

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE de TLEMCCEN  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

## **Département des Ressources Forestières**

Laboratoire n°31 : *Gestion Conservatoire de l'Eau, du Sol et des Forêts et Développement  
Durable des zones montagneuses de la région de Tlemcen*

# **MEMOIRE**

**Présenté par**

**BELHARIZI Amine Seghir**

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Foresterie (Aménagement et Gestion des Forêts)

### **Thème**

Contribution à l'étude de la variabilité des paramètres caractéristiques du liège  
selon la hauteur d'extraction (Hafir (W.Tlemcen))

Soutenu le 19 /09/ 2020 devant le jury composé de :

Président : Mr Ainad Tabet M.	MCB	Université de Tlemcen
Encadreur : Mr Dehane B.	Prof.	Université de Tlemcen
Examineur : Mr Berrichi M.	Prof.	Université de Tlemcen

**Année universitaire 2019/2020**

## الخلاصة: المساهمة في دراسة تنوع خصائص الفلين حسب ارتفاع الاستخراج (حفير تلمسان))

في غابة فلين حفير، من 30 عينة من الأشجار القريبة من الاستغلال، تم الحصول على 90 قطعة من الفلين، تم استخراجها على ثلاثة ارتفاعات من الجذع وثلاثة مستويات من الأرض. على هذه العينة تمت دراسة الخصائص المميزة الرئيسية للفلين، وهي السماكة، الكثافة السطحية، الكثافة الحجمية، المسامية، المظهر ومؤشرات الجودة. أوضحت النتائج أن انخفاض سمك الفلين من قاعدة الشجرة (ارتفاع = 1 سم (32,30 مم)) إلى ارتفاعه (ارتفاع = 3 سم (24,70 مم)) يؤثر حتماً على الخصائص الأخرى. انخفضت الكثافة السطحية من 7,64 كجم / م<sup>2</sup> إلى 5,41 كجم / م<sup>2</sup>؛ ازدادت الكثافة الحجمية من 256,46 كجم / م<sup>3</sup> إلى 288,43 كجم / م<sup>3</sup>؛ المسامية من 8,21% تنخفض إلى 3,38%. يستقر المظهر من الفئة 6 عند الفئة 1-4 وأخيراً تتحسن مؤشرات الجودة من 5,80 إلى 12,5. تؤكد هذه النتائج الحاجة إلى ضبط ارتفاع استغلال الفلين للحصول على أفضل أداء دون المساس بصحة الشجرة.

**الكلمات المفتاحية:** الفلين، الخصائص، الارتفاع، الجذع، الاستخراج.

### Résumé :

Dans la subéraie de Hafir, de 30 arbres-échantillons proche de l'exploitation se sont obtenus 90 calas de liège, extraits selon trois hauteurs du tronc et trois niveaux du terrain. Sur ces calas étaient étudiés les principaux paramètres caractéristiques du liège à savoir le calibre, la densité superficielle, la densité volumique, la porosité, l'aspect et les indices de qualité. Les résultats ont révélé que la diminution du calibre de la base du fût (H1= 60 cm (32,30mm)) à sa hauteur (H3: 230cm (24,70mm)) influe potentiellement sur les autres paramètres. La densité superficielle passe de 7,64 kg/m<sup>2</sup> à 5,41 kg/m<sup>2</sup>; la densité volumique augmente de 256,46 kg/m<sup>3</sup> à 288,43 kg/m<sup>3</sup>; la porosité de 8,21% chute vers 3,38%; l'aspect de la classe 6<sup>a</sup> se stabilise à la classe 1<sup>a</sup>-4<sup>a</sup> et enfin les indices de qualité (IQ) s'améliorent d'avantage de 5,80 à 12,5. Ces résultats confirment la nécessité de fixer la hauteur d'écorçage du liège pour en tirer le meilleur rendement sans nuire à la vigueur de l'arbre.

**Mots-clé :** Liège, paramètres, hauteur, fût, extraction.

**Abstract:** Contribution to the study of the variability of the parameters, characteristics of cork according to the extraction height (Hafir (W.Tlemcen))

In the Hafir cork oak stand, from 30 sample trees close to the stripping, 90 cork planks were obtained, extracted at three trunk heights and three terrain levels. The main characteristic parameters of cork were studied on these samples, namely thickness, superficial density, volume density, porosity, aspect and quality index. The results revealed that the decrease in the caliber from the base of the trunk (H1 = 60 cm (32.30mm)) to its height (H3: 230cm (24.70mm)) potentially influences the other parameters. The superficial density goes from 7.64 kg/m<sup>2</sup> to 5.41 kg/m<sup>2</sup>; the volume density increases from 256.46 kg/m<sup>3</sup> to 288.43 kg/m<sup>3</sup>; the porosity of 8,21% drops to 3,38%; the aspect of class 6<sup>a</sup> stabilizes at class 1<sup>a</sup>-4<sup>a</sup> and finally the quality index (IQ) improve further from 5.80 to 12.5. These results confirm the need to set the debarking height of the cork in order to get the best yield without compromising the vigor of the tree.

**Keywords:** Cork, parameters, height, barrel, extraction.

# *Remerciement*

Mes premiers mots de remerciements et surtout de reconnaissance, vont naturellement vers mon encadreur Mr. Belkheir Dehane. Il s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce travail ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer. Qu'il reçoive toute l'expression de ma reconnaissance pour m'avoir proposé ce sujet de mémoire, et, pour tout son dynamisme et ses qualités humaines.

Je tiens à exprimer également, ma profonde gratitude à Ainad-Tabet Mustapha (MCB) à l'Université de Tlemcen), qui m'a fait l'honneur de présider mon jury de mémoire de master.

A Mr. Berrichi Mohammed (Professeur) à l'Université de Tlemcen, je veux lui adresser ma profonde reconnaissance pour avoir accepté de consacrer son temps à l'examen de ce travail.

J'apporte des remerciements pleins de tendresse à ma famille et à mes proches pour leur soutien.

Merci aussi à tous mes enseignants et mes amies et je leur exprime ma profonde sympathie et leur souhaite beaucoup de bien.

# *Dédicaces*

*A ma chère mère,*

*A mon cher père,*

*Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir  
et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.*

*A mon frère*

*A mes sœurs*

*Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.*

*A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la  
vivacité.*

*A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de  
succès.*

*A tous ceux que j'aime.*

*Puisse Dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite*

*Merci !*

# Sommaire

Introduction générale.....	1
<b>Chapitre I : Synthèse bibliographique</b>	
I.1-Aperçu bibliographique sur le chêne liège et le liège.....	2
I.1.1-Le chêne liège ( <i>Quercus suber</i> L.).....	2
I.1.2- Formation du liège.....	4
I.2-La hauteur d'extraction ou d'exploitation du liège sur arbre.....	6
I.2.1-Influence de la hauteur d'extraction sur la production et la qualité du liège.....	8
I.2.1.1- Sur la production du liège.....	8
I.2.1.2- Sur la qualité du liège.....	10
I.3-Usage du liège selon la hauteur d'extraction.....	12
I.3.1-Caractéristiques physiques.....	12
I.3.2-Caractéristiques mécaniques.....	13
I.3.3-Caractéristiques fonctionnelles du liège.....	14
<b>Chapitre II : Milieu physique</b>	
II.1- Situation géographique et administrative.....	19
II.2-Topographie et relief.....	20
II.3- Géologie et pédologie.....	20
II.4- Hydrographie.....	21
II.5-Climatologie.....	21
II.5.1-Données climatiques.....	22
II.5.1.1-Précipitations.....	22
II.5.1.2-Températures.....	25
II.5.1.3-Autres facteurs climatiques.....	28
II.5.2-Synthèse climatique.....	29
II.5.2.1-Amplitude thermique extrême moyenne ou indice de continentalité.....	29
II.5.2.2-Indice de sécheresse estivale.....	29
II.5.2.3-Etage de végétation ou zonation altitudinale.....	30
II.5.2.4-Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausson.....	30
II.5.2.5-Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger.....	31
II.6- Description forestière.....	32
II.7-Production de liège.....	34
II.8- Incendies.....	35
<b>Chapitre III : Méthodologie</b>	
III.1-Echantillonnage.....	36
III.2- Choix des arbres et collecte du matériau.....	36
III.3- Façonnage et mensuration.....	39
III.4 - Hérarchiesation des mesures antérieures.....	42
III.5- Matériel utilisé dans le travail.....	45
III.6-Traitement statistique des données.....	45

<b>Chapitre IV : Résultats et discussion</b>	
IV.1-Analyse descriptive des paramètres caractéristiques du liège .....	46
IV.1.1-Par variables continues.....	46
IV.1.2-Par variables catégoriques.....	47
IV.1.2.1-Le calibre du liège.....	47
IV.1.2.2-La densité volumétrique.....	49
IV.1.2.3-La densité superficielle (DS).....	51
IV.1.2.4-La porosité.....	53
IV.1.2.5- Classe d'aspect.....	55
IV.1.2.6- Classe de qualité.....	56
IV.1.2.7-Les indices de qualité.....	56
IV.2-Synthèse des résultats .....	58
IV.2.1-Par variables continues	58
IV.2.2-Discussion.....	61
Conclusion générale.....	63
Références bibliographiques.....	64
Annexe	

## Liste des figures

Figure 1 : Certains aspects botaniques du chêne liège	2
Figure 2 : Chêne liège poussant sur sols compacts (A : Hafir) et sols fertiles (B : Tagdempt)	3
Figure 3 : Processus naturel de formation du liège	5
Figure 4 : Formation du liège mâle et son aspect anatomique très ondulé	5
Figure 5 : Variation de la hauteur de démasclage du liège autorisée	7
Figure 6 : Levée du liège de reproduction et son aspect anatomique très régulier	8
Figure 7: Variation d'épaisseur des couches annuelles de liège à la base du fût et sur les branches à 3,30m du sol pour un même arbre	9
Figure 8 : Variations de l'épaisseur du liège à des niveaux successifs du tronc	9
Figure 9 : Variations de la production de liège à différentes hausses	10
Figure 10: Variations de la porosité du liège à différents niveaux du tronc	10
Figure 11 : Variations du nombre de lenticelles dans le liège produit à des différents niveaux du fût	11
Figure 12 : 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	16
Figure 13 : Courbes typiques de $\alpha$ Sabine pour les 3 catégories de fréquences	16
Figure 14 : Propriétés physiques et mécaniques du liège très prisées par l'homme	18
Figure 15 : Localisation de la forêt de Hafir	19
Figure 16 : Carte géologique du Nord-Ouest Algérien	21
Figure 17 : Répartition annuelle de la pluviométrie à Hafir	22
Figure 18 : Répartition mensuelle moyenne des précipitations pour les deux périodes	24
Figure 19 : Régime saisonnier des précipitations entre ancienne et nouvelle période	24
Figure 20: Distribution mensuelle des températures minimales pour les deux périodes	26
Figure 21: Distribution mensuelle des températures maximales pour les deux périodes	27
Figure 22 : Distribution mensuelle des températures moyennes pour les deux périodes	28
Figure 23 : Diagramme ombrothermique de la forêt de Hafir	31
Figure 24 : Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger de la forêt de Hafir	32
Figure 25 : Evolution périodique de la production du liège à Hafir	34
Figure 26 : Localisation des itinéraires et méthode d'échantillonnage appliquée	36
Figure 27 : Technique de mesure et de collecte des échantillons	37
Figure 28 : Méthodologie appliquée pour la collecte échantillons de liège (a: Mesure de la hauteur d'extraction; b: sondage au coveless ; c: extraction du cala)	39
Figure 29 : Séchage des échantillons à l'air libre	40
Figure 30: Outils de façonnage du liège	40
Figure 31: Mesure des longueurs et des largeurs des échantillons	41
Figure 32 : Pesée des échantillons au moyen d'une balance électronique	41
Figure 33: Mesure du calibre au pied de ligne (Moyenne de trois mesures par échantillons)	42
Figure 34: Acquisition de l'image numérique par scannage des échantillons	43
Figure 35: Seuillage de la région d'intérêt pour quantifier la porosité	44
Figure 36 : Fluctuation du calibre du liège selon la hauteur d'extraction	48
Figure 37 : Variations des valeurs moyennes de la densité volumétrique par hauteur d'extraction	50
Figure 38 : Variations des valeurs moyennes de la densité superficielle par hauteur d'extraction	52
Figure 39 : Variations des valeurs moyennes de la porosité par hauteur d'extraction	54

Figure 40 : Répartition des classes d'aspect selon la hauteur d'extraction et la position topographique	55
Figure 41 : Répartition des classes de qualité selon la hauteur d'extraction et la position topographique	56
Figure 42: Variations des valeurs moyennes des indices de qualité par hauteur d'extraction	57
Figure 43 : Variation des paramètres caractéristiques du liège selon la hauteur d'extraction et la position topographique	60



## Liste des tableaux

Tableau 1 : Coordonnées géographiques de la forêt domaniale de Hafir	19
Tableau 2 : Distribution des pentes selon leurs classes et superficies	20
Tableau 3: Précipitations moyenne mensuelle (mm) pendant les deux périodes de référence	23
Tableau 4 : Valeurs thermiques moyennes minimales en (°C)	25
Tableau 5 : Valeurs thermiques moyennes maximales (°C)	26
Tableau 6 : Températures moyennes mensuelles et annuelles T (°C)	27
Tableau 7 : Indice de continentalité	29
Tableau 8 : Indice de sècheresse estivale	29
Tableau 9 : Etage de végétation du chêne liège	30
Tableau 10: Valeurs du « Q2 » et étages bioclimatiques	31
Tableau 11 : Historique des incendies dans le massif forestier HafirZarieffet	35
Tableau 12 : Classes de calibre du liège admises dans l'industrie	38
Tableau 13 : Classes d'aspect	38
Tableau 14 : Classes de qualité élargie	38
Tableau 15 : Classes de productivité (kg/m <sup>2</sup> )	42
Tableau 16 : Classes de densité volumétrique (kg/m <sup>3</sup> )	43
Tableau 17 : Analyse descriptive des variables continues	46
Tableau 18 : Statistique descriptive de la variable dépendance calibre du liège	47
Tableau 19 : Analyse de variance (anova 2) de la variable dépendante calibre du liège	48
Tableau 20: Statistique descriptive de la variable dépendance densité volumétrique du liège	49
Tableau 21 : Analyse de variance (anova 2) de la variable dépendante densité volumique du liège	50
Tableau 22 : Statistique descriptive de la variable dépendance densité superficielle du liège	51
Tableau 23 : Analyse de variance (anova 2) de la variable dépendante densité superficielle du liège	52
Tableau 24 : Statistique descriptive de la variable dépendance porosité du liège	53
Tableau 25 : Analyse de variance (anova 2) de la variable dépendante porosité du liège	54
Tableau 26 : Fréquence absolue de la variable dépendance « Aspect du liège »	55
Tableau 27 : Statistique descriptive de la variable dépendance Indice de qualité du liège	57
Tableau 28 : Analyse de variance (anova 2) de la variable dépendante indice de qualité du liège	58
Tableau 29: Synthèses des variables continues selon la hauteur d'extraction et la position topographique	59
Tableau 30 : Coefficient de corrélation entre la hauteur d'extraction et les paramètres caractéristiques du liège	61

## **Liste des abréviations**

APCOR : Association Portugaise du liège.

C.F.W.T : Conservation des Forêts de la Wilaya de Tlemcen.

COV : Composés organiques volatils.

F.A.O : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.

F.F.L : Fédération Française du Liège.

IPROCOR : Institut de production du liège.

Hz : Hertz est une unité de mesure du son.

Kj : Unité de mesure d'énergie égale à 1000 joules.

KPa : Kilopascal =  $10^3$  Pa.

mH : En électricité, un millihenry (mH) correspond à la variation d'un courant à la vitesse d'un ampère par second.

MPa : Mégapascal est une unité de pression égale à  $10^6$  Pa.

Pa : Unité de mesure de la pression..

W/mK : Unité de mesure de la conductivité thermique (watt par mètre-kelvin).

$\Lambda$  : Coefficient de conductivité thermique.

# **Introduction générale**

## Introduction générale

Le chêne liège est une essence forestière purement méditerranéenne qui s'étend sur plus de 2 500 000 ha (F.A.O., 2013). Le rôle écologique de ces étendues est bien connu depuis des lustres comme une barrière naturelle contre la désertification et un habitat de choix pour la biodiversité végétale et animale (Moreno et al., 2016). A titre d'indication, la diversité des espèces d'herbacées dans le sous-étage des subéraies peut atteindre plus de 135 espèces par dixième d'ha (Díaz-Villa et al., 2003). Mais le rôle primordial assigné à ces subéraies reste sans l'ombre d'un doute la production du liège. Plus de 300 000 tonnes/année sont produites par les sept pays subéricoles à savoir le Portugal, l'Espagne, l'Algérie, le Maroc, la Tunisie, l'Italie et la France. Cette production desserve des milliers d'usines de transformation à travers la méditerranée et ailleurs dans le monde dont 650 entreprises au Portugal seulement (F.A.O., 2018). Le chiffre d'affaire de la filière liège dépasse 1 milliard d'Euros annuellement (APCOR, 2015, 2016). Les secteurs du bio-bâtiment, du sport, de la mécanique et de la médecine sont en pleine expansion et requiert d'avantage les vertus de ce produit naturel (Sampaio, 1988). Coté environnemental non commercialisé, les récentes recherches scientifiques admettent que 10 hectares de chêne liège productifs permettent de retenir 32,2 t/ha de CO<sub>2</sub> par an qui est l'équivalent à une émission annuelle (en CO<sub>2</sub>) de 7 voitures parcourant annuellement 25 000 km (F.F.L., 2020). Paradoxalement pour arriver à ces performances écologiques et économiques, le chêne liège est soumis à une culture particulière se rapprochant plutôt d'un arbre fruitier, il s'agit bien de la subericulture. Ce procédé cultural se base sur un suivi régulier combinant travaux sylvicoles et control sanitaire depuis la plantation du semis jusqu'à l'exploitation périodique du liège. Le champ de manœuvre est limité à une surface génératrice allant de la base du tronc à une certaine hauteur du fût (< à 4m) dénommée la hauteur d'extraction du liège. C'est dans cet intervalle que vont se dérouler les différents paramètres de l'activité subéreuse à savoir l'épaisseur du liège, la productivité (kg/m<sup>2</sup>), la densité volumique (kg/m<sup>3</sup>), la qualité (aspect et défauts). Plusieurs auteurs affirment que les meilleurs rendements subéricoles d'un arbre s'identifie en une diminution de l'épaisseur du liège et une augmentation de sa qualité via la base du tronc aux lièges des aires (Lamey, 1893 ; Saccardy, 1937 ; Montero, 1987). C'est dans cette optique que s'insère l'objectif principal du présent travail. En effet, il était question de savoir à quel niveau du tronc les paramètres caractéristiques du liège enregistrent leurs hauts et leurs bas à travers une variabilité marquée d'arbres échantillons choisis au hasard à différents niveau du terrain.

Ce modeste travail est divisé en quatre chapitres. Le premier bibliographique cible directement la problématique du sujet. Le second présente la zone d'étude climatiquement et forestièrement. Le troisième s'étale sur la méthodologie adoptée pour aborder le sujet. Enfin le quatrième chapitre met en exergue les différents résultats obtenus à travers un traitement statistique analogue.

# CHAPITRE I

## Synthèse bibliographique

## I.1-Aperçu bibliographique sur le chêne liège et le liège

### I.1.1-Le chêne liège (*Quercus suber* L.)

Le chêne liège est un arbre forestier répandu uniquement en méditerranée occidentale et sur sa façade atlantique dépassant les 2,5 millions d'hectares (Pereira, 2007). Cette répartition restreinte est fortement liée à certaines exigences écologiques et climatiques, imputées à l'espèce lui-même:

- Le *Quercus suber* L. est une essence de la famille des fagacées à organes de fructification mâle et femelle ( chatons) portés séparément sur différents rameaux du même pied.
- L'espèce en plus de sa croissance radiale (bois) issue de l'assise libéro-ligneuse est dotée d'une deuxième assise dite subero-phéllodermique pour l'activité subéreuse et la production du liège (Fig.1).



A : chatons mâle sur un rameau ( Hafir,2020)

B : assise subero-phéllodermique en activité (Hafir, 2020)

Figure 1 : Certains aspects botaniques du chêne liège (Belharizi, 2020)

- Cette particularité fait que le chêne liège ne tolère qu'une partie infime de calcaire (0,17 % de CaO) et s'accommode plutôt aux sols sableux (grès ou schiste) à consistance argileuse très légère et bien aérée (Laiseca, 1949).
- Le climat continental semble fatal pour la survie de l'espèce. On le trouve bien venant entre les climats à ambiance maritime du littoral et du montagnard du semi-continental. Il nécessite entre 700-800 l/m<sup>2</sup> de précipitations annuelles, est si possible une pluviosité estivale moyenne de 150-200 l/m<sup>2</sup> (Pardos, 1998).
- Dans les zones bien drainées (>1000 l/m<sup>2</sup>) et fertiles, le chêne liège pousse mais avec des problèmes de concurrence avec la végétation accompagnatrice (Fig.2).
- En zones sèches entre 400-500 l/m<sup>2</sup>, ne supportant pas la compacité des sols se régénère très difficilement (Montoya, 1988).



