



**UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID 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 et Conservatoire de l'Eau, du Sol et des Forêts et Développement  
Durable des zones montagneuses de la région de Tlemcen*

**MÉMOIRE DE MASTER**

Spécialité : Foresterie

Option : Aménagement et Gestion des Forêts

**Thème :**

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES FACTEURS REGLANT LA  
CROISSANCE ET LA QUALITÉ DU LIEGE DANS LA SUBERAIE DE  
AMI-MOUSSA ( W. DE RELIZANE)

**Présenté par : Mellah Ismail Ben Kada**

Soutenu le 30 /06/ 2019

**Devant le jury composé de :**

Président :	Mr. Bencherif K.	MCA	Université de Tlemcen
Encadreur :	Mr. Dehane B.	MCA	Université de Tlemcen
Examineur :	Mr. Bellifa M.	MAA	Université de Tlemcen

---

**2018/2019**

**Résumé :** Les suberaies du Nord-Ouest Algérien sont en nette régression à cause des incendies qui ont entravé la résilience du chêne liège, sa vigueur et par conséquent son activité subéreuse. La croissance et la qualité du liège sont les principaux indices technologiques quantifiables permettant d'évaluer le degré d'adaptation et la résistance des peuplements productifs après un stress post-incendie. Pour ce faire, la suberaie de Ami-Moussa (Djbel Sàadia) située dans les monts du Ouarsenis a été volontairement choisie pour cette étude. Une typologie forestière typique à la thématique nous a permis d'œuvrer sur 180 arbres dans trois stations. Il s'agit de la station embroussaillée à forte résilience (EMB1), la station embroussaillée à faible résilience (EMB2) et la station désembroussaillée à faible résilience (EMB3). Les résultats dégagés étayent le rôle prépondérant de l'incendie sur les capacités productives de l'arbre. Les arbres de la station EMB2 comptabilisent les moyennes les plus inadéquates aux aspects technologiques habituels du liège. L'indice de dépérissement (ID) était de l'ordre de 2,17 ; l'épaisseur moyenne du liège de 21,35mm ; le poids moyen de 8,25kg/arbre ; la densité volumétrique moyenne de 299,71 kg/m<sup>3</sup> alors que l'indice de qualité (IQ) était mauvais de l'ordre de 6,69. L'incendie empêche le chêne liège à retrouver son état initial en favorisant plutôt l'expansion d'autres espèces concurrentes à l'image du chêne zéen, du Pin d'Alep et du maquis. La matrice de corrélation adoptée a montré une relation significative négative, la régression des paramètres technologiques est proportionnelle à la perte de vigueur des arbres échantillons.

**Mots-clé :** Chêne liège, liège, technologie du liège, incendie, résilience, vigueur.

**Abstract :** CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE FACTORS REGULATING THE GROWTH AND CORK QUALITY IN THE CORK STANDS OF AMI-MOUSSA (W. DE RELIZANE)

The cork stands of North-West Algeria are in net regression because of the fires which hindered the resilience of the cork oak tree, its vigor and consequently its suberous activity. The growth and quality of cork are the main quantifiable technological indices to evaluate the degree of adaptation and the resistance of productive stands after a post-fire stress. To do this, the cork forest of Ami-Moussa (Djbel Sàadia) located in the mountains of Ouarsenis was voluntarily chosen for this study. A forest typology typical of the theme allowed us to work on 180 trees. These are the high-resilience scrubbed station (EMB1), the low-resilience scrubbed station (EMB2) and the low-resilience unscrubbed station (EMB3). The results released support the preponderant role of the fire on the productive capacities of the tree. The trees in the EMB2 station account for the most inadequate averages for the usual technological aspects of cork. The die-back index (ID) was of the order of 2.17; the average thickness of cork 21.35mm; the average weight of 8.25kg/tree; the average volumetric density of 299.71 kg/m<sup>3</sup> while the quality index (IQ) was poor in the order of 6.69. The fire prevents the cork oak from returning to its original state by favoring the expansion of other competing species such as the zen oak, the Aleppo pine and the maquis. The correlation matrix adopted showed a significant negative relationship, the regression of the technological parameters is proportional to the loss of vigor of the sample trees to quantify are likely to affect this density, namely fires, dieback and the genetic aspect of trees.

**Key-words:** Oak cork, cork, cork technology, fire, resilience, vigor.

**الخلاصة :** مساهمة في دراسة العوامل التي تنظم نمو ونوعية الفلين في غابة عمي موسى (ولاية غليزان)

ان غابات الفلين المتواجدة بشمال غرب الجزائر في حالة تراجع كبير و ذلك بسبب الحرائق التي تؤثر على صمود و قوة شجرة الفلين. النمو وجودة الفلين من بين الخصائص التقنية الملموسة التي تمكننا من تقييم شدة تحمل و تكيف الأشجار المنتجة بعد الحريق. لهذا الغرض قمنا بمعينة 180 شجرة فلين بغابة عمي موسى (جبل سعديّة) التي تقع في جبال الونشريس في 3 محطات مختلفة التعشيب ( المحطة الأولى شديدة الصمود - المحطة الثانية ضعيفة الصمود- المحطة الثالثة ضعيفة الصمود). النتائج المتحصل عليها تدعم الدور الغالب للنار على القدرات الإنتاجية للشجرة. اشجار محطة EMB2 احتوت على أكثر المعدلات غير الكافية للجوانب التكنولوجية المعتادة للفلين: مؤشر تراجع (ID) ناهز 2.35؛ متوسط سمك الفلين 21.35مم و متوسط وزن الفلين 8.25 كغ / شجرة ؛ متوسط الكثافة الحجمية 299.71 كغ / م<sup>3</sup> في حين أن مؤشر الجودة (IQ) كان ضعيفاً في حدود 6.69. النار يمنع البلوط الفلين لاستعادة حالته الأصلية بدلا لصالح التوسع في الأنواع الأخرى المتنافسة مثل البلوط زين، الصنوبر الحلبي. النتائج المتحصل عليها تشير الى تأثير إنتاجية الفلين بالحريق حيث يقوم هذا الأخير بعرقلة نمو الشجرة , و يساعد أصناف أخرى كبلوط الزان والصنوبر الحلبي على الثبات. وفي الأخير نلاحظ ان هنالك علاقة طردية بين الخصائص التقنية للفلين وقوة الشجرة.

**الكلمات المفتاحية :** شجرة فلين- الفلين - الخصائص التقنية للفلين - الحرائق- صلابة وقوة الفلين- القوة الصحية

<b>Figures</b>	
Figure 1 : Répartition actuelle du chêne liège dans le monde	
Figure 2 : Ecorce d'un chêne liège en phase d'exploitation	
Figure 3 : Peuplement de chêne liège associé au maquis sur sol à base de grés	
Figure 4 : Différents traits spécifiques au chêne liège	
Figure 5: Les étapes de formation de l'écorce du liège	
Figure 6 : Débardage et stockage du liège dans le dépôt à liège	
Figure 7 : Fluctuation de la production annuelle du liège entre 1964 et 2018	
Figure 8 : Quantification de l'épaisseur du liège	
Figure 9 : Utilisation des procédés numériques dans la classification de la qualité du liège	
Figure 10: Variation des risques de dépérissement et d'incendie en fonction de la durée et de l'intensité de la sécheresse	
Figure 11 : Appartenance administrative de la forêt de Djbel Sàadia	
Figure 12 : Situation géographique de la forêt de Djbel Sàadia	
Figure 13: Carte géologique de la forêt de Djbel Sàadia	
Figure 14 : Carte du Réseau hydrographique de la Wilaya de Relizane	
Figure 15 : Variation de la pluviométrie mensuelle dans la forêt de Djbel Sàadia	
Figure 16 : Variation mensuelle des températures à Djbel Sàadia	
Figure 17 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Guassen de la zone d'étude	
Figure 18 : Quotient pluviothermique et climagramme d'emberger de la forêt de Djbel Sàadia	
Figure 19 : Formation végétale forestière présente dans la zone d'étude	
Figure 20 : Dépôt de stockage du liège exploité durant l'année 2018	
Figure 21 : Situation spatiale des trois stations d'étude	
Figure 22: Méthode d'évaluation de l'état sanitaire des arbres échantillons	
Figure 23 : Méthode d'échantillonnage appliquée	
Figure 24 : Différents mesures d'exploitation effectuées sur les arbres-échantillons	
Figure 25: Méthode de calcul de la productivité du liège sur arbre	
Figure26 : Techniques d'évaluation de la qualité du liège (sondage au coveless	
Figure 27 : Protocole experimental pour déterminer la qualité du liège sur arbre	
Figure 28 : Fréquentation humaine et animale dans la station EMB3	
Figure 29 : Différentes structures rencontrées dans la forêt	
Figure 30: Dynamique de l'écosystème chêne liège après perturbation (incendie)	
Figure 31: La station embroussaillée à forte résilience sur les hauteurs	
Figure 32 : La répartition des arbres échantillons sur le plan topographique	
Figure 33 : Profil de l'itinéraire 1 de la station EMB1	
Figure 34: La station embroussaillée à faible résilience et dominée par le chêne zen(EMB2)	
Figure 35 : La répartition des arbres échantillons sur le plan topographique (station embroussaillée à faible résilience) (+ : arbre échantillon)	
Figure 36 : Profil de l'itinéraire 2 de la station EMB2	
Figure 37 : La station non-embroussaillée à faible résilience (EMB2)	

Figure 38 : La répartition des arbres échantillons sur le plan topographique	
Figure 39: Profil de l'itinéraire 3 de la station EMB3	
Figure 40 : Distribution des fréquences pour les variables calibre, circonférence, hauteur et hauteur d'écorçage	
Figure 41 : Variation des épaisseurs de liège produites dans la forêt	
Figure 42: Calibres de liège produits par les arbres-échantillons par rapport à la limite de référence	
Figure 43 : Poids du liège produits par les arbres-échantillons par rapport à la limite de référence	
Figure 44 : Arbres –échantillons de la station embroussaillée à résilience forte (EMB1)	
Figure 45 : Répartition du calibre et de la productivité du liège des arbres échantillons selon l'indice de dépérissement (ID) et la surface déliégée (emb1)	
Figure 46: Station à dominance de chêne zéen (EMB2)	
Figure 47 : Répartition du calibre et de la productivité du liège des arbres échantillons selon l'indice de dépérissement (ID) et la surface déliégée (EMB2)	
Figure 48 : Arbres-échantillons de la station EMB3	
Figure 49 : Répartition du calibre et de la productivité du liège des arbres échantillons selon l'indice de dépérissement (ID) et la surface déliégée (EMB3)	
Figure 50 : Un poids important de liège flambé récolté	
Figure 51 : Incidences des facteurs aggravants sur les arbres-échantillons	
Figure 52: Répartition des classes de qualité élargie dans les trois stations	
Figure 53 : Distribution des classes de qualité résumée dans les trois stations	
Figure 54 : Indices de qualité calculés dans les trois stations	
Figure 55 : Distribution du taux liège de rebut par rapport à la typologie de résilience	
Figure 56: Relation linéaire entre la densité du liège et les variables, calibre et porosité.	
Figure 57 : Fréquence relative des défauts de liège selon leur degré de gravité (0,1 et2)	
Figure 58 : Type de défauts rencontrés sur le liège des arbres échantillons ( a : liège terreux, b : liège doublé)	
Figure 59 : Distribution de la densité du liège par classe de qualité élargie	
Figure 60 : Liège exploité en 2018, sous forme morceaux et non en canons	

<b>Liste des tableaux</b>	
Tableau 1 : Géologie de la zone d'étude	
Tableau 2: Classes de pentes de la zone d'étude	
Tableau 3: Précipitations moyennes annuelles pendant la période 1982-2017	
Tableau 4: La température moyenne des minimas du mois le plus froid « m »	
Tableau 5: La température moyenne des maxima du mois le plus chaud « M »	
Tableau 6 : Indice de continentalité pour les quatre forêts	
Tableau 7: Indice de sécheresse estivale des quatre forêts	
Tableau 8 : Etage de végétation du chêne liège pour les quatre forêts	
Tableau 9 : Indice d'aridité pour les quatre provenances	
Tableau 10: Situations bioclimatiques des stations de références	
Tableau 11 : Classes de densité volumétrique et leur nature respective	
Tableau 12 : Hypothèse de la variation de la densité avec l'altitude	
Tableau 13 : Hypothèse de la variation de la densité avec la continentalité	
Tableau 14 : Hypothèse de la variation de la densité volumique avec la physique du liège	
Tableau 15 : Hypothèse de la variation de la densité volumique avec la qualité du liège	
Tableau 16 : Caractéristiques des quatre suberaies étudiées	
Tableau 17: Statistique descriptive de la variable densité du liège	
Tableau 18: Tests des effets inter-sujets de la variable dépendante densité volumétrique du liège par rapport à la provenance	
Tableau 19 : Homogénéisation des mesures de densité selon leur nature et origine géographique	
Tableau 20 : Tests des effets inter-sujets de la densité du liège, origine et nature	
Tableau 21: Variation de la densité volumique en fonction de l'altitude et la continentalité	
Tableau 22 : Test d'Anova entre la nature de la densité du liège / altitude-indice de continentalité	
Tableau 23: Statistique descriptive de la densité volumique en fonction de l'épaisseur et des accroissements	
Tableau 24 : Test d'Anova <sup>2</sup> entre les paramètres physiques et la nature et l'origine	
Tableau 25 : Statistique descriptive de la densité en fonction de la qualité	

# Sommaire

<b>Introduction générale</b>	
<b>Chapitre I Synthèse bibliographique</b>	
I.1-Description .....	
I.2-Caractères botaniques	
I.3-Caractères forestiers.....	
I.3.1-La formation du liège.....	
I.4-Exploitation et production du liège.....	
I.5-Qualité du liège.....	
I.5.1-L'épaisseur.....	
I.5.2-L'aspect.....	
I.6- Facteur de régression du chêne liège.....	
<b>Chapitre II Etude du milieu</b>	
II.1-Le milieu physique	
II.1.1-Situation géographique de la zone d'étude.....	
II.1.2- Géologie et Pédologie.....	
II.1.3-Hydrographie.....	
II.1.4- Relief et altitude.....	
II.2-Le climat.....	
II.2.1-Pluviométrie :.....	
II.2.2-Les températures	
II. 2.3- Synthèse climatique	
II.3-occupation du sol.....	
II.4- La production du liège	
II.5-Les incendies	
<b>Chapitre III Matériels et méthodes</b>	
III.1-Description des stations d'étude .....	
III.2-Type de mesures.....	
III.3-Echantillonnage.....	
II.3.1-Les paramètres de croissance du liège.....	
II.3.2-Les paramètres de qualité du liège.....	
<b>Chapitre IV Résultats et discussion</b>	
IV.1-Description forestière des stations d'étude	
VI.2-Typologie des trois stations.....	
IV.3-Caractérisation globales des arbres-échantillons.....	
IV.4-Etude des paramètres réglant la croissance et la qualité du liège à Ami-Moussa.....	
IV.4.1-Les paramètres de croissance du liège.....	
IV.4.1.1-Dans la situation normale de végétation post-incendie du chêne liège	
IV.4.1.2-Dans la situation anormale de végétation du chêne liège ( EMB2 et EMB3)	
IV.4.1.3-Explication de la problématique de la réduction de la croissance du liège.....	

IV.5-Les paramètres de qualité du liège.....	
IV.5.1-Classes de qualité élargie et résumée	
IV.5.2-Classes des indices de qualité	
IV.5.3-Explication des paramètres affectant la qualité du liège.....	
<b>Conclusion générale</b> .....	
<b>Références bibliographiques</b> .....	
Annexe	

## **Introduction générale**

Les suberaies occupent dans le monde une superficie de l'ordre de 2,2 millions hectares réparties entre la rive nord et sud de la méditerranée. Ces étendues bénéficient d'une politique forestière spéciale dans les pays comme le Portugal et l'Espagne. Ces deux pays voisins détiennent à eux seuls 1,2 millions d'ha soit 56,2 % de superficie mondiale, et génèrent des recettes annuelles de l'ordre de 1 500 millions d'Euros. Ces gains proviennent essentiellement des usines de transformation du liège brut en bouchons naturels soit de l'industrie de l'aggloméré et de l'isolation. Cette dynamique économique s'est répercutée d'une manière positive sur le mode de gestion des suberaies et l'environnement qui les entourent. Un chêne liège bien aménagé et entretenu selon un rythme d'exploitation bien respecté produit 200 à 400 % de liège plus qu'un arbre abandonné (liège mâle) et résiste mieux aux incendies, aux maladies et à la sécheresse (Vallejo et al., 2006). D'ailleurs ces systèmes sylvo-pastoraux typiques abritent 135 espèces de plantes rares, 24 de reptiles et d'amphibiens, 160 espèces d'oiseaux et 37 mammifères ; ils sont d'énormes puits de séquestration du carbone (Varela, 2000). En Algérie, malgré les fortes potentialités subericoles, tous les scénarios et les programmes de réhabilitations administrés dans les 22 wilayas subericoles, la superficie ne cesse de disparaître et la production se raréfie (seulement, 4 850 tonnes en 2012 et 4,5 millions de dollars de recettes en 2017) (Arezki, 2018).

Le problème de ce déclin est bien compliqué à décoder. C'est un ensemble de facteurs qui interagissent et se répètent de façon cyclique entraînant la dégradation globale : arbres et milieu physique. Des peuplements sensibles au stress qui tournent autour d'une boucle fermée : combustible de premier choix aux incendies, tentative de résilience, envahissement par le sous bois, par le chêne zéen et le pin d'Alep, surpâturage, abondance, récurrence des incendies, mauvaise résilience, remplacement par les espèces du décor du déclin à l'égard du calycotome, diss et doum et en fin de cycle : disparition des suberaies. Face à cette spirale de régression, la récupération de tels écosystèmes dévastés doit passer par un aménagement dit durable qui s'accompagne de pratiques respectueuses des caractéristiques écologiques du milieu (Belleau, 2000). La mise en défend doit être la priorité des gestionnaires, le choix de l'intervention doit viser la restauration des peuplements productifs futurs par les tailles de formation, le débroussaillage progressif, la lutte contre la concurrence des autres espèces (Pintus et al., 2004). Le chêne liège est connu d'être plus sensible que le chêne vert



et le chêne zéen aux effets négatifs de la compétition entre les arbres, surtout par rapport aux ressources hydriques et les éléments minéraux (Ruiu et *al.*, 2005).

La suberaie de Djbel Sàadia, située dans la wilaya de Relizane est un exemple parfait de cette physionomie régressive. Ladite suberaie est sujette depuis plusieurs années aux incendies qui ont morcelé et transformé son sol forestier en terrains érodés et tassés sans fertilité. Les conséquences sont visibles, les chênes lièges soumis à de telles conditions sont rabougris et sont plus souvent attaqués par des insectes et des champignons. Ceux-ci sont à l'origine de dépérissement chronique conduisant à de graves déséquilibres physiologiques affectant les performances productives des arbres, à savoir la croissance et la qualité du liège.

Le but de ce travail est de déceler les mécanismes qui entravent l'activité subéreuse et qui se répercutent sur la qualité du liège dans cette suberaie méconnue du montagnard du Ouarsenis. Notre travail est scindé en quatre chapitres :

- Le premier est une synthèse bibliographique sur l'espèce et ses aspects socio-économiques.
- Le deuxième traite le milieu physique.
- Le troisième définit la méthodologie adoptée pour aborder la thématique.
- Enfin, le quatrième chapitre dresse l'ensemble des résultats obtenus et leur discussion.

# Chapitre I

## I.1-Description

Le chêne liège (*Quercus suber* L.) fait partie des espèces ligneuses, botaniquement très ancien, sa véritable occupation des zones actuelles remonte à 10 000 ans (Ozenda, 1980). Il a été révélé pour la première fois par le botaniste Suédois Linné en 1753 (Natividade, 1956). Son aire de prédilection actuelle est la partie occidentale de la Méditerranée et la côte atlantique (Portugal, Espagne, Sud de l'Italie, Sud de la France, Algérie, Maroc et Tunisie). Il s'étend en latitude entre le sud de Mogador (Maroc) à 31°N et le sud de la France à 44°N; en longitude entre le Portugal à 9° 10'O et en Slovénie à 15 °E (Ceballos and Ruiz de la Torre, 1979). Il s'étend actuellement sur une surface totale d'environ 1,43 million d'hectares en Europe et 0,85 million d'hectares, dans le Maghreb (Marquez, 2017) ( Fig.1).

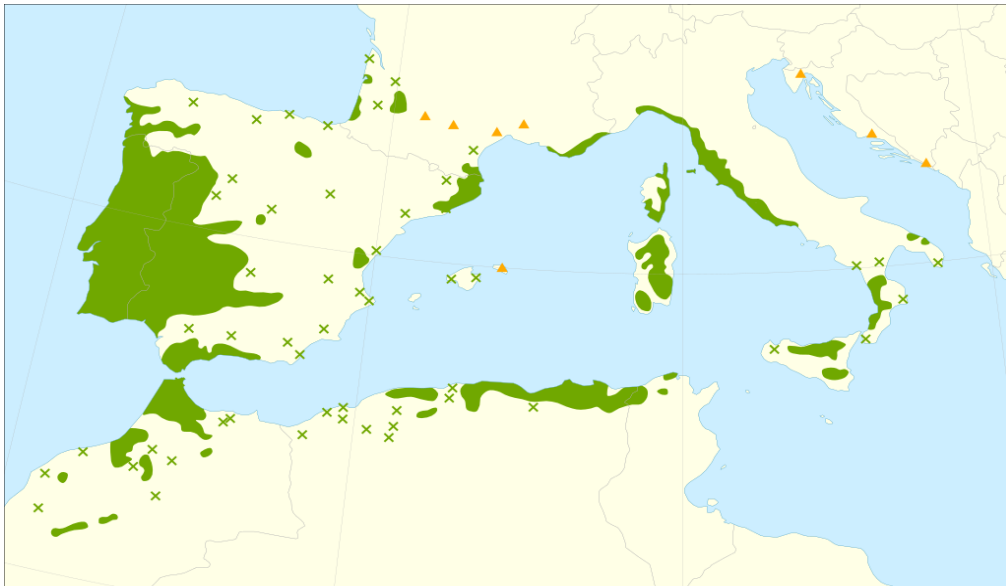


Figure 1 : Répartition actuelle du chêne liège dans le monde (Caudullo et al., 2017)

Cette situation géographique lui a prévalu une série de conditions spécifiques de croissance. Cet arbre a besoin de beaucoup de soleil et d'une combinaison très inhabituelle de faibles précipitations et d'humidité relativement élevée.

Cette essence forestière se distingue facilement des autres chênes par son écorce recouverte de liège, pouvant atteindre quatre centimètres d'épaisseur ( Fig.2)

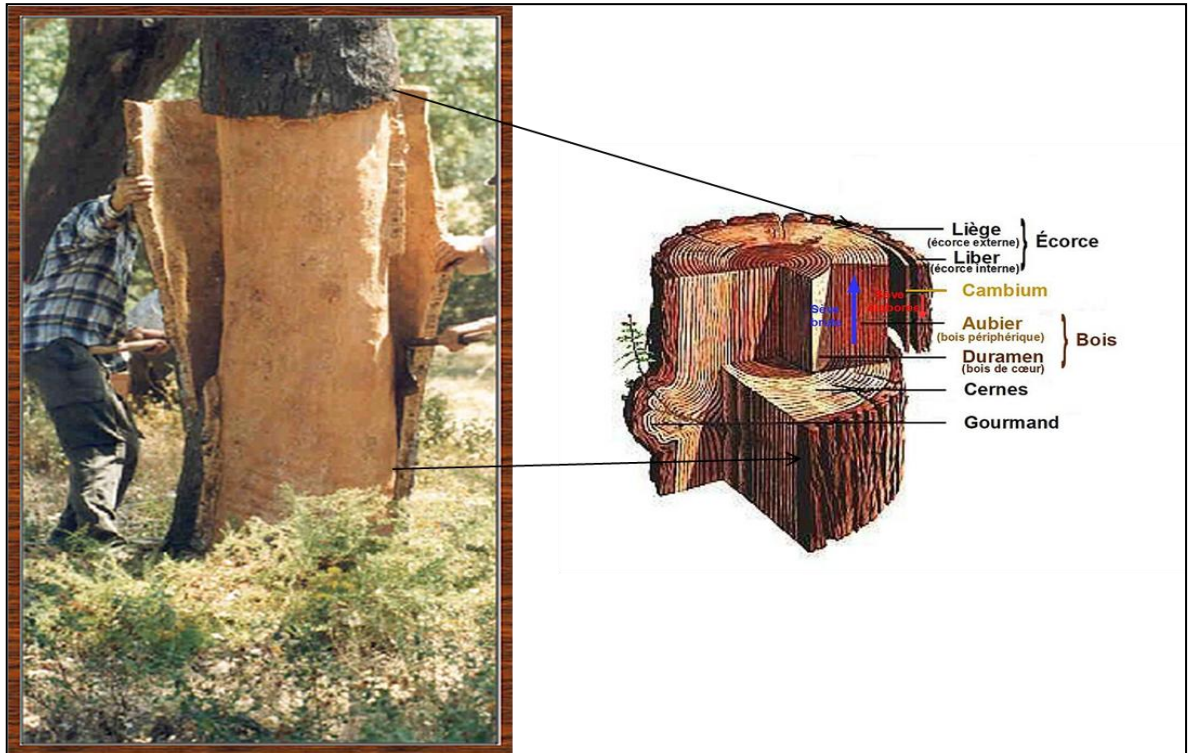


Figure 2 : Ecorce d'un chêne liège en phase d'exploitation (Varela, 2000)

## I.2-Caractères botaniques

Outre le suber, le chêne liège appartient à la famille des fagacées et le genre *Quercus* qui se caractérisent par la production des tanins et des fruits comestibles sous forme de glands. Au plan génétique, le genre *Quercus* se considère comme le plus polymorphe, parmi les espèces forestières, il contient à lui seul entre 200 et 500 espèces selon Warburg (1933).

Au plan adaptation, le chêne liège ne s'installe jamais dans la garrigue, il s'associe au maquis, sur les sols de roches siliceuses à base de sable pure, de grés ou de schiste ( Fig. 3).



Figure 3 : Peuplement de chêne liège associé au maquis sur sol à base de grés ( Mellah,2019)

Une série de traits le distinguent des autres chênes ( Fig.4) :

- C'est une espèce de pleine lumière qui s'accommode aux expositions sud dans les endroits frais et humides et préfère l'ombre dans les milieux secs.
- C'est un arbre de taille moyenne avec une large cime ronde qui atteint 20 m de haut, rarement jusqu'à 25 m.
- Un tronc qui peut dépasser 5 m de tour sur les vieux sujets.
- C'est l'un des rares chênes à ne pas avoir de feuilles pédonculées (lobées) mais plutôt persistantes, se renouvelant instantanément après la chute de celles de l'année antérieure.
- Il possède un méristème secondaire actif, le phellème, qui produit du liège.
- L'enveloppe subéreuse peut recouvrir l'ensemble du tronc, des branches et les parties visibles des racines.
- Sa capacité à créer un nouveau phellogène lorsqu'il est privé de sa couverture protectrice.
- Les propriétés physico-mécaniques et chimiques des tissus subéreux sont très variées.
- La capacité fonctionnelle de réagir au stress (incendie et attaque d'insectes) par production du liège doublé.
- La mort localisée de la mère du liège induit automatiquement la non production du liège.
- La présence du chêne zéen l'élimine automatiquement de son aire.

