

## Département des Ressources Forestières

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

# MEMOIRE



### Présenté par

Khobzaoui Abderrahmen

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Foresterie (Aménagement et Gestion des Forêts)

### Thème

Contribution à l'étude des défauts du liège post-incendie: cas de la suberaie de  
Zarieffet (W. Tlemcen)

Soutenu le /07/ 2021 devant le jury composé de :

Président : Mr Medjahdi B.	Prof.	Université de Tlemcen
Encadreur : Mr Dehane B.	Prof.	Université de Tlemcen
Examineur : Mr Berrichi M.	Prof.	Université de Tlemcen

**Année universitaire 2020/2021**

**Résumé :** Le chêne liège est une espèce forestière réputée par sa résilience post-incendie grâce à la protection offerte par la couche du liège. Cette adaptation au stress a été évaluée sur 190 arbres rescapés du dernier incendie de 2007, dans la subéraie de Zariéffet. Le critère principal pris en considération est l'identification des défauts qui parsèment le liège de trois catégories d'arbres. Les résultats ont révélé la présence de 14 défauts post-incendie. Sur les troncs des arbres vivants récupérables, ces anomalies sont considérées comme mineurs sans incidence sur l'écophysiologie de l'arbre (défauts de croute, état du ventre, fentes et lignification). Sur les arbres irrécupérables colportant des symptômes de stress aigu, ces défauts prennent l'aspect de perturbations graves conduisant à la mort de l'arbre ( défauts de galeries d'insectes, liège terreux et du charbon de la mère). En termes de typologie, les défauts d'origine physiologique comptabilisent la fréquence relative la plus élevée (44%) suivis des anomalies de nature phytopathogène (33%). Des relations de cause à effet, ont confirmé le rôle des défauts intrinsèques (lignification, porosité et liège terreux) dans la réduction de la croissance subéreuse et l'augmentation anormale de la productivité du liège par des éléments pulvérulent et de sclérenchymes. Il est de même pour les défauts extrinsèques favorisant l'installation des galeries des insectes xylophages et l'apparition des champignons pathogènes conduisant au dépérissement des cimes et à la mortalité des deux assises cambiale et corticale (31% des irrécupérables et 23% des sujets morts). L'application d'une sylviculture typique aux arbres résilients est la seule solution pour réduire ces défauts et sauvegarder à long terme ces sujets rescapés.

**Mots clé :** Zariéffet, post-incendie, liège , défaut, résilience, mortalité.

**Abstract: Contribution to the study of post-fire cork defects: the case of the Zariéffet cork oak stand (w.Tlemcen).**

Cork oak is a forest species renowned for its post-fire resilience thanks to the protection offered by the cork layer. This stress adaptation was evaluated on 190 trees that survived the last fire in 2007, in the Zariéffet cork forest.. The main criterion taken into consideration is the identification of the defects that dot the cork of three categories of trees. The results revealed the presence of 14 post-fire defects. On the trunks of recoverable living trees, these anomalies are considered to be minor without affecting the eco-physiology of the tree (crust defects, belly, cracks and lignification). On unrecoverable trees hawking symptoms of acute stress, these defects appear to be severe disturbances leading to tree death (insect holes, earthy cork and charcoal canker). In terms of typology, defects of physiological origin have the highest relative frequency (44%) followed by phytopathogenic anomalies (33%). Cause and effect relationships have confirmed the role of intrinsic defects (lignification, porosity and earthy cork) in reducing cork growth and abnormal increase in cork productivity by pulverulent elements and sclerenchyma. It is the same for the extrinsic defects favoring the installation of the galleries of xylophagous insects and the appearance of pathogenic fungi leading to the dieback of the tops and to the mortality of both cambial and cortical bases (31% of irrecoverable and 23% of dead subjects ). The application of typical silviculture to resilient trees is the only solution to reduce these defects and safeguard these surviving subjects in the long term.

**Keywords:** Zariéffet, post-fire, cork, defect, resilience, mortality.

**ملخص: المساهمة في دراسة عيوب الفلين ما بعد الحريق في غابة زريقات (ولاية تلمسان)**

بلوط الفلين هو أحد أنواع الغابات التي تشتهر بقابليتها للتكيف بعد الحريق بفضل الحماية التي توفرها طبقة الفلين. تم تقييم هذا التكيف مع الإجهاد على 190 شجرة نجت من الحريق الأخير في عام 2007 في غابة زريقات. المعيار الرئيسي الذي اخذ في الاعتبار هو تحديد العيوب التي تنتشر في الفلين من ثلاث فئات من الأشجار. كشفت النتائج عن وجود 14 عيباً بعد الحريق. على جذوع الأشجار الحية التي يمكن استعادتها ، تعتبر هذه الحالات الشاذة طفيفة دون التأثير على الفيزيولوجيا البنائية للشجرة (عيوب القشرة ، حالة البطن ، الشقوق والتبسيات). على الأشجار التي لا يمكن استعادتها ، تظهر أعراض الإجهاد الحاد على ظهور اضطرابات شديدة تؤدي إلى موت الأشجار (عيوب نق الحشرات ، الفلين الترابي وتفحم الأم). من حيث التصنيف ، فإن عيوب الأصل الفسيولوجي لها أعلى معدل تكرار نسبي (44%) تليها التشوهات الممرضة للنبات (33%). أكدت العلاقات الجدلية دور العيوب الداخلية (التبسيات والمسامية والفلين الترابي) في تقليل نمو الفلين وزيادة غير الطبيعية في إنتاجية الفلين بواسطة العناصر المتفتتة والصلبة. وينطبق الشيء نفسه على العيوب الخارجية التي تساهم في ظهور الحشرات الآكلة للخشب و الفطريات المسببة للأمراض التي تؤدي إلى موت قمم الأشجار ونفوق الطبقات المسؤولة على نمو الخشب و الفلين (31% من غير قابلة للاسترداد و 23% من الميتة. إن تطبيق نظام حراجي مسابر على الأشجار القابلة للتكيف هو الحل الوحيد لتقليل هذه العيوب وحماية هذه الأشجار المتبقية على المدى الطويل.

**الكلمات المفتاحية:** زريقات – ما بعد الحريق – الفلين – خلال – قابلة للتكيف – معدل الوفيات.

## **REMERCIEMENTS**

*Pour commencer, je dois remercier **ALLAH** Le Tout Puissant qui m'a donné la force et le courage de terminer ce travail.*

*La première personne que je tiens à remercier c'est mon encadreur Monsieur « **DEHANE BELKHEIR** », d'avoir consacré son précieux temps afin de m'aider, m'orienter, me corriger et mettre à point mon travail.*

*Je remercie également **Medjahdi Boumedienne**, Professeur à l'université de Tlemcen d'avoir accepté de présider le jury.*

*Mon profond respect pour Monsieur **BERRICHI MOHAMED**, Professeur à l'université de Tlemcen pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*A tous, Merci.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail :*

*\_ à ma mère et mon père pour tous les sacrifices qu'ils ont faits pour moi, pour leur soutien continu durant mon travail. Que Dieu vous protège.*

*\_ à mes frères, que Dieu vous garde, je vous aime et je vous souhaite une vie pleine de succès et de réussite.*

*\_ à tout ma famille*

*\_ Et enfin à tout ce ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans mon travail ainsi qu'à tout les étudiants de la promotion Master Foresterie, option aménagements et gestion du foret*

## Liste des figures

Titre	Page
<b>Figure1</b> : Aire de distribution du chêne-liège	5
<b>Figure 2</b> : Aire de répartition du chêne liège en Algérie	6
<b>Figure 3</b> : Coupe schématique d'un tronc de chêne liège	14
<b>Figure 4</b> : Tronc d'un chêne liège dans sa troisième récolte	15
<b>Figure 5</b> : Superficies forestières brûlées en Algérie pendant la période coloniale (1876-1962)	17
<b>Figure 6</b> : Superficies forestières brûlées en Algérie depuis l'indépendance (1963-2014)	18
<b>Figure 7</b> : Causes directes et indirectes des incendies de forêts méditerranéennes	19
<b>Figure 8</b> : Modèle de comportement du chêne-liège après incendie	25
<b>Figure 9</b> : Carte de situation de la forêt domaniale de Zarieffet	27
<b>Figure 10</b> : Carte géologique du Nord de l'Algérie	28
<b>Figure 11</b> : Répartition annuelle de la pluviométrie dans la forêt de Zarieffet	30
<b>Figure 12</b> : Répartition saisonnière des précipitations dans la forêt de Zarieffet	31
<b>Figure 13</b> : Variations des températures mensuelles minimales dans la forêt de Zarieffet	32
<b>Figure 14</b> : Variations des températures mensuelles maximales dans la forêt de Zarieffet	33
<b>Figure 15</b> : Variations des températures moyennes mensuelles dans la forêt de Zarieffet	34
<b>Figure 16</b> : Indice d'aridité de De Martonne	36
<b>Figure 17</b> : Diagrammes Ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) forêt de la Zarieffet	37
<b>Figure 18</b> : Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger de la forêt de Zarieffet au cours des deux périodes de références	38
<b>Figure19</b> : Evolution périodique de la production du liège dans la forêt de Zarieffet	39
<b>Figure 20</b> : Localisation des arbres échantillons dans la suberaie Zarieffet	43
<b>Figure 21</b> : Utilisation du logiciel Calcior pour identifier les défauts du liège (exemple du liège terreux)	50
<b>Figure 22</b> : Occurrence des incendies dans la forêt de Zarieffet entre 1903 et 2020	52
<b>Figure 23</b> : Distribution des classes de diamètre selon les trois catégories d'arbres	55
<b>Figure 24</b> : Moyennes estimées des diamètres des arbres échantillons	56
<b>Figure 25</b> : Moyennes estimées des hauteurs des arbres échantillons	56
<b>Figure 26</b> : Répartition des classes d'épaisseur selon les trois catégories d'arbres	58
<b>Figure 27</b> : Moyennes estimées des épaisseurs du liège des arbres échantillons	58
<b>Figure 28</b> : Taux de carbonisation du liège selon les trois catégories d'arbres	59
<b>Figure29</b> :Moyenne estimée des taux de carbonisation du liège	60
<b>Figure 30</b> : Fréquence relative des défauts des arbres échantillons	61
<b>Figure 31</b> : Distribution par fréquence absolue des défauts selon les trois catégories d'arbres	63
<b>Figure 32</b> : Distribution des défauts du liège selon leur origine	65

<b>Figure 33</b> : Corrélation entre le diamètre des arbres et les épaisseurs du liège selon la perturbation	66
<b>Figure 34</b> : Moyenne marginale estimée de la productivité du liège/type de défauts	69
<b>Figure 35</b> : Variation de la productivité par défauts	69
<b>Figure 36</b> : Répartition des trois catégories d'arbre selon l'état sanitaire	71
<b>Figure 37</b> : Répartition des défauts selon l'état sanitaire des arbres	72
<b>Figure 38</b> : Répartition des défauts selon l'indice de santé	72
<b>Figure 39</b> : Répartition des anomalies phytopathogènes selon les trois catégories d'arbres	73
<b>Figure 40</b> : Occurrence des défauts pathogènes selon les catégories d'arbres	75
<b>Figure 41</b> : Distribution des défauts selon l'épaisseur carbonisée des arbres récupérables	78
<b>Figure 42</b> : Distribution des défauts selon l'épaisseur carbonisée des arbres irrécupérables	79
<b>Figure 43</b> : Distribution des défauts selon l'épaisseur carbonisée des arbres morts	79

## Liste des tableaux

<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau 1</b> : Nombre de feux et superficie brûlées en méditerranée entre 1990-1999	16
<b>Tableau 2</b> : Différentes anomalies du liège de reproduction	22
<b>Tableau 3</b> : Caractéristiques des stations de référence et périodes d'observation	29
<b>Tableau 4</b> : Précipitations moyenne mensuelle (mm) pendant les deux périodes de référence	30
<b>Tableau 5</b> : Valeurs thermiques moyennes minimales en (°C) enregistrées dans la forêt	32
<b>Tableau 6</b> : Valeurs thermiques moyennes maximales (°C) enregistrées dans la forêt	32
<b>Tableau 7</b> : Températures moyennes mensuelles et annuelles T (°C) de la forêt	33
<b>Tableau 8</b> : Indice de continentalité de la forêt de Zariéffet	34
<b>Tableau 9</b> : Indice de sécheresse estivale de la forêt de Zariéffet	35
<b>Tableau 10</b> : Indice de De Martonne de la forêt de Zariéffet	35
<b>Tableau 11</b> : Etage de végétation du chêne liège dans la forêt de Zariéffet	36
<b>Tableau 12</b> : Valeurs du « Q2 » et étages bioclimatiques de la forêt	38
<b>Tableau 13</b> : Répartition des incendies durant les quinze dernières années	40
<b>Tableau 14</b> : Principales classes de relevés dendrométriques et d'exploitation des arbres échantillons	44
<b>Tableau 15</b> : Principales catégories de santé du peuplement du chêne-liège prises en compte en fonction de « IS »	45
<b>Tableau 16</b> : Données géographiques et topographiques des parcelles d'étude	54
<b>Tableau 17</b> : Tests des effets inter-sujets de la Variable dépendante diamètre des arbres	57
<b>Tableau 18</b> : Tests des effets inter-sujets de la Variable dépendante hauteur des arbres	57
<b>Tableau 19</b> : Tests des effets inter-sujets de la Variable dépendante épaisseur du liège	59
<b>Tableau 20</b> : Tests des effets inter-sujets de la variable dépendante taux de carbonisation	61
<b>Tableau 21</b> : Statistique descriptive du coefficient de corrélation de Pearson	67
<b>Tableau 22</b> : Statistiques descriptive de la productivité par rapport aux défauts (liège de 14 ans)	67
<b>Tableau 23</b> : Effet inter sujet de la variable dépendante productivité du liège	70
<b>Tableau 24</b> : Effet inter sujet de la variable dépendante indice de santé	73
<b>Tableau 25</b> : Limite du taux de carbonisation pour les trois catégories d'arbres	78