Figure 2 : Chêne liège poussant sur sols compacts (A : Hafir) et sols fertiles (B : Tagdempt)  
(Cliché Dehane, 2017)

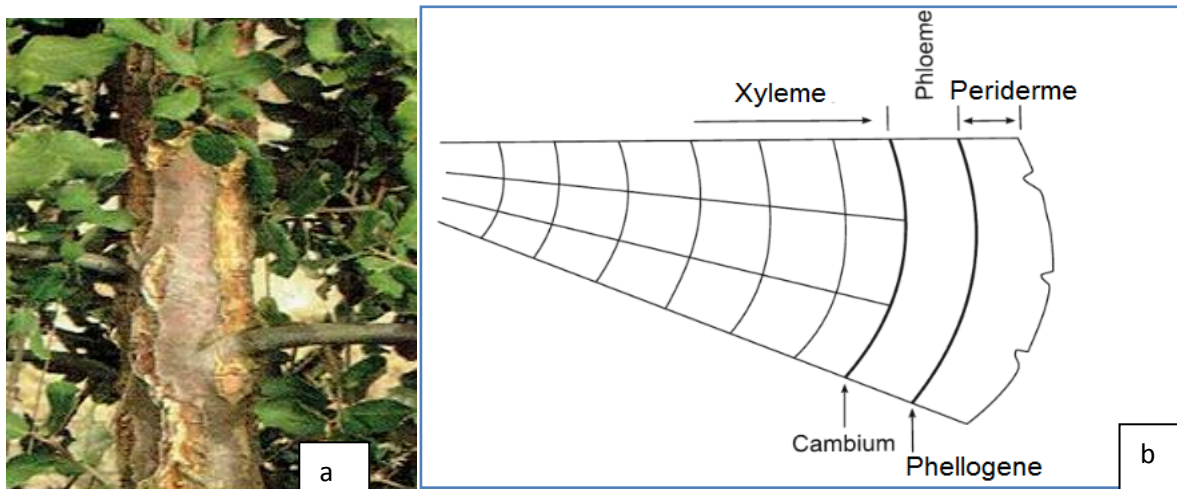
- Espèce héliophile et thermophile se maintient très mal aux températures basses (<12°C) et peut supporter les chaleurs intenses (> 40°C) mais avec une teneur en eau du sol suffisante (Bouchafra et Fraval ,1991).
- Bien que supportant la sécheresse, il apprécie une humidité atmosphérique d'au moins 60 %.

- L'altitude du terrain a une influence importante sur l'activité méristématique secondaire. Sa croissance peut aller de 0 m (littoral) à 1300 m (montagne). La moyenne altitudinale 300-600m demeure la plus propice pour la production du liège quantitativement et qualitativement (Bouvarel,1994).
- Dans les zones fraîches et humides, l'espèce préfère l'exposition sud tandis que dans les zones moins drainées l'exposition nord (Djinit,1997).
- La densité des peuplements ou le nombre d'arbres à l'hectare est en fonction de l'âge des arbres et plus exactement de l'ampleur de la cime et de la grosseur du tronc. Elle varie de 400-550 (circonférence moyenne de 60 cm à 1,30m du sol) à 65-70 sujets (circonférence moyenne >200 cm à 1,30m du sol) (Monterro et Canellas, 2003).

### **I.1.2- Formation du liège**

- Dans les très jeunes pousses de chêne liège l'écorce primaire est protégée par un épiderme unicellulaire et pubescent. Durant le premier cycle végétatif de la plante, du l'épiderme se différencie le phellogène à travers la première assise corticale. Conjointement, et au même temps se forme dans l'écorce primaire le bois et le liber (assise libéro-ligneuse ou cambium vasculaire). Cette assise génératrice sous épidermique produit des cellules de liège vers l'extérieur, isolant ainsi l'épiderme des tissus vivants et forme vers l'intérieur le phelloderme ou le cortex et donnant par conséquent l'assise subéro-phellodermique (cambium cortical) ou le periderm (écorce secondaire) qui contient à la fois le phelloderme, le phellogène, le suber et la croûte (Fortes, 2004)(Fig.3).





a : Jeune tige de chêne liège recouvert d'un épiderme pubescent très mince  
 b : Coupe transversale d'un tronc de chêne liège avec les différentes couches

Figure 3 : Processus naturel de formation du liège (Pereira, 2007)

- Les premières cellules du liège qui se forment sont très aplaties (ondulées) et déformées à cause de la pression radiale du bois. Ce premier liège fait référence au liège mâle qui va couvrir les racines, les rameaux et la totalité du tronc. Cette écorce secondaire régie par le phellogène peut persister pendant toute la vie de l'arbre à condition de ne pas opérer de récolte de liège mâle et peut atteindre jusqu'à 27 cm d'épaisseur (Natividade, 1956) (Fig.4).

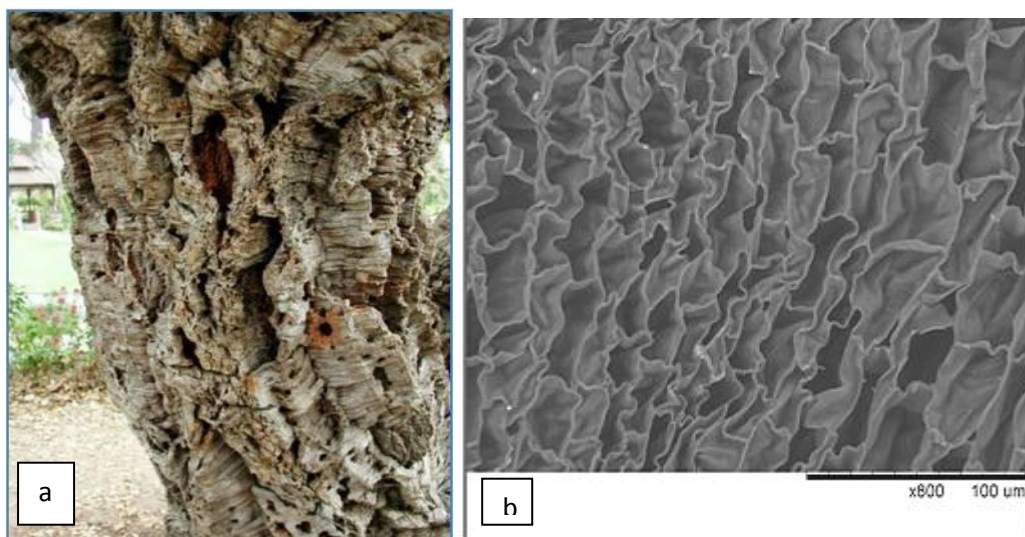


Figure 4 : Formation du liège mâle et son aspect anatomique très ondulé  
 (a : Belharizi, 2020 ; b : Dehane, 2012)

## **I.2-La hauteur d'extraction ou d'exploitation du liège sur arbre**

La hauteur d'extraction intervient dans la production du liège et l'une de ses premières constatations est l'apparition du liège de reproduction. En la faisant varier on augmente ou on diminue la surface génératrice. Elle joue un rôle déterminant sur la rapidité de formation et de la qualité du liège. Pour chaque type de peuplement et pour chaque arbre, une hauteur optimale qui doit correspondre à la meilleure production soutenue.

Pratiquement on proportionne la hauteur d'exploitation (Hd) à la circonférence à hauteur de poitrine suivant un coefficient de démasclage (Cd) qui dépend de l'état de végétation de l'arbre :  $Hd = Cir * Cd$

En Algérie, ce coefficient est fixé entre 1,5 et 2,5 (Saccardy, 1937) :

- 1,5 pour un arbre de végétation médiocre,
  - 2 pour un arbre de végétation normale,
  - 2,5 pour un arbre de végétation très vigoureuse.
- 
- La mise en valeur du liège mâle ou le démasclage proprement dit est opérée quand l'arbre atteint un âge oscillant entre 20-25 ans et 35-40 ans (60 cm de circonférence à 1,30 m du sol) selon la fertilité de la station et les opérations culturales appliquées.
  - Actuellement, vue les conditions extrêmes de végétation des subéraies en méditerranée, la hauteur de démasclage est fixée à la limite de 2,2-3m de hauteur avec un minimum de 1,20m (Correia et al., 1992) (Fig. 5).
  - Au Portugal, les conditions climatiques accompagnant le climat océanique de l'atlantique permettent d'aller jusqu'à un coefficient 3, dépassant largement la hauteur maximale du fût (Brito Dos Santos, 1940).

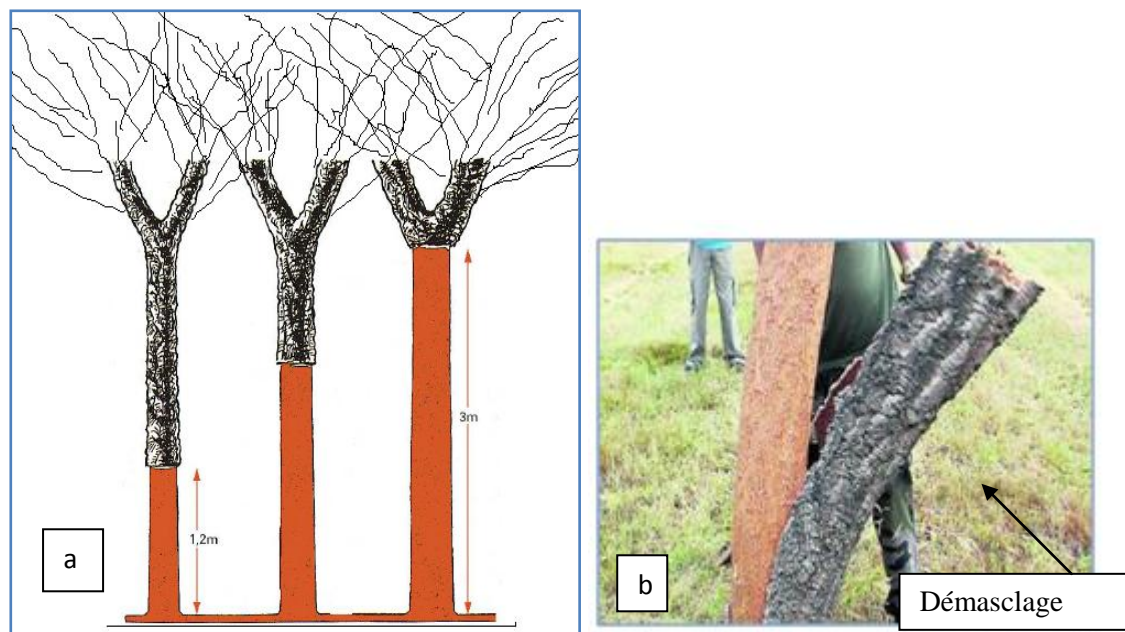


Figure 5 : Variation de la hauteur de démasclage du liège autorisée (a : Belharizi, 2020 ; b:Web 1, 2020)

- Dans un peuplement entretenu et bien géré, 45-50 % des arbres seront démasclés à une circonférence de 60cm (Natividade, 1956).
- Le liège mâle ainsi démasclé (qualité basse : dureté importante) est très prisé dans l'industrie de l'aggloméré et des granulats.

Après l'opération de mise en valeur du liège mâle, un nouveau liège se forme de meilleure qualité (homogénéité et souplesse) c'est le liège de reproduction. On le lève par de nouveaux démasclages appelés communément levée ou écorçage, en sorte qu'un même arbre peut fournir plusieurs récoltes successives.

- Dans les subéraies du littoral, l'écorçage est fixé pour une rotation de 9 à 10 ans alors qu'en montagne il se situe entre 12 ans et 15 ans.
- Dans la vie d'un arbre producteur, 10 à 15 récoltes sont opérées périodiquement soit une durée d'exploitation de 100 ans à 150 ans (Fig.6).

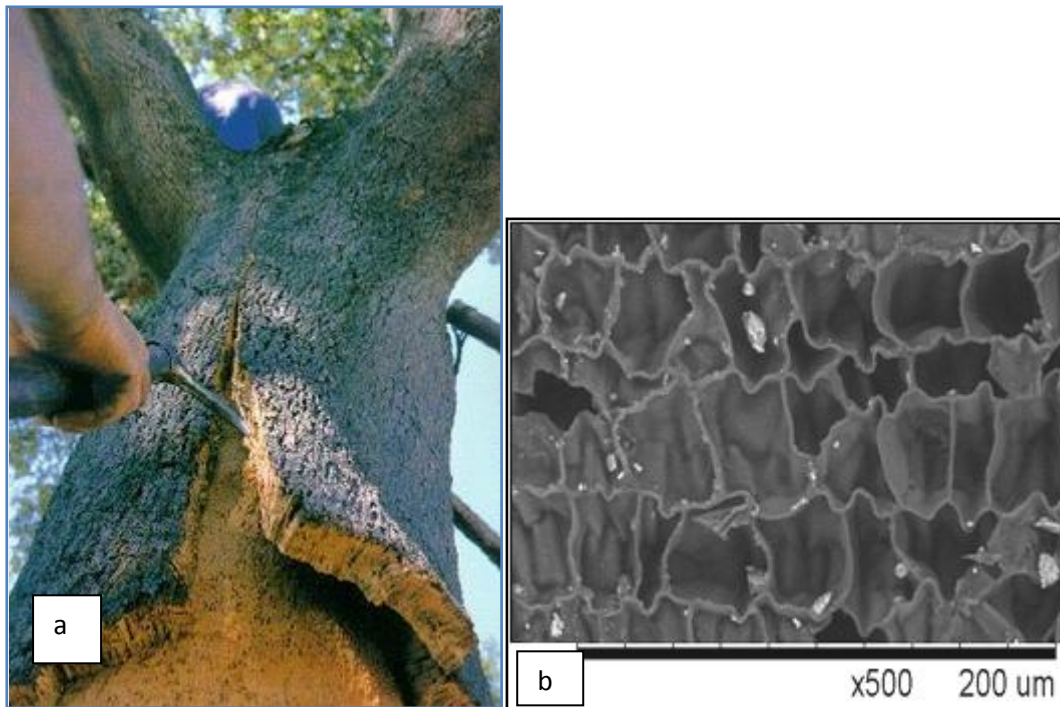


Figure 6 : Levée du liège de reproduction et son aspect anatomique très régulier  
(a : Web1, 2020 ; b: Dehane, 2012)

## **I.2.1-Influence de la hauteur d'extraction sur la production et la qualité du liège**

### **1.2.1.1- Sur la production du liège**

Il est admis que la hauteur d'extraction du liège (démasclage ou levée) influe directement ou indirectement sur le processus physiologiques de l'arbre (nutrition, respiration, accroissement...) responsables de l'activité subéreuse :

- Après 24 à 30 jours de la levée du liège, la totalité des stomates de feuilles sont ouvertes favorisant la circulation de la sève élaborée au niveau des feuilles par la photosynthèse et qui est redistribuée ensuite dans tout l'arbre comme source de nourriture pour la production des glands, de bois, de liège et pour l'élongation apicale et racinaire (Graça et Pereira, 2004).
- L'épaisseur de chaque couche annuelle du liège diminue proportionnellement à l'élévation de niveau le long du tronc et à partir du premier accroissement (Fig.7).

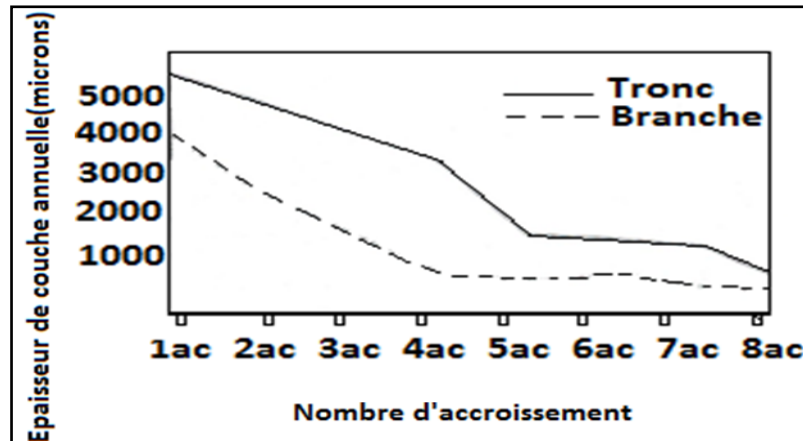


Figure 7: Variation d'épaisseur des couches annuelles de liège à la base du fût et sur les branches à 3,30m du sol pour un même arbre (Natividade, 1956)

- La figure montre que la décroissance des accroissements sur une branche principale est similaire par rapport à la base du fût et reste maximale sur le premier accroissement (fut et branche).
- Cette réduction des épaisseurs des accroissements et due au nombre des cellules dans les rangées radiales, elle varie de 37,4 $\mu$  (base du tronc) à 36,6 $\mu$  (branches principales) (Pereira, 2007) (Fig.8).

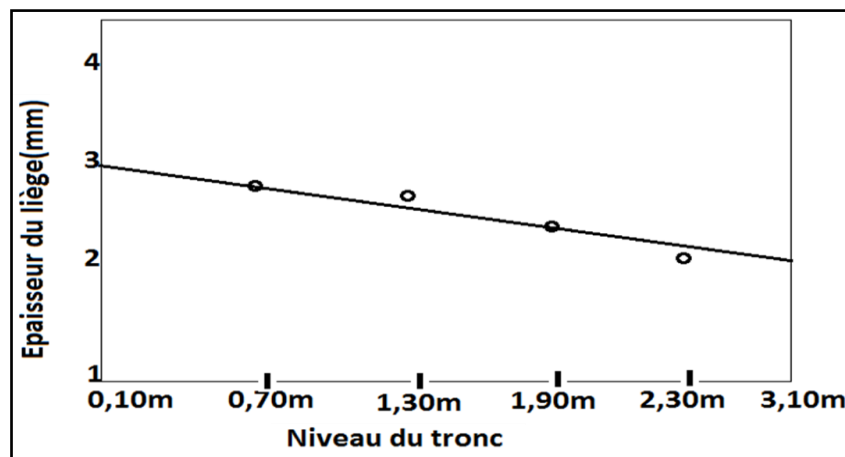


Figure 8 : Variations de l'épaisseur du liège à des niveaux successifs du tronc (Natividade, 1956)

- La pratique de l'écorçage à une certaine hauteur du fût (<4m) stimule périodiquement la production du tissu subéreux de 250% à 400% qu'à la base du fût.
- Sur un arbre âgé de 93 ans subissant 12 récoltes successives à hauteur distinctes, il a été constaté que le liège mâle ne représentait qu'une épaisseur cumulée de 88 mm alors que le liège de reproduction 427mm (Natividade, 1938).

- La productivité du liège à une hauteur de 1,40m (1<sup>ère</sup> récolte) donnera un poids moyen de 6,40kg/m<sup>2</sup> alors qu'elle se situera à 22 kg/m<sup>2</sup> à la hauteur de 3,38m (7<sup>ème</sup> récolte) soit l'augmentation de la production de 3,5 de fois(Fig.9) (Saccardy,1937).

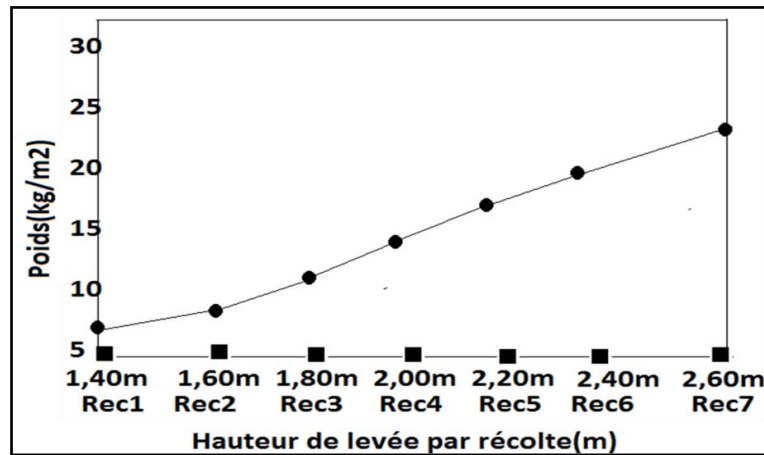


Figure 9 : Variations de la production de liège à différentes hausses (Natividade, 1956)

### 1.2.1.2- Sur la qualité du liège

La qualité du liège visible sur arbre est appréciée par la quantification de la porosité. Cette dernière exprime l'espace occupé par les lenticelles par unité de surface. Un liège est dit poreux s'il est de mauvaise qualité.

- Sur un même arbre, la porosité du liège diminue avec la hauteur du tronc. D'ailleurs il est admis que le liège des branches est de meilleure qualité que celui de la base du tronc. Cette amélioration est due principalement à la diminution de la porosité qui accompagne la réduction de l'épaisseur des planches (Fortes & Rosa, 1988) (Fig.10).

