

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID TLEMEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
Département des Sciences de l'Agronomie et des Forêts

MÉMOIRE DE MASTER

Option : **Ecologie, Gestion et Conservation de la Biodiversité**

Thème :

Contribution à l'étude de la variabilité des paramètres caractéristiques du liège de 10 provenances Algériennes

Présenté par :

M^{me} Zenagui F.Z.

Soutenu le 30/06 / 2014 devant le jury composé de :

Président : M. Mostefai N.
Encadreur: M. Dehane B.

Maitre de Conférences ' A ' , Université de Tlemcen
Maitre de Conférences ' B ' , Université de Tlemcen

Examineurs :

M . Berrichi M. Maitre de Conférences ' B ' , Université de Tlemcen
Mme. Belhoucine L. Maitre de Conférences ' B ' , Université de Tlemcen

2013/2014

Résumé : L'étude des caractéristiques de base du liège Algérien selon le concept de provenance a été réalisée sur 100 échantillons de 20x20cm représentant dix régions de production (El Taref, Jijel, Skikda, Mila, Guelma, Bejaia, Tizi Ouzou, M'Sila, Hafir, Zariéffet). Le calibre varie significativement d'une provenance à une autre (Provenance 1). En moyenne, il était de l'ordre de 29,96mm, dont 83% du total appartenant aux classes commerciales au dessus de 27mm, aptes au bouchonnage. L'accroissement annuel moyen pour un cycle de production de 8 ans était de 2,9 mm/an. L'indice d'accroissement calculé pour l'ensemble des provenances révèle une différence non significative entre les dix régions. La qualité du liège montre une grande variabilité entre arbres d'une même provenance et aussi entre provenances (provenance1). Les indices de qualité mettent en évidence une différence non significative entre provenance1. Géographiquement parlant, ces indices semblent plus influés par zone naturelle d'origine (Provenance 2) (Ouest, Centre et Est). La densité volumétrique moyenne était de l'ordre de 290,76 kg/m³ témoignant d'une différence non significative entre provenance 1 et 3 (l'aire géographique du chêne liège).

Mots clé : Provenance, calibre, accroissement, qualité, indice de qualité.

Abstract: Contribution to the study of the variability of the characteristic parameters of cork 10 Algerian provenances

The study of the basic characteristics of Algerian cork under the concept of origin was performed on 100 samples from ten 20x20cm production regions (El Taref, Jijel, Skikda, Mila, Guelma, Bejaia, Tizi Ouzou, M'Sila, Hafir, Zariéffet). The caliber varies significantly from one to another (Provenance 1). On average, with 83% of the samples in the commercial classes above 27 mm suitable for production of stoppers. The annual average cork growth for a production cycle of 8 years was 2.9 mm / year. The annual average cork growth index for all provenances shows a non-significant difference between the ten regions. Cork quality shows high variability between trees of the same provenance and between provenances (provenance1). Quality indice show a non-significant difference between provenance1. Geographically, these indices seem more natural influenced by area of origin (Provenance2) (West, Central and East). The average density was of the order of 290.76 kg/m³ showing a non-significant difference between 1 and 3 from (the geographical area of cork oak).

Keywords: Provenance, caliber, growth, quality, quality index.

المخلص: المساهمة في دراسة تباين خصائص الفلين ل 10 مناشئ جزائرية

تم إجراء دراسة الخصائص الأساسية للفلين الجزائري تحت مفهوم المنشأ على 100 عينة 20x20سم من عشر مناطق إنتاج (الطارف، جيجل، سكيكدة، ميلة، قالمة، بجاية، تيزي وزو، المسيلة، الحفير، زاريقات). قياس سمك الفلين يختلف اختلافا كبيرا من منشأ ال آخر (منشأ 1). في المتوسط، كان السمك حوالي 29.96م، أي حوالي 83% من المجموع تفوق الطبقات التجارية 27م. كان متوسط الزيادة السنوية لدورة الإنتاج من 8 سنوات حوالي 2.9 مم / سنة. مؤشر النمو السنوي لجميع المناطق لم يظهر فرق بين المناطق العشر. نوعية الفلين اظهرت تباين الكبير بين الأشجار من نفس المنشأ وبين المنشأ 1. لم تظهر مؤشرات الجودة فرق كبير بين المنشأ 1. جغرافيا، تظهر هذه المؤشرات تأثرا أكثر بالمنطقة الطبيعية الاصلية (المنشأ 2) (الجهة الغربية، الوسطى والشرقية). متوسط كثافة الفلين بلغ 290.76 كغ/م³ و يعبر عن عدم وجود فرق بين المنشأ 1 و المنشأ 3 (منطقة الجغرافية لامتداد الفلين البلوط).

الكلمات الرئيسية: المنشأ، السمك، الجودة، مؤشر الجودة

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

CHAPITRE I : Synthèse bibliographique

I.1- Le CHENE LIEGE.....	3
I.1.1-Originé et systématique.....	3
I.1.2-Aire de répartition de chêne liège.....	3
I.1.3- Caractères botaniques.....	5
I.1.4- Ecologie de chêne-liège	7
I.1.4.1-Exigence climatiques	7
I.1.4.2-Exigences édaphiques	7
I.1.5- Traitements sylvicoles et aménagement	7
I.1.6-Groupements concurrents du chêne liège	9
I.1.7- Les facteurs de dégradation du chêne liège.....	9
I.1.8- Importance économique.....	10
I.2- LE LIEGE.....	11
I.2.1- Formation du liège	11
I.2.2- Accroissements annuels de liège de reproduction	12
I.2.3- Formes et disposition des accroissements annuels.....	13
1-Les accroissements réguliers	13
2-Les accroissements irréguliers	13
I.2.4-Le calibre.....	14
I.2.5-La qualité du liège.....	15
I.2.6-Caractéristiques physiques	17
I.2.7-Caractéristiques mécaniques.....	18
I.2.8-Caractéristiques fonctionnelles du liège.....	19

CHAPITRE II : Etude du milieu

II.1- Aire de répartition du chêne liège en Algérie.....	25
II.2-Géologie	26
II.3- La topographie et le sol.....	28
II.4- Le climat.....	29
II.4.1- La pluviométrie	29
II.4.2-Les Températures.....	31
II.4.3-Amplitude thermique extrême moyenne ou indice de continentalité	31
II.4.4-Indice de sécheresse estivale.....	32

II.4.5-Etage de végétation ou zonation altitudinale.....	33
II.4.6-Indice de De Martonne	34
II.4.7-Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen.....	35
II.4.8-Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger	37
II.5- Description forestière.....	38
II.5.1- Production subéricoles	40
II.5.2- Les incendie	41

CHAPITRE III : Matériels et méthodes

III.1-Problématique.....	42
III.2-Le principe de provenances pour le chêne liège	42
III.3-Plan d'échantillonnage.....	44
III.3.1-Choix des sites de prélèvement et des arbres.....	44
III.3.2-Choix des échantillons.....	45
III.4-Techniques de mesures.....	47
III.4.1-Préparation des échantillons.....	47
III.4.2-Mesure des calibres.....	47
III.4.3-Mesure des accroissements annuels.....	48
III.4.4-Calcul de la densité volumétrique.....	50
III.5-Etude de la qualité.....	51
III.5.1-Description des défauts sur l'ensemble des échantillons	64
III.5.2- Validation des classes de qualité commerciale.....	64
III.5.3- Calcul des indices de qualité.....	64
III.6- Traitement des données.....	65

CHAPITRE IV : Résultats et discussion

IV.1- Résultats et discussion.....	66
IV.1.1- Caractéristique générale de croissance.....	66
IV.1.1.1- Le calibre moyen	66
IV.1.1.2-Distribution des calas par classe d'épaisseur commerciale.....	70
IV.1.1.3-Discussion de la variable calibre.....	72
IV.1.2- Etude des accroissements annuels.....	73
IV.1.2.1- Par provenance.....	73
IV.1.2.2-Variation annuelle des accroissements	76
IV.1.2.3- Le type de	77

croissance.....	
IV.1.2.4-Discussion de la variable accroissement annuel.....	81
IV.1.3- Caractéristique générale de la qualité.....	82
IV.1.3.1- Les défauts du liège.....	82
IV.1.3.2- Les indice de qualité.....	86
IV.1.3.3-Discussion des variables de la qualité.....	87
IV.1.4- Caractéristiques physiques.....	92
IV.1.4.1-Discussion de la variable densité.....	94
Conclusion générale	95
Références bibliographiques	97
Annexe	103

Liste des Tableaux

Titre	Page
Tableau 1: Classification traditionnelle en calibre	15
Tableau 2: Principaux défauts rencontrés sur le du liège	15
Tableau 3: Les classes de pentes de l'Algérie du Nord	29
Tableau 4: Précipitations moyennes annuelles pour les dix provenances, P (mm)	30
Tableau 5 : Indice de continentalité pour les dix provenances	32
Tableau 6: Indice de sécheresse estivale des dix provenances	32
Tableau 7: Etage de végétation du chêne liège selon les auteurs	33
Tableau 8: Etage de végétation du chêne liège pour les dix provenances	34
Tableau 9: Indice de De Martonne pour les dix provenances	34
Tableau 10: Valeurs du « Q2 » et étages bioclimatiques des dix provenances	37
Tableau 11: Caractéristiques climatiques, sylvicoles et de dendrométrie des provenances pris en considération	46
Tableau 12: Principales classes d'épaisseurs selon les applications industrielles du liège	48
Tableau 13: Principales classes des accroissements moyens annuels du liège et type de croissance correspondant	49
Tableau 14: Classes de qualité du liège de reproduction définit par le programme Calcor	64
Tableau 15 : Indices de qualité	65
Tableau 16 : Caractéristique des principaux variables de croissance du liège des 10 provenances	66
Tableau 17: Test de Kruskal-Wallis	68
Tableau 18: Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner / Test bilatéral	69
Tableau 19: p-values entre les calibres des dix provenances	69
Tableau 20: Distribution des échantillons de liège des 10 provenances par classes commerciales d'épaisseur, en % du total	70
Tableau 21 : Analyse de variance de la variable accroissement moyen annuel	73
Tableau 22 : Croissance annuelle du liège prélevé dans les dix provenances, par année de croissance et comme moyenne annuelle dans un cycle de production de 9 ans (8 ans de croissance complète). Moyenne pour chaque provenance \pm l'intervalle de confiance	75
Tableau 23: Test de Kruskal –Wallis pour les indices d'accroissement	80
Tableau 24: Distribution des 10 provenances par classes de qualité commerciale, en % du total	85
Tableau 25: Test de Kruskal-Wallis pour les indices de qualité	87
Tableau 26 : Coefficients de variation enregistrés pour les classes de qualité et les fréquences de défauts par provenance	88
Tableau 27 : Statistique descriptive de la provenance 2 et la qualité (l'aspect visuel)	90
Tableau 28: Test entre les effets inter-sujets pour les indices de qualité	90
Tableau 29: Comparaisons multiples suivant le test de Tukey (provenance 2)	92
Tableau 30: Comparaisons multiples suivant le test de Tukey (Classes de qualité)	92
Tableau 31: Moyenne de la densité volumétrique enregistrée sur les 10 provenances (kg/m ³)	93
Tableau 32: Analyse de variance de la variable densité volumétrique	93
Tableau 33: Statistique descriptive de la variable densité volumétrique	93

Liste des figures

Titre	Page
Figure 1 : Distribution du chêne liège dans son aire géographique Méditerranéenne et atlantique	4
Figure 2 : Superficies du chêne liège inventoriées durant deux périodes différentes et par pays	4
Figure 3: Les caractères botaniques du chêne liège	6
Figure 4 : Différents traitements appliqués à la suberaie	9
Figure 5: Relation entre la sécheresse, le stress hydrique et le dépérissement des arbres forestiers	10
Figure 6 : Fluctuation annuelle de la production du liège en Algérie	11
Figure 7 : Processus naturel de formation de liège	12
Figure 8 : Méthode schématique pour quantifier l'âge du liège	12
Figure 9 : Type d'accroissements sur une lame de liège	14
Figure 10: Défauts rencontrés sur le liège en générale	16
Figure 11 : Comparaison de l'épaisseur type (arrondie à 5 mm près) des différents isolants employés dans les chambres froides et les entrepôts frigorifiques à terre à une température ambiante moyenne de 20, 30 et 40 °C	21
Figure 12: Courbes typiques de α Sabine pour les 3 catégories de fréquences	22
Figure 13: Propriétés physiques et mécaniques du liège très prisées par l'homme	23
Figure 14 : Différent usage industriel et artisanal du liège	24
Figure 15 : Aire de répartition et aire écologique de la subéraie	25
Figure 16: Répartition spatiale du chêne liège en Algérie	26
Figure 17: Carte de Géologie du Nord Algérien	28
Figure 18: Variation mensuelle de la pluviométrie pour les dix provenances	30
Figure 19: Variations des températures moyennes mensuelles pour les dix provenances	31
Figure 20 :Diagrammes Ombrothermiques des dix provenances	35
Figure 21:Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger pour les dix provenances	38
Figure 22:Production du liège tout venant pour les 10 provenances	40
Figure 23 : exemple de lame de liège utilisée dans les mesures	47
Figure 24: pied de ligne d'une précision de 0,1 à 0,01mm	48
Figure 25 : Mesure des accroissements au micromètre monté sur une loupe	49
Figure 26 : Pesée des calas à l'aide d'une balance électronique	51
Figure 27: Défaut de l'irrégularité du ventre de la planche	52
Figure 28: Défaut de l'épaisseur de la croûte de la planche du liège	53
Figure 29 : Défaut de la tâche verte de la planche du liège	54
Figure 30: Défaut de la tâche jaune de la planche du liège	55
Figure 31 : Défaut des autres tâches de la planche du liège	56
Figure 32: Défaut de la lignification horizontale la planche du liège	57
Figure 33 : Défaut de la lignification verticale de la planche du liège.	58
Figure 34: Défaut du liège terreux	59
Figure 35: Défaut du liège crevassé (Fentes)	60
Figure 36 : Défaut du liège doublé	61
Figure 37: Défaut des trous d'insectes	62
Figure 38 : Défaut de la porosité visuelle ou soufflures	63
Figure 39 : Représentation statistique de la variation de l'épaisseur de liège (Moyenne \pm Ecart type)	67

Liste des figures

Figure 40 : Les 100 échantillons représentant les 10 provenances	
Figure 41: Répartition des provenances selon leur calibre commerciale	71
Figure 42: Variation du calibre du liège selon la provenance géographique (Provenance2)	72
Figure 43: Répartition des accroissements annuels par provenance	74
Figure 44: Ajustement mathématique entre courbe de croissance observée et théorique	76
Figure 45 : Type de croissance annuelle pour les dix provenances	78
Figure 46: Type de croissance (haut : liège mince ; bas : liège épais)	80
Figure 47: Indice d'accroissement du liège des dix provenances	80
Figure 48: Répartition des défauts sur le liège (En haut : par provenance ; en bas sur les dix provenances).	82
Figure 49: Exemples de défauts rencontrés sur les échantillons.	83
Figure 50: Répartition des classes de qualité commerciale par provenance	86
Figure 51: Répartition moyenne des classes de qualité sur les dix provenances	86
Figure 52: Indices de qualité calculés par provenance	87
Figure 53: Distribution des indices de qualité selon la provenance	91
Figure 54: Variation de la densité volumétrique par provenance 2	94

Introduction générale

Le chêne-liège est considéré comme une essence noble si ce n'est la plus précieuse du genre *Quercus*. Le remarquable développement que peut atteindre son enveloppe subéreuse (tronc et branche) et l'aptitude de son arbre à former de nouvelles couches de liège après plusieurs exploitations répétées classent le chêne liège comme une unique espèce à production renouvelable. Dans le contexte économique, avec une production moyenne de 35 000 tonnes en Algérie, moyenne estimée sur une période de 103 années (1885-1988), répartie sur huit rotations de 12 années, le liège constitue en soi une ressource forestière durable et rentable (Messaoudene et Metna, 2010).

Les remarquables propriétés physiques, mécaniques et chimiques du liège sont les caractères qui le distinguent des autres chênes. L'ensemble de ces propriétés a fait du liège un matériau très recherché dans le domaine de l'industrie. Les études les plus complètes dans le domaine de la subériculture sont l'œuvre de Lamey (1893) et Natividade (1956) ; ils avaient abordé tous les aspects techniques, scientifiques et économiques relevant du chêne liège. Avec l'amélioration des techniques, plusieurs axes de recherche ont été abordés pour valoriser davantage le liège. Nous citons à ce titre les travaux de Pereira (1982), Rosa et Fortes (1991), Pereira et al. (1992), Veiga et al. (1993), Marques et al. (1994), Gonzalez et al. (1996), Ferreira et al. (2000) sur les propriétés physiques, anatomiques et chimiques au Portugal.

De nombreux auteurs ont évoqué le processus de formation des accroissements annuels du liège et ont proposé une classification commerciale à chaque épaisseur du liège, analogue à chaque zone écologique et de production (Lamey, 1893; Saccardy, 1937; Boudy, 1950 et Natividade, 1956). D'autres se sont intéressés à la croissance de l'arbre en relation avec le milieu physique et le climat (Fritts, 1976; Fos et al., 1994 ; Costa et al., 2002; Vázquez-Piqué et al., 2008). Certains se sont axés sur le rôle de la nutrition minérale sur la vitalité de l'arbre et sa production (Orgeas et Bonin, 1997 ; Courtois et Masson, 1999).

Selon Dehane (2012), en Algérie, les travaux sur le chêne liège et le liège en particulier sont peu nombreux et datent de la période coloniale. Les premières citations proprement scientifiques des suberaies algériennes remontent au XIX^{ème} siècle avec les travaux de Rousset (1858) et de Lamey (1893), relatant l'exploitation, l'aménagement et la culture des forêts de chêne-liège. Les années 1930 furent contestablement la période des grandes publications sur l'espèce, nous citons en particulier le travail de Marc (1930) «*Notes sur les forêts d'Algérie*» relatif à l'aspect économique des suberaies en particulier le commerce du

liège. En ce qui concerne les aspects qualitatifs du liège, furent sans doute celles décrites par Saccardy (1937) dans ses notes sur le chêne liège et le liège en Algérie.

Après l'indépendance, la plupart des travaux se sont focalisés sur la phytosociologie, l'édaphologie, et la phénologie de l'espèce, nous citons en particulier les travaux de Zeraia (1981) et Yessad (2001) sur les données écologiques, phénologiques et de production de chêne liège. D'autres études ont évoqué les thématiques de l'écophysiologie et de la typologie des suberaies, particulièrement en région oranaise (Bouhraoua, 2003; Letreuch-Belarouci, 2010).

Rares les travaux qui ont abordé l'étude des principales caractéristiques du liège Algérien dans sa composante géographique de l'Ouest en passant du Centre et l'Est du pays puis en s'étalant du littoral vers la montagne. L'espèce est une essence zonale, on le trouve depuis le bord des eaux jusqu'aux rochers dans presque tous les milieux. Cette zonalité est synonyme d'adaptation aux différents facteurs abiotiques d'où une croissance radiale et subéreuse variant du littoral à la montagne et une qualité du liège contradictoire (Varela, 2000). Puisqu'il s'agit d'une espèce monoïque dont l'allogamie s'aggrave d'avantage par l'occurrence fréquente des phénomènes d'hybridation interspécifiques, le problème de provenances s'impose pour le liège Algérien en dépit des variations géomorphologiques et climatiques qui caractérisent le Tell Algérien.

Notre modeste travail tend à élucider une partie de cette variabilité physique et qualitative en se basant sur les échantillons de différentes provenances de l'Ouest, de l'Est et du Centre de l'Algérie.

Notre présent travail comporte 4 chapitres. Le premier comprend une synthèse bibliographique sur le chêne-liège et le liège tout en s'intéressant à la situation de la production du liège dans le monde, en Algérie et aussi aux processus de formation du liège et au principe de la qualité du liège.

Le second chapitre est consacré à l'étude du milieu des 10 provenances où nous avons présenté notre zone sur le plan physique, forestier et économique.

Le troisième chapitre fait ressortir les différentes méthodes que nous avons utilisées pour analyser le liège de ces provenances.

Enfin le dernier chapitre regroupe l'ensemble des résultats et interprétations ainsi que la discussion sur les différentes relations prises en considération.

I.1- LE CHENE LIÈGE

I.1.1-Origine et systématique

Quercus suber (L) décrit par LINNE en 1753 est rattaché au sous-genre *Cerris* qui regroupe les chênes à cupule chevelue (Bouchafra & Fraval, 1991). L'originalité de cette espèce est de produire une écorce épaisse le « liège », matériau assez unique pour ses propriétés physiques, chimiques et esthétiques (Amandier, 2002). C'est un descendant de la flore Pliocène supérieur (Boudy, 1950 ; Palmarev, 1989).

Systématiquement, le chêne-liège appartient à :

- Embranchement : Phanérogames
- Sous-embranchement : Angiospermes
- Classe : Dicotylédones
- Ordre : Fagales
- Famille : Fagacées
- Genre : *Quercus*
- Espèce : *Quercus suber* L.

I.1.2-Aire de répartition du Chêne-liège

- **Dans le monde**

Les limites de répartition du chêne-liège sont, depuis longtemps, bien connues. Quezel et Santa (1962) qualifient l'espèce comme étant méditerranéenne par excellence. Il pousse naturellement sur la façade atlantique et la méditerranée occidentale. Au Maroc, l'aire naturelle du chêne liège dépasse la 33^{ème} parallèle, alors qu'en Algérie et en Tunisie il n'atteint même pas le 36^{ème} parallèle. En Europe, il dépasse à peine la 44^{ème} parallèle au nord (la France), à l'ouest, elle englobe la totalité du Portugal et à l'Est, elle arrive à la Dalmatie (Harrachi, 2000).

La figure 1 illustre la répartition du chêne liège dans son aire géographique naturelle.

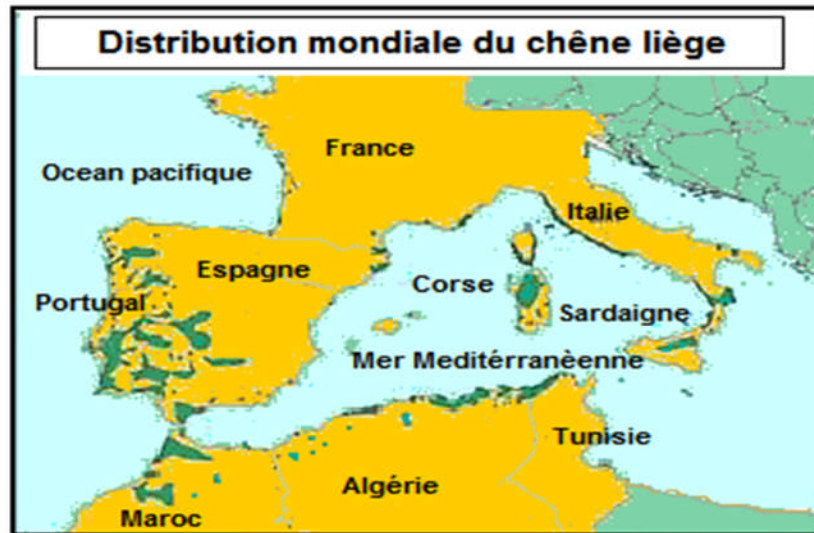


Figure 1 : Distribution du chêne liège dans son aire géographique Méditerranéenne et atlantique (Code international des pratiques subéricoles, 2006)

Les peuplements naturels de chêne-liège s’étendent sur 7 pays au nord et au sud de la méditerranée (Algérie, Maroc, Tunisie, Espagne, France et Italie) plus le Portugal. Ils couvrent actuellement environ 2,5 millions d’hectares (APCOR ,2008). Selon Sampaio (1988), la superficie originale de cette essence était de l’ordre de 7,5 millions d’hectares (Fig.2).

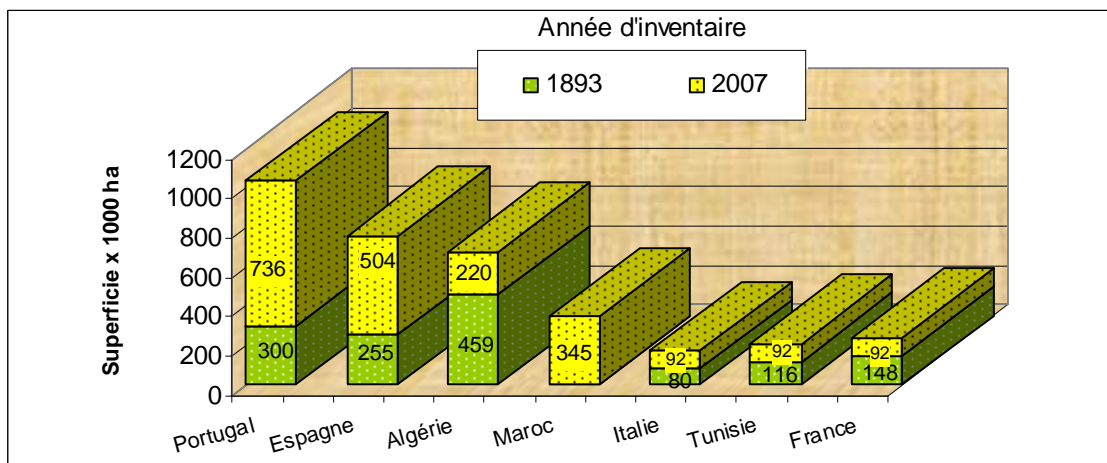


Figure 2 : Superficies du chêne liège inventoriées durant deux périodes différentes et par pays (Dehane,2012).

1.1.3- Caractères botaniques

Le chêne liège est une espèce très polymorphe quand à ses caractères botaniques présentent de grandes variations on compte environ 200 espèces (El Antry Tazi et *al.*, 2008). Selon Peyrerimhoff (1941), il existe 14 formes ou races nord-africaines, dont la race marocaine et la race numidienne.

Le chêne liège est un arbre de **taille** variable, de 10 à 15m en moyenne, pouvant atteindre 20 à 25 m de haut pour les vieux sujets (Seigue, 1985). Le **tronc** est généralement, court, trapu et robuste, et qui se ramifie à une faible hauteur (4 m environ), il est recouvert d'une écorce épaisse fortement crevassée longitudinalement appelé liège (Saccardy, 1937 ; Anonyme, 1976). La **circonférence** du tronc d'un sujet démasclé atteint en général 70 cm entre 30 et 40 ans selon les conditions de végétation (Yessad, 2001 ; Amandier, 2002). Dans les vieux peuplements, certains arbres peuvent atteindre jusqu'à 5 m de circonférence (Foucard,2014)

La **cime** est généralement irrégulière. Elle est arrondie et large pour les peuplements clairs ou les individus isolés, et fusiforme pour les peuplements plus denses.

Les **rameaux** sont sinueux, tomenteux et de couleur blanchâtre à grisâtre à leur jeune âge, puis marqués de lenticelles très saillantes et des taches brunes jusqu'à l'apparition d'une couche de liège. En se lignifiant, ils deviennent robustes, dissés et noueux (Jakamon, 1987 ; Villemant et Fraval, 1991).

Les **feuilles** du chêne-liège présentent un polymorphisme très marqué. Elles sont alternes, généralement coriaces, plus ou moins dentées, vert-brillant et présentent une pubescence sur la face inférieure. Elles sont persistantes entre 2 et 3 ans (Saccardy, 1937 ; Natividade, 1956).

Les **bourgeons** sont ovoïdes, à écailles tomenteux, surtout sur les bourgeons terminaux (Artigues et Lepoutre, 1967).

Le chêne-liège est un arbre monoïque. Les **fleurs** des deux sexes, sont réunies sur les mêmes rameaux, avec parfois des fleurs hermaphrodites (Natividade, 1956). La floraison commence au printemps et parfois en automne, mais dans ce cas, ne donne pas de glands. Les fleurs mâles sont regroupées grappes, appelés chatons, au bout des pousses de l'année

précédente, par contre les fleurs femelles sont de petites boutons écailleux qui s'insèrent à l'aisselle des feuilles de la pousse de l'année (Battandier et Trabut, 1893).

Le gland, **fruit** mûrit généralement l'année même de floraison, et tombe au mois d'octobre à janvier (Seigue, 1985 et Richard, 1987). Sa forme et sa taille varient suivant les arbres, allant respectivement de l'ovoïde ou l'arrondi à l'ellipsoïdal et de 2 à 4,5 cm de long sur 1,5 à 1,8 cm de diamètre (Camus, 1938).

Le système racinaire du chêne-liège est pivotant avec des ramifications latérales puissantes évoluant horizontalement (Sauvage, 1961). Saccardy (1937), signale que chêne liège est fortement enraciné, il est caractérisé par de longues racines fixant l'arbre solidement même dans les sols les plus rocheux.

L'**écorce** est de couleur grisâtre, ligneuse, très crevassé appelé « liège mâle » (Maire, 1961). Après démasclage, l'arbre forme un nouveau liège plus régulier et moins crevassé appelé « liège de reproduction ou liège femelle » (Vignes, 1990).

Le **bois** est un excellent bois de chauffage. Il est lourd, compact, difficile à travailler et se crevasse profondément en séchant (Lamey, 1893).



Figure 3: Les caractères botaniques du chêne liège (Original).

I.1.4- Ecologie de chêne-liège

Le chêne liège a un tempérament délicat, il réclame à la fois de l'humidité, la chaleur et de la lumière.

I.1.4.1- Exigences climatiques

❖ **L'humidité** : En Algérie, le minimum de la tranche pluviométrique oscille entre 400 à 600mm/an. Dans la saison sèche l'humidité atmosphérique doit être de l'ordre 60 % (Saccardy, 1937).

❖ **Température** : C'est une espèce thermophile, pousse sous des climats tempérés a hiver doux, la valeur moyenne de la température est comprise entre 14 à 17°C, alors que le minima ne doit pas descendre au dessous de 9°C. Pendant l'été, le chêne-liège réduit les pertes d'eau par les feuilles (transpiration) tout en ralentissant le métabolisme et la croissance. La perte d'eau est contrôlée à travers de la fermeture des stomates (pores), se trouvant généralement sur la face inférieure des feuilles, qui contrôlent les échanges gazeux avec l'air (Santos, Pereira et *al.*, 2008).

❖ **Lumière** : Le chêne-liège est une essence héliophile, c'est à dire de pleine lumière et exigeant une forte insolation, il est localisé de préférence sur les versants adrets (Lepoutre,1965).

I.1.4.2- Exigences édaphiques

Le chêne-liège est une essence calcifuge, craigne les calcaires actifs, la salinité et l'hydromorphie, supportant mal les sols très argileux, ou très superficiels ; il préfère les sols aérés et profonds grâce à leur système racinaire profond ; autres sols sont préférables tels que les sols légers, frais, riche en matière organique et bien drainés avec une texture sablo-argileuse et de teneur en sable supérieure à 50% reposant sur une roche mère métamorphique. Le sol a un pH acide, neutre à acido-neutre (Seigue ,1987).

I.1.5- Traitements sylvicoles et aménagement

En raison de son tempérament délicat, le chêne liège est soumis à deux types de traitements complètement distincts. La subériculture qui le considère comme un arbre fruitier

pour l'extraction du liège et la sylviculture qui au contraire le traite comme un arbre forestier. La régénération du chêne liège est assurée soit par :

➤ **Régénération naturelle par semis et par rejet de souches** : l'abondance de glands, absence de pâturage et d'incendies et surtout le ramassage des glands par les riverains constituent les principaux facteurs intervenant dans le taux de réussite de ce mode de régénération (Nsibi et *al.*, 2006).

➤ **Régénération artificielle par semis ou par plantation** : dite aussi régénération assistée ou reforestation, elle exige l'utilisation des techniques adéquates et une intervention maintenue de l'homme. D'après des études effectuées par Benabid (2000), il a démontré que cette technique ne peut réussir qu'après l'utilisation des espèces organisatrices des différents groupements de la série de végétation.

Par ailleurs, la gestion des suberaies repose sur deux principes :

➤ La subericulture en suberaie régulière : Elle se caractérise par des périodes de production nulle et des périodes de très forte production, parallèlement au vieillissement du peuplement. Les éclaircies ont pour objectif de diminuer la densité au profit des arbres les plus productifs, autour d'une à trois classes de diamètres, tout en conservant un couvert suffisant. Elles sont réalisées après chaque récolte. (Veillon, 1997 ; Riffard & *al.*, 2008).

➤ La subericulture en suberaie irrégulière : Elle demande une attention particulière. Son principe repose sur une régénération continue. Les éclaircies se feront dans toutes les classes de diamètres afin de conserver un équilibre entre les jeunes sujets improductifs (diamètre < à 25 cm) et les arbres productifs. La production de liège est régulière tout au long de la vie du peuplement, car les classes de diamètres sont renouvelées constamment par la croissance des arbres. De plus, les jeunes arbres garantissent l'avenir du peuplement et donc de la production (Riffard & *al.*, 2008)(Fig.4).



Suberaie régulière (Cliché Dehane,2010) Suberaie irrégulière(Cliché Dehane,2010)

Figure 4 : Différents traitements appliqués à la suberaie

I.1.6-Groupements concurrents du chêne liège

D'après Boudy (1950), le chêne-liège se trouve en mélange avec nombreuses essences suivant les situations topographiques et climatiques.

En altitude et dans les étages sub-humides et humides on trouve le chêne zeen (*Quercus faginea*), le chêne afares (*Quercus afares*) et plus rarement le cèdre (*Cedrus atlantica*) sur les sols calcaires. Par contre, en étage semi-aride, on trouve le chêne vert (*Quercus roduntifolia*) et le thuya (*Tetraclinis articulata*) sur les terrains secs à tendance calcaire.

Il existe d'autres mélanges moins fréquents avec le chêne liège, tels que l'olivier, le pin maritime, le pin d'Alep, le châtaignier et le caroubier (Natividade, 1956 ; Quezel, 2000). Généralement ces regroupements présentent soit sous forme d'une futaie irrégulière ou d'un taillis sous futaie.

I.1.7- Les facteurs de dégradation du chêne liège

Le chêne liège est une essence forestière très particulière qui joue un rôle non seulement écologique, paysager et touristique, mais aussi économique et social. Mais de nos jours, la superficie qu'elle occupe connaît une régression accélérée par le fait des facteurs adverses d'ordre abiotique, anthropique et biotique illustrés dans figure suivante.

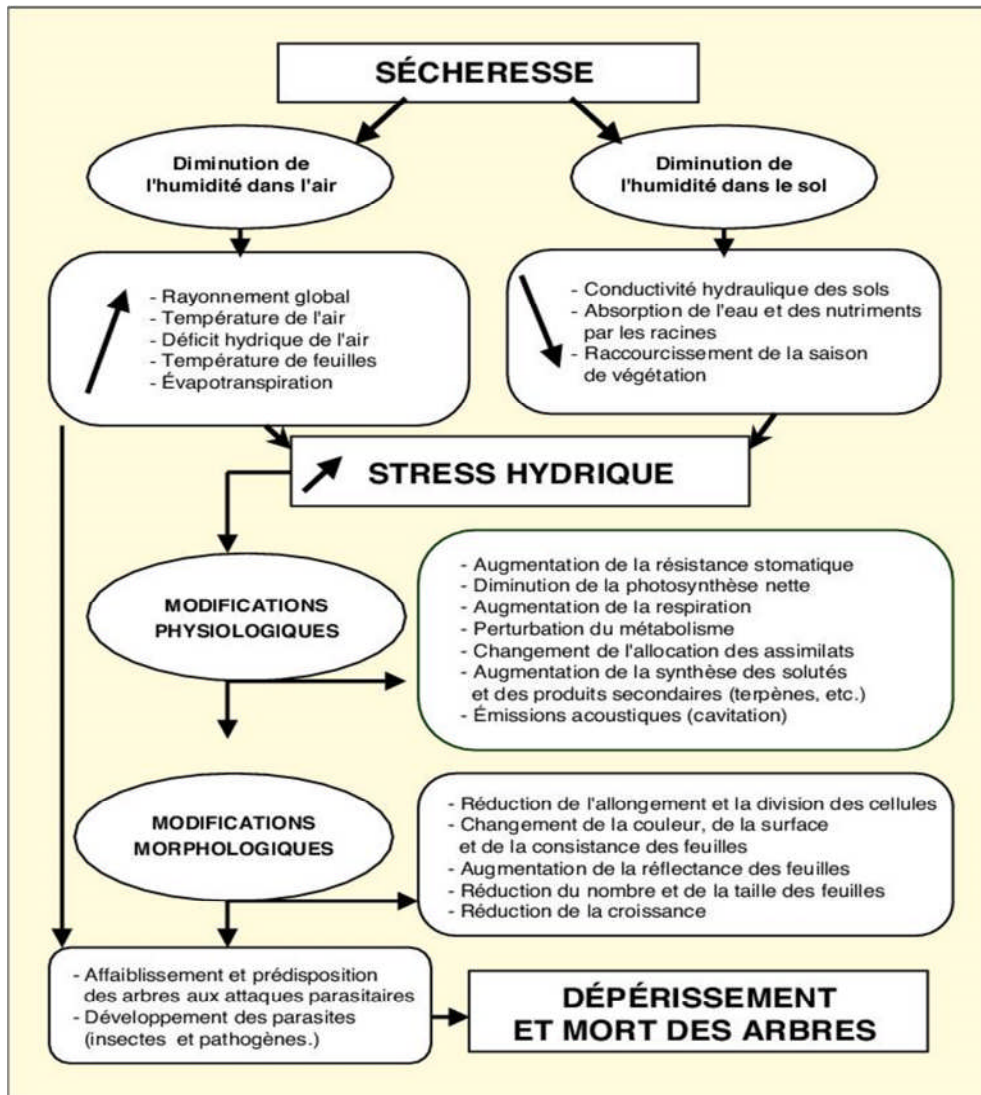


Figure 5: Relation entre la sécheresse, le stress hydrique et le dépérissement des arbres forestiers (Abdenbi, 2003).

I.1.8- Importance économique

Partout dans le monde, les subéraies ont toujours occupé une importance sur le plan socio-économique. Elles offrent des services très divers : écologique, sylvicole, cynégétique, apicole, pastoral et touristique. Les produits principaux sont le liège, le bois et les autres produits (tanin, feuilles et glands) à moindre proportion sont utilisés très localement et/ou d'une manière saisonnière (Ouldmohoub , 2005).

Le bois de chêne liège est lourd, peu homogène, s'altère facilement. Il est inutilisable pour les constructions, mais peut être employé à la menuiserie. C'est un bon bois de chauffage (Boudru,1989).

Mais le produit principal des subérais est le liège qui, grâce à ses propriétés physiques et mécaniques, joue un rôle économique important.

La production mondiale annuelle du liège est de l'ordre de 299 300 tonnes (Santos Pereira ,2008). Le Portugal détient 52% du marché du liège avec 157 000 tonne/an. Longtemps classée au deuxième rang mondial, l'Algérie ne produit actuellement qu'aux alentours de 10000 à 6000 tonne/an (Dehane et *al.*,2013). (Fig.6).