## Liste des planches

Titre	Page
<b>Planche 1</b> : Adaptation phénologique du chêne liège	7
<b>Planche 2</b> : Quelques Aspects botaniques du chêne liège	8
<b>Planche 3</b> : Bois et racines du chêne liège	9
<b>Planche 4</b> : Production de plants forestiers en hors-sol cas du chêne-liège	11
<b>Planche 5</b> : Mode de régénération du chêne liège	12
<b>Planche 6</b> : Comportement du chêne liège après incendie	24
<b>Planche 7</b> : Zarieffet- Etat des lieux post-incendie durant le mois de mai 2021	42
<b>Planche 8</b> : Matériels utilisés dans l'échantillonnage	44
<b>Planche 9</b> : Arbre récupérable	46
<b>Planche 10</b> : Arbre irrécupérable	47
<b>Planche 11</b> : Arbre mort	47
<b>Planche 12</b> : Technique d'extraction du cala du liège de l'arbre	48
<b>Planche 13</b> : Polissage des échantillons de liège leur numérisation par un scanner	48
<b>Planche14</b> : Technique d'évaluation du taux de carbonisation du liège	49
<b>Planche 15</b> : Mesure du taux de carbonisation par le logiciel Motic plus	49
<b>Planche 16</b> : Variation du taux carbonisation (a : 25%, b :30%)	60
<b>Planche 17</b> : Liège attaqué par les fourmis et les oiseaux (pic tronc)	62
<b>Planche 18</b> : Apparition des défauts du liège doublé et du charbon de la mère	62
<b>Planche 19</b> : Sujet irrécupérable rongé par le défaut « galeries d'insectes »	64
<b>Planche 20</b> : Sujet mort produisant du liège terreux	64
<b>Planche 21</b> : Liège attaqué par une colonie de fourmis ( <i>Crematogaster scutellaris</i> )	76
<b>Planche 22</b> : Attaque du grand capricorne du chêne liège (a : l'imago ; b : les trous d'entrée)	76
<b>Planche 23</b> : Arbres irrécupérables infestés par le charbon de la mère	77

## Liste des abréviations

FAO : Organisation des Nation Unies pour l'Alimentation.

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

CEMAGREF : Centre d'Etude du Machinisme Agricole et du Génie Rural des Eaux et Forêts.

CIPS : Le Code Internationale des Pratiques Subericoles.

D.G.F : Direction Générale des Forêts.

ha : Hectare.

ISO BS : Norme Internationale de la British Standard.

Qx : Quintaux, unité de pesée du liège en forêt.

r : Coefficient de corrélation.

$R^2$  : Coefficient de détermination.

W/m°C : Watt par mètre degrés Celsius.

## Sommaire

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

### **Chapitre I**

#### *Généralités sur le chêne liège*

I.1-Description générale du chêne liège	4
I.1.1-Répartition géographique	4
1.1.1.1 – Dans le monde	4
1.1.1.2 - En Algérie	5
I.1.2 - Principales caractéristiques botaniques	6
I.1.3-Exigence écologique	9
I.1.4 - La régénération de chêne liège	10
I.1.4.1 - La régénération naturelle	10
I.1.4.2-La régénération artificielle	10
I.1.4.3-Régénération par rejet et drageon	11
I.1.5 - Aménagement du chêne liège	12
I.2- Généralités sur le liège	13
I.2.1-Formation	13
I.2.2- Les principales menaces sur les subéraies	15
I.3-Généralités sur les incendies de forêts	16
I.3.1- Les incendie en matière de bilan	16
I.4- La répartition des causes d'incendies	18
I.5- La subéraie est les feux de forêts	20
I.5.1-Les dégâts sur l'arbre	20
I.5.2-Les dégâts sur les peuplements et l'écosystème	20
I.5.3-Les dégâts sur le liège	21
I.5.4- - Comportement du chêne liège après incendie	23

### **Chapitre II**

#### *Etude du milieu*

II.1- Milieu physique	27
II.1.2-Localisation géographique	27

II.1.2- Pédologie	27
II.1.3- Géologie	28
II.1.4- Hydrographie	28
II.1.5-Le climat	29
II.1.5.1-Données climatiques	29
II.1.5.1.1-Précipitations	29
1-Répartition annuelle des précipitations	29
2- Répartition mensuelle moyenne des précipitations	30
3- Régime saisonnier des précipitations	31
II.1.5.1.2-Les facteurs thermiques	31
1-Moyenne des minima du mois le plus froid « m »	32
2- Moyenne des maxima du mois le plus chaud « M»	32
3- Températures moyennes mensuelles et annuelles (T°C)	33
II.1.5.2- Synthèse climatique	34
1- Amplitude thermique extrême moyenne ou indice de continentalité	34
2- Indice de sécheresse estivale	35
3- Indice de De Martonne	35
4-Etage de végétation ou zonation altitudinale	36
5-Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen	37
6- Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger	37
II.2- Description forestière	39
II.3 - Production subericole	39
II.4- Incendies	40

**Chapitre III**  
**Méthodologie**

III .1.1- Problématique	42
III .1.2- Choix des forêts et échantillonnage	42
III.2-Technique d'échantillonnage	44
III.3 -Méthode d'évaluation des défauts de liège post incendie	45
1- Les arbres vivants récupérables	46
2- Les arbres vivants irrécupérables	46
3-Les arbres morts	47
III.4-Etude des relations probables entre les défauts et les paramètres des arbres	50
III.5- Traitement des données	50

## **Chapitre IV**

### **Résultats et discussion**

IV.1-Etude du régime de feu dans la forêt de Zariéffet	52
IV.2-Caractérisation des parcelles d'étude	53
IV.1.2- Caractérisation des arbres-échantillons	54
IV.3.1-Diamètres et hauteurs des arbres	55
IV.3.2-Epaisseur du liège	57
IV.3.3-Caractérisation du taux de carbonisation du liège	59
IV.4-Caractérisation des défauts du liège post incendie	61
IV.4.1-Par nomenclature	61
IV.4.2-Par catégorie d'arbres post-incendie	62
IV.4.3-Par origine de défaut	65
IV.5- Etude des relations probables entre les défauts et les paramètres des arbres	66
IV.5.1-Relation défauts/croissance subéreuse	66
IV.5.2-Relation défauts/ réponse physiologique	70
IV.5.3-Relation défaut/ altération phytopathogene	73
	75
IV.5.3.1-La fourmi du liège ( <i>Crematogaster scutellaris</i> Oliv )	
IV.5.3.2-Le Grand Capricorne du chêne ( <i>Cerambyx cerdo</i> L.)	76

IV.5.3.3-Le charbon de la mère	77
IV.5.4-Relation défauts/ épaisseur de carbonisation	78
Conclusion générale	80
Référence bibliographique	84
Annexe	

# Introduction Générale

---

## Introduction générale

Selon la FAO (2013), les forêts à l'échelle planétaire parviennent à la subsistance de plus d'un milliard de personnes et permettent de fournir des emplois salariés à plus de 100 millions d'individus. Elles renferment plus de 80 % de la biodiversité terrestre de la planète et aident à protéger les bassins versants, essentiels à l'approvisionnement en eau propre de la majorité de l'humanité. Cependant, les incendies de forêts sont considérés comme le phénomène le plus grave auquel l'homme et la nature restent sans capacité de lutte définitive. D'après une étude de la FAO réalisée en 2007, au niveau mondial, chaque année, 350 millions d'hectares de boisement sont décimés par des feux, ce qui représente 9% de la superficie totale des forêts et des zones non forestières.

Les forêts méditerranéennes sont au noyau de cette spirale puisque plus de 55 000 incendies parcourent en moyenne chaque année 500 000 à 700 000 ha de forêt méditerranéenne, perpétrant des dommages écologiques et économiques énormes, ainsi que des pertes de vies humaines (Angelidis, 1994 ; Velez, 1999 ).

Ces forêts sont connues d'avoir une capacité d'adaptation à la sécheresse en produisant des substances inflammables comme les huiles essentielles et les résines, ces derniers sont à l'origine des feux et leur propagation (Kazakis et Ghosn,2008).

Le chenet liège est parmi les espèces sclérophylles à feuilles persistantes. Malgré cela, l'inflammabilité du *Quercus suber* est faible par rapport à d'autres espèces de chênes et cette espèce est seulement inflammable pendant la saison estivale (Vallette, 1997).

Cependant l'espèce est parfaitement adaptée aux impacts du feu en raison de la capacité de son liège qui le protège contre les hautes températures (Barberis et al., 2003, U 'beda et al., 2006). Cette protection au moment de l'incendie offre une bonne régénération aux bourgeons dormants après le passage du stress. C'est pour cette raison que le chêne liège est considéré comme l'espèce le plus résilient des arbres forestier méditerranéens (rejets aérien et de souche) (Pausas, 1997; Silva et Catry, 2006).

Par contre, quand le passage du feu coïncide avec la période de levée et de renouvellement de l'écorce les dégâts sont importants induisant directement à la mort de l'arbre (Barberis et al.,2003).

Trabaud et Galitie (1996) avancent que dans les zones brûlées trois fois consécutives, la surface occupée par *Quercus suber* est réduite en faveur d'un maquis dense, et dans les régions ayant moins de feux récurrents, sa distribution reste élevée, tout comme la diversité des espèces végétales et animales qui l'accompagne.

## Introduction Générale

---

En termes d'économie forestière, les pertes dues aux incendies des suberaies ont été évaluées à 40 million d'Euros dans le cycle de neuf ans qui suit les incendies. Outre, pour les producteurs sinistrés, les dégâts ont été estimés à plus de 100 million d'Euro en ce qui concerne les programmes de protection et de réhabilitation (Elena Rosselló, 2004).

En Algérie, la superficie du chêne liège a connu une régression importante depuis les années 1990, à cause d'une série d'incendies criminelles ayant parcouru de grandes surfaces, soit un chiffre de 63 328 ha en 1994 pour une moyenne annuelle de 10 368 ha de 1993 à 2003 ( Dehane et al.,2013).

Notre travail menu dans la suberaie de Zarieffet à pour objectif essentiel d'analyser cette capacité d'adaptation du chêne liège au stress post-incendie par l'identification des défauts du liège. Il était question de savoir avec quel type d'anomalies les arbres rescapés restent vivants ou virent vers la mortalité après 14 années du dernier incendie. Nous avons scindé notre travail en quatre chapitres :

Le premier chapitre donne un aperçu sur le chêne liège et le liège et sur les incendies.

Le deuxième explique le milieu d'étude

Le troisième chapitre présente la méthodologie adoptée sur le terrain.

En fin le quatrième chapitre présente les résultats obtenus et leur discussion.

# **Chapitre I**

## **Généralités sur le chêne liège**

## I.1-Description générale du chêne liège

Le chêne liège (*Quercus Suber* L.) est un arbre à feuilles persistantes du genre *Quercus*, famille des Fagacées. C'est un arbre qui existe en Méditerranée Occidentale depuis l'ère tertiaire, ce qui lui donne une soixantaine de millions d'années d'existence (Ozenda, 2000). L'originalité de cette espèce est de produire une écorce épaisse le « liège », matériau assez unique pour ses propriétés physiques, chimiques et esthétiques (Amandier, 2002).

Il a été décrit pour la première fois par L'innée en 1753 (Natividade, 1956).

### -La taxonomie retenue pour le chêne liège est la suivante

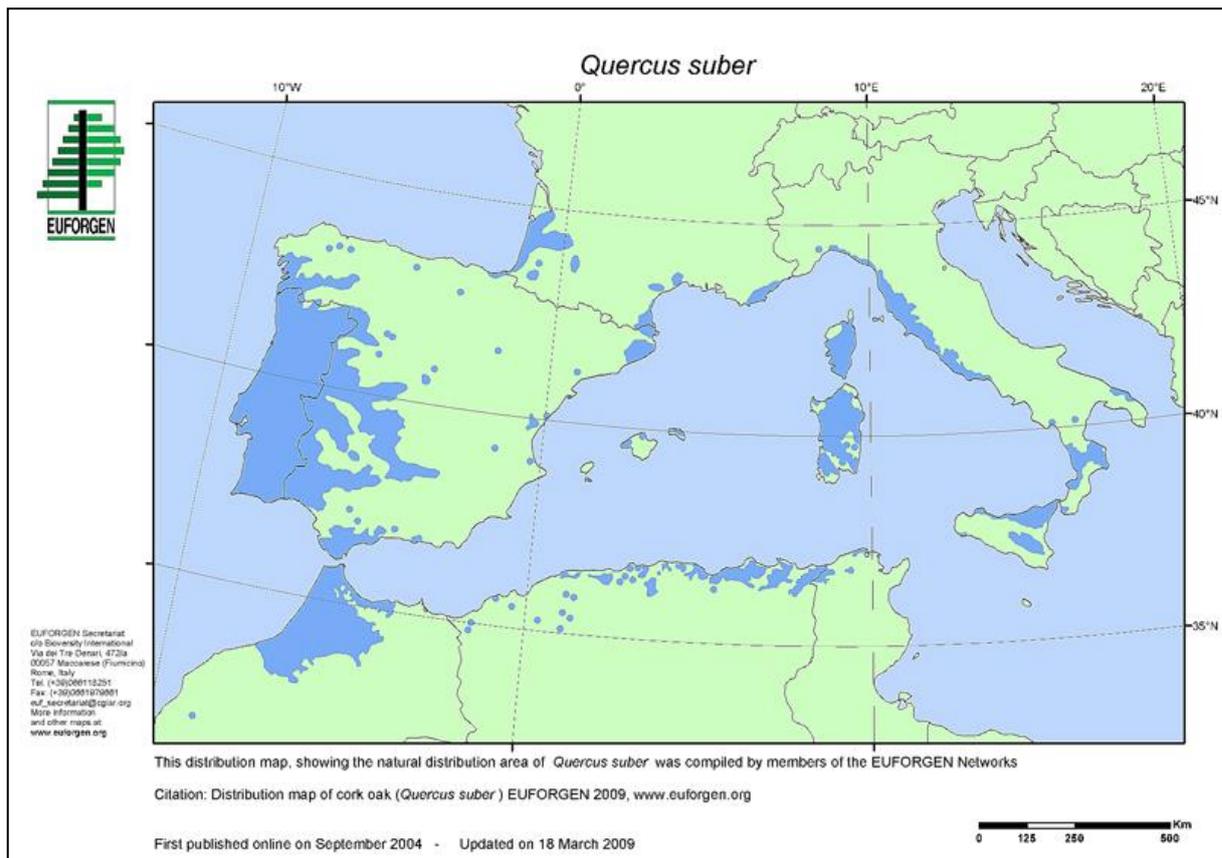
*Règne : végétal	*Ordre : Fagales
*Embranchement : Spermaphyte	*Famille : Fagaceae
*Sous embranchement : Angiosperme	*Sous famille : Quercoideae
*Classe : dicotylédones	*Genre : <i>Quercus</i>
*Sous classe : Apétales	*Espèce : <i>Quercus suber</i> L

### I.1.1-Répartition géographique

#### 1.1.1.1 – Dans le monde

Le chêne-liège est circonscrit à la région de la méditerranée occidentale et déborde le long du sud de la façade atlantique, où les influences de la mer et de l'océan permettent de tempérer la grande amplitude des oscillations thermiques et l'aridité de la saison d'été du climat méditerranéen au sens strict (Cantat et Piazzetta, 2005).

