore. Le facteur de géométrie est un paramètre très important, car il renseigne sur la forme des pores, puisque une forme circulaire à la valeur 1 et une forme linéaire à la valeur 0 (FEREIRA et al, 2000).

4- Traitement des données

4.1- Variation intrastationnelle

La variation des différents paramètres étudiés à l'intérieur de chaque forêt a été appréciée par l'écart type (σ) et le coefficient de variation (CV). Ces paramètres permettent de comparer la dispersion et la variabilité relative de plusieurs séries statistiques dont les ordres de grandeurs sont différents et mettre en évidence l'effet arbre sur la qualité du liège. Le coefficient de variation est obtenu en exprimant l'écart type en valeur relative de la moyenne, lorsque celle-ci est positive (DAGNELIE, 1975).

$$\text{C.V (\%)} = (\sigma/\mu) \times 100$$

avec : σ = écart type ; μ = moyenne

4.2- Variations inter-stationnelles

Les analyses de la variance à un facteur contrôlé ont été effectuées pour comparer les moyennes de chacune des variables introduites dans l'étude dans le but de confirmer ou d'infirmer l'effet station (subéraie) sur la qualité du liège. Egalement, le test de Newman et Keuls a été appliqué aux paramètres liés à de la porosité (nombre et superficie des pores, coefficient de porosité) pour dégager les groupes homogènes. L'analyse de la variance a pour principe de diviser la variance totale en variance factorielle. Tous les calculs ont été effectués avec des degrés de confiance de 95%, 99% et 99‰, c'est-à-dire avec des marges d'erreur de 5%, 1% et 1‰.

4.3- Analyse en composantes principales

Afin d'étudier les relations qui pourraient éventuellement exister entre les variables liées à la qualité du liège d'une part et ces même variables avec les facteurs du milieu d'autres part, nous avons procédé à une analyse en composantes principales. L'ACP fait partie du groupe des méthodes descriptives multidimensionnelles les plus utilisées (DUBY et al. , 2006). Elle permet en effet l'étude des corrélations entre les variables, la visualisation des observations dans un espace à deux ou trois dimensions, afin d'identifier des groupes homogènes d'observations, ou au contraire des observations atypiques.

Cette ACP a été réalisé par le logiciel XLSTAT. Les variables utilisées sont les suivantes :

- EP : Epaisseur,
- DSL : Densité du liège,
- PD : Productivité,
- NP : Nombre de pores,
- SP : Superficie des pores,
- CP : Coefficient de porosité,
- BQ : Liège de bonne qualité,
- MQ : Liège de moyenne qualité,
- MVQ : Liège de mauvaise qualité,
- ALT : Altitude, codé de 1 à 2 (<500m = 1 ; >500m =2),
- EXP : Exposition, codé de 1 à 2 (N, EO = 1 ; S, SE =2),
- DSP : Densité du peuplement, codé de 1 à 2 (<160tiges/ha=1 ; >160Tiges/ha =2),
- STP : Structure du peuplement, codé de 1 à 2 (Futaie+TSF =1 ; Vieille futaie+taillis=2),
- P : Pente, codé de 1 à 2 (<25% =1 ; >25% =2)

CHAPITRE III

RESULTATS & DISCUSSION

1- Epaisseur du liège

L'épaisseur du liège est un paramètre qui influe le plus sur le rendement d'une forêt de Chêne liège, puisqu'il conditionne les différentes applications industrielles de la matière première (GONZALEZ ADRADOS et al 2000). En effet, pour un industriel bouchonnier, l'épaisseur constitue un facteur capital qui permet de distinguer les planches de liège utilisables pour la production de bouchons, des autres qui sont trop minces. En effet, Les planches de liège affectées à la bouchonnerie doivent avoir à priori une épaisseur supérieure à 27 mm, pour que le poinçonnage des bouchons puisse être effectué (FERREIRA et al, 2000). Cette épaisseur est généralement atteinte au bout d'un cycle de croissance de 9 à 12 ans, selon la fertilité des stations forestières.

Les planches de liège des suberaies étudiées possèdent une épaisseur moyenne qui se situe entre 27.30 mm et 30.82 mm (Tableaux VI), soit une moyenne globale de 29.04 mm pour la région. Cette moyenne obtenue au bout d'un cycle de production de 9 ans permet à priori d'affecter les planches de liège pour la fabrication des bouchons, notamment de calibre 24 millimètres, les plus utilisés pour le bouchage des vins, car ceux-ci sont poinçonnés à partir d'une épaisseur minimale de liège de 27 mm (PEREIRA, 2007). Cependant, globalement l'épaisseur moyenne du liège des suberaies de la région de Texenna reste inférieure à celle du liège des suberaies de Tizi-Ouzou (METNA, 2003), ainsi que celle des lièges portugais (FERREIRA al. 2000. COSTA, et OLIVEIRA, 2001), mais elle est supérieure à celle des suberaies tunisiennes, dont 45,5% seulement de ses lièges sont classés dans les deux catégories « régulier et juste » (ALAOUI et al. 2006).

L'analyse de la variance met en évidence des différences très hautement significatives entre les cinq suberaies pour ce paramètre d'appréciation de la qualité ($F_{obs} = 9.24$, F_{th} à 0.99 = 4.72). Les cinq suberaies produisent des lièges d'épaisseur moyenne très différents, de sorte que statistiquement trois groupes homogènes se dégagent du test de Newman et Keuls (tableau VII):

- Le groupe A constitué des suberaies de Cheraia et Béni-Foughal qui produisent les lièges les plus épais, avec des épaisseurs moyenne respectives de 30.82 mm et 30.71 mm ;
- Le groupe AB représenté par la suberaie de Harma avec une épaisseur moyenne de liège de 28.69 mm ;
- Le groupe B composé des forêts de Sendouh et Djouaneb avec des épaisseurs moyennes de liège qui dépassent de peu l'épaisseur optimale bouchonnable, soit respectivement 27.65 mm et 27.30 mm.

Tableau VI: Caractérisation des échantillons de liège des cinq suberaies.

Variables	Paramètres	Suberaies					
		HARMA	DJOUANEB	SENDOUH	CHERAIA	B.FOUGHAL	MOYENNE
Epaisseur totale (mm)	Moyenne	28.69	27.30	27.65	30.82	30.72	29.04
	Ecart type	5.14	4.31	5.09	5.56	5.78	5.40
	C.V (%)	17.91	15.79	18.41	18.04	18.81	18.59
Densité (kg/m ³)	Moyenne	312.22	272.04	282.66	296.05	284.43	289.48
	Ecart type	35.43	34.60	40.95	64.18	36.33	46.25
	C.V(%)	11.34	12.79	14.49	21.68	12.77	15.98
Productivité (kg/m ²)	Moyenne	8.90	7.40	7.77	8.99	8.66	8.34
	Ecart type	1.59	1.31	1.64	1.88	1.57	1.74
	C.V(%)	17.86	17.70	21.11	20.91	18.13	20.86
Nombre de pores/150cm ²	Moyenne	122	121	122	106	144	123
	Ecart type	48.63	45.76	42.35	22.07	40.94	43.15
	C.V(%)	39.86	37.81	34.71	20.82	28.43	35.06
Superficie des pores (mm)	Moyenne	1.37	1.23	1.15	2.23	1.38	1.47
	Ecart type	0.54	0.37	0.58	0.98	0.86	0.80
	C.V(%)	39.42	30.08	50.43	43.95	62.32	54.42
Coefficient de porosité (%)	Moyenne	10.82	9.67	8.69	15.32	11.67	11.23
	Ecart type	5.41	4.33	4.87	6.66	5.47	5.86
	C.V(%)	50	44.77	56.04	43.47	46.87	52.18
Age du liège (années)	-	9	9	9	9	9	-

Dans chaque forêt on note une variabilité individuelle pour ce paramètre. Le calibre de liège varie sensiblement d'un arbre à l'autre comme le montre la figure 18. Cette variabilité individuelle est plus apparente dans les suberaies de Béni-Foughal, Cheraia, Harma et Sendouh, les écarts types respectifs enregistrés sont de 5.78 mm, 5.56 mm, 5.14 mm et 5.09 mm. En revanche, dans la station de Djouaneb la variabilité d'épaisseur de liège est moins prononcée ($\sigma=4.31\text{mm}$, $C.V=15.79\%$) (figure 18). Le liège croit donc différemment d'un arbre à l'autre dans une même station. Cela est probablement lié au phénomène de polymorphisme qui caractérise l'espèce. En effet, le chêne liège est doté d'une grande diversité génétique. Sur le plan phénologique on remarque souvent dans un même peuplement que certains sujets ont tendance à produire une masse florale importante par rapport à d'autres, qui avantagent la feuillaison. Par conséquent, les individus marqués par une forte masse foliaire auraient un fort pouvoir photosynthétique favorable à la croissance du liège (MESSAOUDENE et al, 2002).