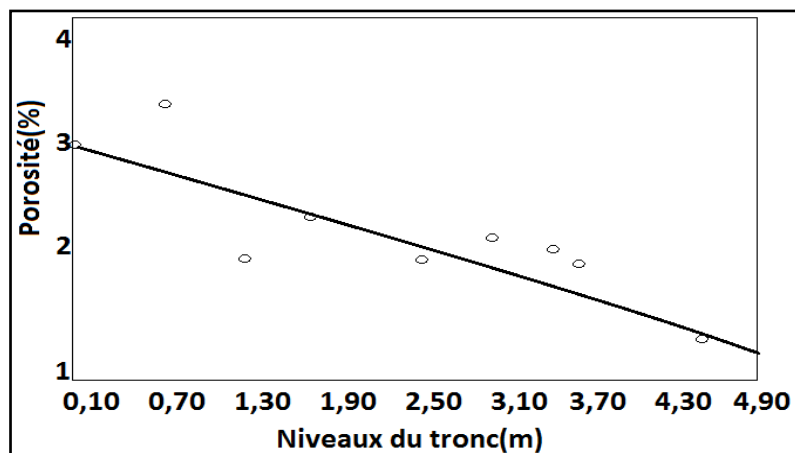


Figure 10: Variations de la porosité du liège à différents niveaux du tronc(Natividade, 1956)



- L'affaiblissement de la porosité de bas en haut du tronc résulte principalement de la réduction du diamètre des canaux et par conséquent des dimensions plus petites des lenticelles.
- Dans le liège de reproduction d'un même arbre, le nombre de pores lenticellaires diminue de la base du tronc à la cime jusqu'à 3,60m de hauteur avec un minimum de 30 lenticelles et un maximum de 265 par unité de surface de 100cm<sup>2</sup> (Pereira,2007) ( Fig.11).

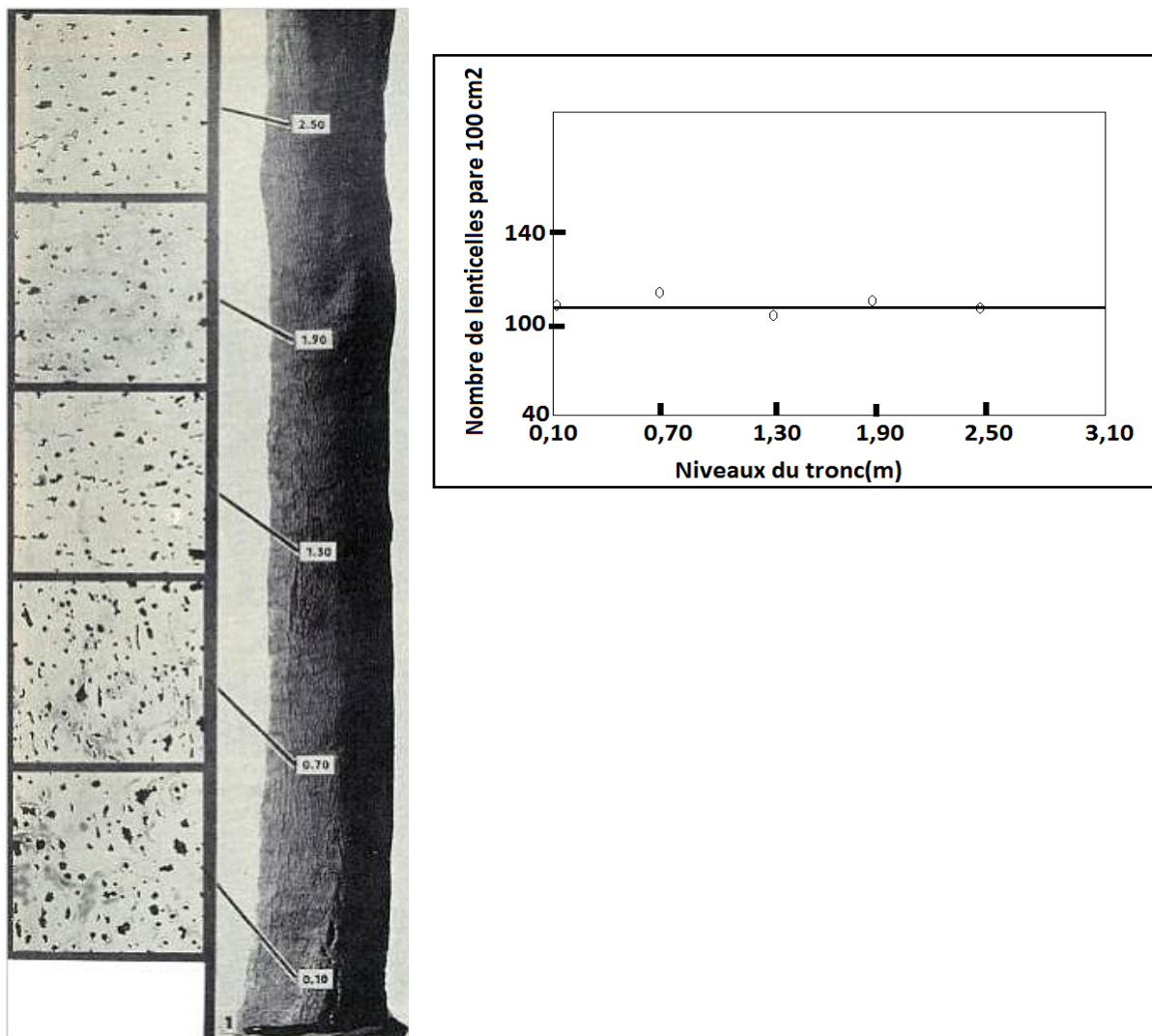


Figure 11 : Variations du nombre de lenticelles dans le liège produit à des différents niveaux du fût (Natividade, 1956)

### 1.3-Usage du liège selon la hauteur d'extraction

Selon ces propriétés physiques et mécaniques, le liège est très convoité dans plusieurs activités économiques et scientifiques englobant plusieurs secteurs allant des articles de sport aux produits pharmaceutiques et cosmétiques.

#### I.3.1-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 <sup>-3</sup>	120–180 (Liège de reproduction) 160–240 (Liège mâle)
L'énergie de surface, composante dispersive, mJ m <sup>-2</sup>	24–38 (40°C) 41 (25°C)
Conductivité électrique, s m <sup>-1</sup>	0.2 (parois de cellules de liège) 1.2x10 <sup>-10</sup> (25°C) 1.67x10 <sup>-13</sup> (50°C)
Résistivité acoustique, kg m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	1.2x10 <sup>-5</sup>
Chaleur spécifique, J kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	350
Diffusion thermique, m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	1x10 <sup>-6</sup>
Coefficient de diffusion d'eau, m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	4x10 <sup>-10</sup> 1x10 <sup>-11</sup>
Ne se désagrège pas à l'eau bouillante (Test de trois heures)	



### I.3.2-Caractéristiques mécaniques

Les propriétés mécaniques du liège lui permettent de résoudre tous types de problèmes et d'être approprié à une large gamme d'applications.

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 et al., 1981 ; Vaz et al., 1998 ; Pereira, 2007).

#### 1-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 <sup>1/2</sup>	60–130
Le coefficient de Poisson, bouilli 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 <sup>3</sup>
Résistance à la flexion	1,8 kg/cm <sup>2</sup>
Résistance à la compression	0,2 kg/cm <sup>2</sup>
Limite élasticité	1 kg/cm <sup>2</sup>
Tension de compression	1,78 kg/cm <sup>2</sup>
Chaleur spécifique	1,67 kj/kg °C
Rigidité mécanique (pour 50 mm épaisseur)	126 N/cm <sup>3</sup>
Module d'élasticité	5 N/mm <sup>2</sup>
Conductibilité à la chaleur	0,017 à 0,003g/mH mm

Coefficient de dilatation thermique	(20°) 25 à 50 x 10 <sup>-6</sup>
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 <sup>2</sup>
Résistance à la compression	0.2 à 0.3 kg/cm <sup>2</sup>
Résistance à la traction	0.6 à 0.94 kg/cm <sup>2</sup>
Limite élastique	1 kg/cm <sup>2</sup>
Module élastique	5 N/mm <sup>2</sup>
Tension de compression	1,78 kg/cm <sup>2</sup>
Tassement sous pression constante	0.5 mm à 1000 kg/m <sup>2</sup> , 1.1, 1.3 mm à 5000 kg/m <sup>2</sup>

### I.3.3-Caractéristiques fonctionnelles du liège

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 CO<sub>2</sub> 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 :** 1cm<sup>3</sup> 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 CO<sub>2</sub> 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.12):

- Liège brut : 0,032-0,045 W/mK

- Liège expansé pur :  $\lambda = 0,040$  W/mK

- Liège expansé haute résistance  $\lambda = 0,049$  W/mK

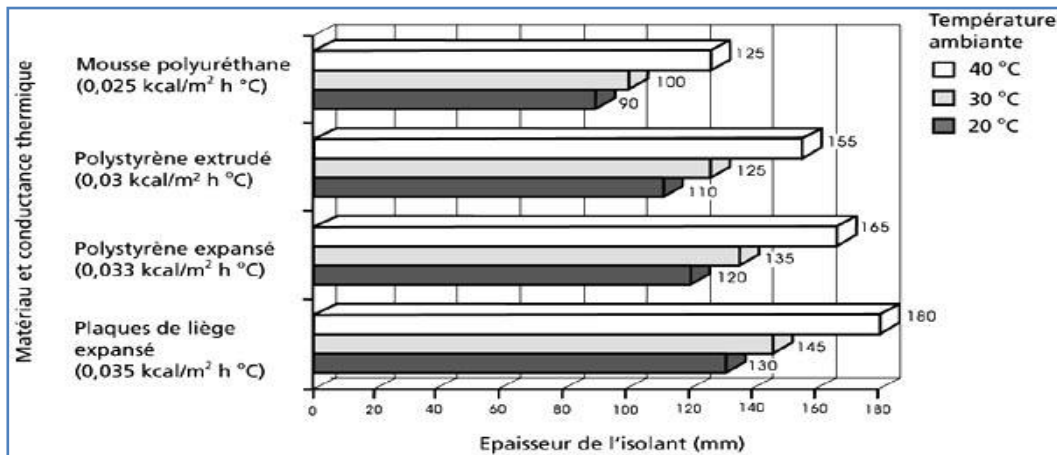


Figure12 : Comparaison de l'épaisseur type (arrondie à 5 mm près) des différents isolants employés dans les chambres froides et les entrepôts frigorifiques à terre à une température ambiante moyenne de 20, 30 et 40 °C (Chawyer et Pizzali, 2005)

- **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(Fig13) :

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...).

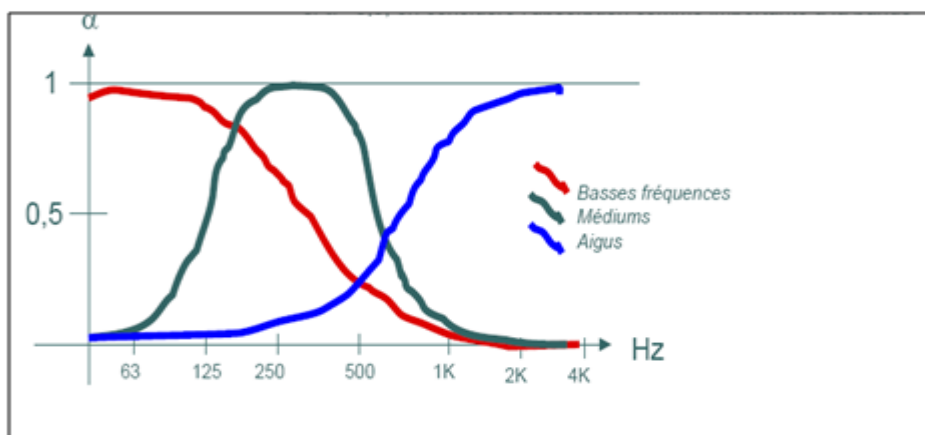


Figure13: Courbes typiques de  $\alpha$  Sabine pour les 3 catégories de fréquences (Remy, 2008)

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. 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

Figure14 : Propriétés physiques et mécaniques du liège très prisées par l'homme (APCOR, 2013)

**CHAPITRE II**  
**Milieu physique**

## II.1- Situation géographique et administrative

La forêt domaniale de Hafir couvre une superficie totale de 10157 ha, elle est située dans la zone centrale de la wilaya de Tlemcen (15 km au sud-ouest de la ville) sur un grand massif étiré de l'Est en Ouest (Bouhraoua, 2003). Elle est divisée en huit cantons renfermant un seul ou plusieurs groupes (Fig.15).

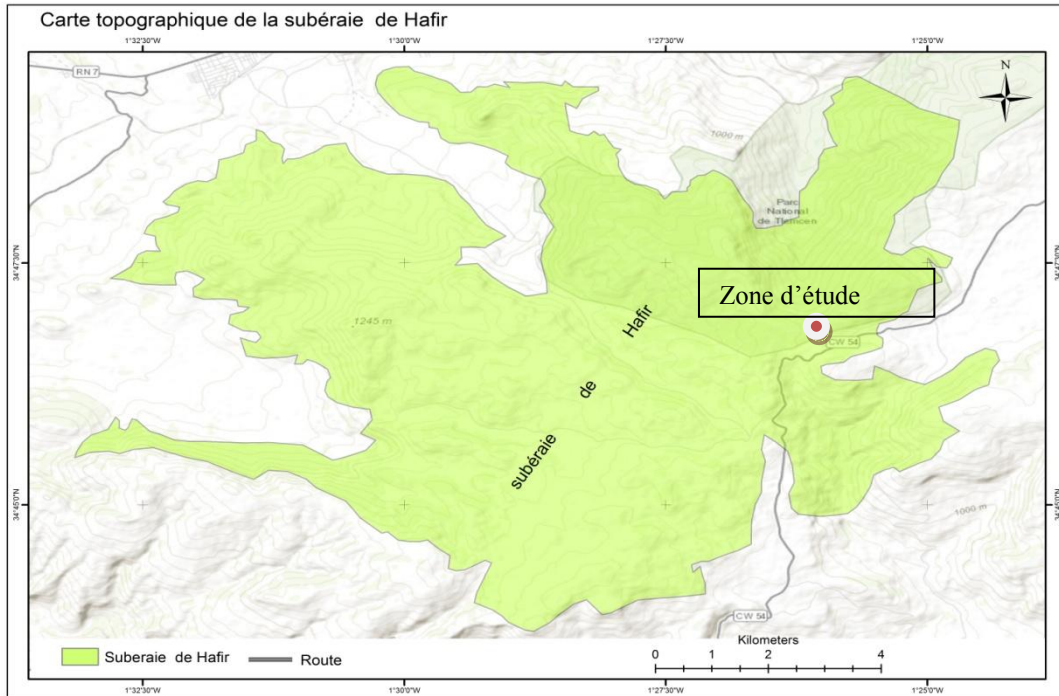


Figure 15 : Localisation de la forêt de Hafir (Parc National de Tlemcen, 2019)

D'après la carte d'Etat Major au 1/50000 de Terny, feuilles n°299 et 300, elle s'inscrit entre les latitudes et longitudes suivantes : 34°48'Nord à 34°42' Sud et 1°25 Est à 1° 27 Ouest. Les coordonnées Lambert sont les suivants (Tab.1).

Tableau 1 : Coordonnées géographiques de la forêt domaniale de Hafir

Nom de forêt	Coordonnées géographiques		Distance à la mer (km)
Hafir	X1=105,2km X2=127,1km	Y1=163,6km Y2=178,3km	60



Cette forêt appartient sur le plan géographique à la commune de Terny. Elle est limitée :

\*Au Nord : village d'El Guenaine et la commune de Sabra ;

\*Au Nord-Ouest : Zelboun et Ain Douz ;

\*Au Nord-Est : la forêt de Zariffet ;

\*A l'Est : la route nationale menant vers Tlemcen et la commune de Beni Mester ;

\*A l'Ouest : la commune de Beni Bahdel ;

\*Au Sud village de Beni Bahdel, la route menant à Beni Snous, la commune de AinGhoraba et Terny ;

\*Au Sud-ouest : la forêt de Moutas.

## II.2-Topographie et relief

La forêt de Hafir est caractérisée par un relief accidenté à différentes expositions et classes de pentes favorisant l'action de l'érosion hydrique (Tab. 2)

Tableau 2 : Distribution des pentes selon leur classes et superficies (Houari, 1992)

Classe de pente	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
0-3%	22,5	2,84
3-12%	137,5	18,33
12,5-25%	352,5	47
25-30%	187,5	25
>50%	50	6,66

La subéraie englobe un massif montagneux orienté d'Est en Ouest avec une altitude qui varie de 1000 à 1410 m.

## II.3-Géologie et pédologie

La forêt de Hafir repose sur un massif datant du Jurassique supérieur constitué dans sa majorité de grès Séquanien et d'alluvions du Quaternaire (Fig. 16).

Les données d'ordre stratigraphique des monts de Tlemcen ont été largement décrites dans le travail de Benest (1985), nous citons succinctement :

- Les grès de Boumediene ou grès Lutasicas, représentés par des sédiments essentiellement terrigènes à affinités molassiques.
- Les dolomies de Terny (Tectonique inférieure).

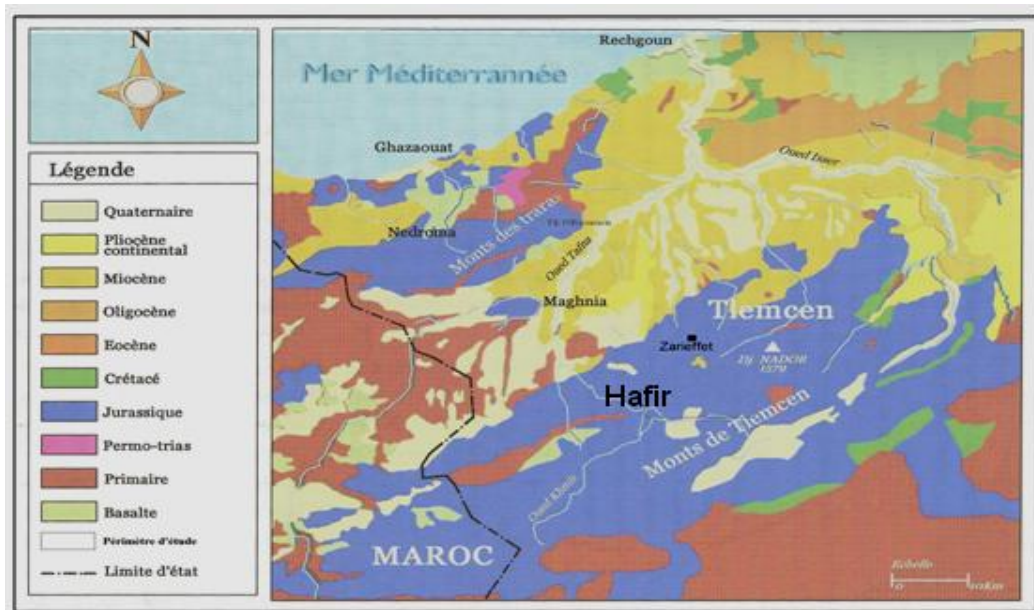


Figure 16: Carte géologique du Nord-Ouest Algérien (Cornet, 1952)

D'après la synthèse faite par Kazi-Tani(1996) à partir de nombreux travaux réalisés sur le massif, on distingue :

- des sols bruns fersiallitiques, typiquement lessivés. Ces sols sont soumis aux phénomènes d'érosion surtout au niveau des zones exposées aux précipitations et dont les pentes ont une forte déclivité,
- des sols bruns fersiallitiques à tendance podzoliques traduisant la perméabilité de la roche mère (grés séquaniens).

#### II.4- Hydrographie

Il existe un Oued principal traversant la région de Hafir « Oued Tafna », il est le plus important dans la wilaya de Tlemcen. La partie sud de la région de Hafir est traversée par un seul Oued appelé « Oued Boumeroune » ; qui a afflué de l'Est vers l'Ouest, son écoulement correspond au bassin de Tafna (Elmi, 1970).

#### II.5-Climatologie

Le climat se définit par l'ensemble des phénomènes météorologiques (température, humidité, ensoleillement, pression, vent, précipitations) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné, c'est un élément essentiel de la croissance des plantes, de la formation et de l'évolution des sols et de la gradation et de la récession des populations de ravageurs.

Pour caractériser au mieux le climat de la zone d'étude, nous avons recueilli des données anciennes qui proviennent principalement de Seltzer (1946) et des données relativement récentes par le biais des services hydrauliques de la wilaya et aussi sont tirées de la bibliographie. Ces données s'étalent sur deux périodes assez longues l'une ancienne de 24 ans (1914-1938) et l'autre récente de 24 ans (1990- 2014).

## II.5.1-Données climatiques

### II.5.1.1-Précipitations

- *Répartition annuelle des précipitations*

La forêt de Hafir reçoit habituellement une tranche pluviométrique supérieure à 600mm/an (Selzert, 1946). Dans cette synthèse nous recueillons une moyenne de l'ordre de 611,8mm/an.

Les données pluviométriques annuelles enregistrées dans la forêt pendant la période de référence est représentée dans la figure 17.