L'espèce est signalée seulement dans sept pays (Fig.1) dont quatre d'Europe méridionale (Portugal, Espagne, France et Italie) et trois d'Afrique du Nord (Maroc, Algérie et Tunisie) (Zeraia, 1981 ; Letreuch Belarouci, 2002).



**Figure1** : Aire de distribution du chêne-liège (EUFORGEN, 2009)

Le chêne-liège totalise plus d'un million et demi d'hectares en Europe et près d'un million d'hectares en Afrique du Nord (Pausas et al., 2006). En effet, la superficie réelle de ces forêts est mal définie en raison de la régression importante de son étendue à cause des incendies et du dépérissement et du surpâturage particulièrement dans les pays du Maghreb.

### 1.1.1.2 - En Algérie

En Algérie les subéraies se localisent essentiellement dans la région Algéro-Tunisienne sur une distance de 600 km. La tache la plus dense et la plus contenue s'étend de Bejaia au Kroumirie le long du littoral. L'espèce fait aussi des inclusions dans les montagnes sur une bande ne dépassant pas 70 km (Chihab et Aouad, 1998). Dans le Centre et l'Ouest, les subéraies se présentent sous forme de petites forêts très disséminées dont les extrêmes au sud dont celui de Tniet El Hâad, à 85 km de la mer et celui de Tagdempt à 120 km (Saccardy, 1937) (Fig.2).

Actuellement les subéraies occupent une superficie potentielle de 440 000 ha entre forêt proprement dites et maquis, la superficie productive est de l'ordre de 220 000 ha (D.G.F., 2004)

A l'ouest algérien, la superficie de chêne liège est minimale. Elle représentait 9400 ha dans les années 1940 (Thinton ,1948). Actuellement , elle ne dépasse pas 6500ha (Dehane, 2012) ( Fig .2).

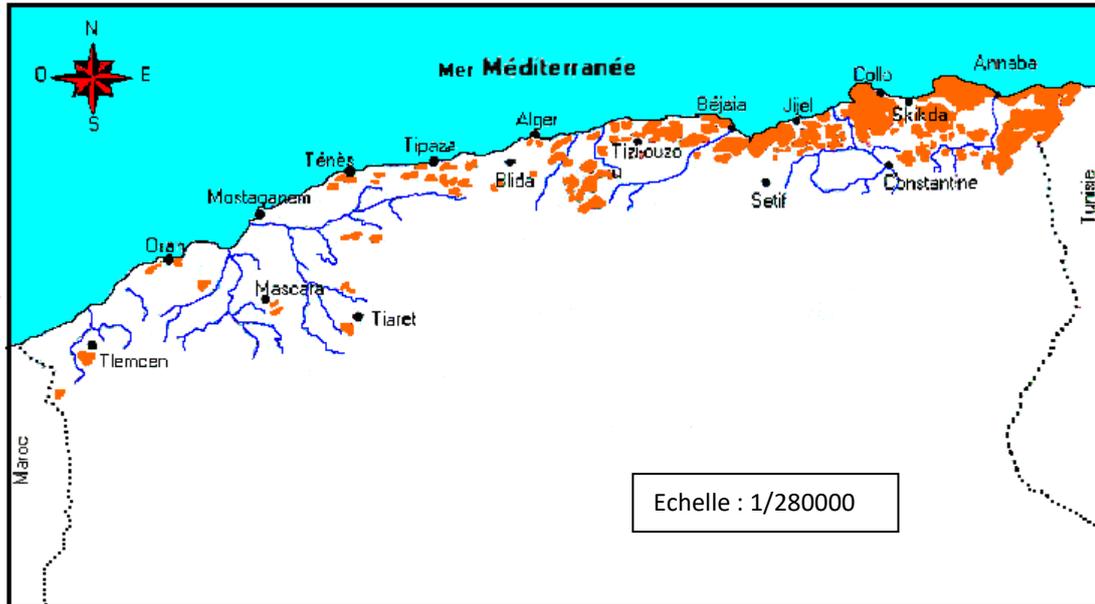


Figure 2 : Aire de répartition du chêne liège en Algérie (Zeraia, 1981)

### I.1.2 - Principales caractéristiques botaniques

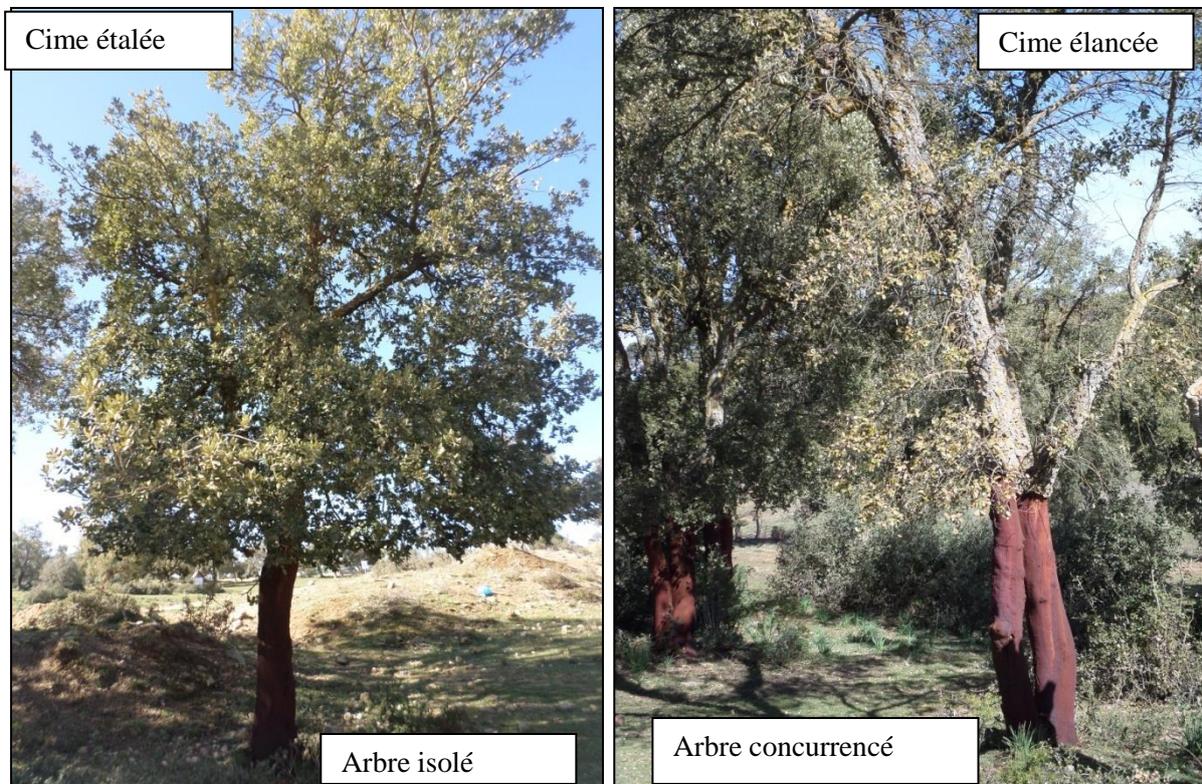
Le genre *Quercus* contient une multitude d'espèces, soit environ 550 dont 6 existent en Afrique du Nord (Natividade,1956) .

Cette espèce est d'une variété très marquée à cause de la diversité phénotypique et génétique du chêne liège, mais aussi à la grande hybridation naturelle avec le chêne vert

La taille de l'arbre ne peut que rarement dépasser 20 m. La hauteur moyenne varie entre 10 à 15 m dans la plupart des subéraies (Seigue, 1985). Les principales caractéristiques botaniques sont les suivantes :

- ✚ **La circonférence** du tronc varie de 60 cm pour les jeunes sujets à 4 mètres pour les vieux arbres. Les deux branches principales se ramifient en moyenne sur 3 m de hauteur du sol (Saccardy, 1937).

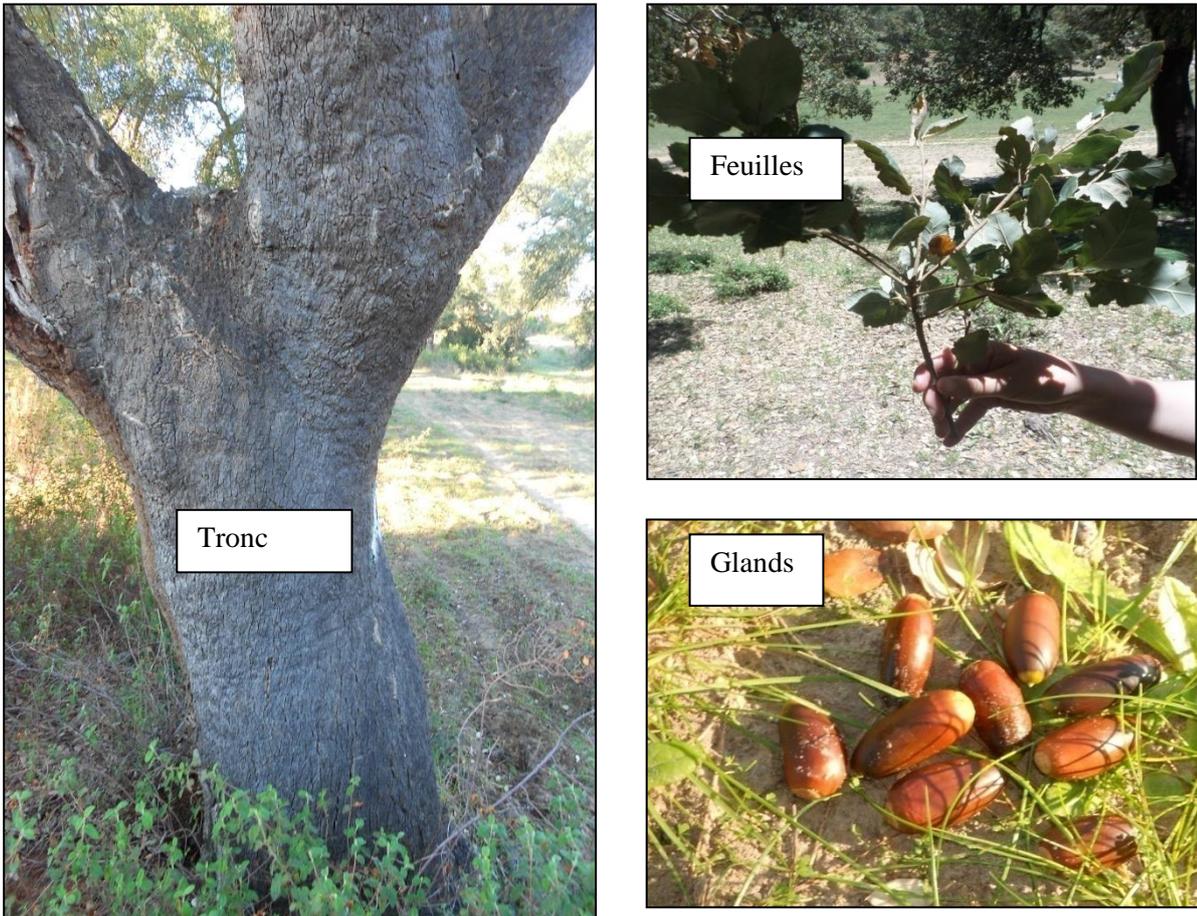
- ✚ **La cime** est large bien étalée sur les arbres solitaires et les peuplements clairs. En peuplements embroussaillés et concurrencés par le sous bois l'aspect devient élancé (Vignes, 1990) (Pl.1).
- ✚ **Les rameaux** sont ondulés, recouvert de poils mous et verdâtres à leur jeune âge, puis brun clair avec de grands pores (Jacamon, 1987).
- ✚ **L'écorce** est de couleur grise, qui se crevasse verticalement sur des épaisseurs larges du liège surtout pour le liège mâle ou très souvent pour le liège de reproduction (Maire, 1961). On trouve cette écorce généralement depuis les racines, le tronc et les branches dès que l'arbre à atteint l'âge de cinq ans (Natividade, 1956).