- Il possède des bourgeons dormants qui se régénèrent après incendie.

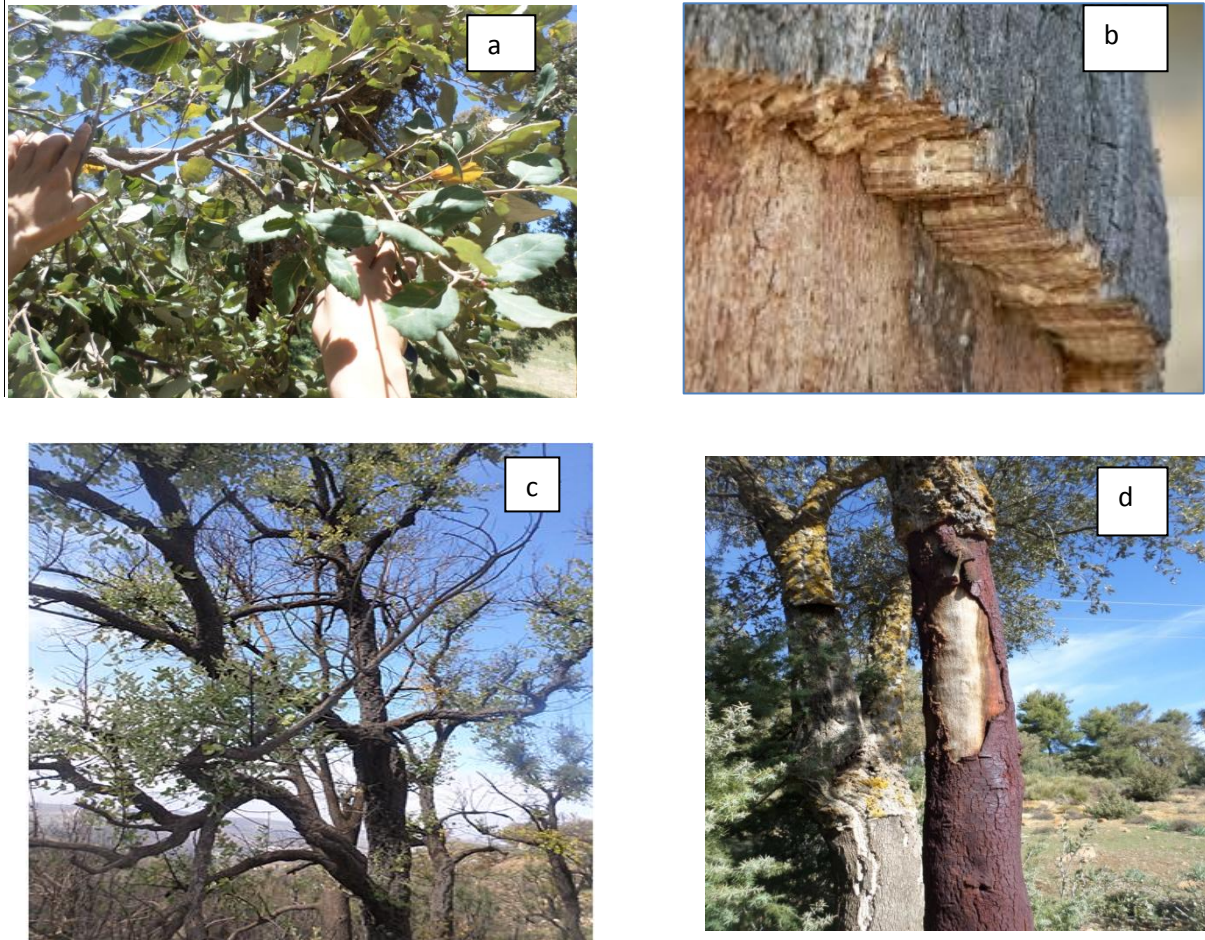


Figure 4 : Différents traits spécifiques au chêne liège (a : feuilles persistant arrondies ; b : production du liège ; c : régénération rapide après incendie ; disparition du liège après la mort de l'assise suber-phellodermique) ( Mellah,2019)

### I.3-Caractères forestiers

Le chêne liège n'est valorisé qu'à travers le liège qu'il produit périodiquement entre 9 et 10 en littoral, et 12 à 14 ans en montagne. Cette quantité n'est extraite de l'arbre qu'après avoir atteint une épaisseur commerciale de 27 mm, apte à être transformée dans l'industrie bouchonnière.

#### I.3.1-La formation du liège

La formation du liège de reproduction n'est active que pendant 6 à 7 mois durant l'année végétative, entre Mars et fin Novembre. Chaque année la couche subéreuse croit entre

1mm et 3mm selon les conditions du milieu à savoir la pluviométrie, le sol et l'origine géographique.

Ces accroissements annuels sont tributaires de deux cambiums, l'un vasculaire responsable de la circulation de la sève brute dans le l'aubier, et l'autre corticale véhiculant la sève élaborée dans le liber ou phloème vivant. Ce dernier riche en tanin est responsable de la formation d'une couche vivante très microscopique appelée phellogène à l'intérieur et d'une autre couche externe nommée phellogène qui assure la production du suber. Il est à constaté que la première couche du liège est toujours sou-jacente aux tissus morts à l'extérieur du liège formant la croûte dont la constitution est due à l'oxydation des tanins (cours de technologie du liège de Mr Dehane, 2018) ( Fig.5).

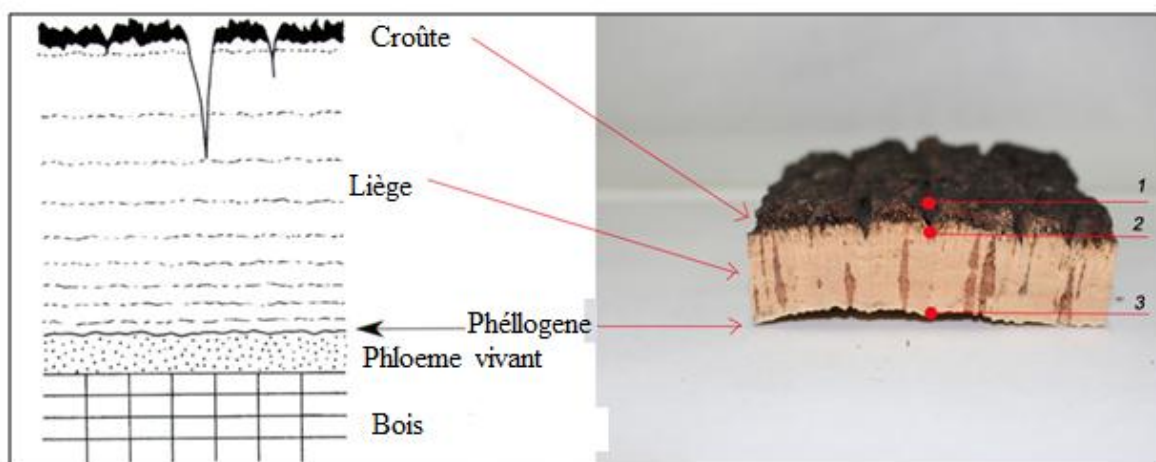


Figure 5: Les étapes de formation de l'écorce du liège ( Dehane et al., 2015)

En Algérie, le liège est commercialisé selon huit classes d'épaisseur admises internationalement ( Tab.1)

Tableau 1 : Classification de liège selon l'épaisseur en Algérie (Djebbour, 1990)

Noms des qualités	Epaisseur (mm)	Symbole
Sur-épais	54	S
Épais	45 à 54	E
Limonades	40 à 45	L
Réguliers	32 à 40	R
Justes	27 à 32	J

Minées	22 à 27	M
Trés mince	18 à 22	
Extra-mince	<18	F

#### **I.4-Exploitation et production du liège**

Le liège est extrait de l'arbre que lorsque la croissance est la plus forte (en été), c'est-à-dire quand le phellogène est en pleine activité meristématique permettant facilement la séparation de la couche de liège. Cette opération très soignée ne devrait jamais être confiée aux ouvriers non formés à causes de préjudices qu'elle occasionne à l'arbre et à sa vitalité.

Il faut attendre au moins 25 à 30 ans pour mettre en valeur un chêne liège, c'est-à-dire le le dépouiller de son liège mâle (c'est l'opération de démasclage), et une autre dizaine d'années pour extraire le liège de reproduction proprement dit ( c'est l'opération d'écorçage ou la levée).

Chaque arbre productif est levé au moins quinze fois durant sa période d'exploitabilité qui est de 150 ans. En Algérie, sous les conditions environnementales favorables, un hectare de chêne liège est susceptible de fournir entre 80 et 120 kg tous les 10 ans contre 200 à 250kg dans les suberaies portugaises, à titre d'indication ( Dehane, 2012).

La hauteur de démasclage dépend du diamètre de l'arbre. Il s'agit d'une circonférence variant entre 60 et 70 cm. Cette hauteur de démasclage est calculée par la formule suivante:

$$H = C. K$$

H: Hauteur d'écorçage

C: Circonférence de l'arbre sur écorce à 1,30 m du sol.

K: Coefficient de démasclage

Le démasclage s'exécute selon un coefficient établi par rapport à la vigueur de l'arbre et les conditions stationnelles qui l'entourent :

- 1,5 pour un arbre de végétation médiocre ou pour des chênes liège de l'étage semi-aride ;
- 2 pour un arbre de végétation normale des étages subhumide et humide ;



- 2,5 rarement 3 pour un arbre de végétation très vigoureuse de ces deux deniers mêmes étages.

Le poids du liège au moment de la levée est de l'ordre de  $310\text{kg/m}^3$  ou  $8\text{ kg/m}^2$ . Il diminue après le 15<sup>ème</sup> jour d'exploitation de 10% et après un mois de 15% et après trois mois de 13% et enfin après six mois de 20% ( Natividade, 1956) ( Fig. 6).



Figure 6 : Débardage et stockage du liège dans le dépôt à liège ( cours de technologie du liège de Mr Dehane, 2018)

En Algérie, *Quercus Suber* L, occupe 440 000 ha, dont 230 000 productifs ( DGF, 2004). Ces étendues sont localisées dans le Tell oriental à raison de 82%, le Tell central (15%), et au Tell occidental (2%). Les wilayas les plus importantes en production de liège sont El Tarf, Jijel, Skikda, Béjaïa, Tizi Ouzou. Les quantités actuellement produites de chênes-lièges tournent aux alentours de 80 000 à 100 000 quintaux annuellement soit pas moins de 50% de la production réelle des suberaies algériennes (Arezki, 2018) ( Fig.7).

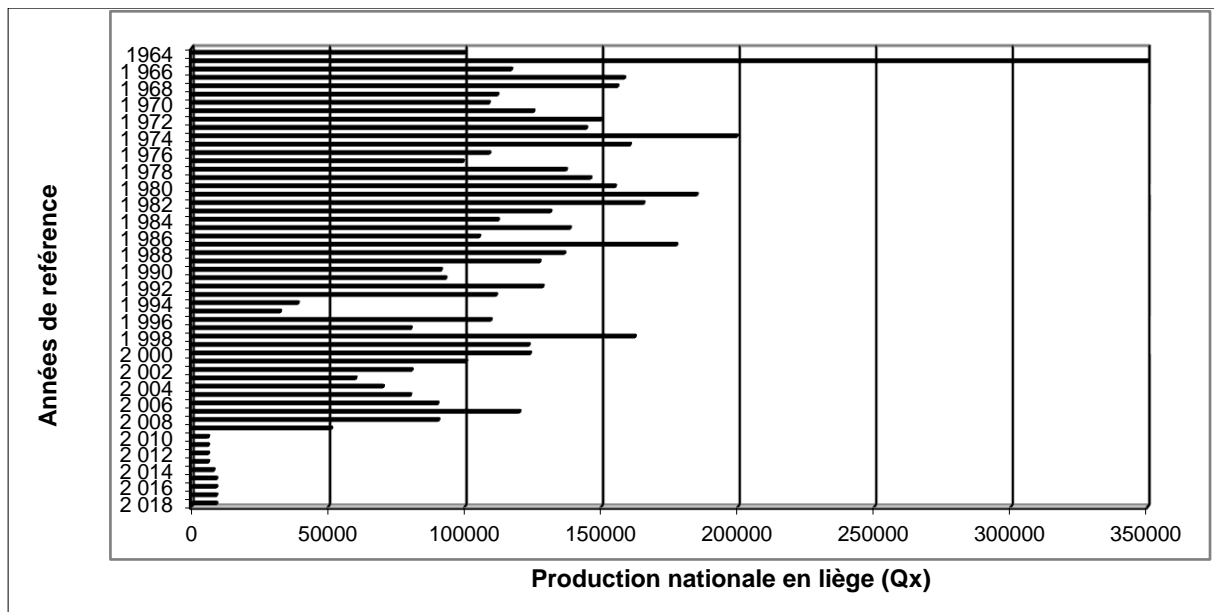


Figure 7 : Fluctuation de la production annuelle du liège entre 1964 et 2018( DGF, 2018)

La récolte du chêne-liège et son industrie sont des activités créatrices de richesses. Rien que pour la période de récolte, beaucoup de postes d’emploi sont créés. 1500 à 2000 personnes sont embauchées pour aider cette tâche, à travers de vastes chantiers ouverts dans les différentes wilayas au nombre de 22 concernées par cette production.

Le coût d’un quintal de liège brut a connu des fluctuations importantes, qui est passé de 204,40 DA en 1983 à 154,23 DA en 1988. Avec la libération du marché en 1995, les prix du liège ont connu une nette transformation, le prix d’un quintal de liège en 2004 était de 7954 DA. Ce qui constitue un gain assez important pour le secteur forestier (DGF ,2004).

Concernant les ventes locales du liège au titre de la campagne de 2017, elles ont été estimées à plus de 205 millions de DA dont 20% (environ 23 millions de da) sont versées au trésor public (Arezki, 2018).

D’ailleurs, à titre d’indication, les quantités de liège exportées entre 2000 et 2006 étaient en baisse : de 12 358 tonnes destinées à l’exportation, en 2000, pour une valeur de 1 231 777 DA, le chiffre a chuté à 4 360 tonnes, en 2006, pour une valeur de seulement 841 844 DA. L’année 2001 a vu atteint le pic de 18 856 tonnes exportées pour un montant de 1 090 522 de DA. En 2002, il a été exporté 3 811 tonnes pour une valeur de 531 068 DA. En 2003, il y a eu plus au moins une reprise des exportations avec 14 887 tonnes pour une valeur

de l'ordre de 754 855 DA. Les années 2004 et 2005 ont connu, également, une baisse sensible puisque seulement 3 532 tonnes et 3 149 tonnes ont été respectivement exportées pour 861 459 et 818 218 DA. Chose incroyable, il faut savoir qu'au cours de cette même période, il y a eu des quantités de liège importées. En 2000, il s'agissait de 22 tonnes contre 12 tonnes en 2001 ; 24 tonnes en 2002 ; 43 tonnes en 2003 ; et 30 tonnes en 2004. L'année 2005, elle, a vu l'importation d'une plus grande quantité estimée à 103 tonnes, pour redescendre à 71 tonnes en 2006 ( Kouba, 2005).

## **I.5-Qualité du liège**

La notion de qualité d'un produit renvoie à son aptitude à un usage particulier, que le consommateur a décidé de lui donner. Dans le cas du liège, son utilité principale, qui ajoute une valeur ajoutée au matériau, est sans aucun doute, la fabrication du bouchon pour les meilleures classes de qualité et d'autres produits issus du liège mince comme les rondelles et l'aggloméré du liège de rebut.

La qualité du liège est la source vitale de son valorisation et de sa commercialisation. Elle repose sur deux points focaux :

- L'épaisseur des planches extraites de l'arbre,
- L'aspect.

### **I.5.1-L'épaisseur**

L'épaisseur du liège est un paramètre facilement quantifiable, c'est la quantité de liège produite durant un cycle de production permettant un tubage aisé lors du poinçonnement des bandes de liège en usine. Ce calibre se mesure en lignes (2,25mm) avec un instrument typique appelé « pied de ligne » ou par des procédés technologique ( Fig.8)

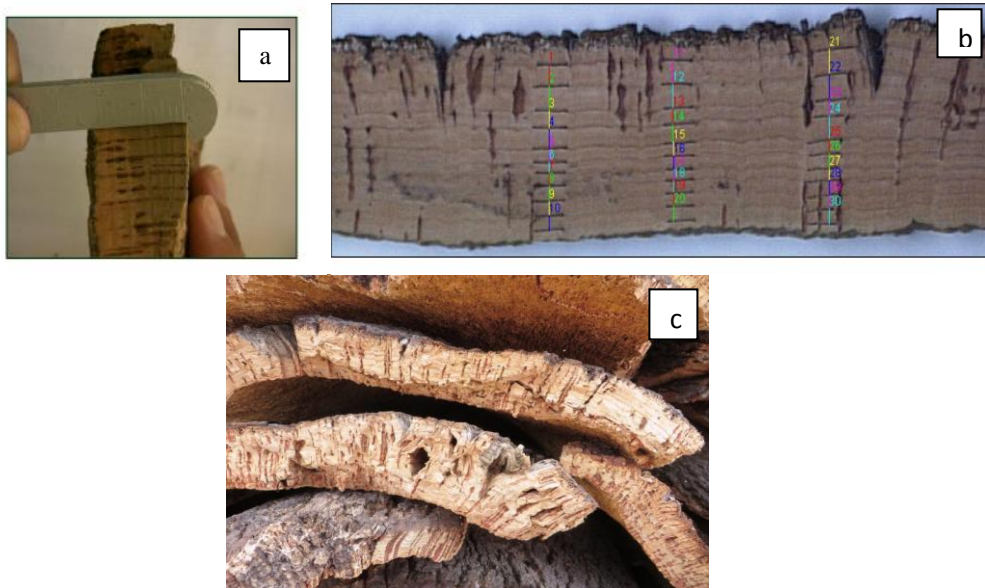


Figure 8 : Quantification de l'épaisseur du liège ( a: pied de ligne ; b: analyse d'image numérique ; c: différentes épaisseurs dans une récolte) ( Dehane, 2012)

En forêt, l'épaisseur du liège est très influencée par les facteurs environnementaux qui cernent les peuplements et les arbres, à savoir :

- les facteurs écologiques (altitude et exposition)
- le type de sol,
- les précipitations,
- les facteurs génétiques (aptitude individuelle du liège à se produire),
- le traitement appliqué aux arbres (les rotations et la hauteur d'écorage).

D'ailleurs, dans les stations très humides (fortes précipitations, températures adéquates et fertilité), la croissance du liège est généralement plus importante et, par conséquent, également le calibre sera plus grand. Si la qualité de la station est très basse, les calibres peuvent être si petits qu'ils ne sont pas utiles dans bouchonnerie ( Monterro et Canelas, 2003).

Lamey (1893) indique qu'en Algérie et en France, le commerce du liège utilisait la classification suivante:

- Liège épais: (31 mm ou plus), subdivisé en 4 sous-classes: Superfine, supérieure, ordinaire et inférieure.
- Liège ordinaire: (26-30) mm, Subdivisé en 5 sous-classes: Superfine, 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup>.
- Liège juste: (23-25) mm, Subdivisé en 3 sous-classes: bon, ordinaire et inférieur.

- Liège fin ou mince : (22 mm), qui se subdivise en 3 sous-classes: bon, ordinaire et inférieur

### **I.5.2-L'aspect**

C'est le paramètre le plus compliqué à déterminer, car il est apprécié visuellement d'une manière subjective, par des opérateurs humains et nécessitant une longue expérience du fait des facteurs variés qui compliquent cet aspect. Les principaux facteurs qui altèrent l'aspect du liège, et par conséquent sa qualité sont les suivants :

- la porosité.
- La densité volumétrique.
- Les défauts intrinsèques (excès de croûte, les inclusions ligneuses, les soufflures, le liège terreux, état du dos et du ventre du liège).
- Les défauts extrinsèques ( le liège doublé, les galeries d'insectes, les différentes taches, pic tronc et le liège vert).

La densité de présence de ces défauts, leurs tailles et leurs distributions affectent la qualité du liège.

La classification empirique des lièges en divers catégories, suivant leurs aspects et leurs épaisseurs est devenue une méthode dépassée. Actuellement la détermination de la qualité du liège s'appuie sur des procédés automatiques pour mieux définir son prix et faciliter son commercialisation. Il s'agit de procédé utilisant l'analyse d'images numérique (Digital Image Processing and Analysis (DIPA). Cette méthode permet d'obtenir différentes mesures très précises sur les pores et les autres défauts (longueur, aire, périmètre, coefficient de géométrie, facteur de forme), d'évaluer et de quantifier les différents classes de porosité ( Fig.9).

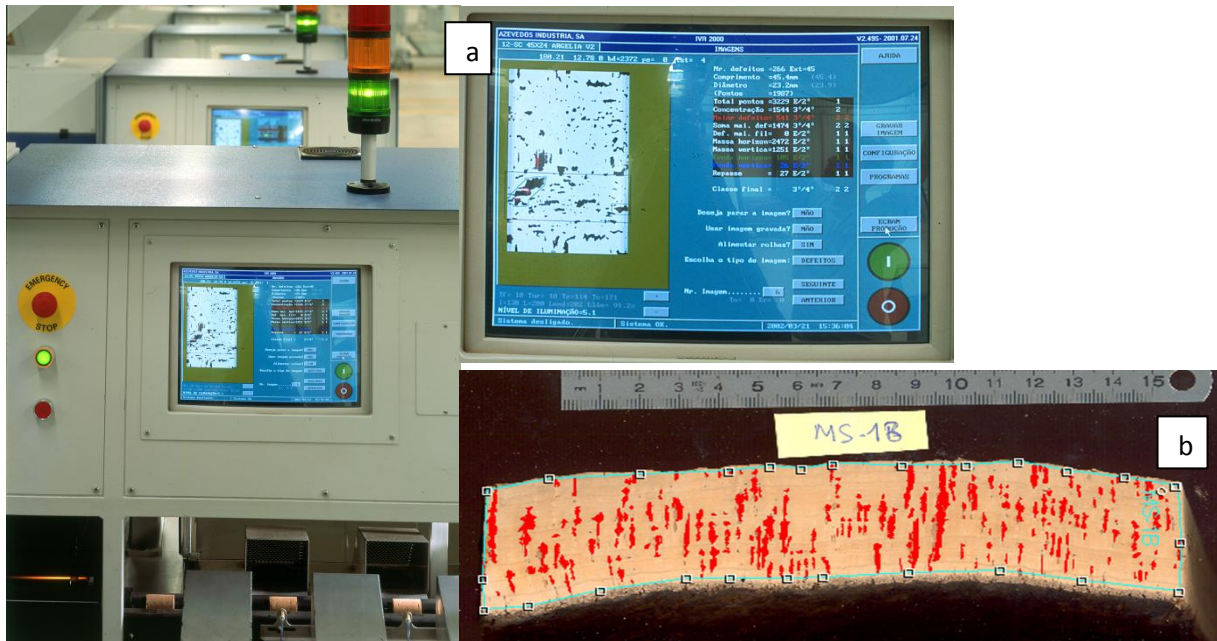


Figure 9 : Utilisation des procédés numériques dans la classification de la qualité du liège ( a : méthode rayon laser, b : méthode analyse d'image numérique) ( Photo Mr Dehane, 2012)

Les planches de liège sont classées commercialement en 6 classes de qualité (1<sup>re</sup> – 6<sup>eme</sup>) ou en classes mixtes de 1<sup>re</sup> – 3<sup>eme</sup> (bonne qualité), 4<sup>eme</sup> – 5<sup>eme</sup> (qualité moyenne) et 6<sup>eme</sup> (faible qualité), le rebut correspondant aux planches de liège qui n'ont pas la qualité nécessaire pour la production de bouchons (Pereira, 2007).

Plusieurs méthodes de classification de la qualité du liège sont utilisées dont le monde, dont nous citons :

- La méthode des services forestiers Portugais.
- La méthode d'IPROCOR ou CYCITEX en Espagne
- La méthode CORKASSESS de l'Union Européenne.

En vertu des différentes utilisations du liège et des récentes découvertes dans l'usage du liège, la qualité engendre plusieurs domaines scientifiques tels que :

- L'analyse minéralogique.

- L'analyse de la composition chimique.
- L'analyse du comportement mécanique
- L'analyse du comportement acoustique et vibratoire du liège.
- L'analyse des propriétés ignifuges du liège.

### **1.6- Facteur de régression du chêne liège**

Le chêne liège comme toute autre essence forestière est soumis aux contraintes du milieu, dont l'impact est accentué par l'activité humaine. Parmi les facteurs multiples potentiellement responsables du déclin, certains facteurs biotiques et abiotiques ont été clairement révélés comme ayant un rôle direct ou indirect de l'apparition du phénomène du dépérissement. Nous citons en particulier :

a- Les facteurs prédisposants : ceux qui réagissent d'une manière continue sans interruption pendant de longues périodes et qui entraînent l'affaiblissement graduel des arbres sans pour autant provoquer l'apparition de symptômes. Il s'agit des facteurs suivants :

- Vieillesse des arbres ( âge >120 ans).
- Déficit hydrique dans le sol, conséquence d'un déficit des précipitations printanières.
- Défrichage des forêts et accentuation de l'érosion hydrique.
- Utilisations des machines lourdes en forêt.
- Perte de nutriment et fertilité des sols forestiers.
- Forte acidification des sols.
- Pâturage intensif.
- Récurrence des incendies et la mauvaise résilience des arbres.

b- Les facteurs déclenchants : ils agissent de façon ponctuelle en affectant négativement les mécanismes de défense des arbres. Il s'agit entre autre :

- Des longues périodes de sécheresse.
- Du non respect des règles d'exploitation (hauteur d'écorçage excessive, matériels défectueux non stérilisés) .
- De la sylviculture non adaptée.
- De l'exploitation hâtive du liège sans respect des rotations.
- D'attaques des défoliateurs comme *Lymantria dispar*.

c- Les facteurs aggravant : ceux qui causent la mort et l'achèvement des arbres. Il s'agit:

- D'attaque de xylophage et xylomycétophages à l'égard du *Playtpus cylindrus*.
- Des Champignons pathogènes tels le charbon de la mère et autres (*Hypoxylon mediterraneum, Diplodia mutila,...*)

Les scénarios futurs du climat font craindre que ces phénomènes ne s'amplifient encore d'avantage. Les incendies qui accompagnent le changement climatique et les dépérissements devraient accentuer la dégradation écologique des suberaies et des forêt en générale ( Fig.10).