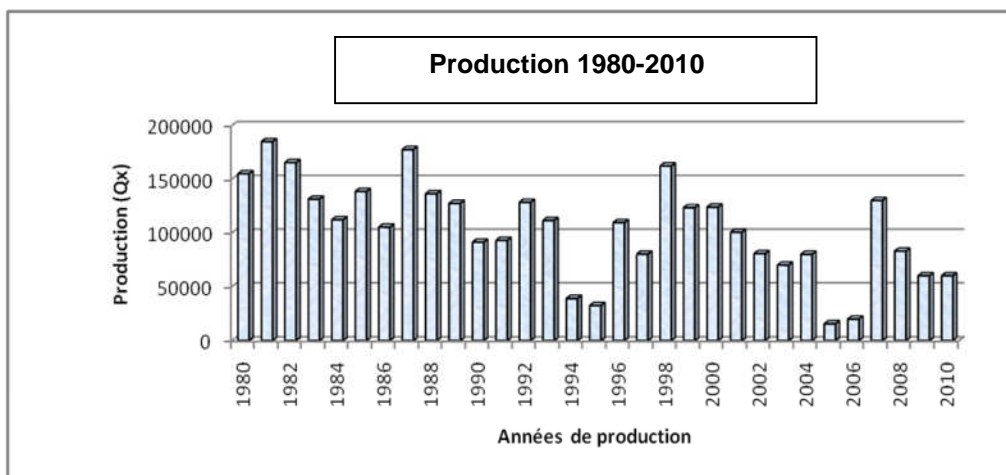


Figure 6 : Fluctuation annuelle de la production du liège en Algérie (Dehane, 2012)

I.2- LE LIEGE

C'est un tissu végétal formé de cellules mortes aux parois subérifiées qui protègent les parties vivantes du tronc et les branches du chêne liège. Il se développe à partir de l'assise subéro-phellodermique, assise génératrice plus couramment appelée mère. Elle fabrique une couche de cellules mortes qui forme une cuirasse autour du tronc et dans une moindre mesure autour des branches. Celle-ci protège beaucoup plus efficacement la couche où circule la sève contre les coups, les dommages extérieurs, les maladies, les parasites, le froid, la chaleur ainsi que les feux (Gonzalez-Adrados et al., 2000).

I.2.1- Formation du liège

La croissance de la tige de chêne-liège en diamètre résulte de deux assises génératrices de cellules (Saccardy, 1937) (Fig.7) :

- * Une assise génératrice interne ou assise cambiale appelée aussi cambium située entre le bois et le liber, cette assise donne à l'extérieur les tissus libériens chargés du transport de la sève élaborée, et à l'intérieur les tissus ligneux chargés de transporter la sève brute.
- * Une assise génératrice externe ou phellogène, fonctionne entre le liber et le liège, produit vers l'extérieur le liège et vers l'intérieur le phelloderme (Fig.7).

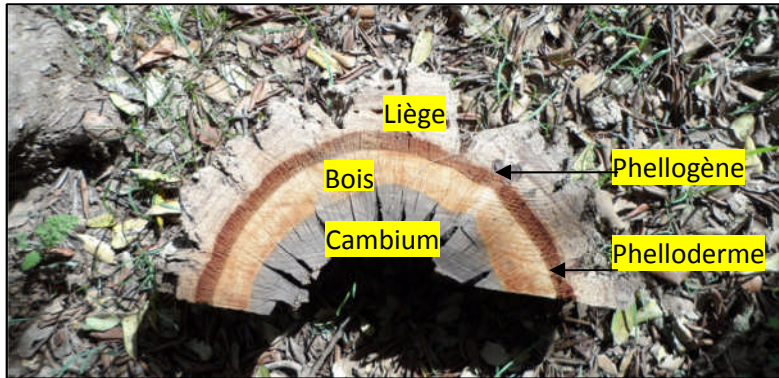


Figure 7 : Processus naturel de formation de liège (Original)

I.2.2- Accroissements annuels de liège de reproduction

Durant chaque année et après chaque récolte, une nouvelle couche de liège (cerne annuel) se forme en repoussant les plus anciennes vers l'extérieur. L'âge du liège est apprécié donc par le comptage de ces cernes (Dehane, 2006) (Fig.8)

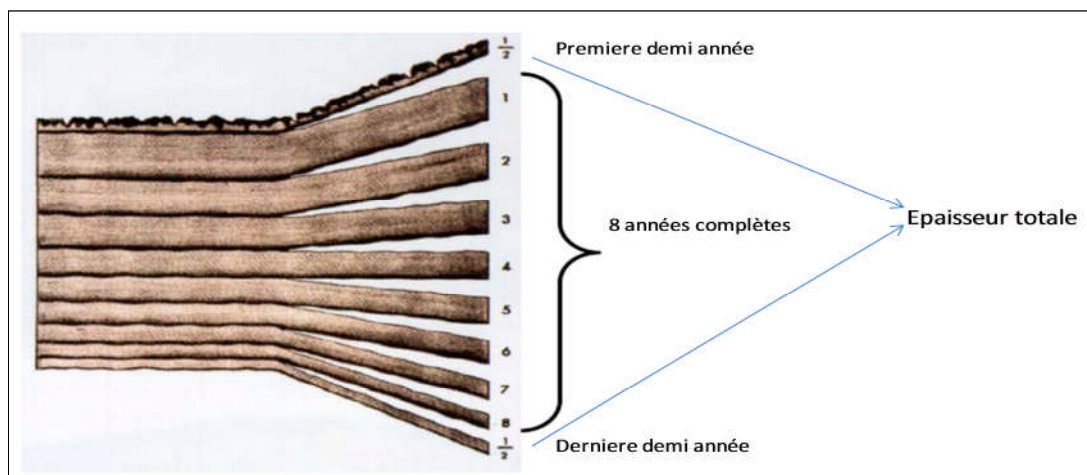


Figure 8 : Méthode schématique pour quantifier l'âge du liège (Almeida et Tomé, 2008).

L'accroissement du liège s'arrête en hiver, généralement de la fin octobre à la mi-avril ou à la fin avril. Le cycle végétatif que produit le liège s'étend donc sur six mois environ ; mais il arrive que de très fortes chaleurs entraînent un repos estival momentané. Donc, l'évolution de l'épaisseur des cernes varie pour un même arbre selon nombreux facteurs, l'orientation et les influences climatiques interviennent souvent pour accentuer l'effet de ce facteur (Yessad, 2001).

Généralement les accroissements annuels du liège algérien sont maximums en 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} voire même à la 5^{ème} année, pouvant atteindre 3 à 5 mm d'épaisseur. Au-delà, ils diminuent progressivement avec le vieillissement du liège et les conditions stationnels (Saccardy, 1937 ; Dehane, 2012).

1.2.3- Formes et disposition des accroissements annuels

Pour un arbre, la largeur de l'accroissement annuel résulte de l'interaction de plusieurs facteurs dont la nature de l'essence, son âge, son environnement lumineux (sylviculture), les potentialités stationnelles et les variations climatiques au cours de la saison de végétation correspondante (Durant et *al.*, 1983).

Selon leurs dispositions sur la couche de liège, les accroissements annuels sont divisés en deux types : les accroissements réguliers et les accroissements irréguliers.

1-Les accroissements réguliers

Dans ce genre de liège, les accroissements sont réguliers et leur épaisseur croît normalement pendant toute la durée de sa formation. Ceci atteste une bonne concordance entre les facteurs du milieu et l'arbre, qu'il s'agisse de liège épais à croissance rapide (> 3mm/an) ou liège mince à croissance lente (< 3mm/an) (GGA ,1927).

2-Les accroissements irréguliers

En période de crise écologique (passage d'un incendie d'intensité forte, un stress hydrique sévère ou une défoliation momentanée), les cernes annuels enregistrent des rétrécissements qui atteignent parfois les 1,5mm. Une fois les conditions écologiques s'améliorent, ils retrouvent leur état normal de croissance. (Dehane, 2006) (Fig.9).

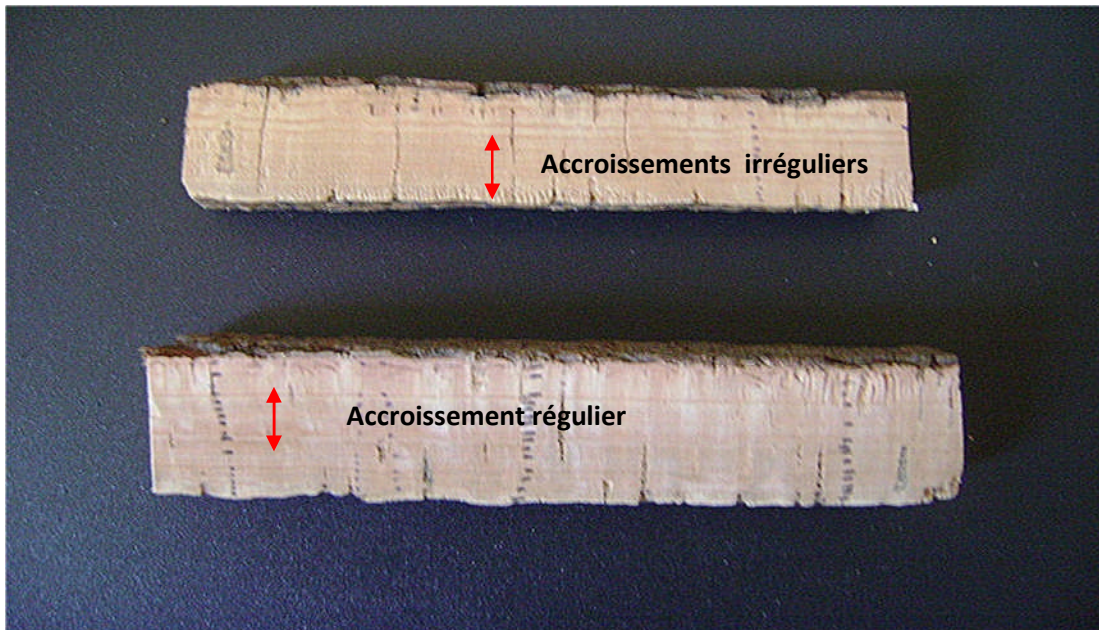


Figure 9 : Type d'accroissements sur une lame de liège (Cliché Dehane,2010)

I.2.4-Le calibre

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

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

De ce fait, les planches de liège de reproduction sont commercialement classées par calibre, le tableau ci dessous donne les différentes classes de calibre admises en Algérie.

Tableau 1: Classification traditionnelle en calibre (Saccardy, 1937)

Calibre		Appellations
(en lignes*)	(en mm)	
08/10	18-22	Flotte
10/12	22-27	Mince
12/14	27-32	Bâtard
14/18	32-40	Régulier
18/20	40-45	Demi épais
20/24	45-54	Epais
>24	>54	Sur-épais

* : 1 ligne = 2,25 mm

1.2.5-La qualité du liège

En plus du calibre, l'aspect est un paramètre qu'il faut prendre aussi en considération quand on veut déterminer la qualité d'une planche de liège. Il se base sur l'évaluation de la présence et l'intensité des anomalies ou défauts dans chaque planche de liège selon les normes internationales décrites par le vocabulaire liège (ISO, 2005) qui incluse tous ce qui influe sur la qualité du bouchon (F.F.S.L., 1992 ; Cork quality Council, 2004) selon le tableau 2 suivant:

Tableau 2: Principaux défauts rencontrés sur le liège (F.F.S.L., 1992 ; Cork quality Council, 2004)

Origine	Defaults	Causes	Propriétés
Génétique	Porosité excessive	Présence des pores à grosses sections	-Porosité>4%(liège très poreux) -Porosité>6% (liège soufflé)
Physiologique	Densité excessive	Couches annuelles minces et dures	-Densité entre 0,2 à 0,3 -Excès d'élasticité
	Excès d'élasticité	Couches annuelles très épaisses	-Accroissement annuels > 12mm -Retour d'élasticité très faible
	Liège ligneux	Présence de sclérenchymes dans le liber	-Liège lourd et très dure -Moins de flottabilité
	Liège terreux	Présence de canaux brunâtres sur l'épaisseur du liège	-Apparition de crevasses après bouillage -Absence de perméabilité.
	Liège Clouté	Inclusion d'éléments libériens sous forme de nodules dans la masse du liège	-Mort locale du phellogène -Développement d'une assise péridermique sous-jacente englobant une partie du tissu du liber.
Phyto-pathogène	Liège Doublé	-Arrêt du fonctionnement du phellogène -Attaques de la spongieuse	-Présence d'une fine lame de liber mal soudée aux tissus entre les anciennes et nouvelles couches du liège.
	Liège marbré	-Effet du sel de fer sur le tanin -Attaque du champignon (<i>Mellophia ophiospora</i>)	-Présence de lignes ondulées noirâtres à bleuâtres sur le liège. -Altération des membranes de cellules.
	Liège vert	Pénétration d'eau dans les cellules lors du séchage du liège	Rétraction des zones atteintes.
	Liège fourmi	Présence des trous de fourmis et autre insectes	Présence des crevasses qui diminuent la qualité du liège.
	Tache jaune	Présence de champignon au dépôt du stockage	Le tissu subéreux devient décoloré, avec une forte odeur de moisissure.

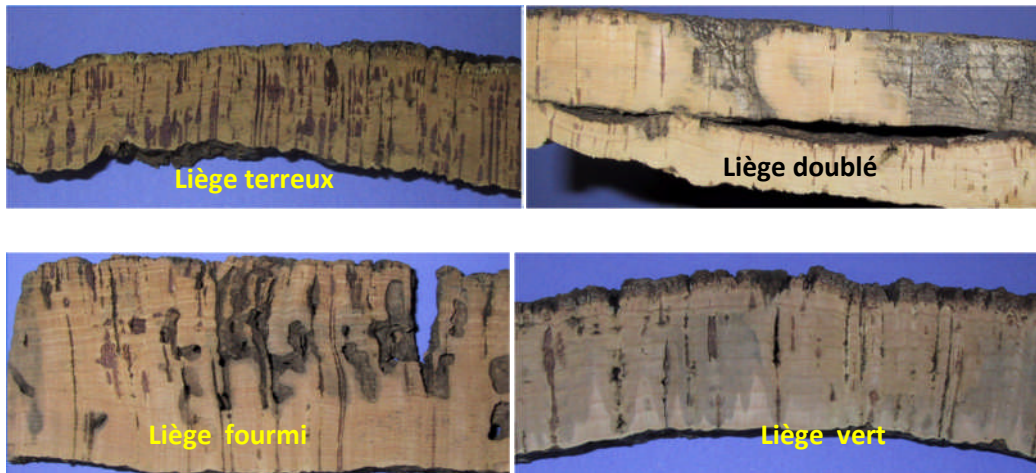


Figure 10: Défauts rencontrés sur le liège en générale (Garcia de Ceca, 2001)

De ce fait, l'aspect valide la qualité définitive du liège. Celle-ci est aussi déterminante pour la valorisation du produit, vu que le rendement, et surtout le profil de qualité des bouchons, dépend fortement de la qualité de la planche utilisée. Les planches de liège sont classées commercialement en classes de qualité par observation visuelle d'un expert, en 6 classes (1^{re} à 6^e) ou en classes mixtes de 1^{re} – 3^e (bonne qualité), 4^e – 5^e (qualité moyenne) et 6^e (faible qualité), le rebuts correspondant aux planches de liège qui n'ont pas la qualité nécessaire pour la production de bouchons (Ferreira et *al.*,2000).

I.2.6-Caractéristiques physiques

Selon Silva et *al.*(2005), les principales propriétés physiques du liège citées dans la bibliographie sont synthétisées comme suivant .:

Propriétés	Valeurs
Coefficient de frottement	0.2–1.2 (Liège/verre et liège /métal)
	0.97 (Liège / Liège)
	0.77 (Liège / Liège)
	0.76 (Liège / verre)
	0.35 (Liège / verre)
Densité, kg m ⁻³	120–180 (Liège de reproduction)
	160–240 (Liège mâle)

L'énergie de surface, composante dispersive, mJ m^{-2}	24–38 (40°C) 41 (25°C)
Conductivité électrique, s m^{-1}	0.2 (parois de cellules de liège) 1.2×10^{-10} (25°C) 1.67×10^{-13} (50°C)
Résistivité acoustique, $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$	1.2×10^{-5}
Chaleur spécifique, $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$	350
Diffusion thermique, $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$	1×10^{-6}
Coefficient de diffusion d'eau, $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$	4×10^{-10} 1×10^{-11}
Ne se désagrège pas à l'eau bouillante (Test de trois heures)	

I.2.7-Caractéristiques mécaniques

Le liège conserve ses propriétés mécaniques sous des formes très différentes: naturel, granulé, aggloméré en blocs, feuilles et rouleaux ou en combinaison avec d'autres matériaux.. Les propriétés mécaniques du liège lui permettent de résoudre tous types de problèmes et d'être approprié à une large gamme d'applications. Le liège ne présente aucune déformation permanente sous les charges de compression. Il ne se tasse pas sous l'effet des chocs. Les cellules du liège, semblables à des coussins, détiennent une véritable mémoire élastique. Grâce à cette élasticité, le liège résiste à la compression sans dilatation, ce qui permet le retour à sa forme d'origine. De plus, le liège offre une grande stabilité dimensionnelle et une dilatation minimale aux changements d'humidité et de température (Gibson, 1981 ; Vaz et al.1998 ; Pereira, 2007).

-Liège naturel

Module de compression, liège naturel, non bouilli, MPa	8–20 13–15
Module de compression, bouilli, MPa	6 8–9
Module de compression, traitement thermique à 100°C, 28 jours, MPa	11
Module de compression, traitement thermique à 150°C, 28 jours, MPa	15

Le module de traction, bouilli, MPa	24–26
Stress de fracture sous tension, MPa	1.0 -1.1
Déformation à la rupture en traction,%	5- 9
Ténacité, bouilli, MPa m ^{1/2}	60–130
Le coefficient de Poisson, bouillie de	0 - 0,097 0 - 0,064 0,25-0,5
Coefficient de perte à 0,01 Hz	0.1-0.3

2-Liège aggloméré expansé pur

Résistance à la traction normale au niveau de la plaque	0,94 kg/cm ³
Résistance à la flexion	1,8 kg/cm ²
Résistance à la compression	0,2 kg/cm ²
Limite élasticité	1 kg/cm ²
Tension de compression	1,78 kg/cm ²
Chaleur spécifique	1,67 kj/kg °C
Rigidité mécanique (pour 50 mm épaisseur)	126 N/cm ³
Module d'élasticité	5 N/mm ²
Conductibilité à la chaleur	0,017 à 0,003g/mh mm de section
Coefficient de dilatation thermique	(20°) 25 à 50 x 10 –6
Stabilité dimensionnelle	Stable .Ne se dilate ni ne se contracte
Résistance à la compression	10% de déformation KPA 90/100 (EN 826)
Résistance à la traction perpendiculaire des faces	TR 50 (EN 1607)

3-Pour les panneaux

Résistance à la flexion	1.6 à 2.6 kg/cm ²
Résistance à la compression	0.2 à 0.3 kg/cm ²
Résistance à la traction	0.6 à 0.94 kg/cm ²
Limite élastique	1 kg/cm ²
Module élastique	5 N/mm ²
Tension de compression	1,78 kg/cm ²
Tassement sous pression constante	0.5 mm à 1000 kg/m ² , 1.1 , 1.3 mm à 5000 kg/m ²

I.2.8-Caractéristiques fonctionnelles du liège

Le liège est probablement le plus vieux matériau isolant utilisé à des fins commerciales. A l'origine, il était principalement employé comme isolant dans l'industrie du froid. Aujourd'hui, il est devenu relativement coûteux par rapport aux autres matériaux isolants en raison de la rareté du chêne-liège (Chawyer et Pizzali, 2005).

Le liège est destiné à l'isolation thermique et acoustique des murs, sols, terrasses et tuyauteries, pour le doublage de murs intérieurs, pour les cloisons intérieures et l'isolation

extérieure des murs. Il est également adapté aux dalles flottantes, au béton allégé, aux chambres froides, à l'isolation des combles et à l'isolation phonique des sols (bruits d'impacts) ou pour une correction acoustique de salles. Il peut aussi être utilisé en alternative au carrelage, lino, moquette comme finition de sol intérieur, y compris pour des pièces humides et salles d'eau. Il possède également des propriétés antivibratoires (isolement antivibratile de structures). Le liège a de grandes capacités thermiques, hygrométriques, acoustiques : confort d'été, économies d'énergie en hiver, confort acoustique, maintien de ses performances par temps humide. Il se présente sous différentes formes : en panneau ou en vrac ; pur ou aggloméré (Lavarde, 2009). Les principales caractéristiques du liège sont les suivantes :

- **Imperméable aux liquides et aux gaz** : Le liège est utilisé comme matériau de bouchage depuis très longtemps. Les preuves nous en ont été laissées par les innombrables vestiges du passé : de nombreuses amphores encore bouchées avec du liège, datant du Vème siècle avant J-C., ont été découvertes dans le bassin Méditerranéen, en Grèce, en Italie et en Egypte.

Aujourd'hui il trouve encore toute sa place, aussi bien pour ses propriétés barrières aux liquides et aux gaz que pour son aspect matériau biologique. En effet dans une politique actuelle de développement durable, le liège est un matériau naturel qui peut fixer 8,8 g de CO₂ par bouchon (Corticeira Amorim, 2006). Il est 100 % recyclable avec une faible consommation d'énergie et l'industrie du liège contribue au renouvellement de l'écosystème de la forêt chêne-liège.

- **Souple, léger, auto extinguable et plus** : 1cm³ de liège est constitué de 20 millions de cellules remplies d'air, d'où ses excellentes propriétés thermiques et phoniques. Le liège en fin de vie est envoyé en usine d'incinération. Il ne rejette pas de composés organiques volatils (COV) en brûlant. Il est difficilement inflammable contrairement au polystyrène par exemple. Il libère ni produit, ni fumée toxique et dégage uniquement du CO₂ tout comme le bois. Les fractions de volume (ppm) des gaz qui se dégagent à une température de 600 °C sont composées essentiellement de 29000 ppm de gaz carboniques et 1000 ppm d'aromates (Kemisol, 2005).

Action corrosive : négative.

Odeur : non persistante, non toxique pour produits alimentaires.

Résistance aux solvants : pas d'attaque.

Volatilité : Il ne rejette pas de composés organiques volatils (COV) en brûlant. A + 100°C aucun dégagement gazeux ou inflammable.

Combustion : lente, sans dégagement toxique de chlorure ou de cyanure.

- **Conductivité thermique :** Les cellules extrêmement fines, souples et remplies d'air (96 %) font du liège un isolant efficace. Imputrescible, il assure une isolation hautement qualitative et durable : le liège ne se tasse pas contrairement à d'autres isolants qui peuvent perdre la moitié de leur efficacité en matière d'isolation thermique en quelques années seulement (Groupe formation continue Luminy, 2009). A épaisseur égale, il est l'un des matériaux les plus isolants grâce à son excellent coefficient de conductivité thermique (Fig.11):

- Liège brut : 0,032-0,045 W/m°K
- Liège expansé pur : $\lambda = 0,040$ W/m°K
- Liège expansé haute résistance $\lambda = 0,049$ W/m°K

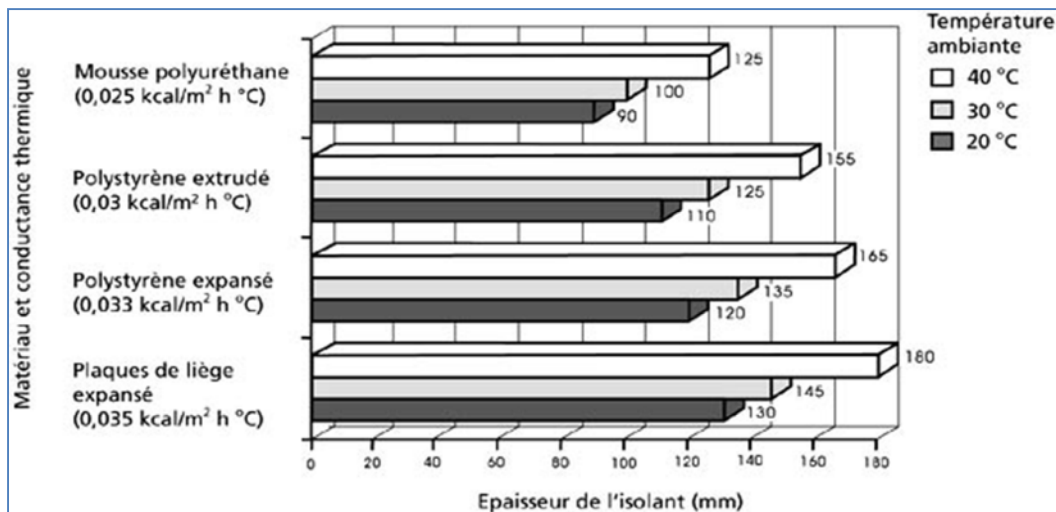


Figure11 : Comparaison de l'épaisseur type (arrondie à 5 mm près) des différents isolants employés dans les chambres froides et les entrepôts frigorifiques à terre à une température ambiante moyenne de 20, 30 et 40 °C (Chawyer et Pizzali, 2005).

- **Isolation phonique :** Le liège est insonorisant. Les plaques de liège constituent également une isolation acoustique. La vitesse du son ralentit considérablement dans le liège, ce qui affaiblit les bruits ambiants. La vitesse du son dans le liège est de 450 m/sec., alors que dans le béton armé, cette vitesse s'élève à 2500-2800 m/sec. Ceci fait que le liège améliore le son et est un produit agréable à l'oreille. L'absorption phonique suivant la méthode Sabine est comme suivant :

50 Hz | 30 %

400 Hz		40 %
1000 Hz		45%
3500 Hz		50 %

Le liège est jusqu'à 10 fois plus absorbant que les différents bois (Chêne, Erable, Hêtre, Charme...) ou exotiques (Bambou, Merbeau, Kempas, Ipe, Teck, Wengué...).

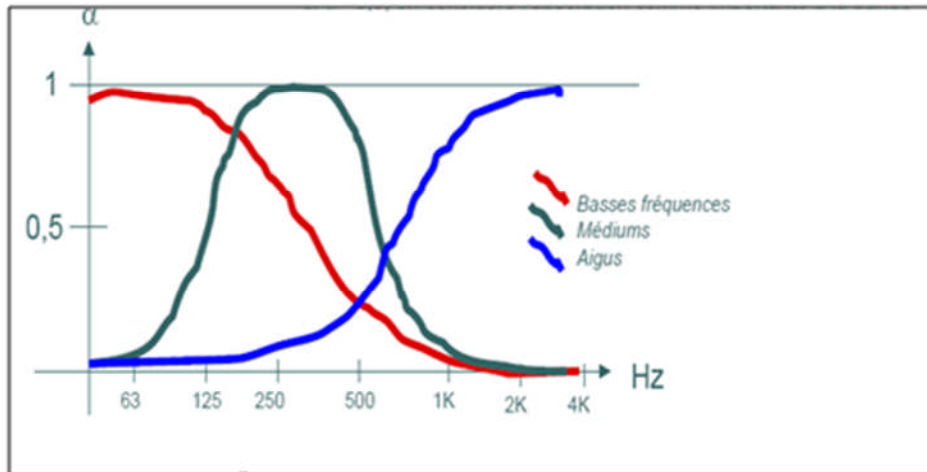


Figure 12: Courbes typiques de α Sabine pour les 3 catégories de fréquences (Remy,2008)

La valeur d'alpha Sabine est comprise entre 0 et 1

- * 0, signifie que le matériau absorbe aucune énergie acoustique à la fréquence donnée.
- * 1, signifie que le matériau absorbe toute l'énergie acoustique.
- * si $\alpha > 0.5$, on considère l'absorption comme importante à la band d'octave considérée.

Les autres points forts du liège sont les suivant (Fig.13 et 14):

- **Il n'est pas attaqué par les insectes, les rongeurs.** Il peut donc être déversé dans les combles en vrac par exemple.
- **Grande stabilité dimensionnelle** : son volume et son aspect restent inchangés au fil des ans, sa garantie de vie est donc illimitée. Il est un des rares isolants 100 % naturel à pouvoir être utilisé pour l'isolation sous chape et pour plancher chauffant.
- **Imputrescible et perméable à la vapeur d'eau**, il est un régulateur hygrothermique naturel. C'est le seul isolant 100 % naturel à pouvoir être utilisé pour les murs de soubassement.

- **Visuel et olfactif** : Le liège nécessite un revêtement lors de la mise en place sur les murs pour cause de réflexion trop faible. Peut se crépir, peindre ou tapisser. En outre il possède une régulation de l'humidité conduisant à éviter les odeurs de renfermé. Odeur lors de la pose non persistante et non toxique pour les produits alimentaires (Groupe formation continue Luminy, 2009).



Liège Agglomérés



Liège granulé pour divers usage



Papier en liège pour décoration



Liège aggloméré pour isolation

Figure 13: Propriétés physiques et mécaniques du liège très prisées par l'homme (APCOR,2013)

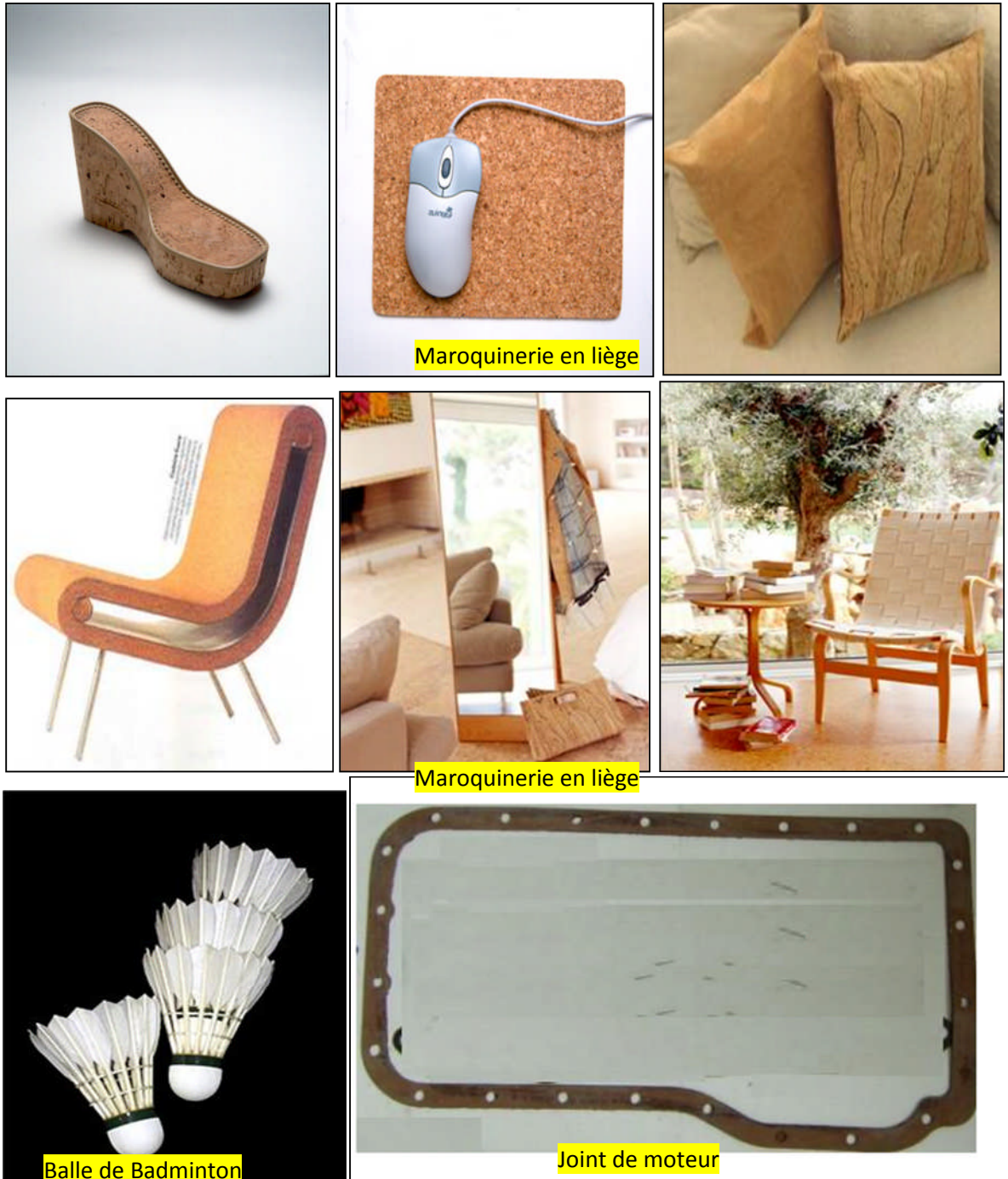


Figure14 : Différent usage industriel et artisanal du liège (APCOR, 2013)

II.1- Aire de répartition du chêne liège en Algérie

Le chêne-liège est une espèce forestière principale en Algérie, tant en raison des superficies occupées, que de son importance économique. Il est présent sur 450 000 ha, mais ne constitue de véritables subéraies que sur 150 000 ha. Ces dernières se situent entre les frontières Marocaines et Tunisienne et s'étendent du littoral méditerranéen au Nord aux chaînes telliennes au sud, sur une largeur ne dépassant pas les 100 km (Bouhraoua, 2003).

Selon Yessad (2000), les suberaies Algériennes couvrent trois faciès : l'occidental montagnard, l'oriental littoral et l'oriental montagnard. Les superficies actuelles sont en nette régression à cause des vieillissements des arbres et des incendies. La plus grande superficie concerne les suberaies d'El Taref (59 563 ha) et la plus petite celle de Tiaret (67ha) (Fig.15).

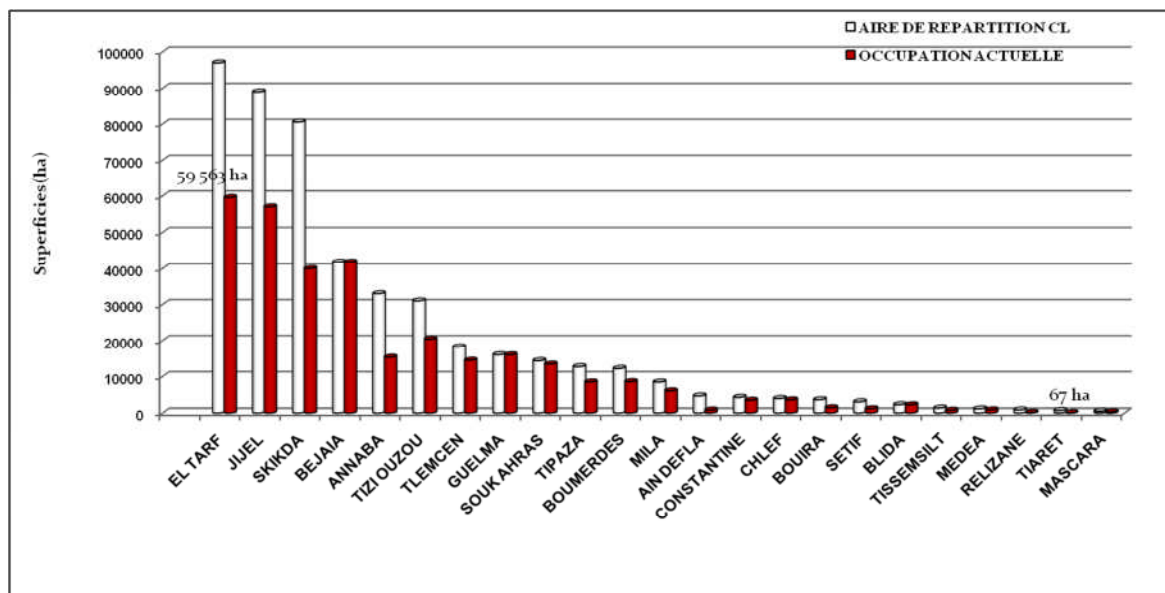


Figure 15 : Aire de répartition et aire écologique de la subéraie (Abbas, 2013)

Les principales suberaies sont situées essentiellement en zones humides et sub-humides du Nord-Est de l'Algérie jusqu'à la frontière tunisienne, où elles s'étendent de la mer jusqu'à 1200m voire 1500 m d'altitude. Cette région renferme à elle seule près des 4/5 de la subéraie Algérienne (Boudy, 1952 ; Natividade, 1956, Dehane, 2012).

Par ailleurs, le chêne-liège s'étend d'une manière assez continue le long de la zone littorale et reste disséminé sous formes d'îlot de moindre importance dans la partie Ouest. L'espèce est présente à travers 22 wilayas (Fig.16).

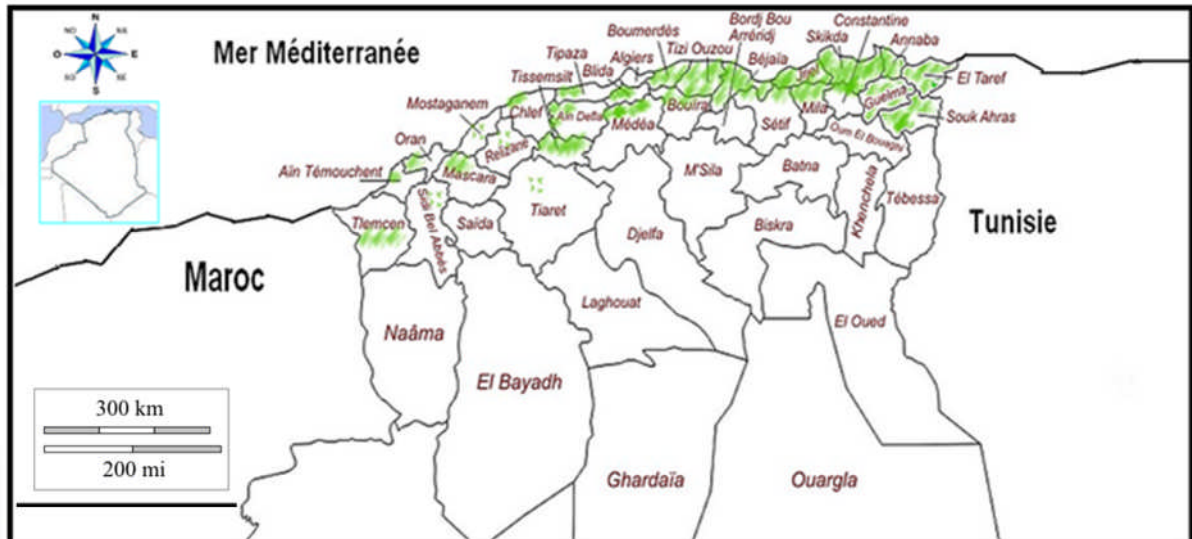


Figure 16: Répartition spatiale du chêne liège en Algérie (Dehane, 2013)

II.2-Géologie

Nos dix provenances caractérisent d'une manière générale le Nord sylvatique Algérien et précisent l'aire de répartition du chêne liège.

Globalement ; le Nord Algérien se présente sous forme d'un ensemble géographique complexe qui regroupe des bassins sédimentaires, des massifs autochtones allant du Paléozoïque au Cénozoïque et des terrains allochtones constitués essentiellement de sédiments Crétacés et Paléogènes (Kazi Tani, 1986).

Du point de vue stratigraphique, le Nord-Algérien fait partie du bassin Mésogéen. Quatre ensembles paléogéographiques sont distingués : la Meseta Oranaise, l'Atlas Saharien, le SE constantinois et le domaine Tellien. Selon le Ministère des Mines et des Energies (2013), On distingue (Fig.17) :

a) *Le Paléozoïque (Primaire) :*

- La partie inférieure du paléozoïque (Ordovicien-Silurien), affleure sous forme de gneiss, micaschistes et quartzites dans la partie septentrionale : Monts de Ghar-Rouban, Tiffrit, Chenoua, Kabylie.
- Le Dévonien : la sédimentation comporte des brèches, recouvertes d'un ensemble shisto-gréseux avec calcaires récifaux à Ghar-Rouban et Tlemcen, incluant des épisodes éruptifs.