**Planche 1 :** Adaptation phénologique du chêne liège (Khobzaoui, 2021)

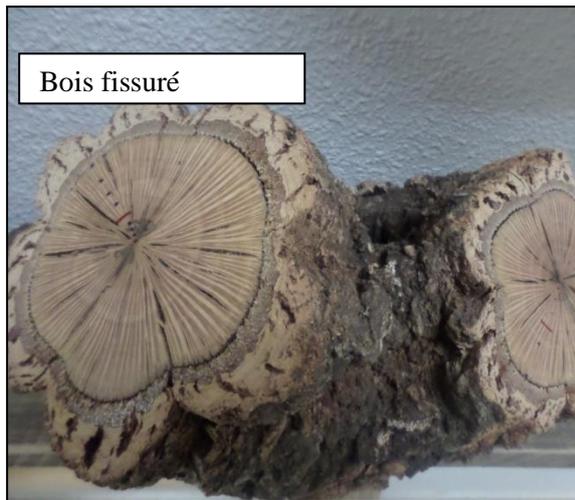
- ✚ **Longévité du chêne liège** est très réduite par les opérations de démasclage et de l'écorçage du liège. Elle peut aller à 100 ans dans l'étage du semi aride à cause de la sécheresse et des conditions défavorables de croissance. Par contre, dans l'étage subhumide, cette longévité atteint les 200 et 300 ans. Elle peut franchir jusqu'à 500 ans sur les arbres jamais démasclés (Bouchafra et Fraval, 1991 ; Vignes., 1990).
- ✚ Selon la classification de Raunkiaer (1934), l'espèce est un **mésophanérophyte** avec une période de floraison entre avril et mai.

- ✚ **Le fruit** qui est appelé communément « gland », est court et large, circulaire au sommet. Sa longueur varie entre 2,5 et 3 cm. La première fructification commence ordinairement vers l'âge de 15 ans. Dès l'automne, les glands deviennent très mures puis se détachent de leurs cupules et tombent par terre. Au printemps suivant, une nouvelle germination de glands commence due aux réserves hydriques importants dans le sol associé aux premières chaleurs (Karem, 2008)(Pl.2).



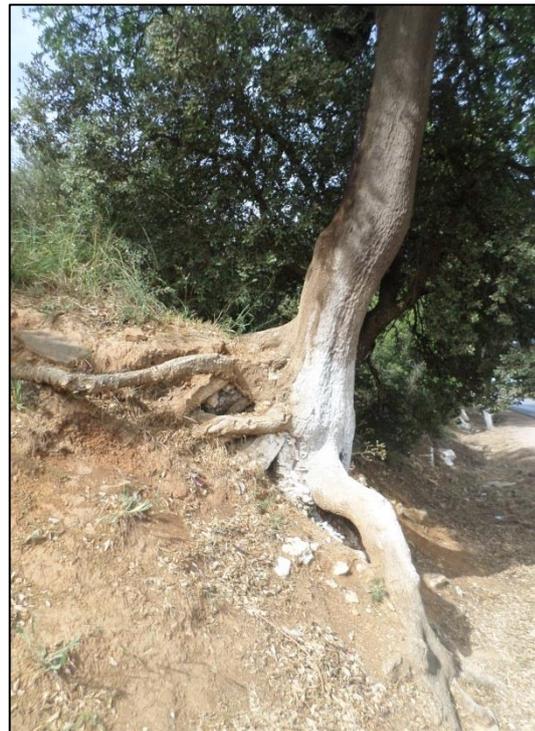
**Planche 2 :** Quelques Aspects botaniques du chêne liège(cliché Dehane 2019)

- ✚ **Système racinaire** est très puissant, il peut aller jusqu'à 22 à 32 m de profondeur avec un enracinement pivotant. Dans les endroits rocheux et les sols pauvres il se détient en produisant de fortes ramifications latérales (Sauvage, 1960 ; Saccardy, 1937).
- ✚ **Le bois** est mi-lourd, compact, d'une densité moyenne de  $0,7(\text{kg}/\text{dm}^3)$ , difficile à travailler car il se fend en séchant et d'une résistance forte au cisaillement ( $5,9 \text{ kg}/\text{m}^3$ ) (Berrichi et al., 2010) (Pl.3).



**Planche 3 :** Bois et racines du chêne liège

(cliché Dehane, 2021)



Enracinement traçant

### I.1.3-Exigence écologique

On ne trouve pas le chêne-liège nulle part ailleurs dans le monde à l'état naturel à l'exception des 7 pays connus. Tous les essais d'introduction se sont soldés par des échecs (Amérique, Russie, Japon notamment). Il exige des conditions typiques à sa croissance d'où son aire restreint en méditerranée occidentale et la façade atlantique (Saccardy, 1937 ; Bertrand,2007 ) :

- ✚ Le chêne-liège exige un fort ensoleillement puisque la saison végétative commence du mois d'Avril et s'achève au mois d'Octobre. L'espèce est signalée aussi comme une essence de pleine lumière ce qui a une influence sur certains paramètres morphologiques (hauteur et circonférence).

L'espèce est thermophile et frileuse penchant surtout vers le climat chaud offrant une température entre 14 et 17°C. Il se localise de préférence dans les altitudes sur les versants chauds. L'essence est très sensible aux fortes gelées de -5°C.

- ✚ Son développement nécessite une hygrométrie journalière d'au moins 60% et une pluviométrie annuelle comprise entre 500 et 1 200 mm.

- ✚ Le chêne est une essence calcifuge stricte s'adaptant rarement avec les sols gorgés d'eau et préfère surtout les sols siliceux et acide (schiste, grès, gneiss, granite). Il s'accommode des sols pauvres, squelettiques ou lourds (riches en argiles), mais recherche préférentiellement des textures légères (sables), biens aérées et riches en matière organique.

**I.1.4 - La régénération de chêne liège****I.1.4.1 - La régénération naturelle**

La régénération naturelle des peuplements de chêne liège se heurte depuis longtemps à des contraintes complexes par le fait de la dégradation de l'état sanitaire et de vieillissement avancé des arbres et le pâturage intense. Les années de mauvaise glandée sont très fréquentes. Durant les années de bonne glandée le ramassage excessif des glands entrave la régénération naturelle de l'espèce (Messaoudenne, 1996).

Le Code Internationale des Pratiques Subericoles (CIPS, 2006) considère que la régénération naturelle est la meilleure option pour la pérennité de l'espèce puisqu'elle provient in situ d'arbres très adaptés à leur milieu naturel. Cette méthode ne peut atteindre ses objectifs sans l'introduction d'une faune adaptée en mesure de disséminer naturellement les glands puisque l'espèce a un pouvoir de dispersion assez faible ou barochore (Debussche et *al.*, 2001).

La régénération naturelle peut être obtenue par plusieurs stratégies (Adrián et Calvo, 2006):

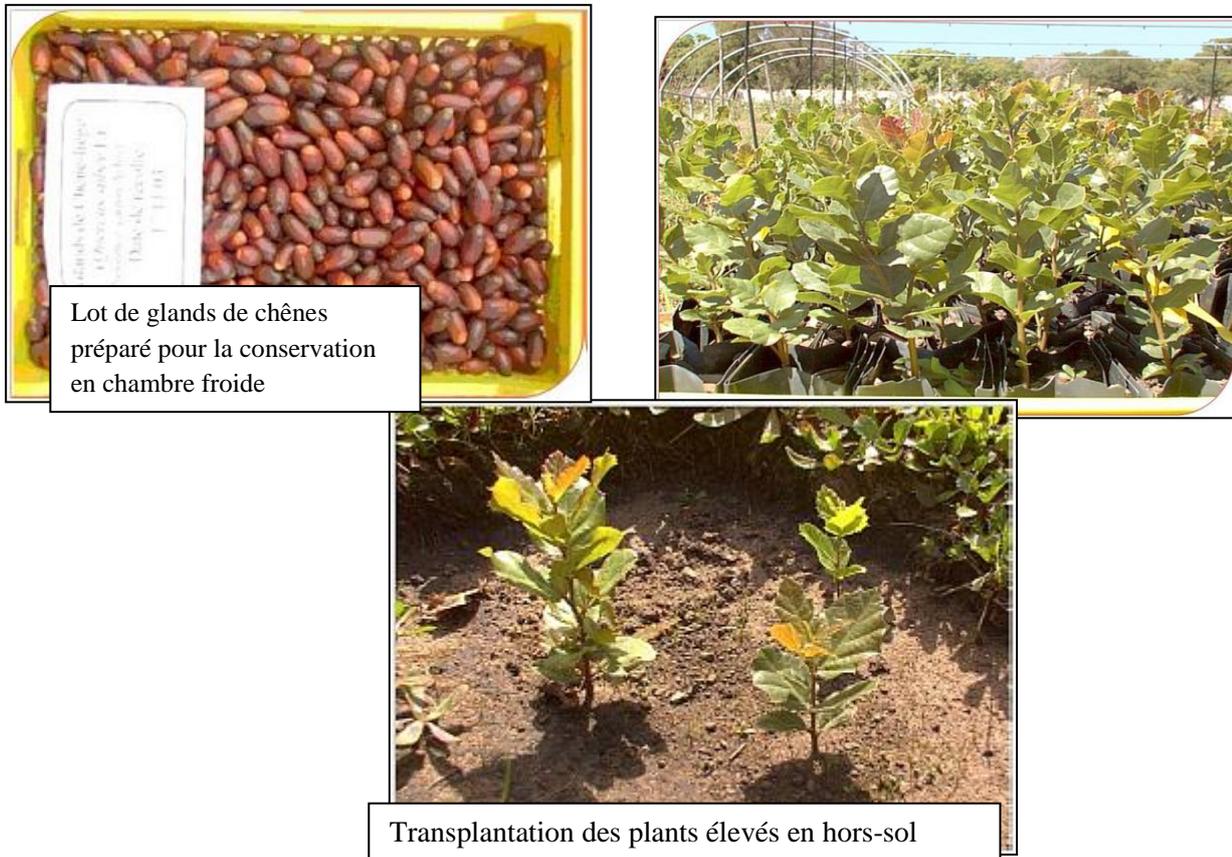
- ✚ La régénération naturelle stricte, qui consiste à une mise en défend volontaire des peuplements pour une période décidée par le gestionnaire. Cette méthode permettra à la nature de prendre le dessus sur les activités humaines ainsi que la pression de leurs troupeaux.
- ✚ La régénération naturelle assistée qui nécessite l'intervention du gestionnaire par les travaux sylvicoles avec lesquelles on repère les petits arbres d'avenir qui se sont naturellement recouvert de sous-bois, ce qui les a rendus inaccessible aux troupeaux et à la faune sauvage. Ces jeunes plants de 1 à 1,5m de hauteurs feront l'objet d'une taille de formation et des opérations de débroussailllements périodiques pour dégager le sous bois concurrent.

**I.1.4.2-La régénération artificielle**

Cette méthode de régénération donne des résultats probants dans les pépinières et les arboretums (Pl.4), Par contre, dans les opérations de reboisement et de plantation à grande échelle, elle devient très onéreuse et très difficile avec des résultats très souvent décevants et compromis. En Algérie elle a connu un échec total à cause :

- ✚ Du non respect des techniques de plantation.
- ✚ Absence des pépinières au niveau des subéraies.
- ✚ La mauvaise qualité des plants.

- + La dessiccation estivale des plants.
- + Manque de suivi et d'entretien
- + Absence d'une mise en défend.
- + Incendies répétés.



Lot de glands de chênes préparé pour la conservation en chambre froide

Transplantation des plants élevés en hors-sol

**Planche 4 :** Production de plants forestiers en hors-sol cas du chêne-liège (Chouial, 2003)

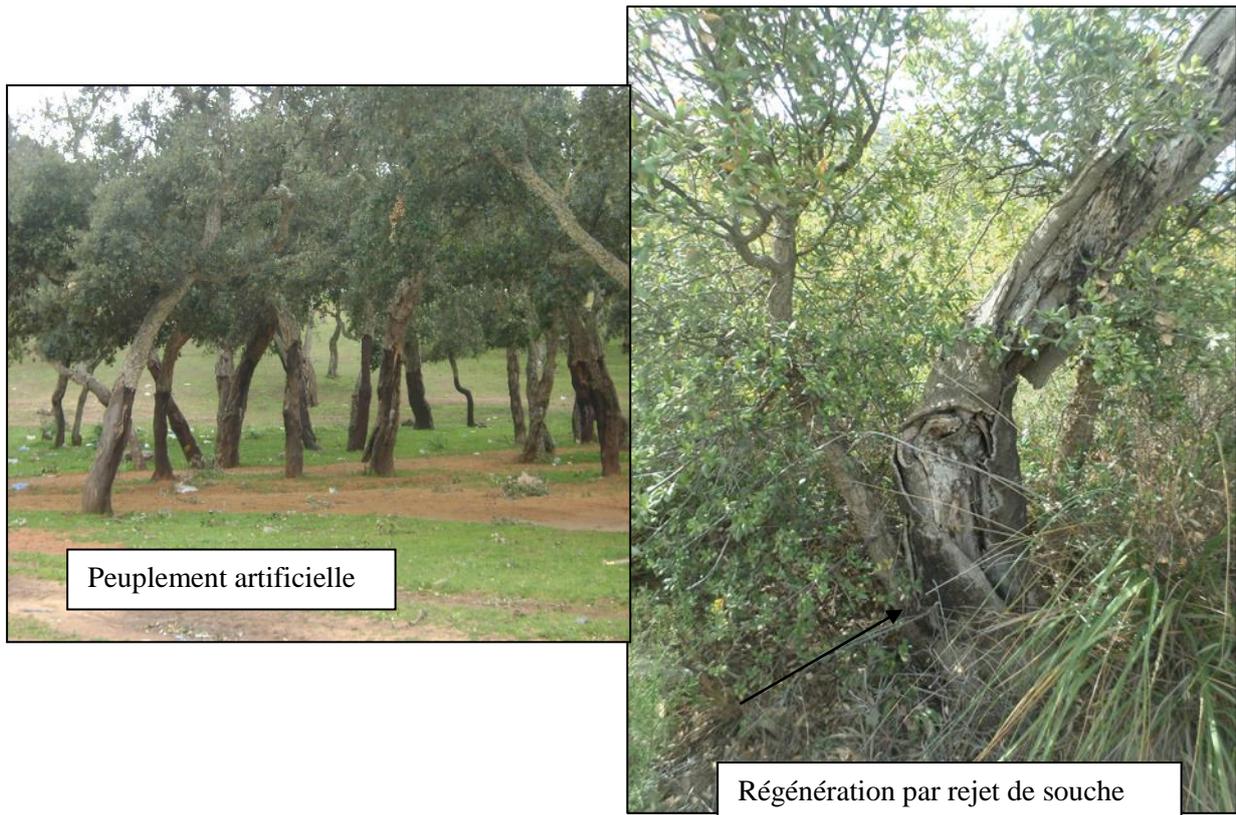
#### I.1.4.3-Régénération par rejet et drageon

La pérennité du chêne liège peut être assurée naturellement ou volontairement, en cas de stress intense, par rejets de souche (surtout par un incendie ou autre stress). L'espèce est réputée de rejeter vigoureusement jusqu'à un âge avancé pourvu que les jeunes rejets disposent de beaucoup de lumière. Ces rejets possèdent une croissance assez rapide du fait des réserves accumulés dans la souche.