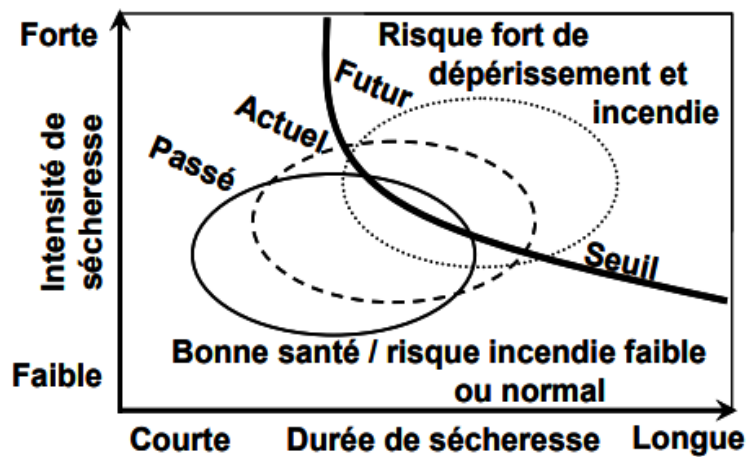


Figure 10: Variation des risques de dépérissement et d'incendie en fonction de la durée et de l'intensité de la sécheresse (Allen et al, 2008)



## Chapitre II

## II.1-Le milieu physique

### II.1.1-Situation géographique de la zone d'étude

La zone d'étude, la forêt domaniale de Ami Moussa, appelée communément « Djbel Sàadia » se localise dans la partie Sud-Est du massif de l'Ouarsenis et relève de la circonscription d'Ami-Moussa sur une superficie globale de 1058 ha. Son territoire relève de deux communes : Ouled Ben Abdelkader au Nord (Wilaya de Chlef) et Ramka au Sud (Wilaya de Relizane) (Fig.11)

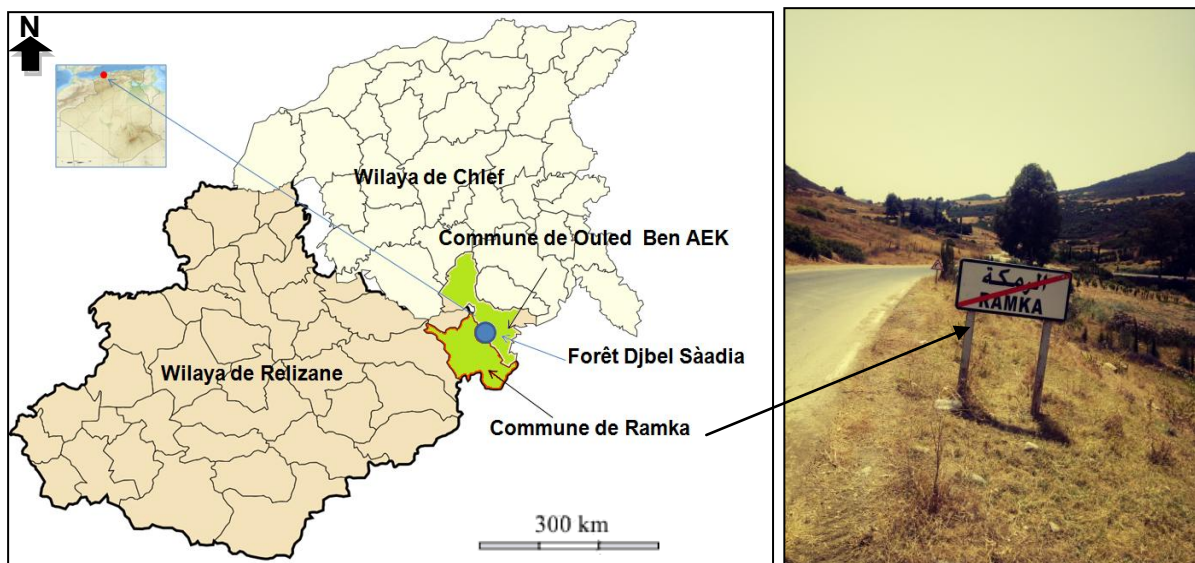


Figure 11 : Appartenance administrative de la forêt de Djbel Sàadia ( C.F.W.R., 2018)

Géographiquement, la forêt de « Djbel Sàadia », culmine à une altitude moyenne 1198 m. Elle est limitée dans sa partie Nord-Est par le Douar El Labais, et dans sa partie Nord-Ouest par Ouled Mâamar, au Sud par Ouled Chikh et Ouled Tayeb. La forêt s'inscrit entre les coordonnées Lambert suivantes (Fig.12) :

- Coordonnée : Latitude : 1°18'23" Est
- Longitude : 35°53'47" Nord

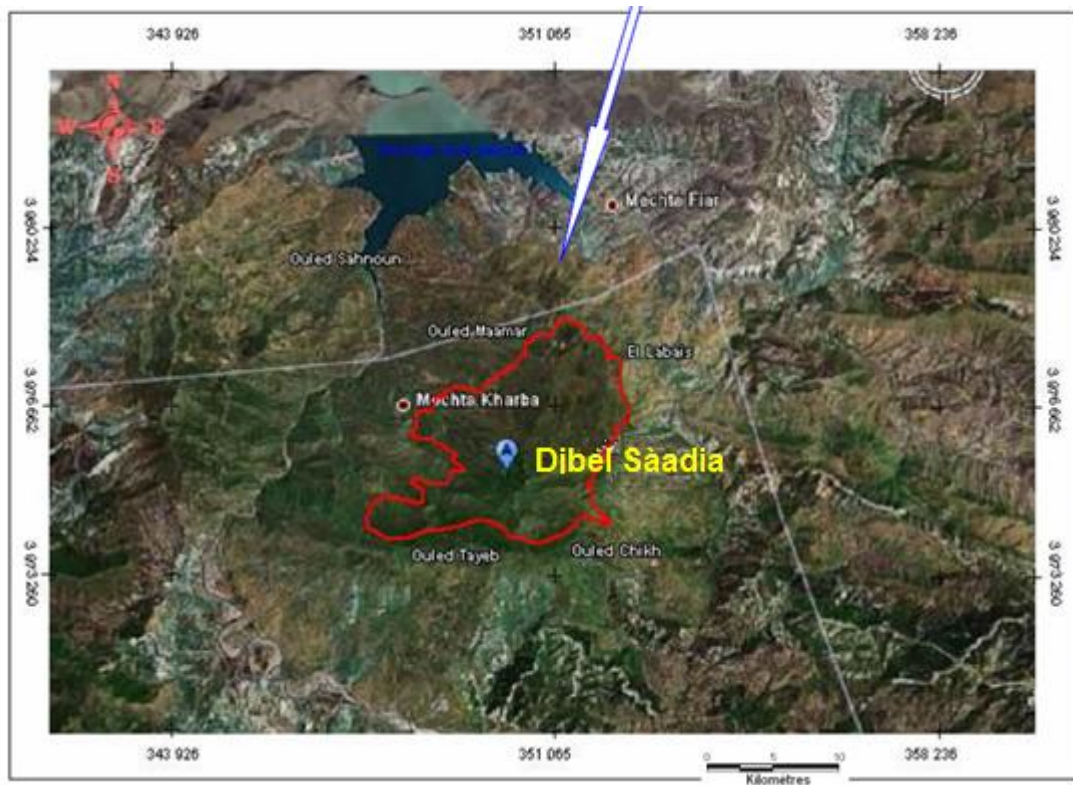


Figure 12 : Situation géographique de la forêt de Djbel Sàadia (C.F.W.R., 2018)

### II.1.2- Géologie et Pédologie

La géologie de la forêt est un mélange de sédiments crétacés supérieurs dans sa partie Nord-Est. Il s'agit des marnes, des calcaires et des argiles feuilletés. L'oligocène est très présent, il représente une altération de marne calcaire et de grés (Fig.13) (Hedidi, 2010).

La forêt de Djbel Sàadia pousse sur des sols présentant différentes textures, on retrouve les trois classes pédologiques suivantes (Lescomplekt, 1983) :

- Des sols minéraux bruns qui détiennent environs 296 ha au sud de la forêt.
- Les sols peu évolués caractérisés par une faible altération du milieu minéral se scindent en deux sous- classes : lithosol à base de grés, de fertilité naturelle sur 24 ha et d'apport colluvial sur 394 ha, à base d'affleurement rocheux de différentes tailles.
- Les sols brunifiés : sur la partie haute de la montagne, composés essentiellement de roches sans carbonate à base de grés Numidien.

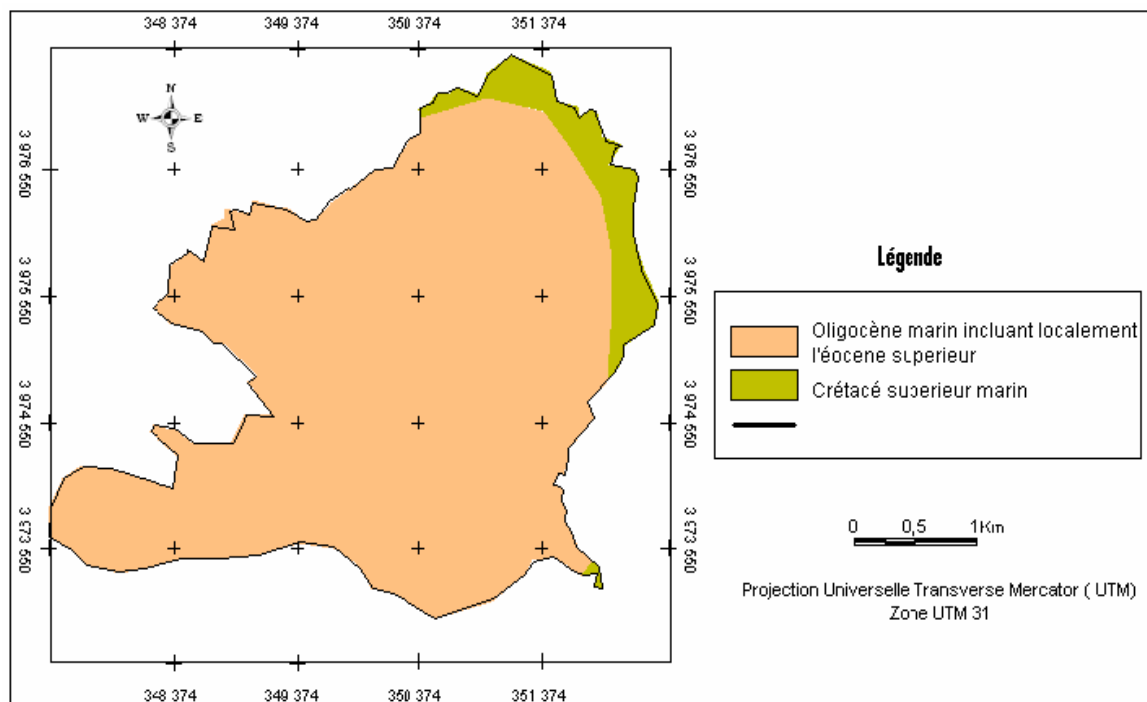


Figure 13: Carte géologique de la forêt de Djbel Sàadia (TECSULT, 2006)

### II.1.3-Hydrographie

La forêt de Djbel Sàadia fait partie du Bassin Hydrographique Cheliff-Zahrez qui couvre une superficie d'environ 56 227 km<sup>2</sup> et qui englobe trois wilayas entières (Chlef, Tissemsilt et Relizane) et neuf Wilayas en partie (Medea, Tiaret, Ain Defla, Mostaganem, Mascara, Tipaza, Djelfa, Laghouat et M'Sila). La forêt culmine sur oued Sly qui se déverse dans le barrage de Sidi Yakoub (Fig.14).

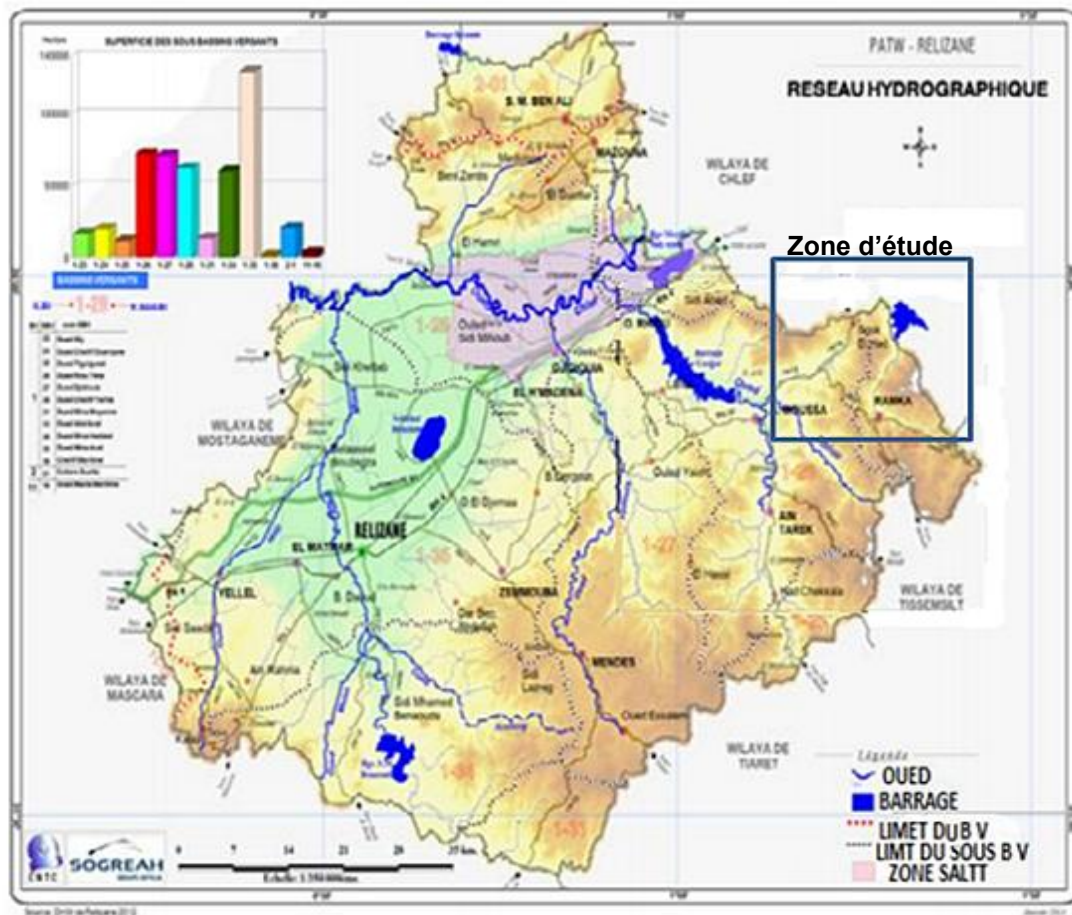


Figure 14 : Carte du Réseau hydrographique de la Wilaya de Relizane (C.F.W.R., 2018)

#### II.1.4- Relief et altitude

70% des sols de la forêt se trouvent à une altitude entre 700m et 1000m. Le relief, montagneux et accidenté, présente deux configurations selon l'exposition. Le versant Sud est assez sec, souffrant d'une sécheresse prolongée de sept mois. Le versant Nord, s'enfonçant dans la wilaya de Chlef, bénéficie des conditions climatiques et édaphiques clémentes (une pluviométrie favorable et des sols équilibrés non érodés). Les classes pentes variant entre 2 et 12% occupent 47,5 % de la forêt tandis que celles de la classe de 12 et 24% détiennent 2,5% (C.F.W.R., 2018).

## II.2-Le climat

Le climat a une incidence particulière sur la répartition des végétaux. Il règle la distribution de la pluviométrie et contribue à la formation des sols. Le climat du nord Algérien est généralement de type méditerranéen caractérisé par un contraste marqué, variant d'une année à l'autre, plus tempéré et humide sur le littoral, froid et sec en montagne. La période de sécheresse coïncide avec la saison estivale. Ce climat subit l'influence de l'altitude, des conditions topographiques, de la longitude et enfin celle de l'éloignement de la mer ( Djebaili, 1984).

### II.2.1-Pluviométrie

La zone d'étude reçoit une pluviométrie assez faible de l'ordre de 309mm/an. C'est une tranche pluviale typique du climat semi-aride très sec. Les données de pluviométrie pour la période 1982-2017 sont illustrées dans le tableau 2 :

Tableau 2: Précipitations moyennes annuelles pendant la période 1982-2017 ( ONM, 2017)

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
Djbel Sàadia	30,5	25,5	35,5	22,5	20,5	4,5	1,5	1,6	20,5	40,5	50,5	55,5	309

On s'aperçoit que la zone d'étude accuse un déficit pluviométrique important qui débute du mois de Mai jusqu'au mois de septembre. Les mois de Novembre et de Décembre restent les plus humides (excédents) avec une pluviométrie variant de 50,5mm à 55,5mm ( Fig.15).

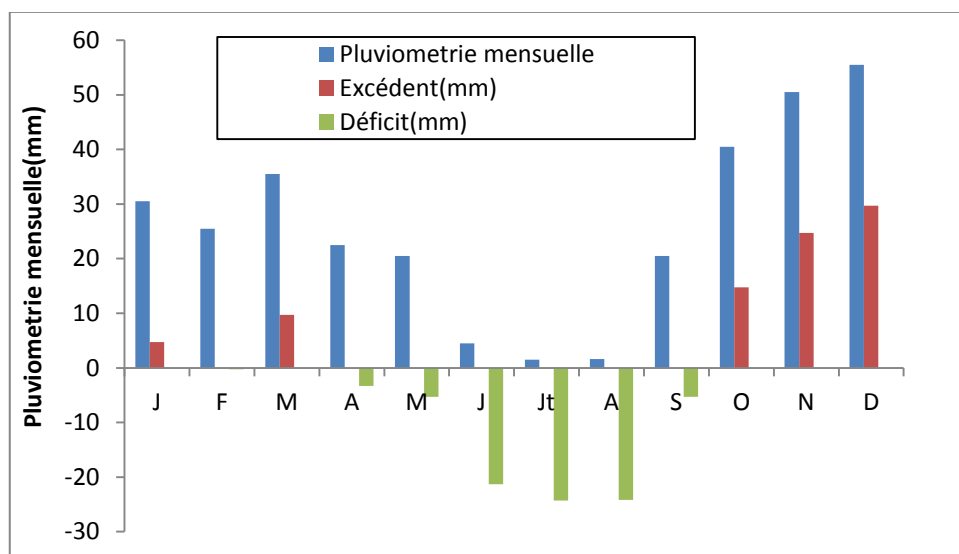


Figure 15 : Variation de la pluviométrie mensuelle dans la forêt de Djbel Sàadia

## II.2.2-Les températures

La température intervient d'une manière directe sur la croissance et la production végétative des plantes et aussi sur le climat régionale. Elle conditionne l'activité métabolique et les seuils de tolérance vis-à-vis des températures minimales et maximales (Emberger, 1942). La répartition mensuelle des températures minimales et maximales est illustrée dans le tableau 3 :

Tableau 3 : Température mensuelles dans la forêt de Djbel Sàadia (1982-2017).

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
m (°C)	<b>7</b>	8,5	9,45	11,5	15,5	19,5	22,5	22,8	19,5	16,2	11,5	9,5
M (°C)	12,5	13,5	15,18	18,5	22,72	29,5	33,5	<b>34,66</b>	29,5	23,5	15,33	12,5
T(°C) ( M+m/2)	9,75	11	12,315	15	19,11	24,5	28	28,73	24,5	19,85	13,415	11

Il ressort du tableau 3 que le mois le plus froid est celui de janvier avec 7°C. D'ailleurs, la saison hivernale (Janvier, Février et Mars) est la plus rude. Par contre, la température est maximale au mois d'Aout avec 34,66 °C, la sécheresse commence à partir du mois de Juin et s'étale jusqu'au mois de Septembre (Fig. 16).

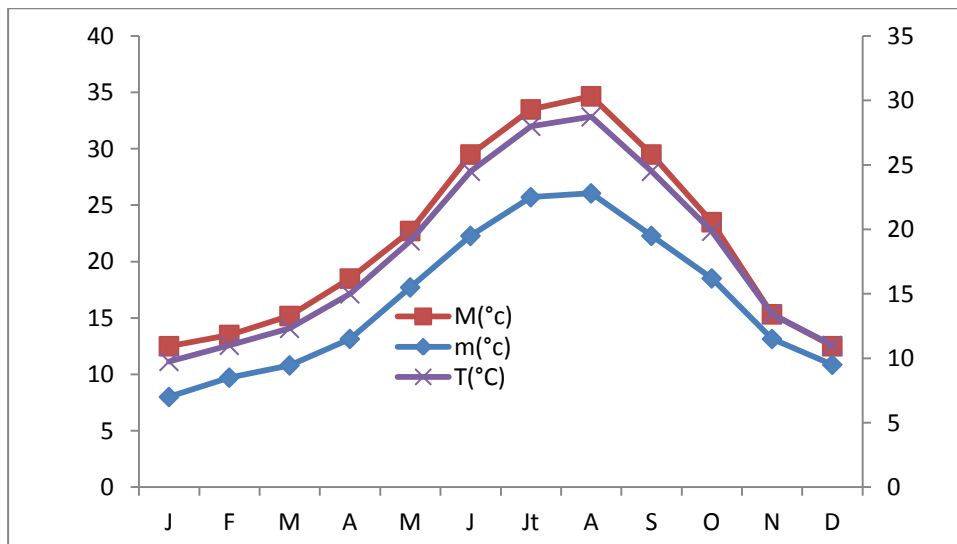


Figure 16 : Variation mensuelle des températures à Djbel Sàadia

### II.2.3- Synthèse climatique

La synthèse climatique utilise les variables du climat local ( $m$  (°C),  $M$ (°C), $T$ (°C), et  $P$ (mm)) afin d'étudier d'établir des rapports avec la végétation forestière et de positionner la zone d'étude dans un bioclimat précis. La synthèse des indices climatiques calculée pour la forêt est mentionnée dans le tableau 4 :

Tableau 4 : Synthèse climatique des paramètres du climat de la zone d'étude

	$IC= M-m$	$I.e= P*e /M$	$I= P/(T+10)$	$P<=2T$	$Q2 = 2000 P / M2-m2$
Indice de Continentalité	27,66				
Indice de sécheresse estivale		0,21			
Indice de De Martonne			11,02		
Saison sèche				>5mois	
Quotient pluviothermique					37,99

- Du tableau 4, nous apercevons de la valeur de l'amplitude thermique ( $M-m=27,660^{\circ}C$ ) que la forêt s'insère dans la variante d'un climat semi-continentale ( $25^{\circ}C < M-m < 35^{\circ}C$ ), caractérisé par des écart importants entre l'hiver et l'été.
- De même, la valeur de l'indice de sécheresse estivale (0,21) est très inférieure à 5 ; ce qui rattache la zone d'étude à un climat méditerranéen à sécheresse avancée.
- Pour ce qui de l'indice de Martonne, la valeur obtenue (11,02) range notre zone d'étude sous un climat semi-aride sec, à écoulement temporaire.
- L'approche climatique de Bagnouls et Gausson (1953), basée sur une intersection graphique entre les températures moyennes et la pluviométrie annuelle, témoigne d'une période de sécheresse dépassant les cinq mois (Fig.17).



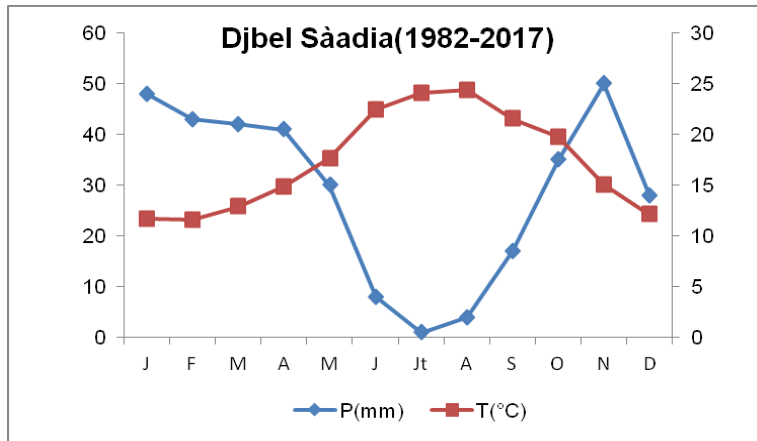


Figure 17 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la zone d'étude

- Le calcul du quotient pluviothermique ( $Q_2=37,99$ ) nous a permis de positionner la forêt étudiée dans l'étage climatique correspondant (Fig. 18). Il s'agit d'un climat semi-aride inferieur à hiver doux

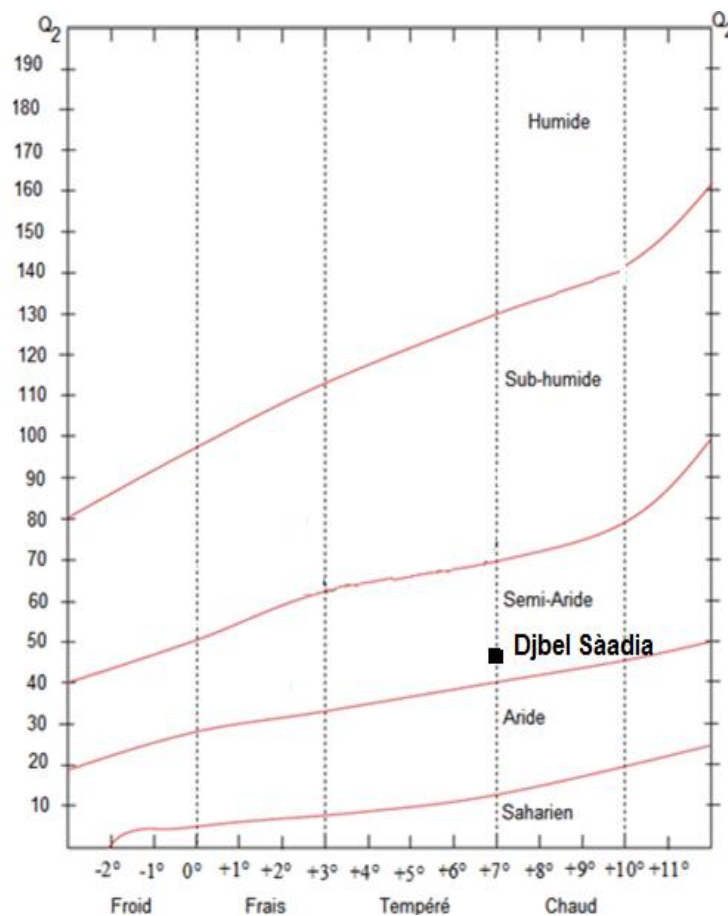


Figure 18 : Quotient pluviothermique et climagramme d'emberger de la forêt de Djbel Sàadia

### II.3-Occupation du sol

La forêt de Djbel Sàadia, est une curiosité naturelle par la présence du chêne liège et du chêne zéen. La dégradation du couvert végétal est assez avancée suite aux incendies et au surpâturage. La forêt proprement dite de chênaies ne représente que 9% du total, le matorral dense et clair domine avec 70%. Les peuplements de chêne liège sont composés de vieux sujets dépassant les 120 ans, la régénération naturelle est défailante.