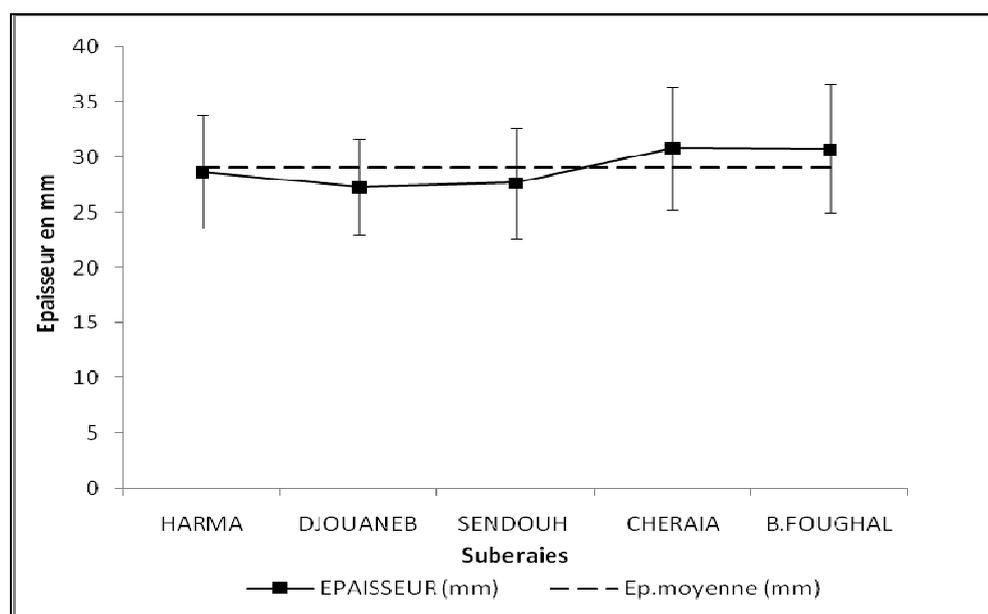


Figure 18 : Variation de l'épaisseur des planches de liège
(Moyenne \pm Ecart type)

Tableau VII: Comparaison inter-stationnelle des moyennes des caractères par l'analyse de variance et le test de Newman & Keuls

Variables	Sources de variation	S.C.E	D.D.L	C.M	F_{obs}	F_{th}	Test de Newman et Keuls
Epaisseur totale (mm)	V.total	12309.10	422	29.16	9.244***	$\alpha=5\%$; 2.40 $\alpha=1\%$; 3.37 $\alpha=1\%$; 4.72	<u>G.A</u> : Cheraia+ B.Foughal <u>G.AB</u> : Harma <u>G.B</u> : Sendouh+ Djouaneb
	V.factorielle	1000.34	4	250.08			
	V.résiduelle	11308,76	418	27.05			
Densité (kg/m ³)	V.total	904923,56	422	2144.36	8.417***	$\alpha=5\%$; 2.40 $\alpha=1\%$; 3.37 $\alpha=1\%$; 4.72	<u>G.A</u> : Harma <u>G.AB</u> : Cheraia <u>G.BC</u> : B.Foughal + Sendouh <u>G.C</u> : Djouaneb
	V.factorielle	67913,11	4	16978.76			
	V.résiduelle	837010,45	418	2002.41			
Productivité (kg/m ²)	V.total	1279,11	422	3.03	16.745***	$\alpha=5\%$; 2.40 $\alpha=1\%$; 3.37 $\alpha=1\%$; 4.72	<u>G.A</u> : Cheraia+ Harma + B.Foughal <u>G.B</u> : Sendouh+ Djouaneb
	V.factorielle	176,66	4	44.16			
	V.résiduelle	1102,45	418	2.63			
Nombre de pores/150cm ²	V.total	186053.44	99	1879.32	1.975 (N.S)	$\alpha=5\%$; 2.47 $\alpha=1\%$; 3.52 $\alpha=1\%$; 5.04	Homogénéité entre les suberaies
	V.factorielle	14286.04	4	3571.51			
	V.résiduelle	171767.40	95	1808.07			
Superficie des pores (mm)	V.total	64.56	199	0.65	7.329***	$\alpha=5\%$; 2.47 $\alpha=1\%$; 3.52 $\alpha=1\%$; 5.04	<u>G.A</u> : Cheraia <u>G.B</u> : B.Foughal + Harma + Djouaneb + Sendouh
	V.factorielle	15.22	4	3.80			
	V.résiduelle	49.34	95	0.51			
Coefficient de porosité (%)	V.total	10.82	99	34.72	4.225**	$\alpha=5\%$; 2.47 $\alpha=1\%$; 3.52 $\alpha=1\%$; 5.04	<u>G.A</u> : Cheraia <u>G.AB</u> : B.Foughal + Harma <u>G.B</u> : Djouaneb + Sendouh
	V.factorielle	5.41	4	129.81			
	V.résiduelle	50	95	30.72			

S.C.E. Somme des carrés de écarts; D.D.L. Degré de liberté, C.M Carré moyen; F_{obs} Valeur de la fonction observée; F_{th} Valeur tabulée au seuil α ; * Différences significatives; ** Différences hautement significatives; *** Différences très hautement significatives. ; N.S : Test non significatif

D'après le classement du liège par catégories d'épaisseur, l'étude montre que 57.71% de la production globale de la région est constituée par les lièges "justes" (27-32 mm) et "réguliers" (32-40mm). Ces lièges sont très recherchés en bouchonnerie, car ils génèrent que très peu de déchets lors du poinçonnage des bouchons de 24 mm. Les lièges épais et sur épais de calibre supérieur à 40 mm, représentent en moyenne 3.63% de la production totale des suberaies. Ces lièges sont au-delà de l'épaisseur optimale recherchée, et par conséquent du rendement optimal dans la production de bouchon (FERREIRA H. et al, 2000). En effet, malgré qu'ils soient admis dans la bouchonnerie, ces lièges engendrent à la fin du processus de fabrication du bouchon des pertes en matière première (GONZALEZ ADRADOS et al 2000). La région produit aussi 38.66% lièges minces (épaisseur < 27 mm). Ces quantités de lièges minces serviront pour d'autres usages comme la production de semelles et de disques pour bouchons, et par conséquent, constituent un manque à gagner pour l'industrie bouchonnière. En effet, en termes de rentabilité, le bouchon est de loin le produit le plus valorisant qui génère la plus forte plus-value.

Cela nous laisse penser qu'il serait judicieux de réajuster le règlement d'exploitation des lièges de la forêt de Rekkada Metlatine, afin de réduire la proportion des lièges minces de moindre valeur commerciale (tableau VIII, figure 19).

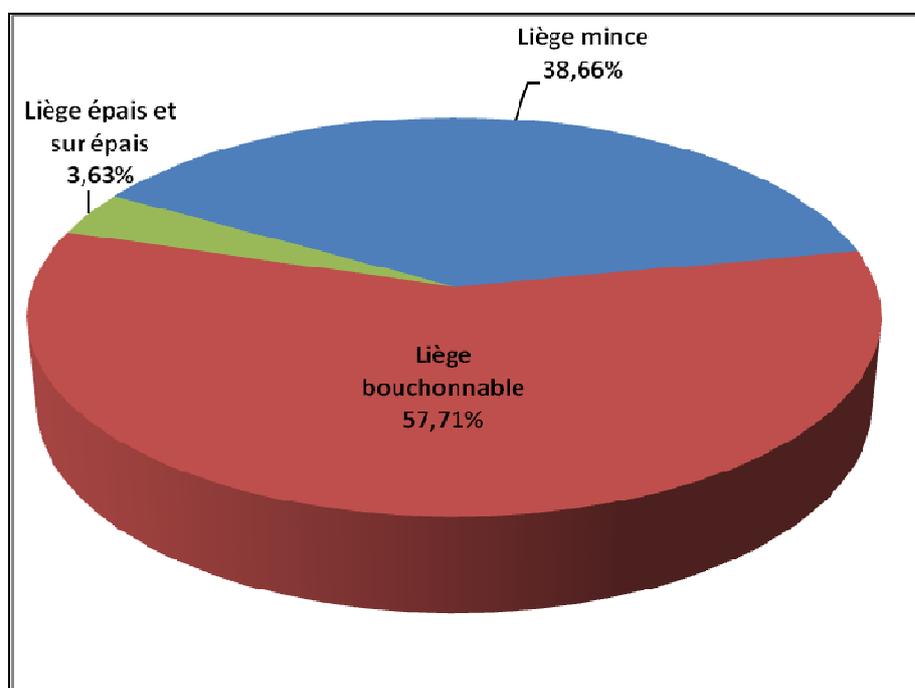


Figure 19 : répartition des liège par classes commerciales

Sur le plan stationnel, la distribution des lièges par classes d'épaisseur diffère d'une suberaie à l'autre. Les forêts de Béni-Foughal et Cheraia ont tendance à produire le liège le plus épais, les classes 27-32 mm et 32-40 mm, représentent respectivement 63.44% et 70.11% de la production totale de ces deux forêts.

Les lièges d'épaisseur non bouchonnable (< 27 mm) sont aussi présents dans les cinq suberaies, mais les fortes proportions caractérisent plutôt les suberaies de Djouaneb, Sendouh et Harma, avec respectivement 52.23%, 47.31% et 41.67%.

Tableau VIII: Distribution des échantillons de liège des cinq suberaies par classes commerciales d'épaisseur, en % du total

Suberaies Epaisseur	HARMA	DJOUANEB	SENDOUH	CHERAIA	B.FOUGHAL	MOYENNE
<22 mm	8.33	5.56	11.83	-	6.90	6.52
22-27 mm	33.34	46.67	35.48	27.96	17.24	32.14
27-32 mm	31.67	35.55	33.33	38.71	40.23	35.90
32-40 mm	25	12.22	17.21	24.73	29.88	21.81
40-45 mm	-	-	2.15	6.45	3.45	2.41
45-54 mm	1.66	-	-	2.15	2.30	1.22

2- Estimation de la qualité du liège

Sur le plan qualitatif et en se référant à aspect du liège, le tri et le classement des échantillons effectué par un spécialiste montre que la qualité des lièges est également variable d'une suberaie à l'autre (tableau IX). Les lièges dits "bas de gammes" c'est-à-dire de faible valeur commerciale sont bien représentés dans l'ensemble des suberaies. Les proportions de ces lièges de faible qualité (6^{ème}-7^{ème}) varient de 40% (Sendouh) à 70% (Cheraia). La présence des lièges rebuts destinés à la trituration et la fabrication d'agglomérés est observée seulement dans les forêts de Béni-Foughal, Sendouh et avec une forte présence à Cheraia dont 25% de sa production est composée pratiquement de planches rebuts.