Selon Boudy (1952), jusqu'à un âge de 75 et 80ans, les souches produisent d'excellents rejets et selon les conditions écologiques. Il a été constaté que les forêts d'Algérie et de la Tunisie dont les conditions climatiques et édaphiques sont particulièrement favorables, la régénération par rejets peut aller jusqu'à 100ans.

Saccardy (1937), à son tour montre que le chêne liège n'est pas réputé de drageonner abondamment. Pourtant, il est constaté que certains de ces racines traçantes émettent des drageons surtout après un incendie ou sur les tranchées.

Selon Belghazi et al., (2001), la régénération par rejets de souches n'est qu'une solution temporaire à une situation de dégradation, la régénération de la subéraie ne sera obtenue efficacement qu'à l'aide des semis naturels ou artificiels (Pl.5).



**Planche 5 :** Mode de régénération du chêne liège (Khobzaoui, 2021)

### **I.1.5 - Aménagement du chêne liège**

En absence d'aménagement et de gestion, la subéraie est une forêt menacée de disparition et d'abandon, son passé et son avenir sont toujours façonnés par l'homme. Si elle est abandonnée, les essences secondaires et la masse ligneuse du sous-bois serrent le peuplement et évincent peu à peu le chêne-liège. Le maintien de la subéraie dépend en grande partie des formes de gestion que le propriétaire projette.

D'après Yessad (2001), la futaie régulière est généralement la plus prescrite au chêne-liège parce qu'elle assure une production du liège de reproduction périodique et de bonne qualité.

Etant donné que les forêts en Algérie se trouvent rarement sous la forme équienne, l'aspect le plus dominant est la forme jardinée où s'entremêlent des sujets de divers âges et dimensions. La subericulture en subéraie irrégulière se caractérise par une production de liège régulière durant la vie du peuplement où sur 1 ha de chêne liège, les arbres de différentes classes de diamètres se juxtaposent et où les jeunes arbres assurent l'avenir du peuplement et donc la production (Riffard &al., 2008). Actuellement, les subéraies sont plus modifiées par les phénomènes récurrents des incendies, les notions de gestion et de réhabilitation supplantent tous procédé d'aménagement.

Quel que soit le traitement (régulier ou irrégulier), les opérations de sylviculture sont toujours associées aux récoltes cycliques de liège ( 10 à 15 ans) : Les opérations sylvicoles porteront particulièrement sur les coupes sanitaires des sujets malades et très vieux, sur le dégagement et sur le nettoyage et sur le dépressage et le débroussaillage ( Lombardini, 2012).

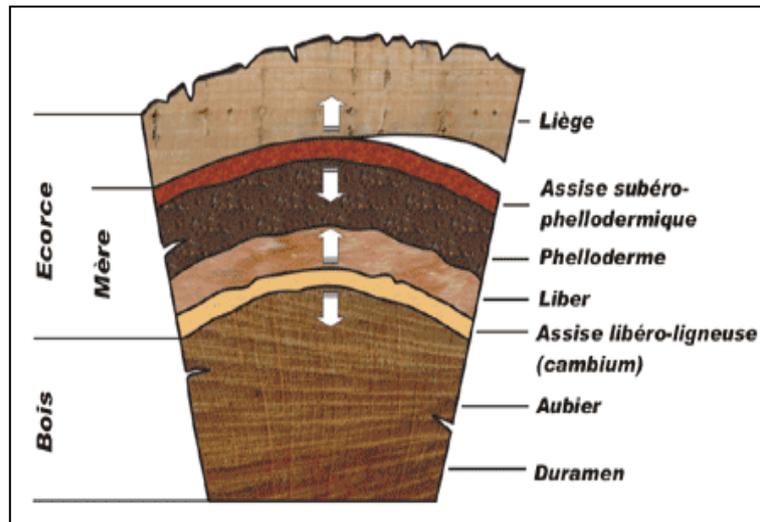
La méthode de taillis simple est appliquée lorsque le gestionnaire a pour objectif la production du bois et du liège mâle.

## **I.2- Généralités sur le liège**

Le liège est un produit naturel provenant de l'assise cambiale et corticale de l'arbre. C'est un tissu non ligneux et spongieux, élastique renfermant une myriade de cellules mortes liées par une substance suberifiée le rendant imperméable à l'eau et aux gaz. Cette caractéristique donne au liège des propriétés très utiles pour l'industrie : un faible poids, une grande élasticité et une grande résistance mécanique. Il bénéficie aussi d'une caractéristique isolante contre la chaleur (empêche la propagation du feu), le froid, le son et les vibrations. (Yessad, 2001 ; Dehane, 2006).

### **I.2.1-Formation**

La croissance en diamètre de la tige de chêne-liège résulte de deux assises génératrices de cellules. La première vit à l'intérieur de l'arbre dans l'aubier et le liber et constitue l'assise libéro-ligneuse. Son rôle est d'assurer la montée et la descente de la sève dont se nourrit le cambium pour donner le bois dur vers l'intérieur et aussi le phelloderme vers l'extérieur. Cette assise subéro-phellodermique est située entre le liège et le liber. Cette assise produit vers l'extérieur le liège (Yessad, 2001) (Fig.3).



**Figure 3** : Coupe schématique d'un tronc de chêne liège (IML, 2006)

Le chêne liège donne deux types de liège très prisés dans l'industrie de transformation du liège.

- ✚ Le liège mâle : c'est un tissu naturel qui couvre la totalité de l'arbre, tronc et ramification. Il se colle éternellement à l'arbre sauf s'il est récolté volontairement et peut atteindre 20 à 30 cm d'épaisseur. C'est un produit vierge de l'arbre d'une qualité médiocre le rendant très élastique, siliceux et très crevassé. Il peut être écorcé de l'arbre lorsque ce dernier a atteint une circonférence d'environ 70 centimètres à 1,30 mètres du sol, à un âge compris entre 30 et 40 ans, lors de l'opération appelée démasclage (Pouillaude, 1957).
- ✚ Le liège de reproduction de meilleure qualité et d'aspect que le précédent, son épaisseur marchande doit être égale au moins à 27 mm pour être exploitée, soit une rotation de 9 à 12 ans en moyenne. Les cycles précoces de 9 ans sont atteints ordinairement proche du littoral (Pereira, 2007) (Fig.4).

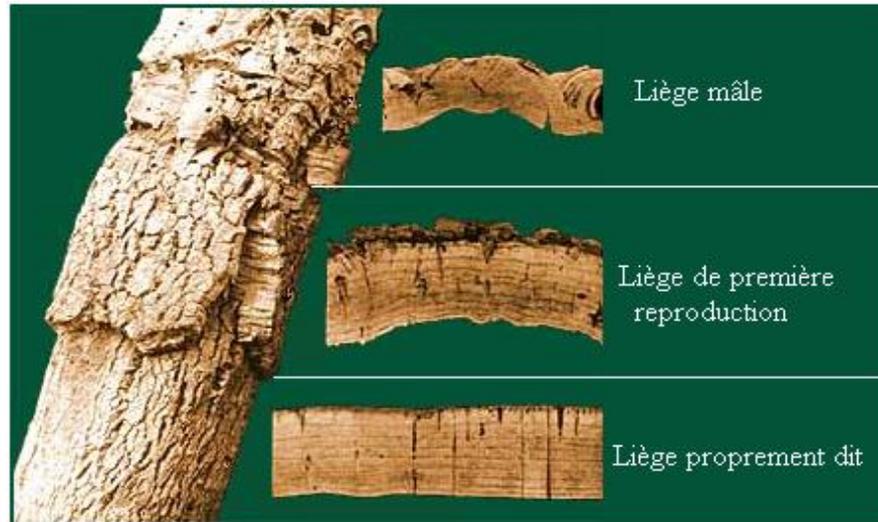


Figure 4: Tronc d'un chêne liège dans sa troisième récolte (Natividade, 1956)

### I.2.2- Les principales menaces sur les subéraies

En plus de son caractère économique et social, la subéraie est un milieu ouvert et à la fois soumis à une intense pression anthropique associée à une fluctuation des phénomènes écologiques aggravant qui ne cessent de s'intensifier. L'homme a participé négativement à rompre l'équilibre qui existe depuis jadis entre la végétation, le sol et le climat. Il a perturbé les écosystèmes par le pâturage, le défrichement, l'incendie, et les coupes illicites d'arbres précieuses. Cette exploitation non réglementée associée à une agriculture non appropriée a provoqué la régression spatiale du chêne liège (Nsibi et al., 2006).

D'autres facteurs sont pointés de doigt et considérés comme des facteurs d'affaiblissement et d'achèvement des arbres et des peuplements dont on cite :

- Les attaques d'insectes ravageurs et xylophages comme *Lymantria dispar*, *Cerambyx cerdo*, *le platypus cylindrus* (Harrachi, 2000).
- Les champignons pathogènes et mortels de l'ordre: *Biscogniauxia mediterranea* ou *Hypoxylon mediterraneum* (charbon de la mer), *Diplodia corticola*, *Phytophthora cinnamomi* (maladie de l'encre) (Sousa et Kadiri, 2005).
- La destruction des sols par l'érosion et l'introduction des machines lourdes lors des travaux (Benabid, 1989).

Mais le phénomène le plus menaçant sur les subéraies reste incontestablement les incendies.

### I.3-Généralités sur les incendies de forêts

#### I.3.1- Les incendie en matière de bilan

Chaque année, des incendies se déclarent sur plusieurs centaines de millions d'hectares de forêts causant la disparition de plusieurs formations végétales à travers le monde. Les chiffres mentionnent que chaque année 1% du couvert végétal est soustrait du capital boisé de la terre, soit 350 millions d'ha (Angelidis, 1994).

En méditerranée, et en raison de la saison sèche estivale, le feu est considéré comme la principale menace qui rode constamment sur les forêts. Durant la période 1995-2004, pas moins de 50 000 foyers ont été enregistrés et ont conduit à la perte de 700 000 jusqu'à 1 million d'ha de forêts (CEMAGREF, 2006).

Le tableau 1, illustre quelques données sur les feux de forêts en méditerranée entre 1990 et 1999.

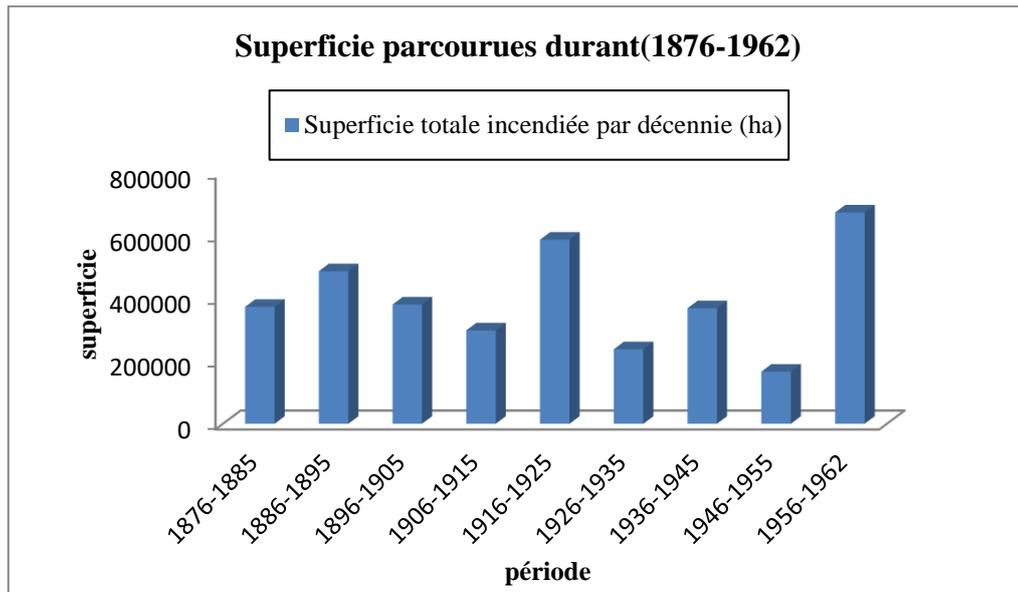
**Tableau 1** : Nombre de feux et superficie brûlées en méditerranée entre 1990-1999

(DimitraKopoulos & Mitsopolous, 2006)

Pays	Nombre de foyers	Surface brûlée (ha/an)	Taux brûlé/feu (%)
Portugal	28143	143 695	5,11
Espagne	20482	109 345	5,34
Italie	8608	78 100	9,07
France	5172	23 462	4,54
Turquie	1914	9 213	4,81
Grèce	1796	38 912	21,67
Algérie	1671	64 281	38,47
Maroc	315	3340	10,60
Chypre	156	1955	12,53
Tunisie	101	1900	18,81

Depuis vingt ans, les gestionnaires forestiers algériens sont confrontés à une tendance générale de recrudescence des phénomènes d'incendie conduisant à la perte des surfaces boisées et à la disparition de la biodiversité.