Les formations forestières se répartissent comme suivant (C.F.W.R., 2018) ( Fig.19):

- Forêt moyennement dense de chêne liège et de chêne zéen (95 ha).
- Forêt claire (183 ha) à base de chêne liège, chêne zéen et de chêne vert.
- Matorral dense (270 ha) à base de chêne liège, de calycotome et de lentisque.
- Matorral clair (245,5 ha) à base de chêne liège et de ciste.
- Maquis dégradé (227,7 ha) à base de diss et de doum

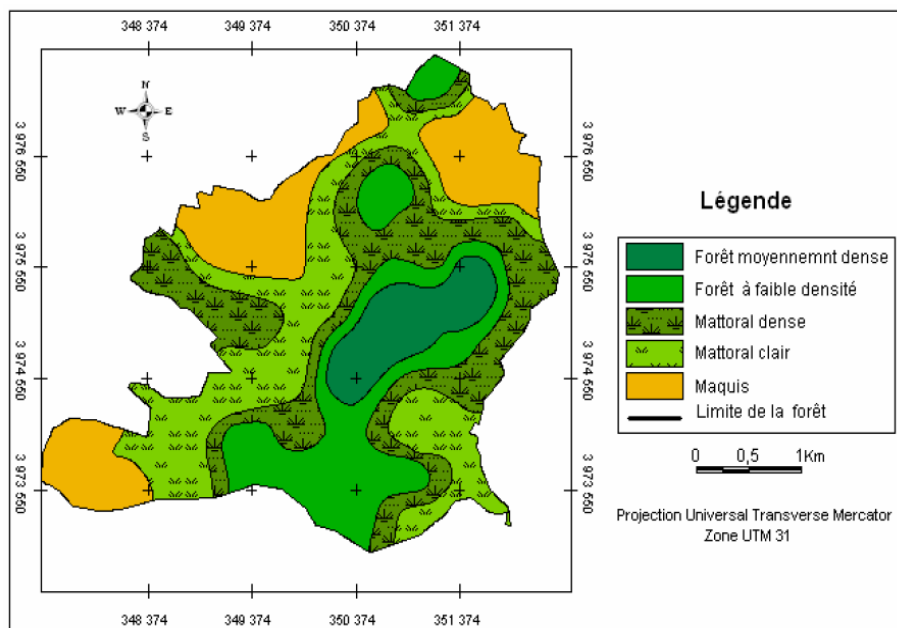


Figure 19 : Formation végétale forestière présente dans la zone d'étude (Hedidi, 2010)

## II.4-La production du liège

La superficie potentielle globale du chêne liège est estimée à 879 ha. La situation sécuritaire qu'a traversée la région, les incendies répétés et le surpâturage ont induit au fil des années d'énormes préjudices à la production du liège. Des cycles entiers ont été abandonnés entre les années 1994 et 2006. Des centaines d'arbres sont mutilés par les coupes illicites du liège. L'opération d'exploitation entreprise durant l'année 2018 fait état de 286,3 Qx de liège tout-venant (C.F.W.R., 2019). Pour la campagne de 2019, la circonscription d'Ami Moussa prévoit la récolte de 150 Qx (Fig. 20).



Figure 20 : Dépôt de stockage du liège exploité durant l'année 2018 (Original)

## **II.5-Les incendies**

La wilaya de Relizane dispose d'un espace forestier s'étalant sur une superficie de 51 794 ha dont 55% constitués de pins d'Alep, arbre très sensible aux feux, et le reste étant un tapis végétal (maquis). Pour cela, 6 850,5 Km de pistes forestières sont ouvertes et sont appuyées par 495 ha de tranchées anti-feu (C.F.W.R., 2018). Les données relatives aux superficies de chêne liège brûlées par le feu sont rares. Le bilan des incendies dans la forêt de Djbel Sàadia fait état d'une accentuation du phénomène à partir de 2005 ( 5 ha) pour atteindre 38 ha en 2012.

## Chapitre III

### **III.1-Description des stations d'étude**

Dans la suberaie de Djbel Sàadia (W. de Relizane), trois stations de chêne liège en pleine production, d'une superficie moyenne de 10 hectares ont été sélectionnées. Ce choix a été fortement imposé par la structure altérée que connaît actuellement cette forêt, c'est-à-dire les conséquences d'une perturbation exogène à savoir les incendies. Cet état de stress récurrent a engendré trois types de résilience au niveau de cet écosystème à base de chêne liège, ce qui nous a poussé à adopter une certaine typologie forestière afin de caractériser les facteurs réglant les performances productives et qualitatives des arbres-échantillons. Il s'agit en effet, de la typologie suivante :

1- **La station complètement embroussaillée à forte résilience (EMB1)** sur les crêtes et les hauteurs de la forêt, à environ 1110m d'altitude. Les peuplements de chêne liège (mâle et en pleine production) sont en général verdoyants à cimes remplies et jointives, d'âges différents, fortement mélangés au chêne vert et quelque sujets de pin d'Alep. Le sous bois est dense, composé des végétaux dominants à l'égard de la bruyère arborescente, du ciste de Montpellier, de la philaire, du daphné et de l'arbousier. Les sujets productifs, sont périodiquement exploités sur une rotation de 12 ans.

2-**La station modérément embroussaillée à faible résilience (EMB2)**, sur une altitude moyenne se rangeant entre 900m-1000m. Ces peuplements abritent des sujets chétifs, à cimes altérées (verdoyant sur les grosses branches) avec une forte régénération au niveau du sol (rejets de souche). Ces formations sont relativement ouvertes avec une strate arborée jointive composée essentiellement de chêne zéen très bien venant, dont la hauteur moyenne >14m. Le sous bois a favorisé le développement d'un sous-maquis plus au moins bas et dense à base de calycotome et de lentisque. La récurrence et l'intensité des incendies passés, ont générés un substrat à base d'éclats de grés, dépourvu de végétation, créant des couloirs pour la circulation humaine et animale.

3-**La station non embroussaillée à faible résilience (EMB3)**, sur une altitude <900m. Les peuplements qui la composent sont très ouverts et très anthropisés. Il s'agit de sujets marginalisés, très distants des uns des autres, à cimes plus au moins altérées. Le sous bois est très faible à base de diss et de genêt. Les sujets productifs

sont soumis à des mutilations diverses à l'égard de coupes illicite du liège et du surpâturage (Fig.21).

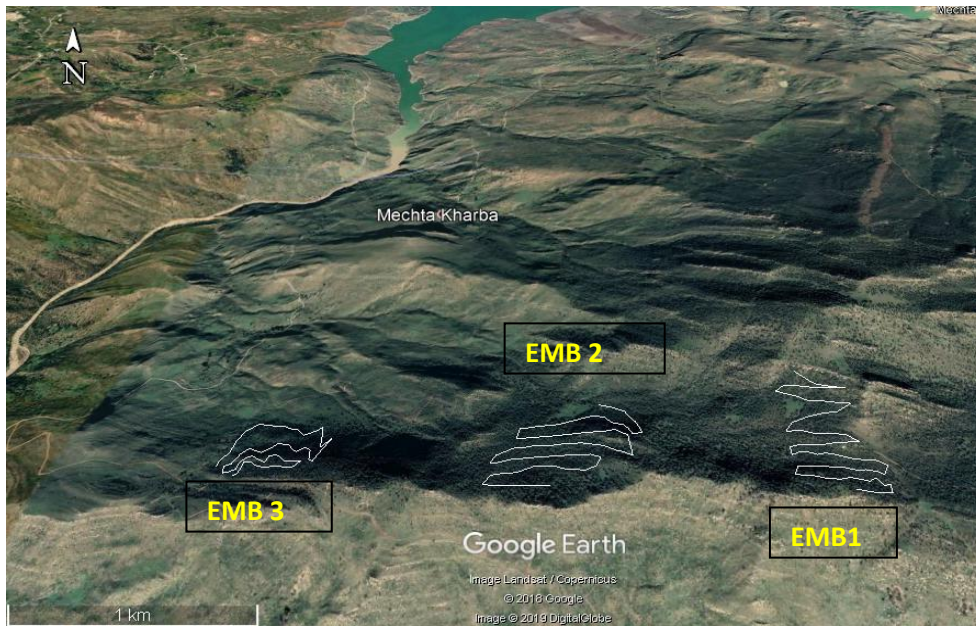


Figure 21 : Situation spatiale des trois stations d'étude ( Google Eart, 2019).

### III.2-Type de mesures

Chaque station d'étude a été caractérisée par des paramètres d'ordre descriptif et dendrométrique, regroupant les relevés suivants :

- ❖ Les relevés géographiques et topographiques : Ils évoquent des informations précises sur la localisation des stations tels que le lieu-dit du canton, les coordonnées Lambert, la topographie du terrain, la pente, l'altitude, etc.
- ❖ Les relevés sylvicoles : Ils nous renseignent sur les différentes interventions marquées dans la forêt. Il s'agit des types de futaie, origine du peuplement, nature de l'embroussaillage et de la régénération, etc. D'autres relevés sont notés sous forme de mesures ou d'observations visuelles.
- ❖ Les relevés d'état de santé des arbres et des stations : Les relevés identifiant le niveau de dépérissement ont été évalués en assignant à chaque arbre échantillons une classe de dépérissement comprise entre 1 (sujet sain), 2 (sujet faible) et 3 (sujet dépérissant) avec des valeurs intermédiaires qui correspondent à différents niveaux de défoliation

et de présence de symptômes spécifiques sur le tronc (mère du liège desséchée, cavités, chancre et trous d'insectes). L'indice du dépérissement (*ID*) dans chaque station a été calculé en appliquant la formule suivante (Sechi et al., 2005) ( Fig.22):

$$ID = \Sigma (C \times F) / N$$

où: *C* = valeur (0 - 3) de la classe de dépérissement, *F* = fréquence de la même classe, *N* = nombre total de sujets examinés.

Nous distinguons 4 niveaux de dépérissement en fonction des valeurs obtenues :

- IS <1,60 : Non dépérissant ou sain.
- 1,60<IS<2,0 : En début de dépérissement.
- 2<IS<2,60 : En dépérissement assez grave.
- IS >2,60 : En dépérissement grave ou fortement dépérissant.

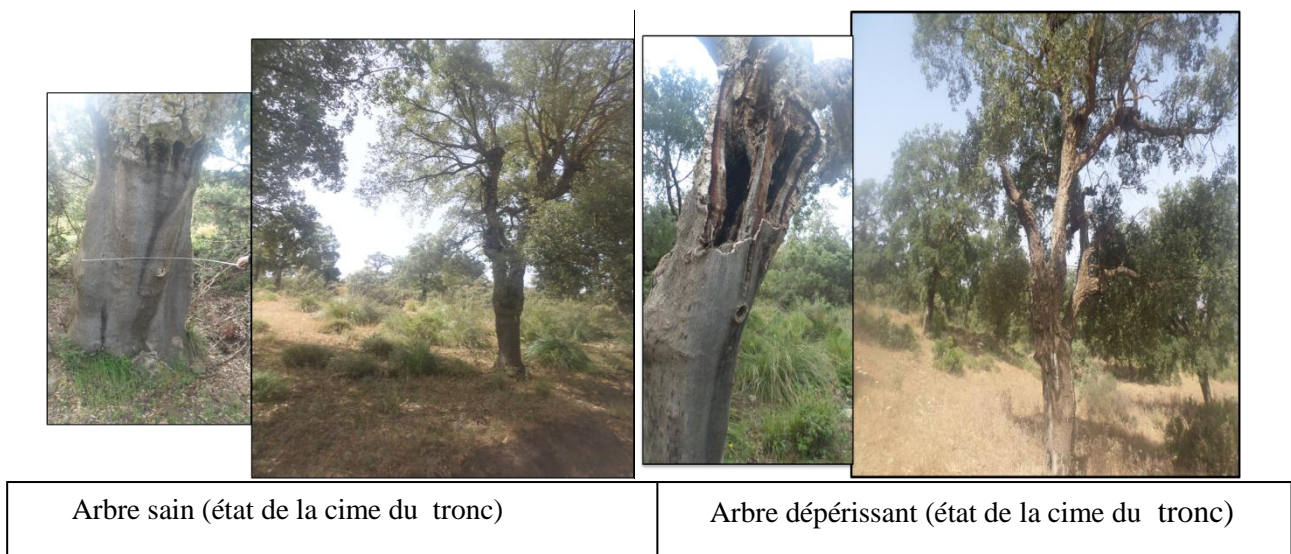


Figure 22: Méthode d'évaluation de l'état sanitaire des arbres échantillons

### III.3-Echantillonnage

Dans les trois stations hétérogènes, nous avons adopté un échantillonnage itinérant typique à la quantification de la croissance et la qualité du liège (CICYTEX, 2015). Ce choix est fortement imposé à cause de la faible densité des arbres en production (liège de reproduction) par hectare (<15 arbres/ha). Chaque station est couverte par un tracé en zig-zag sur lequel les arbres à échantillonner sont marqués à distance régulière de 50m.



La longueur de l'itinéraire dépend de la densité des arbres en production rencontrés (Fig.23). Globalement, nous avons échantillonné 60 arbres productifs par station.

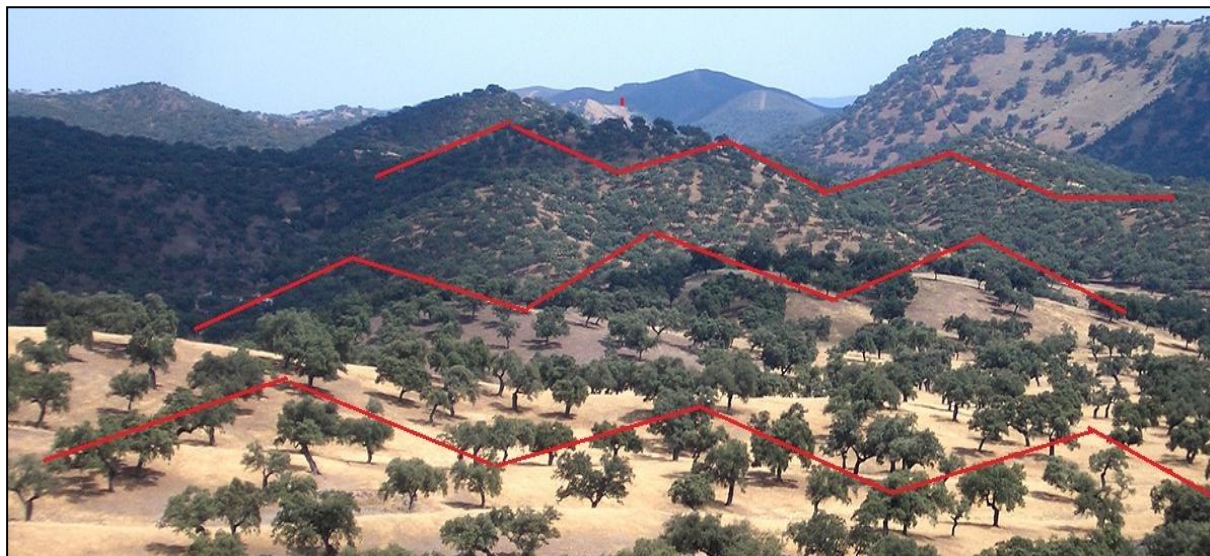


Figure 23 : Méthode d'échantillonnage appliquée (Cliché Dehane, 2015)

### III.4-Les paramètres de croissance du liège

Pour chaque arbre-échantillons, diverses caractéristiques ont été quantifiées, en particuliers les mesures dendrométriques de base et les relevés d'exploitation du liège (Tab.5)

Tableau 5: Principales classes de relevés dendrométriques, d'exploitation typiques au chêne liège

Type de relevés	Description	Classe
Dendrométrie	Circonférence	C11: (<70cm) ; C12:(70-107cm) ; C13:(107-140cm) ; C14:(140-170cm) ; C15:(170-200cm) ; C16: (>200cm)
	Hauteur d'écorçage	C1: Haut écor <1,5m ; C2: 1,5<Haut écor <2,4m ; C3: 2,5< Haut écor <3,5m
	Hauteur des arbres	C11:<7m; C12: 7-10m; C13:10-13m; C14:>13m
Exploitation	Calibre du liège	C11: Epais (>42,75mm); C12: Ordinaire (24,75-42,75mm); C13: Mince (<24,75mm)
	Nombre d'écorçage	1(1écorçage), 2(2écorçages), 3(3écorçages et plus)

Chaque arbre-échantillon rencontré aléatoirement, est numéroté, géo-positionné puis soumis à différentes mesures à 1,30m du sol (Fig. 24).



Figure 24 : Différents mesures d'exploitation effectuées sur les arbres-échantillons (Original)

La productivité a été calculée sur arbre selon la méthode proposée par Dehane (2012) (Fig.25).

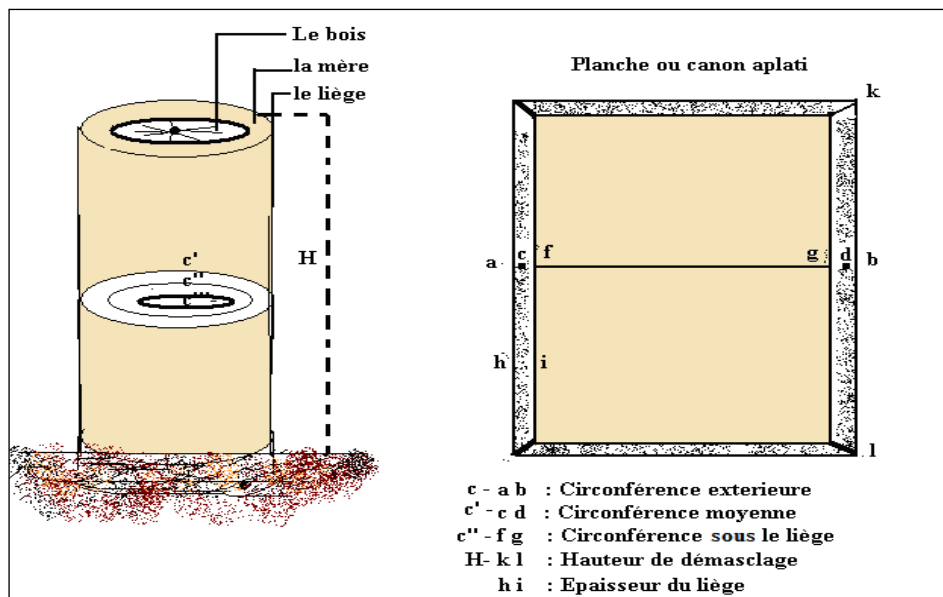


Figure 25: Méthode de calcul de la productivité du liège sur arbre ( Dehane, 2012)

Le volume du liège est calculé en affectant à la circonférence extérieure un coefficient correctif analogue à la médiane de la hauteur d'écorticage (Tab.6)

$$\text{Coefficient correctif} = 3.14 * e$$

Tableau 6 : Exemple de circonférences extérieures, réduites suivant l'épaisseur du liège

	Circonférences extérieures réduites pour les lièges ayant l'épaisseur de :									
	0,03m	0,04m	0,05m	0,06m	0,07m	0,08 m	0,09m	0,10m	0,11m	0,12m
<b>Circonférence à mi-canon</b>	10-12 mm	13-15 mm	16-18 mm	19-21 mm	22-24 mm	25-27 mm	28-30 mm	31-33 mm	34-36 mm	37-38 mm
<b>0,5</b>	0,47	0,46	0,45	0,44	0,43	0,42	0,41	0,4	0,39	0,38
<b>0,7</b>	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,6	0,59	0,58
<b>0,9</b>	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,8	0,79	0,78
<b>1,1</b>	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1	0,99	0,98
<b>1,3</b>	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,21	1,2	1,19	1,18
<b>1,5</b>	1,47	1,46	1,45	1,44	1,43	1,42	1,41	1,4	1,39	1,38
<b>1,7</b>	1,67	1,66	1,65	1,64	1,63	1,62	1,61	1,6	1,59	1,58
<b>1,9</b>	1,87	1,86	1,85	1,84	1,83	1,82	1,81	1,8	1,79	1,78
<b>2,1</b>	2,07	2,06	2,05	2,04	2,03	2,02	2,01	2	1,99	1,98

$$V = (C-3.14*e) * \text{hec} * e \quad \text{m}^3$$

$$P = C' * \text{hec} * e * P' \quad (\text{kg})$$

**Avec:** C': la circonférence moyenne réelle sur l'arbre ( C-3.14\*e)

P': 310 kg/m<sup>3</sup> (densité du mètre cube frais sur arbre).

e : épaisseur du liège

Exemple de circonférence réduite pour la classe d'épaisseur 10-12mm : 0,5m- 0,01m\*3,14=0,47m

### III.5-Les parametres de qualité du liège

La qualité du liège des arbres-échantillons des trois stations a été évaluée selon les normes de l'IPROCOR(2006) par l'utilisation du Coveless CQ05. Un carré de 20cmx20cm (appelé « cala ») est tracé à la craie sur le tronc de chaque arbre-échantillon à 1,30m du sol selon l'exposition offerte, puis sondé instantanément au coveless CQ05 pour la validation de la qualité du liège ( Fig.26).



Figure 26 : Techniques d'évaluation de la qualité du liège (sondage au coveless) (Original)

Le Coveless CQ0, est un instrument permettant de mesurer la croissance et la qualité du liège sur un arbre. L'appareil s'appuie sur la conductivité électrique de la mère du liège pour déterminer l'épaisseur et la qualité du liège, grâce à une sonde (électrode) préalablement plantée dans l'écorce de l'arbre. L'autre sonde d'extrémité est également connectée à coveless CQ05(Fig. 27).

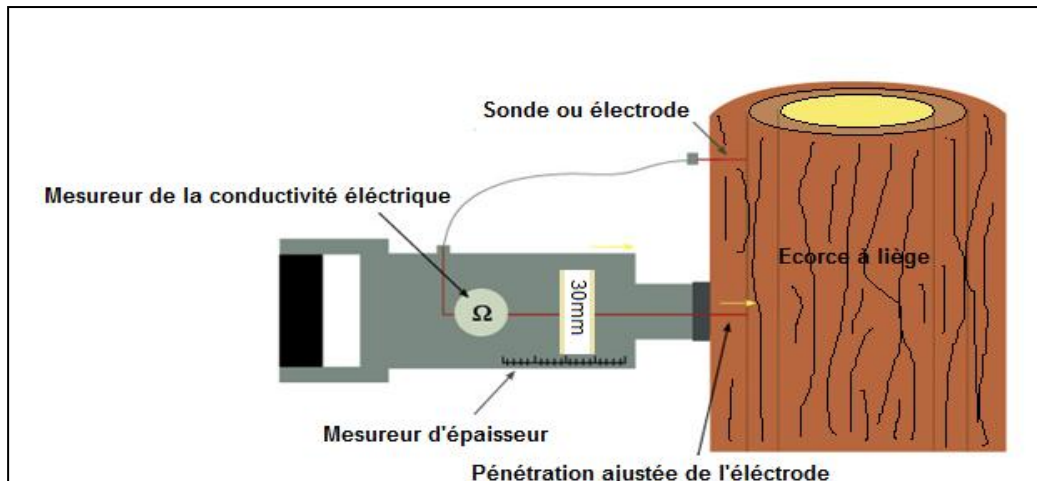


Figure 27 : Protocole expérimental pour déterminer la qualité du liège sur arbre ( Cours de machinisme forestier de Mr Dehane, 2018)

Les classes d'aspect sondées sur arbre puis mémorisées par le coveless ont été exportées vers l'Excel, ce qui nous a permis de calculer les classes et les indices de qualité selon les normes de l'IPROCOR ( Tab. 7).

Tableau 7: Classes de qualité élargie, résumé et indices de qualité ( IPROCOR, 2006)

Numéro de classe	Qualité élargie	Qualité résumée	Indice de qualité (IQ)
1	19plus. 6 <sup>a</sup> plus.	Bouchonnable (2,4 et 6)	11
2	15-19 5 <sup>a</sup> plus.	Faible (3,5 et 7)	19,5
3	15-19 6 <sup>a</sup>	Mince(8)	7
4	13-15 5 <sup>a</sup> plus.	Epais (1)	19
5	13-15 6 <sup>a</sup>	Rebut(9)	6,5
6	11-13 5 <sup>a</sup> plus.		12,75
7	11-13 6 <sup>a</sup>		5
8	11moins. 4 <sup>a</sup> plus.		12
9	Rebut		1,5

Chaque classe de qualité calculée pour chaque arbre-échantillon est affectée à sa classe de porosité et de densité respectives selon la méthodologie adoptée par Mr. Dehane pour les suberaies de l'Ouest Algérien ( Chorana et Dehane, 2019) (Tab 8. et 9 ).

Tableau 8: Fréquences relatives de la porosité et de la densité des suberaies productives de l'Ouest Algérien (Chorana et Dehane, 2019)

	Porosité (%)					Densité (kg/m <sup>3</sup> )				
	CP<1,5	1,5<CP<4	4<CP<6	>6	Moyenne	<150	150-250	250-300	>300	Moyenne
	Basse	Moyenne	Forte	Excessive		Basse	Moyenne	Forte	Excessive	
HA	1.11 (0.35)	2.65 (0.54)	4.75 (0.61)	7.62 (1.06)	4.14 (2.15)	134.30 (10.04)	186.03 (21.27)	256.92 (1.76)	333.58 (21.27)	236.86 (84.14)
ZA	1.29 (0.16)	3.32 (0.44)	5.5 (0.70)	8.18 (1.77)	4.76 (3.05)	125.00 (7.07)	197.13 (36.24)	255.40 (0.71)	345.21 (27.25)	304.80 (76.88)
AM	1.27 (0.6)	3.33 (0.34)	4.66 (0.50)	7.80 (0.72)	4.05 (1.87)	144.07 (6.17)	190.17 (29.02)	253.33 (5.77)	350.87 (33.53)	289.83 (84.55)
NE	1.13 (0.15)	3.08 (0.66)	5.13 (0.55)	9.40 (1.14)	4.63 (2.68)	139.85 (5.19)	208.18 (24.56)	257.50 (5.00)	339.77 (23.67)	256.01 (79.53)
TA	1.28 (0.65)	3.53 (0.37)	4.70 (0.45)	8.66 (2.25)	4.20 (2.32)	129.68 (16.87)	186.58 (27.27)	254.28 (5.34)	333.45 (28.77)	230.16 (78.87)
MS	1.25 (0.8)	3.45 (0.44)	4.63 (0.31)	13.10 (4.06)	6.88 (5.11)	112.21 (9.64)	196.68 (35.05)	251.10 (0.024)	324.98 (17.14)	189.26 (74.07)
BO	1.21 (0.2)	2.99 (0.38)	4.70 (0.64)	7.50 (0.70)	3.25 (1.65)	133.80 (8.70)	177.96 (19.65)	255.90 (1.45)	349.64 (29.62)	287.81 (88.05)
BI	1.22 (0.50)	2.73 (0.74)	4.53 (0.99)	10.50 (1.70)	4.28 (2.81)	148.43 (1.10)	203.16 (29.23)	255.00 (5.77)	347.77 (31.76)	259.45 (77.05)

HA : Hafir ; ZA : Zariéffet ; AM: Ami Moussa; NE : Nesmoth ; TA: Tagdempt; MS: M'Sila; BO: Beni-Ouarssous; BI : Bissa

Tableau 9 : Distribution des valeurs moyennes du coefficient de porosité (%) et de la densité (kg/m<sup>3</sup>) par classes de qualité (Chorana et Dehane, 2019)

Qualité	HA	ZA	AM	NE	TA	MS	BO	BI
Bouchonnable	2,3-142	2,6-157	2,5-150	1,3-143	2,6-140	3,2-136	2,0-154	3,0-152
Faible	2,8-210	3,5-200	3,3-222	4,3-209	4,0-226	4,7-188	2,9-205	3,6-222
Mince	3,0-336	3,4-334	3,6-350	3,6-332	3,5-200	4,8-190	3,1-345	3,0-325
Epais					3,9-108	3,9-103		
Rebut	7,4-253	9,0-343	7,5-354	9,4-334	8,7-333	13,3-298	6,3-366	10,5-346

Legende : Bouchonnable (11-13 5<sup>a</sup>plus., 13-15 5<sup>a</sup>plus., 15-19 5<sup>a</sup>plus.) ; Faible(11-13 6<sup>a</sup>, 13-15 6<sup>a</sup>, 15-19 6<sup>a</sup>) ; Mince (11moins. 4<sup>a</sup>plus.) ; Epais (19plus. 6<sup>a</sup>plus.) ; Rebut ( toutes les classes).

L'ensemble des mesures des arbres-échantillons des trois stations ont été soumises à des tests statistiques regroupant des paramètres de position et de dispersion. Une analyse uni-

variée (Anova1) et multi-variée (Anova2) ont été utilisées pour comptabiliser l'apport de chaque descripteur par rapport à la typologie adoptée. Les calculs ont été effectués à l'aide du programme IBM SPSS Statistics 21.