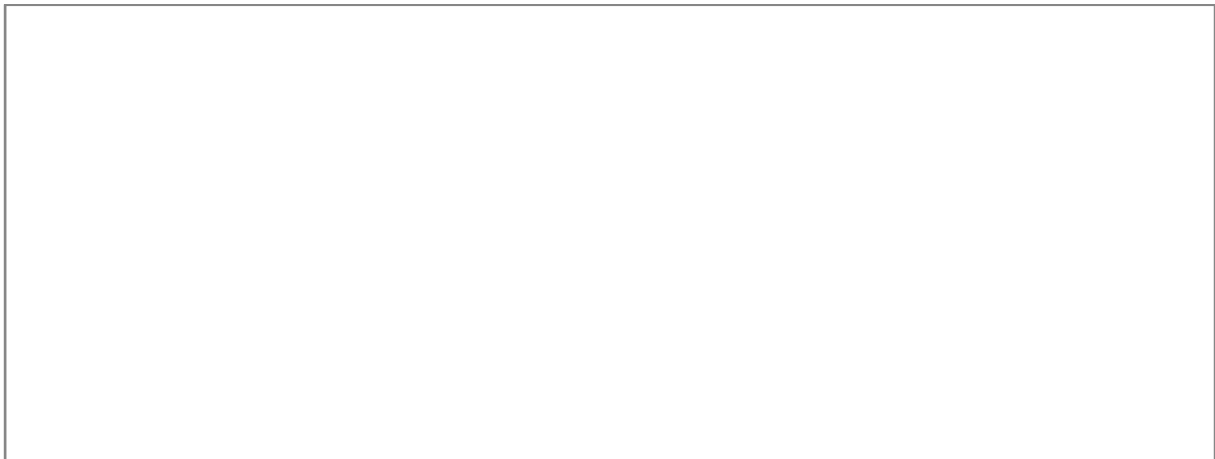


Figure 17 : Répartition annuelle de la pluviométrie à Hafir (1990-2014)

Dans la forêt de Hafir, nous distinguons trois types de saisons dont chacune traduit une situation pluviométrique particulière :

- **La belle saison ou l'année favorable** caractérisée par un excédent pluviométrique et une pluviométrie annuelle supérieure à 600mm (tranche optimale réclamée par le chêne liège). Cette saison est majoritaire et apparait sur 13 événements mais d'une façon assez irrégulière et discontinue dans le temps. La période allant de 2008 à 2011 reste la plus favorable avec une moyenne de l'ordre 727,4 mm avec un excédent moyen de 115,5mm.

- **La mauvaise saison ou l'année très défavorable** est connue par un déficit pluviométrique et une tranche pluviométrique inférieure à 400mm, ce qui ne correspond pas à celle réclamée par l'essence. Cette saison apparaît très rarement dans la forêt que sur deux événements, durant les années 2000 et 2005. La quantité minimale de pluies enregistrée durant ces deux années sont respectivement 358,6 mm et de 322,2 mm soit un déficit moyen de 253,2 mm et 289,5 mm.
  
- **La saison intermédiaire ou l'année intermédiaire** correspond à une situation intermédiaire entre les deux saisons précédentes mais reste toujours déficitaire. Elle est caractérisée par une pluviométrie annuelle allant de 400 à 600mm, quantité minimale réclamée par l'essence. Cette saison apparaît sur 9 événements soit 27,5% du totale. Elle ne dépasse rarement trois années consécutives soit un déficit moyen de 80,3mm

- **Répartition mensuelle moyenne des précipitations**

Le tableau 3 illustre les chutes de pluies moyennes mensuelles pendant les deux périodes de référence.

Tableau 3: Précipitations moyenne mensuelle (mm) pendant les deux périodes de référence

Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
1914-1938	101	106	105	66	63	<b>22</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	29	52	96	100	748
1990-2014													

Dans la forêt de Hafir, nous constatons que pour les deux périodes, la répartition mensuelle des précipitations est caractérisée par une grande variabilité durant les douze mois de l'année. La période marquée de sécheresse reste bien définie dans le temps, elle se raréfie entre juin et août, ne dépassant pas les 30 mm pour les deux périodes (Fig.18).

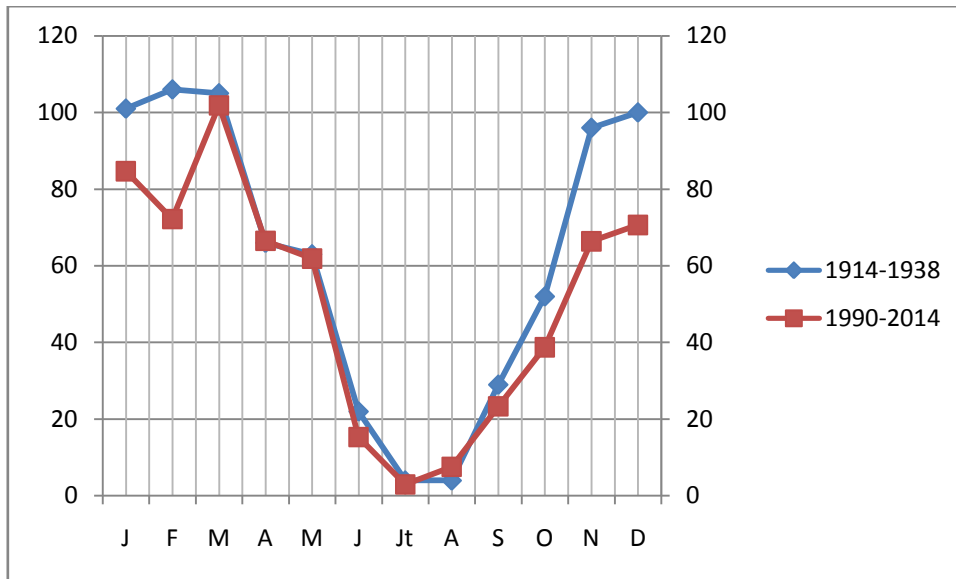


Figure18 : Répartition mensuelle moyenne des précipitations pour les deux périodes

- **Régime saisonnier des précipitations**

Musset (1935) a défini la notion du régime saisonnier. Il a calculé la somme de précipitation par saison et a effectué le classement des saisons par ordre de pluviosité décroissante.

La distribution saisonnière des pluies dans la forêt change d'une période de référence à l'autre (Fig. 19).

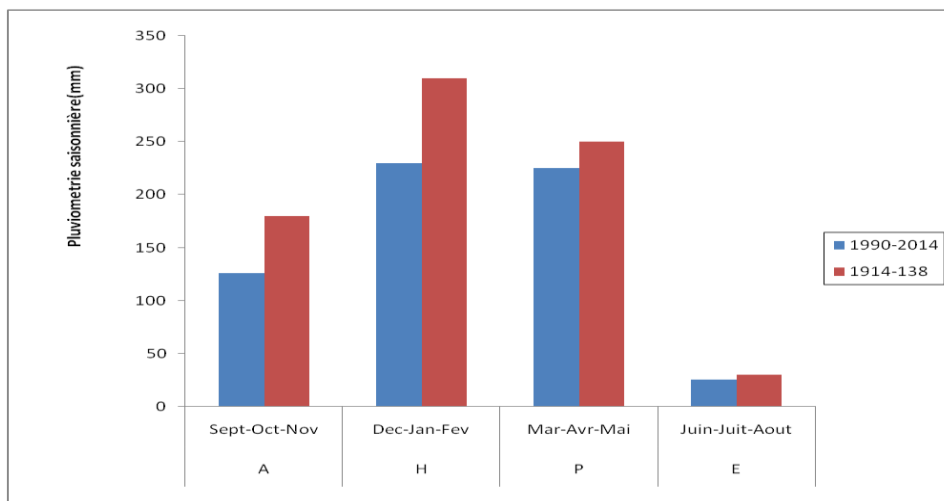


Figure 19 : Régime saisonnier des précipitations entre ancienne et nouvelle période

En zone montagneuse, le régime étant de type HPAE pour l'ancienne et la période récente, très influencé par les quantités de pluies cumulées en hiver et au printemps particulièrement. La saison estivale est toujours sèche et reçoit entre 4 % et 3,5% du total selon les périodes. Cette répartition des pluies permet au chêne liège d'acquérir une activité biologique optimale et procure à l'arbre les réserves hydriques dans le sol, très défaillant durant la saison sèche.

### II.5.1.2-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. Elle contrôle la croissance, la reproduction, la survie et par conséquent la répartition géographique, générant les paysages les plus divers (Soltner, 1992).

La détermination du climat régional s'avère très corrélée aux températures moyennes annuelles « T » et aux valeurs moyennes des minima du mois le plus froid « m » et des maxima du mois le plus chaud « M ».

- **Moyenne des minimas du mois le plus froid « m »**

Dans le tableau 4 sont illustrées les températures minimales enregistrées dans la forêt pendant les deux périodes.

Tableau 4 : Valeurs thermiques moyennes minimales en (°C)

Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moyenne
1914-1938	<b>1,9</b>	2,6	3,8	5,8	9,4	13	18,4	18,7	14,7	10,1	5,7	2,4	8,87
1990-2014													

D'après le tableau 4, nous constatons que les contrastes des températures minimales sont visibles à cause de l'altitude et la croissance de la continentalité. Dans la forêt de Hafir elles enregistrent respectivement au mois de janvier 1,9°C (ancienne période) contre 2,1°C (période récente).

Cette différence est due essentiellement au bourrelet montagneux de l'Atlas Tellien qui diminue fortement le minima « m » en provoquant les gelées (Seltzer, 1946 ; Baldy, 1965).

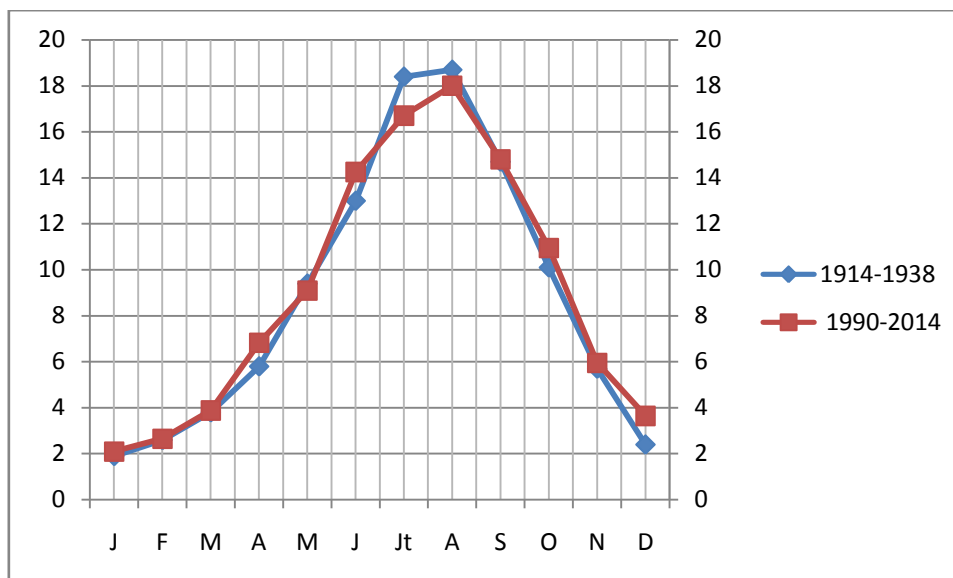


Figure 20: Distribution mensuelle des températures minimales pour les deux périodes

- *Moyenne des maxima du mois le plus chaud « M »*

Le tableau 5 fait apparaître les différentes températures maximales enregistrées dans la forêt pendant les deux périodes.

Tableau 5 : Valeurs thermiques moyennes maximales (°C)

Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moyenne
1914-38	9,9	11,5	13,8	16,7	20,9	26,3	32,4	<b>32,9</b>	27,4	21,8	14,5	11,2	19,94
1990-2014													

Il ressort du tableau 5 que les maxima sont enregistrés au mois d'août avec 32,9°C et 33,37°C. Les moyennes annuelles dans les deux périodes sont de l'ordre de 19,94°C et 21,60 °C, soit une différence de 1,66 °C (Fig.18).

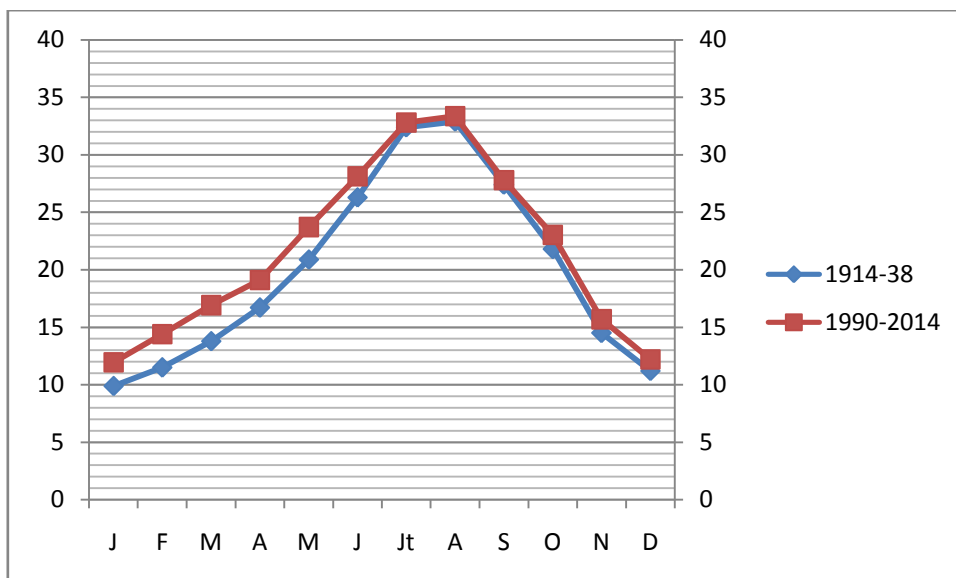


Figure 21: Distribution mensuelle des températures maximales pour les deux périodes

- *Températures moyennes mensuelles et annuelles (T°C)*

Les températures moyennes mensuelles et annuelles sont consignées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Températures moyennes mensuelles et annuelles T (°C)

Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
1914-38	5,9	7,05	8,8	11,25	15,15	19,65	25,4	<b>25,8</b>	21,05	15,95	10,1	6,8	14,41
1990-2014													

D'après le tableau 6, nous constatons que le mois de janvier reste en général le mois le plus froid pour les deux périodes (5,9 et 7,1°C). Le mois le plus chaud est noté par contre en août avec 25,8°C et 25,69 actuellement (Fig.22).



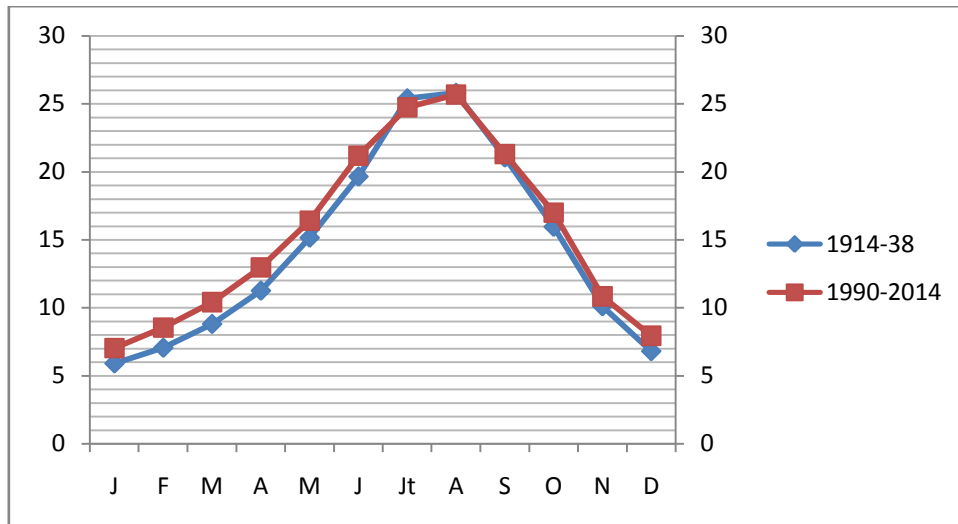


Figure22 : Distribution mensuelle des températures moyennes pour les deux périodes

### II.5.1.3-Autres facteurs climatiques

Les précipitations, les températures et les facteurs climatiques majeurs restent les seuls paramètres qui bénéficient d'une mesure quasi-régulière depuis le début de siècle (Seltzer, 1946). Cependant, l'analyse des autres paramètres climatiques, lorsqu'ils sont disponibles, permet de compléter et de nuancer les interprétations.

- **L'humidité relative atmosphérique** : Elle joue un rôle fondamental dans la vie du chêne-liège. Elle compense souvent, lorsqu'elle est élevée, le déficit pluviométrique enregistré durant la saison sèche de la zone relevant surtout de l'étage semi aride.

Dans la zone montagneuse, qui forme souvent un obstacle à ces influences, la forêt de Hafir est caractérisée par une hygrométrie relativement faible. Elle varie au cours de l'année de 72 % en hiver à 52 % seulement en été. La saison estivale y est donc plus sèche que sur le littoral mais les précipitations occultes (brouillards notamment) qui sont assez fréquentes fournissent par leur condensation un apport d'humidité supplémentaire au sol (Sauvagnac, 1956).

- **L'enneigement** : A Tlemcen, la neige fait son apparition à partir de 800 m d'altitude. Dans la forêt de Hafir, la neige était autrefois très abondante et son importance variait selon les années (Thintoin, 1946). Les premières chutes étaient enregistrées en hiver à partir du mois de décembre et étaient surtout abondantes en janvier-février pour disparaître à partir de mars. Ces chutes, fréquemment renouvelées, atteignaient 20 à 30 cm d'épaisseur avec un maximum de 1,50 à 2 m. La durée d'enneigement était d'environ 25 jours par an. Durant ces dernières années, les chutes de neiges sont devenues moins fréquentes voire rares dans toute la région et on ne compte actuellement que quelques jours d'enneigement par an.

## II.5.2-Synthèse climatique

La synthèse des données climatiques, nous permet de décrire les caractéristiques du climat qui règne dans les deux forêts. Elle fait appel à plusieurs indices calculés à partir de deux principaux paramètres climatiques ; la température et les précipitations.

### II.5.2.1-Amplitude thermique extrême moyenne ou indice de continentalité

L'amplitude thermique extrême moyenne (M-m) est un facteur climatique permettant de définir l'indice de continentalité d'une région donnée et par conséquent définir si elle est sous influence maritime ou continentale. Il permet aussi, à travers ses valeurs, de caractériser le mode de croissance de certaines essences, telle que le chêne liège (Tab.7).

Tableau 7 : Indice de continentalité

Période	M (°C)	m (°C)	M-m (°C)	Type de climat
1914- 1938	32,9	1,9	31,0	Semi-continental
1990- 2014	33,37	2,1	31,27	Semi-continental

En se référant à la classification de Debrach (1953), il apparaît clair que notre zone d'étude jouit d'un climat semi-continental ( $25^{\circ}\text{C} < \text{M-m} < 35^{\circ}\text{C}$ ) caractérisant la brutalité des contrastes thermiques.

### II.5.2.2-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)(Tab.8) :

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

Tableau 8 : Indice de sécheresse estivale

Période	(P.E) Pluviosité estivale « mm »	M (°C)	I.e
1914- 1938	30	32,9	0,91
1990- 2014	26	33,37	0,77

Il ressort du tableau 8 que l'indice de sécheresse est très inférieur à 5. Ceci indique l'appartenance de la forêt au climat méditerranéen selon la grille de Daget (1977) mais à sécheresse bien avancée.

### ***II.5.2.3-Etage de végétation ou zonation altitudinale***

Selon les travaux de Rivas Martinez (1982) sur la répartition de la végétation méditerranéenne, les étages de végétation auxquels appartient chaque essence sont définis selon trois variables : les gradients thermiques T (°C), m (°C) et l'altitude m (°C) (Tab.9).

Tableau 9 : Etage de végétation du chêne liège

Période	T (°C)	m (°C)	Altitude moyenne (m)	Etage de végétation
1914- 1938	14,41	1,9	1200	Mésoméditerranéen
1990- 2014	15,33	2,1		

Le chêne liège de la forêt de Hafir correspond à l'étage mésoméditerranéen ( $0 < m < 3^{\circ}\text{C}$  ;  $12 < T < 16^{\circ}\text{C}$  et  $600 < \text{alt.} < 1200\text{m}$ ).

### ***II.5.2.4-Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen***

Gaussen 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 modèle 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.23).