En revanche, les forêts de Sendouh et béni- Foughal donnent plus de liège de bonne qualité (1^{ère}-3^{ème}) comparativement aux autres suberaies, soit respectivement 35% et 30% de leur production.

Tableau IX: Distribution des échantillons de liège des cinq suberaies par classes de qualité commerciales, en % du total

Suberaies Qualité	HARMA	DJOUANEB	SENDOUH	CHERAIA	B.FOUGHAL	MOYENNE
Bonne (1 ^{ère} -3 ^{ème})	20	20	35	-	30	21
Moyenne (4 ^{ème} -5 ^{ème})	30	30	15	5	15	19
Faible (6 ^{ème} -7 ^{ème})	50	50	40	70	50	52
Rebut	-	-	10	25	5	8

3- Densité

La densité est une caractéristique importante qui influence le travail et l'utilisation du liège. Dans la région de Texenna la densité du liège de reproduction est variable d'une suberaie à l'autre de 272.04 kg/m³ à 312.22 kg/m³, soit une densité moyenne de 289.48 kg/m³. Ces densités obtenues pour les lièges de Texenna, se rapprochent de celles des lièges des forêts du plateau d'Oulmes au Maroc, soit 285 et 288 kg/m³ (MOURAD et al, 2001), mais restent au dessus de celles des forêts d'Ain-Draham en Tunisie (ALOUÏ et al.,2006), ainsi que des lièges portugais, notamment des forêts de la région de production du bassin du fleuve Sado, dont la densité varie de 250 à 279 kg/m³ (FERREIRA et al, 2000) et aussi supérieurs par rapport à ceux obtenus par METNA, (2003) pour les subéraies orientales de Tizi-Ouzou (172.86 à 207.89 kg/m³).

L'analyse de la variance met en évidence des différences très hautement significatives ($F_{obs} = 8.48$, F_{th} à 0.99 = 4.72). La densité du liège diffère d'une provenance à l'autre. Le test de Newman et Keuls dégage 4 groupes distincts (tableau VII):

- le groupe A représenté par la suberaie Harma qui produit un liège très dense ($D = 312.22 \text{ kg/m}^3$);
- le groupe AB constitué par la forêt de Cheraia avec des lièges de densités ($D = 296.05 \text{ kg/m}^3$);
- le groupe BC regroupant les suberaies de Béni-Foughal et Sendouh, produisant des lièges avec des densités moyennes respectives de 284.43 kg/m³ et 282.66 kg/m³ ;
- le groupe C représenté par la suberaie de Djouaneb qui fournit des lièges moyennement denses comparativement aux autres forêts, soit une moyenne de 272.04 kg/m³.

Les lièges de reproduction des suberaies de Texenna se caractérisent aussi par une densité variable d'un échantillon à l'autre dans de très larges limites. Cette variabilité entre arbre est plutôt plus prononcée dans la forêt de Cheraia et Sendouh (CV= 40.95%), que dans les autres forêts (figure 20, tableau VI).

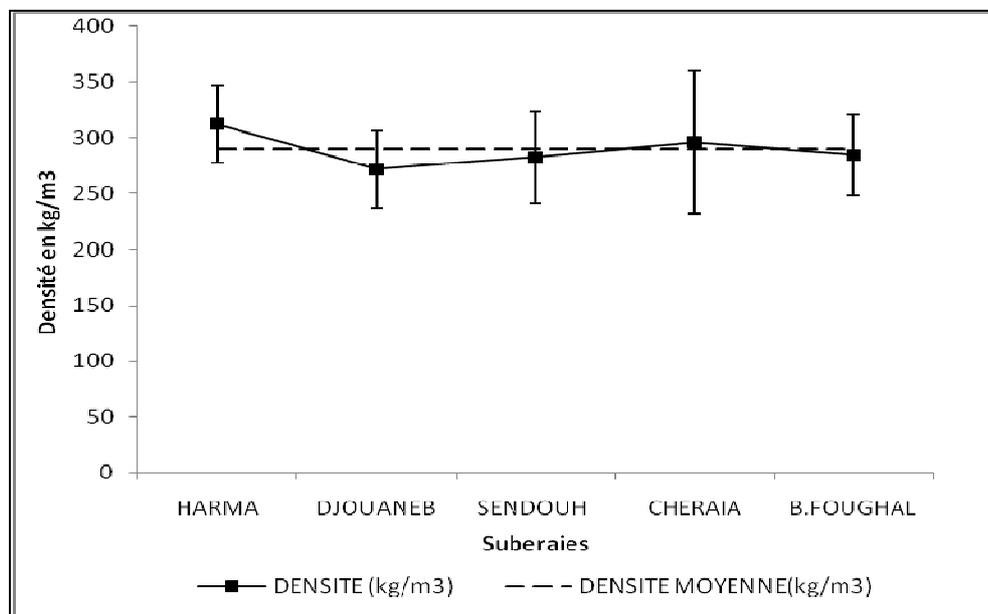


Figure 20 : Variation de la densité du liège (Moyenne \pm Ecart type)

4- Productivité

Les suberaies étudiées produisent en moyenne 8.34 kg de liège de reproduction par mètre carré de surface génératrice, au bout d'une rotation de 9 années. La meilleure productivité est obtenue dans la forêt de Cheraia avec 8.99 kg/m², soit avec des surplus de 0.75 kg liège par rapport à la moyenne et 1.59 kg par rapport à la forêt de Sendouh qui présente la plus faible productivité. Ces valeurs obtenues sont très proche des productivités de celles des lièges portugais âgés de 9 ans (FEREIRA et al. 2000 ; COSTA et OLIVEIRA, 2001), et dépassent de loin celle des lièges de 12 ans des suberaies d'Ain-Draham en Tunisie (ALOUÏ et al., 2006).

L'effet stationnel est très marqué pour ce paramètre. La production moyenne de liège diffère d'une station à l'autre. L'analyse statistique montre qu'il existe une différence très hautement significative ($F_{obs} = 16.74$, F_{th} à 0.99= 4.72). Le test de Newman et Keuls fait ressortir deux groupes homogènes qui se distinguent les uns des autres (tableau VII), il s'agit de :

- Groupe A qui englobe Cheraia, Harma et B.Foughal que l'on peut classer comme suberaies productives, puisqu'elles assurent respectivement une production de 8.99 kg, 8.90 kg et 8.66 kg de liège par mètre carré de surface génératrice.
- Groupe B représenté par les suberaies de Sendouh et Djouaneb, moins productives avec respectivement 7.77 kg et 7.40 kg de liège par mètre carré de surface génératrice.

Pour un même âge, la productivité en liège diffère aussi d'un arbre à l'autre. Cette variabilité individuelle est forte pour l'ensemble des forêts. Les coefficients de variation se situent entre 17.70% et 21.11%. (tableau VI, figure 21).

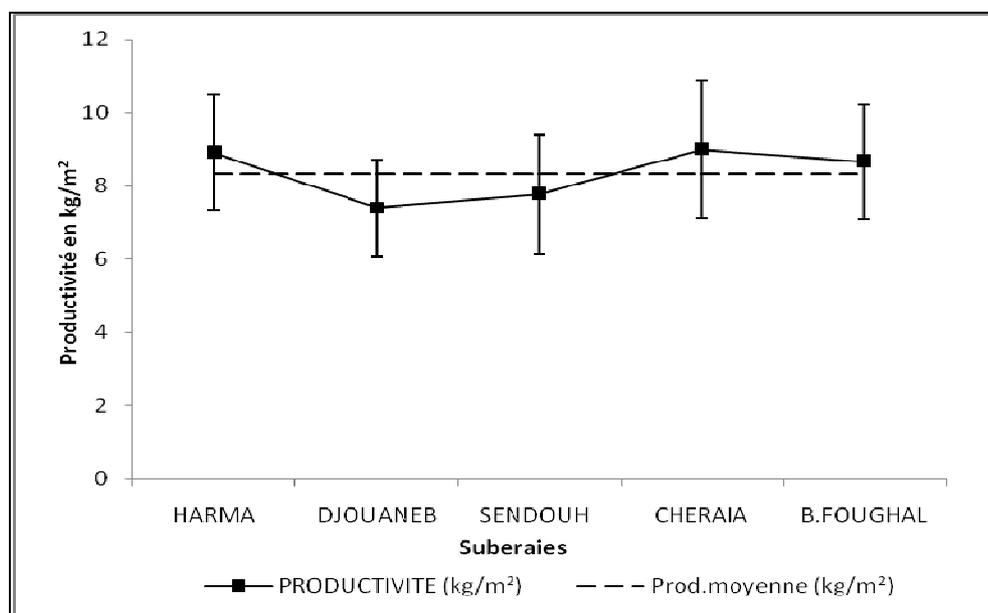


Figure 21: Variation de la productivité du liège
(Moyenne \pm Ecart type)

5- la Porosité

Le calibre n'est pas le seul paramètre qui conditionne la destination industrielle du liège. Sa qualité est aussi très déterminante, car elle permet d'avoir des bouchons de haute qualité pouvant assurer une parfaite conservation des vins, notamment des vins d'appellation (COURTOIS et MASSON, 1999).