Les tests de corrélation de Pearson et la matrice de corrélation de Spearman ont été utilisés aux seuils suivants :

- Si  $p > 0,05$  : la différence n'est pas significative (NS)
- Si  $p \leq 0,05$  : la différence est significative (\*)
- Si  $p < 0,01$  : la différence est très significative (\*\*)
- Si  $p < 0,001$  : la différence est hautement significative (\*\*\*)
- Si  $p < 0,0001$  : la différence es très hautement significative (\*\*\*\*)

## Chapitre IV

#### IV.1-Description forestière des stations d'étude

Les principaux descripteurs sylvicoles et d'exploitation des trois stations sont répertoriés dans le tableau 10.

Tableau10 : Caractéristiques topographiques, sylvicoles et d'exploitation des trois stations

Station Paramètres	EMB1	EMB2	EMB3
Longueur de l'itinéraire	3,37 km	3,80 km	3,08km
Pentes (%)	-11,9% et 12,7	-15,2% et 17%	-30,9% et 29,7%
Altitude (max-min)	1062.3m-992.6m	966,5m-836,9m	893,8-662,1m
Origine du peuplement	Naturelle	Naturelle	Naturelle
Nature du peuplement	Mélangé au chêne vert	Mélangé au chêne zéen	Très peu mélangé avec le pin d'Alep
Densité (pieds/ha)	150	80	20
Embroussaillage	Fort	Modéré	Faible
Type de sous bois	Dense et impénétrable	Moyen et peu pénétrable	Pénétrable
Régénération par semis	Moyenne	Faible	Très Rare
Fréquentation humaine et animale	Faible	Forte	Très forte
Concurrence	Très forte	Moyenne	Nulle
Incendies (nombre de passages)	Plus de 3 passages (2006-2009-2012)	Plus de 3 passages (2006-2009-2012)	Plus de 3 passages (2006-2009-2012)
Travaux sylvicoles	Néant		
Aménagement	Néant		
Nombre d'écorçage	3 écorçages		

Il ressort du tableau 10, que la plupart des peuplements de notre zone d'étude sont naturels. L'aspect est en général irrégulier et se présente sous une forme jardinée qui est la conséquence de l'action de l'homme et des incendies. La majorité de ces futaies sont mélangées, soit avec le chêne zéen et le chêne vert et avec un degré moins avec le pin d'Alep. La densité diffère d'un peuplement à un autre. Elle est assez forte dans la station EMB1 où elle peut atteindre 150 pieds/ha et très faible (20 pieds/ha) dans EMB3. La régénération naturelle par semis est fréquente dans EMB1 du fait de l'inaccessibilité du terrain au pâturage. Par contre dans les autres stations, la régénération est déficiente.



La fréquentation humaine est partout forte (EMB2 et EMB3), faible dans EMB1. La proximité des peuplements de chêne-liège aux agglomérations et rassemblements urbains rend vaine tout effort de protection. La présence de l'homme perpétue divers dégâts comme les coupes illicites, les émondages excessifs, le déliègeage illicite, la récolte des glands, la coupe du sous bois et le pâturage intense (Fig.28).



Figure 28 : Fréquentation humaine et animale dans la station EMB3 (Original)

Les opérations sylvicoles sont partout absentes. Cette remarque concerne surtout les endroits où la concurrence respective du chêne et du pin d'Alep et du sous-bois arrivant à expulser le chêne-liège de sa zone (Fig .29)



Figure 29 : Différentes structures rencontrées dans la forêt (a : tassement de sol et érosion, b : envahissement du chêne zéen) (Original)

La subéraie abandonnée ou embroussaillée après incendie à l’instar de Djbel Sàadia constitue naturellement des formations forestières de type « sclérophylle » c’est à dire composées d’espèces à feuilles persistantes et coriaces. Le cortège floristique complet qui accompagne le chêne liège au niveau de la station particulièrement embroussaillée est mentionné dans le tableau 11.

Tableau 11 : Liste floristique accompagnant le chêne-liège dans la forêt de Djbel Sàadia

Espèces	Nom commun	Famille
<i>Quercus rotundifolia L.</i>	Chêne vert	<i>Fagacées</i>
<i>Quercus faginea L.</i>	Chêne zéen	<i>Fagacées</i>
<i>Pinus halepensis M.</i>	Pin d'Alep	<i>Pinacées</i>
<i>Arbutus unedo L.</i>	Arbousier	<i>Ericacées</i>
<i>Erica arborea L.</i>	Bruyère arborescente	
<i>Cistus monspelliensis L.</i>	Ciste de Montpellier	<i>Cistacées</i>
<i>Halimium halimifolium L.</i>	Hélianthème	
<i>Phillyrea angustifolia L.</i>	La filaire	<i>Oléacées</i>
<i>Daphne gnidium L.</i>	Daphné garou	<i>Thyméliacées</i>
<i>Asparagus acutifolius L.</i>	Asperge	<i>Liliacées</i>
<i>Pistacia lentiscus L.</i>	Lentisque	<i>Anacardiacées</i>
<i>Lonicera implexa L.</i>	Chèvrefeuille des Baléares	<i>Caprifoliacées</i>
<i>Lavandula stoechas L.</i>	Lavande stéchade	<i>Labiées</i>
<i>Chamaerops humilis L.</i>	Doum (palmier nain)	<i>Palmacées</i>
<i>Ampelodesmos mauritanicus L.</i>	Diss	<i>Graminées</i>
<i>Hedera helix L.</i>	Lierre	<i>Araliacées</i>
<i>Cytisus triflorus D.</i>	Cytise à longues grappes	<i>Papilionacées</i>
<i>Scilla maritima L.</i>	Scille	<i>Asparagacées</i>

#### IV.2-Typologie des trois stations

Comme tous les pays du pourtour méditerranéen, le feu de forêt fait partie du paysage forestier. Il constitue une source de perturbation, et même temps une forme d'adaptation des peuplements pour revenir à l'état originel. La situation actuelle de la suberaie de « Djbel Sàadia » est illustrée dans le croquis suivant ( Fig. 30).

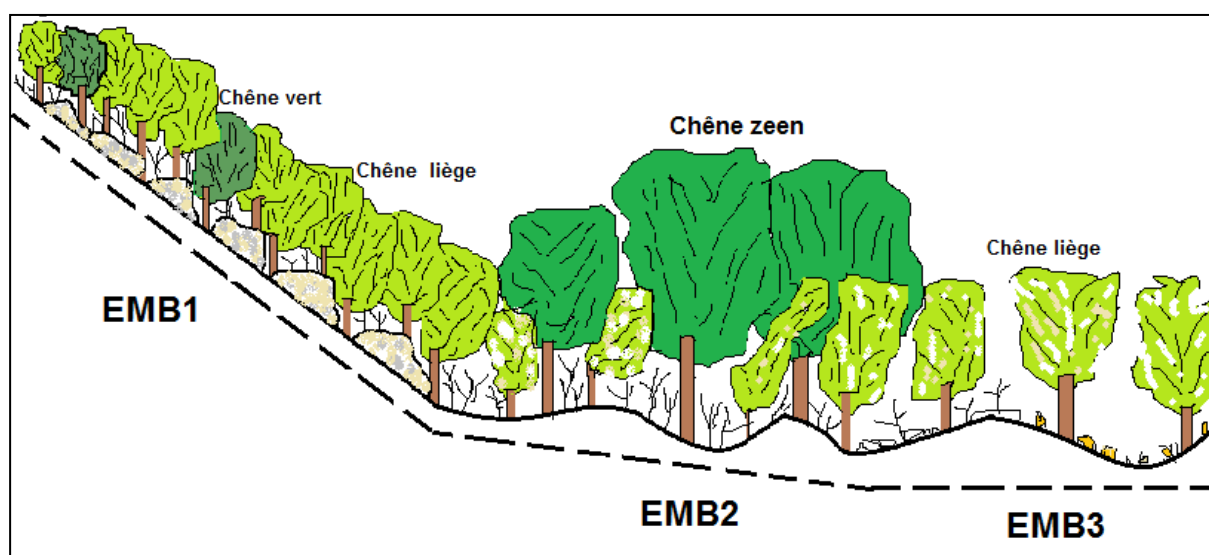


Figure 30: Situation actuelle de l'écosystème chêne liège après perturbation (incendie) (Original)

1-La station **embroussaillée à forte résilience** (EMB1) : Cette partie se localise dans les hauteurs et les crêtes de la forêt (>1000m d'altitude). Elle comporte des individus de chêne liège d'âge varié pures ou mélangée au chêne vert, serrés par endroit. La densité des arbres est de l'ordre de 150 arbres/ha (Fig. 31).



Figure 31: La station **embroussaillée à forte résilience** sur les hauteurs (Original)

Le graphe suivant mentionne la répartition spatiale des arbres échantillons par rapport à l'itinéraire 1 ( Fig. 32).

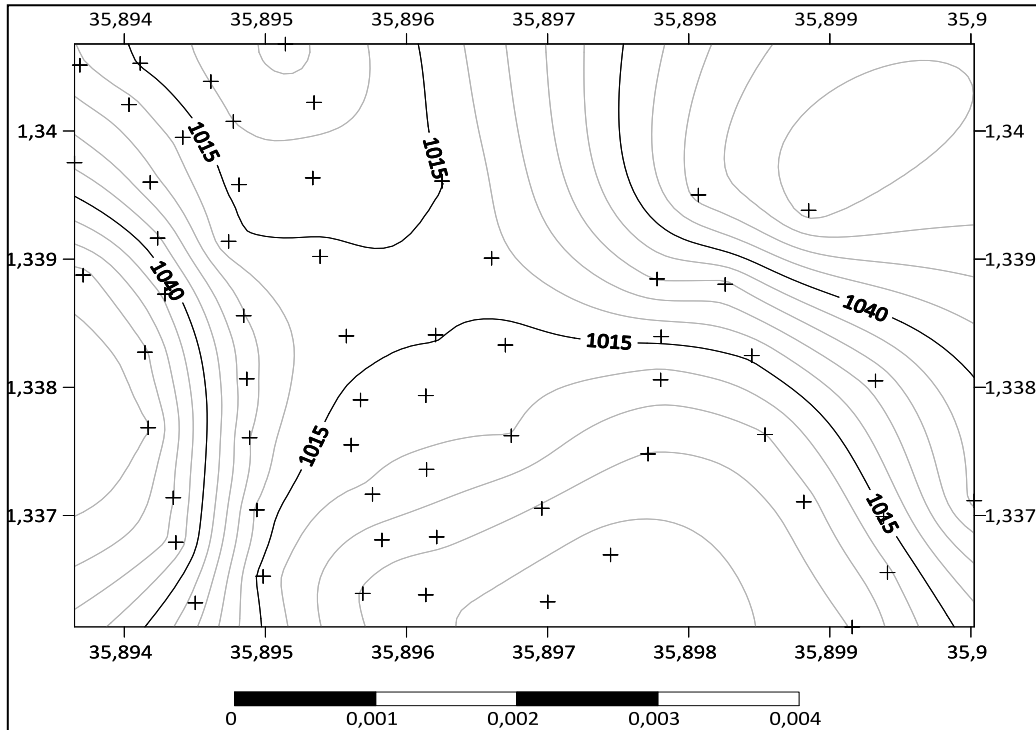


Figure 32 : La répartition des arbres échantillons sur le plan topographique (station embroussaillée à forte résilience) (+ : arbre-échantillon)

Dans cette partie de la forêt, les traces d'incendies sont peu visibles et le sous bois est composé essentiellement de bruyère arborescente, de filaire et de lentisque dépassant les 4m de hauteur. Des affleurements rocheux à base de Grés consolident la strate arborée et arbustive, en créant un milieu favorable pour la rétention hydrique sur ces hauteur (>1000m). La topographie abrupte rend l'accès très difficile et le pâturage est inexistant. Le chêne liège est circonscris entre un maximum altitudinal observé à 1062,3m et un minimum à 992,6m. Le gain et la perte en élévation varient de 218m à -213m, équivalents respectivement à 12,7% et -11,9% de pente (Fig. 33).

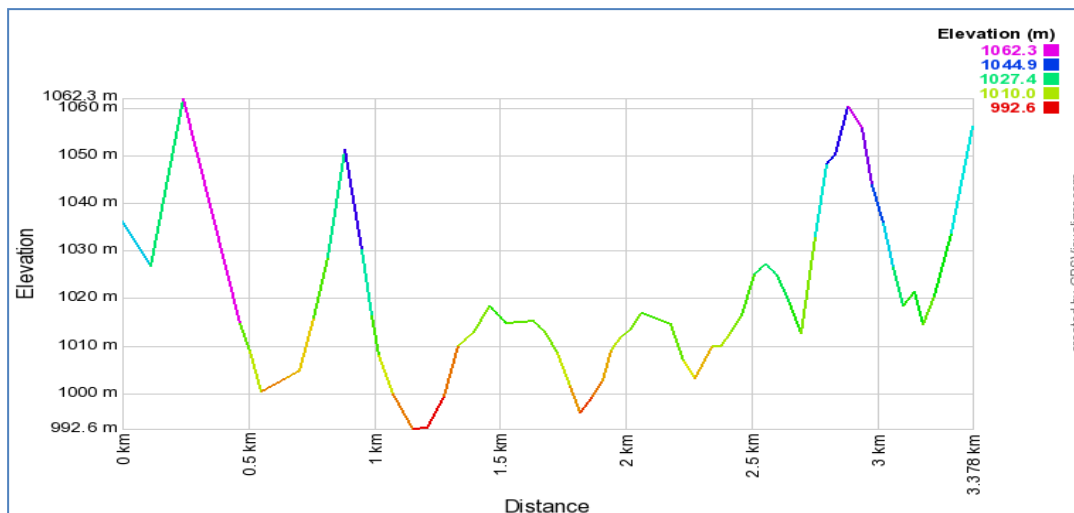


Figure 33 : Profil physique de l'itinéraire 1 de la station EMB1

2- La station **embroussaillée à faible résilience (EMB2)** : Cette entité est sous jacente à la première (entre 850 et 950m d'altitude). Le sous bois n'est pas dominant et la pénétrabilité entre les arbres est possible. Une des spécificités rencontrées dans cette station est la forte présence du chêne zéen. Ce chêne caducifoliée semble bien adapté et arrive à supplanter le chêne liège dans cette partie de la suberaie. Cette espèce est très connue par sa forte résilience après incendie. La densité du chêne liège dans cette station est faible, de l'ordre de 80 arbres/ha.

Le passage récurrent des incendies a ouvert des voies libres à une forte anthropisation. Le sous bois est un maquis bas (<3m) composé de pistachier, des cistes, de lavande et de bruyères, poussant su un sol sableux argileux profond ( Fig.34).



Figure 34: La station **embroussaillée à faible résilience** et dominée par le chêne zéen (EMB2)(Original)

La figure suivante donne une idée sur la topographie du terrain et de la répartition spatiale des arbres échantillons par rapport à l'itinéraire 2 ( Fig. 35).

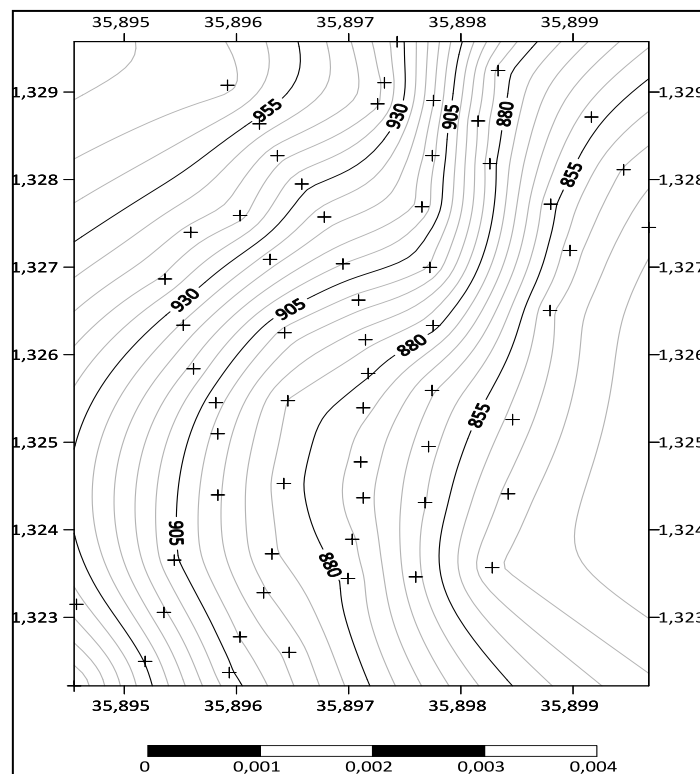


Figure 35 : La répartition des arbres échantillons sur le plan topographique (station **embroussaillée à faible résilience**) (+ : arbre échantillon)

Les amplitudes altitudinales semblent plus rapprochées, avec un maximum d'arbre observé à mi-altitude, dans la tranche 901,8-934,2 m. La dénivelé moyenne de l'itinéraire était de l'ordre de 129,7m. Le gain et la perte en élévation varient de 370m à -273m, équivalents respectivement à 17,7% et -15,2% de pente (Fig. 36).

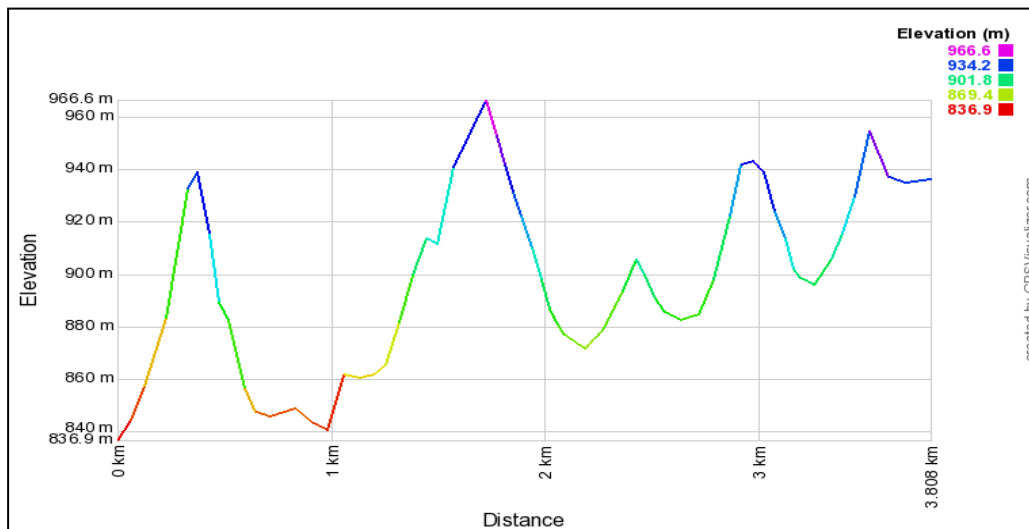


Figure 36 : Profil physique de l'itinéraire 2 de la station EMB2

3-La station **non embroussaillée à faible résilience** (EMB3): Cette zone est située dans la partie basse de la forêt. La densité du chêne liège est trop faible (<20 arbre/ha) sur un sol caillouteux, parsemé de vides et sujet à un fort ensoleillement (Fig. 37).





Figure 37 : La station non-embroussaillée à faible résilience (EMB2)(Original)

La figure 38 donne une idée sur la topographie du terrain et de la répartition spatiale des arbres échantillons par rapport à l'itinéraire 3 (Fig. 38).

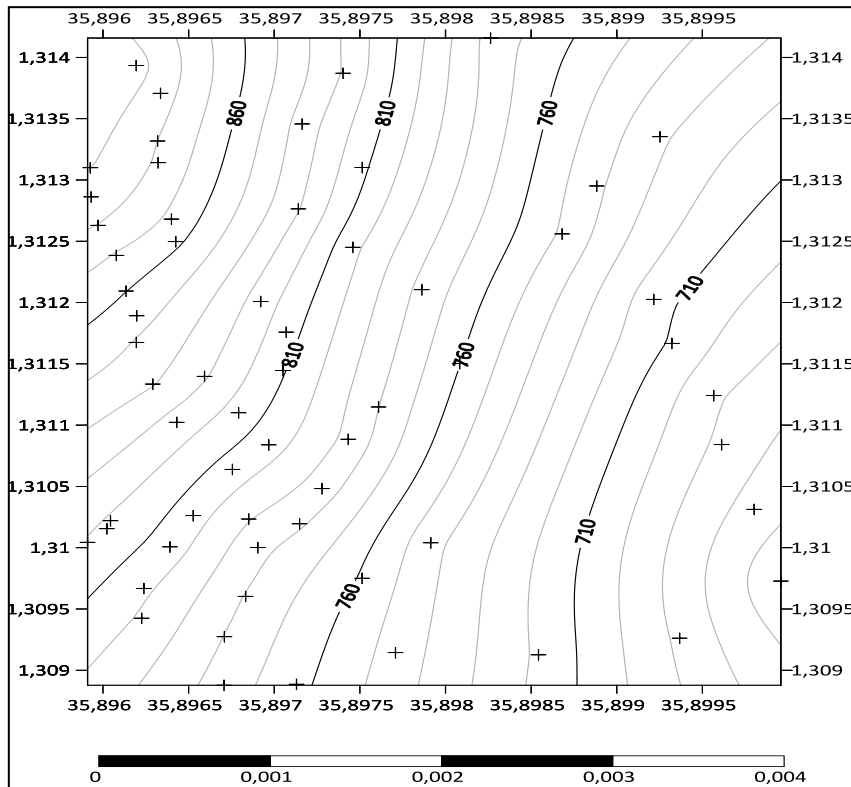


Figure 38 : La répartition des arbres échantillons sur le plan topographique (station débroussaillée et très pâturée) (+ : arbre échantillon)

La fréquentation humaine et animale est très marquée. La strate herbacée est absente, ces sols trop secs accueillent une végétation xérique post-incendie à base de diss et de genet. Le déplacement à l'intérieur de la station s'opère entre un gain et une perte en élévation variant entre 534m et -492m, équivalents respectivement à 29,7% et -30,9% de pente. Le maximum altitudinal est de 893,2 m et le minimum de 662,1m (Fig. 39).

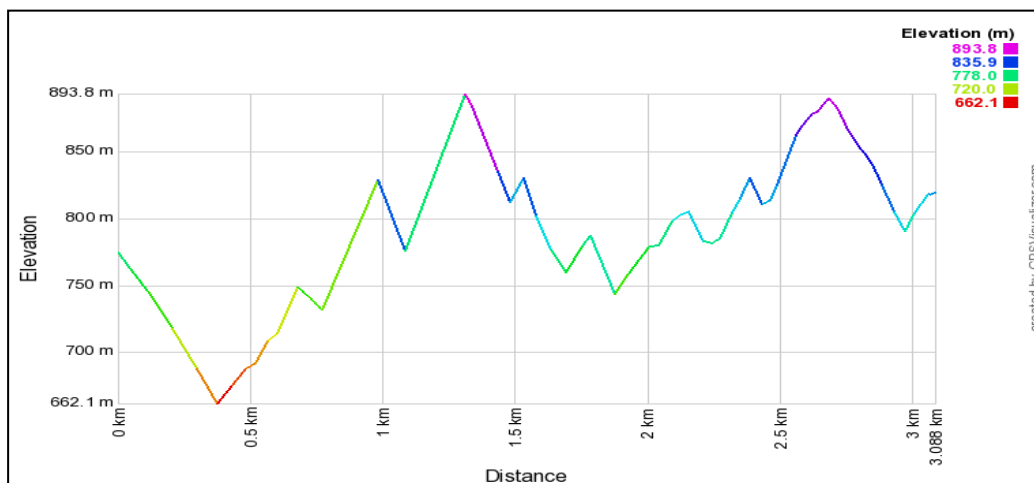


Figure 39: Profil physique de l'itinéraire 3 de la station EMB3

### IV.3-Caractérisation globales des arbres-échantillons

Les résultats des principales mesures effectuées sur les 180 arbres échantillons sont illustrés sur le tableau 12.

Tableau 12 : Synthèse des résultats de l'analyse descriptive des variables continues

Variable Statistique	Calibre (mm)	Circonférence (cm)	Hauteur(m)	Hauteur d'écorçage (m)
Moyenne	24,35	111,65	10,01	1,55
Médiane	23,00	108,00	11,00	1,50
Variance	12,90	1350,70	4,24	0,15
Ecart-type	3,59	33,99	2,06	0,38
Minimum	16,00	66,00	5,00	0,60
Maximum	34,00	220,00	13,00	2,50
Intervalle	18,00	154,00	8,00	1,90
Coefficient de variation	14,74	31,22	24,55	20,58
Asymétrie	0,40	0,90	-0,68	0,34
Aplatissement	-0,55	-0,22	-0,35	-0,36

On se référant au tableau 12, nous distinguons une variabilité marquée intra-arbres, soit des coefficients de variation allant de 14,74% pour le calibre à 20,58% pour la hauteur d'écorçage. Le calibre moyen est de l'ordre de 24,35mm, témoignant de la faible activité subéreuse dans cette forêt. Il s'agit globalement d'arbres adultes en pleine production d'une circonférence moyenne sur liège de l'ordre de 111,65cm. La hauteur moyenne est aux alentours de 10 m avec un maximum de 13 m et un minimum de 5 m. La hauteur d'écorçage n'est pas assez respectée, elle oscille entre 0,60m et 2,50m.