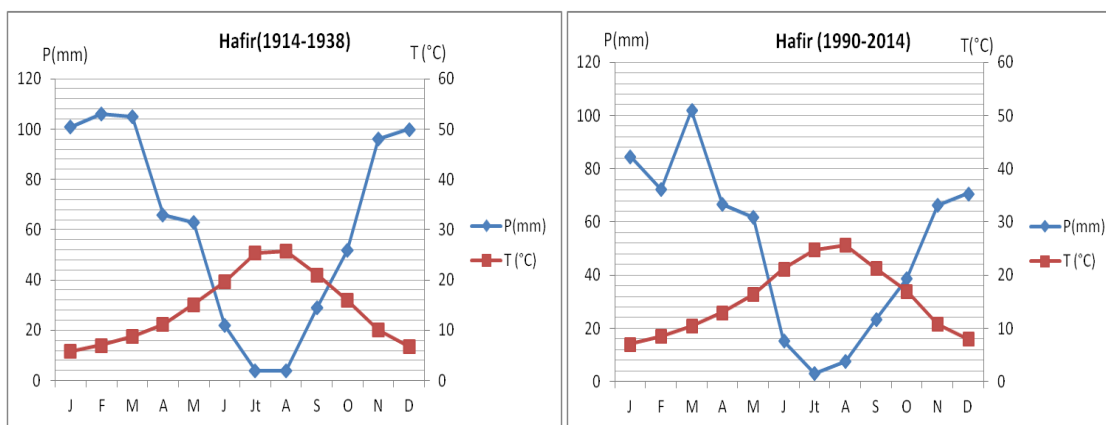


Figure23 : Diagramme ombrothermique de la forêt de Hafir

L'examen des diagrammes ombrothermiques montre que la séquence sèche est bien marquée. Pour la période 1914-1938, la forêt accuse 4 mois de sécheresse (de juin à septembre), par contre pour la nouvelle période (1990-2014), elle s'étend de juin jusqu'au début d'octobre.

#### II.5.2.5-Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

La classification la plus souvent utilisée pour caractériser le climat méditerranéen d'une localité a été élaborée par Emberger (1939). Celle-ci utilise un diagramme bidimensionnel dans lequel la valeur du « Quotient pluviothermique » est reportée en ordonnée et la moyenne du mois le plus froid « m » de l'année en abscisse. Le positionnement sur tel diagramme a été formulé de la façon suivante :

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

**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 notre forêt dans les étages correspondants (Fig.24).

Tableau 10: Valeurs du « Q2 » et étages bioclimatiques

Période	P mm	M (°C)	m (°C)	Q2	Etage bioclimatique	Variante thermique
1914-1938	748,00	32,9	1,9	83,03	Sub- humide supérieur	Frais
1990- 2014	611,80	33,37	2,1	67,04	Sub- humide inférieur	Frais

Il ressort de ce climagramme que la zone d'étude se distingue d'un bioclimat **sub-humide** recevant plus de 600mm. Dans ce massif, le climat converge actuellement vers un sous étage inférieur voire **semi-aride supérieur** avec des quantités annuelles de pluies oscillant entre 400 et 500mm. La température minimale est toujours inférieure à 3°C caractérisant un hiver frais.

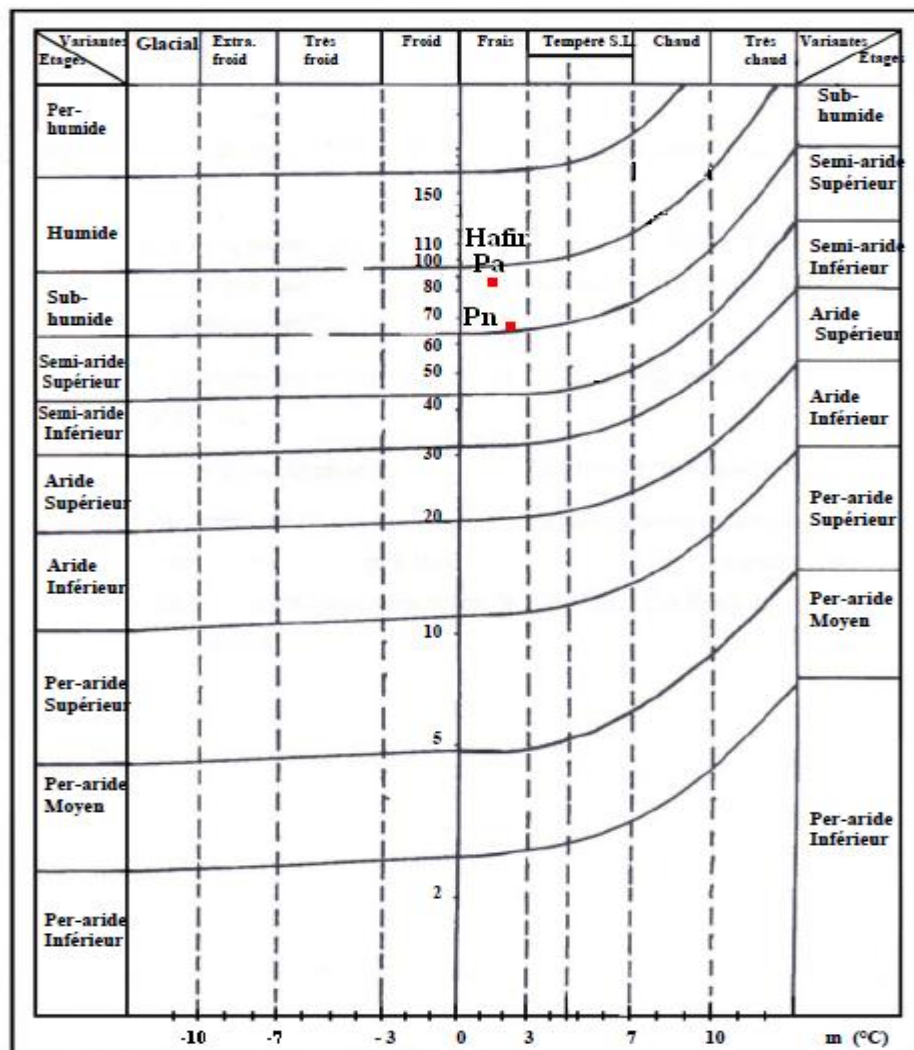


Figure 24 : Quotient pluviothermique et climagramme d'Embergerde la forêt de Hafir

## II.6- Description forestière

La subéraie de Hafir qui est l'un des peuplements reliques de l'Oranie, fournissait selon Boudy (1955) le meilleur liège d'Algérie et du monde.

Il constitue le plus important massif de chêne liège de tout l'ouest algérien. Actuellement cette vieille futaie avec ses sujets plus que bicentennaires (200 à 250 ans) avec quelques jeunes taillis est nettement en déclin, état de dégradation lié aux rudes conditions climatiques aggravées par l'état physiologique des souches (vieilles), l'absence de régénération, les incendies et par l'action de l'homme.

Les peuplements de chêne-liège couvrent une superficie de l'ordre de 3 500 ha (Boudy, 1955) à 4 000 ha (Thintoin, 1946 ; Sauvagnac, 1956). Actuellement, la majorité des peuplements (2 300 ha) sont purs tandis que les autres sont en mélange avec le chêne vert (Bouhraoua, 2003).

Ces peuplements sont localisés dans de nombreux cantons (11 au moins) dont les plus importants sont S'Rutou, Moutas, Tatsa, Tijdit, Oued Tlet, Oued Fernane et Koudiet Hafir. Un autre facteur important est intervenu dans l'élimination du chêne-liège de certaines stations. Le chêne-zeen (*Quercus. Faginea ssp. Tlemcensis*) est en effet capable de dominer dans les endroits humides en formant un taillis sous futaie très dense. Mais le comportement de cet arbre qui a remplacé le chêne-liège là où il avait disparu a permis la reconstitution d'un couvert forestier qui a fait ainsi obstacle à l'envahissement du maquis. En revanche, dans les stations sèches, c'est le chêne vert (*Quercus rotundifolia*) qui, du fait de sa robustesse et de sa plasticité, a envahi les anciennes subéraies, surtout après les incendies.

Le sous bois est très riche en plantes dont certaines sont caractéristiques d'une humidité élevée et d'autre de la présence du maquis, symbole de dégradation. Ce dernier est souvent peu développé mais rarement absent. Dans les stations dégradées par les incendies, il est en revanche très abondant. Parmi les plantes les plus fréquentes, signalons : le lierre (*Hedera helix*), le chèvrefeuille (*Lonicera implexa*), la salsepareille (*Smilax aspera*), la ronce à feuille d'orme (*Rubus ulmifolius*), le daphne ou laurier des bois ou garou (*Daphne gnidium*), l'arbousier (*Arbutus unedo*), le petit houx (*Ruscus aculeatus*), la bruyère arborescente (*Erica arborea*), le romarin (*Rosmarinus officinalis*) et la fougère aigle (*Pteridium aquilinum*).

Dans les zones dégradées, plus chaudes, on trouve plus d'essences secondaires telles que le chêne kermes (*Quercus coccifera*) et le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*), mais aussi les Cistes (*Cistus ladaniferus*, *Cistus salviaefolius*, *Cistus monspeliensis*), le diss (*Ampelodesma mauritanica*) et le doum (*Chamaerops humilis*).

## II.7-Production de liège

La production en liège de toute la wilaya de Tlemcen dépend principalement de la forêt de Hafir dont les peuplements sont les plus importants. Le liège de reproduction, depuis longtemps considéré comme un liège de qualité supérieure, représentait en effet les 2/5 de la production locale qui, selon Boudy (1955), a atteint 20 000 qx entre 1939 et 1951 alors que le liège mâle représentait 1/3 seulement du total (6 300 qx).

Le liège marchand qui représente le plus gros de la production (70 %) a été levé régulièrement, avec un rendement moyen de 792 qx, soit une production totale de 11 880 qx en 15 campagnes. Le reste de la production est réparti entre le liège brûlé (248 qx récoltés à 5 reprises après les incendies de 1940, 1941, 1943, 1952 et 1956) et le rebut. Ce dernier, qui représentait 4 à 35 % de la production annuelle selon la campagne, totalisait une récolte moyenne de 207 qx (Bouhraoua, 2003).

Après l'indépendance, les travaux d'exploitation du liège n'ont repris qu'en 1970 et se sont poursuivis jusqu'en 1996 (dernière exploitation), mais à un rythme très irrégulier correspondant à deux grandes périodes de 5 ans : 1970-1974 et 1982-1986. Depuis lors, la production s'est ralentie pour des raisons diverses (accidents climatiques, attaque d'insectes et autres) jusqu'en 1995 où les récoltes ont alors repris timidement et sur des superficies très restreintes. La production globale de cette période est de l'ordre de 13 000 qx, soit une moyenne de 1 180 qx (Fig.25).

Figure 25 : Evolution périodique de la production du liège à Hafir  
(C.W.F.T., 2017)

## II.8- Incendies

Le massif forestier Hafir –Zarieffet est confronté depuis une vingtaine d'année à une récurrence d'incendies qui ont causé la dégradation d'une grande partie des deux forêts(Tab.11).

Les informations citées dans le tableau suivant, nous ont été fournies par les services de forêts de la wilaya de Tlemcen.

Tableau 11: Historique des incendies dans le massif forestier Hafir-Zarieffet (C.F.W.T., 2016)

Années			Superficie incendiée (Ha)	Essences
2000				Maquis
2001				Maquis
2001				maquis de chêne vert
2007				20 chêne liège 35 Maquis
2008				maquis dégradé de chêne vert
2011				20 ha : Forêts - 30 ha : Maquis - 25 ha Broussailles
2011				Broussailles
2014				03 ha Maquis dégradé de chêne vert - 02 ha Pin d'alep et Eucalyptus
2014				02 ha : Chêne Lièges - 03 ha : Broussailles
2015				1 ha: jeune reboisement -1 ha: Broussailles (Cne Béni Mester)-3 ha : Broussailles (Cne Sabra)
2015				Chêne liège et quelques broussailles
2015				Chêne Liège
2016				25 ha : Maquis de chêne vert-30 ha : Chêne liège-20 ha : Rebois,de Chêne liège-05 ha : Broussailles



# CHAPITRE III

## Méthodologie

### III.1-Echantillonnage

Notre investigation s'est déroulée dans la subéraie de Hafir, située dans les monts sud de la wilaya de Tlemcen, dans le lieu dit «Zàamadj», composé de 14 hectares de chêne liège productif. L'échantillonnage a été réalisé suivant des lignes représentatives de la topographie (par itinéraire) selon la méthode des services forestiers portugais (Fereira et al., 2000). La zone d'étude est couverte par un tracé en zig-zag sur lequel les arbres à échantillonner sont marqués à distances régulières selon les trois niveaux du terrain : bas-fond, pente et crête. La longueur de l'itinéraire dépend de la fréquence des arbres en production (Fig. 26)

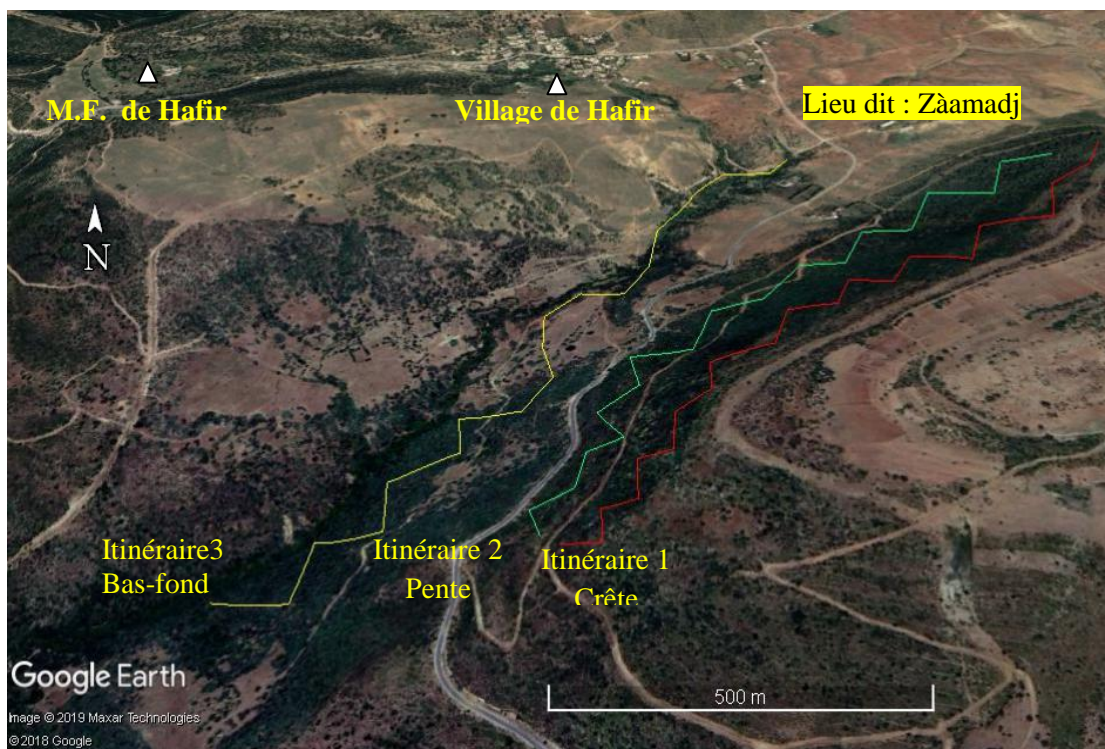


Figure 26 : Localisation des itinéraires et méthode d'échantillonnage appliquée (Belharizi, 2020)

### III.2-Choix des arbres et collecte du matériau

Les arbres-échantillons sélectionnés ont approximativement le même âge du liège (12 ans) et ont subi le même nombre de déliègeage, potentiellement valorisables dont la hauteur d'écorçage dépasse 3m. Les sujets sans rectitude du fût et présentant un état sanitaire dégradé ont été délibérément exclus de l'échantillonnage. Au total, 10 arbres ont été minutieusement choisis dans chaque itinéraire.

Afin d'aborder la thématique du travail, nous avons divisé chaque tronçonnage en trois parties, chacune d'elles fait référence à une hauteur précise par rapport au sol.

La première hauteur (H1) est située à 0,60 m du sol, la deuxième (H2) à 1,30m et enfin la troisième (H3) à 2,30m. Suivant l'exposition offerte, au niveau de chaque hauteur nous avons tracé à la craie un carré de 10cmx 10cm, analogue à un cala de liège (Fig.27).

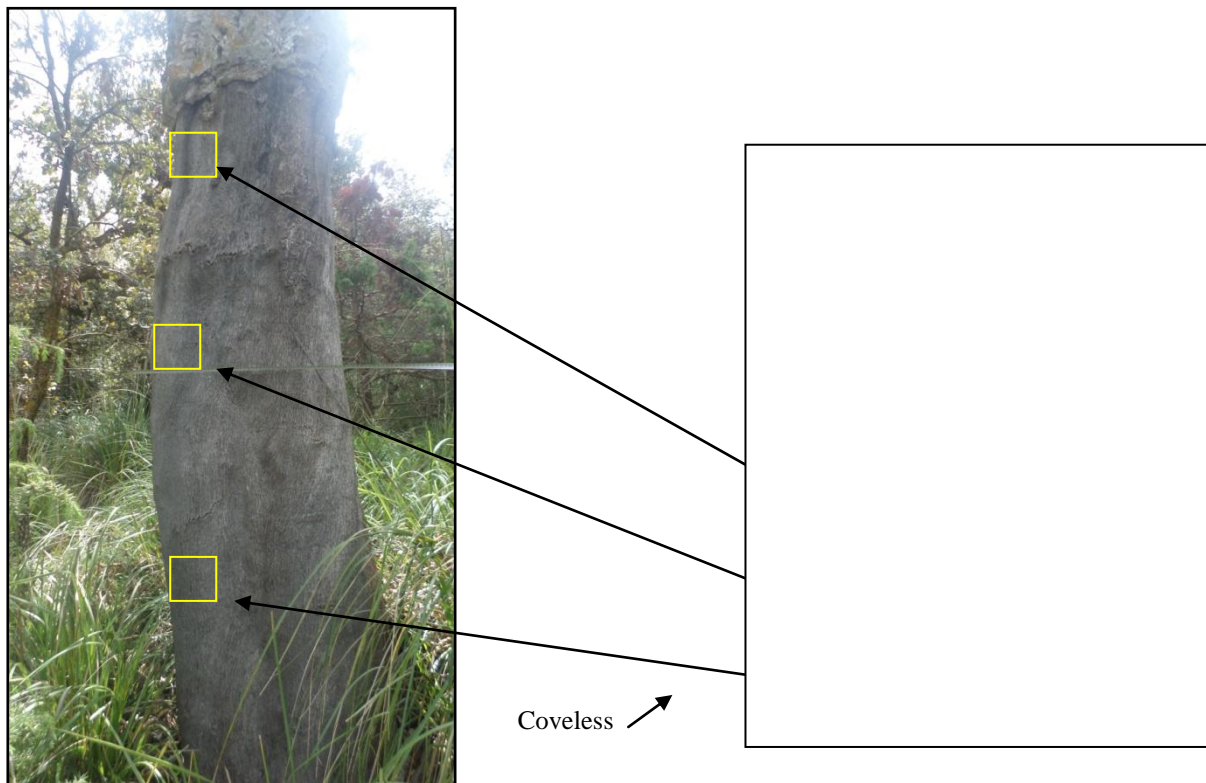


Figure 27: Technique de mesure et de collecte des échantillons (Belharizi, 2020)

Sur les contours de chaque carré, nous avons mesuré les paramètres technologiques du liège au moyen du Coveless CQ05. L'instrument s'articule sur la conductivité électrique de la sève par le biais d'une sonde plantée sur la mère du liège tandis que l'autre extrémité est branchée sur le Coveless. Selon les normes de l'IPROCOR (2006), chaque carré doit être sondé à cinq reprises. Deux attributs sont ainsi quantifiés par l'appareil :

- 1- L'épaisseur du liège : cet attribut fait référence à la quantité de liège produite et cumulée durant le cycle de production. Chaque épaisseur mesurée par l'instrument (en mm ou en ligne= 2,25mm) désigne une classe liée à l'usage industriel du liège (Tab.12) :

Tableau 12 : Classes de calibre du liège admises dans l'industrie (IPROCOR,2006)

Classes	Epaisseur en ligne	Epaisseur en mm
1		
2		
3		
4		
5		

1 ligne=2,25mm

2- L'aspect du liège : Cet attribut très difficile à élaborer s'articule sur le coté apparent du liège. En d'autres mots, il s'agit de quantifier les différentes anomalies qui parsèment le suber, soit dans notre cas le carré tracé à la craie. Ces anomalies très hétérogènes, superposées à l'épaisseur de l'échantillon définissent la classe de qualité. Les normes IPROCOR interprétées par l'instrument fournissent 8 classes d'aspect et par conséquent des classes de qualité élargie set résumée (Tab.13, 14 et 15) :

Tableau 13 : Classes d'aspect (IPROCOR, 2006)

N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Aspect								

Tableau 14 : Classes de qualité élargie

N° classe	Signification
C11	
C12	
C13	
C14	
C15	
C16	
C17	
C18	
C19	

Une fois le sondage (au coveless) achevé pour les trois carrés pour chaque arbre, on procède à l'extraction soigneuse des trois calas sans blesser la mère du liège (Fig.28).