Cette qualité de liège est établie principalement selon la porosité due à la présence de canaux lenticulaires qui traversent les planches de liège radialement. Leur nombre, leur dimension, leur concentration, ainsi que leur distribution constituent les principaux facteurs employés pour classer le liège dans des classes de qualité (LOPES et P, 1996).

La présence de défauts comme les galeries d'insectes ou les soufflures affecte défavorablement aussi la qualité de liège et le dévalorise fortement (GONZALEZ-ADRADOS et al, 1996 ; BENKIRANE et al, 2001).

La porosité correspond à la présence de canaux lenticulaires qui traversent radialement de l'intérieur à l'extérieur les planches de liège. Dans les sections tangentiels du liège, les canaux lenticulaires semblent avoir une forme plus ou moins circulaire et dans les sections transversales et radiales ils sont de forme ovale ou rectangulaire avec une largeur variable de moins de 0.1 millimètre à quelques millimètres (PEREIRA H., 2007). Leur nombre, les dimensions, la concentration et la distribution sont les facteurs principaux employés pour classer le liège dans des classes de qualité (LOPES et al., 1996).

La caractérisation de la porosité des échantillons de liège des cinq suberaies étudiées est résumée dans le tableau 10.

Tableau X: Caractérisation de la porosité des échantillons de liège des cinq suberaies.
Entre parenthèses, l'écart type.

Paramètres	Suberaies					
	HARMA	DJOUANEB	SENDOUH	CHERAIA	B.FOUGHAL	MOYENNE
Coefficient de porosité, %	10.82 (5.41)	9.67 (4.33)	8.69 (4.87)	15.32 (6.66)	11.67 (5.47)	11.23 (5.86)
N° de pores par 150 cm ²	122 (48.63)	121 (45.76)	122 (42.35)	106 (22.07)	144 (40.94)	123 (43.13)
Superficie moyenne, mm ²	1.37 (0.54)	1.23 (0.37)	1.15 (0.58)	2.23 (0.98)	1.38 (0.86)	1.47 (0.80)
Périmètre, mm	3.43 (0.76)	3.13 (0.71)	3.11 (0.75)	4.33 (0.94)	3.33 (1.08)	3.47 (0.97)
Longueur, mm	1.39 (0.30)	1.32 (0.27)	1.27 (0.29)	1.70 (0.39)	1.36 (0.46)	1.41 (0.38)
Largeur, mm	0.80 (0.26)	0.75 (0.14)	0.78 (0.28)	1.04 (0.26)	0.76 (0.24)	0.83 (0.26)
Facteur de géométrie	0.57 (0.08)	0.67 (0.07)	0.66 (0.03)	0.67 (0.05)	0.66 (0.05)	0.65 (0.07)

5.1- Nombre de pores

Le nombre moyen de pores varie de 106 pores (forêt de Cheraia) à 144 pores (forêt de Béni-Foughal) par éprouvette de 150cm². La moyenne globale pour l'ensemble des stations et la région de Texenna est de 123 pores, soit 51 pores de plus que les lièges des suberaies orientales de Tizi-Ouzou.

Le dénombrement des pores de tous les échantillons a mis en évidence la variabilité entre les arbres d'une même station (tableau X, figure 22). Les coefficients de variation obtenus s'opposent avec ceux obtenue par METNA, (2003), elles se situent entre 20.82% et 39.86%. . En revanche, sur le plan stationnel ce nombre varie faiblement d'une suberaies à l'autre. L'analyse statistique n'a révélé aucune différence significative (tableau VII). Les cinq suberaies produisent du liège ayant presque le même nombre de pores.

Les lièges de reproduction de la région de Texenna peuvent être qualifiés de poreux comparativement à ceux des suberaies orientales de Tizi-ouzou, notamment de Agrib, Charlevabre, Askou taourirt et Aboud, dont le nombre moyen de pores est de 72 pores (METNA B., 2003).

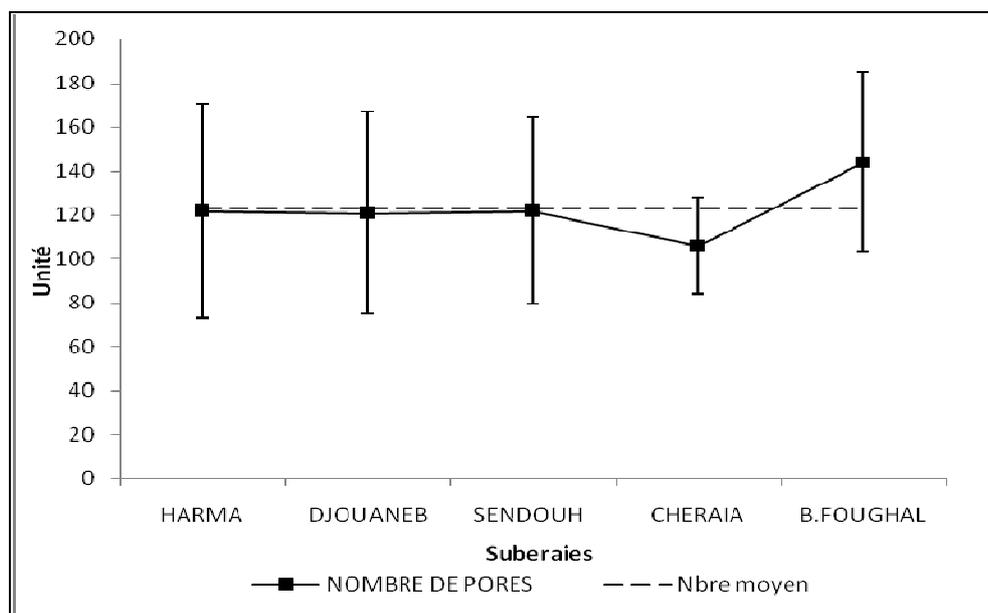


Figure 22: Variation du nombre de pores
(Moyenne ± Ecart type)

5.2- Dimensions et surface occupée par les pores

A l'échelle de la région, la section moyenne des pores est de 1.47 mm². Cette surface des pores est supérieure à celle obtenue par METNA (2003), pour les lièges des suberaies orientales de Tizi-ouzou soit 0.85 mm². En revanche, comparativement à d'autres pays

producteurs, les sections des pores du liège obtenues pour Texenna se rapprochent de celles des lièges d'Ain-Draham en Tunisie (ALOUÏ et al., 2006) et restent au dessous de celle mentionnées par FERREIRA et al, 1999 pour les lièges portugais (1.6 mm^2).

En se référant au classement établie par PEIREIRA et al (1996) et FERREIRA et al (2000) (tableau XI), les lièges des cinq suberaies renferment en majorité des pores de petites dimensions ($<1\text{mm}$), puisque 65% des pores dénombrés mesurent en moyenne 0.44 mm^2 et occupent seulement 17.63% de la porosité totale du liège. Le reste est constitué de 16% de pores appartenant à la classe de 1mm^2 à 2 mm^2 et 19% de pores de section supérieure à 2 mm^2 qui occupent 60.73% de la porosité totale. Ces résultats se rapprochent avec ceux obtenue par FERREIRA et al, (2000) au Portugal où 75% des pores sont de moins de 1 mm^2 , 10% appartiennent à la classe $1-2 \text{ mm}^2$ et 15% des pores sont au dessus de 2mm^2 . En revanche, ces résultats diffèrent de la répartition obtenue METNA (2003), qui a trouvé que la proportion des pores supérieurs à 2 mm^2 sont très peu représentés (seulement 3.44% du total) pour les lièges de Tizi-Ouzou.

Les superficies des pores sont très variables entre les suberaies et les arbres d'une même suberaie avec des coefficients de variation de 30.08% (suberaie de Djouaneb) à 62.32 % (suberaie de Béni-Foughal). La variabilité entre les suberaies est statistiquement confirmée (tableau VII). Les suberaies étudiées produisent des lièges dont la superficie des pores est différente d'une forêt à l'autre ($F_{obs} = 7.33$, $F_{th} = 0.99 = 5.04$). L'application du test de Newman et départage les cinq suberaies en 2 groupes homogènes:

- Le groupe A représenté par la forêt de Cheraia qui se distingue des autres suberaies par son liège ayant des pores de surface moyenne supérieure à 2 mm ;
- Le groupe B : regroupant les forêts de B.Foughal, Harma, Djouaneb et Sendouh qui fournissent des lièges dont la section des pores est au dessous de 2 mm^2 , soit respectivement de 1.38 mm , 1.39 mm , 1.32mm et 1.15mm .

Les caractéristiques des pores sont similaires dans tous les échantillons, ils sont presque deux fois plus longs que larges (tableau X), c'est-à-dire moins long et plus large que les pores des lièges portugais (FERREIRA et al, 2000). Le contour de ces pores est plutôt irrégulier (facteur de géométrie allant de 0.57 à 0.67).

Tableau XI: Distribution des pores par classes de dimensions. Entre parenthèses, l'écart type.