La distribution des variables selon leurs fréquences suit une distribution gaussienne, cela signifie les arbres échantillons n'appartiennent pas à une seule station ( Fig. 40)

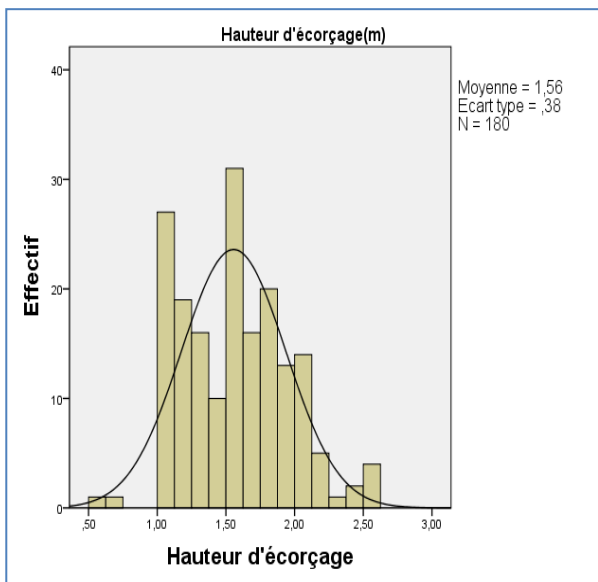
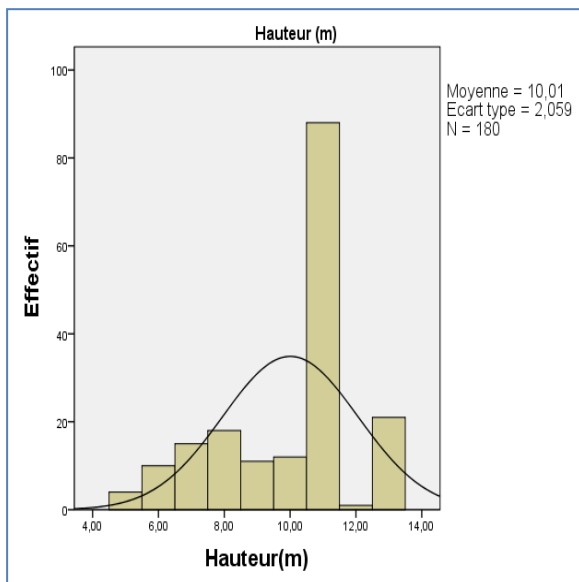
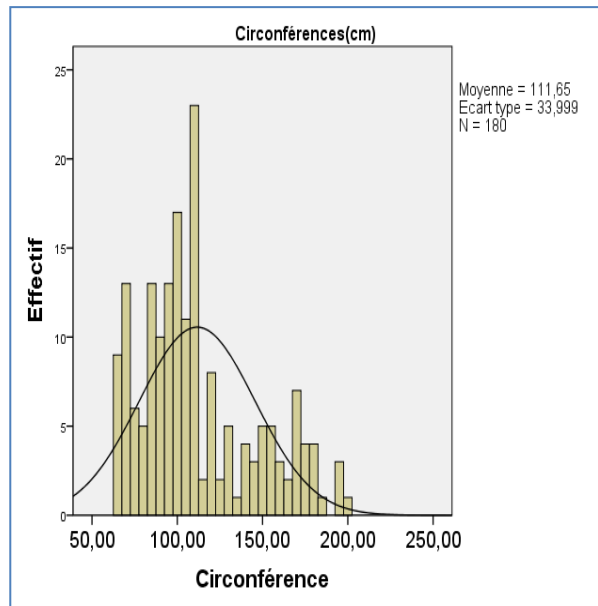
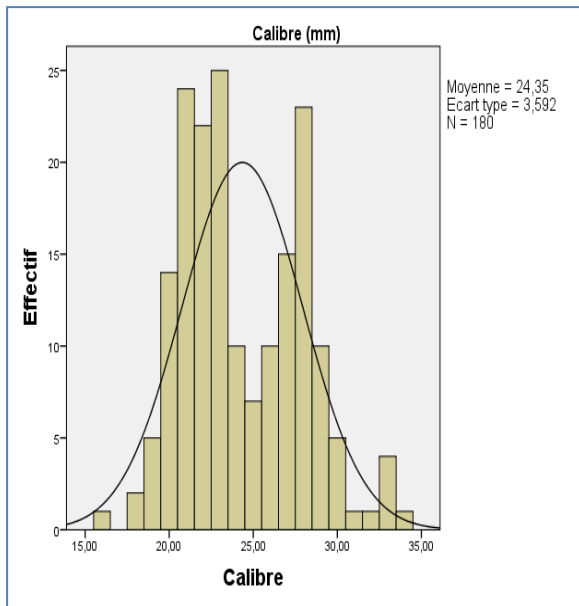


Figure 40 : Distribution des fréquences pour les variables calibre, circonférence, hauteur totale et hauteur d'écorçage.



Figure 41 : Variation des épaisseurs de liège produites dans la forêt (Original)

#### **IV.4-Etude des paramètres réglant la croissance et la qualité du liège à Djbel Sàadia**

##### **IV.4.1-Les paramètres de croissance du liège**

La rentabilité du chêne liège est basée sur l'exploitation périodique du liège à des fins économiques et industrielles. La croissance du liège sur pied se définit comme l'aptitude d'un chêne liège à fournir annuellement une activité subéreuse stable afin d'acquérir une épaisseur commerciale ( $\geq 27\text{mm}$ ) permettant un tonnage (kg, quintal ou tonne) maximal durant un cycle périodique de production. Cette condition est tributaire des paramètres d'exploitation appliqués aux arbres productifs (diamètre du tronc, hauteur et surface déliégée) et où s'interfèrent d'autres facteurs adverses de l'environnement comme la vigueur des arbres et aussi certaines formes de gestion sylvicole et d'aménagement.

Les résultats des calculs des paramètres réglant la croissance selon la typologie prise en considération, sont synthétisés dans le tableau 13 .

Tableau 13 : Valeurs moyennes des paramètres de croissance en fonction de la typologie de résilience

<b>Statistiques descriptives</b>				
EMB		Moyenne	Ecart-type	N
<b>Calibre (mm)</b>	EMB1	28,35	2,06	60
	EMB2	21,35	2,06	60
	EMB3	23,33	2,06	60
	Total	24,35	3,59	180
<b>Circonférence (cm)</b>	EMB1	104,08	36,10	60
	EMB2	91,55	23,43	60
	EMB3	138,76	16,68	60
	Total	111,65	28,39	180
<b>Hauteur(m)</b>	EMB1	11,70	0,96	60
	EMB2	7,60	1,50	60
	EMB3	10,72	0,61	60
	Total	10,01	2,06	180
<b>Surface déliégée (m<sup>2</sup>)</b>	EMB1	1,82	0,66	60
	EMB2	1,25	0,55	60
	EMB3	1,96	0,61	60
	Total	1,68	0,68	180
<b>Productivité (kg)</b>	EMB1	16,03	6,23	60
	EMB2	8,25	3,91	60
	EMB3	14,28	4,74	60
	Total	12,86	6,03	180
<b>Etat de santé</b>	EMB1	1,25	0,54	60
	EMB2	2,17	0,85	60
	EMB3	1,67	0,57	60
	Total	1,69	0,76	180

Les moyennes totales de mesure des calibres et du calcul de la productivité du liège (des 180 arbres- échantillons) font respectivement état d'une épaisseur moyenne globale de 24,35mm et d'un poids moyen total de l'ordre de 12,86 kg, pour une rotation de 12 ans (Tab.13).

Les valeurs enregistrés sont faibles par rapport à la moyenne de production admises pour les suberaies Algériennes notamment de l'Ouest « 16,5kg/arbre » (Dehane, 2012 ; Dehane et Gheffar, 2017). Seulement, 33,33% des arbres-échantillons produisent un calibre commerciale  $\geq$  à 27 mm tandis que uniquement 31,11% des sujets s'alignent dans la limite de référence de 16,5kg/arbre (pour une suberaie de montagne) (Fig. 42 et 43).

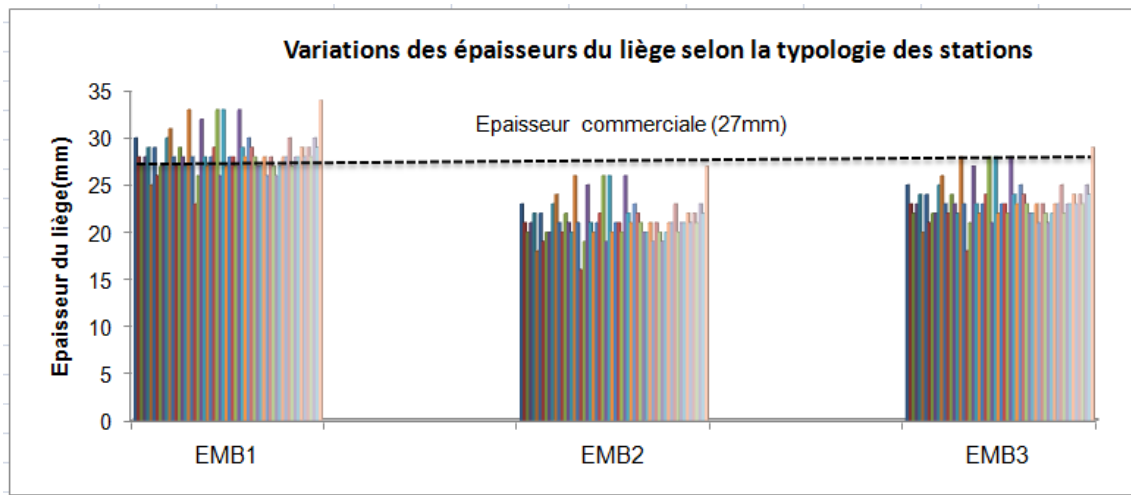


Figure 42: Calibres de liège produits par les arbres-échantillons par rapport à la limite de référence (N=180)

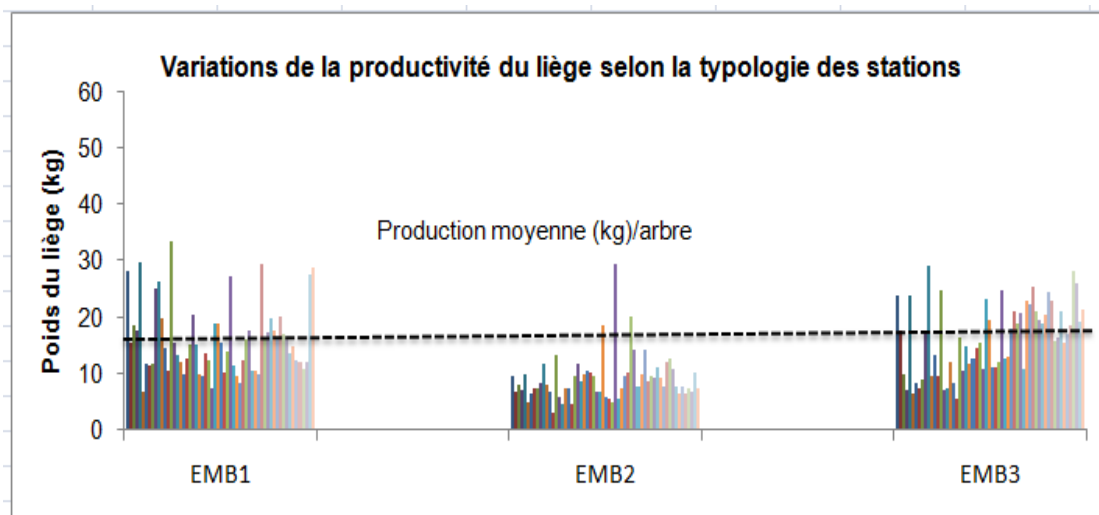


Figure 43 : Poids du liège produits par les arbres-échantillons par rapport à la limite de référence (N=180)

Ce faible état de croissance subéreuse nous pousse à s'interroger sur les facteurs responsables de ce déclin de production dans la suberaie de Djbel Sàadia, particulièrement dans les stations EMB2 et EMB3. D'après nos constatations personnelles faites sur le terrain, deux configurations de végétation s'interposent :

#### IV.4.1.1-Dans la situation normale de végétation post-incendie du chêne liège :

Dans notre cas, ce sont les sujets de la station EMB1 (embroussaillée et à **forte résilience**). Ces derniers semblent bien bénéficier des conditions adéquates de croissance (in situ), à savoir le microclimat instauré par la succession des affleurements rocheux qui empêchent le charriage de la matière organique et la diminution de la rétention hydrique. A cet équilibre écologique particulier, se sont bien adaptés aussi bien les arbres en production que ceux non mis en valeurs (liège mâle), que les sujets de chêne vert et le maquis haut accompagnant le chêne liège. Ces sujets sont bien portants et de bonne vigueur, la concurrence entre ces strates se focalise principalement vers la recherche de la lumière et de la photosynthèse ( hauteur moyenne des arbres >11m) (Fig.44).

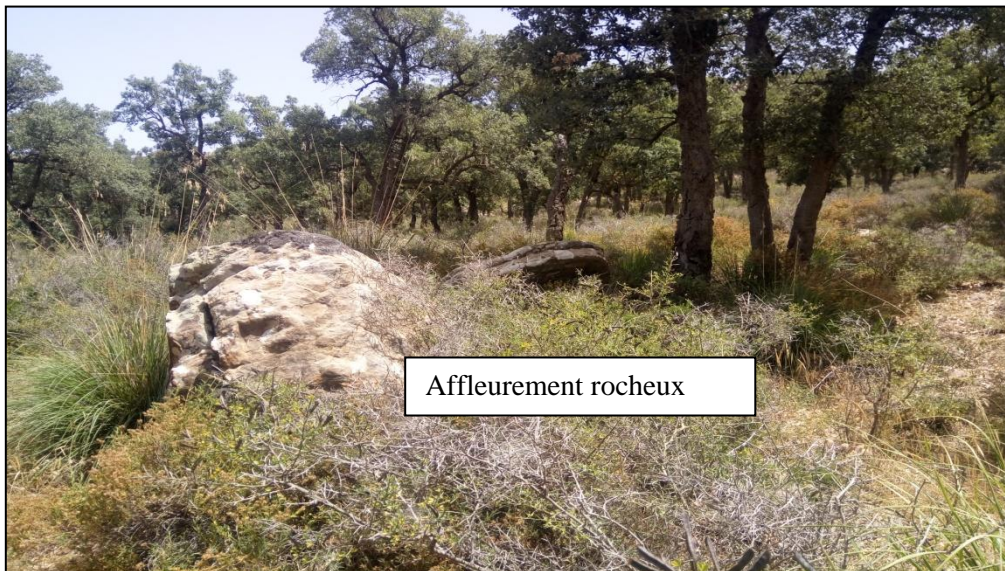






Figure 44 : Arbres –échantillons de la station embroussaillée à forte résilience (EMB1)

Du tableau 13, nous enregistrons une épaisseur moyenne de liège de l'ordre de 28,35mm pour un poids moyen de 16,03 kg/arbre et un indice de dépérissement faible (1,25). Ces valeurs se corrèlent aussi bien aux circonférences (104,08cm) et par conséquent à la surface déliégée (1,82m<sup>2</sup>/arbre). En dehors des facteurs de stress, ces valeurs constituent les moyennes idéales pour une suberaie de montagne, à croissance subéreuse et radiale lentes (Dehane,2012). D'ailleurs, Natividade (1956) signale que le tempérament xérophyte du chêne liège fait qu'un minimum de conditions lui est nécessaire pour vivre, en dehors desquelles les arbres entrent en régression (Fig. 45).

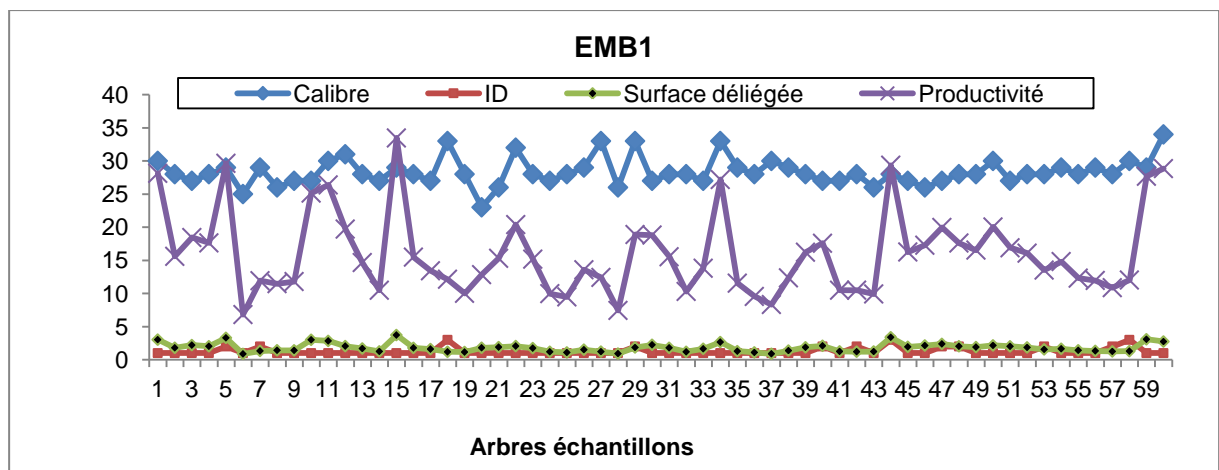


Figure 45 : Répartition du calibre et de la productivité du liège des arbres échantillons selon l'indice de dépérissement (ID) et la surface déliégée (EMB1)

D'après la figure 45, nous constatons une certaine harmonie entre les paramètres de croissance du liège et l'état de santé des arbres. Ce dernier n'est que la résultante d'une bonne adaptation des arbres aux conditions du milieu et aux paramètres d'exploitation notamment la surface déliégée.

#### **IV.4.1.2-Dans la situation anormale de végétation du chêne liège ( EMB2 et EMB3)**

Nous évoquons par une situation anormale de végétation du chêne liège, « les conditions environnementales de régression » c'est à dire la vulnérabilité des arbres à résister au stress abiotique et biotique. C'est un ensemble complexe de facteurs qui s'inte-ragissent et qui se succèdent de façon particulière, et qui entraînent une détérioration générale (portant notamment sur l'aspect et la croissance) et graduelle, se terminant par la mort de l'arbre selon trois échelons successifs : les facteurs prédisposants, les facteurs déclenchants et les facteurs aggravants (Sinclair, 1967 ; Houston, 1967 ; Manion, 1981 ; Sousa et Atay kadiri, 2005).

Dans la suberaie de Djbel Sàadia, le seul facteur prédisposant visible et responsable du déclin de la forêt est imputé aux incendies. Ce phénomène a généré deux formes de structures de végétation :

- **Dans la station EMB2** : La mauvaise résilience post-incendie du chêne liège a laissé place à la dominance du chêne zéen. Ce dernier est très réputé par sa forte résistance au feu de forêt. Les peuplements de chêne zeen retournent beaucoup plus rapidement que les subéraies à un état proche de l'état initial (Prodon et al., 1984 ; Trabaud, 1989). D'ailleurs, selon les constatations faites dans cette station, Il est fort probable que la dynamique forestière actuelle dans la zone considérée est plutôt favorable au chêne zéen (hauteur>14m) ainsi qu'un maquis bas sous jacent ( Fig. 46).

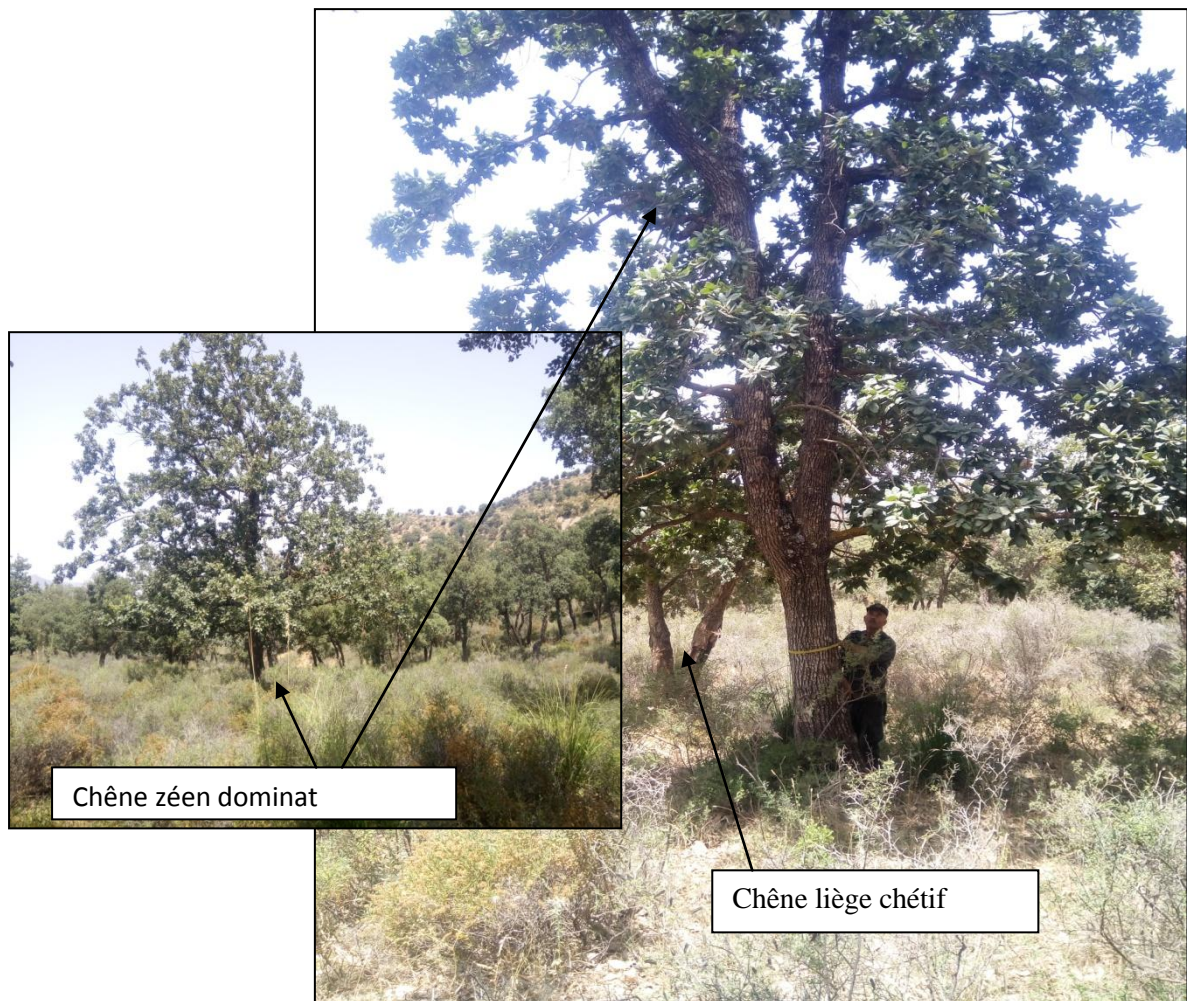


Figure 46: Station à dominance de chêne zéen (EMB2) (Original)

Selon le tableau 13, nous constatons une fébrilité accrue du chêne liège à la présence du chêne zéen (que par rapport au chêne vert dans la station EMB1). En effet, nous enregistrons les moyennes les plus basses, affectant aussi bien les épaisseurs du liège (21,35mm), la productivité (8,25kg), les circonférences (91,55cm) et les hauteurs (7,60m) des arbres-échantillons. Il s'agit entre autre d'un état de santé très critique du chêne liège, soit un indice de dépérissement assez grave de 2,17 (Fig.47).

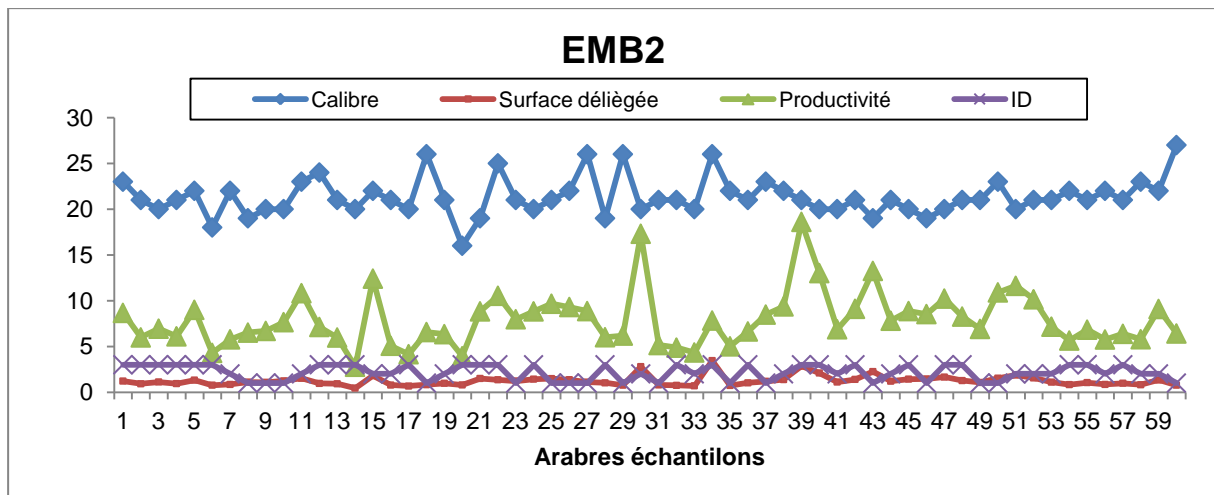


Figure 47 : Répartition du calibre et de la productivité du liège des arbres échantillons selon l'indice de dépérissement (ID) et la surface déliégée (EMB2)

En effet, les arbres échantillons végétant sous la dominance du chêne zéen apparaissent rabougris, chétifs avec une cime tordue à la recherche de la lumière (Fig.46).

**Dans la station EMB3** : la présence du chêne zéen est faible. Le taux important de mortalité des arbres en production et la disparition du cortège floristique habituel du chêne liège suite aux incendies répétés ont induit beaucoup de vides dans cette station, qui sont devenus des terrains de parcours trop tassés. Cette situation a créé une atmosphère sèche due à l'augmentation de l'ensoleillement au niveau du sol et a conduit à leur dégradation ; ce qui a accéléré l'érosion hydrique et par conséquent la disparition de la fertilité du sol qui est liée essentiellement à la matière organique et à l'activité biologique du sol (Fig.48).

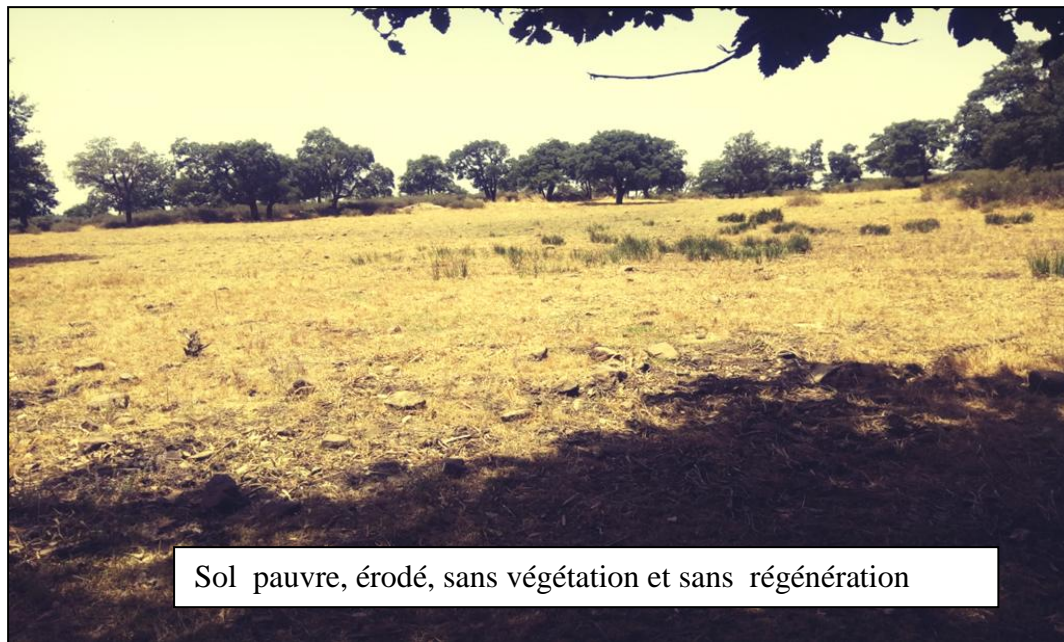


Figure 48 : Arbres-échantillons de la station EMB3 ( Original)

Ce schéma constitue une contrainte au retour à la dynamique de végétation originelle du chêne liège. Les arbres adultes rescapés peinent à régénérer leurs cimes initiales suite aux blessures qui ont affecté leurs assises génératrices ( Fig.49).

Les valeurs du tableau 13 pour la station débroussaillée à faible résilience et pâturée font état d'une épaisseur moyenne de 23,33mm et d'une productivité moyenne de l'ordre de 14,28 kg/arbre virant vers un début de dépérissement (ID=1,67). Les arbres-échantillons apparaissent très sensibles aux surfaces de déliègeage pratiquées (1,96m<sup>2</sup>/arbre) (Fig. 49).