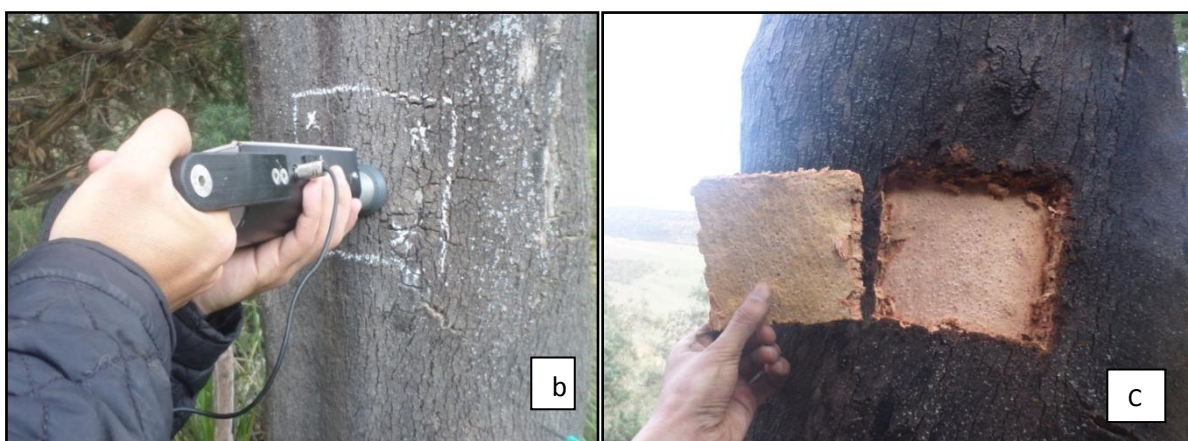


Figure 28 : Méthodologie appliquée pour la collecte des échantillons de liège (a: Mesure de la hauteur d'extraction; b: sondage au coveless ; c: extraction du cala) (Belharizi, 2020)

Chaque échantillon extrait est étiqueté selon la position de l'arbre dans l'itinéraire puis mis dans un sachet en plastic. Au total, nous avons récolté 90 échantillons de liège soit une moyenne de 30 calas par itinéraire, à raison de trois planches par arbre.

### III.3- Façonnage et mensuration

Les échantillons ont subi un séchage volontaire à l'air libre durant dix jours afin de réduire l'humidité naturelle issue de la sève (Fig. 29).





Figure 29 : Séchage des échantillons à l'air libre (Belharizi, 2020)

Après l'opération de séchage, les échantillons ont subi le protocole expérimental suivant (Fig.30 et 31) :

- Rectification des contours irréguliers l'aide d'une découpeuse sauteuse.
- Ponçage des sections transversales des planches à l'aide d'une ponceuse manuelle.



Scie sauteuse

Ponceuse

Figure30: Outils de façonnage du liège (Belharizi, 2020)

- Calcul de la surface des calas en  $m^2$  (S): par la mesure précise de la longueur et la largeur à l'aide d'un pied à coulisse digital (Fig.31).



Figure31: Mesure des longueurs et des largeurs des échantillons (Belharizi, 2020)

- Pesée des échantillons en kg (P) : elle consiste à déterminer le poids de chaque calas à l'aide d'une balance de précision (0,01 g près) (Fig.32).



Figure32 : Pesée des échantillons au moyen d'une balance électronique (Belharizi, 2020)

- Détermination du calibre moyen en mm (E) : l'épaisseur moyenne est validée par une mensuration au moyen du pied de ligne sur les quatre cotés du cala de liège en mm et en ligne, à raison de trois mesures par coté (Fig.33).

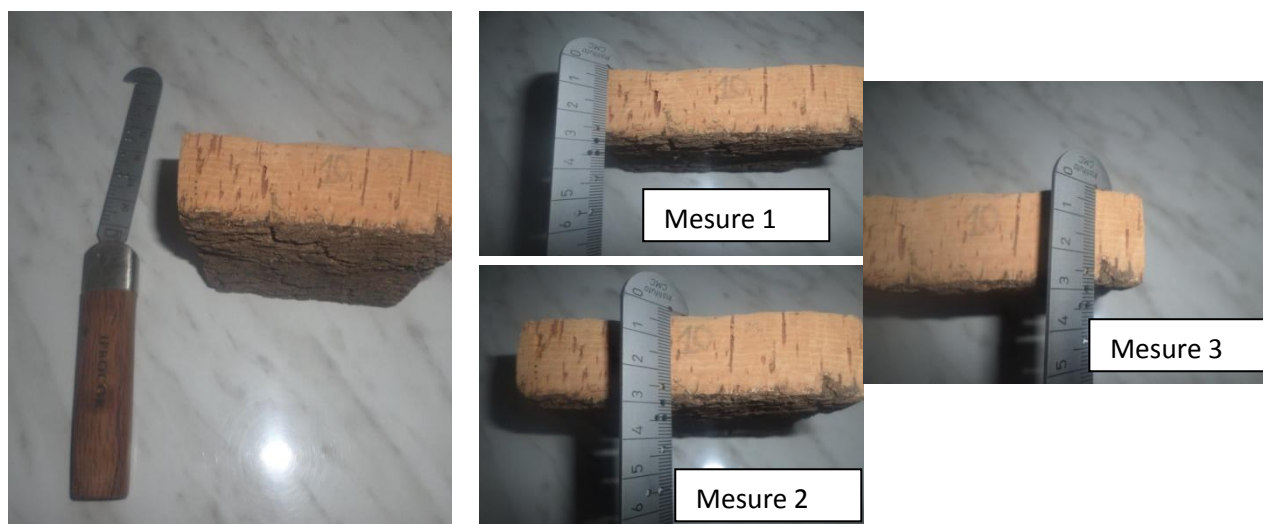


Figure 33 : Mesure du calibre au pied de ligne (Moyenne de trois mesures par échantillon) (Belharizi, 2020)

### III.4- Hérarchiesation des mesures antérieures

Les différentes mesures réalisées nous ont permis d'aborder les paramètres caractéristiques du liège selon leur hauteur d'extraction sur l'arbre échantillon:

- **La densité superficielle (DS):** C'est le rapport entre la surface ( S ) et le poids ( P ). Ce rapport exprime la productivité de l'arbre échantillon (  $\text{kg}/\text{m}^2$  ) (Tab.15).

Tableau 15: Classes de productivité ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) (Gonzalez Hernandez,2000)

Classes	Limite de productivité	Signification
1		
2		
3		

- **La densité volumétrique:** C'est le rapport entre le volume ( Surface\* Epaisseur) et le poids( P ). Ce quotient définit la densité volumique du liège produit par l'arbre échantillon ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )(Tab.16).



Tableau 16 : Classes de densité volumétrique ( $\text{kg/m}^3$ ) (Gonzalez Hernandez, 2000)

Classes	Limite de densité ( $\text{kg/m}^3$ )	Signification
1		
2		
3		
4		

- 
- **Les indices de qualité** : Les classes d'aspect fournies par le coveless et exportées vers l'Excel, nous a permis de calculer les indices de qualité selon les normes de l'IPROCOR.

Où :

$IQ$  = indice de qualité du liège

$Q$  = valeur moyenne en pécule/kg du liège des catégories 1 à 9

$A_i$  = Fréquence des classes de qualité dans l'échantillonnage.

- **Quantification de la porosité (CP(%))**

La porosité du liège définie le nombre de pores ou méats qui traversent la couche du liège transversalement et tangentiellement. Leurs diamètres ainsi que leurs nombres ont une influence directe sur la qualité du liège. Leur quantification numérique requiert les étapes suivantes :

- **L'acquisition** de l'image consiste à convertir l'image réelle de chaque échantillon en une image numérique. Il s'agit de scanner les coupes transversales de chaque échantillons au moyen d'un scanner numérique en affectant à chaque calas un numéro d'ordre, c'est-à-dire de 1 à 90, selon la figure 34.



Figure 34: Acquisition de l'image numérique par scannage des échantillons (Belharizi, 2020)

- L'opération **de seuillage** permet l'extraction automatique des particules à mesurer présent dans l'échantillon analysé.
- L'**extraction des paramètres** est l'opération qui consiste à une caractérisation globale de toutes les particules extraites (Fig.35).

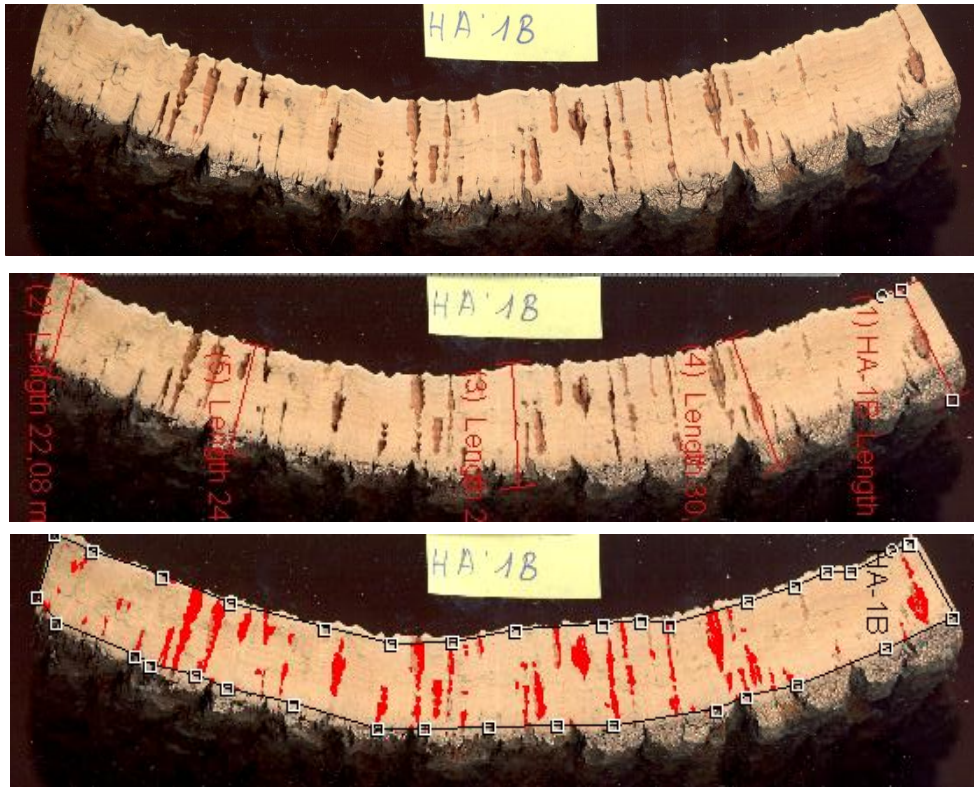


Figure 35: Seuillage de la région d'intérêt pour quantifier la porosité (Belharizi, 2020)

Le matériel nécessaire pour l'analyse digitale se divise en deux parties selon la méthode proposée par Dehane (Hamani, 2010) :

- Binarisation et seuillage d'image réelle ainsi que l'extraction des formes par l'application d'un logiciel photo filtre 6.4.0. ©Antonio Da Cruz.
- Quantification et dénombrement des pores par l'utilisation d'un logiciel Motic Image plus2.0.
- Calcul automatique du coefficient de porosité (CP) : % de la superficie totale des pores dans la superficie totale du cala.

### **III.5- Matériel utilisé dans le travail**

Le protocole expérimental a suscité l'utilisation du matériel suivant :

- Escabeau ;
- Clinomètre ;
- Mettre en acier ;
- Ruban mettre ;
- Marteau et burin ;
- Sachet en plastic ;
- Craie ;
- Coveless CQ054 ;
- Balance électronique ;
- Pied de ligne ;
- Pied à coulisse ;
- Scanner.

### **III.6-Traitement statistique des données**

L'ensemble des mesures des arbres-échantillons des trois itinéraires ont été soumises à des tests statistiques regroupant des paramètres de position et de dispersion (moyenne, médiane, écart type, coefficient de variation, quartile, variance). Une analyse univariée (anova 1et 2) a été utilisée pour comptabiliser l'apport de chaque variable par rapport à la hauteur d'extraction. Le coefficient de corrélation de Pearson a été aussi utilisé pour déceler une quelconque relation entre la hauteur d'extraction et les paramètres caractéristiques du liège.

Les calculs ont été effectués à l'aide du programme IBM SPSS Statistics 21.

# CHAPITRE IV

## Résultats et discussion

## IV.1-Analyse descriptive des paramètres caractéristiques du liège

### IV.1.1-Par variables continues

Dans le tableau 17 est indiquée l'analyse descriptive des variables continues.

Tableau 17 : Analyse descriptive des variables continues

Variable Statistique	Calibre (mm)	Porosité (%)	DV (kg/m <sup>3</sup> )	DS (kg/m <sup>2</sup> )	Aspect	IQ
Nombre d'échantillons						
Moyenne						
Ecart type						
Min						
Max						
Coefficient de variation(CV)						
Intervalle	24	12,30	275,00	5,65	8,00	18,00

DS : Densité superficielle ; DV : Densité volumétrique ; IQ : indice de qualité.

A travers le tableau 17, nous constatons que les moyennes des variables mesurées sur les 90 échantillons ne sortent pas en générale des limites enregistrées pour une subéraie de montagne :

- Pour le calibre, la moyenne de 28,74mm semble adéquate pour la confection des bouchons et autres produits tels que le papier en liège ou les rondelles (pour un intervalle de 24 mm).
- En ce qui concerne le coefficient de porosité, la moyenne de 5,98 % s'ajuste à un liège à croissance lente. Il s'agit bien d'un matériau naturel très hétérogène dont le minimum varie de 0,50% et le maximum 12,80% (CV=52,83%).
- La densité volumétrique oscille de 150 kg/m<sup>3</sup> à 425kg/m<sup>3</sup> pour une moyenne de 273,30 kg/m<sup>3</sup> et un intervalle de 275 kg/m<sup>3</sup> cela indique une densité de la classe forte c'est-à-dire un liège dure.
- A son tour la densité superficielle de 6,64 kg/m<sup>2</sup> indique une productivité de la classe moyenne puisque l'intervalle tourne autour de 5,65 kg/m<sup>2</sup> pour un minimum de 4,10kg/m<sup>2</sup> et un maximum de 9,75kg/m<sup>2</sup>.
- Pour ce qui est de l'aspect, la valeur moyenne de 6 fait référence à un produit naturel de meilleur choix (1<sup>er</sup>-5<sup>eme</sup>) dans la classe de calibre (11-13 lignes ou 24,75mm-29,25mm).
- Enfin, pour un indice de qualité IQ=9,18 exprimant une bonne qualité commerciale et industrielle, l'intervalle enregistré tourne autour d'un IQ= 18.

#### IV.1.2-Par variables catégoriques

Dans les tableaux ci-dessous, sont représentés les mesures des variables catégoriques (détaillées) obtenues à différentes hauteurs du tronc et selon la position topographique de l'arbre.

##### IV.1.2.1-Le calibre du liège

Le tableau 18 regroupe les valeurs moyennes et l'écart type des calibres des arbres échantillons selon les trois classes d'hauteurs.

Tableau 18 : Statistique descriptive de la variable dépendance calibre du liège

Statistiques descriptives				
Topo	Hauteur	Moyenne(mm)	Ecart-type	N
Bas-fond	H1			
	H2			
	H3			
	Total			
Pente	H1			
	H2			
	H3			
	Total			
Crête	H1			
	H2			
	H3			
	Total			
Total	H1			
	H2			
	H3			
	Total			

En se focalisant sur le tableau 18 nous distinguons une diminution de l'épaisseur du liège selon la hauteur d'extraction, qui va de 35,5mm (H1=60cm) à 27,40 mm (H3=230cm) dans les bas fonds, soit une moyenne de l'ordre de 31,70mm. Les sujets se localisant dans les pentes, le même cheminement se dresse, d'un calibre moyen de 32,70mm (H1) chute significativement pour atteindre 24 mm (H3), soit une moyenne de 28,66 mm. Sur les crêtes, les sujets exposés aux vents et à l'ensoleillement c'est pratiquement la même configuration, les calibres apparaissent minces soit une moyenne de l'ordre de 25,86mm, se rangeant entre 28,70mm(H1) et 22,70mm(H3) (Fig.36).

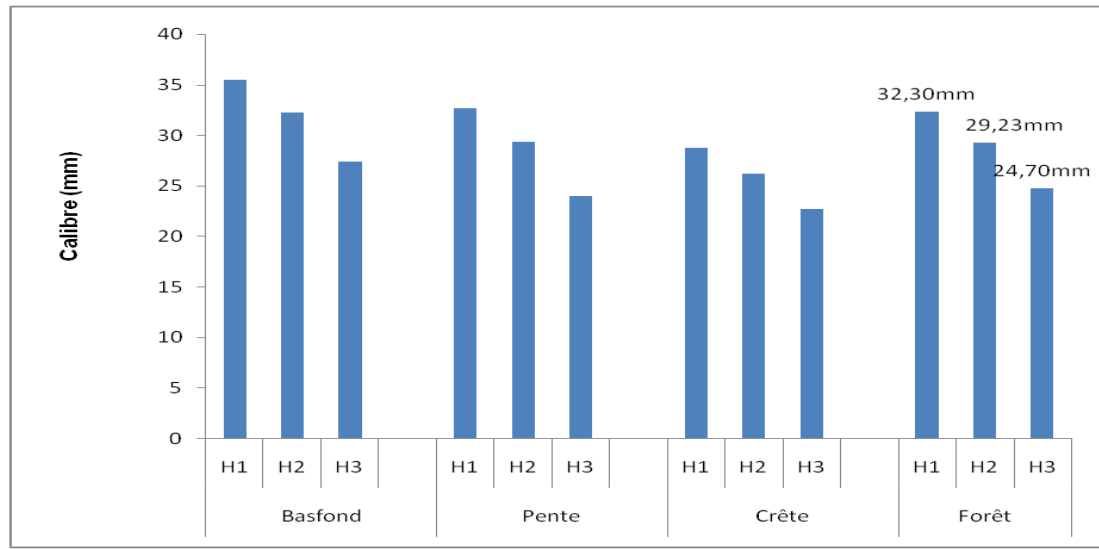


Figure 36 : Fluctuation du calibre du liège selon la hauteur d'extraction

Selon la figure 36, il apparaît clairement que le calibre du liège diminue de la partie basse du tronc vers les hauteurs. Sur les 90 échantillons nous enregistrons respectivement une moyenne de 32,30mm (les 30 H1); 29,23mm (les 30 H2) et 24,70mm (les 30 H3), soit une réduction de 23,52 % par rapport à l'épaisseur de départ. L'analyse de variance indique une différence très hautement significative ( $p < 0,0001$ ) pour la variable dépendante calibre du liège selon la hauteur d'extraction et par position topographique. Cette probabilité n'est pas admise en interférant les deux variables fixes hauteur d'extraction et position topographique ( $p > 0,05$ ) (Tab. 19).

Tableau 19 : Analyse de variance (anova 2) de la variable dépendante calibre du liège

Tests des effets inter-sujets					
Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	1408,622 <sup>a</sup>	8	176,078	21,791	0,000
Ordonnée à l'origine	74361,878	1	74361,878	9202,921	0,000
Topo	510,689	2	255,344	31,601	0,000
Hauteur	877,156	2	438,578	54,278	0,000
Topo * Hauteur	20,778	4	5,194	0,643	0,633
Erreur	654,500	81	8,080		
Total	76425,000	90			
Total corrigé	2063,122	89			

a. R deux = ,683 (R deux ajusté = 0,651)

#### IV.1.2.2-La densité volumétrique

Dans le tableau 20 sont indiqués les valeurs moyennes et l'écart type de la variable dépendante densité volumétrique (DV) selon les hauteurs d'extraction et la position topographique.

Tableau 20: Statistique descriptive de la variable dépendance densité volumétrique du liège

Statistiques descriptives				
Topo		Moyenne (kg/m <sup>3</sup> )	Ecart-type	N
Bas-fond	H1			
	H2			
	H3			
	Total			
Pente	H1			
	H2			
	H3			
	Total			
Crête	H1			
	H2			
	H3			
	Total			
Total	H1			
	H2			
	H3			
	Total			

Les valeurs moyennes de la densité volumétrique manifestent un état contrasté entre les trois hauteurs des bas fonds et aussi dans celles des crêtes. Par contre, dans les pentes, la densité semble augmenter de la base (H1: 264 kg/m<sup>3</sup>) vers le haut (H2:271kg/m<sup>3</sup>; H3:310,5 kg/m<sup>3</sup>) mais dans la classes de densité forte (264 kg/m<sup>3</sup>) à très forte (310kg/m<sup>3</sup>). D'ailleurs, sur les sujets des crêtes, les valeurs moyennes de la densité volumique selon la hauteur d'extraction restent statiques (H1: 290,40 kg/m<sup>3</sup>; H2 : 281 kg/m<sup>3</sup>; H3: 291,20 kg/m<sup>3</sup>) mais dans la classe de densité forte (Fig. 37).