Suberaies	Pourcentage des pores par classes de dimensions			Surface moyenne des pores par classes de dimensions			Coefficient de porosité par classes de dimensions (%)		
	<1mm ²	1-2mm ²	>2mm ²	<1mm ²	1-2mm ²	>2mm ²	<1mm ²	1-2mm ²	>2mm ²
HARMA	66	15	19	0.37 (0.26)	1.42 (0.27)	4.51 (3.83)	1.96	1.77	7.09
DJOUANEB	69	16	15	0.40 (0.27)	1.39 (0.27)	4.53 (4.87)	2.22	1.79	5.66
SENDOUH	70	15	15	0.37 (0.26)	1.41 (0.27)	3.93 (2.50)	1.75	4.85	2.09
CHERIAIA	52	19	29	0.67 (0.26)	1.38 (0.26)	5.75 (5.50)	1.61	1.87	11.84
B.FOUGHAL	70	14	16	0.40 (0.27)	1.39 (0.27)	4.53 (4.87)	2.38	1.87	7.42
MOYENNE	65	16	19	0.44 (0.26)	1.40 (0.26)	4.65 (4.49)	1.98	2.43	6.82

La variabilité individuelle de la superficie des pores est très forte dans l'ensemble des suberaies ($CV > 20\%$), notamment dans les forêts de Cheraia et Béni-Foughal où l'on enregistre des écarts types respectifs de 0.98 mm^2 et 0.86 mm^2 . La figure 23 montre que les superficies moyennes des pores des cinq suberaies oscillent autour d'une moyenne globale de 1.47 mm^2 .

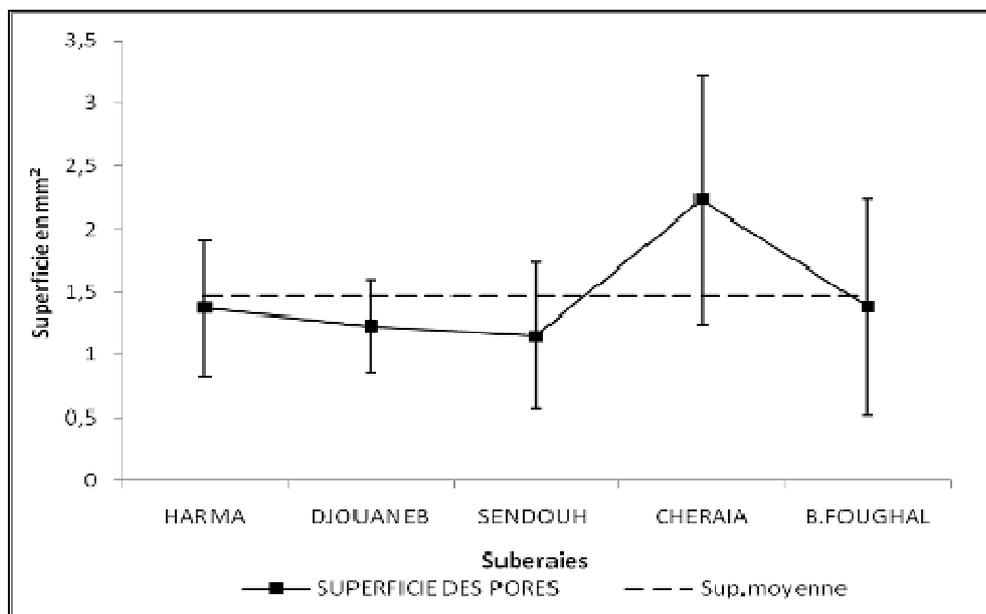


Figure 23 : Variation de la superficie des pores
(Moyenne \pm Ecart type)

5.3- Coefficient de porosité (C.P):

La porosité proprement dite, c'est-à-dire la surface occupée par les pores par rapport à la surface totale de l'échantillon de liège confirme la grande variabilité de la qualité de liège entre les suberaies et entre arbre de la même suberaie. Le coefficient de porosité moyen des lièges des suberaies étudiées est de 11.23%, ce qui permet de les qualifier de liège très poreux, selon le qualificatif donné par NADIVIDADE (1956) pour lièges dont les valeurs P sont supérieures à 4%. Si l'on compare les résultats des cinq suberaies, on constate en général que l'augmentation de la porosité est proportionnelle à l'augmentation de l'épaisseur du liège. Donc, plus le liège est épais, plus il est poreux. Ces résultats concordent parfaitement avec ceux cités par NATIVIDADE (1956), qui affirme que les lièges dont le développement est le plus rapide, présentent en général, les taux de porosité les plus élevés.

Le tableau 10 montre que globalement de fortes valeurs caractérisent la porosité des lièges de la région de Texenna (C.P moyen = 11.23%). L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence hautement significative entre les porosités moyennes des 5 suberaies ($F_{obs}=4.22$, F_{th} à 0.99= 5.04). Trois groupes homogènes se distinguent par le test de Newman et Keuls :

- le groupe A représenté par les forêts de Cheraia qui s'individualise par le coefficient de porosité le plus élevé (15.32%) ;
- le groupe AB regroupant les forêts de Béni-Foughal et Harma avec des coefficients de porosité respectives de 11.67% et 10.82% ;
- le groupe B regroupant Djouaneb et Sendouh, qui fournissent les lièges les moins poreux (CP = 9.67% et 8.69%).

La variabilité individuelle pour ce paramètre est très marquée pour l'ensemble des stations (43.47% <CV< 56.04%). Cependant, elle marque plus les forêts de Cheraia et Béni-Foughal (figure 24).

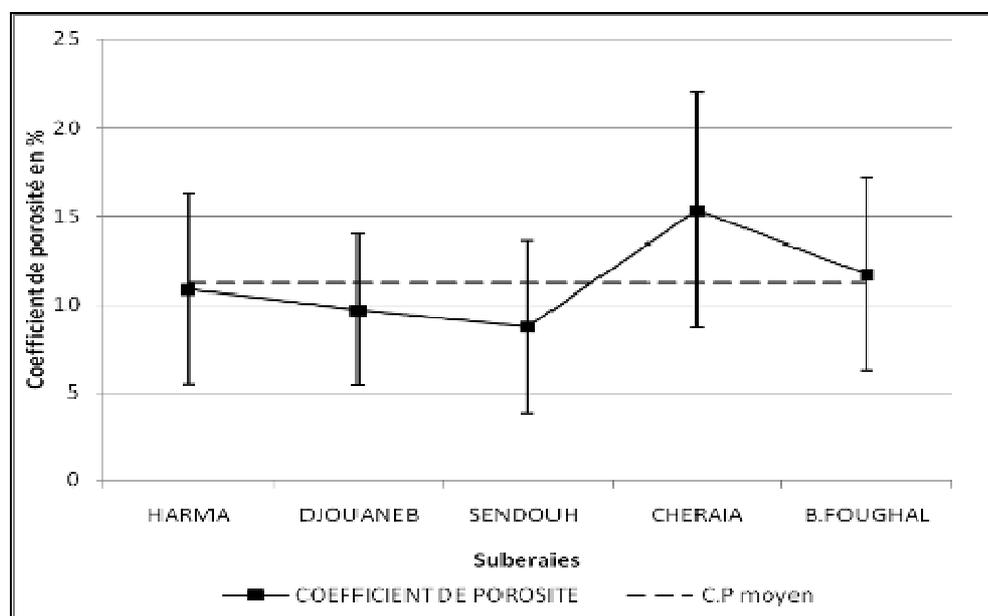


Figure 24 : Variation du coefficient de porosité (Moyenne ± Ecart type)

6- Affinités entre les caractères du liège

Les résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) sont récapitulés dans les tableaux XII, XIII et XV. Dans cette analyse on a retenu le plan factoriel (1,2) qui fournit 75,47% de l'information. Les deux axes apportent respectivement un pourcentage de variance expliquée égale à 50,90% et 24,57% (tableau XII)

Tableau XII: Présentation des valeurs propres de l'ACP.

	F1	F2	F3	F4
Valeur propre	7,126	3,441	2,127	1,306
Variabilité (%)	50,900	24,577	15,194	9,329
% cumulé	50,900	75,477	90,671	100,000

La projection des variables sur le plan factoriel 1x2 est représentée dans la figure 25. Globalement, la représentation graphique des variables montre qu'elles sont toutes assez bien représentées dans le plan (1,2). Les extrémités des vecteurs représentant les variables se rapprochent en majorité du cercle des corrélations (tableau XIII), ce qui montre que la qualité de représentation des variables est assez satisfaisante. D'autre part, le tableau des résultats relatifs aux variables montre que la variable la plus mal représentée est le nombre de pores, avec une qualité de 0.221.

Tableau XIII: Contributions(%) et Cosinus carrés des variables

Variables	F1	F2	F1	F2
EP	9,236	0,018	0,658	0,001
DSL	4,447	18,594	0,317	0,640
PD	9,685	6,337	0,690	0,218
NP	3,103	1,240	0,221	0,043
SP	13,074	1,518	0,932	0,052
CP	13,268	0,537	0,945	0,018
BQ	9,671	0,414	0,689	0,014
MQ	5,595	8,935	0,399	0,307
MVQ	11,711	4,345	0,835	0,150
ALT	0,058	27,164	0,004	0,935
EXP	8,622	6,723	0,614	0,231
DSP	1,831	7,926	0,130	0,273
STP	1,416	9,628	0,101	0,331
P	8,283	6,619	0,590	0,228

Les corrélations les plus fortes sont celles correspondant aux coefficients de corrélation les plus proches de 1 ou -1. Dans notre cas, le coefficient de corrélation dont la valeur absolue est la plus proche de 1 est celui qui relie le pourcentage de liège de mauvaise qualité (MVQ) à la superficie des pores (SP) avec $r = +0,983$ (tableau XIV)

L'examen de la matrice de corrélation montre des corrélations positives et négatives entre les variables (tableau XIV). En effet, au seuil $\alpha=1\%$ la productivité est positivement corrélée d'une part à l'épaisseur du liège ($r = 0,825$), à sa densité ($r = 0,865$), à la superficie des pores ($r = 0,657$), à son coefficient de porosité ($r = 0,752$), et d'autre part au pourcentage de liège de mauvaise qualité ($r = 0,544$). Cette productivité est négativement corrélée à la pente ($r = -0,969$) et l'exposition ($r = -0,767$). Cela veut dire que les suberaies situées dans les expositions fraîches (N, NO) sont plus productives que celles exposées au sud et sud-est, d'autant plus si leur pente est faible ($<25\%$). Seulement cette productivité élevée, liée à l'épaisseur du liège d'une part et à sa densité d'autre part, n'est pas intéressante sur le plan qualitatif, puisque il s'agit d'un liège à forte porosité. Donc, il serait inutile de rechercher les lièges épais, car ces derniers sont non seulement excessivement denses, mais aussi poreux. D'où l'intérêt de fixer une rotation optimale lors de l'aménagement des suberaies, en vue d'obtenir des lièges de bonne qualité, il s'agit en d'autre terme de favoriser plutôt l'aspect qualitatif que quantitatif.