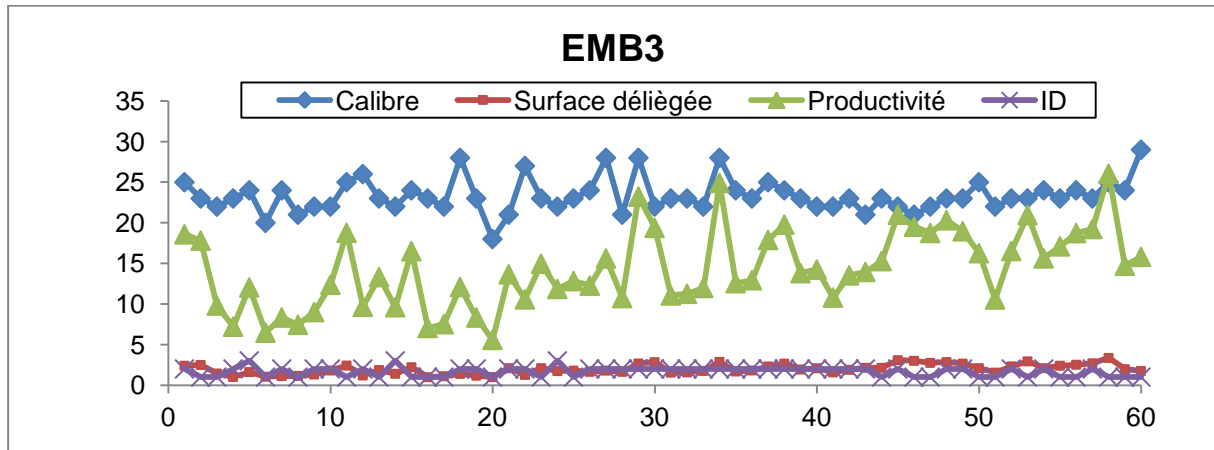


Figure 49 : Répartition du calibre et de la productivité du liège des arbres échantillons selon l'indice de dépérissement (ID) et la surface déliégée (EMB3)

#### IV.4.1.3-Explication de la problématique de la réduction de la croissance du liège

D'après notre modeste opinion, dans la suberaie de Djbel Sàadia, le déclin de l'activité subéreuse est un problème de perte de vigueur des arbres productifs (Post-incendie). Dans cette forêt, les peuplements de chêne liège sont sujets à des agressions diverses étroitement liées aux activités humaines et aux caractéristiques du milieu. Nous avons constaté que dans les altitudes, les stations embroussaillées et non perturbées sont plus denses que dans celles des basses altitudes soumises aux perturbations de l'homme et du bétail.

Les modifications climatiques (stress hydrique intense), qui se sont manifestées au cours de ces dernières années dans le nord Algérien ont contribué sans doute à l'apparition et à l'extension des incendies. La zone d'étude n'a pas échappé à ce phénomène destructeur, rien qu'entre 2005 et 2012, cette forêt comptabilise 6 incendies ( C.F.W.R., 2018).

Selon Montero et Grau (1986), le passage successif de 3 incendies altère l'activité végétative et subéreuse des arbres déficients. Les arbres touchés directement par le feu perdent irréversiblement leur feuillage, les rescapés le régènèrent avec des symptômes d'altération des rameaux et une architecture modifiée du houppier, puis par la chute de la masse foliaire (Nageleisen, 1994). A Djbel Sàadia, cet état est aggravé par l'abandon et

l'absence d'une gestion adéquate pour la sauvegarde de la suberaie ( EMB2 et EMB 3). Les modèles de gestion qui préfèrent une essence (chêne zéen) sur une autre (chêne liège) et qui associent le pâturage intense au non suivi des arbres rescapés post-incendie contribuent, de façon significative, à aggraver l'incidence du dépérissement. Selon Ruiu et al. (2005), les pires conditions phytosanitaires se rencontrent dans les subéraies où la gestion forestière s'éloigne souvent de façon sensible, des conditions correctes d'application des méthodes sylviculturales (mauvais recepage des troncs rescapés et exploitation hâtive du liège juste après incendie). Selon Abric (1974), la forêt incendiée ne donnera pas de liège « bouchonnable » durant toute une révolution, soit dans notre cas un cycle de 12 ans ( Fig.50)



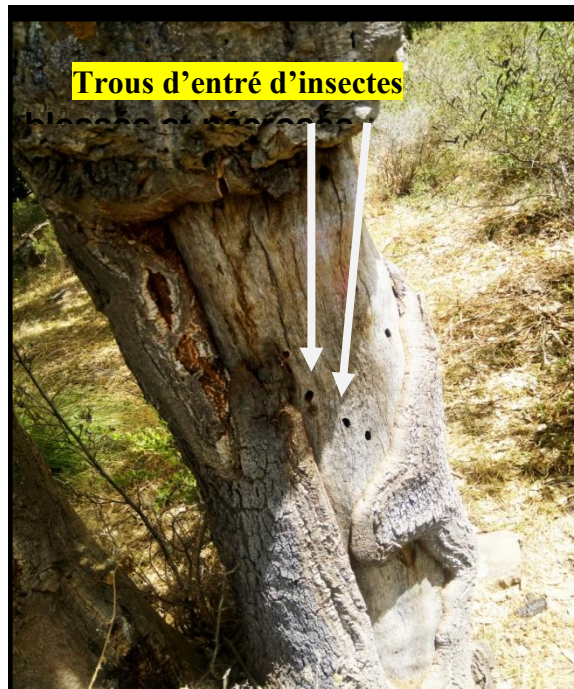
Figure 50 : Un poids important de liège flambé récolté durant la campagne 2018 ( Original)

D'ailleurs dans les stations où les incendies sont récurrents, l'indice de dépérissement est généralement fort (Hemissi, 2013), ce qui confirme la nécessité accrue dans ce contexte, d'une mise en défends stricte à long terme dans cette suberaie. Dans notre zone d'étude, les indices de dépérissement 2,25 (EMB2) et 1,66 (EMB3) se corrént à la régression du sous-bois, à la forte présence du chêne zéen et au surpâturage. La présence du bétail entraîne une diminution de la régénération naturelle, un compactage du terrain et une réduction de sa perméabilité.

Un autre facteur déclenchant de stress chez le chêne liège et celui provoqué par le déliégage, opération qui entraîne la déshydratation d'une grande surface du tronc et prédispose l'arbre aux infections de dangereux insectes et de champignons de faiblesse (les facteurs aggravants) et par conséquent au dépérissement. Cet impact est particulièrement visible lorsque l'écorçage est exécuté maladroitement, avec des blessures qui favorisent le développement des chancre, le dessèchement de la mère du liège, des cavités et des trous d'entrée des insectes xylophages ( Fig. 51).



Le charbon de la « mère ».  
« *Hypoxylon méditerranéum* »



Attaque d'insectes xylophages sur un arbre

Figure 51 : Incidences des facteurs aggravants sur les arbres-échantillons (Original)

Les données reportées dans la matrice de corrélation du tableau 14, montrent que les variables de croissance (calibre et productivité) du liège se corrélaient positivement aux paramètres d'exploitation (circonférence, hauteur et surface déliégée) mais elles régressent de façon significativement négative quand le dépérissement prend le dessus sur les arbres-échantillons productifs. A titre d'indication, dans les stations à faible résilience, les arbres rescapés, soumis à une concurrence accrue, trouvent des difficultés à réaliser leur activité physiologique dans le cas des méristèmes primaires (croissance en hauteur) et secondaires (croissance en largeur). Le dépérissement post-incendie (ID) affecte directement la croissance



annuelle du liège et par conséquent le calibre (  $r = -0,410$ ,  $p = 0,000$ ). D'ailleurs dans les peuplements soumis un à ombrage imposé par le chêne zéen (manque d'activité photosynthétique), le chêne liège s'investi plus dans la croissance radiale en hauteur que plutôt en diamètre (  $r = -0,168$  ;  $p = 0,024$  ), en réduisant la production subéreuse (  $r = -0,261$  ;  $p = 0,000$ ). Selon Zéraia (1981) et Orgeas (1996), dans les subéraies à forte concurrence, la production en liège est inférieure à celle du bois de 18,5 %.

Tableau 14 : Matrice de corrélation entre les paramètres de croissance

		Corrélations						
		A	B	C	D	E	F	
Rho de Spearman	A	Coefficient de corrélation	1,000	0,249**	0,700**	0,314**	0,563**	-0,410**
		Sig. (bilatérale)		0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
	B	Coefficient de corrélation		1,000	0,322**	0,798**	0,755**	-0,261**
		Sig. (bilatérale)			0,000	0,000	0,000	0,000
	C	Coefficient de corrélation			1,000	0,425**	0,573**	-0,363**
		Sig. (bilatérale)				0,000	0,000	0,000
	D	Coefficient de corrélation				1,000	0,954**	-0,168*
		Sig. (bilatérale)					0,000	0,024
	E	Coefficient de corrélation					1,000	-0,132
		Sig. (bilatérale)						0,077
	F	Coefficient de corrélation						1,000
		Sig. (bilatérale)						
	** . La corrélation est significative au niveau 0,01 (bilatéral).							
	* . La corrélation est significative au niveau 0,05 (bilatéral).							

A: Epaisseur, B: Productivité, C: Surface déliégée, D: Hauteur des arbres, E: Circonférence, F: Indice de dépérissement

## IV.5-Les paramètres de qualité du liège

### IV.5.1-Classes de qualité élargie et résumée

Les résultats de mesures de la classification élargie et résumée de la qualité, réalisés par le coveless sont mentionnés dans la figure 52.

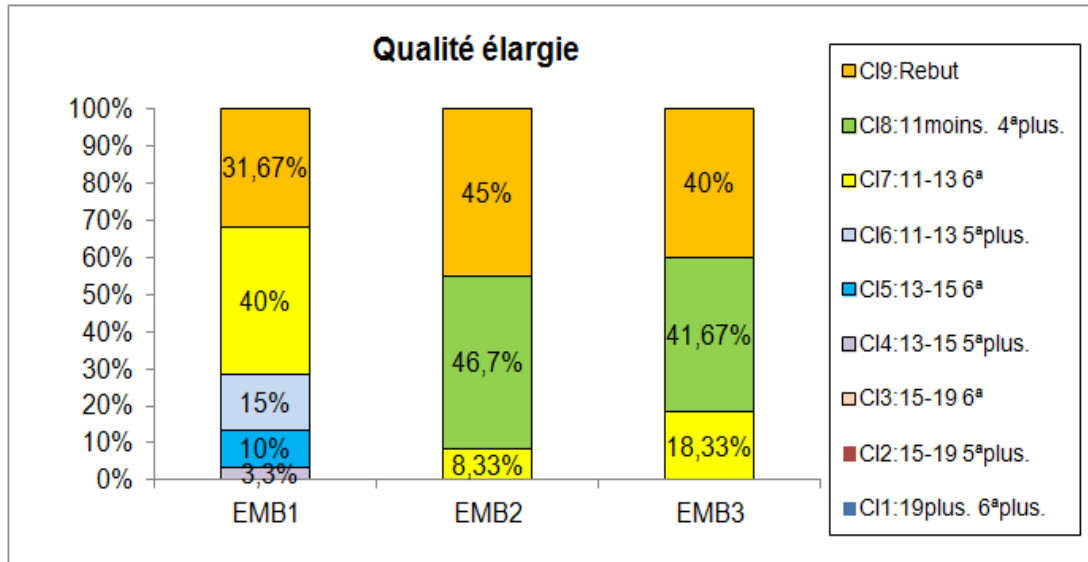


Figure 52: Répartition des classes de qualité élargie dans les trois stations

Il ressort de la classification élargie que les arbres-échantillons des trois stations produisent une quantité importante presque égale du liège de rebut destiné à la trituration et à l'industrie de l'aggloméré, soit un taux moyen de 38,88% (31,67%(EMB1) ; 45%(EMB2) ; 40%(EMB3)). Le liège de qualité 11 moins.4<sup>a</sup> plus affecté à la fabrication du papier et des semelles orthopédiques est absent dans la station EMB1, mais plus fréquent dans EMB2(46,7%) et EMB3(41,67%). Le liège bouchonnable, le plus valorisé, de la classe de qualité 4(13-15 5<sup>a</sup> plus.) est très minime, uniquement dans la station EMB1(3,3%) (Fig. 53) .

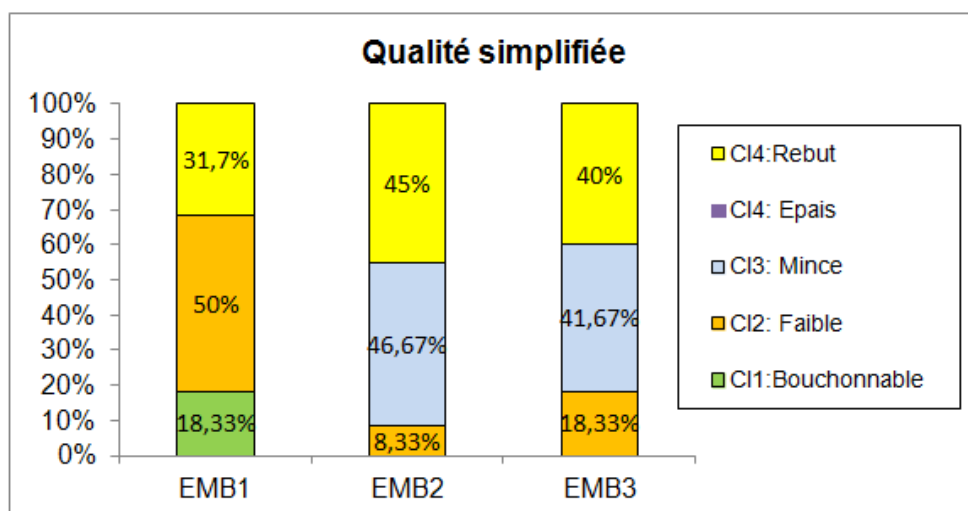


Figure 53 : Distribution des classes de qualité résumée dans les trois stations

De la figure 53 nous apercevons l'absence totale du liège épais (C4), ceci est en accord avec les potentialités productives d'une suberaie de montagne à l'égard de la forêt de Djbel Sàadia. Dans la station EMB1, 50% des arbres-échantillons produisent le liège bouchonnable de qualité faible, c'est-à-dire nécessitant des travaux supplémentaires de colmatage. Ce type de liège est moins présent dans EMB2 (8,33%) et EMB3 (18,33%). Seules, les sujets de la station EMB1 fournissent une quantité appréciée du liège bouchonnable naturel ou race (de qualité supérieure) de l'ordre de 18,33%.

#### IV.5.2-Classes des indices de qualité

La distribution des indices de qualité est illustrée dans la figure 54.

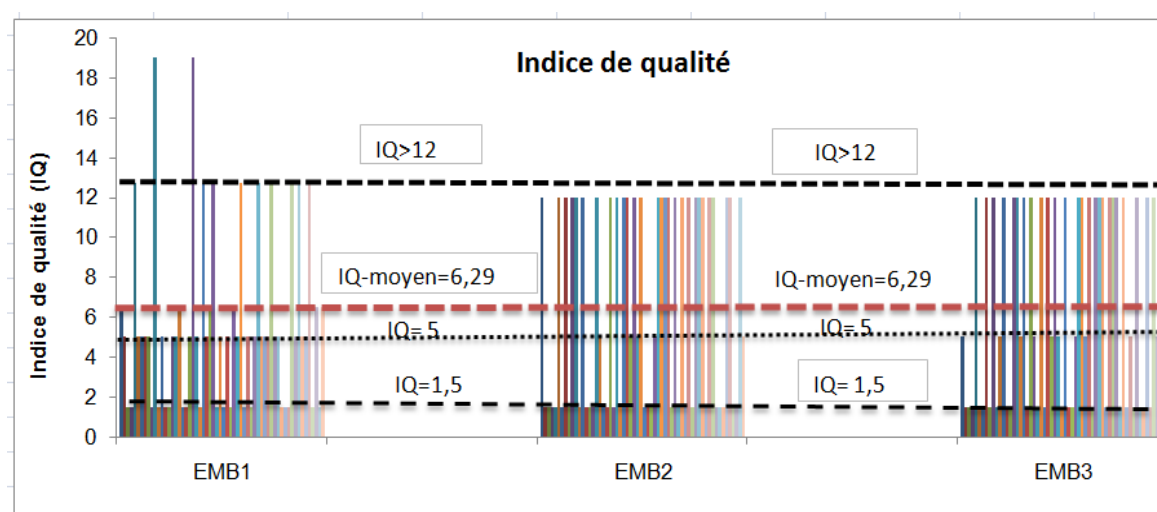


Figure 54 : Indices de qualité calculés dans les trois stations

Selon la figure 54, les indices de qualité enregistrés sur les arbres-échantillons sont faibles et s'avèrent non statistiquement différents ( $p > 0,05$ ), soit un IQ moyen de l'ordre de 6,29. Cette proportion de qualité réduite s'organise comme suit ( Tab.15).

		EMB1	EMB2	EMB3
C19 (IQ=1,5); C17(IQ=5); C15(IQ=6,5)	IQ faible = 5	81,67%	53,33%	58,33%
C18 ( IQ=12,75) ; C11(IQ=19)	IQ meilleur>12	18,33%	0%	0%

Tableau 15 : Fréquences des indices de qualité dans les trois stations

Selon le tableau 15, nous constatons une dominance du liège aux indices de qualité faible ( IQ faible=5). Nous enregistrons respectivement 81,67% (EMB1); 53,33% (EMB2) et 58,33% (EMB3). Par contre, la proportion des indice de qualité meilleur (IQ meilleur>12) des classes C18=12,75 et C19=19, ne représente que 18,33%(EMB1), (0%) (EMB2) et 0% (EMB3).

Dans les deux cas de figures (classes de qualité élargie et résumée, et classes des indices de qualité), la présence marquée du liège de rebut de très mauvaise qualité (38,9%) au dessus des normes internationales (25%) (Pereira, 2007), est une indication supplémentaire de la chute de la qualité produite par le chêne liège dans la suberaie de Djbel Sàadia(Fig. 55).

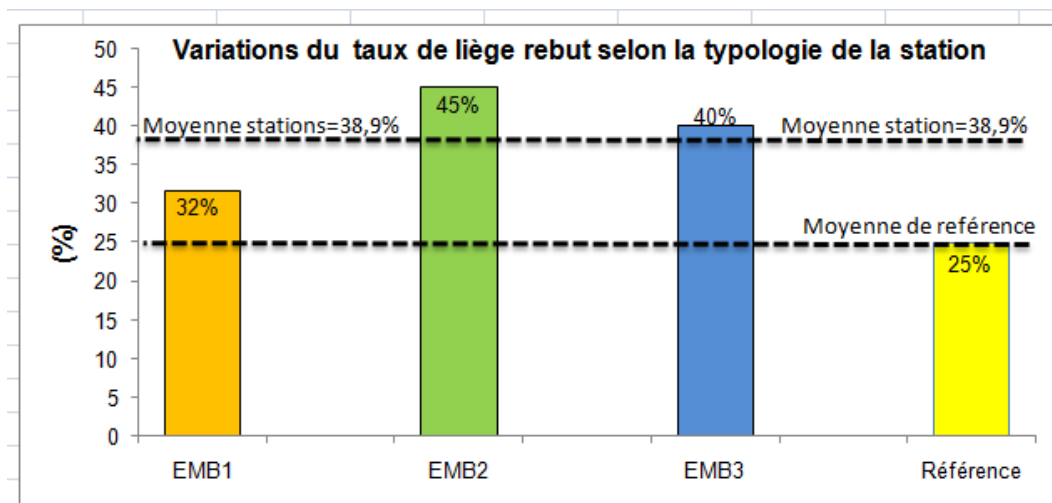


Figure 55 : Distribution du taux liège de rebut par rapport à la typologie de résilience

#### IV.5.3- Explication des paramètres affectant la qualité du liège

La qualité du liège s'identifie principalement par sa porosité et sa densité qu'il s'agisse de liège frais ou sec. Les meilleures qualités sont proportionnelles aux porosités et aux densités faibles.

Les résultats des calculs des paramètres réglant la qualité du liège, selon la typologie prise en considération sont synthétisés dans le tableau 16.

Tableau 16 : Valeurs moyennes des paramètres de qualité en fonction de la typologie de résilience

	Qualité élargie	Nombre	Calibre (ligne)	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	Porosité (%)	IQ
EMB1	11-13,5 <sup>a</sup> plus	9	12,29	202,11	1,15	12,75
	11-13 6°	24	12,24	197,91	5,28	5,00
	13-15 5 <sup>a</sup> plus	2	13,78	142,50	1,04	19,00
	13-15 6°	6	14,29	260,83	5,02	6,50
	Rebut	19	12,53	334,94	8,61	1,50
	Total	60	12,59	246,38	5,55	5,67
EMB2	11-13 6°	5	11,56	203,00	4,90	5,00
	11moins 4 <sup>a</sup> plus	28	9,26	275,64	2,48	12,00
	Rebut	27	9,31	342,59	8,51	1,50
	Total	60	9,49	299,71	5,40	6,69
EMB3	11-13 6°	11	11,87	193,54	4,86	5,00
	11moins 4 <sup>a</sup> plus	25	10,04	275,20	2,93	12,00
	Rebut	24	10,03	343,62	8,59	1,50
	Total	60	10,37	287,60	5,55	6,52
TOTAL	11-13 5 <sup>a</sup> plus	9	12,30	202,11	1,16	12,75
	11-13 6°	40	12,07	197,35	5,12	5,00
	11moins 4 <sup>a</sup> plus	53	9,63	275,43	2,70	12,00
	13-15 5 <sup>a</sup> plus	2	13,78	142,50	1,04	19,00
	13-15 6°	6	14,30	260,83	5,03	6,50
	Rebut	70	10,44	340,87	8,57	1,50
	Total	180	10,82	277,90	5,50	6,29

ligne=2,25mm

Les données obtenues du tableau 16 reflètent la variabilité des différents paramètres avec la qualité. Pour l'ensemble des arbres-échantillons, la densité moyenne du liège est forte (277,90kg/m<sup>3</sup>) et la porosité totale est de classe moyenne (5,50%), d'où un indice de qualité global faible (IQ=6,29).

En se basant sur les critères de classification du liège, plusieurs auteurs affirment qu'une qualité décroissante intra-arbre augmente la densité et la porosité ( Gonzalez-Adrados et al.,2004 ; Pereira, 2015). A titre d'indication, les moyennes obtenues pour un liège de qualité médiocre ((EMB1 : liège de rebut (R)), densité volumétrique de 334,94 kg/m<sup>3</sup> et porosité transversale de 8,61% sont supérieures à celles d'un liège de bonne qualité ((EMB1 : liège race (13-15,5<sup>+</sup>plus), (142,50 kg/m<sup>3</sup> et de 1,04%).

Un deuxième fait marquant du tableau 16, est l'augmentation de la densité avec la diminution de l'épaisseur du liège dans les trois stations ( $r = -0,45$ ), et aussi la diminution de la densité avec la réduction de la porosité ( $r = 0,65$ ) ( Fig. 56).

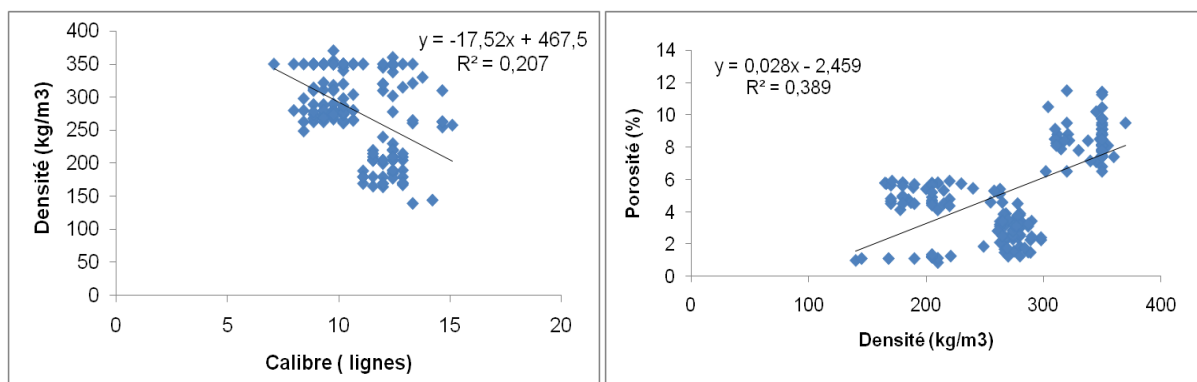


Figure 56: Relation linéaire entre la densité du liège et les variables, calibre et porosité.

Le troisième fait marquant du tableau 16, sont les moyennes homogènes des coefficients de porosité intra-stations (EMB1= 5,55% ; EMB2= 5,40% et EMB3= 5,55%) ( $p > 0,05$ ). Dans notre cas, ceci est dû à la forte présence, et d'une manière équitable du liège de rebut, qui englobe toutes les classes de qualité dans les trois stations (EMB1= 8,61% ; EMB2= 8,51% et EMB3= 8,59%).

Globalement, nous pouvons affirmer que la qualité du liège dans la suberaie de Djbel Sàadia tourne autour de deux points focaux, que sont le calibre et la densité du liège. Ces deux paramètres ont une incidence capitale sur l'aspect apparent du suber produit par l'arbre, à savoir la souplesse et la légèreté. Ces deux variables régissent les critères de classification de qualité (élargie et résumée) avant la commercialisation du produit. Cette constatation ne peut être validée avec l'exclusion de l'effet site (typologie des stations). Pour se faire, une analyse multi-variée (Anova 2) a été élaborée en incorporant l'effet site aux variables calibre et densité (Tab.17).

Tableau 17 : Analyse de variance inter-sujet des variables dépendantes calibre et densité.

Tests des effets inter-sujets						
Source		Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
<b>Modèle corrigé</b>	Calibre	308,065 <sup>a</sup>	2	154,033	184,148	0,000
	Densité	93801,433 <sup>b</sup>	2	46900,717	14,310	0,000
<b>Ordonnée à l'origine</b>	Calibre	21079,092	1	21079,092	25200,334	0,000
	Densité	13901113,800	1	13901113,800	4241,529	0,000
<b>EMB</b>	Calibre	308,065	2	154,033	<b>184,148</b>	<b>0,000</b>
	Densité	93801,433	2	46900,717	<b>14,31</b>	<b>0,000</b>
<b>Erreur</b>	Calibre	148,054	177	0,836		
	Densité	580096,767	177	3277,383		
<b>Total</b>	Calibre	21535,210	180			
	Densité	14575012,000	180			
<b>Total corrigé</b>	Calibre	456,119	179			
	Densité	673898,200	179			
a. R deux = ,675 (R deux ajusté = ,672)						
b. R deux = ,139 (R deux ajusté = ,129)						

Selon le tableau 17, l'effet de la typologie des stations (EMB) est très significatif aussi bien sur la densité du liège ( $p < 0,000$ ) que le calibre ( $p < 0,000$ ).

Dans les conditions normales de végétation, la production du liège au sein d'une même forêt varie d'un peuplement à un autre et d'un arbre à un autre. Elle dépend essentiellement de plusieurs facteurs intrinsèques et extrinsèques à l'arbre et aussi au respect des règles d'exploitation du liège. Il s'agit en effet de :

- L'activité subéreuse propre à l'arbre,
  - les facteurs du milieu extérieur (climat, sol, altitude, attaque parasitaire, exposition, développement du sou bois, densité des arbres, incendie, etc.).
- La surface déliégée appliquée suivant l'état de végétation de l'arbre.

La discordance entre ces facteurs entraîne une perturbation physiologique de l'essence pour la production d'un liège déterminé, en quantité et en qualité.