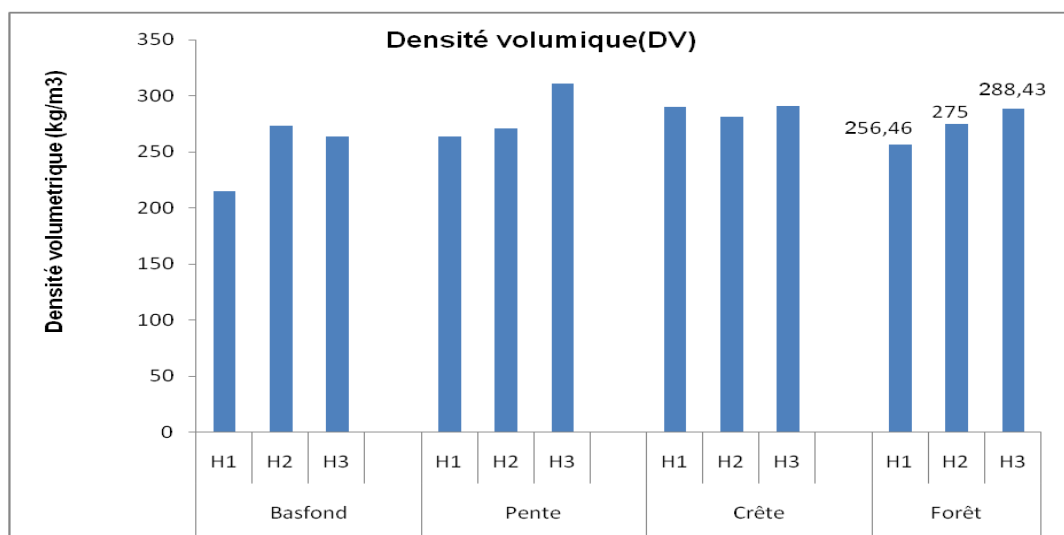


Figure37 : Variations des valeurs moyennes de la densité volumétrique par hauteur d'extraction

A partir de la figure 37, au niveau de la forêt, les 30 échantillons de la hauteur H1 enregistrent des moyennes réduites ( $256,46 \text{ kg/m}^3$ ) par rapport à ceux de la hauteur H2 ( $275 \text{ kg/m}^3$ ) et H3 ( $288,43 \text{ kg/m}^3$ ). Il s'agit en effet d'une aggradation progressive de la densité du liège au fur et à mesure de l'augmentation de la hauteur d'extraction. Statistiquement, la densité volumétrique enregistre une différence significative entre les trois hauteurs d'extraction ( $p < 0,05$ ) et aussi par rapport à la position topographique ( $p < 0,05$ ). En interférant les moyennes de la densité à la hauteur d'extraction et à la topographie, nous enregistrons une différence très faiblement significative ( $p = 0,06$ ) (Tab.21).

Tableau 21 : Analyse de variance (anova 2) de la variable dépendante densité volumétrique du liège

Tests des effets inter-sujets					
Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	56408,000 <sup>a</sup>	8	7051,000	3,800	0,001
Ordonnée à l'origine	6722360,100	1	6722360,100	3623,241	0,000
Topo	23811,800	2	11905,900	6,417	0,003
Hauteur	15458,067	2	7729,033	4,166	0,019
Topo * Hauteur	17138,133	4	4284,533	2,309	0,065
Erreur	150282,900	81	1855,344		
Total	6929051,000	90			
Total corrigé	206690,900	89			

a. R deux = 0,273 (R deux ajusté = 0,201)

#### IV.1.2.3-La densité superficielle (DS)

Le tableau 22 résume les valeurs moyennes et écart type de la variable dépendante densité superficielle (DS) selon les hauteurs d'extraction et la position topographique.

Tableau 22 : Statistique descriptive de la variable dépendance densité superficielle du liège

Statistiques descriptives				
Topo		Moyenne (kg/m <sup>2</sup> )	Ecart-type	N
Bas-fonds	H1			
	H2			
	H3			
	Total			
Pente	H1			
	H2			
	H3			
	Total			
Crête	H1			
	H2			
	H3			
	Total			
Total	H1			
	H2			
	H3			
	Total			

Du tableau 22, les arbres échantillons du bas-fonds indiquent une réduction de la densité superficielle de la hauteur H1(8,88kg/m<sup>2</sup>) vers la hauteur H3(6,53 kg/m<sup>2</sup>) soit une diminution de 26,42%. Sur les sujets des pentes, la même observation s'opère, d'une densité de l'ordre de 7,82 kg/m<sup>2</sup> (H1) nous enregistrons une valeur moyenne de 5,29 kg/m<sup>2</sup> (H3), soit une réduction de 32,35%. Pour les individus des crêtes, la densité superficielle passe de 6,23kg/m<sup>2</sup> (H1) vers 4,42kg/m<sup>2</sup> (H3) comptabilisant une chute de l'ordre de 29,05% (Fig.38)

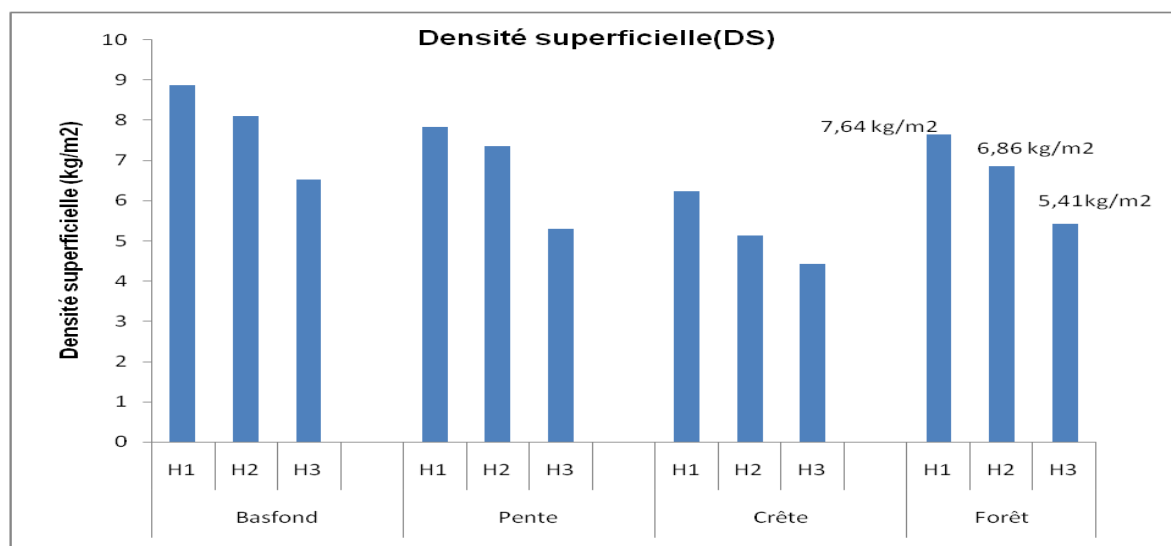


Figure 38: Variations des valeurs moyennes de la densité superficielle par hauteur d'extraction

La figure 38 nous renseigne visiblement d'une régression de la densité superficielle avec l'augmentation de la hauteur d'extraction mais dans la gamme d'une productivité moyenne ( $6,5-7\text{kg/m}^2$ ). Sur les 90 échantillons, nous enregistrons moyennement  $7,64\text{ kg/m}^2$  pour les 30 H1 ;  $6,86\text{ kg/m}^2$  pour les 30 H2 et  $5,41\text{ kg/m}^2$  pour les 30 H3. L'analyse de variance atteste une différence hautement significative par rapport à la hauteur d'extraction ( $p < 0,000$ ) et la position topographique ( $p < 0,000$ ). Cette différence n'est pas possible en incorporant en même temps la hauteur et la position topographique ( $p > 0,05$ ) (Tab.23).

Tableau 23: Analyse de variance (anova 2) de la variable dépendante densité superficielle du liège

Tests des effets inter-sujets					
Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	182,532 <sup>a</sup>	8	22,816	32,277	0,000
Ordonnée à l'origine	3972,580	1	3972,580	5619,797	0,000
Topo	101,057	2	50,528	71,480	0,000
Hauteur	76,669	2	38,334	54,230	0,000
Topo * Hauteur	4,806	4	1,202	1,700	0,158
Erreur	57,258	81	0,707		
Total	4212,371	90			
Total corrigé	239,790	89			

a. R deux = 0,761 (R deux ajusté = 0,738)

#### IV.1.2.4-La porosité

Selon la hauteur d'extraction et la position topographique, les mesures de la porosité sont présentées selon leurs moyennes et leurs écarts type dans le tableau 24.

Tableau 24: Statistique descriptive de la variable dépendance porosité du liège

Statistiques descriptives				
Topo		Moyenne(%)	Ecart-type	N
Bas-fond	H1			
	H2			
	H3			
	Total			
Pente	H1			
	H2			
	H3			
	Total			
Crête	H1			
	H2			
	H3			
	Total			
Total	H1			
	H2			
	H3			
	Total			

Selon les valeurs moyennes des coefficients de porosité, il apparait clairement une régression de la porosité sur l'ensemble des sujets au fur et à mesure de l'augmentation de la hauteur d'extraction. Sur les arbres des bas fonds nous constatons une diminution de 63,62% entre la porosité de H1(8,83%) et de H3 (3,21%). Il en est de même pour ceux des pentes (une chute de 42,21% ; H1=7,57% et H3=3,84%)et pour ceux des crêtes (62,34% ; H1=8,23% et H3= 3,10%) (Fig. 39).

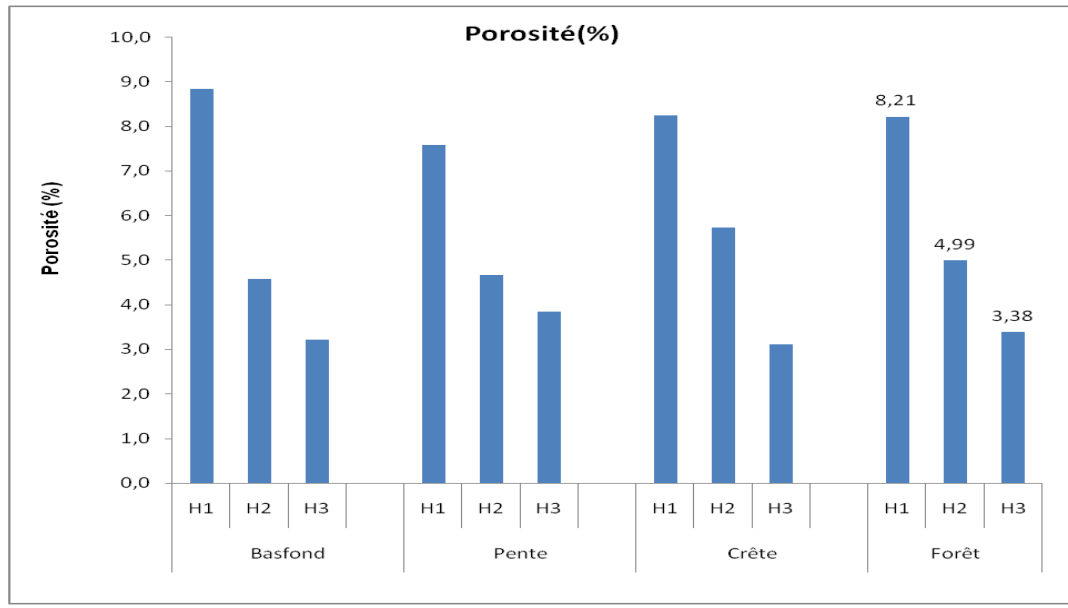


Figure39 : Variations des valeurs moyennes de la porosité par hauteur d'extraction

A travers la figure 39, nous constatons que pour les 90 échantillons une diminution de la porosité selon la hauteur de l'extraction. Les 30 échantillons des H1 comptabilisent un coefficient de porosité de 8,21% tandis que ceux des 30H2 (4,99%) et ceux des 30H3 (3,38%). Statistiquement, une différence hautement significative est signalée entre les trois hauteurs ( $p < 0,000$ ) et non pour la position topographique ( $p > 0,05$ ). L'interaction entre les deux variables fixes n'est pas réalisable (Tab.25).

Tableau 25 : Analyse de variance (anova 2) de la variable dépendante porosité du liège

Tests des effets inter-sujets					
Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	381,555 <sup>a</sup>	8	47,694	9,343	0,000
Ordonnée à l'origine	2747,306	1	2747,306	538,190	0,000
Topo	1,646	2	0,823	0,161	0,851
Hauteur	361,961	2	180,981	35,454	0,000
Topo * Hauteur	17,947	4	4,487	0,879	0,480
Erreur	413,482	81	5,105		
Total	3542,342	90			
Total corrigé	795,036	89			

a. R deux = 0,480 (R deux ajusté = 0,429)

#### IV.1.2.5- Classe d'aspect

Les classes d'aspect exprimant la qualité visuelle du liège sont exposées dans le tableau 26.

Tableau 26: Fréquence absolue de la variable dépendance « Aspect du liège »

Topo	Hauteur	6plus	1 <sup>a</sup> -5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup> -4 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup> -8 <sup>a</sup>	Total
<b>Bas fond</b>	H1						
	H2						
	H3						
<b>Pente</b>	H1						
	H2						
	H3						
<b>Crête</b>	H1						
	H2						
	H3						
<b>Forêt</b>	H1						
	H2						
	H3						

Du tableau 26, nous constatons une amélioration de la qualité visuelle du liège selon la hauteur d'extraction. Cela est visible sur les échantillons des H2 des bas fonds et des pentes (90% et 60% (1<sup>a</sup>-5<sup>a</sup>)). En crête c'est plutôt la dominance des H3 avec 80% (1<sup>a</sup>-4<sup>a</sup>). (Fig.40). Sur le plan de la forêt, le liège avec un aspect soufflé (6<sup>a</sup>) domine avec 66,66% (échantillons issue de H1) alors que celui dégradé (7<sup>a</sup>-8<sup>a</sup>) enregistre 16,66%.

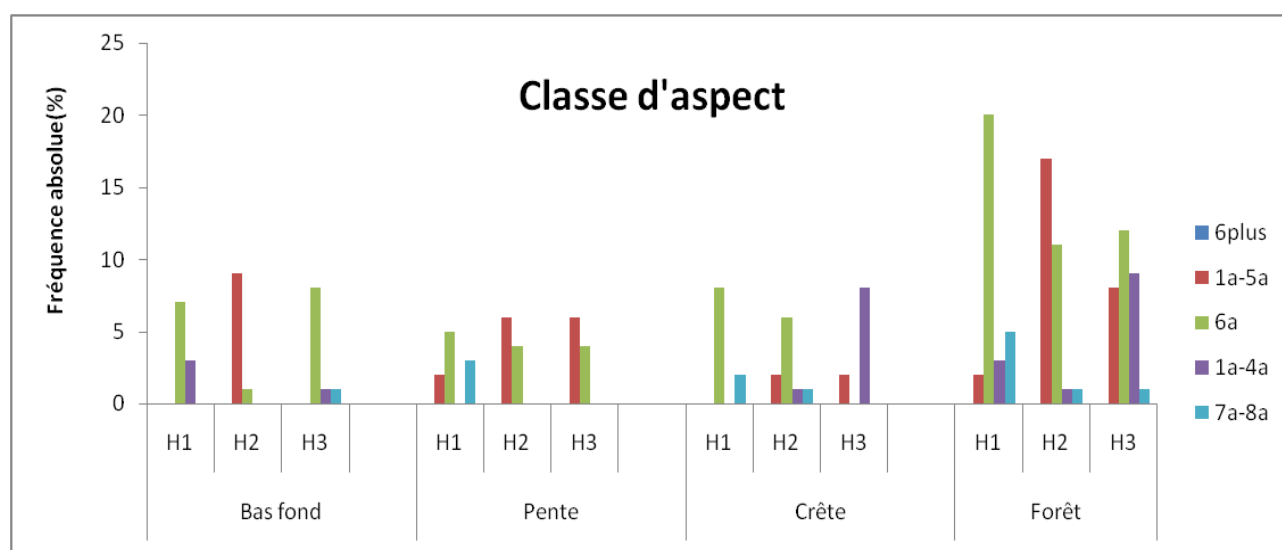


Figure 40 : Répartition des classes d'aspect selon la hauteur d'extraction et la position topographique

#### IV.1.2.6- Classe de qualité

Nous constatons de la figure 41 un ajustement des classes de qualité du liège avec l'augmentation de la hauteur d'extraction. La meilleure classe de qualité C16 (11-13 5<sup>a</sup> plus.), la plus adéquate avec cette région (liège mince) est bien représentée dans H3. Elle détient respectivement 23,33% (bas fonds), 13,33% (pente) et 6,6% (crête). Nous observons aussi la dominance de la classe 8 (11 moins. 4<sup>a</sup> plus.) Synonyme du liège très mince. Cette classe (C18) enregistre 27% des H3 et elle fortement présente dans les crêtes (80%). En fin le liège de rebut de la classe 9 semble plus fréquent sur les échantillons de pente (60%) soit 20% des H3.

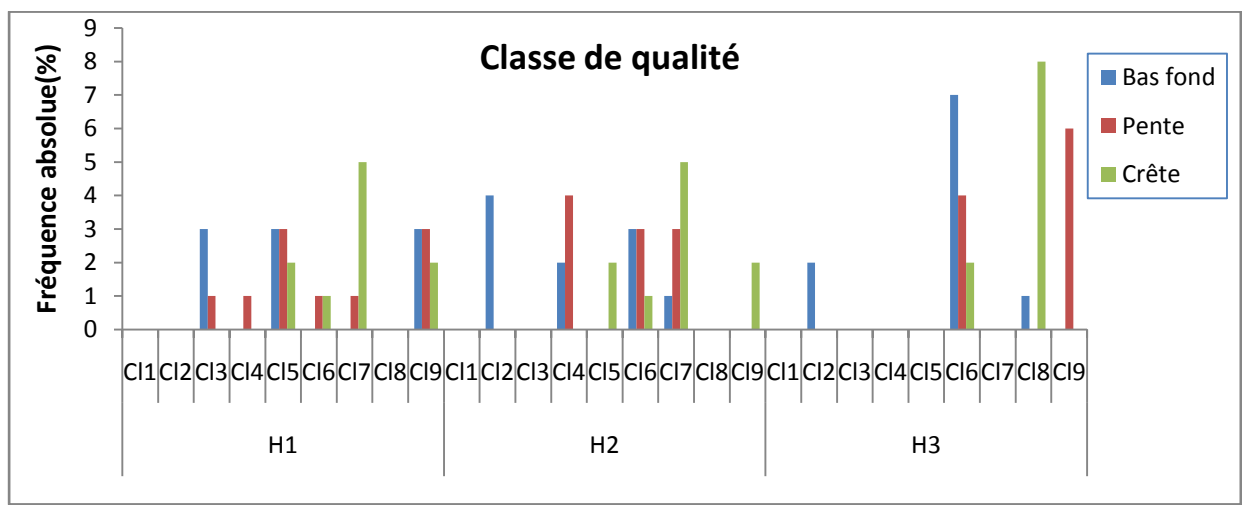


Figure 41 : Répartition des classes de qualité selon la hauteur d'extraction et la position topographique

#### IV.1.2.7- Les indices de qualité

Les indices de qualité comptabilisés selon la hauteur d'extraction sont répertoriés dans le tableau 27 et aussi selon la position topographique.

Tableau 27: Statistique descriptive de la variable dépendance Indice de qualité du liège

Statistiques descriptives				
Topo		Moyenne	Ecart-type	N
Bas fond	H1			
	H2			
	H3			
	Total			
Pente	H1			
	H2			
	H3			
	Total			
Crête	H1			
	H2			
	H3			
	Total			
Total	H1			
	H2			
	H3			
	Total			

Les résultats des indices de qualité (IQ) exprimés selon la hauteur d'extraction et la position topographique indiquent une progression notable entre les H1 et les H2-H3 des trois niveaux. A titre d'exemple, dans les bas-fonds nous enregistrons la progression suivante H1: 5,20 ; H2: 15,92; H3: 13,90) (Fig.42).

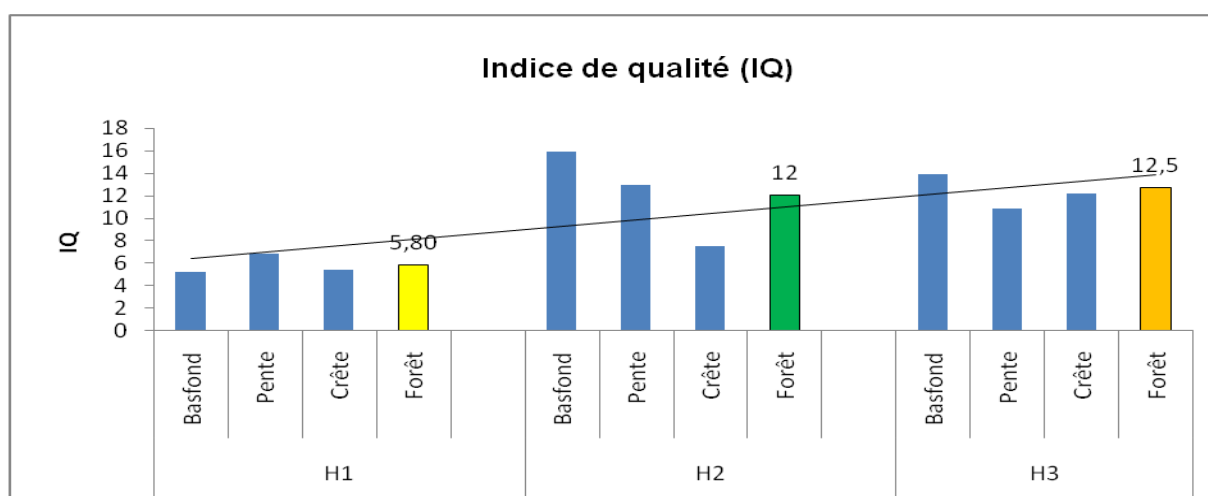


Figure 42: Variations des valeurs moyennes des indices de qualité par hauteur d'extraction



Nous constatons aussi de la figure 42, une progression moyenne des IQ (5,80 pour les 30H1 ; 12 pour les 30H2 et 12,50 pour les 30H3). L'analyse de variance indique une différence très hautement significative entre les trois hauteurs d'extraction ( $p < 0,001$ ) et non par rapport à la position topographique ( $p > 0,05$ ). La superposition des indices de qualité par rapport aux deux variables fixes est très minime ( $p = 0,06$ ) (Tab.28).