- Le Carbonifère : il est connu dans le Djurdjura (faciès continentaux), dans les monts de Ghar Rouban (Viséen schisto-conglomératique) et dans la région de Tlemcen où sont inclus des épisodes éruptifs.

b) Le Mésozoïque (Secondaire) :

- **Le Trias** : il évolue d'une sédimentation gréseuse à de puissants dépôts évaporitiques se terminant par des calcaires dolomitiques avec intercalations de volcanites basiques (Grande Kabylie, région des Babors).
- **Le Jurassique** : il débute par une transgression marine ; les faciès calcaréo-dolomitiques à oolithes du Rhétien, reposant sur le Keuper, laissent place à des marnes au Lias supérieur.

c) Le Cénozoïque (Tertiaire) :

- Il débute à l'**Eocène** par des dépôts étendus et puissants : marnes, calcaires et argiles dans le Tell et marnes gypseuses, calcaires phosphatés et à silex dans le Hodna.
- A l'**Oligocène**, la sédimentation est dominée par les grès.
- Au **Miocène inférieur**, une épaisse série de marnes bleues (+1000 m) accompagne la transgression qui envahit l'Algérie depuis Tlemcen jusqu'à Biskra engendrant l'individualisation des bassins de Tafna, du bas et moyen Chelif, du Hodna et des Sébaou.
- Au **Miocène supérieur**, la régression au Burdigalien est suivie d'une transgression dans le Chelif (marnes noires ou bleues, sables, grès, calcaires, diatomites, gypse).
- Au **Pliocène**, des marnes bleues gréseuses (1000 m) se déposent dans le Chélif et la Mitidja. Partout ailleurs, la sédimentation est lagunaire ou continentale.

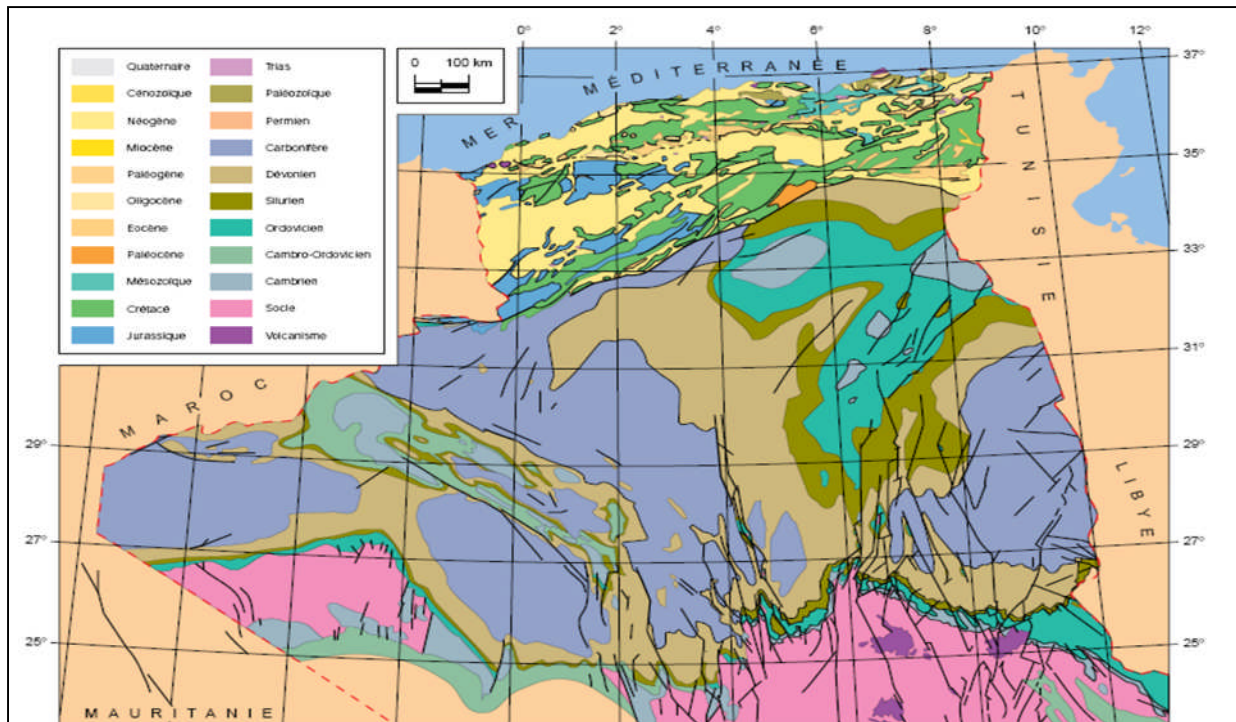


Figure 17: Carte de Géologie du Nord Algérien (CGMW/UNESCO, 1990)

II.3- La topographie et le sol

Le nord Algérien est présenté essentiellement par **Le Système Tellien**. C'est un ensemble constitué par une succession de massifs montagneux, côtiers et sublittoraux, et de plaines (Hadjiat, 1997).

1-Le Tell Occidental est ordonné en alignements alternés de massifs, de hauteur moyenne, dominés par une dorsale calcaire du Jurassique et du Crétacé et de dépressions représentées par les basses plaines oranaises et la plaine du Bas Chélif.

2-Le Tell Central est constitué par une chaîne de massifs prolongeant le Tell Occidental, où l'on retrouve les monts du Zaccar, de l'Atlas Blidéen et les massifs du Djurdjura dont l'altitude culmine à 2 300 m. Les roches d'âge du Crétacé sont constituées de schiste, de marnes et de calcaire marneux. La bordure littorale est dominée par une grande dépression formant la riche plaine alluviale de la Mitidja.

3-Le Tell Oriental représente la partie la plus montagneuse de l'Algérie. Il est disposé en chaînes parallèles et on distingue, du Nord au Sud :

- Les chaînes telliennes littorales, constituées de gneiss et de granite qui prolongent celles du Djurdjura. Ce sont les massifs de Collo, Skikda et de l'Edough bordant la basse plaine de Annaba et où se trouvent les deux plus grandes zones humides d'eau douce, le lac Tonga et le lac Oubeïra, inscrits comme réserve naturelle sur la liste de la Convention de Ramsar.
- Les chaînes telliennes externes, constituées par les monts des Babors et les massifs de Petite Kabylie et qui reposent sur des socles du Jurassique et de l'Eocène,
- Les chaînes telliennes internes dominées par les monts du Hodna, du Belezma, le massif des Aures (2 328 m d'altitude) et les monts des Nemenchas. Cet ensemble appartient au domaine atlasique.

Les pentes sont généralement moyennes à élevées.

Tableau 3: Les classes de pentes de l'Algérie du Nord (ANAT, 2004)

Pentes	Milieux	Superficie (ha)	%
12 %	Bas piémonts	615 000	08
12.5 – 25 %	Hauts piémonts	5 078 000	67
25 %	Montagnes	1 872 000	25
Total		7 565 000	100

II.4- Le climat

L'Algérie, qui est un pays soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude, présente un climat de type méditerranéen extra tropical tempéré. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines et supérieure à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien. Les données climatiques utilisées émanent de l'ONM pour les périodes 1976-2005

II.4.1- La pluviométrie

La répartition mensuelle moyenne de la pluviométrie, enregistrée pour les 10 provenances est représentée dans le tableau 4 et la figure18.

Tableau 4: Précipitations moyennes annuelles pour les dix provenances, P (mm)

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
Jijel	150	140	120	110	70	16	4	7	50	75	130	150	1022
Skikda	169	118	81	59	44	16	3	7	47	91	125	163	923
Guelma	82	68	55	44	40	25	3	12	26	49	70	91	565
Bejaia	119	92	84	71	43	23	4	9	50	95	112	137	839
Tizi Ouzou	152	103	92	61	49	21	2	6	41	78	123	168	742
Mila	126	97	73	62	54	23	5	9	36	60	83	114	896
M'Sila	55	47	38	33	27	9	1	2	15	36	62	68	393
Zarieffet	68	72	77	58	53	21	6	7	24	41	63	77	567
Hafir	76	81	85	68	53	21	6	7	25	42	68	83	615
Taref	124	82	68	53	39	16	3	5	37	72	98	105	694

D'après le tableau, nous constatons que la pluviométrie diminue selon deux extrêmes, du Nord-Ouest au Nord-Est. La géographie particulière du Nord Algérien en particulier les bourrelets montagneux et l'éloignement de la mer semblent influencer significativement (CV=28%). Les pluies abondent à l'Est du pays. La région de Jijel comptabilise plus des 1022 mm/an voire 1395 mm/an selon Seltzer(1946). La Grande Kabylie reçoit 839 mm/an tandis que Guelma, Hafir et Zarieffet moins de 600mm/an. La Forêt de M'Sila reçoit la plus faible quantité soit 393 mm/an.

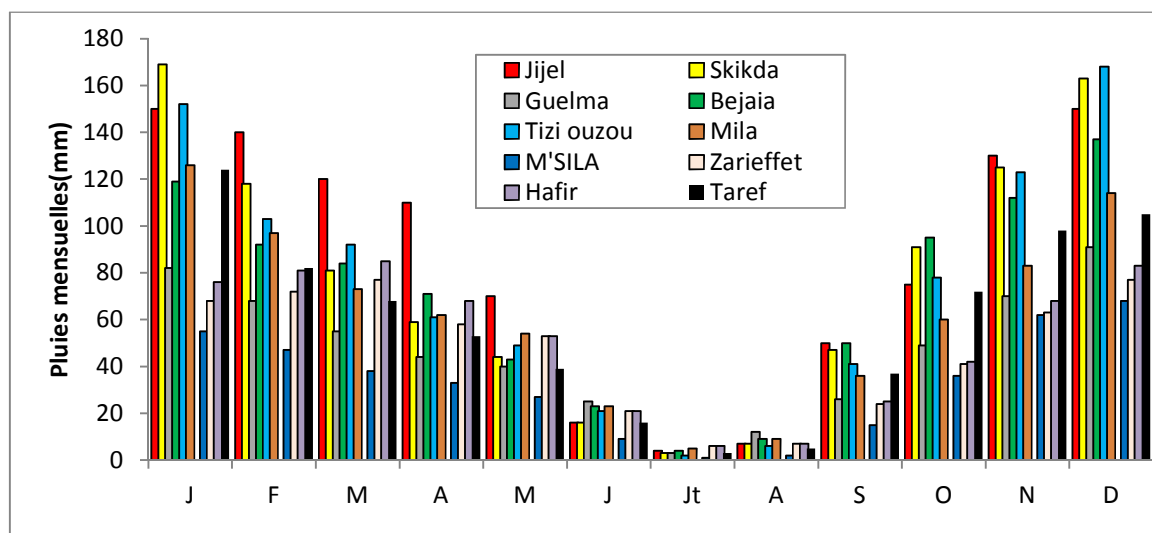


Figure 18: Variation mensuelle de la pluviométrie pour les dix provenances

La figure ci-dessus montre éloquentement que les précipitations moyennes mensuelles de 4 mm font du mois de Juillet le mois le plus sec pour l'ensemble des provenances. Les

précipitations record sont enregistrées en hiver (Décembre et Janvier). Elles sont de 169- 163 mm (Skikda), 150-150 mm(Jijel), 152 à 168 (Tizi Ouzou). A Hafir et Zariéffet, ces chutes oscillent entre 77 et 83 mm au mois de Mars.

II.4.2-Les Températures

Les paramètres thermiques jouent un rôle déterminant dans la vie végétale. En effet la température est considérée comme le facteur écologique fondamental, elle intervient dans le déroulement de tous les processus biologiques.

D'après la figure, nous remarquons que les contrastes des températures moyennes mensuelles sont visibles à chaque passage du littoral vers les zones d'altitude à cause de la croissance de la continentalité.

Les provenances de Zariéffet et Hafir sont plus soumises au froid et au gel que les autres provenances. Le mois de Janvier reste en général le mois le plus froid pour ces deux forêts (6,35 et 6,05°C). A M'Sila, Taref, Bejaia, Jijel et Skikda ces deux mois comptabilisent 12 °C. Le mois le plus chaud est noté par contre en Août avec une moyenne de 25,76°C pour le dix provenances.

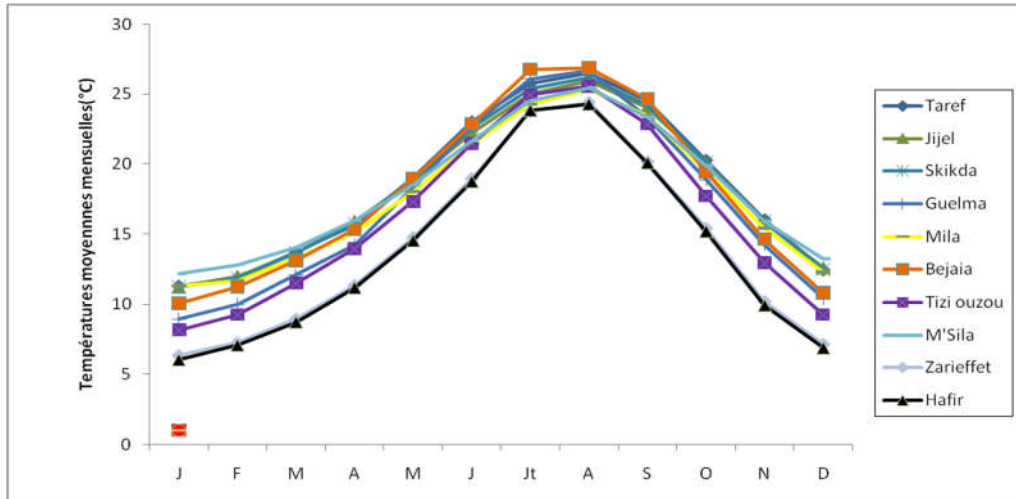


Figure 19: Variations des températures moyennes mensuelles pour les dix provenances

II.4.3-Amplitude thermique extrême moyenne ou indice de continentalité

L'amplitude thermique extrême moyenne M-m est très importante en climatologie. La classification thermique des climats proposée par Debrach (1953) est basée sur cette amplitude (Benabadji et Bouazza, 2000) :

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

Tableau 5 : Indice de continentalité pour les dix provenances

Provenance	M (°C)	m (°C)	M-m (°C)	Type de climat
El Taref	32,9	7,1	25,8	Semi-continentale
Jijel	30,2	8,2	22,0	Littoral
Skikda	30,1	7,9	22,2	Littoral
Guelma	34,5	3,6	30,9	Semi-continentale
Mila	31,5	4,4	27,1	Semi-continentale
Bejaia	29,3	8,6	20,7	Littoral
Tizi ousou	29,7	4,2	25,5	Semi-continentale
M'Sila	29,5	6,5	23,0	Littoral
Zarieffet	31,2	1,5	29,7	Semi-continentale
Hafir	31,3	1,1	30,2	Semi-continentale

En se référant à la classification de Debrach (1953), il apparaît clair que les dix provenances jouissent de deux types de climat. Le premier est de type semi-continentale ($25^{\circ}\text{C} < M-m < 35^{\circ}\text{C}$) caractérisant la brutalité des contrastes thermiques (Taref, Guelma, Mila, Tizi Ouzou, Zarieffet, et Hafir). Par contre, le climat typiquement littoral ($15^{\circ}\text{C} < M-m < 25^{\circ}\text{C}$) bénéficiant de la brise maritime durant l'année qui adoucit les températures de l'hiver (m) et de l'été (M) caractérise les provenances de Jijel, Skikda, Béjaia, et M'Sila (Oran).

II.4.4-Indice de sécheresse estivale

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

$$I.e = P.E / M$$

Tableau 6: Indice de sécheresse estivale des dix provenances

	P.E : pluviosité estivale « mm »	M (°C)	I.e.
El Taref	24	32,9	0,73
Jijel	27	30,2	0,89
Skikda	25	29	0,86

Guelma	40	34,5	1,16
Mila	37	31,5	1,17
Bejaia	36	29,3	1,23
Tizi ousou	29	32,7	0,98
M'Sila	12	25,5	0,41
Zarieffet	34	31,2	1,09
Hafir	34	31,3	1,09

Il ressort du tableau que l'indice de sécheresse est très inférieur à 5 pour les 10 provenances. Ceci indique l'appartenance de ces forêts au climat méditerranéen selon la grille de Daget (1977) mais à sécheresse bien avancée.

II.4.5-Etage de végétation ou zonation altitudinale

La classification des étages de végétation a été établie selon les travaux de plusieurs auteurs (Tab.7).

Tableau 7: Etage de végétation du chêne liège selon les auteurs

Température moyenne annuelle (°C)	Température moyenne des minimums du mois le plus froid (°C)	Daget (1977) Hiver	Ozenda (1975)	Quézel (1979)	Rivas-Martínez (1981)
13 16	1 3	Frais	Méso-méditerranéen	Méso-méditerranéen	Méso-méditerranéen
>16	4 6	Tempéré	Thermo-méditerranéen	Thermo-méditerranéen	Thermo-méditerranéen
	7 9	Chaud			

Le tableau suivant étale les différents étages de végétation pour les dix provenances.

Tableau 8: Etage de végétation du chêne liège pour les dix provenances

	T (°C)	m (°C)	Hauteur(m)	Etage de végétation
El Taref	18,3	7,1	400	Thermo-méditerranéen
Jijel	18,1	8,2	410	Thermo-méditerranéen
Skikda	17,2	7	400	Thermo-méditerranéen
Guelma	17,2	3,6	290	Thermo-méditerranéen
Mila	16,2	4,4	460	Thermo-méditerranéen
Bejaia	17,6	8,6	600	Thermo-méditerranéen
Tizi ousou	17,9	6,2	800	Thermo-méditerranéen
M'Sila	18,1	8,5	350	Thermo-méditerranéen
Zarieffet	14,1	1,5	1066	Méso-méditerranéen
Hafir	13,9	1,1	1100	Méso-méditerranéen

Le chêne liège dans les dix provenances correspond à l'étage méso-méditerranéen ($1 < m < 3^{\circ}\text{C}$; $13 < T < 16^{\circ}\text{C}$) et au thermo-méditerranéen ($m > 3^{\circ}\text{C}$, $T > 16^{\circ}\text{C}$).

II.4.6-Indice de De Martonne

De Martonne (1926) a défini un indice d'aridité utile pour évaluer l'intensité de la sécheresse, exprimée par la relation suivante :

$$I = \frac{P}{(T + 10)}$$

P : Pluviométrie moyenne annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

Cet indice permet d'étudier spécialement les rapports du climat avec la végétation forestière et de positionner la station d'étude dans un climat précis (Tab.9).

Tableau 9: Indice de De Martonne pour les dix provenances

	P(mm)	I	Type de climat
El Taref	694	24,50	Zone tempérée à drainage extérieur
Jijel	1022	36,34	Zone humide à écoulement exotique
Skikda	923	32,61	Zone humide à écoulement exotique
Guelma	565	20,76	Zone tempérée à drainage extérieur
Mila	742	28,28	Zone tempérée à drainage extérieur
Bejaia	839	30,37	Zone humide à écoulement exotique
Tizi Ouzou	896	32,35	Zone humide à écoulement exotique
M'Sila	393	13,97	Semi-aride sec à écoulement temporaire
Zarieffet	567	23,57	Zone tempérée à drainage extérieur
Hafir	615	25,74	Zone tempérée à drainage extérieur

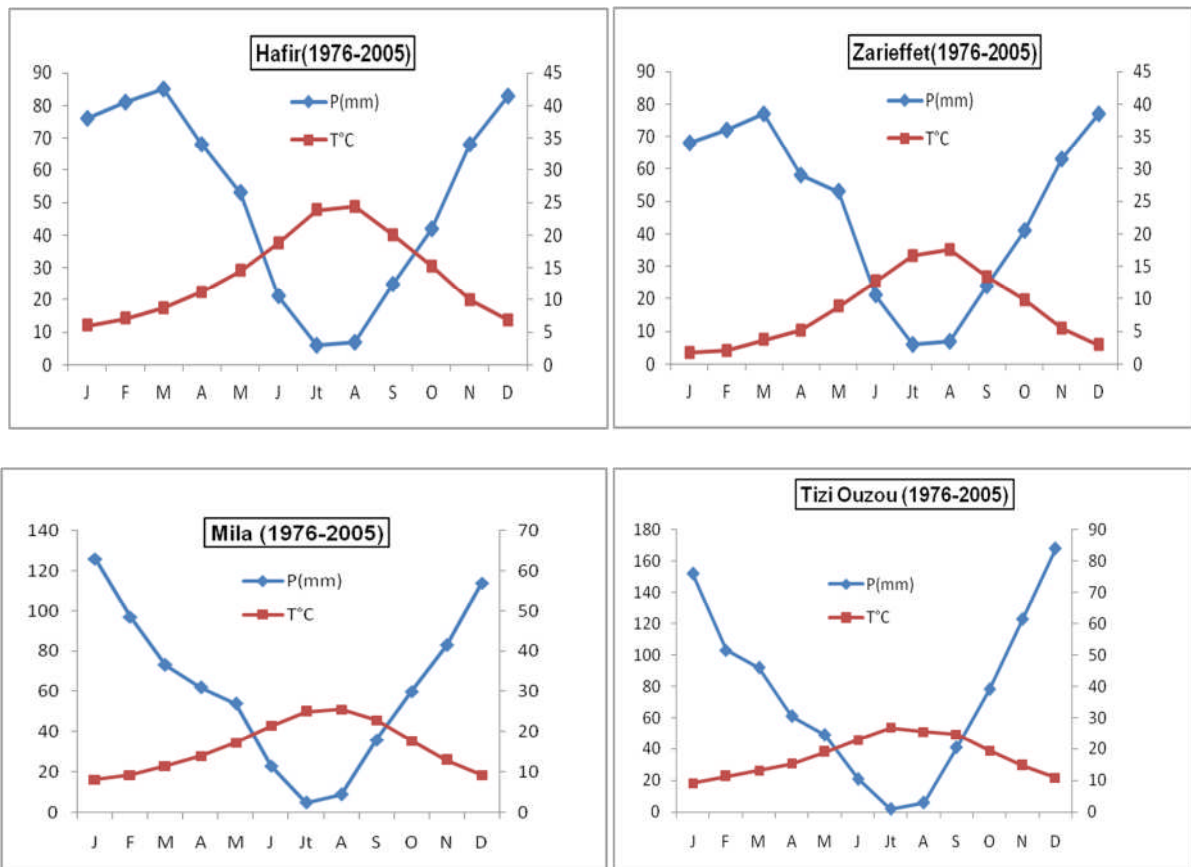
Selon le tableau 9, l'indice de De Martonne classe nos provenances entre zones humides à écoulement exotique (El Taref, Tizi Ouzou, Bejaia, Skikda et Jijel) et zones tempérées à drainage extérieur (Hafir, Zarieffet, Guelma et Mila) d'où l'existence de conditions plus favorables pour la végétation ligneuse comme le chêne liège.

En parallèle, à M'Sila, cet indice 14,97mm/°C positionne cette zone sous un climat semi-aride sec à écoulement temporaire. Ce régime induit la présence de formation arbustives réduites ou reliques car le stress hydrique est important avec prédominance des formations herbacée annuelles et/ou vivaces

II.4.7-Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен

Gausсен et Bagnouls (1953) ont défini comme mois sec, celui où la somme des précipitations moyennes exprimées en (mm) est inférieure au double de la température moyenne de ce mois ($P \leq 2T$).

Ils proposent un model de représentation graphique où ils juxtaposent les températures et les précipitations. La sécheresse se manifeste alors lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous de cette dernière (Fig.20).



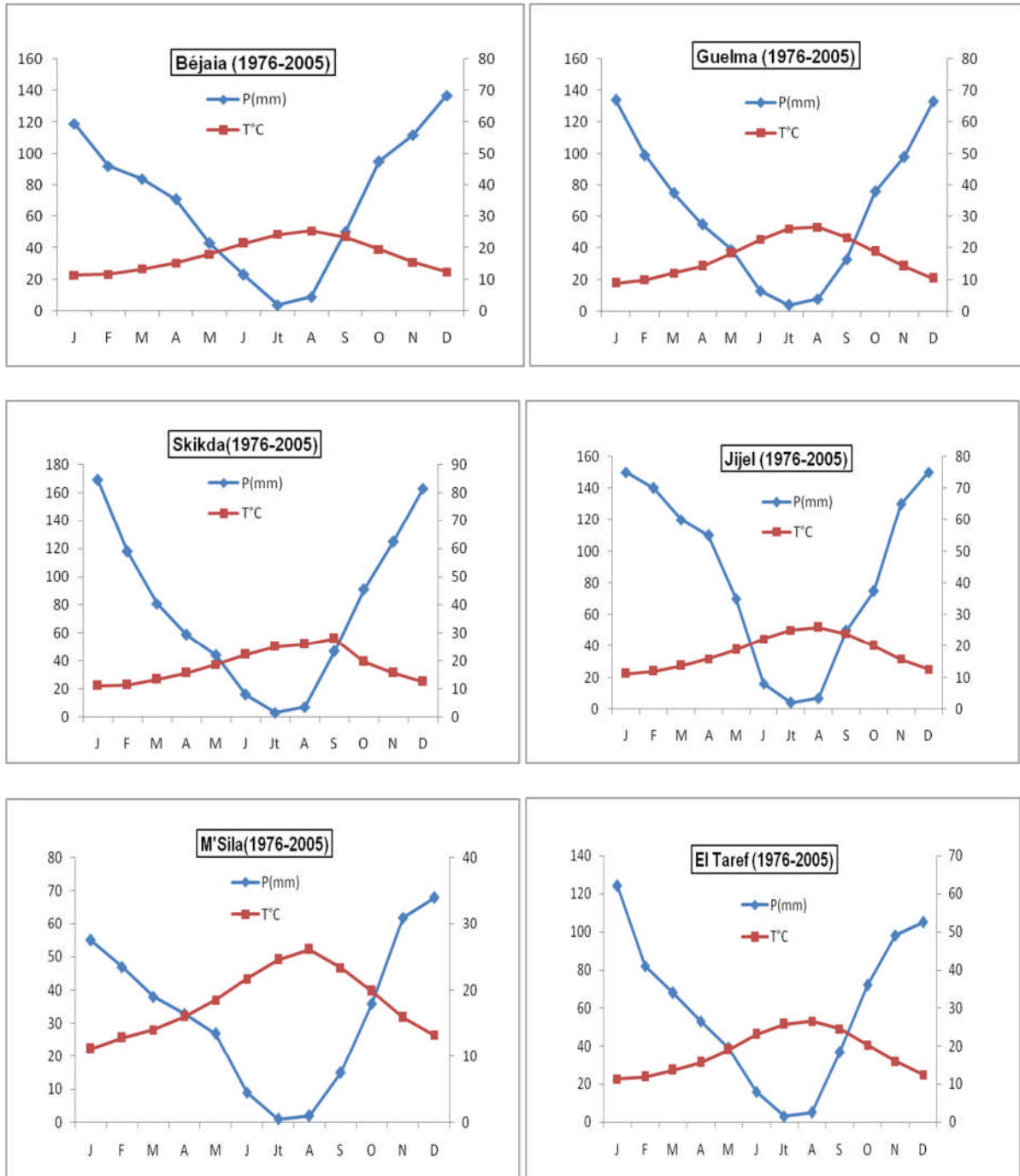


Figure 20 : Diagrammes Ombrothermiques des dix provenances

Selon les diagrammes suivants, la saison estivale semble accusée au fur et à mesure qu'on se dirige vers le Nord-Ouest (4 à 6 mois). Elle semble moins accentuée dans le Nord-Est (3 à 4 mois).

II.4.8-Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

Le climagramme d'Emberger est le moyen le plus utilisé pour caractériser le climat méditerranéen. Il est réalisé par le calcul du quotient pluviométrique (Q_2) et son positionnement par rapport à la valeur de "m". En effet, le « Q_2 » est déterminé par la formule suivante établie par Emberger (1955) :

$$Q_2 = 2000 P / M^2 - m^2$$

P : moyenne des précipitations annuelles (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud ($^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.2$)

m : moyenne des minima du mois le plus froid ($^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.2$).

Le calcul de ce quotient (Tab.10) nous a permis de positionner nos dix provenances dans leurs étages correspondants (Fig.21).

Tableau10: Valeurs du « Q2 » et étages bioclimatiques des dix provenances

Provenance	P(mm)	M (°C)	m (°C)	Q2	Type de climat	Variante thermique
El Taref	694	32,9	7,1	91,74	Sub- humide	Chaud
Jijel	1022	30,2	8,2	158,87	Humide supérieur	Chaud
Skikda	923	29	7,9	149,99	Humide	Chaud
Guelma	565	34,5	3,6	62,57	Sub- humide inferieur	Tempéré
Mila	742	31,5	4,4	94,04	Sub- humide inferieur	Tempéré
Bejaia	839	29,3	8,6	138,73	Humide inferieur	Chaud
Tizi Ouzou	896	29,7	4,2	121,10	Humide inferieur	Tempéré
M'Sila	393	29,5	6,5	58,68	Semi-aride supérieur	Doux
Zarieffet	567	31,2	1,1	65,10	Sub- humide inferieur	Frais
Hafir	615	31,5	1,5	70,76	Sub- humide inferieur	Frais

Il ressort de ce climagramme que notre zone d'étude se distingue de trois types de bioclimat (Fig.21) :

- un bioclimat ou ambiance bioclimatique **semi-aride** en littoral caractérisé par une hauteur pluviométrique variant entre 350 et 400 mm et une température moyenne moins élevée (M'Sila). L'hiver est doux favorisé par des températures minimales clémentes qui permettent de sauvegarder la vitalité des peuplements de chêne liège.

- un bioclimat **sub-humide** recevant plus d'eau que le précédent (>600mm). Dans ces massifs, le climat converge actuellement vers un sous étage inférieur voire **semi-aride**

supérieur (Zarieffet et Guelma) avec des quantités annuelles de pluies oscillant entre 500 et 600mm. La température minimale oscille entre 3°C et 4°C caractérisant un hiver frais à tempéré.

- un bioclimat **humide** où la pluviométrie est très abondante (>800mm) c'est l'étage humide que l'on retrouve dans les régions Nord-Est, dominé en altitude par les forêts à *Cedrus atlantica* et différentes chênaies bienvenues, *Quercus faginea*, *Quercus suber* et *Quercus afares* (Tizi Ouzou, Bejaia, Skikda et Jijel).

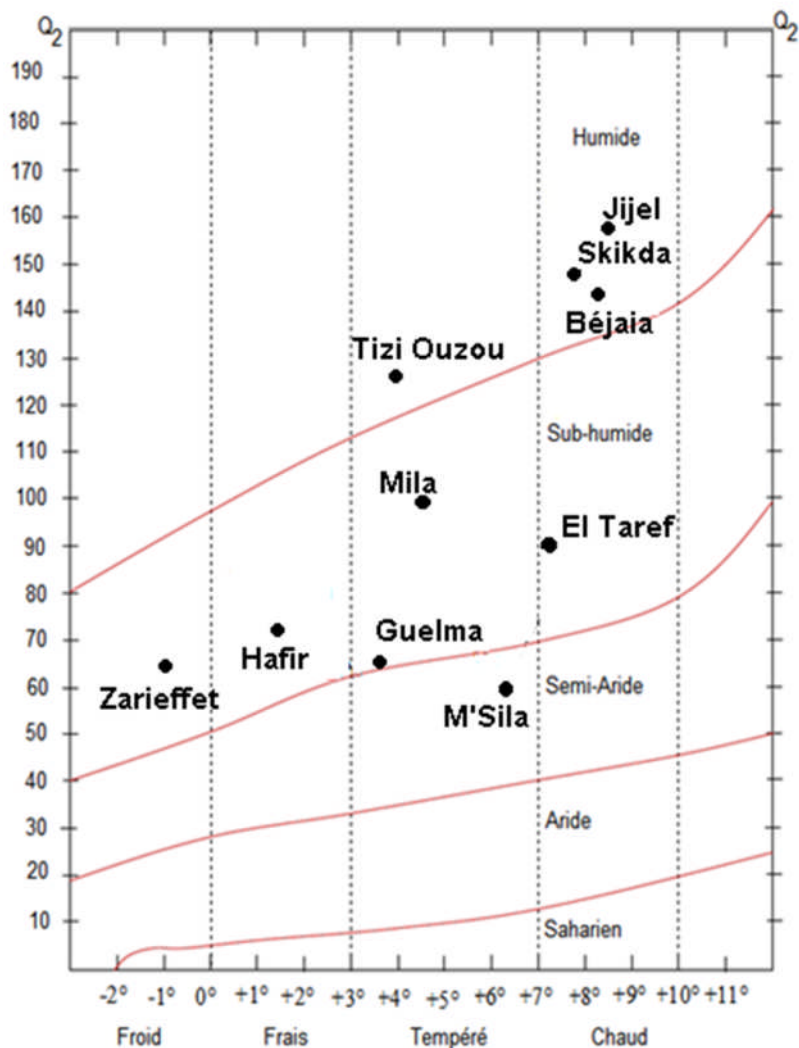


Figure 21: Quotient pluviothermique et climatogramme d'Emberger pour les dix provenances

II.5- Description forestière

En Algérie le chêne-liège forme généralement des peuplements purs. Il peut être mélangé avec d'autres essences selon l'altitude, l'exposition, le climat et la nature du sol. La

présence de certaines essences à caractère envahissant constitue cependant une sérieuse menace pour le chêne-liège(Dehane, 2012).

- En altitude et sur les expositions fraîches des étages bioclimatiques humide et sub-humide, ce sont les chênes à feuilles caduques comme le chêne afares (*Quercus afares*) qui dominant et plus rarement le cèdre sur les sols calcaires. Dans les régions orientale et occidentale, le chêne zeen (*Q.faginea* Lamk., *Q.canariensis* Willd., *Q.mirbeckii* Dur.(chêne zéen) et tlemcenensis D.C.(chêne des monts de Tlemcen)) parvient parfois à éliminer le chêne-liège en l'envahissant sur de grandes étendues(Messaoudenne, 1996).
- Par contre, sur les expositions chaudes de l'étage semi-aride comme sur les terrains secs à tendance calcaire, le chêne vert et le thuya prennent la place par interpénétration. D'autres essences peuvent se trouver en mélange avec le chêne-liège en proportions variables ; comme c'est le cas du pin maritime (sur le littoral et en basse montagne), du chêne tauzin et du pin d'Alep (Quezel, 2000).

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 abondants 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 facies différents suivant l'altitude et le pays, mais on peut retrouver dans presque tous les cas le cortège floristique suivant (Zeraia, 1981 ; Messaoudene et al. 2000 ; Guerfi ,2000) :

- La Bruyère arborescente (*Erica arborea*)
- L'arbousier (*Arbutus unedo*)
- cytise à 3 fleurs (*Cytisus triflorus*).
- Calycotome épineux (*Calycotum spinosa*).
- l'aubépine (*Crataegus monogyna*).
- Cistes (*Cistus salviifolius*, *C. monspeliensis* et *C. ladaniferus*,),
- Lavandes (*Lavandula atlantica* et *L. stoechas*).
- Bruyère à balai (*Erica scoparia*).
- Violette des bois (*Viola sylvestris*).
- Le Daphné garou (*Daphne gnidium*).
- (Pâquerette des bois) *Bellis sivestris*.
- Gouet à capuchon (*Arisarum vulgare*).
- Grande Mélisse (*Melica major*).
- Le Myrte commun (*Myrtus communis*).
- La Ronce à feuilles d'Orme (*Rubus ulmifolius*).
- *Centaurea sp.*

II.5.1- Production subéricoles

Durant ces dernières années (1999-2012), la filière liège Algérienne a connu ces moments les plus difficiles. En effet, la crise sécuritaire qu’a traversée le pays (1993-2003) a donné un coup très dur notamment au domaine forestier. Ceci a occasionné une réduction alarmante de la superficie des peuplements de chêne-liège causée par une série d’incendies catastrophiques ayant parcouru de grandes surfaces, soit un chiffre de 63328 ha en 1994 pour une moyenne annuelle de 10368 ha de 1993 à 2003. A ceci s’ajoute la désorganisation de la récolte du liège, due principalement à l’inaccessibilité aux peuplements arrivant à l’âge d’exploitation à cause de l’insécurité, mais aussi aux coupes illicites de grande envergure, profitant de l’absence des forestiers. Malgré l’amélioration des conditions de sécurité depuis 2004, ces pratiques ont malheureusement perduré, au profit d’individus et de sociétés multinationales à la recherche de liège algérien (Taferka, 2008 ; Dehane et *al.*, 2013).

La production de liège a atteint des niveaux aussi bas qu’au temps des premières concessions coloniales. A titre indicatif, en 1994, la production nationale n’a pas dépassé le seuil de 40 000 q, puis elle a atteint subitement les 160 000 q en 1998. Le taux de croissance moyen annuel de la production frôlait 1,8%, tandis que la production a baissé de 24,3% par rapport à celle de 1965 (Dehane et *al.*,2013). La figure 22 résume les fluctuations de la production annuelle du liège dans les régions représentatives des dix provenances pour l’année 2009 (DGF, 2010).

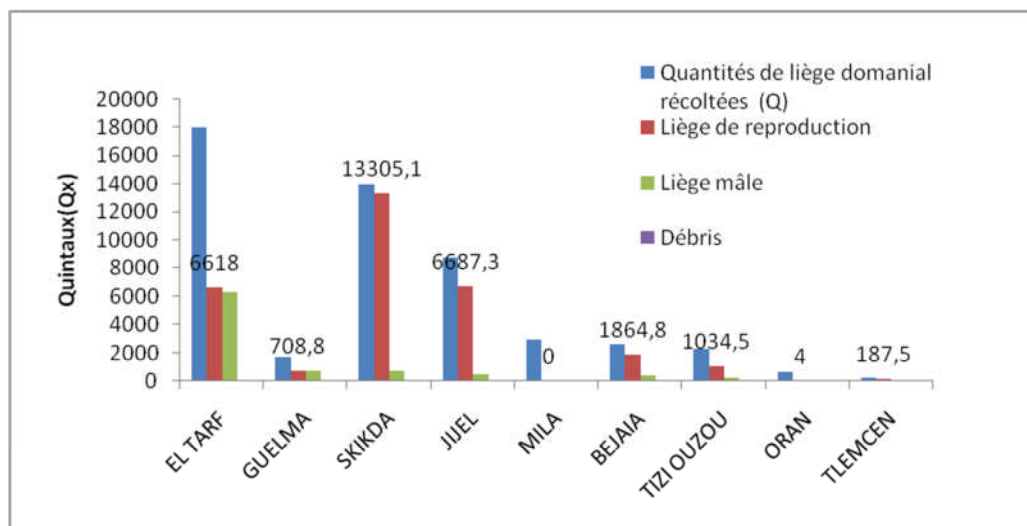


Figure 22: Production du liège tout venant pour les 10 provenances (DGF, 2010)

II.5.2- Les incendie

Selon Abbas(2013), le sous bois du chêne liège favorisé par la pluviométrie dans la région Nord-est l'un des plus inflammables. La subéraie présente l'indice de risque d'incendie le plus élevé. Les dégâts des incendies sur la suberaie Algériennes sont dévastateurs :

- 1994: 63 328 ha, soit 17 % de la superficie totale en chêne liège.
- 2007 : 10802 ha.
- 2011: 4 187 ha, soit 46 % du total enregistré en forêts;
- 2012: 17 512 ha, soit 18 % du total enregistré en forêt

III.1-Problématique

La technologie du liège est une branche très importante de la filière liège. Ce domaine s'intéresse de près aux différentes techniques visant à analyser macroscopiquement et microscopiquement le liège dans le but de cerner les diverses propriétés physiques et mécaniques qui règlent sa croissance et qui en même temps agissant sur sa qualité. Cette science fait appel à d'autres disciplines telles que l'anatomie, la physiologie végétale, les tests non destructives et l'analyse d'image. Des pays voisins et subéricoles très soucieux de l'aspect économique et écologique du chêne liège ont développé ce secteur et convergent actuellement leurs suberaies vers des entités certifiées qui délivrent aux marchés un produit non ligneux qui répond aux normes internationales de qualité. En Espagne et au Portugal, des suberotheques ont été créées renfermant des milliers de calas émanant de différentes provenances dans le but de cerner les potentialités productives et de qualité de chaque région. Chaque forêt et chaque canton de chêne liège sont inventoriés sur une carte de qualité à l'échelle 1/20000 et matérialisés en trois subdivisions : liège de bonne qualité, liège de qualité moyenne et de mauvaise qualité. Cette organisation offre des informations précieuses aux gestionnaires, aux industriels et aux chercheurs. Cette méthodologie est absente en Algérie à cause de différents problèmes d'ordre gestionnaire et scientifique. Ce travail, donne un petit aperçu de ce que signifie la caractérisation spécifique du liège selon sa provenance.