D'après le tableau des corrélations, on note également que la porosité du liège est beaucoup plus influencée par la superficie des pores ($r=0,970$), que par le nombre de pores ($r=-0,392$). Cette porosité est aussi positivement corrélée à l'épaisseur de liège ($r=0,850$), au pourcentage de liège de mauvaise qualité ($r=0,927$) et à la structure du peuplement ($r=0,530$). Elle est négativement corrélée au pourcentage de liège de bonne qualité ($r = -0,845$), de moyenne qualité ($r = -0,676$), à l'exposition ($r = -0,658$) et à la pente ($r = -0,736$).

Ainsi, plus le plus les lièges sont épais, plus leur coefficient de porosité est élevée et donc de mauvaise qualité. Cette porosité excessive qui caractérise surtout les lièges issus des peuplements âgés, diminue sur les pentes excessives ($>25\%$).

Tableau XIV: Matrice des corrélations

Variables	EP	DSL	PD	NP	SP	CP	BQ	MQ	MVQ	ALT	EXP	DSP	STP	P
EP	1	0,435	0,825	0,113	0,726	0,850	-0,444	-0,680	0,677	0,116	-0,394	0,109	0,475	-0,856
DSL		1	0,865	-0,114	0,347	0,405	-0,296	-0,010	0,207	-0,807	-0,828	-0,069	-0,422	-0,797
PD			1	-0,063	0,657	0,752	-0,479	-0,396	0,544	-0,434	-0,767	0,046	0,011	-0,969
NP				1	-0,590	-0,392	0,735	0,213	-0,618	0,041	0,606	-0,606	0,067	-0,101
SP					1	0,970	-0,896	-0,676	0,983	0,131	-0,689	0,458	0,445	-0,592
CP						1	-0,845	-0,638	0,927	0,091	-0,658	0,276	0,530	-0,736
BQ							1	0,309	-0,852	0,042	0,748	-0,238	-0,442	0,442
MQ								1	-0,762	-0,567	0,126	-0,758	-0,295	0,295
MVQ									1	0,284	-0,580	0,580	0,464	-0,464
ALT										1	0,612	0,408	0,612	0,408
EXP											1	-0,167	0,167	0,667
DSP												1	-0,167	0,167
STP													1	-0,167
P														1

La projection des variables Epaisseur (EP), Densité (DS), Productivité (PD), Nombre de pores (NP), Superficie des pores (SP) et Coefficient de porosité (CP), sur le plan factoriel (1,2) montre que l'ensemble de ces variables sont positivement corrélés à la première composante principale (axe 1) (figure 22).

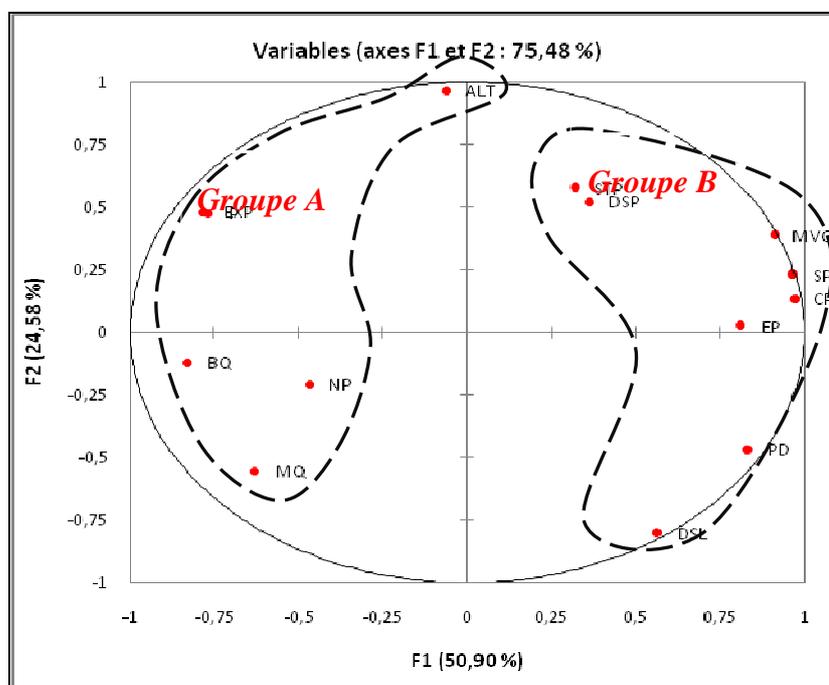


Figure 25 : Projection des variables sur le plan factoriel (1x2)

Nous constatons que le plan factoriel 1x2, par rapport à l'axe 1, oppose les variables Exposition (EXP), Pente (P), liège de bonne qualité (BQ), Nombre de pores (NP), liège de moyenne qualité (MQ) et l'altitude (ALT) aux variables majoritairement représentant les caractères anatomique du liège à l'exception de NP. Le facteur Altitude est associé au premier groupe dans la mesure où il existe une forte corrélation entre l'exposition (EXP) et l'Altitude. Ainsi deux groupes s'individualisent (figure 25):

- Le groupe A : composé des variables du milieu (Pente, Altitude et Exposition) et des paramètres visuels. Cependant seul le caractère NP fait défaut et qui d'après les statistiques précédentes ne montre pas de différence significative entre les stations.
- Le groupe B : renferme la quasi totalité des caractères liés à l'anatomie du liège (figure 25).

On peut penser, par rapport à cette représentation et les liaisons inverses qui caractérisent les caractères des deux groupes, qu'il existe une influence importante des conditions de milieu sur la qualité du liège. Egalement, il apparaît que la qualité visuelle ne suit pas les caractères anatomiques. Nous observons que les variables bonne et moyenne qualité du liège (BQ et MQ) sont négativement corrélés aux éléments composant le groupe B. Le modèle est le suivant : plus les éléments du groupe A augmentent, les éléments du groupe B diminuent.

Par rapport aux stations étudiées, l'effet station mis en évidence par l'analyse de la variance et le test de Newman et Keuls est confirmé par la projection des stations sur le plan factoriel 1x2 (Fig. 26). Si on se réfère à la qualité de représentation des stations sur ce plan, on note que Cheraia est la suberaie la mieux représentée, soit 64,18% de contribution à la formation de la première composante principale (tableau XV).

Tableau XV: Contributions (%) et Cosinus carrés des individus

SUBERAIES	F1	F2	F1	F2
HARMA	0,331	74,773	0,009	0,955
DJOUANEB	19,019	8,326	0,581	0,123
SENDOUH	16,441	5,486	0,522	0,084
CHERAIA	64,179	11,413	0,904	0,078
B FOUGHAL	0,029	0,002	0,001	0,000

Toutefois cette représentation permet de distinguer trois groupes bien séparés (figure 23):

-Groupe 1 : formé de la suberaie de Cheraia. Cette forêt située en exposition fraîche (N) et en faible pente (<25%) est constituée d'une principalement d'une vieille futaie dense (>160 tiges/ha). Elle s'individualise et diffère des autres suberaies par sa productivité la plus élevée (8.99 kg de liège /m²), par son liège le plus épais (30,72 mm) et le plus poreux (CP=15,32%), soit 95% est de mauvaise qualité. Toutefois, son liège contient un nombre réduit de pores (106), mais de superficie la plus élevée (2.23 mm).

-Groupe2 : formé des suberaies de Sendouh et Djouaneb. Se sont des suberaies situées en exposition chaude (Sud et Sud-est), à altitude supérieur à 500 m et en forte pente (>25%). Ces forêts sont peu productives comparativement au autres suberaies, leur liège relativement léger et mince avec une faible porosité.

-Groupe 3 : formé par Harma, situé en exposition fraîche, à une altitude inférieure à 500 m, avec une pente inférieure à 25%. La densité du peuplement est au dessous de 160 tiges/ha. Cette forêt est aussi productive (8.9 kg/m²), mais fournie en revanche du liège très dense (312,22 kg/m³).