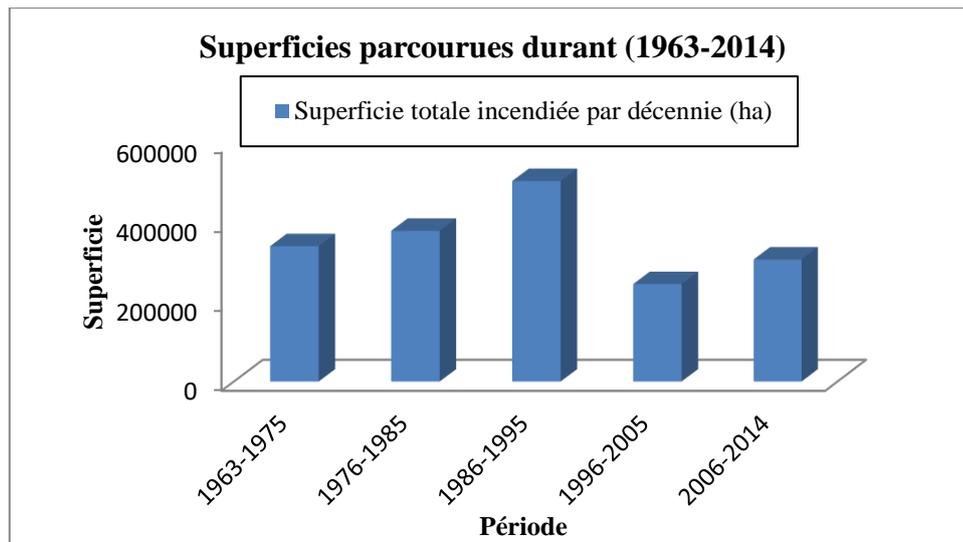
Les statistiques des services forestiers et certains auteurs font état de 3 570 875 ha disparus sur une première période relativement longue de 1876 à 1962, soit une moyenne de 41 258 ha chaque année (Meddour et al., 2007) (Fig.5).



**Figure 5:** Superficies forestières brûlées en Algérie pendant la période coloniale (1876-1962) (Meddour et al., 2007)

Cette période était la plus désastreuse pour le patrimoine forestier Algérien, les archives enregistrent une superficie calcinée au napalm de l'ordre 220 000 ha rien qu'aux Aurès (Sari, 1976).

Après l'indépendance, les forêts d'Algérie ont vécu une certaine réduction de l'ordre de 50%, soit une superficie parcourue par le feu de 1 780 797,98 ha enregistrée durant la période 1963-2014, avec une moyenne de 34917,60 ha/an (Meddour et al., 2007 ; DGF,2014) (Fig.6).



**Figure 6:** Superficies forestières brûlées en Algérie depuis l'indépendance (1963-2014)  
(Meddour et al., 2007 ; DGF, 2014)

Selon Meddour et al.( 2007) et la DGF (2014), malgré cette tendance d'accalmie, certaines années ont été très néfastes à la forêt algérienne et ont conduit à la destruction en une seule année de plus 40 000 à 60 000 ha particulièrement durant les années 1990 et 2012. Toutefois, on reste significativement loin des incendies catastrophiques de 100 000 à 150 000 ha de la période coloniale.

#### I.4- La répartition des causes d'incendies

La compréhension et par la suite la détection des origines des incendies est la base de toute politique de prévention efficace. En effet, lorsque les causes de feu sont connues, il est alors plus facile de les supprimer par la mise en œuvre d'actions ciblées et concrètes et de limiter ainsi le nombre de feux.

Selon Sahar et Bouisset (2013), une enquête menée sur une zone très menacé par les incendies en Algérie a révélé que les causes involontaires (négligence) sont attribuées à deux facteurs principaux :

- ✚ les reprises de feu, dues à une erreur d'appréciation de la part des équipes de sapeurs pompiers qui ne s'assurant pas de l'extinction totale du feu quittent hâtivement les lieux (91,49 % des questionnés mentionnent ce facteur) ;

- ✚ L'imprudence et la négligence des agricultures qui utilisent le feu des chaumes pour chasser les troupeaux étrangers de leurs terres sont dans 80,14 % des cas responsables des feux de forêts.

Pour les incendies volontaires (malveillance), les causes sont attribuées à :

- ✚ Au défrichage et aux changements d'utilisation des terres (77,30 %) est la première citée devant la pyromanie (67,38 %) ;
- ✚ la collecte de miel sauvage (62,41 %). Les décharges sauvages et le brûlage des ordures.

La figure suivante résume d'une manière globale les causes directes et indirectes des déclenchements des incendies de forêts en Algérie.

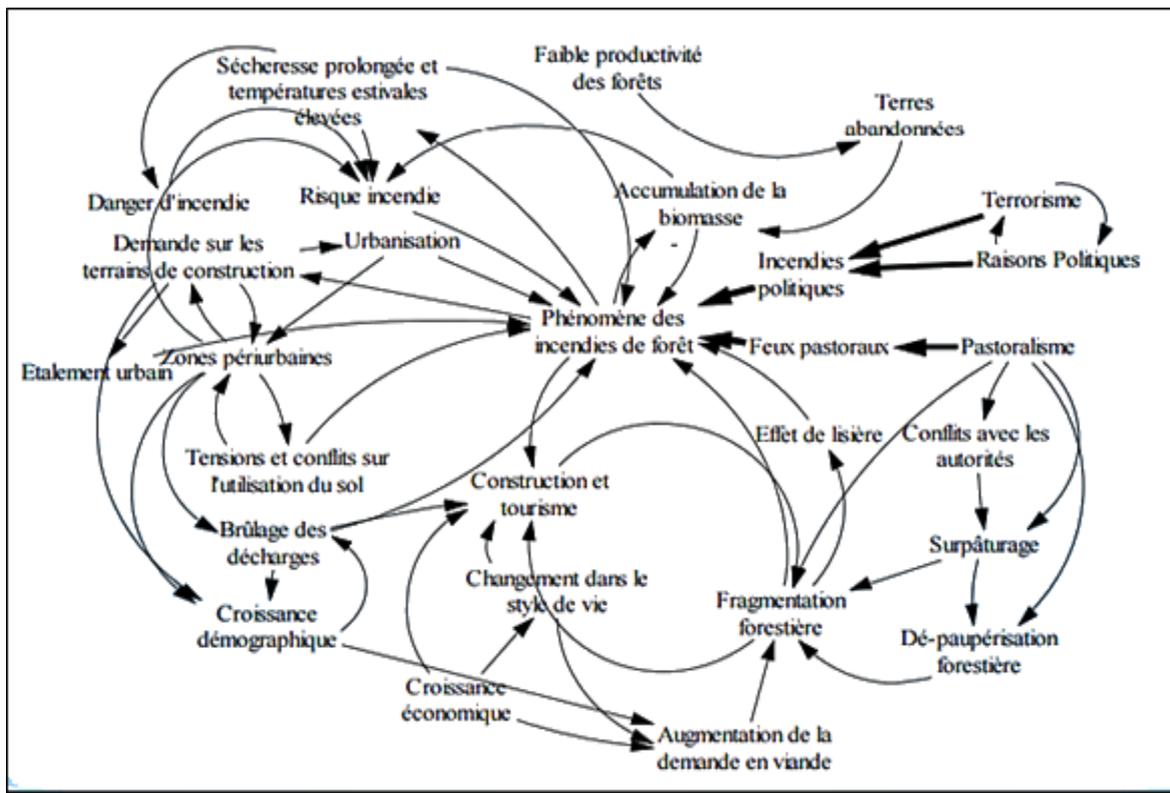


Figure 7: Causes directes et indirectes des incendies de forêts méditerranéennes (IML, 2006)

**I.5- La subéraie est les feux de forêts****I.5.1-Les dégâts sur l'arbre**

Les conséquences du feu sur le chêne liège vont dépendre de l'intensité de celui-ci. Une échelle d'estimation visuelle du degré de brûlure des chênes-lièges, comportant 4 degrés, fut proposée par Amandier en 2004 :

✚ premier degré : le feuillage de l'arbre est présent, roussi, avec quelques feuilles encore vertes, le liège n'a pas brûlé sur toute sa hauteur. Après le passage de l'incendie le houppier va se régénérer rapidement ;

✚ deuxième degré : le feuillage a disparu, mais beaucoup de rameaux fins sont encore présents. Le liège est noir sur presque toute sa surface. Les rameaux fins sont peu atteints;

✚ troisième degré : l'apex est totalement détruit. Le liège a fortement calciné au pied, et sur toute la hauteur du tronc. Des cavités apparentes ont pu permettre une combustion interne de l'arbre. Les arbres souffrent d'un stress important.

✚ quatrième degré : la violence du feu traversé l'épaisseur du liège et a provoqué son éclatement, voire la combustion totale du liège fin (moins de 1 cm).

Un autre constat, les zones de la mère du liège mortes ou endommagées ne pourront plus produire du liège et, si elles sont étendues sur plus de 100 cm<sup>2</sup>, l'arbre ne pourra pas les refermer facilement. Si la surface endommagée est très grande sur le tronc dépassant les 40% de la circonférence, il faut programmer un recépage pour favoriser une nouvelle zone d'exploitation sur la base d'un ou plusieurs drageons (Cardillo et Bernal, 2003).

**I.5.2-Les dégâts sur les peuplements et l'écosystème**

D'un point de vue sylvicole et biodiversité, les répercussions sont plus délicates à observer (Prodon et al., 1989 ; Veille,2004)

- ✚ Le feu soumis la subéraie à une réorganisation des peuplements en supprimant toutes les jeunes classes d'âges.
- ✚ Les jeunes sujets aux diamètres réduits sont beaucoup plus sensibles au feu.
- ✚ Les sujets d'avenir ayant moins de 20 ans ont disparu totalement dans la majeure partie des subéraies.
- ✚ Certaines espèces mêlées au chêne liège comme le pin maritime, le châtaignier et le pin d'Alep s'effaceront facilement et la forêt va se transformer en subéraie pure.

- ✚ La biodiversité a tendance à se raréfier dans les subéraies dont la fréquence des feux est inférieure à 15 ans. Ce sont les mammifères à déplacement lent qui disparaissent plus que les oiseaux.

La survie du chêne-liège suite à un incendie est estimée à 70%, grâce à la protection que son écorce lui procure et sa grande capacité de repousse. Ce pourcentage augmente lorsque la couche de liège atteint une épaisseur supérieure à 20 mm, suffisante pour apporter à l'arbre une protection adéquate contre le feu (Dubois, 1990).

Mais le liège est matériau naturel qui peut succomber comme n'importe quel produit à un incendie suite à l'inflammation continue. En effet, le liège carbonise à des températures proches de 200°C (Reis, 2003). Selon Berdón et al. (2015), il a été constaté que :

- ✚ Dans un feu de pâturage de faible intensité, seules les parties inférieures proches du sol vont être brûlées, il constitue entre 5 et 40% de la surface en production.
- ✚ Pour des feux d'intensité moyenne, et de forte intensité, la totalité du liège va être carbonisée au moins pour sa partie externe, soit un taux de 100% de la surface de liège de reproduction.
- ✚ Un cas qui n'est pas très fréquent et peut entraîner la mort sur pied de l'arbre, c'est l'accumulation des débris des travaux sylvicoles aux pieds des arbres, pouvant brûler intensément et en profondeur à 100% le liège.

### **I.5.3-Les dégâts sur le liège**

Le liège est capable de défendre le chêne-liège contre des feux assez intenses puisqu'il constitue un bon isolant thermique, étant donné sa structure alvéolaire (cellules pleines d'air), son faible contenu en eau, et sa composition chimique. Sa conductivité thermique est réputée d'être 30 fois plus faible que celle du béton (0,0427 W/m°C) (Vieira, 1950).

Les cellules de la mère, situées sous le liège, meurent lorsqu'elles sont en face à une température supérieure à 55-60°C. Les dégâts dépendront donc de l'intensité de la chaleur dégagée par l'incendie, ainsi que de cette barrière que constitue le liège (Berdón et al. 2015).

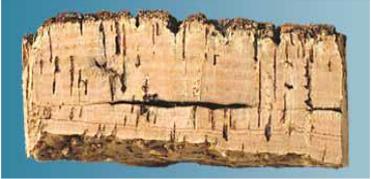
D'après Abric (1974), le liège subit une triple dégradation du fait de l'incendie: la subéraie incendiée ne fournira pas de liège « bouchonnable » durant toute une rotation.

- ✚ La qualité du liège se déprécie sur une période de 12 ans, période nécessaire maximale pour former un liège de 27 mm.

- ✚ Le liège tiré de la subéraie incendiée est un matériau flambé estimé à moins 15 % de la valeur du liège « blanc ». Economiquement, le liège noir est d'une valeur très faible (Plaisance, 1974).
- ✚ Lors de la récolte, la perte cumulée peut être atteindre les 50 % de la valeur du liège « blanc » sur pied.

Le tableau suivant synthétise les principales anomalies apparues sur le liège selon les normes BS ISO 633 (2008).

**Tableau 2 :** Différentes anomalies du liège de reproduction (BS ISO 633, 2008)

Type d'anomalie	Définition
	<b>La porosité :</b> taille et forme des pores dans la section transversale et tangentielle de l'échantillon. Leur nombre influe sur la qualité du liège
	<b>Densité excessive :</b> Quand les couches annuelles du liège sont très minces, il devient très dur au toucher. Le liège contient des restes de phloème et sclérenchyme: liège boisé.
	<b>Le liège terreux :</b> Ce liège qui, à l'intérieur des pores, présente un matériau lâche et poudreux, plus ou moins compacté.
	<b>Le liège doublé :</b> Ce liège présente deux couches d'automnes accolées, ce qui peut conduire à une séparation localisée des couches du tissu subéreux du à une vitalité faible de l'arbre (attaque d'insecte, sécheresse ou incendie).
	<b>Le liège soufflé :</b> liège qui présente des canaux intra-tissulaires de grand diamètre, ouvertes et plus ou moins déformés en forme de losange en section transversale
	<b>Le liège avec galeries :</b> liège qui présente des galeries nettes et propres dont l'intérieur a été mangé par les fourmis ou les insectes xylophages.