Tableau 28 : Analyse de variance (anova 2) de la variable dépendante indice de qualité du liège

Tests des effets inter-sujets					
Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	879,476 <sup>a</sup>	8	109,935	5,321	0,000
Ordonnée à l'origine	7599,211	1	7599,211	367,827	0,000
Topo	50,006	2	25,003	1,210	0,303
Hauteur	636,718	2	318,359	15,410	0,000
Topo * Hauteur	192,753	4	48,188	2,332	0,063
Erreur	1673,437	81	20,660		
Total	10152,125	90			
Total corrigé	2552,914	89			

a. R deux =0,0344 (R deux ajusté =0,280)

## IV.2-Synthèse des résultats

### IV.2.1- Par variables continues

La synthèse de la distribution des variables continues selon la hauteur d'extraction et la position topographique confirme l'adaptation des paramètres de croissance et de qualité du liège de reproduction (Tab.29).

Tableau 29 : Synthèses des variables continues selon la hauteur d'extraction et la position topographique

Hauteur	N	Topo							
H1 60cm	10								
	10								
	10								
	30								
H2 130cm	10								
	10								
	10								
	30								
H3 230cm	10								
	10								
	10								
	30								

Du tableau de synthèse nous distinguons pour les 30H1(60cm) les moyennes suivantes : un calibre moyen de 32,30mm ; une densité volumique de 256,47 kg/m<sup>3</sup> ; une densité superficielle de 7,65 kg/m<sup>2</sup> ; une porosité de 8,21% ; un aspect 6 et un IQ de l'ordre de 5,80.

En remontant la hauteur d'extraction vers 130 cm, nous assistons à un reclassement des sept variables continues. Il s'agit d'une régression du calibre de 9,50% ; d'une augmentation de la densité volumique de 7,22% ; d'une réduction de la densité superficielle de 10,19% ; d'une diminution de la porosité de 39,22% ; d'une amélioration de l'aspect (5) et d'une majoration de l'indice de qualité de 5,80 vers 12.

En fixant la hauteur d'extraction à 230 cm, nous observons le même cheminement, mais avec une diminution marquée du calibre (24,70mm), une augmentation de la densité volumique (288 kg/m<sup>3</sup>), une chute de la productivité (5,42 kg/m<sup>2</sup>), une réduction de la porosité (CP=3,38%), d'un virement vers l'aspect 1<sup>a</sup>-4<sup>a</sup> c'est-à-dire le liège très mince et en fin de compte vers un indice de qualité de 12,5.

La figure ci-dessous retrace la distribution des valeurs continues selon la hauteur d'extraction et la position géographique.

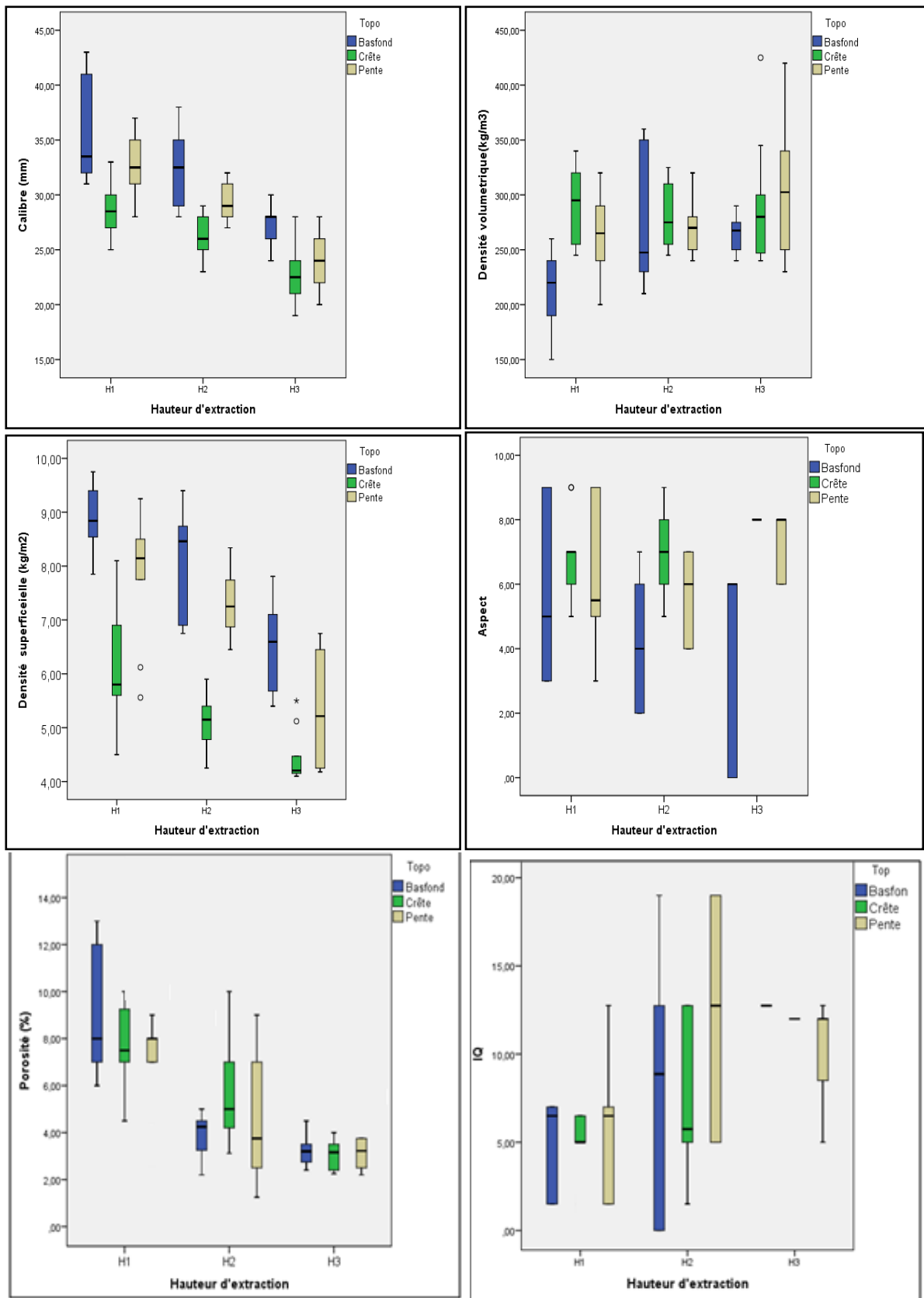


Figure 43 : Variation des paramètres caractéristiques du liège selon la hauteur d'extraction et la position topographique

#### IV.2.2-Discussion

Le liège est un produit naturel très hétérogène dont la production subéreuse en quantité et en qualité dépendent de la hauteur d'extraction (la hauteur d'écorçage). En Algérie, durant le cycle de productivité de l'arbre c'est-à-dire l'âge d'exploitabilité économique (150 ans) (10 à 15 récoltes), les arbres en production sont écorcés à une hauteur inférieure à 4 m (Lamey, 1893). Ce choix est conditionné par le tempérament physiologique de l'arbre lui-même. Il est très connu que le chêne liège au-dessus de cette hauteur (4m) ne produit que du liège très mince, soit une diminution de 25 mm par rapport à la base du fût (Monterro et Canéllas, 2003). D'ailleurs, les mêmes auteurs axent sur le fait que cette hauteur marque la limite du liège bouchonnable et par conséquent la valeur économique souhaitée. Natividade (1956), stipule que le liège extrait des parties hautes des arbres malgré sa meilleure qualité est très utilisé comme rondelles (liège mince) ou pour trituration (liège très mince). Ces informations rejoignent les résultats obtenus dans ce travail. Il a été constaté que la croissance subéreuse et la qualité du liège change avec l'augmentation de la hauteur d'extraction.

En partant de la base du fût (H1= 60 cm) vers H2= 130 cm et H3=230cm, les paramètres technologiques de base du liège à savoir : le calibre, la densité volumétrique, la densité superficielle, la porosité, l'aspect et les indices de qualité se corrélaient différemment avec l'ascension de la hauteur du fût (Tab.30).

Tableau 30 : Coefficient de corrélation entre la hauteur d'extraction et les paramètres caractéristiques du liège

	Calibre	DS	DV	Porosité	Aspect	IQ
r	-0,65**	-0,56**	0,26*	-0,59**	-0,71**	0,46**
p	0,000	0,000	0,01	0,000	0,07	0,000

r : coefficient de corrélation de Pearson ; p : degré de signification.

\*\*La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

\*La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

En effet, une corrélation négative hautement significative a été enregistrée entre la hauteur d'extraction et le calibre ( $r = -0,65$ ) d'une part et entre la densité superficielle (DS) d'autre part ( $r = -0,56$ ). L'épaisseur du liège et la densité superficielle tendent à se décroître à chaque fois que la hauteur du fût augmente. Dans notre travail nous avons comptabilisé une diminution de 23,52% (Calibre) et 20,88% (DS), quelque soit la position topographique des arbres échantillons.

Selon Natividade (1956), cette décroissance est due essentiellement à la différence entre l'activité du phellogène dans les parties basses et dans les hauteurs du même tronc. Selon le même auteur, il s'agit bien d'une diminution de nombre de cellules de liège produites sur les hauteurs par rapport à la base.

Une corrélation positive significative a été constatée aussi entre la densité volumétrique et la hauteur d'extraction ( $r= 0,26$ ). Le liège tend à s'endurcir à chaque fois que la hauteur augmente, soit une majoration de 12,46%. Selon Pereira(2007), cela est liée à l'épaisseur réduite des accroissements annuels du liège aux parois épais sur les parties hautes des branches, et aussi à leur forme ondulée et très comprimée.

Dans le même contexte, une corrélation négative, hautement significative lie la porosité à la hauteur d'extraction ( $r = -0,59$ ). En effet, la porosité diminue de 59,58% entre la base et les hauteurs du fût. Selon Fortes et al.(2004), la diminution de la porosité (diamètre des pores) dans les hauteurs du fût s'ajuste à la lenteur des accroissements annuels du liège dans cette partie de l'arbre.

L'aspect du liège s'est montré très infecté par la hauteur d'extraction ( $r= -0,71$ ). En effet à chaque montée de hauteur les valeurs de l'aspect ont tendance à se réduire vers les deux classes 1<sup>a</sup>-5<sup>a</sup> et 1<sup>a</sup>-4<sup>a</sup> au lieu de 6<sup>a</sup> et 7<sup>a</sup>-8<sup>a</sup>. Il s'agit bien d'une amélioration de l'aspect visuel du liège par la réduction des défauts particulièrement la porosité. En réalité, il s'agit bien d'un ajustement entre la croissance lente du liège dans les hauteurs et la diminution des défauts à ce niveau par rapport à la base du fût. D'ailleurs nous avons comptabilisé un IQ de bonne qualité de l'ordre 12,5(H3) contre 5,80(H1) de mauvaise qualité, soit un coefficient de corrélation égale à 0,46. En d'autres mots, la qualité du liège augmente de bas en haut, mais toujours accompagnée d'une réduction subéreuse. Le calibre du liège reste le catalyseur de cette problématique qui est la variabilité des paramètres caractéristiques du liège selon la hauteur d'extraction.

## **Conclusion générale**

## Conclusion générale

L'étude des paramètres caractéristiques du liège selon la hauteur d'extraction a été pour la première fois abordée et réalisée sur 30 arbres en pleine production dans la subéraie de Hafir. Les résultats obtenus ont révélé que :

- Le calibre du liège est maximale dans la base du fût (32,30mm (H1: 60 cm)) puis décline pour atteindre 24,70mm (H3: 230cm).
- La densité superficielle (DS) d'une moyenne de l'ordre de 7,64 kg/m<sup>2</sup> atteint 5,41 kg/m<sup>2</sup> en H3 (230 cm).
- La densité volumétrique (DV) augmente progressivement de 256,46 kg/m<sup>3</sup> (H1: 60 cm) pour se stabiliser à 288,43 kg/m<sup>3</sup> (H3: 230cm).
- Les trois paramètres ci-dessus ont été aussi influencés par la position topographique des arbres entre bas fons, pente et crête.
- La porosité du liège s'accroît dans la base du tronc (8,21% (H1: 60cm)) puis chute pour arriver à 3,38% (H3: 230cm).
- L'aspect du liège s'améliore d'avantage de la base du fût (6<sup>a</sup> (H1: 60 cm) et devienne 1<sup>a</sup>-4<sup>a</sup>(H3: 230cm).
- Les indices de qualité apparaissent faibles dans H1 (IQ= 5,80) puis se mettent en valeur pour égaler 12,5 à H3.
- Une corrélation négative très significative du calibre avec la hauteur d'extraction diminue la productivité (DS), durcit le liège (DV), décroît la porosité, améliore l'aspect et les indices de qualité (IQ).
- Le gestionnaire forestier dans les conditions actuelles de végétation du chêne liège doit impérativement fixer la hauteur d'écorçage du liège pour en tirer le meilleur rendement économique des peuplements mais sans nuire à ses performances physiologiques c'est-à-dire sans dépasser 3 m de hauteur.

## **Références bibliographiques**



## Références bibliographiques

- APCOR,2013. APCOR year book.Guide, 83p.
- Baldy C.H., 1965. Climatologie Carte de la Tunisie centrale. F.A.O. UNDP/TUN 8.1 Vol. Multigr. 84 p. 20 cartes+ annexes.
- Benest M., 1985. Evolution de la plateforme de l'ouest algérien et du Nord-est Marocain au cours du jurassique supérieur et au début du crétacé : stratigraphie, milieux de dépôt et dynamique sédimentaire. Doc–Lab–Géol. Lyon n°95. (Fasc1). Département des Sciences de la Terre. Université Claude Bernard. Lyon. 367p.
- Bouchafra et Fraval A., 1991. Présentation du chêne-liège et de la subéraie. In. Villemant et Fraval, 1991. La faune du chêne-liège. Actes éditions, Rabat 1-26p.
- Boudy P., 1955. Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Edit. Larose, Paris, 483p.
- 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. Forêt.Fac. Sci. Univer.Tlem, 267p.
- Bouvarel P., 1984. Le Dépérissement des forêts attribuées à la pollution atmosphérique. La situation en France à l ' été 1984. Le Courrier de la Nature, n " 94, 1984, pp . 30-35.
- Brito Dos Santos J., 1940. Consequências fisiológicas do descortçamento. Bol. J. N. Cortiça, Ano II (20): 5-9.
- C.F.W.T, 2016. Bilan des incendies Hafir-Zarieffet. 1p.
- C.W.F.T., 2017. Bilan de la production du liège dans la forêt domaniale de Hafir, 4p.
- Chawyer M., & Pizzali M, 2005. L'utilisation de la glace sur les bateaux de pêche artisanale. FAO Document technique sur les pêches. N°436. Rome,118p.
- Correia O.,Oliveira G., Martins-Loução M. A. & Catarino F. ,1992. Effects of barks stripping on the water relations of *Quercus suber* l. *Scientia Gerundensis* 18:195-204.
- Corticeira Amorim., 2006. Cap sur le développement durable. Rapport de développement durable, 10p.
- Daget Ph., 1977. Le bioclimat méditerranéen, caractère généraux, méthodes de classification. *Vegetatio*, 34, 1 : 1-20.
- 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 subéraies oranaises : M'Sila (w.Oran) et Zarieffet (w.Tlemcen). Thèse. Doct. Dept. Forest. Fac.Sci.,Univ.Tlemcen, 293 p.
- Djinit S., 1977 : Etude des facteurs limitants la régénération naturelle par semis de *Quercus suber* L dans la forêt de Guerouch. Mem. d'ing.INA Analger, 80p.
- Elmi S., 1970. Rôle des accidents décrochant de direction SSW-NNE dans la structure des monts de Tlemcen (ouest algérien). *Rev.Gev.Bot.*, 42 : 2-25.
- Emberger L., 1939. Aperçu général sur la végétation du Maroc .Soc.Sci .Nat. Maroc, 40 (157). *Neroff. Geobol. Lost. Ribel*, 14 Heft, Zurich, Suisse.

- Emberger L., 1942. Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographique. *Bull.Soc.Hist.Toulouse.* (77) : 97-124.
- F.A.O., 2013.État des forêts Méditerranéennes 2013. des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome et Plan Bleu, Marseille, 363p.
- F.A.O., 2018. État des forêts Méditerranéennes 2018. des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome et Plan Bleu, Marseille, 363p.
- Fortes M.A., 2004. A cortiça, revista mensal editada pelo Instituto de Produtos Florestais, que se publica desde 1938: 35-60
- Fortes M.A & Rosa M.E., 1988. Densidade da Cortiça: Factores que a influenciam. Boletín do Instituto dos Productos Florestais. *Cortiça* nº 593 : 65-69.
- Gaussen H. & Bagnouls F., 1953. Saison sèche et indice xéothermique. *Bull. Hist. Nat.Toulouse*, 88(3) : 193-239.
- Gibson L.J., Easterling, K.F. & Ashby, M. F., 1981. The structure and mechanics of cork. *Proc. Roy. Soc. London A* 377: 99-117.
- Gonzalez F., Gonzalez J.R., García de Ceca J.L.; García J.; González, M., 2000. Las densidades volumétricas y superficial antes y después del hervido y su aplicación al calculo de las expansiones en volumen superficial y calibre de las planchas del Corcho. Congreso Mundial del Corcho. Lisboa 19, 21 de Julio. Confederación Europea del Corcho. 13p.
- Graça J. & Pereira E., 2004. The perineum development in *Quercus suber* L. *LAWA Journal* 25: 325-335.
- Groupe Formation Continue Luminy, 2009. Fiche Procédé Constructif. Groupe Coopératif Matériaux Envirobat Méditerranée ,6p.
- Hamani F.Z., 2010. Contribution à la quantification de la porosité du liège de reproduction selon l'état sanitaire des arbres par la méthode d'analyse d'images : cas de la forêt de Zariéffet (w.Tlemcen) et de M'Sila (w.Oran). Mem.Ing. Départ.For., Univ.Tlemcen. 111p.
- IPROCOR 2006. Estimación de la calidad del corcho en árbol. Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal, 13p.
- Kazi-Tani L.M., 1996. Esquisse pédologique des zones à vocation forestières (monts des Traras et monts de Tlemcen). Thèse Ing. , Inst. For., Univ. Tlemcen. 69 p.
- Kemisol, 2005. Le comportement au feu. Documentation technique V 2.0: 49-52.
- Laiseca, J. U., 1949. Fitoquímica Florestal, 2ª parte. I.F.I.E. 44, 1-109. Madrid.
- Lamey A., 1893. Chêne liège : sa culture et son exploitation. Levrault et C<sup>ie</sup>, Nancy : 168-209.
- Lavarde, 2009. Groupe Coopératif Matériaux Envirobat Méditerranée. Fiche Procédé Constructif, 6p.
- Montero G., 1987. Produccion y regeneracion de los alcornoques. *Montes* 15: 37-45.
- Montero G. & Canellas I., 2003. Selvicultura de los Alcornocales en España. *Silva Lusitana* 11(1): 1 – 19.
- Montoya J.M., 1988. Los alcornoques. Secretaría General Técnica. MAPA, Madrid.
- Musset R., 1935. Les régimes pluviométriques de la France de l'Ouest .Vo XLIV : 311-313.

- Natividade V.J., 1956. Subericulture. Ecole national des eaux et des forêts. Nancy. 281p.
- Pardos M.,1998. Comportamiento de la planta de alcornoque (*Quercus suber* L.) producida en envase: su evaluaciónme diante parámetros morfológicos y fisiológicos. Tesis Doctoral. INIA, Madrid.
- Pereira H., 2007. Cork: Biology, production and uses. Elsevier, Oxford, UK.329p.
- Remy N., 2008. Acoustique des salles. Cresson. École d'architecture de Grenoble.15p.
- Rivas-Martinez S., 1981. Définition et localisation des écosystèmes Méditerranéenne. Coll. De l'OTAN. *Ecologie Mediterranea*,7 : 275-288.
- 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, 156 -190.
- Sauvagnac G., 1956. Les forêts domaniales d'Hafir et de Zariéffet. Bull. Amis Soc vieux Tlemcen, Oran : 47-53.
- Seltzer P.,1946. Le climat de l'Algérie. Inst. Météor. Et Phy globe. 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.
- Soltner D., 1987. Les bases de la protection végétale. Tome II, 4<sup>ème</sup> édition.
- Tinthoin R., 1948. Les aspects physiques du Tell oranais. L. Fouquet, Oran, 639 p.
- Vaz M.F. & Fortes M. A., 1998. Friction properties of cork. *Journal of Materials Science*,33: 2087-2093.
- web1. <http://chezmamielucette.eklablog.com/la-provence-d-antan-le-travail-du-liege-a100408899>. Cconsulté en Mai 2020.