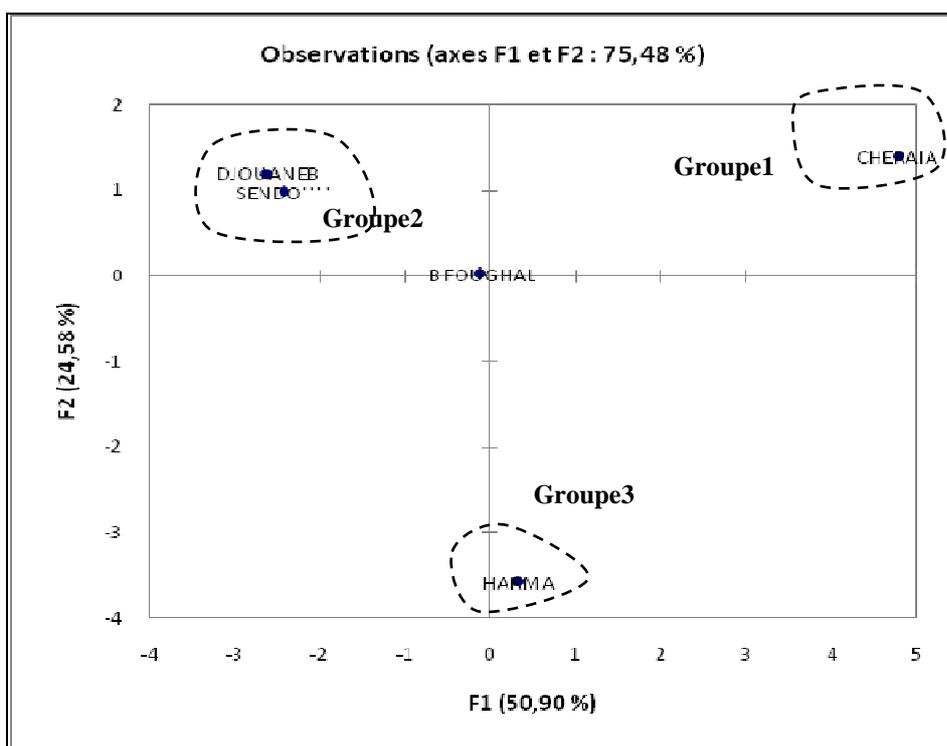


Figure 26 : Projection des individus sur le plan factoriel 1x2

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Dans ce travail nous avons essayé d'analyser la qualité du liège de reproduction de la région de Jijel qui est connue pour ses grandes potentialités subéricoles. L'étude a ciblé particulièrement les lièges provenant des suberaies de Sendouh , Djouaneb, Harma, Cheraia et Béni-Foughal, situées à Texenna qui est une zone potentiellement productive. Les échantillons de liège ont été prélevés à partir des piles entreposées au parc à liège d'Oued kissir.

Dans la région étudiée les arbres produisent au bout un cycle de production de 9 ans, en moyenne 8,34 kg de liège par mètre carré de surface génératrice, productivité qui se rapproche de celle des suberaies portugaises. Avec une épaisseur moyenne de 27,04 mm qui se montre ainsi bien adaptée au débouché industriel, 61,34% de la production totale est constituée de liège appartenant aux classes commerciales dépassant l'épaisseur optimale recherchée (>27 mm). Globalement, les lièges produits dans la région sont poreux et moyennement dense.

A l'échelle des stations, la suberaie de Cheraia apparait la plus productive et fournit le liège le plus épais comparativement aux autres forêts. En revanche, ce liège peu être qualifié de bas de gamme du fait de sa très forte porosité. Les lièges provenant de Harma, Sendouh et Djouaneb sont en majorité minces, relativement moins poreux, la moitié de la production de ces suberaies rentre dans les catégories de bonne et moyenne qualité (1^{ème} -3^{ème} et 4^{ème} - 5^{ème}).

Ce modeste travail est une première ébauche à la caractérisation des lièges de la wilaya de Jijel. A ce stade de l'étude, un premier classement est établi, et une forte variabilité individuelle des planches de liège est mise en évidence. Cette variabilité observée entre les arbres voire les peuplements s'expliquerait par d'autres investigations plus approfondies qui doivent introduire d'autres variables telles que la variabilité génétique (polymorphisme), les facteurs édaphiques, climatiques et dendrométriques et élargies à d'autres suberaies d'Algérie. Une analyse chimique du liège (subérine, lignine soluble et insoluble) pourrait mieux expliquer les différences intra- arbres et inter-stations.

Aussi, de fait que l'échantillonnage pratiqué par prélèvement des lièges du dépôt, ne permet pas la prise en compte des facteurs liés à l'arbre, il conviendrait de collecter le liège directement sur les arbres choisis au printemps (période de floraison), afin de prendre en considération les ressources phylogénétiques de chaque arbre.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABBAS M. 2006 –Le potentiel subericole et la possibilité de production. Atelier sur la gestion durable de la suberaie algérienne. El-Tarf, 30-31 Octobre 2006.

ALOUI A., RDJAIBI A. & BENHAMADI N. 2006 –Etude de la qualité du liège de reproduction des suberaies d’Ain Draham. Actes des Journées Scientifiques de L’INRGREF, 15-17 Novembre 2006. Gestion Inégréée des Forêts de chêne liège et de pin d’Alep. Ann. De l’INRGREF (2006), 9 (1), Numéro Spécial, ppp.44-59.

APCOR, 2007 - Association Portugaise du Liège (http://www.apcor.pt/index_fr.php)

BELGHAZI B., EZZAHIRI M., ROMANE, QARRO M., SABIR M., 1995 – Bilan de sept années de clôture sur la régénération naturelle du chêne liège au moyen Atlas oriental (bab- Azhar).Ann. Rech.For.Maroc. Actes Atelier sur le sylvo-pastoralisme ENFI (Maroc), 25-28 Oct.1995, pp.90-96.

BELGHAZI B., EZZAHIRI M., AMHAJAR M., BENZIANE M., 2001 – Régénération artificielle du chêne liège dans la forêt de la Marmora (Maroc). Forêt méditerranéenne t.XXII, n°3, Novembre 2001. pp.253-261.

B.N.E.D.E.R , 1984 –Inventaire des terres et forêts de l’Algérie du Nord. Deuxième phase de réalisation d’un plan national de développement forestier. Rapp. Synt.Vol.1, 1984.120p.

BEN JAMÂA M.L. & PIAZZETTA R. 2006 -Impact de la gestion sur la vitalité du chêne-liège. Séminaire "Vitalité des peuplements de chênes liège et chênes verts : situation actuelle, état des connaissances et actions à entreprendre". Evora, Portugal 25-26 octobre 2006.

BEN JAMÂA M.L., DE SOUSA E., MNARA S., 2007 - Observations sur le déterminisme des attaques et la bio-écologie de *Platypus cylindrus* F. (Coléoptère : Platypodidae) dans les suberaies tunisiennes et portugaises. 5ème Meeting du Groupe de Travail de Lutte Intégrée des Forêts de Chênes. OILB/srop. TLEMCEM 22 - 25 Octobre 2007

BENKIRANE H., BENSLIMANE R., HACHIMI M., SESBOU A., 2001 –Possibilité de contrôle automatique de la qualité du liège par vision artificielle. Ann. For. Sci. 58(2001) 455-465.

BLETON J., MEJANELLE P., GOURSAUD S. et TCHAPLA A., 1998 - Identification par CPG/SM des principaux acides gras constitutifs de la subérine du liège. ANALYSIS MAGAZINE, 1998, 26, N° 3. pp.51-54

BOUDY P., 1950 – Economie forestière nord africaine. Tome 2. Monographie et traitement des essences forestières. Fasc.II. Larose. Paris, 529-878.

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

- BOUDY P, 1955- Economie forestière Nord africaine T : 4. description forestière de l'Algérie et de la Tunisie Ed. Larose, 453p
- COSTA A., OLIVEIRA A.C., 2001 –Variation in cork production of the cork oak between two consecutive cork harvests. *Forestry*, Vol.74, N°4, 2001. pp.337-346.
- COSTA A., PEREIRA H., OLIVEIRA A., 2004 –The effect of cork-stripping damage on diameter growth of *Quercus suber* L. *Forestry*, Vol.77, N°1, 2001. pp.1-8.
- COURTOIS M. & MASSON P., 1999 – Contribution à l'analyse des facteurs de la qualité du liège brut. *Forêt méditerranéenne*, t. XX, n°2, juin 1999. pp. 95-102.
- DAGNELIE P. 1975 – Théorie et méthodes statistiques. Vol. 2. Applications agronomiques. 2^{ème} Edition. 463 p.
- DAHANE B., 2006 -Incidences des facteurs écologiques sur les accroissements du liège de quelques suberaies oranaises (Enc. Mr Bouhraoua RT)
- DAHMANI J., BENABID A., DOUIRA A., EL HASSANI M., 2000 – Influence du couvert vegetal sur la régénération naturelle et assistée du chêne liège en forêt de la Marmora. *Ann. Rech. For. Maroc*. 2000. T(33), pp.64-67.
- DEBIERRE F., 1922 – Le chêne liège en tunisie. Imprimerie centrale Tunis. 55p.
- D.G.F. 2007- Direction Générale des Forêts (<http://www.dgf.org.dz>)
- DGRF, 2006 Séminaire "Vitalité des peuplements de chênes liège et chênes verts : situation actuelle, état des connaissances et actions à entreprendre" (25-26 octobre 2006) Evora, Portugal. Rapport de Synthèse 11p.
- DJENNIT S., 1977 – Eude des facteurs limitant la régénération naturelle par semis de *Quercus suber* L. dans la forêt domaniale de Guerrouch. *Mém. Ing. Agr. INA*, 1977, 80p.
- DUBY C., ROBIN S. 2006, 2006 – Analyse en Composantes Principales. Institut National Agronomique Paris-Grignon. Département. O.M.I.P. 53 p.
- DURAND C., BELLANGER M., DECOUST M., 2004 - Etat sanitaire de la suberaie varoise; impact du démasclage et de la présence de l'insecte *Platypus cylindrus* F. I.M.L, Colloque Vivexpo Vivès –Pyrénées Orientales –France : Le chêne liège face au feu. Juin 2004. 21 p.
- EL ANTRY TAZI S., ABOUROUH M., DE SOUSA E. MARIA LURDES I., 2007 - L'insecte *Platypus cylindrus* Fabr. (Coléoptère, Platypodidae) dans les suberaies Marocaines. Communication 5ème Meeting du Groupe de Travail de Lutte Intégrée des Forêts de Chênes. OILB/srop. TLEMEN 22 - 25 Octobre 2007