Dans la suberaie de Djbel Sàadia et à travers les 180 arbres-échantillons, représentant trois stations végétativement différents (EMB1, EMB2 et EMB3), la source de perturbation demeure toujours les incendies de forêts. En effet, les aspects de végétation tournent autour d'une boucle fermée, conséquence des points suivants :



- l'abandon et l'absence d'une gestion forestière (opérations sylvicoles) induisent un embroussaillage par les espèces de maquis caractéristiques des zones méditerranéennes acides (*Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Calycotome spinosa*, *Cistus* sp., etc.) (EMB1).
- Cet embroussaillage, aggravé par la présence du chêne zéen, accroissent la sensibilité du massif au feu et dans les zones les plus sensibles s'installe une dynamique régressive: **embroussaillage-incendie-ré-embroussaillage-incendie**, aboutissant à une dégradation du chêne liège, du couvert végétal et des sols (EMB1 et EMB2).

Dans ce schéma perturbé (sols tassés et secs, mauvaise rétention hydrique et concurrence) les sujets réagissent en adoptant une stratégie d'adaptation, en réduisant la production subéreuse au profit des autres organes (l'activité cambiale, les méristèmes primaires et la production foliaire) (Dehane, 2012). Etant donné que la production du liège détient 70% de la croissance du chêne liège durant le cycle végétatif de l'arbre, sa coïncidence avec la période estivale (en montagne), ne favorisent que les accroissement annuels radiales et subéreuses faibles (Costa et *al.*, 2002). Puisque cette suberaie fait partie de l'aire du liège mince (montagne), on ne récoltera que du matériel mince, et même très mince (EMB2 : épaisseur =9,49 lignes et ID= 2,17 ; EMB3 : épaisseur = 10,37 lignes et ID=1,67).

Physiologiquement parlant, cet état de stress issu de l'embroussaillage post-incendie, se traduit par la formation des cellules subéreuses de petite taille, à parois épaisses, parsemées par d'autres altérations à l'égard des défauts de l'excès de croûte, l'incrustation ligneuse (verticale et horizontale), le liège doublé et le liège terreux. L'identification des défauts du liège à partir de 30 planches tirés au hasard du dépôt de stockage est mentionnée dans la figure 57.

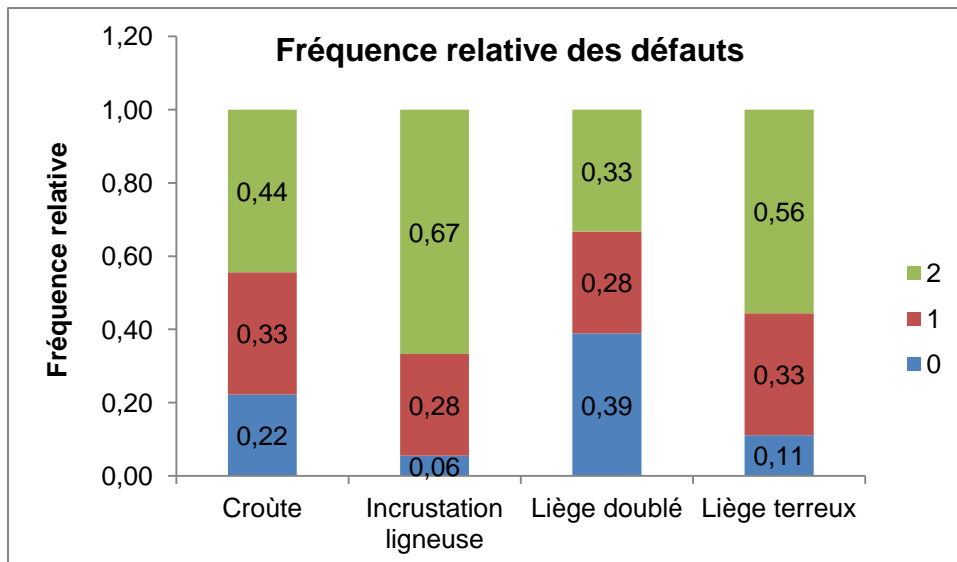


Figure 57 : Fréquence relative des défauts de liège selon leur degré de gravité (0,1 et2)

De la figure 57, nous distinguons une forte présence des anomalies post-incendie dans le degré de gravité 2, soit des fréquences relatives respectives de 0,44 (excès de croûte), 0,67(incrustation ligneuse), 0,33 (liège doublé) et 0,56 (liège terreux). Ces valeurs donnent une indication sur la dureté de ce liège par rapport au tissu subéreux et par conséquent sur les valeurs obtenues de la densité du liège et la quantité du liège de rebut ( Fig. 58).

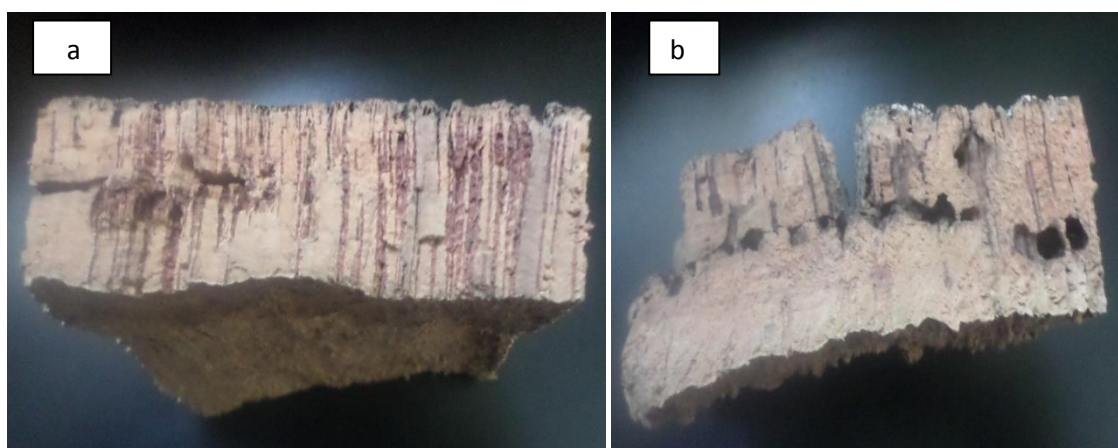


Figure 58 : Type de défauts rencontrés sur le liège des arbres échantillons ( a : liège terreux, b : liège doublé) (Original)

En effet, l'augmentation de la densité volumétrique est due à la présence des défauts dans le liège. Selon González-Adrados et al.(2000), ces anomalies sont généralement parsemées d'inclusion ligneuses et dont le poids est supérieur à celui des parois cellulaires ordinaires du liège. Du tableau 17, nous constatons qu'il existe une différence hautement

significative entre les moyennes enregistrées pour la densité dans les trois stations ( $p < 0,000$ ). La densité du liège est plus importante dans les stations à résilience faible EMB2 ( $299,71 \text{ kg/m}^3$ ) et EMB3 ( $287,60 \text{ kg/m}^3$ ) que celles à résilience forte EMB1 ( $246,38 \text{ kg/m}^3$ ). D'ailleurs, dans les trois stations, cette forte densité est imputée au liège de rebut de très mauvaise qualité (Fig. 59)

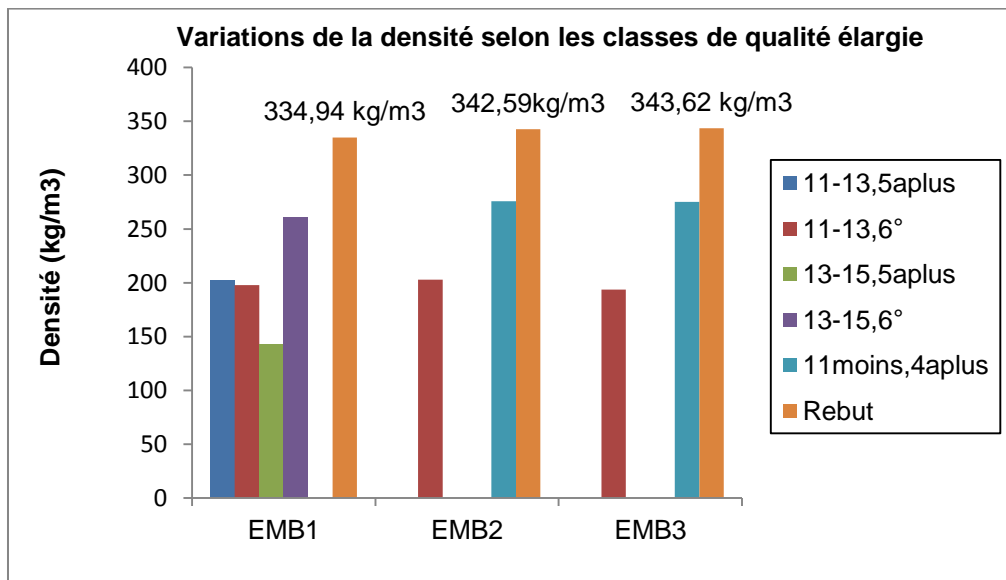


Figure 59 : Distribution de la densité du liège par classe de qualité élargie

Parmi les incidences de la mauvaise qualité (forte densité volumétrique du suber) est l'extraction difficile du liège (Fig. 60).



Figure 60 : Liège exploité en 2018, sous forme morceaux et non en canons (Original)

La figure 60 montre clairement la grande densité et dureté du liège, ce qui a influé négativement sur l'exploitation aisée des arbres. Le liège s'arrache morceau par morceau et conduit à des pertes lors de sa vente.

Globalement, la situation de stress que vit la suberaie de Djbel Sàadia est imputée à la récurrence des incendies. Ce phénomène destructeur, a affecté aussi bien l'état de santé des arbres et des peuplements ( $ID_{3stations} = 1,69$ ) que les paramètres réglant la croissance et la qualité du liège ( $calibre_{3stations} = 24,35mm$  ;  $productivité_{3stations} = 12,86 kg$ ) et ( $Densité_{3stations} = 277,90 kg/m^3$  ;  $Porosité_{3stations} = 5,50$  ;  $IQ_{3stations} = 6,29$ ).

Ces résultats semblent en accord avec ceux proposés par Natividade (1956). L'auteur étaye sur le fait que l'état dégradé du feuillage de l'arbre suite à une faible humidité du sol et un manque de matière organique augmente la porosité mais sans estomper de manière définitive les accroissements annuels du liège. Ce résultat s'aligne aussi à celui avancé par Montoya (1988), qui lie la baisse de la qualité (augmentation de la densité et de la porosité) à la dégradation de l'état sanitaire des arbres. Par ailleurs, selon Bossuet (1988), une trop grande concurrence à l'intérieur des suberaies entraînerait une forte compétition des arbres entre eux, un faible état végétatif, avec un faible accroissement du bois et du liège et une mauvaise qualité du suber.

Selon la matrice de corrélation présentée dans le tableau 18, nous décelons trois types de relation :

Tableau 18: Matrice de corrélation entre les paramètres de croissance et de qualité du liège

Corrélations								
			IQ	CP	Densité	Calibre	Productivité	ID
Rho de Spearman	IQ	Coefficient de corrélation	1,00	<b>-0,946**</b>	<b>-0,649**</b>	0,011	0,024	0,016
		Sig. (bilatérale)		0,000	0,000	0,887	0,753	0,830
	CP	Coefficient de corrélation		1,00	<b>0,618**</b>	0,012	0,013	-0,012
		Sig. (bilatérale)			0,000	0,868	0,864	0,877
	Densité	Coefficient de corrélation			1,00	<b>-0,440**</b>	<b>-0,196**</b>	<b>0,212**</b>
		Sig. (bilatérale)				0,000	0,009	0,004
	Calibre	Coefficient de corrélation				1,00	0,563**	<b>-0,410**</b>
		Sig. (bilatérale)					0,000	0,000
	Productivité	Coefficient de corrélation					1,00	<b>-0,261**</b>
		Sig. (bilatérale)						0,000
	ID	Coefficient de corrélation						1,00
		Sig. (bilatérale)						

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0,01 (bilatéral).

- 1- Les indices de qualité sont inversement proportionnels aux coefficients de porosité ( $r=-0,946$ ) et à la densité ( $r=-0,649$ ). Les critères de classification du liège dans n'importe quelle suberaie lient la meilleure qualité à une faible porosité et à une densité basse. Un liège de bonne qualité contient des défauts mineurs et présente une porosité et une densité basse à acceptable, conférant au produit une meilleure élasticité et une bonne souplesse quelque soit la provenance.
- 2- La porosité est très liée à la densité ( $r= 0,618$ ), et ne semble pas être affectée par l'état sanitaire des arbres ( $r= -0,012$ ). Cette dernière corrélation faible est très justifiée dans le cas du chêne liège. D'après Simeone et *al.* (2009), en Algérie, et particulièrement dans la région nord-ouest, la variation génétique est très marquée entre les arbres du même peuplement. L'auteur la relie à deux phénomènes, dont l'un naturel, due à l'introgression génétique entre le *Quercus ilex* (*Q. Rotundifolia*) et le *Quercus suber*, l'autre économique, une conséquence du transport international des semences de différentes régions (principalement en raison des programmes de reboisement coloniaux, au cours du dernier siècle). C'est ce que Natividade (1956) considère « une forme botanique différente pour chaque arbre de chêne liège ».
- 3- La densité du liège est négativement corrélée au calibre ( $r= -0,440$ ) et à la productivité ( $r= -0,196$ ) et s'avère liée positivement au dépérissement ( $r= 0,212$ ).

La suberaie Djbel Sàadia entre dans l'icône du liège mince de montagne, à croissance tardive et à hiver froid. Ces aspects favorisent plutôt les accroissements annuels automnaux faibles (<3mm/an) à cellules réduites et à parois épaisses, qui génèrent une forte densité du liège ( Dehane et Gheffar, 2017). Les planches produites par ces arbres apparaissent lourdes mais sans pour autant atteindre le calibre commerciale >27mm. Selon Luciano et *al.* (2005), le dépérissement génère plusieurs atteintes, de façon séquentielle ou simultanée :

- En réduisant la croissance en hauteur de 63% et la largeur des anneaux du bois de 45%.
- Les pertes de production du liège sont évaluées entre 50 et 60% pour un dépérissement chronique.

## Conclusion générale

A travers les résultats dégagés nous pouvons avancer que la suberaie de Djbel Sàadia est en état de dégradation avancée d'où une physionomie régressive du capital arbre comme formations forestières au profit des espèces de stress post-incendie à l'image du Diss et du Calycotome. L'étude de paramètres réglant la croissance et la qualité du liège dans cette forêt n'a été possible qu'à travers l'adoption d'une typologie forestière post-incendie englobant trois stations : EMB1 (station embroussaillée à forte résilience), EMB2 (station embroussaillée à faible résilience et EMB3 (station non embroussaillée à faible résilience).

La quantification de la croissance et de la qualité du liège s'est montrée statiquement différente selon l'aptitude des arbres à résister aux perturbations qui accompagnent la résilience du chêne liège. Globalement, nous pouvons conclure que :

- Le liège de cette forêt entre dans l'icône du liège mince. Les moyennes totales de mesure des calibres et du calcul de la productivité du liège (des 180 arbres-échantillons) font respectivement état d'une épaisseur moyenne de 24,35mm et d'un poids moyen faible de l'ordre de 12,86 kg, pour une rotation de 12 ans.
- Dans la station EMB1 à forte résilience, l'épaisseur moyenne de liège est de 28,35mm pour un poids moyen de 16,03 kg/arbre et un indice de dépérissement faible (1,25).
- Dans la station EMB2 et EMB3 à faible résilience, l'effet conjugué de la concurrence du chêne zéen, du surpâturage, de l'érosion et de l'ensoleillement ont fortement contribué à réduire la vitalité du chêne liège et par conséquent ses facultés productives : EMB2 (21,35mm ; 8,25 kg ; ID=2,16), EMB3 (23,23mm ; 14,28kg ; ID=1,66).
- La matrice de corrélation adoptée a montré une relation significative négative, la régression des paramètres de croissance est proportionnelle à la perte de vigueur.
- Les paramètres de qualité ont concerné particulièrement le calibre et la densité volumétrique du liège que la porosité. Il s'agit d'une qualité mauvaise ( IQ= 6,29).
- Le liège apparaît très dur au fur et à mesure que le stress augmente : le dépérissement agit négativement sur la croissance annuelle du liège et agit sur sa souplesse.
- La densité du liège est plus importante dans les stations à résilience faible EMB2 (299,71 kg/m<sup>3</sup>) et EMB3 (287,60 kg/m<sup>3</sup>) que celles à résilience forte EMB1 (246,38

kg/m<sup>3</sup>). D'ailleurs, dans les trois stations, cette forte densité est imputée au liège de rebut de très mauvaise qualité (31,67%(EMB1) ; 45%(EMB2) ; 40%(EMB3)).

- La combinaison des paramètres de croissance et de qualité dans la matrice de corrélation a révélé des relations étroites par rapport au dépérissement.



## Références bibliographiques

- Abric, E.F., 1974 : "Evolution de l'industrie du liège en Provence." *Revue Forestière Française*, Vol.27, n°6, pp. 453 - 461.
- Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests, *For. Ecol. Manag.*, (259) 4: 660-684.
- Arezki, B., 2018 : L'exportation de liège a rapporté à l'Algérie 4 millions d'euro en 2017. <https://www.algerie-eco.com/2018/06/27/lexportation-de-liege-a-rapporte-a-lalgerie-4-millions-deuro-en-2017/> 27 juin 2018.
- Bagnouls, F. & Gaussen H., 1953 : Saison sèche et indice xérothermique. *Doct. Cart. Prod. Vég. Ser. Gen II*, 1, art. VIII, Toulouse, 47 p. 1 carte.
- Belleau P., 2000 – Suivi des reboisements résineux à faible densité sur type écologique mélangé : dispositif et première analyse. la forêt modèle du bas Saint-Laurent. 16p.
- Bossuet, G.,1988 : Sylviculture du liège et rénovation de la suberaie. *Forêt Méditerranéenne*, X ( 1 ),pp.162- 163 .
- Caudullo, G., a Erik Welk, B.,C. and San-Miguel-Ayanzd J., 2017: Chorological maps for the main European woody species. *Data Brief*.12:662–666.doi: 10.1016/j.dib.2017.05.007.
- Ceballos L, Ruiz de la Torre J (1979) *Arboles y arbustos de la Espana peninsular*. E.T.S. Ingenieros de Montes. Madrid, Spain.
- Chorana, A., Dehane, B., et Beltran S.R., 2019: Characterization of the cork growth and quality of cork oak woodlands, North-West Algeria. *International Journal of Environmental Studies*. DOI: 10.1080/00207233.2019.1594290.
- CICYTEX, 2015 : Guides des bonnes pratiques en matière de détermination de la qualité du liège et récolte de liège avec des nouvelles technologies. Extramadura, CICYTEX : 36p.
- Costa, A., Pereira, H. & Oliveira, A., 2002 : Influence of climate on the seasonality of radial growth of cork oak during a cork production cycle. *Ann. For. Sci.* 59,pp. 429–437.
- D.G.F., 2004 : Le devenir de s suberaies Algériennes. 10p.
- D.G.F., 2018 : Bilan de la production national de liège.1p.
- Daget, Ph., 1977: Le bioclimat méditerrané, caractère généraux, méthodes de classification. *Vegetatio*, 34, 1 ,pp .1-20.
- De Martonne, E., 1926: Une Nouvelle fonction climatologique, l'indice d'aridité, *La Météorologie*.
- Debrach, J., 1953 : Notes sur les climats du Maroc occidental. *Maroc médical* 32 (342),pp. 1122-1134p.
- Dehane, B. and Ghafar, M., 2017 : Etude de la variabilité de croissance du liège dans le Nord Algérien]. *Revue Internationale de Géologie, de Géographie et d'Ecologie Tropicales* 41, 39–54
- Dehane, B., 2012 : Incidence de l'état sanitaire du chêne liège sur les accroissements annuels et la qualité du liège de deux suberaies oranaises: M'Sila (w.Oran) et Zariéffet (w. Tlemcen). These doctorat, (Algérie: Département de Foresterie, Université de Tlemcen). {w = wilaya, province, governorate.} doi:10.1094/PDIS-11-11-0999-PDN.
- Dehane, B., Madrigal J.O.and Guijarro M.,2015 : New bench-scale protocols for characterizing bark flammability and fire resistance in trees: Application to Algerian cork. *Journal of Fire Sciences* 2015, Vol. 33(3) 202–217.
- Djebaili, S., 1984 : La steppe algérienne, phytosociologie et écologie, O.P.U, Alger, 127 p.
- Djebbour, Y., 1990 - Processus de fabrication et qualité de liège aggloméré, expansé pur noir. Cas de l'unité de Jijel. *Th. Ing .I.N.A., Elharrach*, 57p.

- Emberger, L. 1942 : Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, (77), 97-124.
- González-Adrados, J.R., González-Hernández, F., Garcia, De Ceca, J.L., 2000 : Variabilidad de los parametros característicos del corcho en plancha con la altura de extracción. IX Congreso forestal Esapagnol, 1-6.
- Hedidi, 2010 : Impact des facteurs climatiques sur la dégradation de la forêt de Djbel Sàadia. Mémoire Magister. Uni. Ben Bouali. Chlef. 125 p.
- Houston, D.R., 1967: Dieback and decline of northeastern hardwoods. Trees, vol. 28, pp. 12-14.
- IPROCOR, 2006, La calidad del corcho: Methodos de estimacion en arbol y en pila [The
- Kouba., Y., 2005 : Contribution à l'étude de la filière liège en Algérie : De la collection à l'exportation. Mémoire Ingeniorat Agonomie. Univ. Mouloud Mammeri ( Tizi-Ouzou), 94p.
- Lamey, A., 1893 : Le chêne-liège - sa culture et son exploitation, Paris, Berger-Levrault éditeur., 289 p.
- LESCOMPLEKT, 1983 : Etudes et projets pour la mise en valeur des terres, aménagement des forêts et parcs nationaux dans le massif Ouarsenis, Shema Directeur d'Aménagement. Secretariat aux forêts et la mise en valeur des terres. Rapport. Vol I. 326p.
- Magri, D., S. Fineschi, R. Bellarosa, A. Buonamici, F. Sebastiani, B. Schirone, M. C. Simeone, and G. G. Vendramin. 2007. The distribution of *Quercus suber* chloroplast haplotypes matches the palaeogeographical history of the western Mediterranean. *Molecular Ecology* 16:5259–5266.
- Manion, P.D., 1981 : Tree disease concepts . Englewood Cliffs (N .J .) : Prentice Hall. 324 p.
- Marquez, E., 2017: Curso de formación gratuita online gestión integral del corcho. Redfor (Ed.), 72p.
- Mérida.
- Montero, G., Cañellas, I., 2003 : Selvicultura de los Alcornocales en España. Silva Lusitana 11(1), pp. 1 – 19.
- Montero, G., Grau, J.M., 1986: El coeficiente y la intensidad de descorte. Ventajas e inconvenientes de su aplicación. I Congreso Florestal Nacional de Portugal. 10p
- Montoya Oliver, J.M. 1988: Los Alcornocales. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Serie Manuales Técnicos SEA. Madrid, 155 p.
- Nageleisen, L.M., 1999 : Les Résultats 1999 du réseau européen de suivi des dommages forestiers et évaluation des contraintes environnementales : Les résultats 1999 du réseau européen de suivi des dommages forestiers. Les Cahiers de DSF, 1-2000 (La Santé des Forêts), [France] en 1999, Min. Agri. Pêche (DERF), Paris , pp. 50-64.
- Natividade, J.V., 1956 : Suberculture. Ecole Nationale des Eaux et Forêts. Nancy, 302 p.
- Orgeas J., Bonin G., 1997 : Variabilité des nutriments foliaires de *Quercus suber* L. dans différentes situations écologiques dans le massif des Maures (Var, France) et relations avec la production de liège, Ann. Sci. For. 53, pp. 615-624.
- Ouadahi, A., 1979: Etude de la production de reproduction dans la forêt domaniale de Beni-Ghobri, Azazga. W de Tizi-Ouzou. Th. Ing. I.N.A, Elharrach, 60p.
- Ozenda P., 2000-Les végétaux, organisation et diversité biologique, 2<sup>ème</sup> édition, Dunod, 516p.
- Pereira, H., 2007: Cork: biology, production and uses. (Oxford: Elsevier( Ed.).
- Pereira, H., 2015: The relation behind cork properties: A review of structure and chemistry. Bioresources 10, 1–23. doi: 10.15376/biores.10.3.Pereira.
- Pintus, A. et Ruiu P. A., 2004 : Le chêne-liège face au feu. vivexpo. Italie. 6p (www.vivexpo.org.)

- Prodon, R., Fons, R., Peter, A.M., 1984 : L'Impact du feu sur la végétation, les oiseaux et les micromammifères dans diverses formations des Pyrénées-Orientales : premiers résultats. — *Revue Écologie (Terre Vie)*, vol. 39, pp. 129-158.
- quality of cork: Estimation methods in tree and stack]. Documento interno Iprocor.
- Ruiu, P.A., Sechi, C., Linaldeddu, B.T. & Franceschini, A. 2005: Création d'un réseau de surveillance du dépérissement des subéraies en Sardaigne et analyse des premiers résultats. *IOBC/wprs Bull.* 28(6),pp. 45-51.
- Santos Pereira, J., Buralho, M.N. & Caldeira M.C., 2008 : From the cork oak to cork. A sustainable system. APCOR( Portugal). 44p.
- Sechi C., Angelo Ruiu P., Franceschini A., Corda P., 2005 : Nouvelles recherches sur l'extension des phénomènes de dépérissement dans les subéraies de Sardaigne. *Integrated Protection in Oak Forests IOBC/wprs Bull.* 25(5), pp. 5-12.
- Simeone M.C., Federico Vessella,V., Salis,A., Larbi,H.,2 Schirone,A., Bellarosa,R. & Schirone.B. 2010: Biogeography of North African cork oak (*Quercus suber* L.). *IOBC/wprs Bull.* 18,pp.1-8.
- Sinclair,W.A.,1967 : Decline of hardwoods : possible causes. *International Shade Tree Conference Proceedings*, 42, pp . 17-32.
- Sousa, E.M.R. & Atay Kadiri, Z., 2005 : Le déclenchement des perturbations physiologiques des peuplements de chêne-liège: une synthèse des relations agent/hôte. *Integrated Protection in Oak Forests. IOBC/wprs Bull.* 28(8), pp. 9-16.
- TECSULT, 2006 : Etude de protection du barrage de Sid Yakoub.Phase I. *Revue des documents existants. ANBT.* 110p.
- Trabaud, L., 1989 : Les effets du régime des feux : exemples pris dans le bassin méditerranéen. — *Options méditerranéennes*, vol. 3, pp. 89-94.
- Vallejo, R., J. Aronson, J. G. Pausas, and J. Cortina. 2006. *Mediterranean woodlands*. Pp. 193–209 in J. van Andel and J. Aronson, eds. *Restoration Ecology: The New Frontier*. Blackwell Science, Oxford, UK.
- Varela, M.C.,2000: Evaluation of genetic resources of cork oak for appropriate use in breeding and gene conservation strategies. *Handbook of the Concerted Action. FAIR 1 CT 95- 0202.* 127p.
- Warburg, O. & Warburg,E.,1933 : Oaks in cultivation in the British Isles.*Jour.Royal Hort.,Soc,LVIII*,part I,pp.176-189.
- Zeraia, L.,1981 : Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phénologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chênes liège de provenance cristalline (France méridionale) et d'Algérie. *Thèse Doc. Es. Sci., Aix-Marseille*, 367 p.