III.2-Le principe de provenances pour le chêne liège

Selon le Dictionnaire Français Larousse, la provenance signifie l'endroit d'où quelque chose vient ou provient.

Selon Illy (1966), la provenance indique le lieu où poussent une population d'arbres (indigène ou non), ou celui d'où proviennent des graines forestières. Teissier Ducros (1979), définit la notion de provenance comme un matériel de reproduction récolté sur un certain nombre d'individus d'un peuplement, il doit être représentatif du peuplement.

En foresterie ce terme se rapporte toujours au mot origine qui englobe deux variantes :

- 1- L'origine géographique.
 - 2- L'origine génétique.
- **L'origine géographique** : Quand l'aire de répartition d'une espèce est importante, celle-ci subit inévitablement des pressions de sélection différentes en fonction des caractéristiques climatiques et édaphiques qui règnent dans chaque type

d'environnement (Baradat, 1986). La variabilité géographique induit des subdivisions de l'espèce en sous espèce ou en variétés souvent morphologiquement distinctes mais présentant une localisation écologique et géographique différentes, appelées écotypes ou provenances (Osendat, 1982). D'après Baradat (1986), il existe deux grands types de variabilité géographique :

- ❖ **variabilité continue (ou clonale)** : suivant un gradient de latitude ou d'altitude ou autre type.
 - ❖ **variabilité mosaïque** : avec des caractéristiques très tranchées aboutissant à la création de véritables races géographiques ou écotypes.
- **L'origine génétique** : Selon Baradat (1986), la variabilité génétique observée chez les arbres forestiers se définit par un ensemble d'interactions entre un arbre ou une population d'arbres et un écosystème, elle dépend de deux facteurs étroitement liés : du génotype et de l'environnement. Certains auteurs parlent de la variabilité génétique au niveau intra-spécifique et inter-spécifique.
 - ❖ Due à l'existence de variantes plus ou moins nombreuses des gènes en divers emplacements du génome chromosomique. La variabilité génétique peut être due également à des remaniements chromosomiques (duplications, inversions de fragments de chromosome) (Lumaret et *al.*, 2005).
 - ❖ Selon Varela (2000), ces informations sont spécifiques pour le chêne liège, de là provient la variabilité des plants issus de semis, qui manifestent une intensité toute à fait spéciale sur la vigueur et l'arborescence des arbres, la productivité (bois et liège), les traits caractéristiques du tissu subéreux, la forme et les dimensions des glands et d'autres caractères de plus ou moins grand intérêt économique.

D'une manière générale, la variabilité géographique d'une espèce forestière (variabilité entre provenances), constitue la première phase obligatoire de tout programme d'amélioration génétique (Steinmetz, 1986).

Dans notre travail, le concept de provenances englobe l'origine géographique selon trois attributs :

- ❖ Le lieu dit où poussent les arbres et où sont récoltés les échantillons
(Provenance 1).
- ❖ La localisation géographique du chêne liège en Algérie (Ouest, Centre et Est).
A cette explication s'ajoute l'appartenance administrative (conservation et autres) **(Provenance 2).**
- ❖ L'aire du chêne liège (provenances de montagne et provenances de littoral) qui englobe l'ambiance maritime de la méditerranée et la continentalité due à l'amplitude thermique **(Provenance 3).**

III.3-Plan d'échantillonnage

III.3.1-Choix des sites de prélèvement et des arbres

Le présent travail entre dans le cadre de la réalisation de la suberothèque du Département de Foresterie. Cette opération vise à ressembler le maximum d'échantillons de diverses forêts domaniales, représentatives de la suberaie Algérienne dans tous ses faciès. Depuis l'année 2010, un courrier officiel a été adressé à l'ensemble des conservateurs détenant sur leur territoire des peuplements de chêne liège. Ce message portait une instruction claire et nette :

Durant chaque campagne d'exploitation du liège, une trentaine de planches de liège de reproduction sont réservées au Département de Foresterie pour des analyses de la technologie du liège. Les sujets convoités doivent répondre à des critères bien définis, énumérés comme suivant :

- L'âge d'exploitabilité et la maturité du liège au moment de la récolte.
- Aucun sujet ne doit porter les traces d'incendies et de mère du liège délabrée.
- Le sujet doit avoir une cime bien étalée avec une couverture foliaire apparente.
- L'extraction des calas doit se faire à 1,30m du sol sur un fût droit exempt de crevasses larges et de champignons comme le charbon de la mère.
- Les dimensions des calas sont de 20 cmx20cm.

- Les 30 arbres pris en considération doivent être répartis sur une superficie de 2 à 4 h et représentatifs de la suberaie

En effet, depuis l'année 2011, une partie des conservations ont répondu favorablement à cette opération en envoyant le produit demandé emballé en cartons et étiqueté selon la région géographique prise en considération.

III.3.2-Choix des échantillons

Notre travail s'est porté sur des échantillons relevant de l'exploitation de 2012. En effet, de chaque carton on a pris au hasard 10 échantillons sauf pour les échantillons de Hafir Zarieffet et de M'Sila qui on fait l'objet d'une extraction sur site par (Dehane , 2012).

Ces derniers échantillons (Zarieffet,Hafir et M'Sila) sont conservés dans des sacs en plastique bien étiquettées puis ramenés au laboratoire pour des observations et mesures ultérieures.

Globalement, nous avons limité notre investigation aux 10 provenances suivantes : Hafir, Zarieffet, M'Sila, Tizi Ouzou, Bejaia, Skikda. Guelma, Mila, Jijel, El Taref. Les forêts concernées sont les suivants :

- Hafir et Zarieffet (W. Tlemcen).
- M'Sila (W.Oran).
- Guerrouche (W. Jijel).
- Oued Agrioune (W.Bejaia).
- El Alia (W.Skikda).
- Tamgout (W.Tizi Ouzou).
- Minar Zaraza (W.Mila).
- Sidi Bouzid (W.El Taref).
- Bouchagouf (W.Guelma).

Les caractéristiques propres à chacune des provenances sont récapitulées dans le tableau selon les données recueillies près de conservations concernées.

Tableau 11:Caractéristiques climatiques, sylvicoles et de dendrométrie des provenances pris en considération

Caractéristiques	Provenance									
	Zarieffet	M'Sila	Hafir	Tizi Ouzou	Bejaia	Jijel	Skikda	Guelma	Mila	El Taref
Année	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
Climat	Sub-humide	Semi-aride	Sub humide	Humide	Humide	Humide	Humide	Sub -humide	Sub -humide	Humide
Pluie (mm/an)	650	350	700	1100	800	1 200	1100	600	700	1200
Altitude(m)	1000	400	1100	800	600	410	400	290	460	400
Origine	Naturelle	Naturelle	Naturelle	Naturelle	Naturelle	Naturelle	Naturelle	Naturelle	Naturelle	Naturelle
Structure des peuplements	Irrégulière	Irrégulière	Irrégulière	Irrégulière	Irrégulière	Irrégulière	Irrégulière	Irrégulière	Irrégulière	Irrégulière
Pente moyenne(%)	17	4	20	25	12	13	-	-	-	-
Type de sol	Grés séquanien	Sable pliocène	Grés séquanien	Eboulis de grès	Grés	Argile+ schiste	Grés numidien	Grés numidien	Grés numidien	Grés numidien
Densité (tiges /ha)	60	100	115	170	150	160	180	120	110	160
Etat sanitaire	Sain	Sain	Sain	Sain	Sain	Sain	Sain	Sain	Sain	Sain
Hauteur de demasclage	1,8±0,13	2,4±0,14	2,5±0,15	1,7±0,13	2,5±0,16	3,5±0,32	2,8±0,15	2,65±0,14	2,47±0,16	2,6±0,50

III.4-Techniques de mesures

Au laboratoire, la méthodologie suivie s'articule essentiellement sur le déroulement des opérations de mesures selon un ordre de priorité bien défini et sans recours aux tests destructifs. Il a été question en premier lieu de sauvegarder les calas de liège intacts pour d'autres études ultérieures.

Notre protocole expérimental est appliqué sur un liège brut qui n'a pas subi de bouillage. Il s'agit en effet, de relever les variations enregistrées entre les différentes caractéristiques du liège.

III.4.1-Préparation des échantillons

La préparation des calas pour l'observation et les mesures macroscopiques a été réalisée par sectionnement volontaire de chaque échantillon d'une lame de 2 cm de largeur au moyen d'une scie sauteuse. Le reste de chaque calas (a subi un autre découpage afin de les carrer à un côté de 18 cm x 18 cm). (Fig.23). L'opération a été suivie par un ponçage des sections transversales.



Figure 23 : exemple de lame de liège utilisée dans les mesures (Original)

III.4.2-Mesure des calibres

Les épaisseurs calculées pour l'ensemble des échantillons ont été réalisées pour la première fois en Algérie par l'utilisation d'un instrument de mesure proprement spécifique aux professionnels du liège qui est le pied de ligne d'une précision de 0,1 à 0,01 mm. (Fig.24). Cet instrument ressemble à un couteau mais dont la lame non affûtée porte sur ses deux faces des unités de mesures soit en cm ou en ligne (1 ligne=2,25 cm).



Figure 24: pied de ligne d'une précision de 0,1 à 0,01mm (original)

Les mesures de calibre de chaque échantillon sont réparties selon leurs classes commerciales selon le tableau suivant.

Tableau 12: Principales classes d'épaisseurs selon les applications industrielles du liège (Gonzalez et al. 2000).

(en lignes*)	(en mm)
6-8 lignes	14-18mm
8-10 lignes	18-22mm
10-12 lignes	22-27mm
12-14 lignes	27-32mm
14-18 lignes	32-40mm
>18 lignes	>40mm

III.4.3-Mesure des accroissements annuels

Les accroissements formant les sections transversales de chaque lame ont été minutieusement marqués en trois endroits à égale distance (3cm) à l'aide d'un stylo hydrophobe de point 0.5, de façon à former trois lignes verticales (égales distances) aux accroissements. L'épaisseur de chaque cerne correspond à la moyenne de trois mesures. Les prises de mesures ont été élaborées à l'aide d'un micromètre gradué en 100 divisions monté sur une loupe binoculaire (Fig.25).



Figure 25 : Mesure des accroissements au micromètre monté sur une loupe (original)

La détection puis la quantification des accroissements complets nous permettent de différencier au mieux l'âge nos échantillons. En effet, l'ensemble des planches prélevées sont réparties selon leurs classes d'âge.

Il est à remarquer que lorsqu'il s'agit du calibre de la couche du liège, l'âge est déterminé en prenant en considération, en plus de tous les accroissements complets, les deux incomplets. Par contre, quand il s'agit des accroissements moyens annuels, l'âge est déterminé en faisant abstraction à ces deux accroissements incomplets.

- La différenciation entre **les types de croissance annuelle** pour les 10 provenances s'est faite selon les classes énumérées dans le tableau suivant :

Tableau 13:Principales classes des accroissements moyens annuels du liège et type de croissance correspondant (Dehane, 2012)

Classes	Limite d'accroissement	Type de croissance
1	0,8 -1,5 mm	Faible
2	1,51 -2 mm	Moyen
3	2,1 - 3 mm	Rapide
4	> 3 mm	Très rapide

La détermination de **l'indice d'accroissements annuels** est réalisée selon la formule suivante (Dehane, 2013) :

$$IA = \frac{\sum_{i=1}^{nt} niAi}{N}$$

ni : Nombre d'échantillons de la classe i de type de croissance annuelle
 A_i : Poids de la classe i (1 si $i=1$; 2 si $i=2$ etc.)
 N : Effectif total d'échantillons

$IA > 3$: indice d'accroissement rapide.

$2 < IA < 3$: indice d'accroissement moyen.

$IA < 2$: indice d'accroissement faible.

- **La variation annuelle des accroissements** a été réalisée selon une approche mathématique (Dehane, 2012) :

Sur chaque courbe observée (courbe expérimentale) est ajustée une courbe polynomiale de second degré par la méthode des moindres carrés (Y_{theo}). Cette courbe théorique constitue la valeur estimée d'un accroissement théorique qui se serait développé à l'année t du liège indépendamment de son âge. L'ajustement du modèle mathématique est de type $Y = ax^2 + bx + c$ où « Y » représente l'épaisseur de l'accroissement et « x » l'âge ou le numéro d'ordre de l'accroissement. A chaque fois que l'accroissement théorique s'éloigne de l'observé plus important serait le résidu et que la courbe de croissance observée est irrégulière.

III.4.4-Calcul de la densité volumétrique

La densité volumétrique de chaque échantillon est obtenue après les mesures suivantes :

- Mesure de la longueur et de la largeur de planches.
- Pesée des calas à l'aide d'une balance de précision 0,1g (Fig.26).
- Mesure du calibre moyen des sections transversales.

La densité répondant à la formule empirique suivante :

$$\text{Densité (kg/m}^3\text{)} = P/V$$

Avec $V = \text{Longueur} \times \text{largeur} \times \text{calibre (m}^3\text{)}$ et P : Poids de l'échantillon en kg.



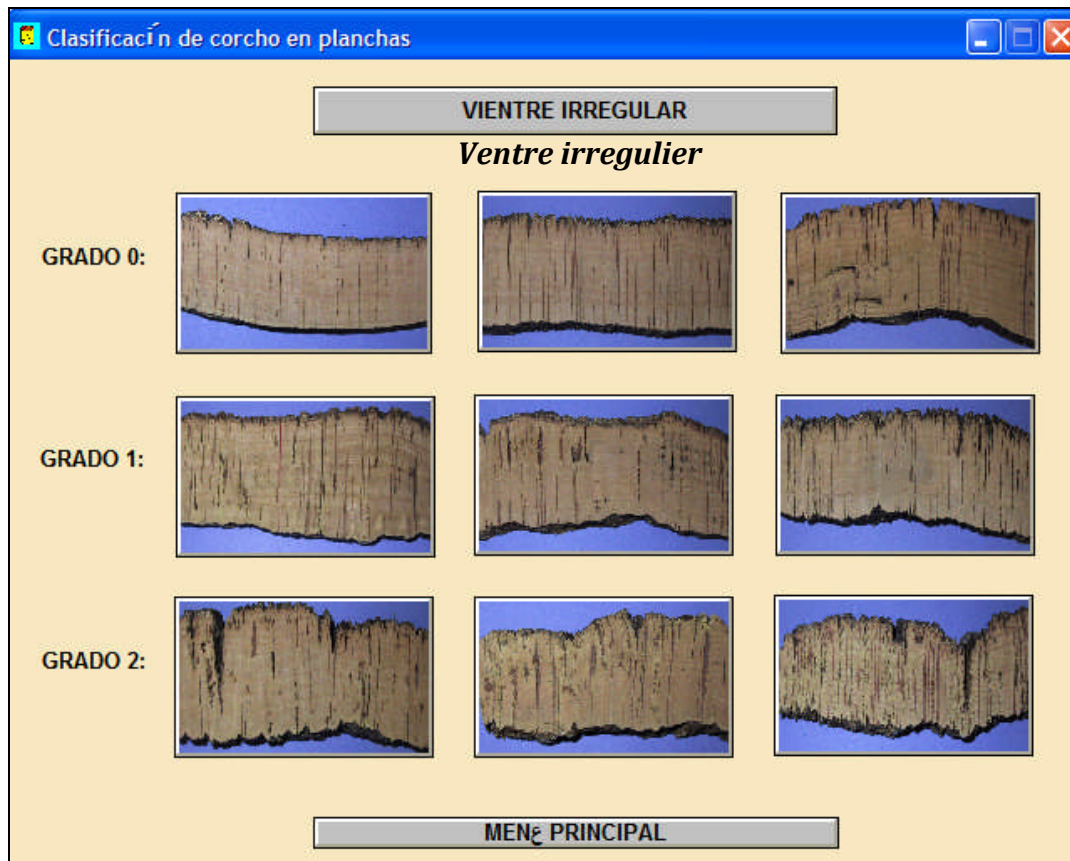
Figure 26 : Pesée des calas à l'aide d'une balance électronique (Original)

III.5-Etude de la qualité

Traditionnellement la classification des planches de liège est repérée par un opérateur expérimenté qui mêle la vision au toucher. En effet l'aspect est connu comme étant l'équivalent de la qualité perceptible par un simple parcours visuel et un toucher (IPROCOR, 1994). Les résultats peuvent varier d'un opérateur à un autre, voir au niveau d'un même opérateur pour des évaluations successives (Melo et Pinto, 1989).

Pour palier à ces problèmes de subjectivité, nous avons utilisé un logiciel informatisé pour le classement des planches de liège selon leurs anomalies pour les opérateurs non expérimentés, il s'agit du procédé Calcor (Garcia de Céca, 2001)

Ce procédé se base essentiellement sur plusieurs interfaces (Photos de référence) représentant tous les types de défauts. Chaque défaut est représenté par trois images pour chaque rang sauf pour les soufflures (porosité visuelle) de la façon suivante :



Vientre irregular (Ventre irrégulier) :
Contour de la face intérieure des planches en contact avec le tronc de l'arbre. Il faut vérifier les deux sections transversales.

Rang 0 : Lisse et droit

Rang 1 : Ondulé

Rang 2 : Rugueux. (dû à l'abondance des inclusions ligneuses.)

En cas de doute, ne pas prendre en considération les irrégularités dues aux galeries des insectes.

Figure 27: Défaut de l'irrégularité du ventre de la planche
Traduction de l'espagnol (Dehane,2010)

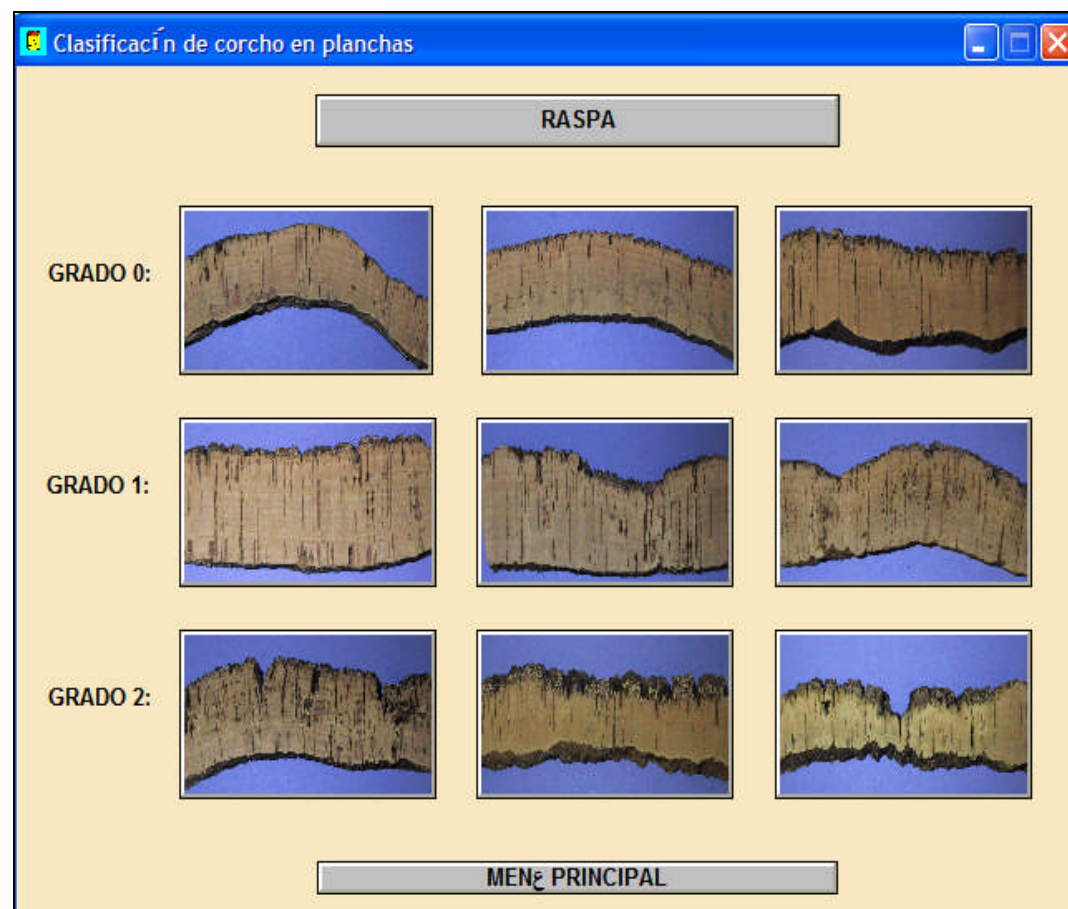
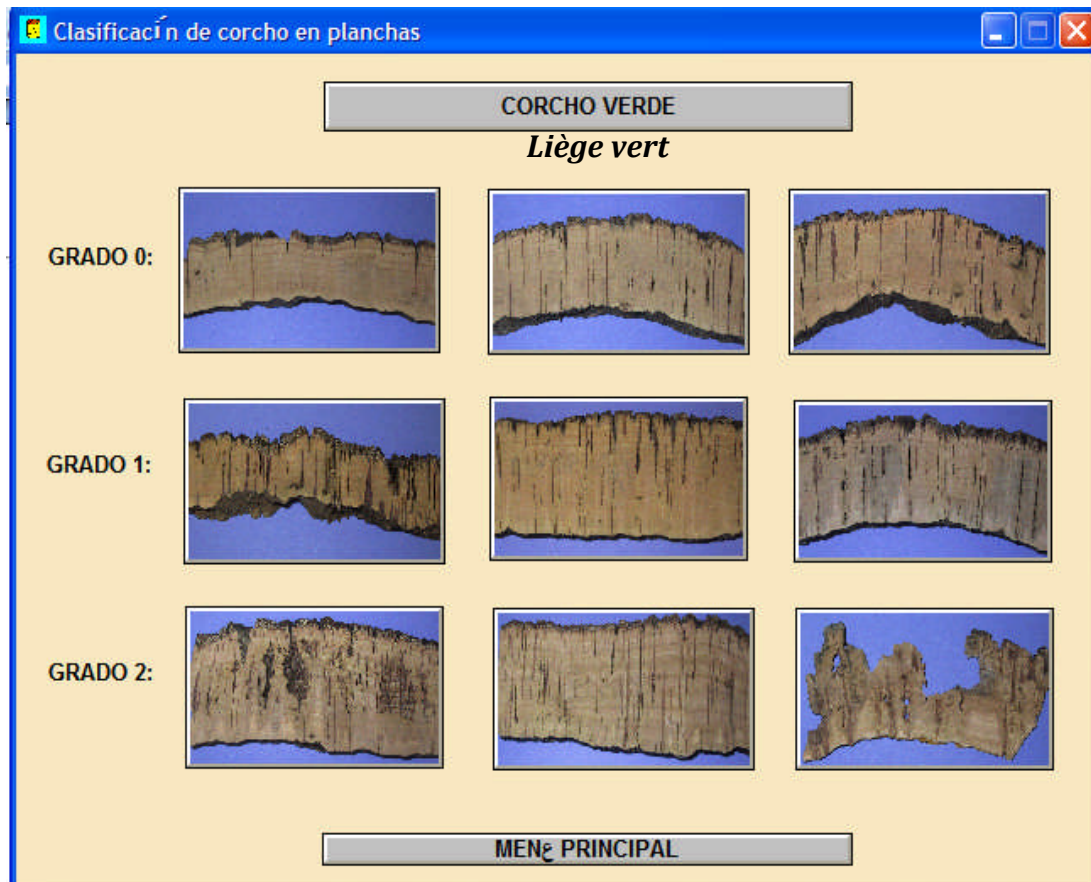


Figure 28: Défaut de l'épaisseur de la croûte de la planche du liège
Traduction de l'espagnol (Dehane,2010)



Corcho verde (Le liège vert): lié au taux élevé d'humidité contenu dans le ventre de l'échantillon. Une décoloration typique et ou une texture enfoncée ou imprégnée. C'est fréquemment observée dans le profil du ventre par une forme concave, très typique, comme absorbée à l'intérieur de la planche.

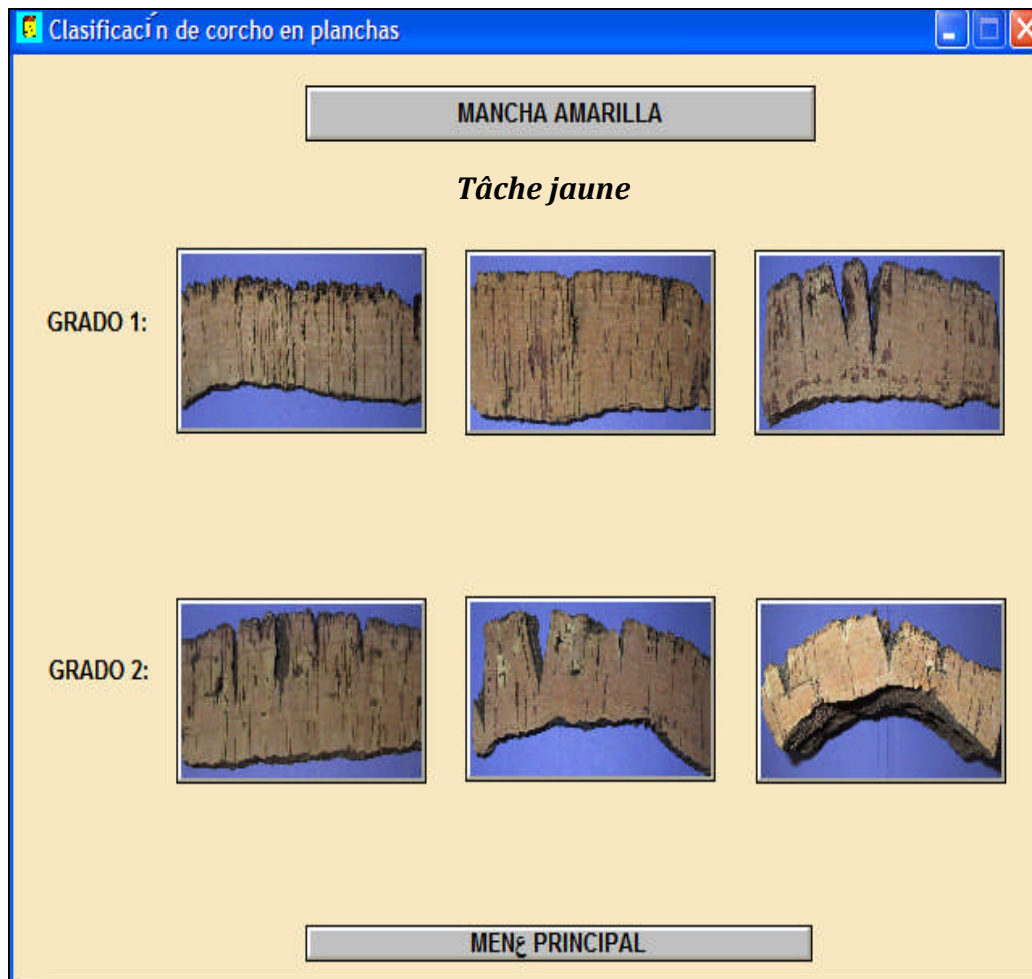
Rang 0 : Inexistante.

Rang 1 : Echantillon décoloré mais non imprégné. La décoloration tient à un contour clairement défini, si non n'est pas considérée.

Rang 2 : Echantillon décoloré y imprégné.

If faut vérifier les 4 faces.

Figure 29 : Défaut de la tâche verte de la planche du liège
Traduction de l'espagnol (Dehane,2010)



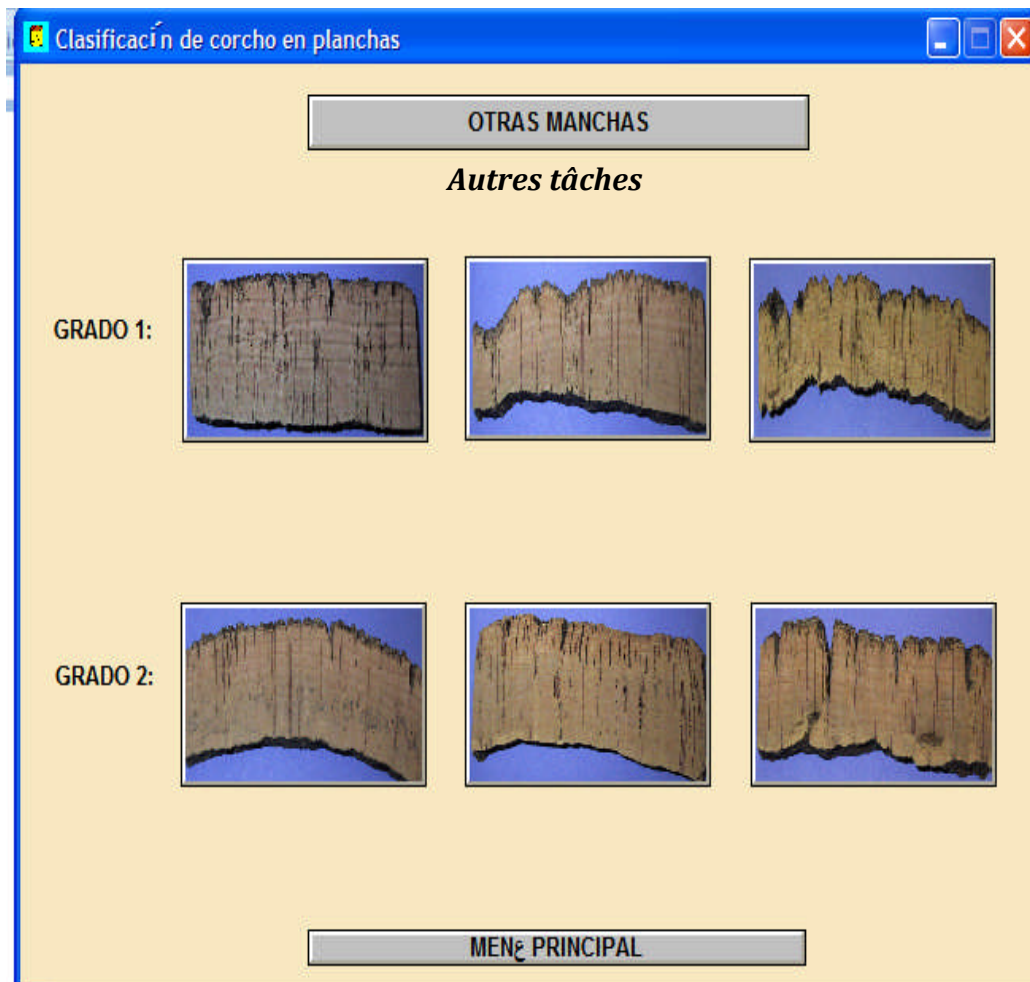
Mancha amarilla (Tâche jaune) : coloration jaunâtre très caractéristique liée aux attaques des champignons. Il est normal de la détecter près de la croute ou autour des pores mais cela ne signifie pas que nous ne pouvons pas la trouver dans d'autres endroits. Ce qui compte est la surface occupée par l'intensité de la même coloration. Il faut vérifier les 4 faces.

Rang 1 : *Présence moins de 10% de la superficie*

Rang 2 : *Présence de plus de 10 %.*

Il faut vérifier les 4 faces.

Figure 30: Défaut de la tache jaune de la planche du liège
Traduction de l'espagnol (Dehane,2010)



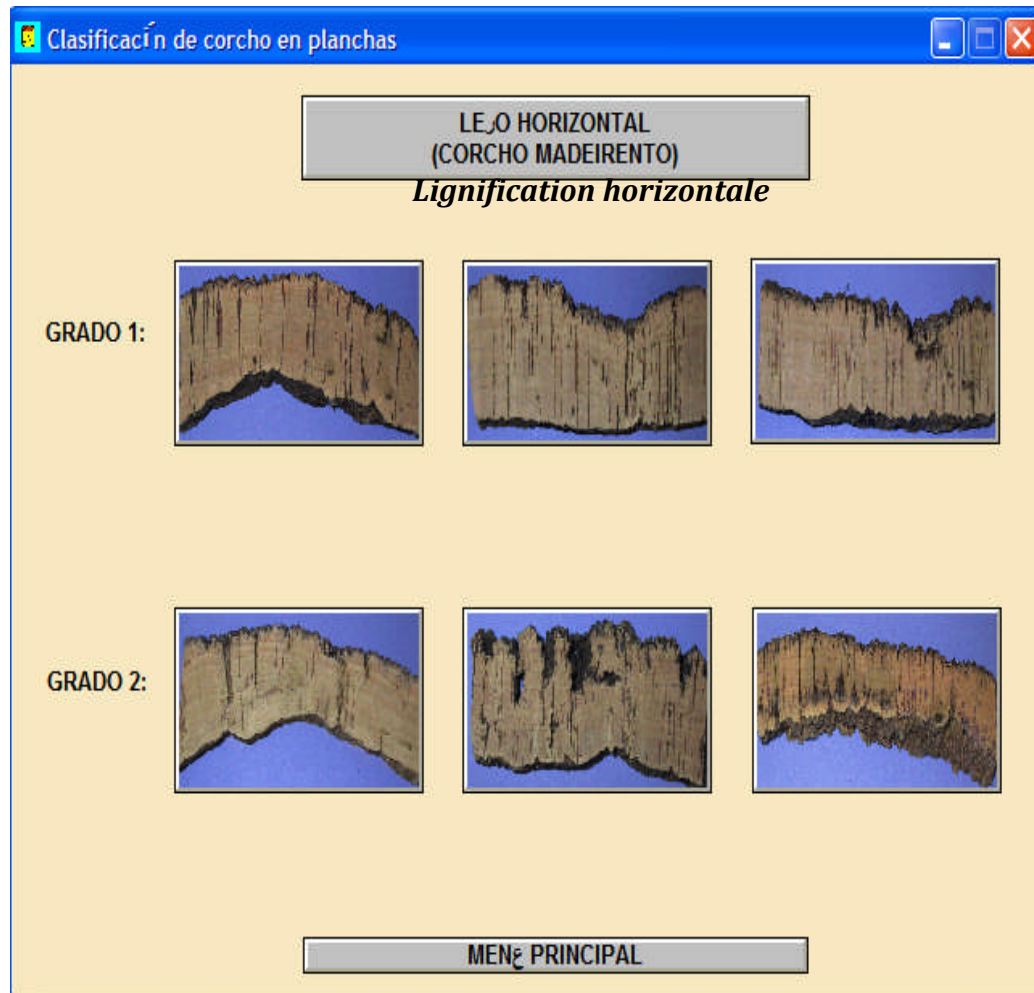
Otras manchas (Autres tâches) (bleu, marron, ocre, persille..) mais pas jaune.
Ce qui compte est la surface occupée par la tache et non pas l'intensité de la même coloration.

Rang 1 : Jusqu'à 25 % de la superficie

Rang 2 : Si la présence est égale ou supérieure à 25% de la superficie.

Il faut vérifier les 4 faces.

Figure 31 : Défaut des autres tâches de la planche du liège
Traduction de l'espagnol (Dehane,2010)

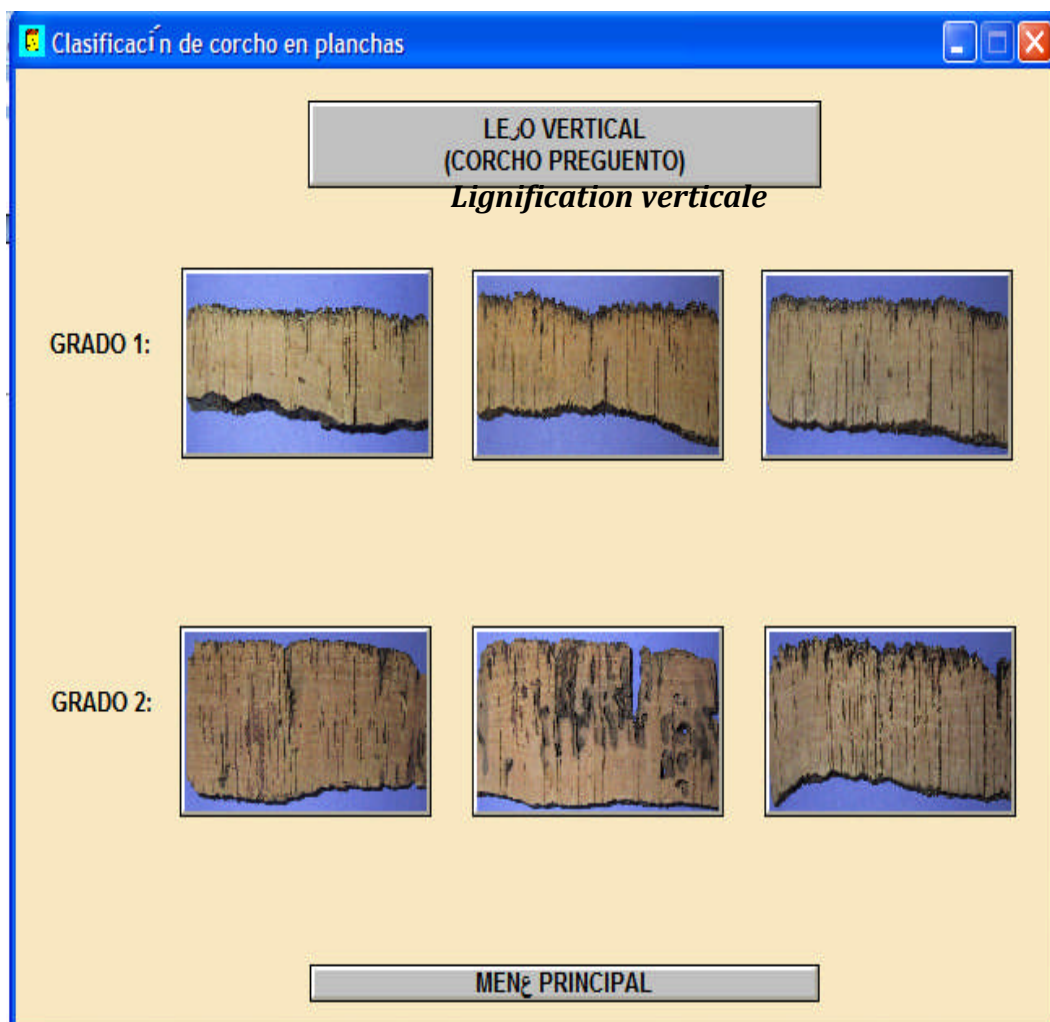


Leno horizontal (Lignification horizontale)
Inclusions ligneuses dans lesquelles prédominent la direction horizontale n'étant pas associées aux pores. Elles peuvent être associées aux galeries d'insectes (dans la base de la galerie apparaît une zone ligneuse) ; dans ce cas se valorise la présence de la galerie et de la ligne horizontale. En cas de doute, Vous pouvez gratter avec un poinçon pour voir si c'est une ligne ou excréments d'insectes. Il faut vérifier les quatre faces.