- EL KBIACH M. L., LAMARTI A., ABDALI A., BADOC A., 2002 - Culture in vitro des bourgeons axillaires de chêne-liège (*Quercus suber* L.) : I - Influence des cytokinines sur l'organogenèse et la callogenèse de nœuds de plantules. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 2002, 141, 73-88.
- EMILIA ROSA M., PEREIRA H. FORTES M.A. 1990. -Effect of hot water treatment on the structure and properties of cork. Wood and Fiber Science, 22 (2), 1990, pp. 149-164.
- FERREIRA A., LOPES F. & PEREIRA H., 2000 -Caractérisation de la croissance et de la qualité du liège de reproduction dans une région de production. Ann. For. Sci. 57(2000), 187-193.
- FRAVAL A., 1991 -Contribution a la connaissance des rythmes de floraison du chêne liège en forêt de la Marmora. Ann. Rech. For. Maroc, (1991), T(25), pp.102-118.
- GRACA J., PEREIRA H., 1997 -Cork suberin: A Glyceryl Based Polyester. Holzforschung 51 (1997), 225-234.
- GONZALEZ ADRADOS, J. R., CALVO HARO R.M., 1994 -Variacion de la humedad de equilibrio del corcho en plancha con la humedad relative. Modelos de regression no lineal para las isothermas de adsorcion. Invest. Agrar. Sist. Recur. For. Vol.3 (2), 1994. pp.200-209.
- GONZALEZ ADRADOS, J. R., PEREIRA H., 1996. -Classification of defects in cork planks using image analysis. Wood Science and Technology, 30, 1996, pp. 207-215.
- GONZALEZ ADRADOS, J. R., GONZÁLEZ HERNÁNDEZ F. & CALVO HARO R., 2000 - La predicción del calibre del corcho al final del turno y su aplicación almuestreo de la producción. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol.9(2),2000. pp. 363-374.
- GUERFI A., 2001 - Contribution à l'étude de la reconstitution de la suberaie et de son cortège floristique après incendies dans la région de Texenna. Mém. Ing. Agron. I.N.A., 74 p+ Annexes.
- I.M.L (non daté) -Pathologie de la suberaies en France, Ravageurs et maladies du chêne liège : Guide Technique de Vulgarisation. 23 p.
- IPROCOR, 1999 - Manuel didactique du leveur et de l'ouvrier spécialisé dans les travaux d'exploitation du chêne liège. Projet LEOSUBER, version Française, 231p.
- LAMEY A. 1893 - Le chêne liège, sa culture e son exploitation, Paris Nancy, Berger-Levrault éditeur, 289 p.
- LOPES F., PEREIRA H., 1996. -Cork pores and defects detection by morphological image analysis. Proceeding of EUSIPCO-96, Eighth European Signal Processing Conference, Trieste, Itay, 10-13 Sept 1996. pp.1893-1893.
- MAIRE, 1926 -Principaux groupements végétaux d'Algérie. Alger, M.A.R.A. 12p.

- MEROUANI H., BRANCO C., ALMEIDA M.H., PEREIRA J.S., 2001. – Effects of acorn storage duration and parental tree on emergence and physiological status of cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. *Ann. For. Sci.*, 58 (2001) 534-554.
- MEROUANI H., APOLINARIO L.M, ALMEIDA M.H., PEREIRA J.S., 2003. - Morphological and physiological maturation of acorns of cork oak (*Quercus suber* L.). *Seed Science and Technology* 31, 111–124
- MARQUES A.V., PEREIRA H., MEIDER D., FAIX O. 1994 – Quantitative analysis of cork (*Quercus suber* L) and Milled cork lignin by FTIR spectroscopy, Analytical Pyrolysis, and Total Hydrolysis. *Holzforschung*, Vol.48 (1994). Pp.43-50.
- MESSAOUDENE M., METNA B., DJOUAHER N., 2003 – Etude de quelques facteurs influençant la régénération naturelle de *Quercus suber* L. dans la forêt domaniale des Ait Ghobri (Algérie). *Ann. Rech. For. Algérie*. 2006, pp.43-52.
- MESSAOUDENE M. , MEZANI A., 2000 - Etude de la régénération par rejet de souches de *Quercus suber* L (Chêne liège) dans la forêt domaniale d'Aït Ghobri, Azazga, Tizi-Ouzou. *Mém. Ing. Agron. Fac. Scs Bio et Agron, Univ. M.M. Tizi-Ouzou*, 41 pages.
- MESSAOUDENE M., 2009 – Les reboisements en chêne liège à Bejaia et Tizi-Ouzou. Communication présentée à la Première Rencontre « Chercheurs-Gestionnaires-Industriels » sur la gestion des suberaies et la qualité du liège. *Univ.Tlemcen* 18et 19 Mai 2009.
- MESSAOUDENE M., ROULA B., GUETTAS A., CHENOUNE K., OUNNAS A., 2009 – Guide chêne liège. *Inst. Nat. Rech. Forest.* 25 p.
- METNA B., 2003 –Caractérisation physique e chimique du liège de reproduction de la suberaie orientale de la wilaya de Tizi-Ouzou. *Mémoire Magister, Fac. Sci. Agr. Et Biol. Univ. Tizi-Ouzou*. 96p.
- MEZALI M., 2003 – Situation de la suberaie et production des lièges. Communication présentée à l’atelier sur les lièges, Bejaia le 11 & 12 Mai 2003.
- MOURAD M., FECHTAL A., EL ABID A., ADREF M., 2001 –Qualité du liège de reproduction du plateau d’Oulmes, *Ann. Rech. For. Maroc*. 2001. T(34), 119-127.
- NATIVIDADE VIERA J. 1956 – Subériculture, Edition française de l’ouvrage *Subericultura*(1950), Nancy, Ecole National des Eaux et Forêts 1956. 303p.
- PEREIRA H., EMILIA ROSA M., FORTES M.A., 1987. -The cellular structure of cork from *Quercus suber* L. *IAWA Bulletin n.s.*, Vol. 8 (3), 1987. pp. 213-218.
- PEREIRA H., MARQUES V., 1988 – The effect of chemical treatments on the cellular structure of cork. *IAWA Bulletin n.s.*, Vol. 9 (4), 1988: 337-345
- PEREIRA H., 1988 –Chemical composition and variability of cork from *Quercus suber* L. *Wood Sci. Technol.* 22: 211-218.

- PEREIRA H., LOPES F., GRACIA J. (1996). –The evaluation of quality in cork planks by image analysis. *Holzforschung* 50 (1996). Pp.111-115.
- PEREIRA H., 2007 -Cork: Biology, Production and Uses. Edit. Elsevier Science & Technology. 346p.
- PONTE E SOUSA J., GINJA TEIXEIRA J., NETO VAZ A., 2003 –The importance of the cork (bark) of *Quercus suber* in the environmental monitoring of heavy metals. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food chemistry.*, 2 (2), 2003. Pp.314-319.
- PUYO J.Y., 2004 - Les premiers temps de la mise en valeur coloniale des suberaies algériennes - le triste épisode des concessions privées. 16p.
- QUEZEL P., MEDAIL F., 2003 : *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Elsevier, Paris, 592 p.
- QUEZEL, 1976 - Les chênes sclérophylles en région méditerranéenne. *Options Méditerranéennes*, In . *Les ressources biologiques*. Paris : CIHEAM, 1976. p. 25-29 : réf. (*Options Méditerranéennes* ; n°. 35)
- ROCHA S., DELGADILLO I., FERRER CORREIRA A.J., 1996 – Etude des attaques microbiologiques du liège *Quercus suber* L. *Revue Française d'œnologie*, Nov/Déc.96 – N°161. Pp.31-34.
- SACCARDY, C., 1937. Notes sur le chêne-liège et le liège en Algérie. *Bull de la Stat. Rech. Forest du Nord de l'Afrique* II(2): 271-374.
- SALAZAR SAMPAIO J., 1988 – Production du liège : situation, évolution en France et dans le monde. *Forêt méditerranéenne*, t.X, n°1, juillet 1988. pp.156-159
- SANTIAGO BELTRAN, R. 2004 – Recommandations sylvicoles pour les suberaies affectées par le feu. *Vivexpo 2004 : Le chêne liège face au feu*. 13p.
- SEIGUE A., 1985 –La forêt circumméditerranéenne e ses problèmes. *Techniques agricoles et productions méditerranéennes*. Edit. G.P. Maisonneuve & Larose. 496 p.
- SELTZER S., 1946- Le climat d'Algérie. Alger, 219p.
- SILVA S. P., SABINO M. A., FERNANDES E. M., CORRELO V. M., BOESELL. F., REIS R. L., 2005 - Cork: properties, capabilities and applications. *International Materials Reviews* 2005 VOL 50 N° 6 pp.345-365
- VIGNES E., 1990 – Sylviculture des suberaies varoises. *Forêt méditerranéenne*. T. XII, n°2, septembre 1990. pp.125-128.
- VILLEMANT C., FRAVAL A., 2002 - Les insectes ennemis du liège. *Insectes*, n ° 125- 2002 (2). p.25-29
- ZERAIA L., 1981 – Essai d'interprétation comparative des5AZ liège de Provence cristalline et d'Algérie. Thèse d'Etat.Marseille.367p.