	<p><b>La tache jaune :</b> liège qui présente des taches de couleur jaunâtre sur le tissu subéreux. Cette tache peut développer une odeur de moisissure.</p>
	<p><b>Le liège vert :</b> liège qui, du côté du ventre, est formé de cellules présentant un aspect translucide car elles contiennent encore de la sève.</p>

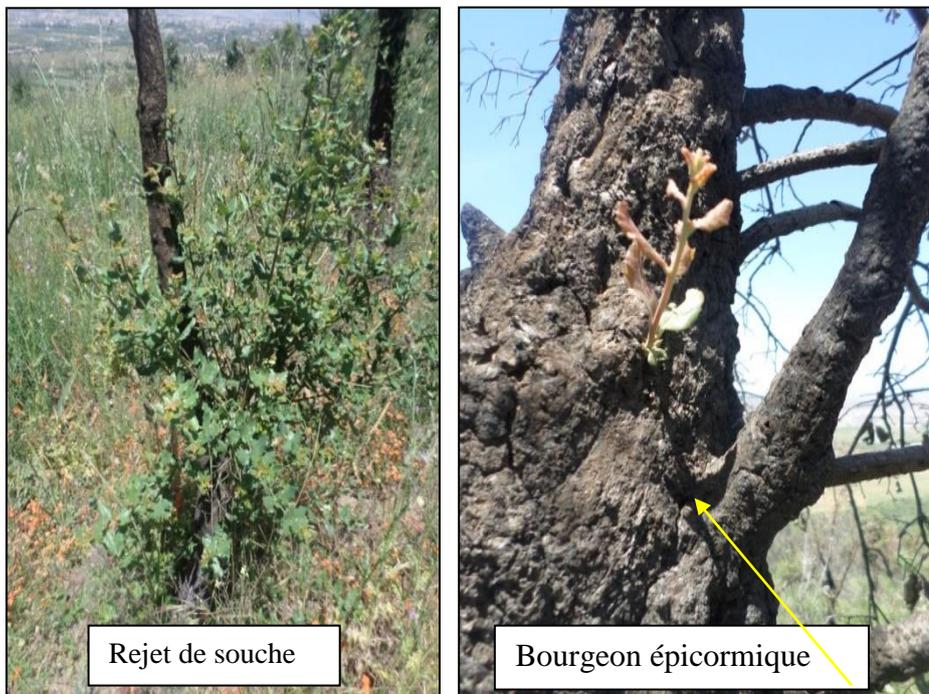
#### I.5.4- - Comportement du chêne liège après incendie

Comme les autres chênes de la méditerranée, le chêne-liège, par la protection que lui confère son écorce subéreuse, se place au sommet des arbres à résister aux incendies. Cependant, malgré cette extraordinaire faculté, un feu de forêts n'est jamais sans conséquences pour une subéraie :

- ✚ Chez les jeunes sujets jamais mis en valeur, portant leur liège mâle d'origine, les chances de survie sont très bonnes, pourvu que la tige ait un diamètre suffisant. Ce type de liège présente une écorce généralement non disjoint et suffisamment épais pour protéger les parties vivantes de l'arbre. Dans son étude sur l'évolution des subéraies après incendie, (Dubois ; 1990) indique ainsi qu'un taux de survie de 50 % est atteint pour les tiges de plus de 7 cm de diamètre à la base.
- ✚ Pour le liège de reproduction, une épaisseur de liège de 1,3 cm est suffisante pour assurer des chances de survie de la partie aérienne supérieure à 50 %. Ce qui est équivalent à un liège de 4 ans après l'écorçage (Lamey, 1893) (observations réalisées alors en Algérie dans des subéraies exploitées selon un cycle de 9 ans).
- ✚ Les feux répétés dans un temps court conduisent à des peuplements de chênes lièges clairs ce qui favorise le développement d'un maquis haut et dense, augmentant ainsi le risque d'incendies futurs (Schaffhauser, 2009).
- ✚ Après 4 feux en l'espace de 50 ans, la reconstitution de la subéraie est compromise (Vennetier, 2008).
- ✚ Pour une fréquence de 2 feux tous les 50 ans, la forêt est composée d'un maquis haut dominé par la bruyère arborescente (*Erica arborea*).
- ✚ Avec une fréquence très réduite d'un seul incendie tous les 25 à 50 ans, l'écosystème possède une bonne résilience, mais la fertilité du sol est localisée aux centimètres (Schaffhauser, 2009).

✚ Une absence totale de feux pendant 200 ans permet une remontée biologique extraordinaire, et la reconstitution d'un humus épais et une modification de la structure et de la composition végétale (Vennetier, 2008).

Toute cette adaptation du chêne liège est due à l'épaisse couche subéreuse permettant de protéger la mère du liège. En effet, c'est le cambium par sa capacité de s'accommoder au stress possède des cellules capables de se différencier sous l'effet du feu, pour former des bourgeons épïcormiques (sous l'écorce) qui vont se réveiller une fois la dominance apicale levée par l'incendie (Amandier, 2004) . Ces bourgeons vont donner naissance à des rejets aériens ou à des rejets de souches et dont la survie et la mortalité est réglée par la quantité des réserves emmagasinée dans la souche (la mortalité différée) (Piazetta, 2012) (Pl.6).



**Planche 6** : comportement du chêne liège après incendie (Khobzaoui, 2021)

Le schéma suivant résume le comportement du chêne liège après incendie(Fig.8)

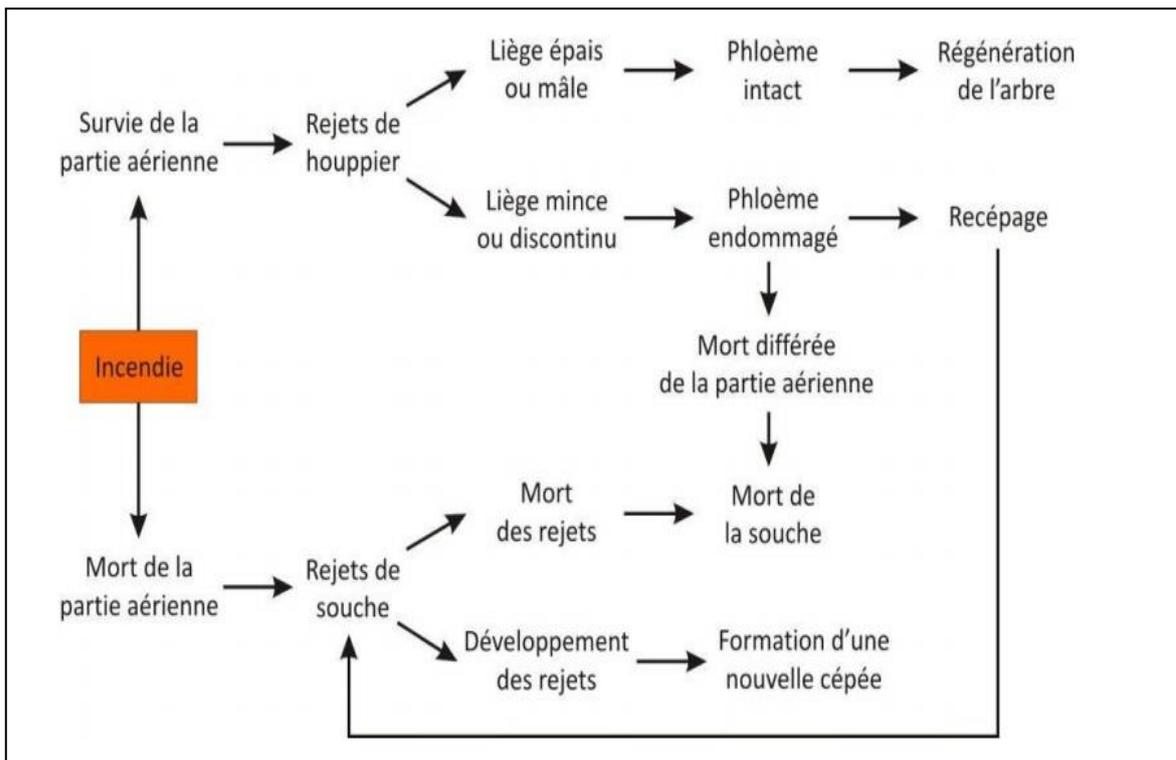


Figure 8: Modèle de comportement du chêne-liège après incendie (IML,2006)

## Chapitre II

### Etude du milieu

## II.1. Milieu physique

### II.1.1-Localisation géographique

Juridiquement, la forêt domaniale de Zariéffet appartient au domaine public de l'état, sous la tutelle de la Conservation des forêts de la wilaya de Tlemcen et du Parc National de Tlemcen. Elle chevauche le territoire de 3 communes ; Beni mester (189 ha), Terny (659 ha) et Mansourah (83 ha) (Dehane, 2006). Cette suberaie de montagne présente un relief très accidenté qui varie de 1000 à 1217m d'altitude (C.F.W.T.,1996). (Fig.9).

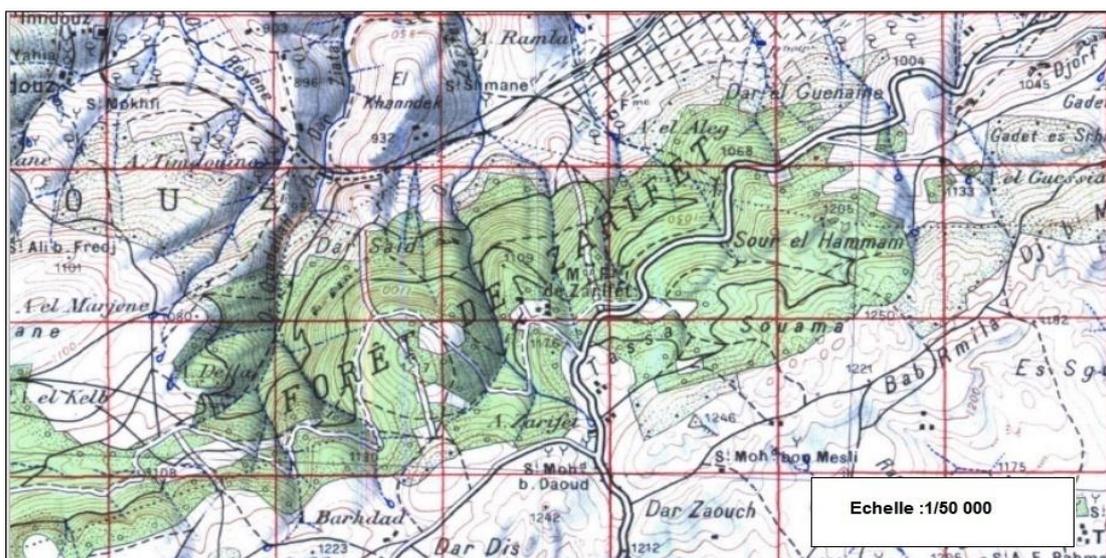
D'après la carte d'état major de Terni (feuille n°300), la forêt s'inscrit entre les coordonnées Lambert suivantes :

X1 : 123,3 Km

Y1 : 177,0 Km

X2 : 129,8 Km

Y2 : 180,5 Km



**Figure 9:** Carte de situation de la forêt domaniale de Zariéffet (Carte de Terni, feuille n°300)

### II.1.2- Pédologie

Les peuplements forestiers de Zariéffet reposent sur un sol superficiel (moins de 30cm de profondeur), traversé par des surfaces rocheuses et rocailleuses affleurant (Benest, 1985). Bensid (1986) a identifié trois types de sol dans cette forêt :

- ✓ Sols fersialitiques rouges : ce sont des sols lourds et pauvres en réserve d'eau. Il existe deux types lessivé et non lessivé.

- ✓ Sols bruns fersialitiques : il prend naissance sur roche mère calcaire (Gaouar, 1980).
- ✓ Sols fersialitiques rouge et mosaïque sur dolomie.

### II.1.3- Géologie

La forêt de Zarieffet repose sur un puissant massif datant du Jurassique supérieur à plissement tertiaire. La roche mère est composée principalement des grès séquaniens, calcaires de Zarieffet, calcaires à échinides, dolomies du Kimméridgien et du Portlandien et des marnes en affleurements éparses (Thintoin, 1948; Elmi, 1970) à (Fig.10).

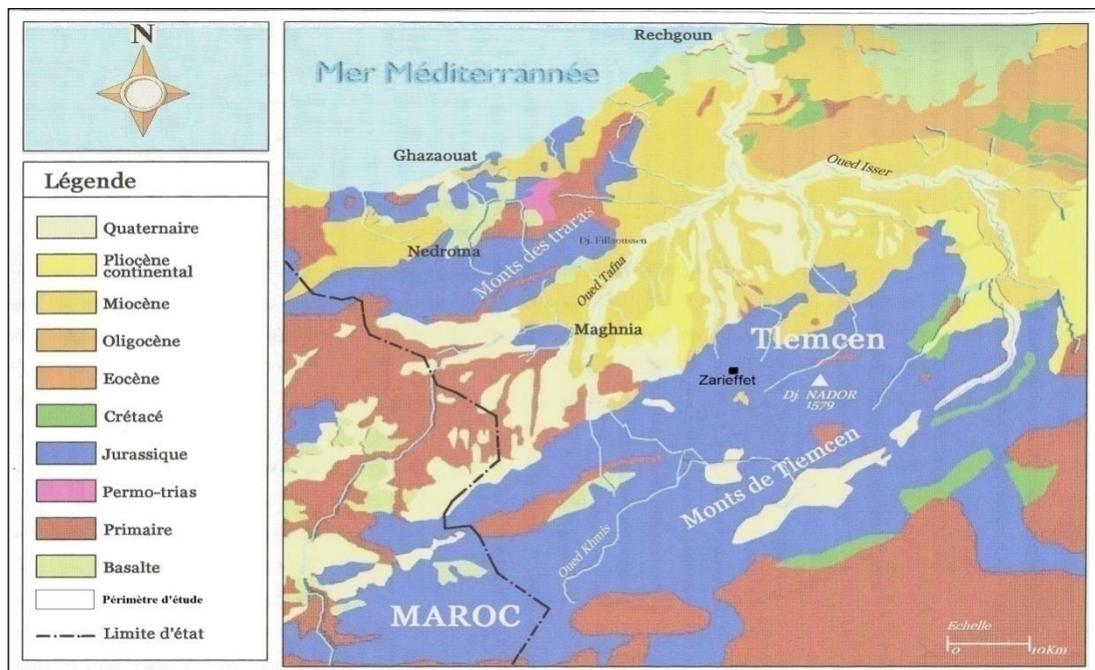


Figure 10: Carte géologique du Nord de l'Algérie (Cornet, 1952)

### II.1.4- Hydrographie

Le réseau hydrographique de la forêt de Zarieffet comporte trois oueds. Ils sont généralement secs en été et à écoulement temporaire en hiver à cause de la sécheresse. Nous notons encore l'existence de 6 sources dont 2 situées en forêt (Aïn Baghdad et Aïn Zarieffet). L'existence de ces sources joue un rôle non négligeable dans l'alimentation des peuplements de chêne-liège en humidité et par voie de conséquence sur le rendement du liège.