Rang1:jusqu'à 10% de longueur traversable de l'échantillon.

Rang2:Mas de 10% de la longueur transversale de l'échantillon.

Figure 32: Défaut de la lignification horizontale la planche du liège
Traduction de l'espagnol (Dehane,2010)



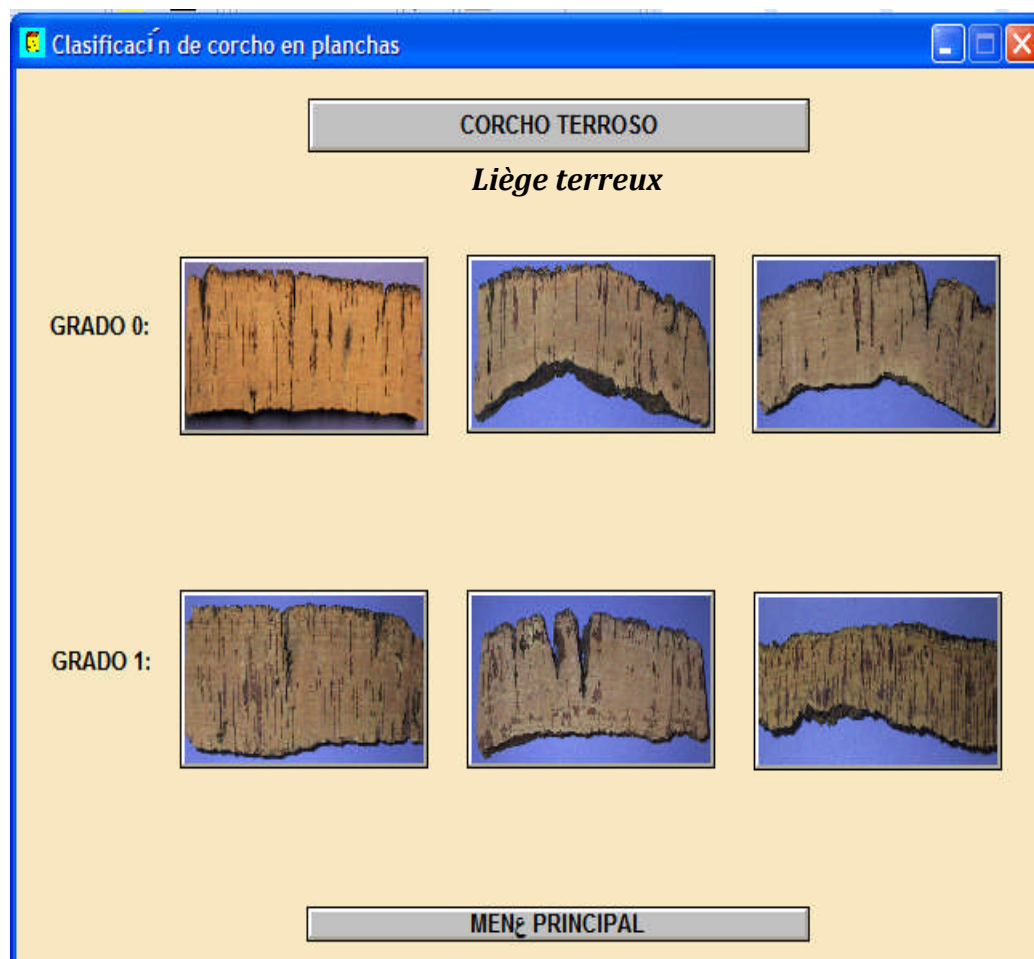
Leno vertical (Lignification verticale)
 Inclusions ligneuses dans lesquelles prédomine la direction verticale en étant associées aux pores.

Rang 1 : >25% des pores présentant des inclusions ligneuses

Rang 2 : Moins de 25 % des pores présentant des inclusions, ne peut pas s'appliquer si la porosité est 2/4 et 4/6.

Il faut vérifier les quatre faces.

Figure 33 : Défaut de la lignification verticale de la planche du liège
 Traduction de l'espagnol (Dehane,2010)



Corcho terroso (Liège terreux) avec matériaux pulvérulents très compacts à l'intérieur des pores qui apparaissent comme de la terre.

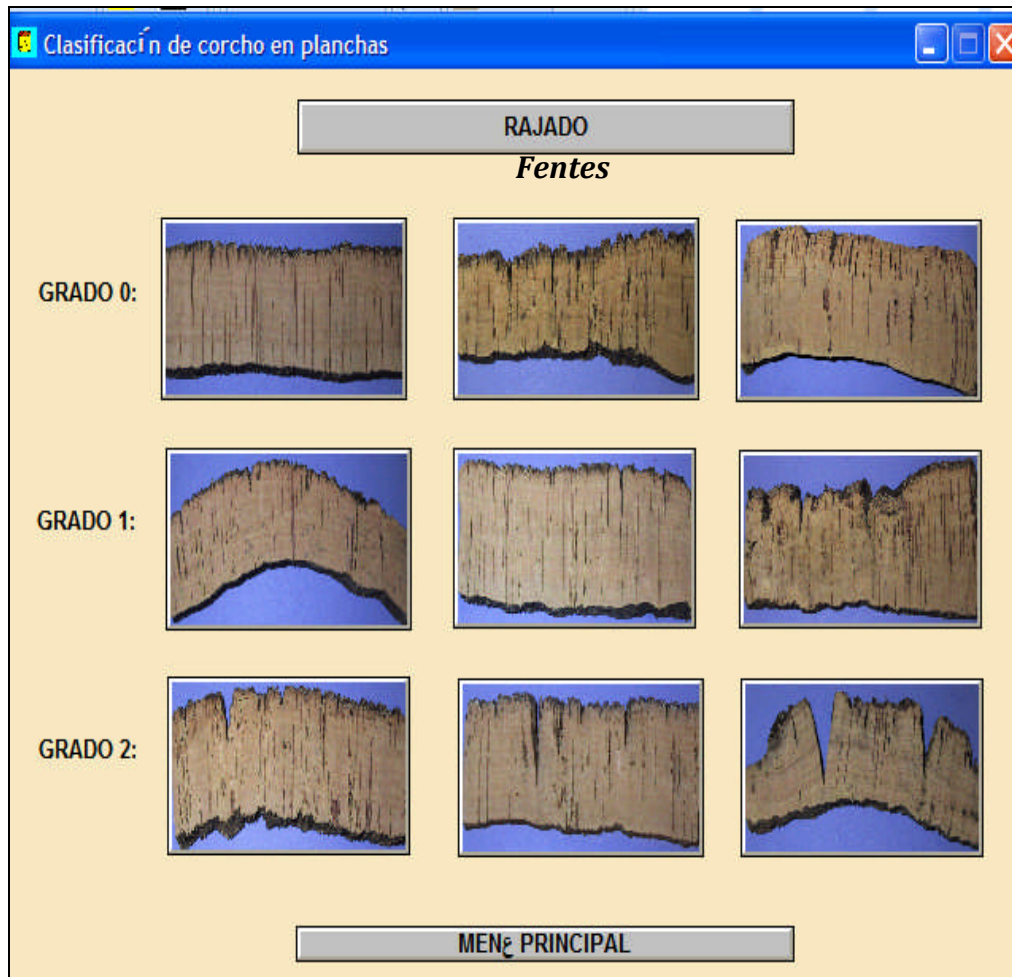
Rang 0 : Inexistant.

Rang 1 : Présence.

Ne s'applique pas si le grade de la porosité est 2/4,4/6.

Il faut vérifier les quatre faces.

Figure 34: Défaut du liège terreux
Traduction de l'espagnol (Dehane,2010)



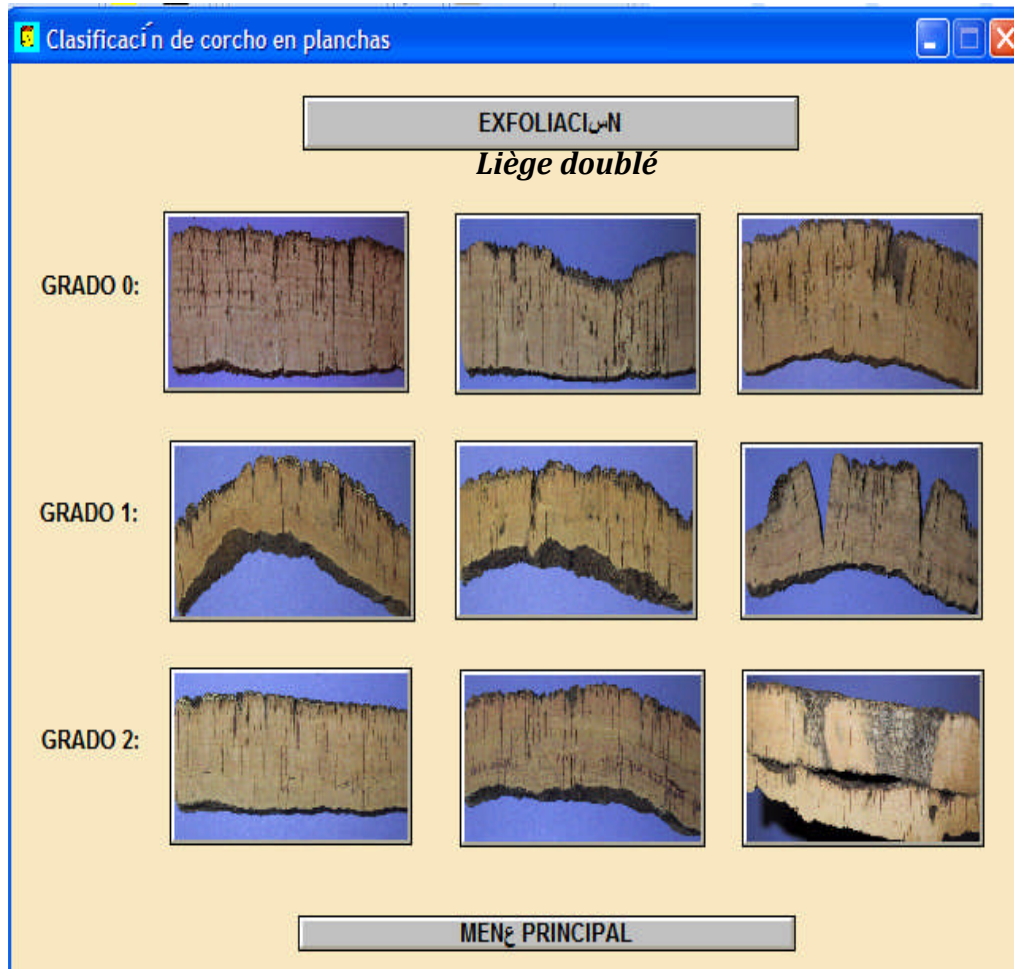
Rajado (Fentes) : fissures dans le bord des échantillons, si les bords sont parallèles les fissures sont considérées comme pores.

Rang 0 : *Aucune fissure >10% du calibre (épaisseur < 2mm contour lisse).*

Rang 1 : *Toute fente entre 10 et 30% du calibre (Épaisseur 2 à 5 mm, contour lisse).*

Rang 2 : *Toute fente plus de 30% du calibre (épaisseur plus de 5 mm, contour rugueux)*

**Figure 35: Défaut du liège crevassé (Fentes)
Traduction de l'espagnol (Dehane,2010)**



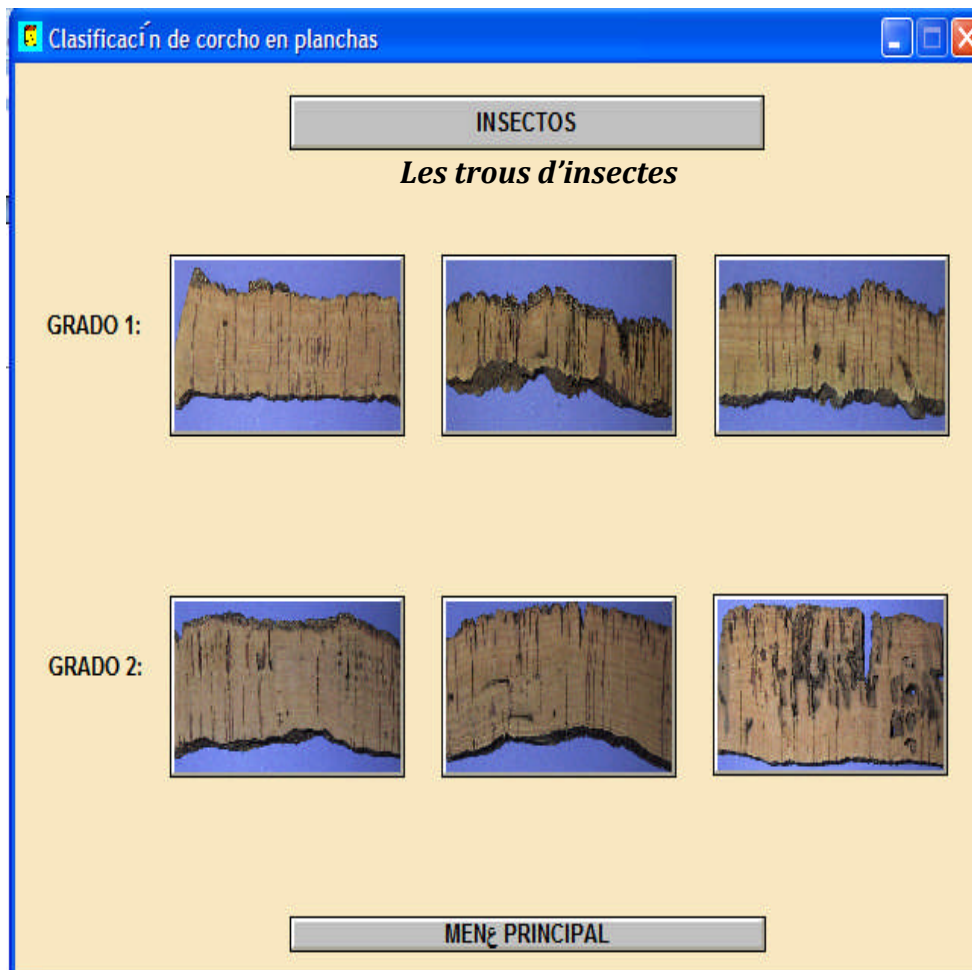
Exfoliacion (Liège doublé) : consiste à la séparation physique des couches adjacentes du liège (accroissements), ne pas prendre en considération comme liège doublé la séparation due à la présence d'une lignification horizontale.

Rang 0 : Inexistent

Rang 1 : Couche de croissance clairement marquée et différenciée du reste de la couche sans parvenir à la séparation entre elle. Elle doit être colorée d'une longueur minimale de 50 mm.

Rang 2 : Séparation évidente entre couches de croissance. Elle doit être colorée d'une longueur minimale de 30mm.

Figure 36 : Défaut du liège doublé
Traduction de l'espagnol (Dehane,2010)

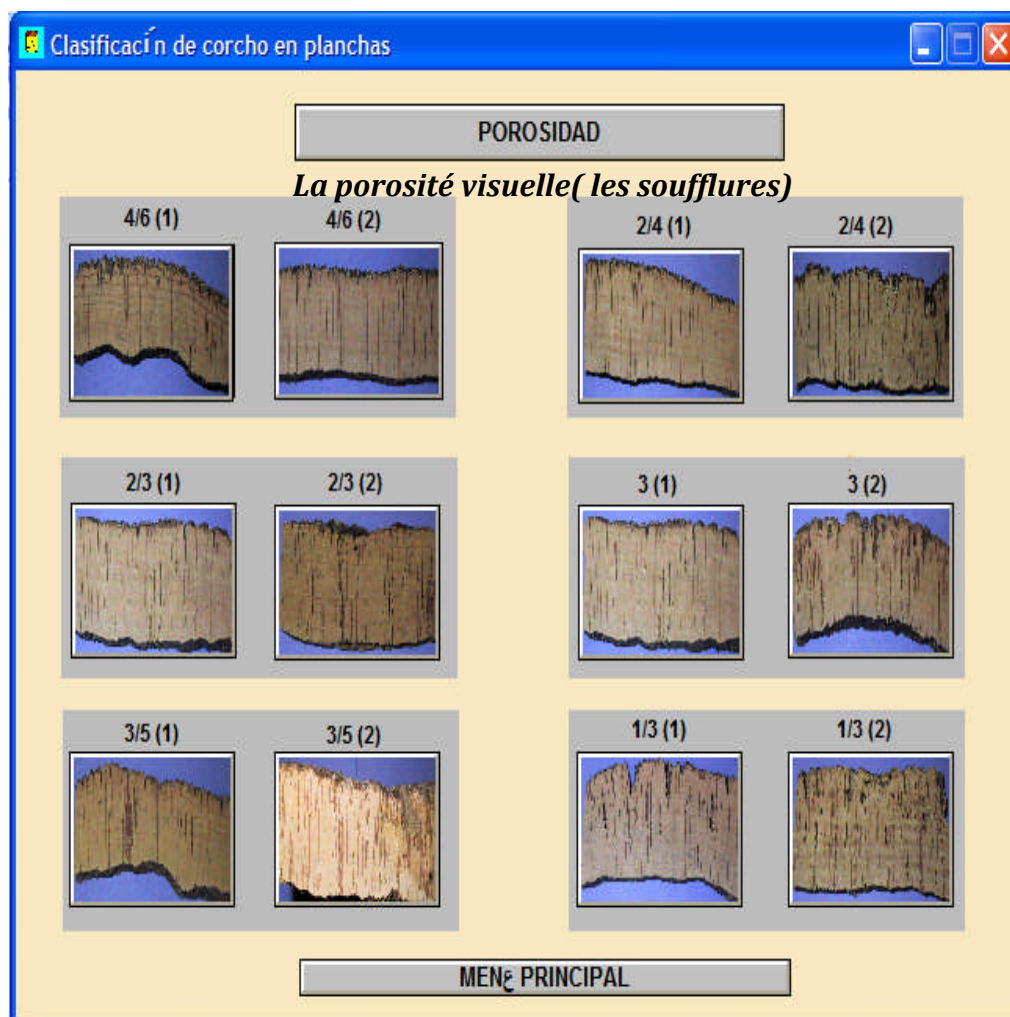


Los insectos (Les trous insectes) perforations causées par les insectes tels que les fourmis ou autres insectes.

Rang 1 : 1 à 2 trous ou galeries

Rang 2 : plus de 2 trous ou galeries.

Figure 37: Défaut des trous d'insectes
Traduction de l'espagnol (Dehane,2010)



Porosidad (Porosité visuelle) : Dans la section transversale, c'est le pourcentage de la superficie des interstices présents par rapport à la superficie totale de l'échantillon. Elle s'estime visuellement par le model proposé par Roldao (1987). Il faut vérifier les deux faces transversales.

Tipo 4/6 : moins de pores et très fins.

Tipo 2/4 : Pores fins mais présentent plus de quantité que le type 4/6.

Tipo 2/3 : Quelques pores ouverts et ne présentent pas de forme dentée.

Tipo 3 : Certains pores ouverts en forme de feuille dentée.

Tipo 3/5 : Pores avec aspects coniques (au moins deux).

Tipo 1/3 : liège spongieux.

Figure 38 : Défaut de la porosité visuelle ou soufflures
Traduction de l'espagnol (Dehane,2010)

III.5.1-Description des défauts sur l'ensemble des échantillons

Chaque échantillon de liège est apprécié à l'œil nu tout en mentionnant ses anomalies dans une fiche représentant une matrice de données de 10 lignes et 17 colonnes pour chaque provenance. Seuls les chiffres des rangs 0, 1,2 sont mentionnés dans la fiche.

III.5.2- Validation des classes de qualité commerciale

Une fois les données des fiches introduites dans le programme informatique par ordre de rang (0,1 ou 2), on valide automatiquement la classe de qualité de chaque échantillon selon un modèle réduit composé de quatre classes (Pereira, 1998 ; Ferreira et al., 2000 ; Gonzalez Adrados et al., 2005) (Tab.14).

Tableau 14: Classes de qualité du liège de reproduction définit par le programme CalcOR

Catégories	Classification par CALCOR	Qualité de liège
1	1 ^a - 3 ^a	Bonne
2	4 ^a - 5 ^a	Moyenne
3	6 ^a	Faible
4	Refugo	Rebut

1^a - 3^a : de la première à la troisième qualité.

4^a - 5^a : de la quatrième à la cinquième qualité.

6^a : sixième qualité.

Rebut : liège inutilisable, pour trituration seulement.

III.5.3- Calcul des indices de qualité

Une fois les classes de calibre déterminées et les classes de qualité identifiées, le calcul des indices de qualité suit automatiquement selon le tableau établi par Cardillo (1997).

Tableau15 : Indices de qualité (Cardillo, 1997)

(en lignes)	(en mm)	Bonne (1 ^a -3 ^a)	Moyenne (4 ^a -5 ^a)	Faible (6 ^a)	Rebut
6/8	14-18	22	10	7	7
8/10	18-22	30	12	7	7
10/12	22-27	50	30	12	7
12/14	27-32	100	60	28	7
14/18	32-40	100	60	28	7
>18	40	65	32	16	7

L'indice de qualité moyen est calculé selon la formule suivante (Pereira, 2007)

$$IQ = \sum_{k=1}^{nk} Q_k P_k = \frac{\sum_{i=1}^{ni} Qi}{ni}$$

Ou Q_k est l'indice de qualité pour la qualité du liège des classes k.
 P_k , la proportion des unités d'échantillons dans la classe de qualité k.

n_k , le nombre des classes de qualité.

Qi , est l'indice de qualité de l'échantillon prélevé de l'arbre i.

ni , est le nombre totale des arbres échantillons.

III.6- Traitement des données

Les résultats obtenus à travers la caractérisation du liège des 10 provenances sont soumis à des tests statistiques englobant certains paramètres de position et de dispersion tels que la moyenne, l'écart type et le coefficient de variation (Dagnelie, 1973). D'autres tests sont réalisés au moyen d'un logiciel statistique (XLSTAT 2014 et SPSS.13) comprenant l'analyse de variance à un seul critère et à deux critères, le test « t » de Student pour comparer l'égalité des deux moyennes. En outre, des tests non paramétriques ont été utilisés pour caractériser les provenances en groupes homogènes comme le test de Kruskal-Wallis et le test de Tukey à un degré de signification $\alpha = 0,05$.

IV.1- Résultats et discussion

La caractérisation générale du liège des 10 provenances est présentée sur les tableaux 16 à 32.

IV.1.1- Caractéristique générale de croissance

IV.1.1.1- Le calibre moyen

La croissance annuelle du liège influe directement sur le rendement d'une subéraie. Selon Gonzalez-Adrados et *al.* (2000), l'épaisseur du liège conditionne les différentes applications industrielles de la matière première.

Tableau 16 : Caractéristique des principaux variables de croissance du liège des 10 provenances

Provenance	Mila	Guelma	El Taref	Skikda	Jijel	Bejaia	Tizi - Ouzou	M'Sila	Hafir	Zariffet	Moyenne
Epaisseur moyen (mm)	29,72	31,86	35,28	30,02	34,05	31,25	34,37	29,15	21,93	21,82	29,96
Accroissement moyen/an (mm)	2,93	3,01	3,43	3,37	3,06	3,07	3,31	2,96	2,16	1,82	2,90
Age du liège (années)	9-12	10-13	11-12	10	11-16	11-14	11-16	10-11	10-14	12-14	

D'après le tableau 16, nous constatons que les 100 échantillons se caractérisent par une épaisseur moyenne de l'ordre de 29,96mm. Cette moyenne, permet à priori d'affecter ces planches de liège pour la fabrication des bouchons de diamètres de 21 mm à 44 mm et plus. Le cycle de production varie d'une provenance (**Provenance1**) à une autre. Le minimum est enregistré à M'Sila (10 à 11 ans) et le maximum concerne le liège de Tizi Ouzou (11 à 16 ans). En revanche, ce sont les calas de Guelma, El Taref, Skikda Tizi Ouzou et de Jijel qui comptabilisent les fortes calibres soit respectivement 31,86mm ; 35,28 mm ; 30,02mm ; 34,37 mm et 34,05mm (Fig.39 et 40).

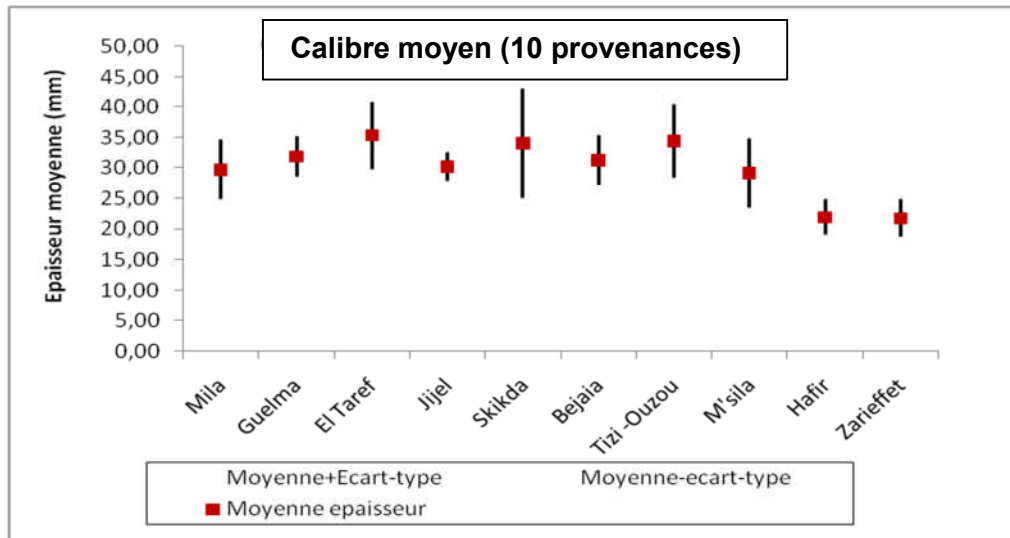


Figure 39 : Représentation statistique de la variation de l'épaisseur de liège (Moyenne \pm Ecart type)





Figure 40 : Les 100 échantillons représentant les 10 provenances

Le test de Kruskal-Wallis révèle une différence hautement significative entre les dix provenances point de vue calibre (Tab.17).

Tableau 17: Test de Kruskal-Wallis

K (Valeur observée)	47,98
K (Valeur critique)	16,91
DDL	9
p-value (bilatérale)	< 0,0001
Alpha	0,05

En effet, des ex-aequo ont été détectés et les corrections appropriées ont été appliquées selon la procédure de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner.

Du tableau 18, on déduit deux groupes de provenances statistiquement différents en eux. Le premier englobe les provenances de Zariffet, Hafir et le second celui de M'Sila, Mila, El Taref, Bejaia, Skikda, Jijel, Guelma et Tizi Ouzou.

Tableau 18: Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner / Test bilatéral :

Echantillon	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes	
Hafir	10	130,000	13,000	A	
Zarieffet	10	167,000	16,700	A	
M'Sila	10	482,000	48,200		B
Mila	10	487,000	48,700		B
Bejaia	10	492,000	49,200		B
Skikda	10	523,500	52,350		B
Jijel	10	642,000	64,200		B
Guelma	10	643,500	64,350		B
Tizi –Ouzou	10	718,500	71,850		B
El Taref	10	764,500	76,450		B

Pour un niveau de signification $\alpha = 0,05$ seules les provenances de Hafir et Zarieffet se démarquent des autres régions et un degré moindre celles de M'Sila (Tab.19).

Tableau 19: p-values entre les calibres des dix provenances

Provenance	Mila	Guelma	El Taref	Skikda	Jijel	Bejaia	Tizi - Ouzou	M'Sila	Hafir	Zarieffet
Mila	1									
Guelma	0,816	1								
Taref	0,461	0,794	1							
Skikda	0,998	0,939	0,230	1						
Jijel	0,854	1,000	0,971	0,915	1					
Bejaia	0,988	1,000	0,815	1,000	1,000	1				
Tizi -ouzhou	0,676	0,948	1,000	0,622	0,999	0,916	1			
M'Sila	1,000	0,957	0,514	1,000	0,902	0,988	0,816	1		
Hafir	0,029	0,008	0,010	0,010	0,010	0,018	0,014	0,074	1	
Zarieffet	0,048	0,014	0,011	0,018	0,014	0,026	0,023	0,232	0,999	1

Niveau de signification: $\alpha = 5\%$

IV.1.1.2-Distribution des calas par classe d'épaisseur commerciale

La distribution des échantillons par classes d'épaisseur commerciale est illustrée dans le tableau 20.

Tableau 20: Distribution des échantillons de liège des 10 provenances par classes commerciales d'épaisseur, en % du total.

Classes d'épaisseur	Mila	Guelma	El Taref	Skikda	Jijel	Bejaia	Tizi - Ouzou	M'Sila	Hafir	Zarieffet	Moy.
14-18mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	1
18-22mm	20	-	-	-	-	-	10	10	70	50	16
22-27mm	20	10	10	10	10	30	-	40	20	30	18
27-32mm	40	30	10	70	60	20	20	20	10	10	29
32-40mm	20	60	70	20	10	50	60	30	-	-	32
>40mm	-	-	10	-	20	-	10	-	-	-	4

Le tableau 20 montre que 16 % des planches sont en dessous de ce qui est admis pour la production de bouchons (27 mm) et doivent être orientées vers la production de disques pour bouchons. Au contraire, 4 % seulement des planches ont dépassé l'épaisseur nécessaire (40 mm) et donc le rendement optimal dans la production de bouchons. La catégorie bouchonnable proprement dite (22-27mm) totalise 18% pour les diamètres (21 et 24 mm) et 61% pour les diamètres 24mm et 26mm (classe d'épaisseur 27-40mm).

Globalement, la figure 41 montre que la meilleure classe commerciale (32-40mm) est très représentée dans les provenances d'El Taref, Guelma, Tizi Ouzou et de Bejaia soit respectivement des taux variant de 70% ,60% ,60% et 50%. Par contre, cette classe est quasiment absente sur les provenances de Hafir et de Zarieffet. Pour les industriels avertis, cette classe génère peu de déchet lors du poinçonnage des bouchons de 24 mm.

Par ailleurs, ces deux entités (Hafir et Zarieffet) abritent plus la classe (18-22mm) avec des taux de 70 % et 50%. Cette classe est très sous-estimée par l'industrie et constitue un manque à gagner pour les transformateurs de liège (fabrication de semelles et de rondelles pour bouchons agglomérés).

D'autre part, la classe typique (27-32mm) semble la plus représentée dans l'ensemble des 10 provenances pour un extrême de 60% à Jijel et un minimum à Zarieffet, Hafir et El Taref (10%) (Fig.41).

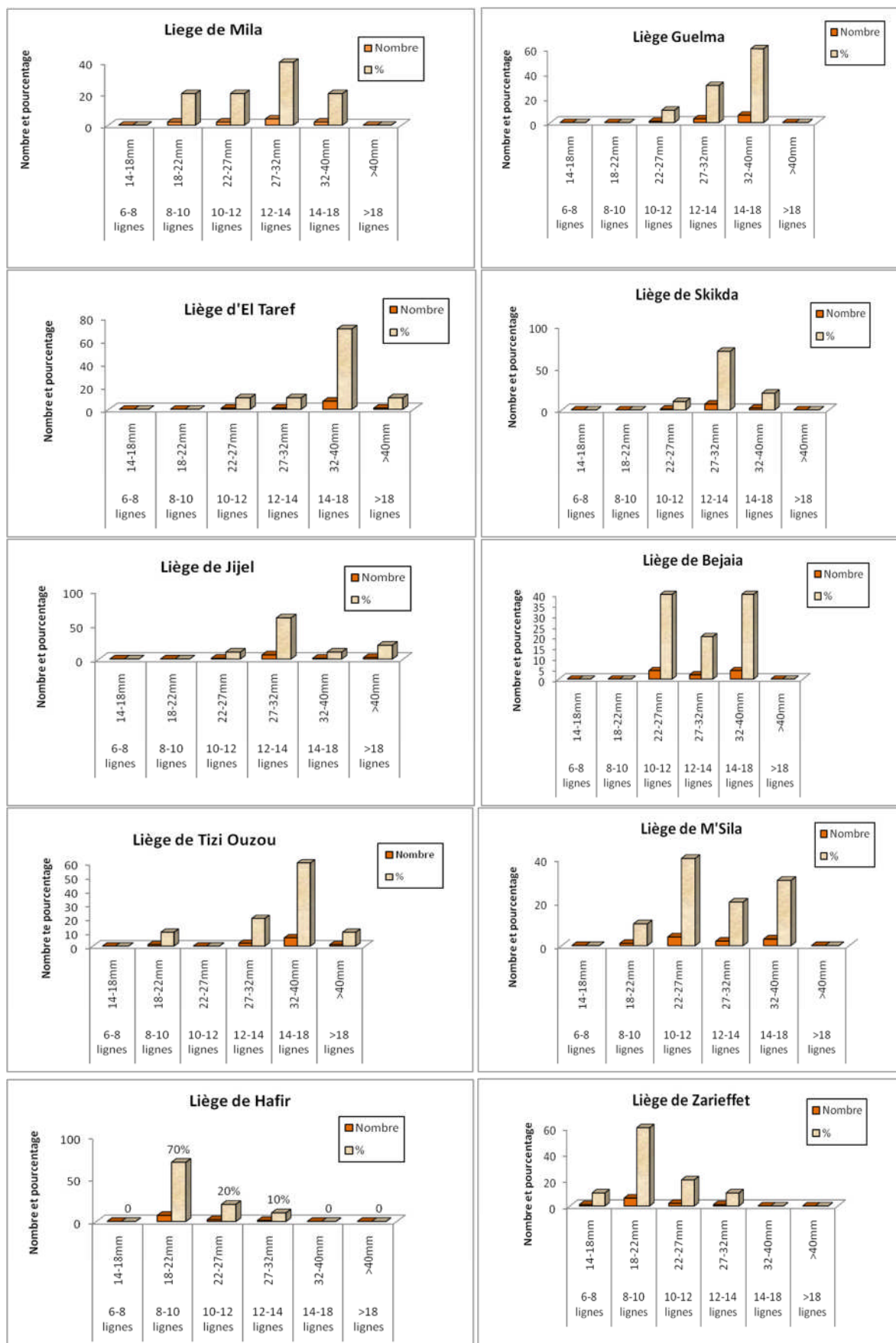


Figure 41: Répartition des provenances selon leur calibre commerciale

IV.1.1.3-Discussion de la variable calibre

D'une manière générale, le calibre moyen (29,96mm) obtenu pour l'ensemble des provenances semble inférieur à ceux cités dans la bibliographie à l'instars des lièges Portugais (33,8mm), Espagnols (31,7mm) et Marocains (31,5mm) (Ferreira et al.,2000 ; Gonzalez et al.,2000 ; Famiri , 2006). Par contre, il demeure supérieur à son homologue Tunisien (28,9 mm) (Aloui et al. 2006).

Au niveau national, le liège Oranais est nettement inférieur à celui du Centre et de l'Est du pays. Nous enregistrons respectivement (Fig.42):

- 24,30mm (Hafir, Zarieffet et M'Sila).
- 32,81 mm (Bejaia et Tizi Ouzou).
- 32,22 mm (Mila, Guelma, El Taref, Skikda, Jijel).

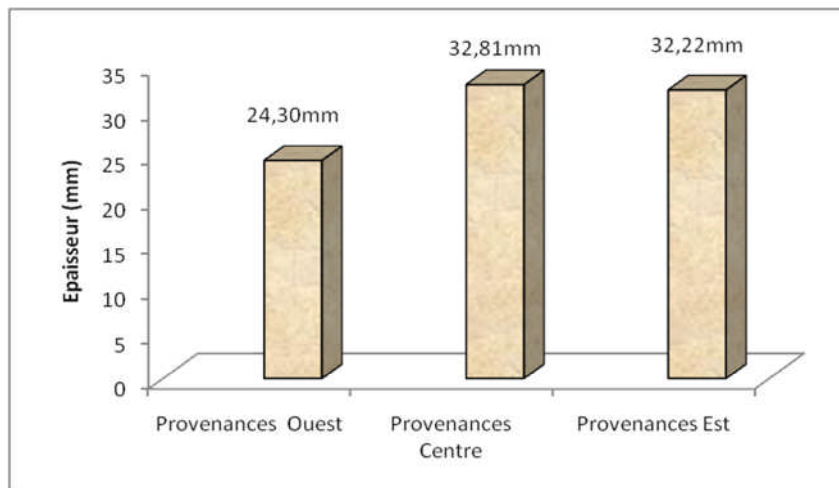


Figure 42: Variation du calibre du liège selon la provenance géographique (Provenance2)

En effet, le calibre d'une planche de liège est défini comme étant sa dimension dans le sens radiale, c'est la somme des couches générées par le cambium-phyllogène au cours d'une rotation (IPROCOR, 1994). Les limites des couches annuelles sont marquées par une zone de couleur foncée, formée par le liège d'été (Pereira et al, 1992).

Etant donné que la rotation de déliègeage est fixée pour tous les arbres d'une même parcelle, au moment de la récolte, on se retrouve devant des planches de différents calibres résultant de la variabilité intra-arbre et inter-arbre, cette variabilité est due principalement aux facteurs suivants (Natividade, 1956):

- ✓ Facteurs sylvicoles : Le traitement sylvicole ; âge de l'arbre et le mode de récolte préconisé.
- ✓ Facteurs du milieu : Ce sont les principales caractéristiques de la station tel que : les précipitations, la température, l'exposition, type de sol et l'altitude
- ✓ Facteurs génétiques.

IV.1.2- Etude des accroissements annuels

IV.1.2.1- Par provenance

L'accroissement annuel du liège est considéré comme un paramètre de valeur très importante parce qu'il régle les opérations d'exploitation et les utilisations ultérieures du liège. Cette quantité de suber produite durant 7 mois de chaque année n'est pas toujours stable, elle obéit aux calamités du milieu physique auquel sont sujets les arbres (Natividade, 1956 ; Ferreira et al. 1998).

L'existence de cycles de production de durée différente (âge) rend vaine toute tentative de comparaison entre provenances. Toutefois, cet obstacle a été surmonté en considérant seulement les 8 premières années de croissance complète qui sont communes l'ensemble des échantillons (Tab.22).

En se référant au tableau 21, nous remarquons que les accroissements moyens annuels varient d'une provenance à une autre et entre les échantillons de la même provenance. La moyenne générale enregistrée est de l'ordre de 2,90mm/an.

Les 10 provenances (**Provenance1**) mettent en évidence des différences très hautement significatives point de vue accroissements moyens annuels (Tab.21).

Tableau 21 : Analyse de variance de la variable accroissement moyen annuel

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	18,95	9	2,11	13,16	0,000	2,02
A l'intérieur des groupes	11,20	70	0,16			

De la figure 43 apparait clairement que les provenances de l'Est et du Centre s'individualisent par leurs accroissement importants ≥ 3 mm/an. En revanche, les individus de

l'Ouest possèdent des accroissements plus réduits, principalement Hafir et Zariéffet (>3mm/an).

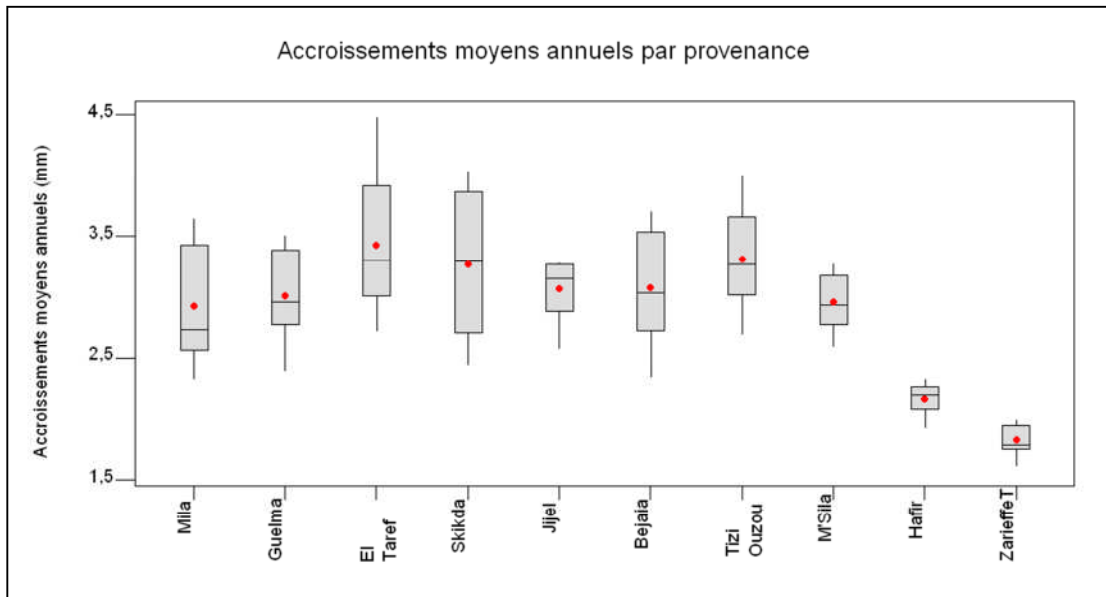


Figure 43: Répartition des accroissements annuels par provenance

Globalement, nous pouvons attester que pour un cycle de production homogène de 9ans (8 accroissements complets), les calas issus des provenances de l'Est et du Centre du Nord Algérien génèrent une croissance moyenne annuelle supérieure à celle de l'Ouest, soit une valeur moyenne de l'ordre de 3,43mm/an (El Taref) et 3,31mm/an (Tizi Ouzou) contre 2,16mm/an et 1,82mm/an (Hafir et Zariéffet).

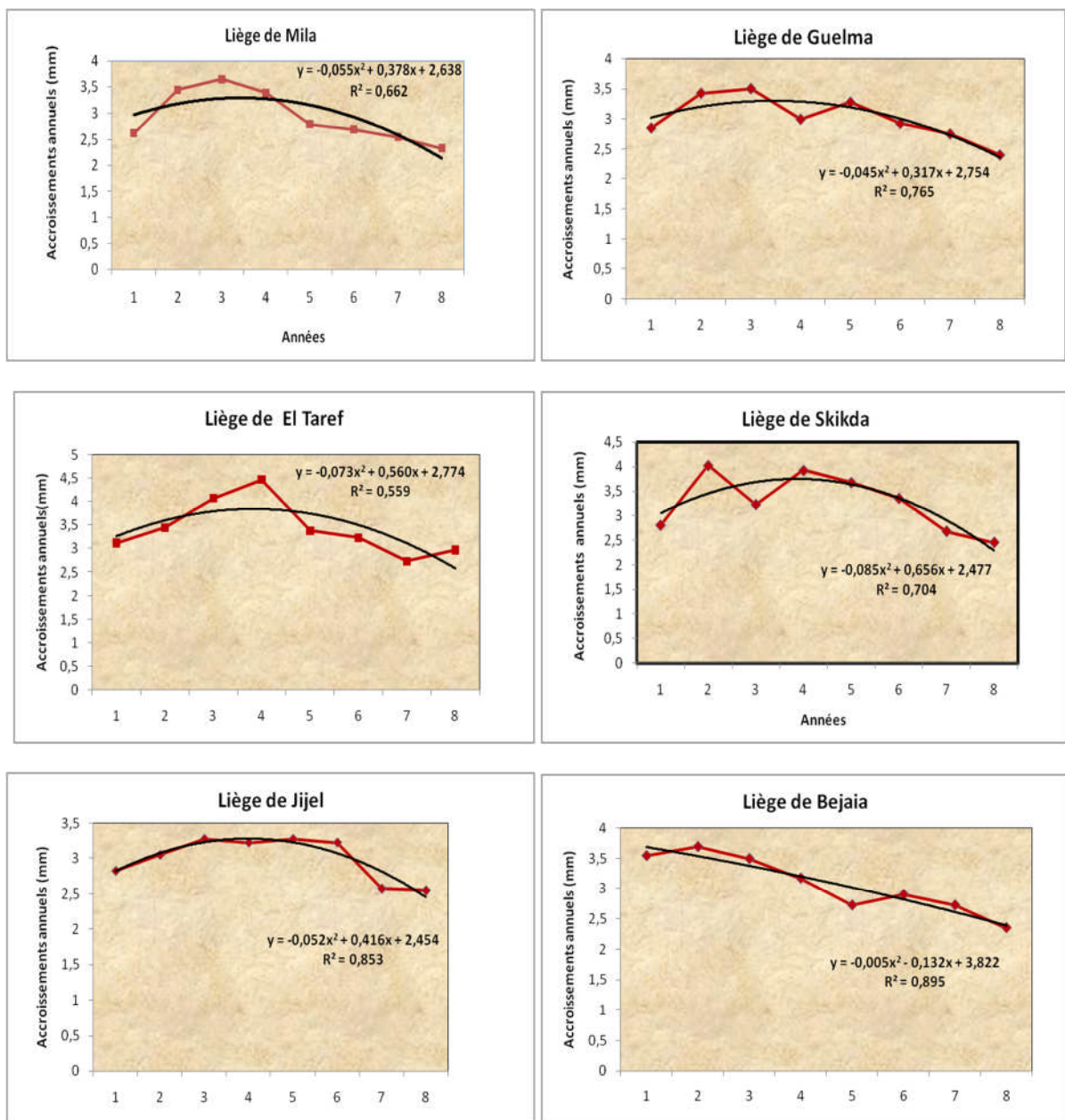
Tableau 22 : Croissance annuelle du liège prélevé dans les dix provenances, par année de croissance et comme moyenne annuelle dans un cycle de production de 9 ans (8 ans de croissance complète). Moyenne pour chaque provenance \pm l'intervalle de confiance.

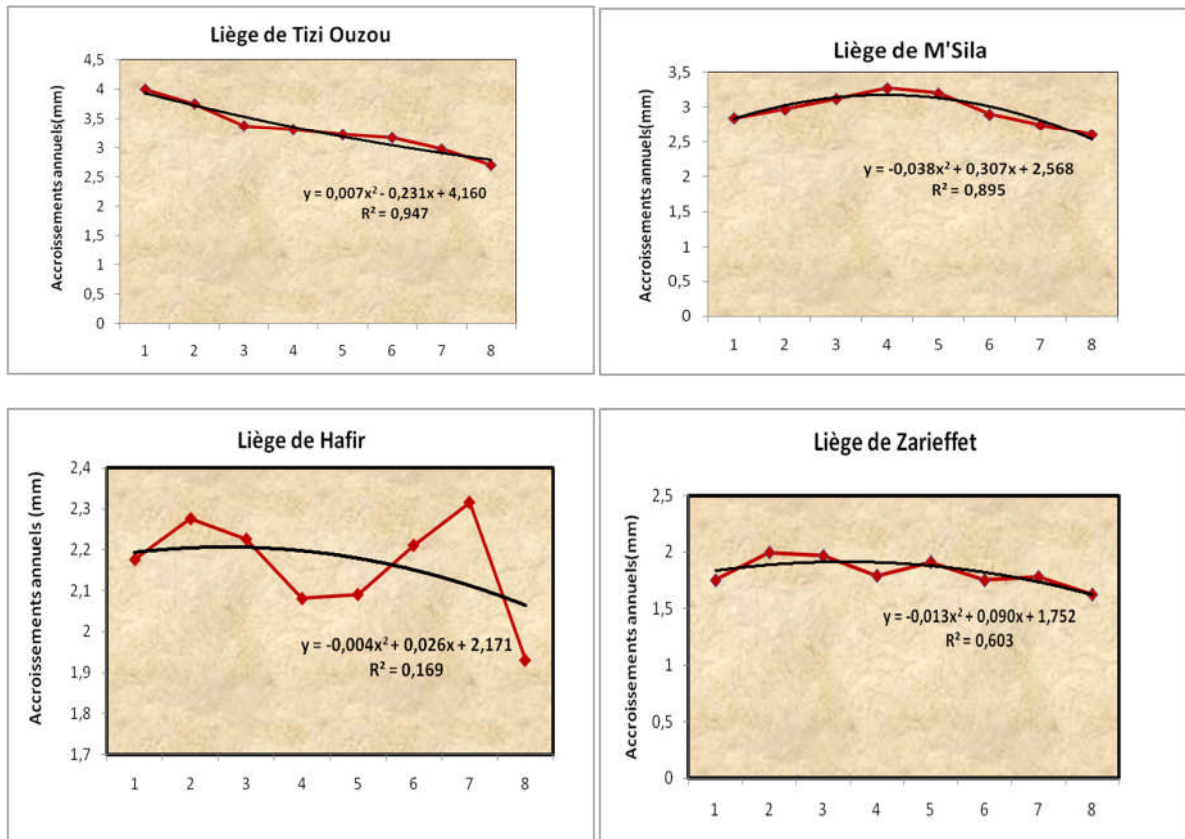
Provenance	Mila	Guelma	El Taref	Skikda	Jijel	Bejaia	Tizi - Ouzou	M'Sila	Hafir	Zarieffet	Moyenne
Croissance moyenne annuelle (mm/an)	2,92 \pm 0,53	3,01 \pm 1,01	3,43 \pm 0,99	3,27 \pm 0,37	3,06 \pm 0,56	3,07 \pm 0,24	3,31 \pm 0,50	2,96 \pm 0,46	2,16 \pm 0,47	1,82 \pm 0,22	2,90 \pm 0,41
Accroissements moyens annuels (mm)											
1 ^{ère} année	2,62 \pm 0,61	2,85 \pm 0,42	3,12 \pm 0,99	2,80 \pm 0,36	2,82 \pm 0,32	3,55 \pm 0,43	4,00 \pm 0,66	2,85 \pm 0,61	2,18 \pm 0,33	1,75 \pm 0,25	2,85 \pm 0,48
2 ^{ème} année	3,44 \pm 0,76	3,42 \pm 0,53	3,45 \pm 0,98	4,03 \pm 0,43	3,05 \pm 0,47	3,7 \pm 0,45	3,75 \pm 0,74	2,97 \pm 0,64	2,28 \pm 0,59	1,99 \pm 0,26	3,21 \pm 0,47
3 ^{ème} année	3,64 \pm 0,73	3,5 \pm 0,38	4,07 \pm 1,08	3,23 \pm 0,46	3,27 \pm 0,55	3,5 \pm 0,60	3,37 \pm 0,51	3,12 \pm 0,74	2,23 \pm 0,50	1,96 \pm 0,21	3,19 \pm 0,44
4 ^{ème} année	3,39 \pm 0,57	2,99 \pm 0,35	4,47 \pm 1,16	3,93 \pm 0,35	3,22 \pm 0,57	3,17 \pm 0,56	3,31 \pm 0,58	3,27 \pm 0,44	2,08 \pm 0,34	1,79 \pm 0,19	3,16 \pm 0,47
5 ^{ème} année	2,79 \pm 0,42	3,27 \pm 0,44	3,38 \pm 0,89	3,68 \pm 0,40	3,27 \pm 0,63	2,72 \pm 0,46	3,22 \pm 0,35	3,20 \pm 0,29	2,09 \pm 0,52	1,91 \pm 0,20	2,95 \pm 0,48
6 ^{ème} année	2,69 \pm 0,45	2,92 \pm 0,37	3,23 \pm 0,90	3,35 \pm 0,22	3,22 \pm 0,56	2,9 \pm 0,32	3,17 \pm 0,39	2,90 \pm 0,26	2,21 \pm 0,54	1,75 \pm 0,23	2,84 \pm 0,45
7 ^{ème} année	2,54 \pm 0,34	2,75 \pm 0,43	2,73 \pm 0,84	2,68 \pm 0,37	2,57 \pm 0,46	2,77 \pm 0,51	2,97 \pm 0,38	2,75 \pm 0,33	2,32 \pm 0,59	1,78 \pm 0,20	2,57 \pm 0,44
8 ^{ème} année	2,33 \pm 0,32	2,4 \pm 0,28	2,97 \pm 1,07	2,45 \pm 0,40	3,07 \pm 0,94	2,35 \pm 0,48	2,70 \pm 0,40	2,60 \pm 0,45	1,93 \pm 0,36	1,62 \pm 0,23	2,44 \pm 0,36

IV.1.2.2-Variation annuelle des accroissements

L'étude des variations annuelles des accroissements du liège pour les dix provenances (courbe de l'expérience) s'est portée à une comparaison aux courbes polynômiales de second degré (courbe théorique). En effet, à chaque fois que l'ajustement est parfait entre les deux courbes moins seraient les résidus et le pourcentage d'ajustement est important (degré d'information représenté par le coefficient de détermination R^2).

L'ajustement du modèle mathématique et de type $y = ax^2 + bx + c$ où y représente l'accroissement et x le temps exprimé en année (Fig.44).







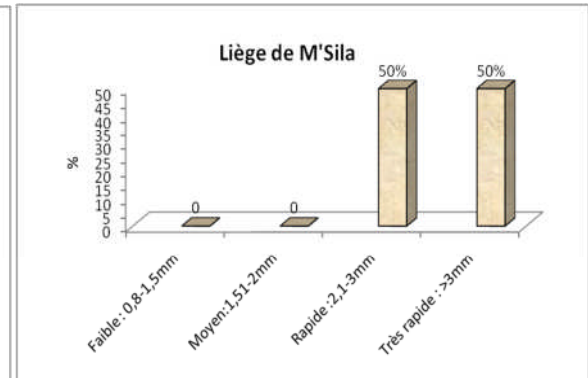
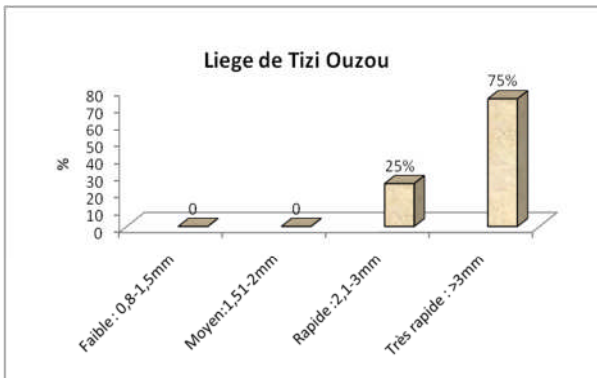
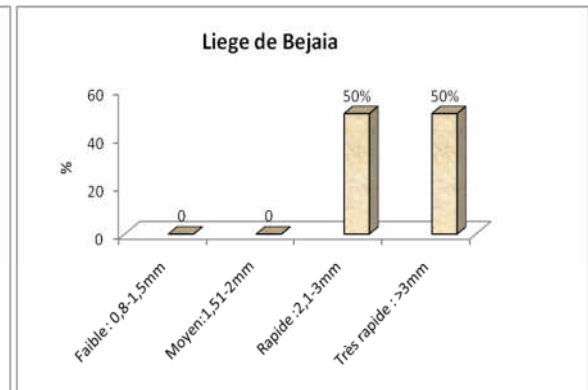
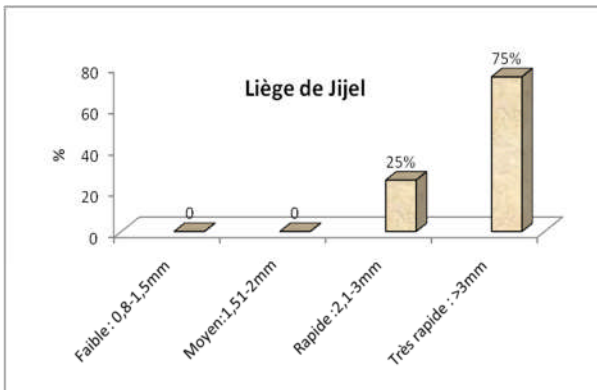
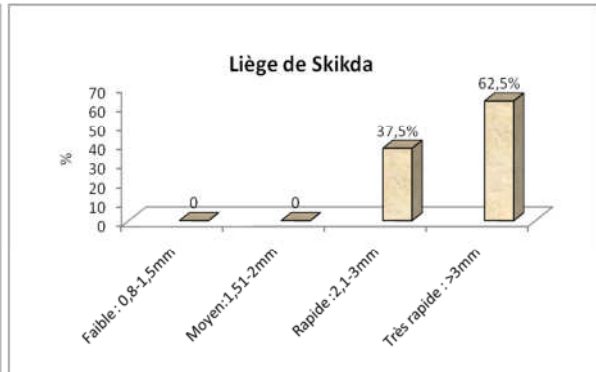
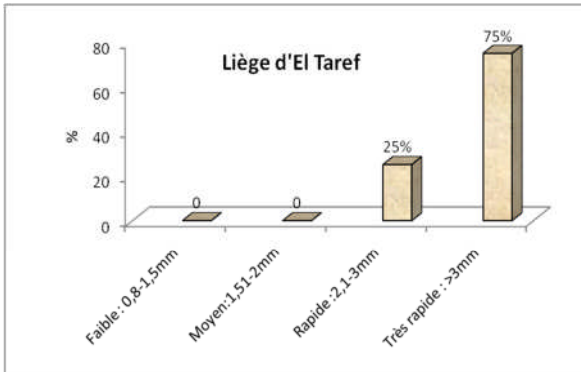
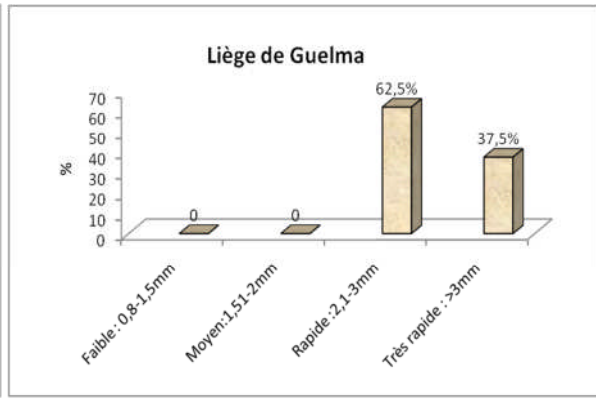
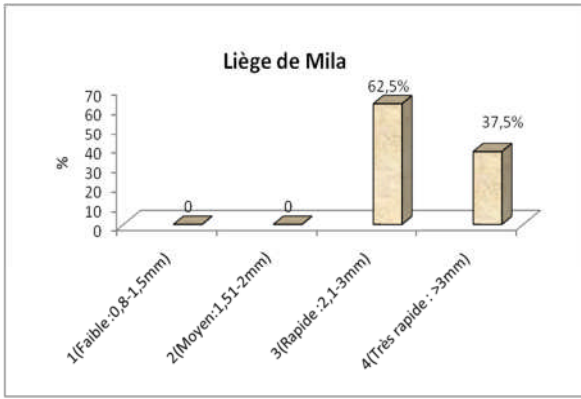
 Courbe de l'expérience  Le meilleur modèle d'ajustement déterminé par la méthode des moindres carrés

Figure 44: Ajustement mathématique entre courbe de croissance observée et théorique

En se référant aux différents graphes, nous constatons que les croissances annuelles du liège pour les dix provenances ne sont pas totalement ajustées à leurs modèles mathématiques respectifs. Dans un autre sens, les courbes théoriques représentant les conditions optimums de croissance (humidité satisfaisante, bon état sanitaire, richesse de la matière organique, bonne rétention hydrique...) varient des courbes de croissance issues de la réalité du terrain où s'accumulent tous les contrastes très souvent défavorables pour la production subéreuse.

IV.1.2.3- Le type de croissance

L'activité subéreuse des arbres n'est pas similaire pour l'ensemble des provenances. Les accroissements calculés se répartissent entre croissance annuelle faible, moyenne, rapide et très rapide. La figure 45 synthétise ce rythme de croissance sur les dix provenances.



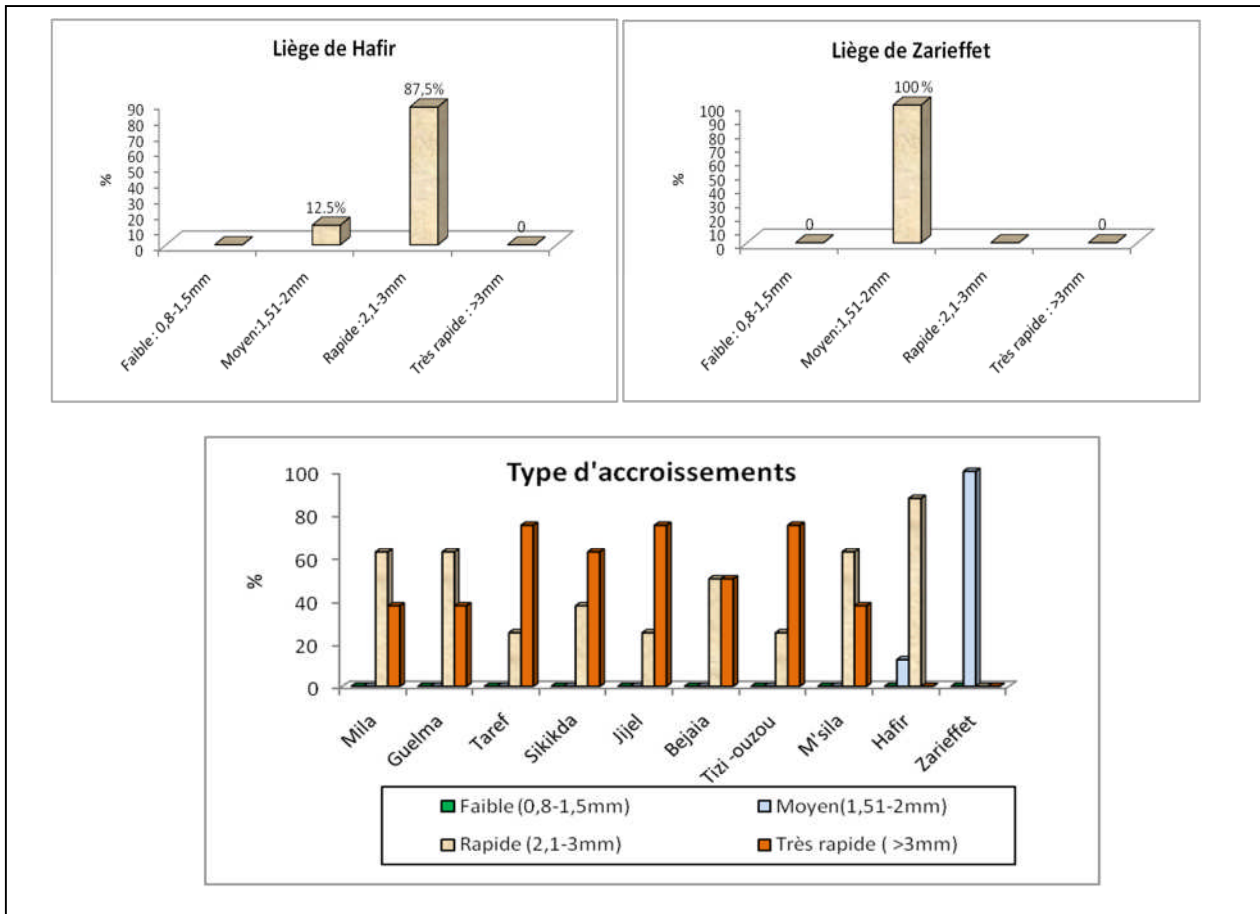
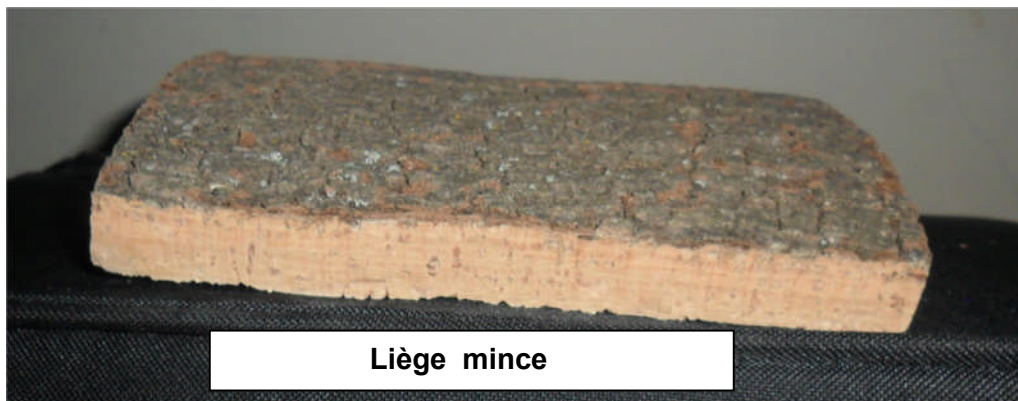


Figure 45 : Type de croissance annuelle pour les dix provenances

De la figure 45, nous observons que tous les échantillons des 10 provenances ont tendance à produire un suber se limitant entre accroissements de type rapide à très rapide à l'exception des échantillons de Hafir et de Zariéffet où dominent les accroissements de type moyen à rapide (Fig.46).



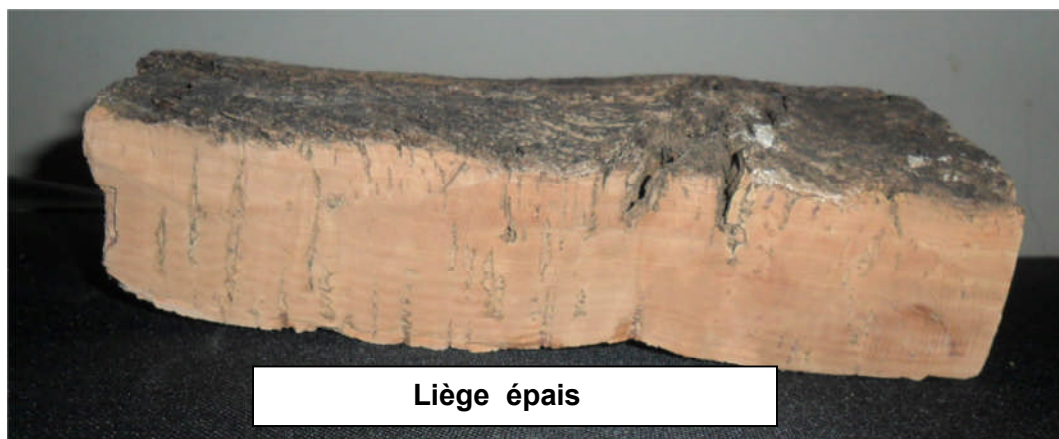


Figure 46: Type de croissance (haut : liège mince ; bas : liège épais) (Original)

De ce fait, l'indice d'accroissement calculé pour l'ensemble des provenances révèle une différence non significative entre les dix provenances (Tab.23 et Fig.47)

Tableau 23: Test de Kruskal –Wallis pour les indices d'accroissement

K (Valeur observée)	0,193
K (Valeur critique)	16,919
DDL	9
alpha	0,05

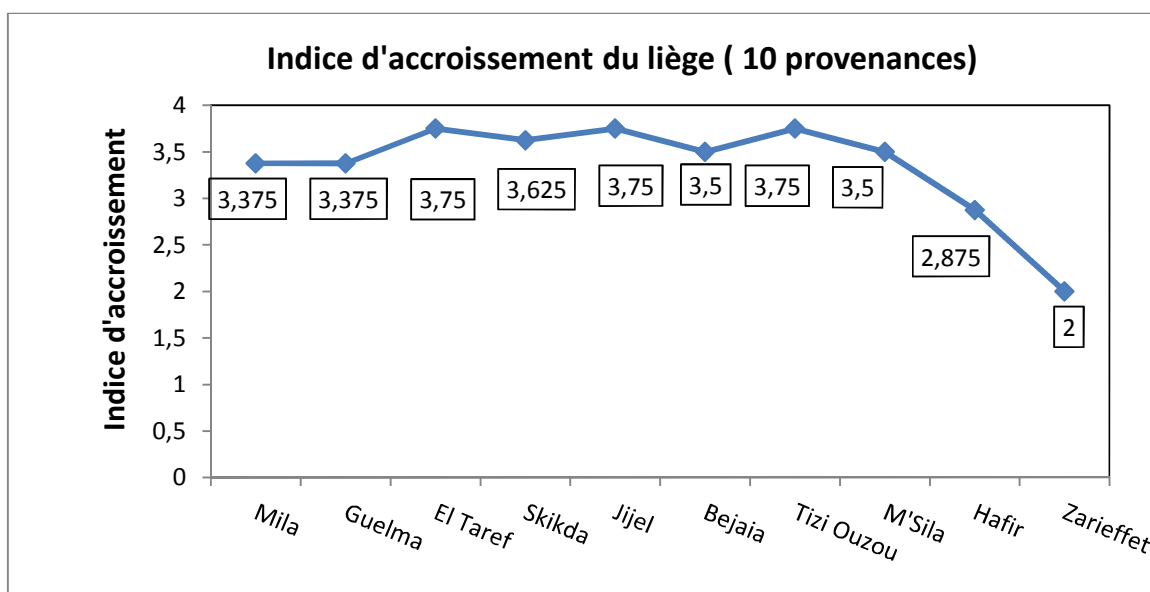


Figure 47: Indice d'accroissement du liège des dix provenances

De la figure 47, nous constatons que l'indice d'accroissement est très stable pour l'ensemble des provenances. Seules les provenances de Hafir et de Zariéffet se démarquent par des indices atténués

IV.1.2.4-Discussion de la variable accroissement annuel

La valeur moyenne (des accroissements annuels complets) enregistrée sur les dix provenances : 2,90 mm/an est similaire à celle citée dans le Projet de Recherche Européen (Corkassess, 2001), dans le cas du liège d'Andalousie et de la Catalogne (Espagne), se rangeant entre les limites de 2,0 - 4,8mm et dans le cas du liège de la Sardaigne, proche des limites de 2,3 - 2,8 mm. Par contre, elle semble aussi très inférieure au liège Portugais qui se range entre les limites de 3,8- 4,3 mm/an (Ferreira et al. 1998).

En effet, la régression très significative de la production nationale de liège durant les dernières vingt années est due essentiellement à une réduction de la superficie de la subéraie (50 %) mais aussi à d'autres facteurs d'ordre humain et naturels qui ont influé sur la croissance annuelle du liège dont nous citons particulièrement (Dehane, 2012) :

- Exploitation excessive de liège, déliégeages illicites et qualité médiocre de l'exploitation.
- Sécheresse continue, incendies répétés.
- Absence d'interventions sylvicoles appropriées contre l'embroussaillage, l'enrésinement, le vieillissement des arbres (plus de 61 % des peuplements sont âgés).
- Absence quasi-totale de régénération naturelle.
- Problèmes d'état sanitaire (dépérissement caractérisé par l'incapacité des arbres à reconstituer leur feuillage, leur cime deviennent plus clair à surface photosynthétique réduite).

Ces constatations sont très visibles dans le massif forestier Hafir-Zariéffet où juxtaposent des peuplements dégradés suite à l'effet récurrent des incendies (Zariéffet) et au vieillissement des arbres et à l'anthropisation (Hafir). Ces deux entités forment en réalité qu'une seule provenance et font partie de l'aire du liège mince où il est fréquemment connu de n'apercevoir que les calibres entre 18 et 26 mm aux accroissements faibles. Le liège marchand de 27 mm n'est atteint qu'après l'âge de 12 ans voire 15 ans en moyenne (Dehane et al. 2011).

Selon plusieurs auteurs, cette variation d'accroissements annuels est liée à la qualité de la station : les accroissements sont meilleurs dans les stations recevant une humidité

suffisante durant toute l'année et aux sols fertiles que celles à climat sec et aux sols pauvres (Montero, 1987; Montoya Oliver, 1988; Caritat et al. 2000).

Par contre d'autres auteurs signalent une variation de croissance suite au tempérament du chêne liège lui-même. Zéraia (1981) et Orgeas (1997) stipulent que dans les subéraies humides et denses, la production en liège est inférieure à celle du bois de 18,5 %. Sur les sites plus secs, ensoleillés et exposés au sud, la tendance est inverse et le liège dépasse de 13,5% la production annuelle de bois.

IV.1.3- Caractéristique générale de la qualité

IV.1.3.1- Les défauts du liège

Les estimations fournies par le procédé Calcor selon l'aspect visuel du liège mettent en évidence la présence d'une multitude de défauts qu'on trouve régulièrement sur le liège (Fig.48).

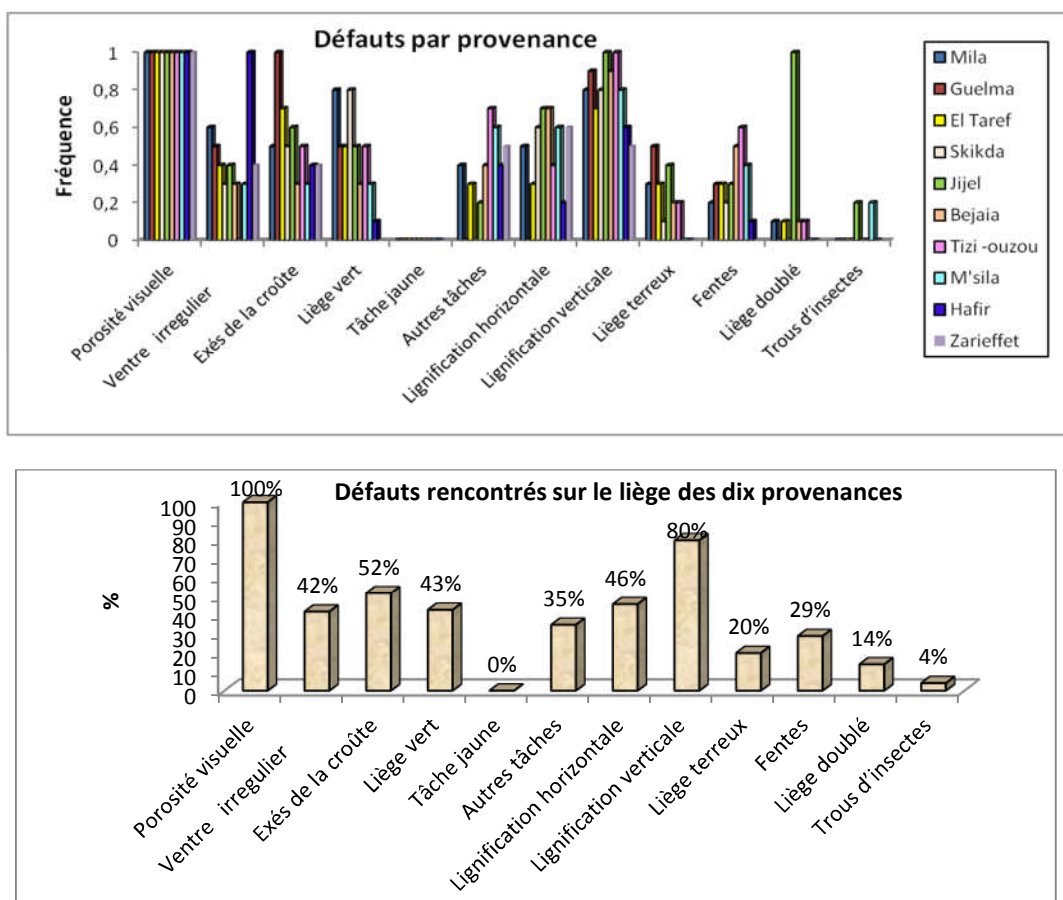
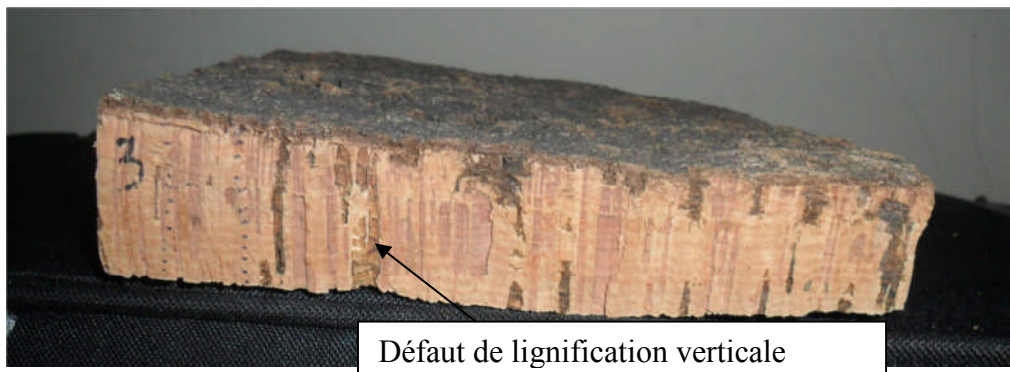
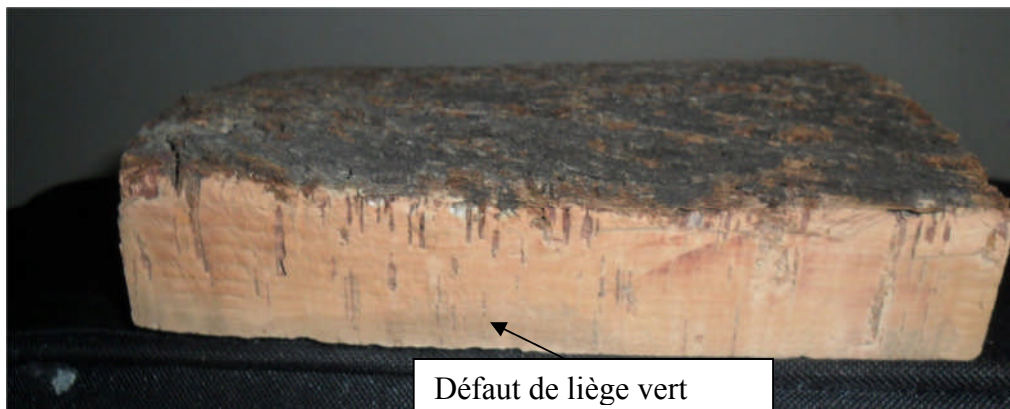
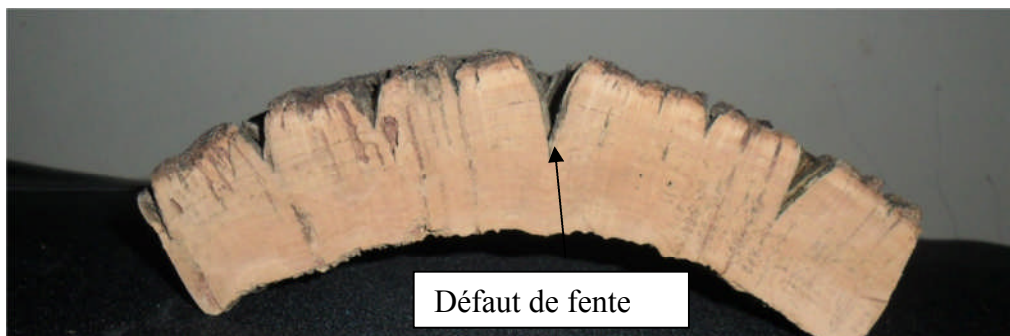
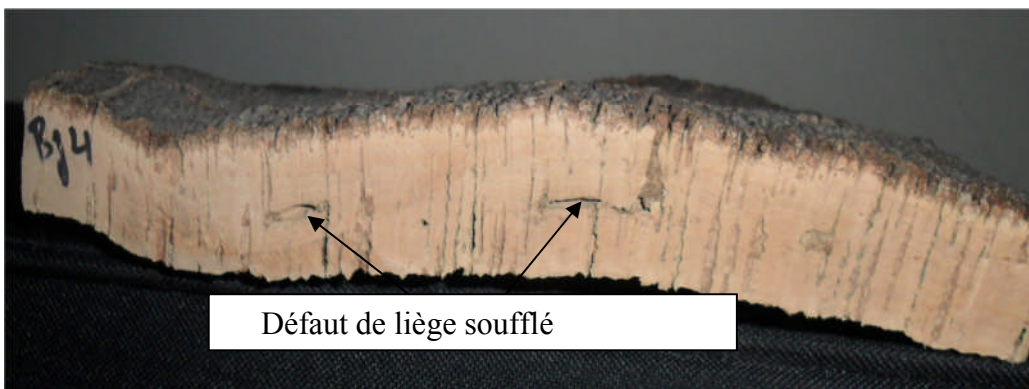
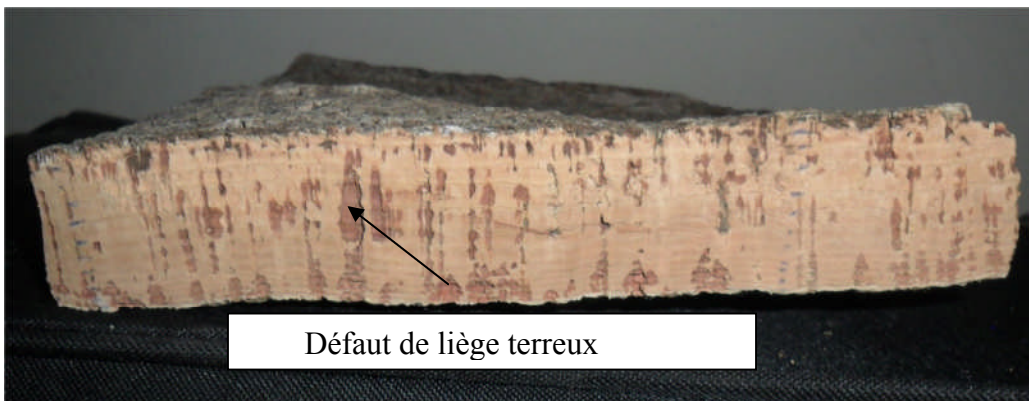
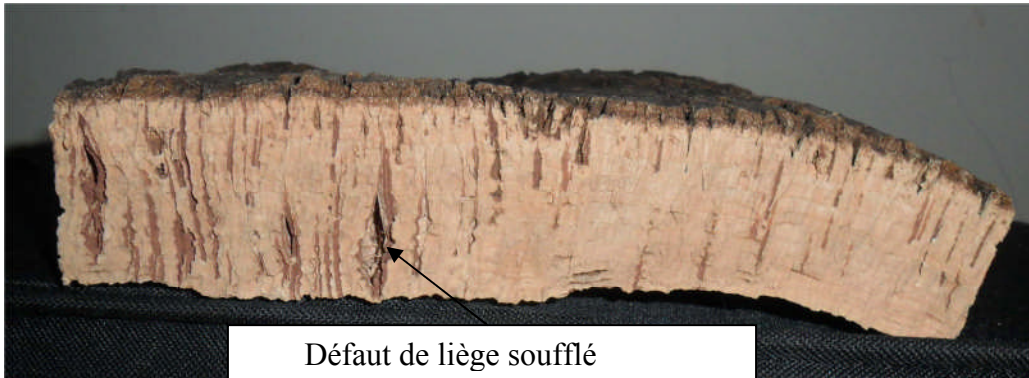
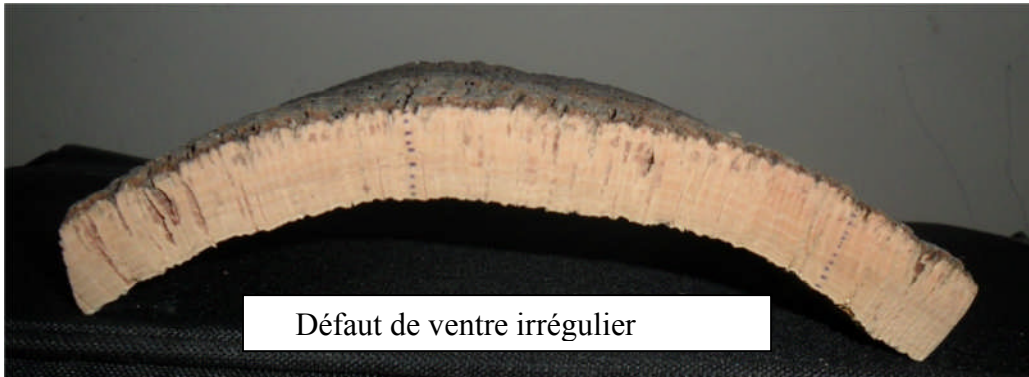


Figure 48: Répartition des défauts sur le liège (En haut : par provenance ; en bas sur les dix provenances).

D'après la figure 48, il apparaît claire que les dix provenances (**Provenance 1**) recèlent l'ensemble des défauts cités dans la bibliographie à l'exception de la tache jaune et du ver de liège.

La porosité visuelle de Roldao (1987) est présente sur l'ensemble des échantillons allant des lenticelles fines (6/4) aux larges (1/3). Les défauts de liège vert et terreux synonymes de liège de rebut détiennent entre 43% et 20% des échantillons. Le défaut de la lignification verticale est présent dans 80% des calas tandis que les anomalies liées aux lièges doublés et aux attaques d'insectes ne forment qu'un pourcentage infime de 14% à 4% (Fig.49).





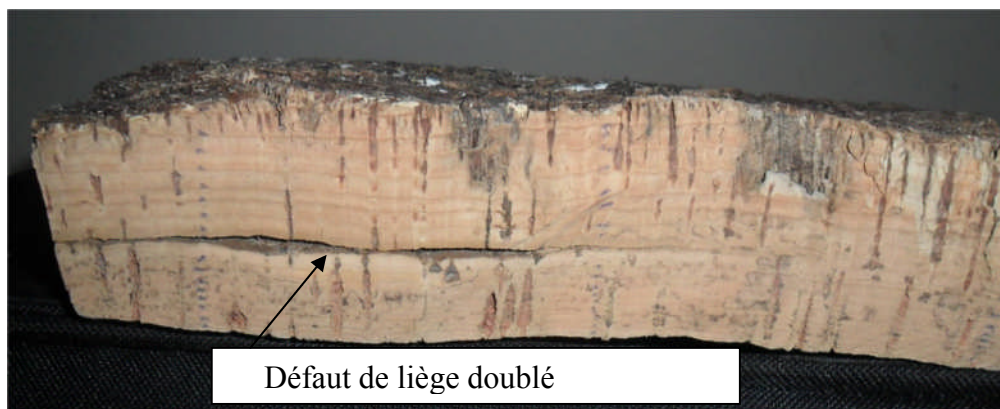


Figure 49: Exemples de défauts rencontrés sur les échantillons.

Ces constatations (des anomalies) nous ont permis de classer nos provenances par classes de qualité commerciale (Tab.24).

Tableau 24: Distribution des 10 provenances par classes de qualité commerciale, en % du total

	Mila	El Taref	Guelma	Skikda	Jijel	Bejaia	Tizi - Ouzou	M'sila	Hafir	Zarieffet	Moy.
Bonne (1a-3a)	10	30	50	30	-	60	50	40	100	90	46
Moyenne (4a-5a)	10	20	10	30	30	10	-	-	-	10	12
Faible (6a)	10	20	20	30	10	20	30	20	-	-	16
Rebut	70	30	20	10	60	10	20	40	-	-	26

Selon le tableau 24, nous observons que le liège de bonne qualité est dominant dans les suberaies de Zarieffet et de Hafir soit respectivement 90% et 100%. Les provenances de M'Sila, Tizi Ouzou, Bejaia et de Guelma détiennent respectivement 40% ,50% ,60% ,50% dans cette classe.

Le liège de qualité moyenne (4^a-5^a) est présent dans les provenances de Jijel et de Skikda de l'ordre de 30% chacune. En revanche, le liège de qualité faible (6^a) est réparti de manière plus ou moins équitable entre toutes les provenances à l'exemption de Hafir et de Zarieffet. Enfin, le liège de rebut semble majoritaire plus dans les provenances de Mila et de Jijel et de M'Sila soit respectivement des taux de l'ordre de 70% ,60% et 50% (Fig.50).

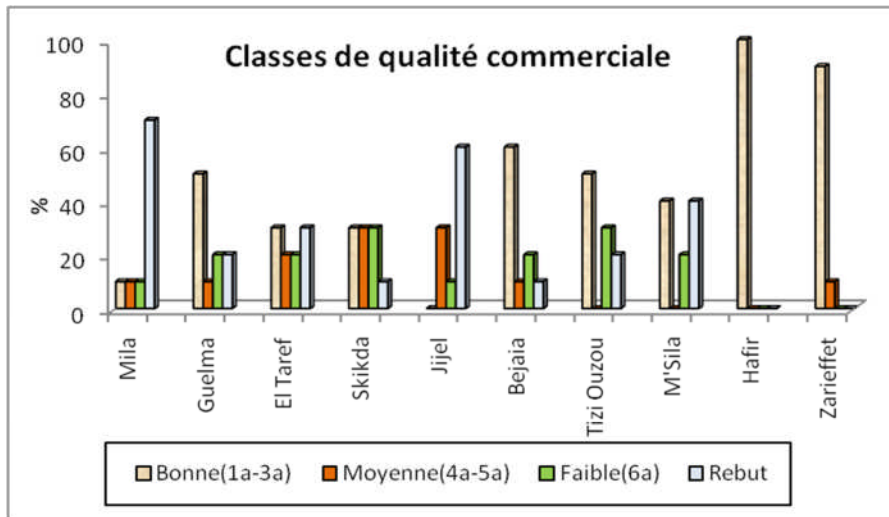


Figure 50: Répartition des classes de qualité commerciale par provenance

Globalement, pour les dix provenances, le liège de bonne qualité est majoritaire avec 46% du total général suivis du liège de rebut de 26%. Les lièges de moyenne et de faible qualité detiennent seulement 12% et 16% chacun (Fig.51).

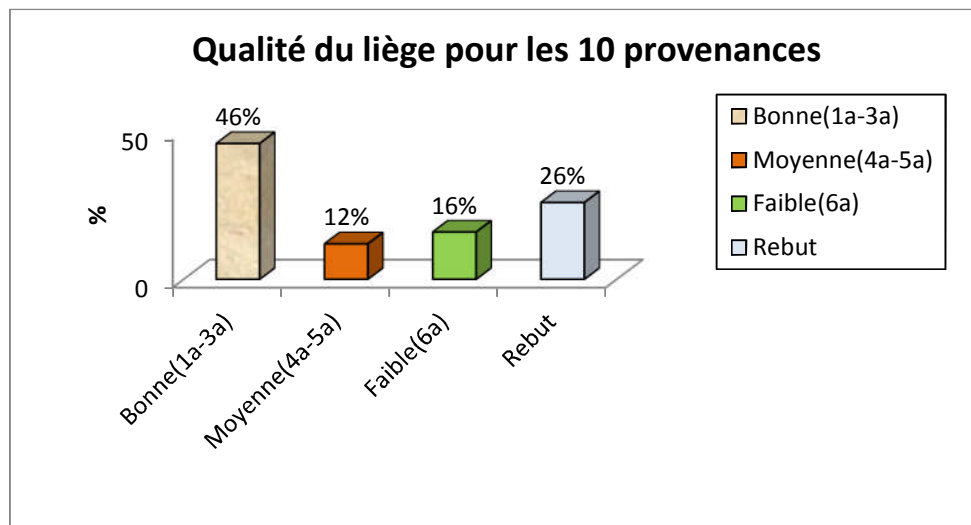


Figure 51: Répartition moyenne des classes de qualité sur les dix provenances

IV.1.3.2- Les indice de qualité

Les indices de qualité permettent aux gestionnaires comme aux professionnels du liège (industriels et négociateurs) d’avoir une idée correcte sur le prix réel d’une récolte sur arbre où sur des piles gisant sur terre. Les indices calculés par provenance selon la méthode de Cardillo (1997) sont illustrés dans la figure 52 :

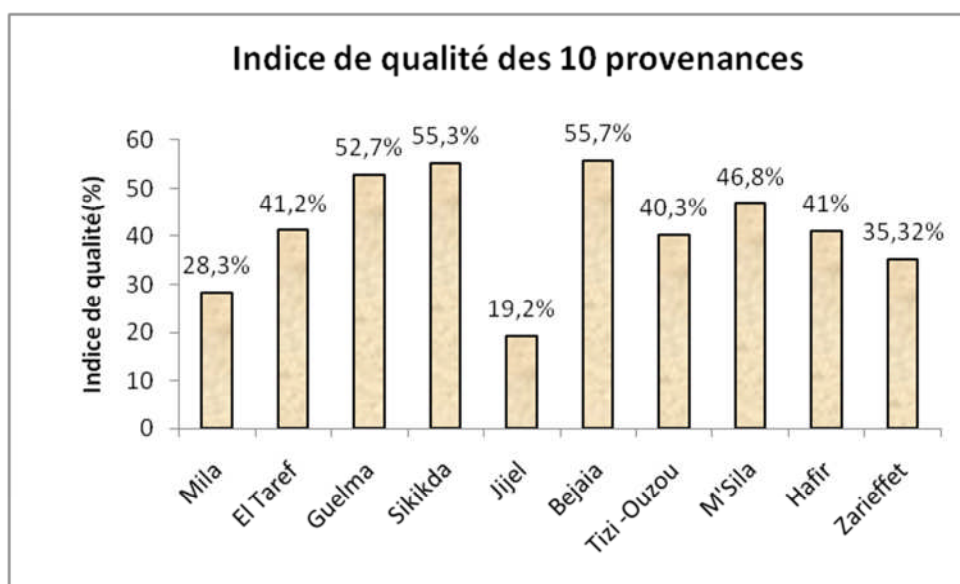


Figure 52: Indices de qualité calculés par provenance

De la figure 52, nous constatons que les meilleurs indices de qualité se situent au niveau des provenances de Guelma (52,7%), Skikda (55,3%), Bejaia (55,7%). Les autres provenances abritent plutôt des indices moyens à l'égard de Tizi Ouzou (40,3%), d'El Taref (41,2%), M'Sila (46,8%), Hafir (41%) et Zarieffet (35,32%). Par contre, Jijel et Mila comptabilisent les plus faibles indices avec seulement 28,3% et 19,2%. Le test statistique de Kruskal-Wallis enregistre une différence non significative entre les indices de qualité des dix provenances (Tab.25).

Tableau 25: Test de Kruskal-Wallis pour les indices de qualité

K (Valeur observée)	14,48
K (Valeur critique)	16,919
DDL	9
Alpha	0,05

IV.1.3.3-Discussion des variables de la qualité

Selon une analyse effectuée par les professionnels de liège durant l'époque coloniale, la qualité ce produit va en croissant de l'Est à l'Ouest Algérien. C'est-à-dire que les lièges de Bejaia sont meilleurs que ceux de Skikda et que ceux de Tlemcen sont plus supérieurs que ceux de Bejaia (G.G.A, 1927).

En effet, nos résultats s'intègrent dans cette analyse. Le liège de Hafir et de Zarieffet englobent les meilleurs taux de classes de bonne qualité par rapport aux autres provenances. Ce type de liège se caractérise par une croissance lente et par un grain fin sans défauts majeurs.

Dans le même contexte, des études génétiques et phytogéographiques récentes sur l'essence ont permis de confirmer l'existence des variations de l'ADN chloroplastique chez le chêne-liège dans l'ensemble de son aire de répartition (Lopez-Aljornaz et al. 2005 ; Lumaret et al., 2005). C'est ce que Natividade (1954) considère « une forme botanique différente pour chaque arbre de chêne liège ».

D'après Simeone et al. (2009), une telle situation est particulièrement forte en Algérie. Cette variation génétique est liée essentiellement à deux phénomènes dont l'un naturel, dû à l'introgession génétique entre le *Quercus rotundifolia* et le *Quercus suber*, l'autre économique, une conséquence du transport international des semences de différentes régions (principalement en raison des programmes de boisement des colons au cours du siècle dernier).

La variabilité enregistrée sur les échantillons de la même provenance et entre provenance point de vue qualité et fréquence des défauts ne peut être rattachée qu'au simple fonctionnement individuel des arbres (Tab.26).

Tableau 26 : Coefficients de variation enregistrés pour les classes de qualité et les fréquences de défauts par provenance

Provenance	Mila	El Taref	Guelma	Skikda	Jijel	Bejaia	Tizi – Ouzou	M'Sila	Hafir	Zarieffet	Moy.
Entre classe de qualité(%)	103,92	20,00	60,00	34,64	91,65	82,46	72,11	66,33	173,21	151,00	85,50
Entre fréquence de défauts(%)	72,57	99,14	75,18	98,31	62,27	80,37	84,19	78,14	113,00	112,38	87,56

Les valeurs du tableau 26 étayent l'interférence d'autres facteurs liés à la station où croissent les arbres. Cela concerne spécialement la présence du liège vert et les défauts de la porosité visuelle appelé communément les soufflures. Selon Lamey (1893) et Natividade (1956), ces anomalies sont corrélées directement à la croissance rapide du liège et à l'excès de l'humidité du sol et de l'air. Ces constatations sont visibles sur les provenances du Centre et de l'Est du pays que ceux de l'Ouest.

La présence d'autres défauts à l'instar du liège terreux et du liège lignifié sont aussi liés aux facteurs abiotiques tels que le stress hydrique et le manque de la matière organique dans le sol. Selon Bossuet (1988), une trop grande concurrence à l'intérieur des suberaies entraînerait une forte compétition des arbres entre eux, un faible état foliaire avec un faible accroissement du bois et du liège et une mauvaise qualité du liège.

En ce qui concerne les indices de qualité de liège, les résultats observés se sont soldés par une différence non significative entre provenance. En effet, le calcul de ces indices repose sur deux attributs que sont la classe du calibre et la classe de qualité. Les meilleurs indices qui détiennent le chiffre 100 sont ceux qui détiennent la meilleure classe de calibre (27-32mm et 32-40mm)) et aussi la meilleure classe de qualité (1^a-3^a). Par contre, les plus mauvais indices (avec le chiffre 7) sont liés d'une part aux classes de calibre réduit : 14-18mm et 18-22mm de la classe de qualité 6^a et aussi pour l'ensemble des autres classes de calibre et de qualité inférieure (classe de rebut).

De ce fait, les échantillons relevant des provenances de Guelma, Skikda, Bejaia enregistrent les meilleurs indices de qualité car ils renferment un taux important de classes de calibre de 27-32mm et 32-40mm associées aux classes de première qualité (1^a-3^a). Par contre, les provenances de Hafir et de Zarieffet contiennent plus les calibres réduits (18-22mm) liées aux classes de bonne qualité. Enfin, les provenances de Mila et de Jijel détiennent les plus faibles indices du fait de l'importance du liège de rebut malgré les calibres supérieurs.

Afin de bien situer l'influence de la zone naturelle d'origine (la provenance) sur les indices de qualité, une analyse de variance (ANOVA2) a été réalisée en regroupant la variable dépendante (indice de qualité) aux deux autres variables explicatives qui sont la **provenance 2** et la qualité (l'aspect visuel).

Pour se faire, les dix provenances ont été regroupées en 3 grandes provenances géographiques de la façon suivante :

Q1 : Bonne (1^a-3^a).

Q2 : Moyenne (4^a-5^a).

Q3: Mauvaise (6^a).

Q4 : Rebut.

EST : Provenances de Mila, Guelma, El Taref, Skikda et Jijel

CENTRE : Provenances de Bejaia et de Tizi-Ouzou

OUEST : Provenances de M'Sila, Zarieffet et de Hafir.

Les résultats de cette analyse sont regroupés dans les tableaux 27 et 28.

Tableau 27 : Statistique descriptive de la provenance 2 et la qualité (l'aspect visuel)

Variable dépendante: **indice de qualité**

Provenance	Qualité	Moyenne	Ecart type	Nombre
CENTRE	Q1	70,09	30,41	11
	Q2	60,00	.	1
	Q3	24,00	8,00	4
	Q4	7,00	0,00	3
	Total	49,89	35,14	19
EST	Q1	84,58	23,10	12
	Q2	49,00	15,19	8
	Q3	28,00	0,00	8
	Q4	7,00	0,00	20
	Total	36,89	34,03	48
OUEST	Q1	44,38	24,92	21
	Q2	30,00	.	1
	Q3	17,33	9,23	3
	Q4	7,00	0,00	4
	Total	35,93	25,71	29
Total	Q1	61,77	30,84	44
	Q2	48,20	15,24	10
	Q3	24,80	6,63	15
	Q4	7,00	0,00	27
	Total	39,17	32,10	96

Tableau 28: Test entre les effets inter-sujets pour les indices de qualité

Variable dépendante : **Indice de qualité**

Source	Type III somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Sig.
Model corrigé	68418,545(a)	11	6219,86	17,69	0,000
Intersection	49753,377	1	49753,37	141,549	0,000
Provenance	2440,506	2	1220,253	3,472	0,036
Qualité	45068,864	3	15022,955	42,740	0,000
Provenance * Qualité	4557,853	6	759,642	2,161	0,055
Erreur	29525,445	84	351,493		

a R carré = 0,699 (R carré ajusté =0,659)

Selon le tableau 28, nous observons une différence hautement significative entre les indices de qualité ($F= 17,69$; $p<0,000$).

En effet, la provenance ($p<0,05$) comme la qualité ($p< 0,001$) tiennent une influence significative sur les indices de qualité. L'inter-action entre ces deux facteurs est d'effet négatif ($p>0,05$). Le model mathématique explique une grande partie de cette variabilité (R^2 ajusté =0,659) (Fig.53).

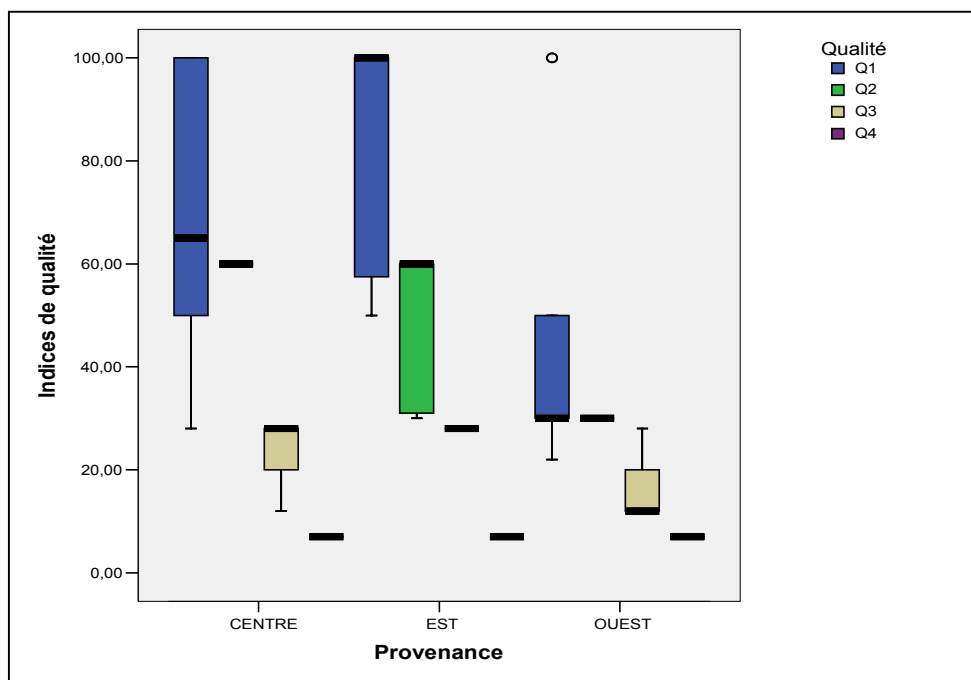


Figure 53: Distribution des indices de qualité selon la provenance

Effectivement, la provenance 2 (Est-Centre et Ouest) influe sur les indices de qualité du fait que le calibre et la qualité (défauts) sont liés plus aux facteurs de croissance et aux conditions écologiques sur lesquelles les arbres végètent. Les deux provenances Est et Centre forment sur le terrain un seul tenant de 150 000 ha et subissent le même climat (sub-humide et humide). La région Ouest ne constitue pas de véritables suberaies contigües mais des taches éparpillées à climat convergeant plus vers l'agressivité (sub-humide et semi-aride).

Le test de Tukey pour un niveau de signification $\alpha = 0,05$ rassemble les deux régions géographiques Est et Ouest dans un seul groupe du fait de l'importance du liège de rebut dans le premier groupe et du liège mince dans le second groupe. Le liège de l'Est s'individualise du fait de l'équilibre parfait entre les meilleurs calibres et les meilleurs classes de qualité (Tab.29).

Tableau 29: Comparaisons multiples suivant le test de Tukey (provenance2)

Provenance	Nombre	Groupes	
		1	2
OUEST	29	35,9310	
EST	48	36,8958	
CENTRE	19		49,8947

D'autre part, logiquement la qualité semble influencer aussi sur les indices de qualité ($p < 0,000$) du fait que les meilleurs débouchés industriels accompagnent les calas aux calibres épais avec des défauts moindres (plus d'élasticité et d'imperméabilité et moins de porosité et de lignification).

Le test de Tukey pour un niveau de signification $\alpha = 0,05$ rassemble les deux classes Q1 (bonne qualité) et Q2 (qualité moyenne) en un seul groupe du fait que ces deux qualités délivrent sur le marché un produit qui nécessite pas des travaux supplémentaires lors des confections des bouchons à l'égard du colmatage et autres. Les deux autres classes (6^a et le rebut) restent séparées du fait de la faible valeur économique de ces deux qualités sur le marché du liège (Tab.30).

Tableau 30: Comparaisons multiples suivant le test de Tukey (Classes de qualité)

Qualité	Nombre	Groupe		
		1	2	3
Q4	27	7,00		
Q3	15		24,80	
Q2	10			48,20
Q1	44			61,77

Enfin, l'interaction de la provenance et de la qualité s'est montrée nulle ($P > 0,05$) du fait que l'ensemble des provenances et aussi les classes de qualité ont tendance à abriter les meilleurs comme les mauvais indices de qualité.

IV.1.4- Caractéristiques physiques

Les résultats de calcul de la densité volumétrique pour l'ensemble des provenances sont illustrés dans le tableau 31 :

Tableau 31: Moyenne de la densité volumétrique enregistrée sur les 10 provenances (kg/m³)

	Mila	Guelma	El Taref	Skikda	Jijel	Bejaia	Tizi Ouzou	M'Sila	Hafir	Zarieffet	Moy.
Moy.	323,19	263,12	299,61	289,42	280,97	310,32	263,81	262,21	308,93	306,04	290,76
Ecart type	49,31	16,28	50,21	57,15	46,69	42,78	40,59	26,27	56,43	94,76	
CV (%)	15,26	6,19	16,76	19,75	16,62	13,79	15,39	10,02	18,26	30,96	

D'après le tableau31, nous constatons que pour l'ensemble des échantillons des dix provenances, la densité dépasse les 260 kg/m³. Ceci représente une densité de type forte soit une moyenne globale de l'ordre de 290kg/m³. L'analyse de variance atteste une différence non significative entre provenance et entre les échantillons de chaque provenance (Tab.32)

Tableau 32: Analyse de variance de la variable densité volumétrique

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	44790,49	9	4976,72	1,84	0,07	1,98
A l'intérieur des groupes	242953,68	90	2699,48			

Afin de mieux cerner l'influence de la provenance sur la densité, une autre analyse statistique (test de Student) a été réalisée en fusionnant l'ensemble des provenances en deux groupes (**Provenance 3**) :

- Les provenances de montagne.
- Les provenances de littoral.

Les résultats de cette analyse sont mentionnés dans le tableau 33 :

Tableau 33: Statistique descriptive de la variable densité volumétrique

Variable	Observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Densité Littoral (kg/m ³)	50	199,626	428,090	288,509	46,920
Densité Montagne (kg/m ³)	50	182,147	508,083	293,016	60,502

D'après le tableau 33, nous observons que la moyenne de la densité dans les provenances de montagne ($293,01 \text{ kg/m}^3$) dépasse celle des provenances du littoral ($288,50 \text{ kg/m}^3$). Par contre, le test de student enregistre une différence non significative ($t_{\text{obs}} = 0,42$; $\text{ddl}=98$; $p=0,69$) (Fig.54).

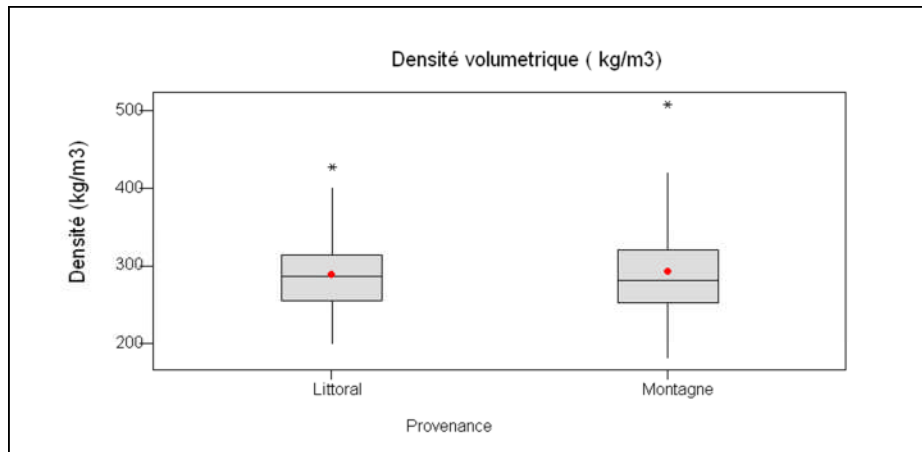


Figure 54: Variation de la densité volumétrique par provenance 2

IV.1.4.1-Discussion de la variable densité

En effet, la densité moyenne comporte des valeurs élevée du fait que c'est un liège brut non bouilli. Cette moyenne ($290,76 \text{ kg/m}^3$: ($288,50-293 \text{ kg/m}^3$)) est inférieure à celle de Ferreira et *al.* (1998) pour la région de Alcacer do Sol, au Portugal ($315-320 \text{ kg-m}^3$). Par ailleurs, nos valeurs semblent supérieures à celles présentées par Aloui et *al.*,(2006) pour le liège Tunisien ($237,9 - 268,7 \text{ kg-m}^3$) et de Mourad et *al.*,(2001) pour le liège Marocain ($285-288 \text{ kg/m}^3$).

En effet, plusieurs auteurs se rejoignent sur le fait que la variation de la densité du liège est affectée par de nombreux facteurs principalement : la provenance et la présence des défauts, en particulier la porosité (González-Adrados et *al.* 2000; Fortes et *al.* 2004).

En littoral, le liège acquiert rapidement sa maturité au cours de 7 ans à 9 ans, ce qui lui confère une tendance à la porosité et par conséquent la densité est plus liée aux pourtours des pores qui sont très lignifiés que les parois cellulaires qui sont minces et de grande taille.

En montagne, la lenteur de croissance s'accompagne par des cellules de petite taille et par conséquent d'une porosité amoindrie. La densité dans ce type de liège est plus liée aux poids des parois cellulaire qui sont lourdes (Cáceres Estéban et *al.* 2009, Dehane, 2012). Cette constatation s'applique à nos provenances.

Conclusion générale

En Algérie sylvatique, la répartition spatiale et géographique du chêne liège repose depuis jadis sur les caractéristiques géomorphologiques et les spécificités climatiques du Nord Algérien. Ces deux paramètres ont généré sur le terrain deux types différents de peuplements : un bloc continu qui s'amorce du Tell Central et s'étale à l'Est du pays jusqu'à la Kroumirie en Tunisie. L'autre moins important, s'éparpille dans le Nord –Ouest Algérien sous forme de taches insignifiantes est très souvent en individus très reliques. Cette mosaïque écologique a eu une influence capitale sur la croissance radiale et subéreuse au fil des siècles. Le *Quercus suber* de l'Ouest Algérien suit une tendance totalement différente à celle du Centre et de l'Est du pays d'où la notion de provenance s'impose comme une condition sine qua non avant toute étude. En effet, à travers les résultats obtenus sur l'ensemble des paramètres étudiés sur les 100 échantillons de liège de 20x20cm et représentant dix provenances du Nord Algérien, nous concluons que :

- Les calibres varient significativement d'une provenance à une autre ($p < 0,0001$).
- Le calibre perd 25% de son intensité dans les provenances de l'Ouest (Hafir, Zarieffet et M'Sila) que celles du Centre et de l'Est soit une moyenne de l'ordre de 24,30mm contre 32,5 mm.
- Les meilleures classes de calibre (32-40mm) utilisées dans les diverses applications industrielles émanent des provenances de l'Est et du centre du pays avec un taux moyen de 60%. Les provenances de l'Ouest (Hafir et Zarieffet) abritent plus le liège mince (60%).
- Les accroissements moyens annuels des 10 provenances diffèrent très significativement ($p < 0,000$) entre les échantillons de l'Est (3,13mm/an) (El Taref, Jijel, Skikda, Guelma et Mila) , ceux du Centre (3,19mm/an) (Tizi Ouzou et Bejaia) et de l'Ouest (2,31 mm/an) (M'Sila , Zarieffet et Hafir).
- Les provenances de l'Est et du Centre se caractérisent par des accroissements annuels de type rapides à très rapides tandis que ceux de l'Ouest sont moyens à rapides.
- Les indices d'accroissements suit le même cheminement, plus stables dans les provenances de l'Est et du Centre et atténués dans ceux de l'Ouest.

- Les dix provenances recèlent l'ensemble des anomalies rencontrées fréquemment sur le liège à l'exception de la tache jaune et du ver de liège.
- Le liège de bonne qualité est dominant dans les provenances de Hafir et de Zariéffet (90% et 100%). Le rebut semble majoritaire plus dans les provenances de Mila et de Jijel et de M'Sila soit respectivement des taux de l'ordre de 70% ,60% et 50%.
- Les indices de qualité se montrent statiquement non différents entre provenances (lieu dit) malgré les faibles valeurs de Jijel (28,3%) et de Mila (19,2%). Géographiquement parlant, ces indices semblent plus influés par la provenance quand on évoque la zone naturelle d'origine (Ouest, Centre et Est).
- Physiquement la densité volumétrique n'enregistrent pas une différence entre échantillons ($p>0,05$) et aussi quant on évoque la provenance de l'aire du chêne liège (provenances de montagne et provenances de littoral) .

Conclusion générale et perspectives

En Algérie sylvatique, la répartition spatiale et géographique du chêne liège repose depuis jadis sur les caractéristiques géomorphologiques et les spécificités climatiques du Nord Algérien. Ces deux paramètres ont généré sur le terrain deux différents types de peuplements : un bloc continu qui s'amorce du Tell Central et s'étale à l'Est du pays jusqu'au la Kroumirie en Tunisie. L'autre moins important, s'éparpille dans le Nord –Ouest Algérien sous forme de taches insignifiantes est très souvent en individus très reliques. Cette mosaïque écologique a eu une influence capitale sur la croissance radiale et subéreuse au fil des siècles. Le *Quercus suber* de l'Ouest Algérien suit une tendance totalement différente à celle du Centre et de l'Est du pays d'où la notion de provenance s'impose comme une condition sine qua non avant toute étude. En effet, à travers les résultats obtenus sur l'ensemble des paramètres étudiés sur les 100 échantillons de liège de 20x20cm et représentant dix provenances du Nord Algérien, nous concluons que :

- Les calibres varient significativement d'une provenance à une autre ($p < 0,0001$).
- Le calibre perd 25% de sa croissance dans les provenances de l'Ouest (Hafir, Zariéffet et M'Sila) que celles du Centre et de l'Est soit une moyenne de l'ordre de 24,30mm contre 32,5 mm.
- Les meilleures classes de calibre (32-40mm) utilisées dans les diverses applications industrielles émanent des provenances de l'Est et du centre du pays avec un taux moyen de 60%. Les provenances de l'Ouest (Hafir et Zariéffet) abritent plus le liège mince (60%).
- Les accroissements moyens annuels des 10 provenances diffèrent très significativement ($p < 0,000$) entre les échantillons de l'Est (3,13mm/an) (El Taref, Jijel, Skikda, Guelma et Mila) , ceux du Centre (3,19mm/an) (Tizi Ouzou et Bejaia) et de l'Ouest (2,31 mm/an) (M'Sila , Zariéffet et Hafir).
- Les provenances de l'Est et du Centre se caractérisent par des accroissements annuels de type rapides à très rapides tandis que ceux de l'Ouest sont moyens à rapides.
- Les indices d'accroissements suivent le même cheminement, plus stables dans les provenances de l'Est et du Centre et atténués dans ceux de l'Ouest.
- Les dix provenances recèlent l'ensemble des anomalies rencontrées fréquemment sur le liège à l'exception de la tache jaune et du ver de liège.
- Le liège de bonne qualité est dominant dans les provenances de Hafir et de Zariéffet (90% et 100%). Le rebut semble majoritaire plus dans les provenances de Mila et de Jijel et de M'Sila soit respectivement des taux de l'ordre de 70% ,60% et 50%.
- Les indices de qualité se montrent statiquement non différents entre provenances (lieu dit) malgré les faibles valeurs de Jijel (28,3%) et de Mila (19,2%). Géographiquement

parlant, ces indices semblent plus influencés par la provenance quand on évoque la zone naturelle d'origine (Ouest, Centre et Est).

- Physiquement, la densité volumétrique n'enregistre pas une différence entre échantillons ($p > 0,05$) et aussi quand on évoque la provenance 3 ou l'aire du chêne liège (provenances de montagne et provenances de littoral).

En grosso modo, la haute valeur écologique, historique et sociale des ces massifs forestiers nous oblige à les perpétuer aux générations futures dans un état de santé et une structure forestière équilibrée, en appliquant des critères et des techniques scientifiques correctes et cohérentes avec les particularités productives de cette espèce. En effet, notre contexte forestier subéricole ne s'éloigne pas en forme à celui des autres pays méditerranéens notamment l'Espagne, l'Italie et le Portugal ; ce sont pratiquement les mêmes contraintes défavorables du milieu (sécheresse prolongée, surpâturage, incendies fréquents...).

Les perspectives citées ci-dessous découlent directement du programme de recherche « **PNC-SUBTHEQUE** » entamé par Mr Dehane depuis 2012 :

Le **Plan National des Calas et de la Suberotheque** concernera chaque conservation détonante dans son territoire des suberaies, et aura pour but principal l'extraction annuelle (à l'approche des opérations de levée) des calas du liège de 20 x20 cm à 1,30m du sol. Les objectifs escomptés à court terme (2 ans) sont les suivants :

- Soutenir la création d'un système de suivi et d'évaluation simplifié de l'état suberaies faisant partie des prérogatives habituelles des agents de services de forêts.
- Réorganisation des opérations de démasclage au profit d'un bon repérage de la provenance des calas à l'échelle du canton ou des stations.
- Redimension spatiale (cartographie) des suberaies aptes à fournir un produit commercialisé.
- Création d'une banque de données fiable au niveau des conservations et des circonscriptions pour les générations futures, il s'agit de la Subérothèque du liège.

Les objectifs espérés à moyen terme (6 ans) sont les suivants :

- Division des suberaies selon leurs potentialités économiques et productives où ce qu'on appellera « La spécialisation culturelle ». L'analyse minutieuse de chaque calas selon des procédés scientifiques appropriés, permettra la situation de tel canton ou telle suberaie selon un indice de qualité. Il sera question de classer chaque entité selon deux attributs économiques bien définis :
 - Région subéricole d'élite.
 - Région subéricole secondaire.
- Les retombées immédiates sont la formation d'un personnel forestier qualifié dans le domaine de la technologie du liège.

- **Abbas M.,2013-** Incidence économique des feux de forêts sur les suberaies. Journées d'Etude sur : La Réhabilitation des Subéraies Incendrées et Reboisements. Tlemcen les 16 et 17 Janvier 2013.
- **Abdendi, Z.E.A ,2003 -**Le dépérissement des forêts au Maroc :Analyse des causes et stratégie de lutte. Science et changement planétaires/Sécheresse, vol.14,n°4,209-218.
- **Agence Nationale d'Aménagement du Territoire,2004-** Schéma National d'aménagement du Territoire.
- **Almeida A., et Tomé M.,2008-**Sistema para a Predição do Crescimento da Cortiça.Silva Lusitana 16(1), Lisboa(Portugal), pp 83-95.
- **Aloui A., Ajaibi A et Benhamadi N., 2006-**Etude de la qualité du liège de reproduction des suberaies d'Ain Draham.Actes du séminaire «Gestion intégrée des forêts de chêne liège et de pin d'Alep : Ann.INRGREEC.
- **Amandier, L., 2002 :** La suberaie : biodiversité et paysage.Vivexpo biennale du liège et de la forêt méditerranéenne. Colloque biodiversité et paysage, Vivès,(Perpignan). 5p .
- **APCOR,2013 -** APCOR year book.Guide,83p.
- **Lepoutre B., 1965 -** Régénération artificielle du chêne-liège et équilibre climacique de la subéraie en forêt de la Mamora. *Ann. Rech. Forest.* Rabat, 9, 1-86.
- **Artigues R. , Lepoutre B., 1967 -**Influence du sol et de la densité du peuplement sur la faculté de rejeter du Chêne-liège en forêt de la Mamora. Sans pagination.
- **Baradat, P.H., 1986-** Variabilité génétique et système de reproduction. Rev. For. Fr. n° spécial, Ed., l'ENGREF.,pp 26-37.
- **Battandier, J.A., Trabut, L., Flagey,C., Debray, F. & Petit, P., 1893 :** Flore de l'Algérie: contenant la description de toutes les plantes signalées . Edi. Ballières et fils, pp. 825-822.
- **Benabadji1, N.et Bouazza M., 2000-**Quelques Modifications Climatiques Intervenues dans le Sud-Ouest de l'Oranie (Algérie Occidentale). Rev. Energ. Ren. Vol.3(2000).pp.117-125.
- **Benabid A., 2000 -** Flore et écosystème du Maroc .Evaluation et préservation de la biodiversité. Ibis Press, Paris, 359p.
- **Bossuet G., 1988 :** Production, mise en valeur, transformation et commercialisation : Sylviculture et amélioration de la suberaieVaroise.*Forêt méditerranéenne* X.n°01, pp 162-163
- **Bouchafra, A., & Fraval, A.,1991 -** Présentation du chêne liège et de le subéraie .In Villement C. et Fraval A. : La faune du chêne liège. Actes Editions, Rabat, 26 p.
- **Boudru, M.,1989 -** Forêt et sylviculture : traitements des Forêts. Les Presses Agronomiques de Gembloux, Belgique, 356 p.
- **Boudy P., 1950 :**Economie forestière Nord –Africaine. Monographie et traitement des essences. Tome II, Fascicule 1, Larose Ed., Paris.525p.
- **Boudy., 1952 :** Guide du forestier en Afrique du Nord, Paris. Maison rustique, 509p,94 fig.1.Carte.
- **Bouhraoua, R.T, 2003 -**Situation sanitaire de quelques forêts de chêne liège de l'Ouest algérien. Etude particulière des problèmes posés par les insectes.Thèse.Doct.Dept.Foret.Fac.Sci. Univer.Tlem, 267p.
- **Cáceres Esteban, M.J., Garcia-Vallejo, M.C., Garcia de Ceca, J.L. & González-Adrados, J.R.2009-** Relación entre el aspecto visual, la densidad y la composición química del corcho.5e Congresso Forestal Espanol.8p.
- **Camus A., 1938 –** Les chênes lièges Encyclopédie économique de sylviculture. Ed. le Chevalier, Paris, Tome 4, pp 459-663.
- **Cardillo 1997, El mapa de calidad del corcho de Extremadura.** In: H. Pereira (ed):

- **Caritat, A., Gutierrez, E. & Molinas, M., 2000-** Influence of weather on cork-ring width. *Tree Physiology* 20, pp.893-900.
- **CGMW/UNESCO 1990 :** d'après la Carte Géologique Internationale de l'Afrique (feuille n°2), pour le Nord de l'Algérie et document SONATRACH, écorché au toit du Paléozoïque, pour la Plate-forme Saharienne.
- **Chawyer M., et Pizzali M, 2005-** L'utilisation de la glace sur les bateaux de pêche artisanale. FAO Document technique sur les pêches. N°436. Rome..118p.
- **Code international des pratiques subéricoles, 2006- IPEOCOR., 120p.**
- **Corkassess, 2001-** Field assessment and modeling of cork production and quality. Final report. Contract FAIR.C97.1438. Brussels European Commission Research Directorate General, Life Sciences Agriculture Agro-Industry; Fisheries and Forestry.
- **Corticeira Amorim., 2006-** Cap sur le développement durable. Rapport de développement durable.
- **Courtois, M. & Masson, P., 1999 -** Relation entre la qualité du liège, sa composition minérale et la composition minérale des feuilles du chêne-liège (*Quercus suber* L.). *Ann. For. Sci.* 56, pp. 521-527
- **Daget, Ph., 1977-** le bioclimat méditerranéen, caractère généraux, méthodes de classification, *Végétatio*, 34, 1, pp.1-20.
- **Dagnelie, P., 1973-** Théorie et méthodes statistiques : Applications agronomiques. Vol. 1, la statistique descriptive et les fondements de l'interférence statistique. Les presses Agronomiques de Gembloux, Gembloux, 377 p.
- **De Martonne, E., 1926 -** Une nouvelle fonction climatologique : l'indice d'aridité. *La météo.* pp.449-459.
- **Debrach, J., 1953 :** Notes sur les climats du Maroc occidental. *Maroc médical* 32(342), pp.1122-1134.
- **Dehane, B., 2012-** Incidence de l'état sanitaire du chêne liège sur les accroissements annuels et la qualité du liège de deux suberaies oranaises : M'Sila (w.Oran) et Zariéffet (w.Tlemcen). Thèse. Doct. Dept. Forest. Fac.Sci., Univ.Tlemcen , 293 p.
- **Dehane, B., 2006 :** Incidences des facteurs écologiques sur les accroissements annuels et la qualité du liège de quelques suberaies du Nord-Ouest algérien. Thèse.Mag.Dept.Forest.Fac.Sci. Univ.Tlemcen, 129p.
- **Dehane, B., Bouhraoua, R.T., Gonzalez-Adraras, J.R., Belhoucine, L., 2011-** Caractérisation de la qualité du liège selon l'état sanitaire des arbres par la méthode d'analyse d'image. Cas des forêts de M'sila et de Zariéffet (Nord-Ouest de l'Algérie). *Forêt méditerranéenne t.XXXII, n°1*, pp.39-50.
- **Dehane, R. Bouhraoua, L. Belhoucine et F. Z. Hamani, 2013-** La filière liège entre passé et présent. *Forêt méditerranéenne t. XXXIV, n° 2, pp.143.152.*
- **Dehane, B., 2014-** Article sous presse.
- **DGF, 2010-** Bilan annuel de la production du liège par wilaya. 1p.
- **Durant P., Gelpe J., Lemoine B., Riom J. et Timbal J., 1983 -** Le dépérissement du chêne pédonculée dans le Pyrénées-atlantiques. *Rev.For.fr.*, 3(5). pp.357-368.
- **EL Aantry Tazi S., Abourouh M et Aafi a., 2008-** Etat des connaissances scientifiques sur les subéraies : bilan et perspectives. *Ann. Rech. For. Maroc. Tome spécial 39 : 9-18.*
- **Emberger L., 1955 -** Une classification biogéographique des climats. *Nat.Monsp.Série Bot.* 7. pp 3-42.
- **Emberger, L., 1942-** UN projet de classification des climats du point de vue phytogéographique. *Bull.Soc.Hist.Toulouse.* 77, pp.97-124.
- **F.F.S.L., 1992-** *Charte des bouchonniers liégeurs.* Paris.6p.
- **Cork Quality Council, 2004-** "Visual Grading Standards. C.Q.C.Sans pagination.
- **Famiri, A., 2006-** Etude de la qualité du liège de reproduction. Programme PRAD 2005-2007, 6^{ème} école des sciences Technologiques du bois, Rabat(Maroc).22p.

- **Ferreira A., Lopes F., Periera H., 2000**-Caractérisation de la croissance et la qualité du liège dans une région de production.Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia.*Ann.for.Sci.*N°57.INRA, EDP Sciences.Lisboa.pp187-193.
- **Ferreira A., Lopes F., Periera H., 1998**-Variabilidade da produção qualidade da cortiça na região de Alcacer do Sal.Sobreiro e cortiça.Ed H.Pereira,pp.70-78.
- **Fortes, M.A., 2004**- A cortiça, revista mensal editada pelo Instituto de Produtos Florestais,que se publica desde 1938, pp. 35-60.
- **Fos, S., Pérez-Rovtra, Barreno P. & E.,1994**- Crecimiento radial del corcho en los alcornoques españoles: relaciones entre anatomía y bioclima.*Congreso Espagnol*,pp.177-182.
- **Foucard,J.C,1994** - Filière pépinière de la production à la plantation. Edit. Tec.Doc.,Paris,417p.
- Fritts, H.C.1976 - Tree Rings and Climate. Academic Press, New York ,576 p.
- **G.G.A. ,1927** - Instruction sur les travaux d'exploitations dans les forêts de chêne liège.96p.
- **García De Ceca, J.L., González-Adrados, J.R., Simón-Serfaty, J.L., 2001**- "Visual evaluation of cork anomalies to grade cork planks by thickness/quality". Congreso Mundial do Sobreiro e da Cortiça.Resumen de comunicaciones.
- **Gausson H. et Bagnouls F., 1953**- Saison sèche et indice xéothermique. Bull. Hist. Nat.Toulouse,88(3-4),pp 193-239.
- **Gibson, L.J., Easterling, K.F. & Ashby,M. F., 1981**-The structure and mechanics of cork. Proc. Roy. Soc. London A 377,pp. 99-117.
- **González-Adrados, J.R., González Hernández, F. and Calvo, R.2000**- "La predicción del calibre del corcho al final del turno y su aplicación al muestreo de la producción." Inv. Agr. Sis. y Rec. For. 9(2),pp.363-374.
- **Groupe formation continue Luminy, 2009**- Fiche Procédé Constructif. Groupe Coopératif Matériaux Envirobat Méditerranée .6p
- **Guerfi, 2000**,-Contribution à 'étude de la reconstitution de la suberaie et de son cortège floristique après incendies dans la région Texenna.Mem.ing. Anglo.INA.,74p +Annexes.
- **Hadjiat K., 1997**- Etat de dégradation des sols en Algérie. Rapport d'expert PNAE, Banque Mondiale, 45p.
- **Harrachi, K., 1996**- Effects intégrés de certains facteurs intervenant dans la dégradation de la suberaie de Mamora. Résumés des communications. Colloque National sur le Dépérissement des Forêts au Maroc. Rabat.
- **ILLY G., 1966** - Recherche sur l'amélioration génétique du pin maritime. Ann. Sc. For. Tome XXIII, Fascicule 1.Ed, Georges Thomas, Nancy; 769-1007pp.
- **IPROCOR, 1994** -Metodo de estimacion de la calidad Del Corcho en Campo, in : Formation continue sur la qualité du liège. 27juin -1^{er}juillet 1994, ENFI Salé, Maroc.
- **ISO, 2005**-«Cork: Vocabulary». Draft of international Standard ISO.DIS 633:2005.Sans pagination
- **Jakamon M.,1987** –Guide dendrologie : arbres, arbustes, arbrisseaux des forêts Françaises. T 2, ENGRERF, Nancy.256p.
- **Kazi Tani N.,1986** - Evolution géodynamique de la bordure nord-africaine : le domaine intra-plaque nord-algérien : approche mégaséquentielle. Thèse 3e cycle, Université de Pau.
- **Kemisol, 2005** - Le comportement au feu. Documentation technique V 2.0. pp.49-52.
- **Lamey A.,1893**-Chêne liège : sa culture et son exploitation.levrault et C^{ie},Nancy.pp 168-209.

- **Lavarde , 2009-** Groupe Coopératif Matériaux Envirobat Méditerranée. Fiche Procédé Constructif.6P.
- **Letreuch,-Belarouci., A., 2010-** Caractérisation structurale des suberaies du Parc National de Tlemcen, régénération naturelle et gestion durable.These.Doct.Dept. Forest. Fac.Sci.,Univ. Tlemcen , 211p.
- **Lepoutre. B., 1965-**Regénération artificielle du chêne liège et équilibre climatique de la Suberaie en forêt de la Mamora.Ann.Rech.Forest.Rabat,9,pp.1-86.
- **López Aljornaz, A., Gómez, A., Pintos, B., Martín, JP., Aguinagalde, I. & Bueno, M.A. 2005** - Characterization of cork oak (*Quercus suber* L.) genetic resources for tree improvement. The Role of biotechnology,pp.159-160.
- **Lumaret, R., Tryphon-Dionnet, M., Michaud H., Sanui A., Ipotesi E., Born C. & Mir C. 2005-**Phylogeographical variation of chloroplast DNA in cork oak (*Quercus suber*). Ann. Bot.96, pp. 853-861.
- **Maire,R. ,1961-**Flore de l’Afrique du Nord.Vol.7.Paul Lechevalier.Paris.329p.
- **Melo B., Pinto R., 1994** -Análise de diferenças nos critérios de classificação qualitativa das rolhas.Cortiça 601,pp.293-302.
- **Messaoudenne, M., 1996-**Chêne zéen et chêne afares. La forêt Algérienne, N°1, pp.18-25.
- **Messaoudène, M., 2000** - Réflexion sur la structure des peuplements de chêne liège (*Quercus suber* L.) en Algérie. Revue Forêt Algérienne N°3 :5-9.
- **Messaoudene, M. et Metna, B. ,2010-** Etude de la qualité du liège des subéraies orientales de Tizi-Ouzou.Oilb-2010.17p.
- **Montero,G., 1987-**Modelos para cuantificar la producción de corcho en alcornocales en función de calidade de la estación y de los tratamientos selvícolas.I.N.I.A.Série Tesis .Doctorales,277p.
- **Montoya Oliver,J.M., 1988-**Los Alcornocales,Ministerio de Agricultura Pesca y alimentación.Série.Manuales Tecnicos SEA.Madrid,155p.
- **Morad M., Fechtal,A., El Abid A.,Adref, M.,2001-**Qualité du liege de reproduction du plteau d’Oulmes.Ann.Recg.For.Maroc.T(34),pp.119-127.
- **NatividadeV.J., 1956-**Subericulture.Ecole national des eaux et des forêts.Nancy.281p.
- **Nsibi, R., Souayha, N., Khouia, L.M. & Bouzid, S., 2006** : La régénération naturelle par semis de la suberaie de Tabarka - Aïn Draham face aux facteurs écologiques et anthropiques. Geo-Eco-Trop 30.1, pp.35-48.
- **.Orgeas, J., Bonin G.,1997** - Variabilité des nutriments foliaires de *Quercus suber* L. dans différentes situations écologiques dans le massif des Maures (Var, France) et relations avec la production de liège, Ann. Sci. For. 53, pp. 615-624.
- **Osendat , P,1982-** les végétaux dans la biosphère. Ed. DOIN. Paris , pp207-208.
- **Ouldmohoub,S., 2005-**Gestion multi-usage et conservation du patrimoine forestier: Cas des Suberaie du Parc National d’El Kala(Algérie).Série "Master of science" CIHEAM-IAMM.N°78.129p.
- **Ozenda,P.,1975-**La température, facteur de répartition de la végétation en montagne.Ann.Biol.,3°série,T.31,pp.294-311.
- **Palmarev, E. 1989-** Paleobotanical evidences of the tertiary history and origin of the Mediterranean sclerophyllous dendroflora. *Plant Syst. Evol.* 162: pp.93-107.
- **Pereira, H., 1982** : Studies on the chemical composition of virgin and reproduction cork of *Quercus suber* L. Anais do-instituto superior de Agronomia (Lisboal). Vol. XL : 17-25.
- **Pereira, H., 1988-** Chemical composition and variability of cork from *Quercus Suber*
- **Pereira, H., Gracia J., Baptista C., 1992** -The effet of growthrate on the structure and comprehensive properties of cork. IAWA bulletin n.s., 13 (4) : 389-396.

- **Pereira, H., Lelo B., Pinto R., 1994-** Yield and quality in the production of cork stoppers, *Holz als Roh-und Werkstoff* 52, 4, 211-214.
- **Pereira H., Lopez F., Gracia J., 1996-** The evolution of the quality of cork plants by image analysis-holzforshung, 50: 111-115.
- **Pereira H., 2007-**Cork: Biology, production and uses. Elsevier, Oxford, UK.329p
- **Pes A., 1983 -**Le liège dans l'industrie œnologique. Communication tenue au XXXVIII Congrès National des œnologues. Sardaigne, Foire Internat. de Cagliari : 703-709.
- **Peyrimhoff, P., 1941-**Carte forestière de l'Algérie et de la Tunisie.Imp., Bacconier Frères, Alger.70p.
- **Quézel, P.& Santa S., 1962-**Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome 1, CNRS, Paris.565p.
- **Quézel P., 2000-**Reflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press, Paris, 117p.
- **Remy N., 2008-**Acoustique des salles. Cresson. École d'architecture de Grenoble.15p.
- **Richard,O., 1987-** La croissance du chêne-liège. *For. médit.* ,10juillet 1988 :169-171.
- **Riffard O., Sisco, S., Bernot, Y.Christophe J., 2008-**Guide technique pour la gestion des forêts du chêne liège en Corse.ODARC. 52p.
- **Rivas-Martinez, S.,1981-**Définition et localisation des écosystèmes Méditerranéenne. Coll. De l'OTAN. *Ecologie Mediterranea*,7,pp.275-288..
- **Roldao,M.,1987-** Qualidade da Cortica,Boletim do instituto dos productos Florestais,583,pp.17-18.
- **Rosa, M.E., Fortes M.A., 1991:** Deformation and fracture of cork in tension. *Journal of Materials Science letters*, 26: 271-360.
- **Rousset, A., 1858 -**“De l'exploitation et de l'aménagement des forêts de chênes-lièges en Algérie”, REF, octobre, novembre et décembre, pp. 253-264, 297-308 et 341-353.
- **Saccardy L., 1937:** Notes sur le chêne liège et le liège en Algérie. *Bull. de la Science*
- **Sampaio, A ,1988 -**Le liège « Production, mise en valeur , transformation et commercialisation », *Forêt Méditerranéenne* ,Tome X , n°1, pp.156 -190.
- **Santos Pereira, J., Burgalho, M.N. & Caldeira M.C., 2008 :** From the cork oak to cork. A sustainable systeme. APCOR(Portugal). 44p.
- **Sauvage., 1961-**Flore des suberaies marocaines (Catalogues des Cryptogames vasculaire et des phanérogames).Trav.Inst.Chérif.Bot.,22,252p.
- **Seigue, A., 1987-**La forêt méditerranéenne française. Aménagement et protection contre les incendies.EDISUD, Aix en provenance, 159p.
- **Seigue, A.,1985-** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes,Techniques agricoles et productions méditerranéenne,Ed,Maisonneuve et Larose et A.C.C.T. ,Paris,pp.62-82,302-305.
- **Seltzer, P.,1 946-** Le climat de l'Algérie.Inst.Météor.EtPhyDglobe.Univ.Alger. 219p+carte.
- **Silva, S. P., Sabino, M. A., Fernandes, E. M., Correlo, V. M., Boesel, L. F., Reis, R. L.**
- **2005-**Cork: Properties, capabilities and applications. *International Material Reviews*, 50: 345-365.
- **Simeone M.C., Federico Vessella,V., Salis,A.,Larbi,H., Schirone,A., Bellarosa,R. & Schirone.B. 2009-**Biogeography of North African cork oak (*Quercus suber* L.). IOBC/wprs Bull. 18,pp.1-8.
- **Steinmetz, G, 1986-** Le choix des provenances et le classement des peuplements portes-graines.Rev. For. Fr. N°spécial ;pp. 69-73pp.

- **Taferka,S., 2008**-Libérer notre liège des réseaux mafieux. Jour.« Le jour d'Algérie ».2p.
- **Teissier Du Cros E., 1979**-Stratégie de l'amélioration des arbres forestiers. Ed. C.R.F, Olivet,7 p.
- **Varela, M.C.,2000**- Evaluation of genetic resources of cork oak for appropriate use in breeding and gene conservation strategies. Handbook of the Concerted Action. FAIR 1 CT 95- 0202. 127p.
- **Vaz, M. F., Fortes, M. A.,1998**- Friction properties of cork. *Journal of Materials Science*,33: 2087-2093.
- **Vázquez-Piqué , J., Pereira Naranjo , F., Tapias Martín, R.,2008**- Análisis de la influencia de parámetros edáficos y climáticos en el crecimiento del alcornoque en una dehesa de Huelva (españa). Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 25,pp. 431-437
- **Veiga I.M., Fernandez A.C., Almeida B.S., Groszek A.J., 1993**- Cork surface characterization by calorimetric studies. *Journal of materials sciences letters*, 12 : 1206-1207
- **Veillon, S.,1997** –Guide de Subericulture des Pyrénées orientales. Typologie de peuplement et étude préliminaire. Stage de fin d'étude.FIF-ENGREF,France,37p+Annexe.
- **Vignes,E.,1990**-Le traitement du taillis du chêne dans le Var.O.N.F. *Arborescence*.N°26 , pp.21-23.
- **Villemant,C. Fraval A., 1991**-La faune du chêne liège. Actes Editions. Rabat : 336
- **Yessad, S.P., 2001**-Le chêne liège et le liège dans les pays de la méditerranée occidentales.MRW.123p.
- **Zeraia,L.,1981**- Essaie d'interprétation comparative des données écologiques, phrénologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chêne liège de provenance cristalline(France méridionale) et d'Algérie.Thèse.Doc.Es sci.,Aix-Marseille,367p.

Site internet :

www.Ministère des Mines et des Energies.dz

Tableau 1 : Mesures des calibres en lignes

Provenance	Mila	Guelma	El teref	Skikda	Jijel	Bejaia	Tizi Ouzou	M'sila	Hafir	Zarieffet
N°										
Ech1	13	12,04	19,93	12,22	18,11	14,56	15,56	16,8	12,25	7,89
Ech2	14,5	14,11	17,56	12	14,00	11,67	15,89	9,8	9,25	11,44
Ech3	10,75	15,22	14	14,44	25,44	17,56	17,98	10,7	10,5	8,78
Ech4	12,75	17,11	16	15,33	11,33	12,89	17,20	14,4	11,75	10,02
Ech5	16	12,67	11,2	13,33	14,44	13,00	14,11	13,7	8,75	10,96
Ech6	9,75	15,11	15,5	12,67	12,67	11,11	19,00	16,8	9,25	9,62
Ech7	12,25	14,22	13,5	13,56	13,67	15,78	13,22	12,8	9,5	9,87
Ech8	11	12,56	16	12,67	13,89	15,44	16,64	13,8	8,25	9,84
Ech9	13	14,56	17,5	13,33	14,00	15,78	13,22	10,8	9,25	9,89
Ech10	9,5	14,00	15,5	13,89	13,78	11,44	9,95	10,2	8,75	9,09

Tableau 2 : Mesures des accroissements annuels du liège les provenance de Mila

Mila	1	2	3	4	5	6	7	8
Ech1	2	3,5	3,5	3	2,5	2,5	3	2,5
	2	3,5	3	3	3	2,5	2,5	2,2
Ech2								
	2,5	3,5	3	4,5	3,5	3	3,5	3
	2	2,2	2	2	3	4	3,5	3
Ech3								
	4,5	5,5	5,5	3,5	2	2,2	2,2	2
	3,5	5,5	5,5	5	2,5	3	2,5	2
Ech4								
	2,5	3,5	3,5	3,5	4	4,5	3	3,5

	5,5	4,5	4	3,8	3,5	4	2,5	3
Ech5								
	2	5,5	5	3,5	2,3	2,5	3	2,5
	3,5	3,5	3,5	3,5	2	2	3	2
ECH6								
	2	3,5	4	4	3,5	2,5	2,5	2,5
	2	3	5	5	3	2,2	2	1,5
Ech7								
	1,8	4,5	4,5	4	2,5	3	2,5	2,5
	2	4	4,5	4,5	3,5	2,5	2,5	2,5
Ech8								
	2	2,5	2	2,5	4	3	2	2
	3	1		3	2,5	2		2
Ech9								
	3	2,5	3	2	2	2	1,7	1,4
	3	3,2	4	2,5	2	2	1,5	2,5
Ech10								
	2	2	2	3	2	2	2	2
	1,6	2	1,8	2	2,5	2,5	3	2
Moyenne	2,62	3,445	3,65	3,39	2,79	2,70	2,55	2,33
ETYPE	1,000	1,235	1,184	0,935	0,683	0,732	0,562	0,524
IC	0,620	0,765	0,734	0,579	0,423	0,453	0,348	0,325

Tableau 3 :Mesures des accroissements annuels du liège les provenance de Guelma

Guelma	1	2	3	4	5	6	7	8
Ech1	3	4	3,5	2,5	2,5	2	2	2
	2	4	3,5	2,4	2	1,5	1,5	1,5
Ech2								
	2	2	3	2	4	3	2,5	2,5
	2	3	3	2,5	3,5	3	2,5	3
Ech3								
	1,5	2	3	2,5	4,5	3	2,5	3
	2,5	3	4	3,5	4,5	2,5	3	2,5
Ech4								
	4	4,5	5	3	4	4	4	2,5
	4	6	3	4	4	4	4	3
Ech5								
	2,5	3,5	3,5	2,5	2,5	2	1,5	2
	3,5	3	4,5	4	2,5	3	3	2
ECH6								
	3,5	4	4	3	3,5	3,5	3,5	2,5
	3	3,5	3,5	2,5	3	3	3	2,5
Ech7								
	3	3	3	3	4	3	3	2,5
	2,5	3	3	3	3	3	3	3
Ech8								
	2,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3	2	2
	3	3	4,5	4	2,5	3	2	1,5
Ech9								
	3,5	3,5	3,5	3	3	3	3	2,5

	3	3,5	3	3	3	3	3	2,5
Ech10								
	3	3	3	3	3	3	3	2,5
	3	3,5	3	3	3	3	3	2,5
Moyenne	2,85	3,425	3,5	2,995	3,275	2,925	2,75	2,4
ETYPE	0,67	0,86	0,61	0,57	0,72	0,59	0,70	0,45
IC	0,42	0,53	0,38	0,35	0,44	0,37	0,43	0,28

Tableau 4 : Mesures des accroissements annuels du liège les provenance d'El Taref

El Taref	1	2	3	4	5	6	7	8
Ech1	3	5	5,5	4	3,5	4	5	3
	2	4	5	6	4	4	5,5	5
Ech2								
	3	3	6	4,5	3	3	2	3,5
	3,5	2,5	6	5	4,5	4	3	3
Ech3								
	3	4	2,5	5,5	2	2,5	2	1,5
	3	3,5	3,5	5	3	3	2	3
Ech4								
	4,5	3,5	4,5	3,5	4	3	3	4,5
	3	4,5	3,5	3	3	3	2,5	2,5
Ech5								
	2,5	2	1,5	3	4,5	3,5	2	2
	2	2,5	3,5	3,5	2	3	2,5	3
ECH6								
	3	3,5	3,5	5	3,5	3,3	2,5	3
	3	3,5	3,5	4,5	4	3,3	2	3,5

Ech7								
	3	3,5	3	5,5	2,3	2,5	2	1,5
	2,5	4	4	5,5	2,3	2,5	2	1,5
Ech8								
	3	3	6	4,5	3	3,5	2,5	3
	3	3	6	4,5	3,5	3,5	2,5	2,5
Ech9								
	4,5	3,5	3,5	3,5	4	3	3,25	4,5
	4,5	3,5	3,5	3,5	4,5	3,5	3,25	4
Ech10								
	3	3,5	3,5	5	3,5	3,5	2,5	2,5
	3,5	3,5	3,5	5	3,5	3	2,7	2,5
	3	3,5	3	3	3	3	3	2,5
Moyenne	3,12	3,45	4,02	4,40	3,36	3,22	2,75	2,95
ETYPE	0,69	0,67	1,27	0,93	0,78	0,46	0,94	0,97
IC	0,43	0,41	0,79	0,58	0,48	0,28	0,58	0,60

Tableau 5 : Mesures des accroissements annuels du liège les provenance de Skikda

Skikda	1	2	3	4	5	6	7	8
Ech1	2,5	5	3	4	3	3,5	2	1,5
	2	3,5	2	3,5	4	3	3	3
Ech2								
	3	4	3	3,5	3	3	2	1,5
	3	3	3	3	3	3	3	3
Ech3								
	4	4	4	5	3	3,0	2	2
	2	5	5	5	5	3	3	3

Ech4								
	4	5	4	4	5	4	4	3
	3	4	3	3,5	4	4	3,5	3
Ech5								
	3	4	3	3,5	3,5	3,5	3	2
	2,5	3,5	3,5	3,5	4	3,5	3	3
ECH6								
	2,5	3,5	3,5	4	3	3,5	2	2
	2,5	3,5	2	3,5	4	3	3	3
Ech7								
	3	3,5	4	5	4	3,5	2	2
Ech8	2	3,5	3,5	4,5	4	3	3	3
	2,5	5	3	4	3	3,5	2	1,5
Ech9	2,5	3,5	2	3,5	4	3	3	3
	2,5	5	3	4	3	3,5	2	1,5
Ech10	3,5	3,5	3	3,5	4	3	3	3
	2,5	5	3	4	3	3,5	2	2
	3,5	3,5	4	4	4	4	3	3
Moyenne	2,80	4,03	3,23	3,93	3,68	3,35	2,68	2,45
ETYPE	0,59	0,70	0,75	0,57	0,65	0,37	0,61	0,65
IC	0,37	0,43	0,47	0,35	0,41	0,23	0,38	0,40

Tableau 6 :Mesures des accroissements annuels du liège les provenance de Jijel

Jijel	1	2	3	4	5	6	7	8
Ech1	2,5	2,5	2	3	4	3	2	3
	2,5	4	4	3	3	5	2	2
Ech2	3,5	2,5	1	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5
	2,5	2	2,5	2	3	3,5	2	2,5
Ech3	3	3	2,5	3,5	7	3,5	5	4
	3,5	3,5	3,5	3,5	3	6	2,5	4
Ech4	3	4	3	3	3	3	2,5	2,5
	3,5	3,5	2,5	2,5	2,5	2	1,5	1,5
Ech5	3,5	2	4	6	3	3	3	2,5
	2,5	2	4,5	3,5	3,5	2,5	2,5	2,5
ECH6	3	4	3	2,5	3	3	2,5	2,5
	4	3,5	3	3	3	2,5	2	1,5
Ech7	2,5	2	3,5	4,5	3	3	3	2,5
	2,5	2	4,5	4	3,5	2,5	2,5	2,5
Ech8	2,5	3,5	4	3,5	3	3	3	2,5
	2,5	3	4	3	3	3	2	2,5
Ech9	2,5	4	4	3	3	3,5	2	2
	2	3,5	3,5	3	3	3	2,5	2

Ech10	2,5	3,5	3,5	3,5	4	3,5	3,5	3
	2,5	3	3	3	3,5	3,5	3	3
Moyenne	2,825	3,05	3,275	3,225	3,275	3,225	2,575	2,55
ETYPE	0,52	0,76	0,88	0,92	1,02	0,90	0,75	0,65
IC	0,32	0,47	0,55	0,57	0,63	0,56	0,46	0,40

Tableau 7 : Mesures des accroissements annuels du liège les provenance de Bejaia

Bejaia	1	2	3	4	5	6	7	8
Ech1	5	4	5	4	3,5	2	2	1,5
	5	6	5	5,5	3,5	3	2	1,5
Ech2	4	3,5	2,5	2,5	1,5	2,5	2	2
	4,5	3,5	2,5	2	2	3	1,5	1,5
Ech3	4	4	4,5	4,5	3,5	3,5	4	3,5
	3,5	4,5	5	3,5	3,5	3,5	3,5	2,5
Ech4	3,5	3,5	4,5	3	3	3	2	2
	3	3	3	3	3,5	2	2	1
Ech5	3,5	4	2	2,5	3,5	2,5	3	2,5
	4,5	4,5	4	3,5	2	2	2	2
ECH6	3,5	3	2,5	2,5	1,5	2,5	2	2
	3	3,5	2,5	2	2	3	2	1,5

Ech7	3	3	4	4	3	3,5	4	3,5
	3	4	3,5	3	3	3,5	3,5	2,5
Ech8	3	3	3,5	3,5	3	3	4	3,5
	3	4	3,5	3	3	3	3	2,5
Ech9	3	3,5	4	4	3	3,5	3,5	3,5
	3	3	3,5	3	3	3,5	3,5	3
Ech10	3	3	2,5	2,5	1,5	2,5	3	3
	3	3,5	2,5	2	2	3	2	2
Moyenne	3,55	3,70	3,50	3,18	2,73	2,90	2,73	2,35
ETYPE	0,71	0,73	0,97	0,91	0,75	0,53	0,85	0,78
IC	0,44	0,45	0,60	0,56	0,47	0,33	0,53	0,48

Tableau 8 : Mesures des accroissements annuels du liège les provenance de Tizi Ouzou

Tizi Ouzou	1	2	3	4	5	6	7	8
Ech1	4	5	4	2,5	3,5	3	3	3
	3,5	4	3,5	4,5	3	3	3	2,5
Ech2	3	4,5	3,5	3	3	2,5	2,5	2,5
	3,5	4	4,5	3,5	3,5	3	2	2
Ech3	4	4	5	4,4	3,5	4,5	3,5	3
	7	5,5	3,5	5	3,5	3,5	4	4

Ech4	4,5	4,5	4	2,5	2,5	2,5	2,5	1,5
	5	5	4	3,5	2,5	3,5	3	2
Ech5	2,5	3	2	2	5	3	3	3
	4,5	2	3	2,5	3	3	3,5	2
ECH6	3,5	2,5	3	3,5	3	3,5	3	3
	4,5	2	3	3	3	3	2,5	3
Ech7	3,5	3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3
	4,5	3,5	2	3	3	2	1,5	2
Ech8	3,5	3,5	4	4,4	3,5	4,5	3,5	3
	5	5,5	3,5	5	3,5	3,5	4	4
Ech9	2	2,5	2	2	4	3	3	3
	3,5	2	3	2,5	3	3	3,5	2
Ech10	3,5	3,5	4	4	3	4	3	2,5
	5	5,5	3,5	3	3	3	3	3
Moyenne	3,82	3,58	3,32	3,33	3,34	3,29	3,18	2,97
ETYPE	1,27	1,22	0,84	0,97	0,71	0,90	1,12	1,39
IC	0,79	0,75	0,52	0,60	0,44	0,56	0,69	0,86

Ech9	2,5	2,5	3	3	3	2,5	3	2,5
	2,5	2,5	3	3	3,5	3	3	2
Ech10	1,7	1,5	2	3	3,5	3	3,5	2
	1,5	1,5	2	3,5	3,5	3,5	2	2
Moyenne	2,87	2,89	3,58	3,47	3,21	2,89	2,74	2,06
ETYPE	0,83	1,07	1,81	0,98	0,80	0,49	0,69	0,46
IC	0,51	0,67	1,12	0,61	0,50	0,30	0,43	0,28

Tableau 9 :Mesures des accroissements annuels du liège les provenance de Hafir

Hafir	1	2	3	4	5	6	7	8
Ech1	2,5	4,5	4	3	3,5	2	2,5	2
	1	1,3	1,8	1,5	1,5	1	1,4	1
Ech2	1,5	1,5	1,5	2	2	2	1,4	1,5
	2	1,5	1	2	2	3	3	2,5
Ech3	2,5	3,5	2	3,5	2,5	1,5	2,5	2,8
	3	2,5	2,5	2	2	3	1,5	1,3
Ech4	2	3,5	3,5	2	4,5	4	5	3,5
	2	3	2,5	2,5	3,5	3,5	4	2
Ech5	2	2,5	2,5	1,5	1,3	1,3	2	1,5
	2	3	2,5	2,5	1,5	2	1,5	1,2

Ech6	3	2	3,5	1,5	1,6	2,5	2	1,8
	2,5	1,2	1,8	2	1,2	1,1	2,5	2
Ech7	2	1	1,3	2	2	3,5	2	2
	2	1	1,3	2	2	3	2,5	2
Ech8	2	2	2,5	2	1,5	2,5	3	1,5
	3,5	2	1,3	1,3	2	2,2	2	2,5
Ech9	2	3,5	2	1,3	2	2	2	2
	2	2	2	2,5	2	1,5	3	2
Ech10	2	2	2	2	2	1,3	1	2
	2	2	3	2,5	1,2	1,3	1,5	1,5
Moyenne	2,16	2,16	2,13	2,03	2,02	2,22	2,31	1,93
ETYPE	0,55	0,83	0,72	0,52	0,80	0,91	0,98	0,60
IC	0,34	0,51	0,44	0,33	0,49	0,56	0,61	0,37

Tableau 10 : Mesures des accroissements annuels du liège les provenance de Zarieffet

Zarieffet	1	2	3	4	5	6	7	8
Ech1	1	1	1	1	1,5	1,5	1,5	2
	1	1,3	1,8	1,5	1,5	1	1,4	1
Ech2	1,5	2,5	2	2	2	2,5	2	2
	1,5	1,8	2	2	2	2,5	2,5	1,5
Ech3	1,5	2,5	2	2	1,8	1,5	1,8	1,5
	1,5	2,5	2	2	2,5	1,5	2	1,5
Ech4	1,5	2	2	1,5	2,5	1,5	1,5	2
	2	2	2	1,5	1,2	1,5	2	1,2
Ech5	2,5	2	2	2	2	2	2	1,4
	2	1,5	2,5	2,3	2	2	2	2,5
ECH6	2	2	2,5	2	2	2	1,5	2
	2,5	2	1,5	1,5	2	1,5	1,2	1,4
Ech7	1,5	2	2	1,5	2	2	2	2
	2	2	2	1,5	1,2	1,5	2	1,2
Ech8	2	3	2,5	2	2	2	2	1,5
	2	2	2	2	2	1,5	1,2	1,4
Ech9	1,5	2	2	2	2	2	2	2
	1,5	1,8	2	2	2	2	2	1,5

Ech10	2	2	2	2	2	1,5	1,5	1,5
	2	2	1,5	1,5	2	1,5	1,5	1,4
Moyenne	1,75	2,00	1,97	1,79	1,91	1,75	1,78	1,63
ETYPE	0,41	0,43	0,35	0,32	0,34	0,38	0,34	0,37
IC	0,26	0,27	0,21	0,20	0,21	0,24	0,21	0,23