### II.1.5-Le climat

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques (température, pression atmosphérique, vents, précipitations...) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné, ces paramètres climatiques sont directement responsables de la répartition et du développement des plantes comme il intervient fortement dans la formation et l'évolution du sol. C'est un élément essentiel dans l'étude des différentes régions du monde. C'est le facteur qui se place en amont de toute étude relative du fonctionnement des écosystèmes écologiques (Thinthoin, 1948). Les caractéristiques de ces stations de référence et les périodes d'observation sont mentionnées dans le tableau « 3 » suivant :

**Tableau 3:** Caractéristiques des stations de référence et périodes d'observation

Forêt	Station	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Situation	Distance à la forêt	Période d'observation
Zarieffet	Mefrouche	1°16'W	34°51'N	1100	Barrage	2 km	P (1975-2015) T (1975-2015) P(1914-1938) T(1914-1938)

Pour caractériser au mieux le climat de cette forêt, nous avons recueilli des données anciennes qui proviennent principalement de Seltzer (1946) et des données relativement récentes de la station météorologique par le biais des services hydrauliques de la wilaya. Ces données s'étalent sur deux périodes assez longues l'une ancienne de 24 ans (1914-1938) et l'autre récente de 40 ans (1975- 2015).

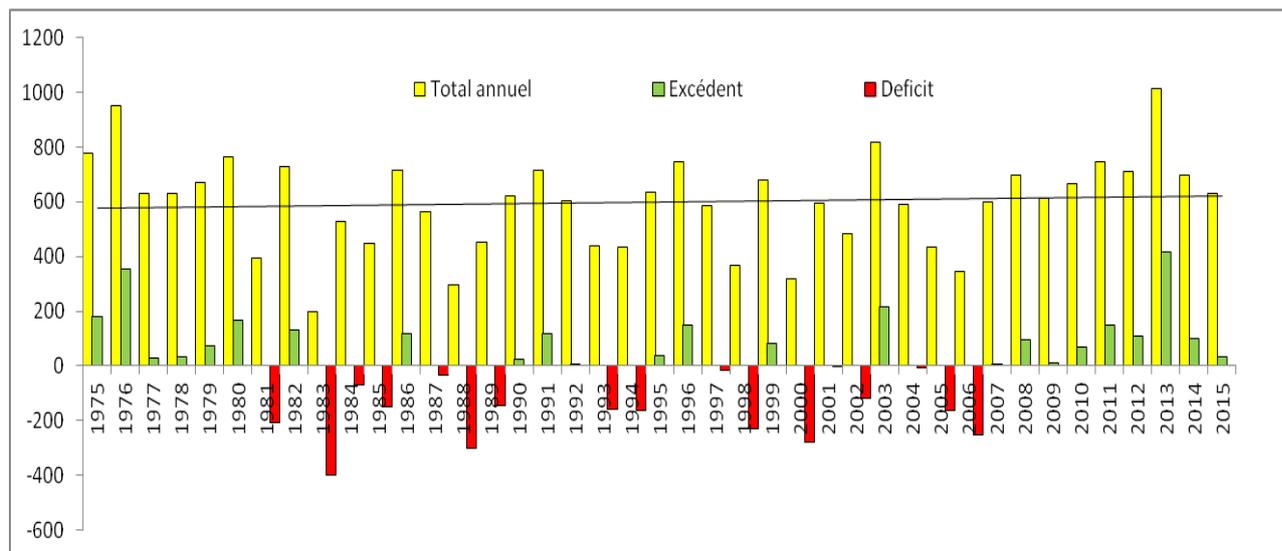
#### II.1.5.1-Données climatiques

##### II.1.5.1.1-Précipitations

Djebaili (1978), définit la pluviosité comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat. En effet, elle conditionne le maintien de la répartition du tapis végétal d'une part, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion d'autre part.

#### 1-Répartition annuelle des précipitations

La répartition annuelle de la pluviométrie enregistrée dans la forêt durant la période de référence 1975 à 2015 est représentée dans la figure 11 .



**Figure 11 :** Répartition annuelle de la pluviométrie dans la forêt de Zariéffet (1975-2015)

L'examen de la figure ci-dessus, montre une variabilité interannuelle de distribution des précipitations dans cette forêt. Cette variabilité est corroborée par un coefficient de variation de 28 %.

En effet, le massif forestier de Zariéffet reçoit une moyenne pluviométrique de l'ordre de 598,55 mm. Cette moyenne était beaucoup plus supérieure en ancienne période, de l'ordre de 708mm. Ceci représente une baisse de 109,45 mm correspondant à un déficit d'environ 15,45%. Les hauteurs extrêmes sont atteintes en 1976 avec 951,8mm et 2013 avec 1013,3mm. Les années excédentaires concernent 24 événements avec une moyenne de +112 mm ce qui atteste une période pluviométrique favorable propice au développement du chêne-liège. Par contre, les années très déficitaires marquent 17 événements, soit un déficit moyen de 158mm

## 2- Répartition mensuelle moyenne des précipitations :

Dans la forêt de Zariéffet la pluviosité mensuelle passe de 100 mm en mars à 3,9 mm en Août. Le tableau suivant regroupe les chutes de pluies moyennes mensuelles pendant les deux périodes de référence.

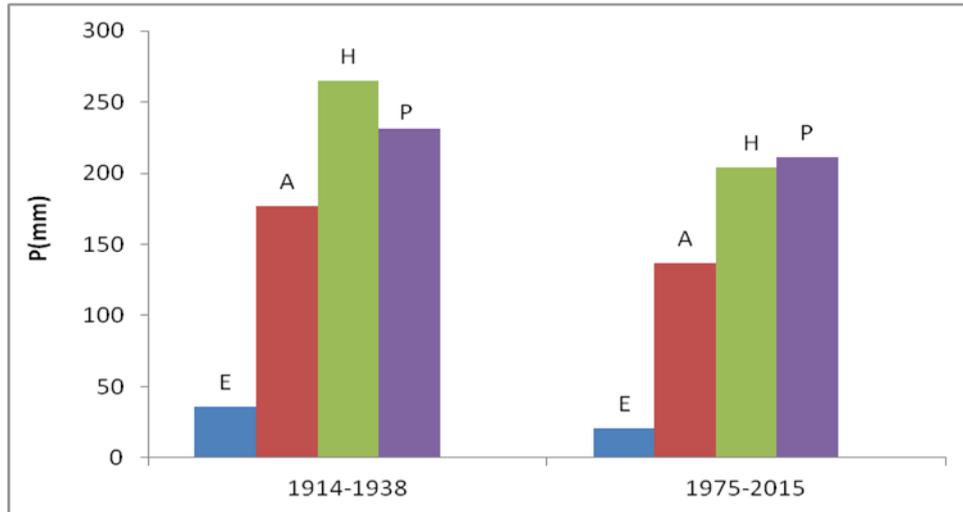
**Tableau 4:** Précipitations moyenne mensuelle (mm) pendant les deux périodes de référence

Période	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D
1914-38	83,2	101	93,2	72,3	65,5	27,7	2,2	5,6	26,6	57,7	92,2	81
1975-2015	73,28	80,07	84,00	68,04	53,88	13,27	3,18	3,59	23,63	47,65	83,06	64,89

### 3- Régime saisonnier des précipitations :

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

La distribution saisonnière des pluies diffère parfois d'une période de référence à l'autre (Fig. 12).



**Figure 12:** Répartition saisonnière des précipitations dans la forêt de Zariéffet

A travers la figure ci-dessus, nous remarquons qu'en zone montagneuse, le régime saisonnier des précipitations est de type **(HPAE)** pour l'ancienne période et **(PHAE)** pour la nouvelle période. Ceci indique que l'hiver reste toujours pluvieux mais avec un apport plus important des pluies en saison printanière.

#### II.1.5.1.2-Les facteurs thermiques : (Températures)

Les paramètres thermiques jouent un rôle déterminant dans la vie végétale. En effet la température est considérée comme le facteur écologique fondamental. Ainsi, elle intervient dans le déroulement de tous les processus biologiques. Elle contrôle la croissance, la reproduction, la survie et par conséquent la répartition géographique, générant les paysages les plus divers (Soltner, 1992).

Les températures sont nécessaires dans la détermination du climat régional à partir des valeurs des moyennes annuelles « T » et mensuelles et les valeurs moyennes des minima du mois le plus froid « m » et des maxima du mois le plus chaud « M ».

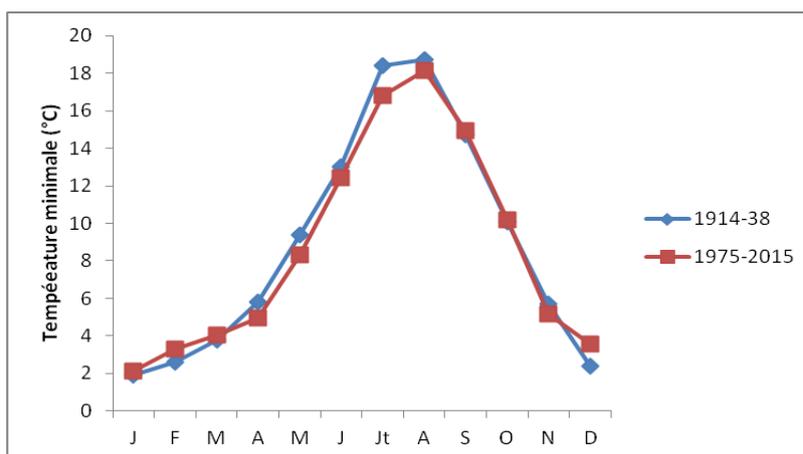
*1-Moyenne des minima du mois le plus froid « m »*

Le tableau 5 et la figure 13 illustrent la répartition des températures moyennes minimales de la forêt pendant les deux périodes.

**Tableau 5 :** Valeurs thermiques moyennes minimales en (°C) enregistrées dans la forêt

Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy.
1914-38	<b>1,9</b>	2,6	3,8	5,8	9,4	13	18,4	18,7	14,7	10,1	5,7	2,4	8,9
1975-2015	2,1	3,31	4,03	4,97	8,33	12,45	16,8	18,15	14,95	10,17	5,18	3,57	8,6

En région nord-ouest d’Algérie, les contrastes des températures minimales sont visibles à chaque passage du littoral vers les zones d’altitude à cause de la croissance de la continentalité. Les valeurs de « m » connaissent une réduction notable à partir de la fin de l’automne et jusqu’à l’hiver (Novembre-février). Cette différence est due essentiellement au bourrelet montagneux de l’Atlas Tellien qui diminue fortement le minima « m » en provoquant les gelées ( Seltzer,1946 ).



**Figure 13:** Variations des températures mensuelles minimales dans la forêt de Zariéffet

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

Le tableau 6 et la figure 14 regroupent les différentes températures maximales enregistrées dans la forêt pendant les deux périodes.

**Tableau 6 :** Valeurs thermiques moyennes maximales (°C) enregistrées dans la forêt

Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
1914-38	9,9	11,5	13,8	16,7	20,9	26,3	32,4	<b>32,9</b>	27,4	21,8	14,5	11,2	20,1
1975-15	12,0	14,4	16,9	19,1	23,7	28,1	32,6	<b>31,2</b>	27,7	23	15,7	12,3	21,4

Il ressort de cette figure que les températures maximales sont enregistrées entre le mois de Juillet et Aout. Les valeurs oscillent de 32,9°C à 32,6°C, d'où une sécheresse estivale bien marquée.

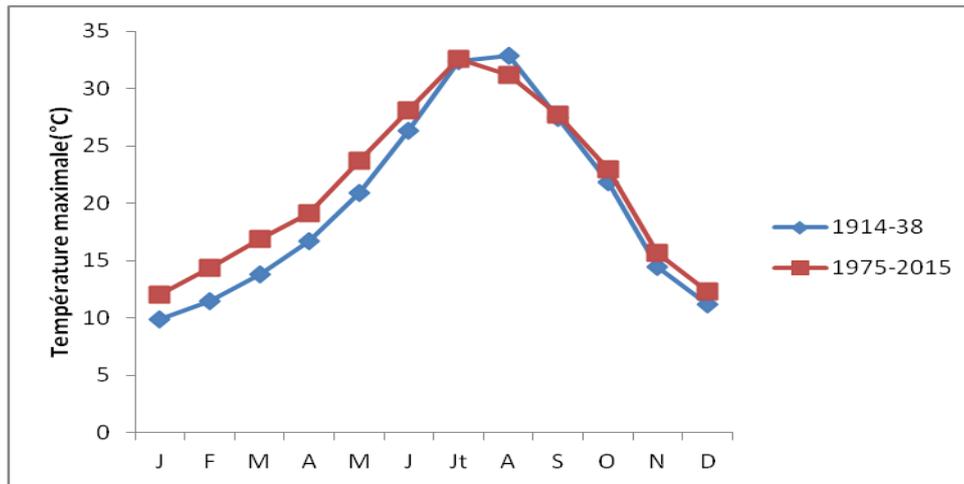


Figure 14: Variations des températures mensuelles maximales dans la forêt de Zariéffet

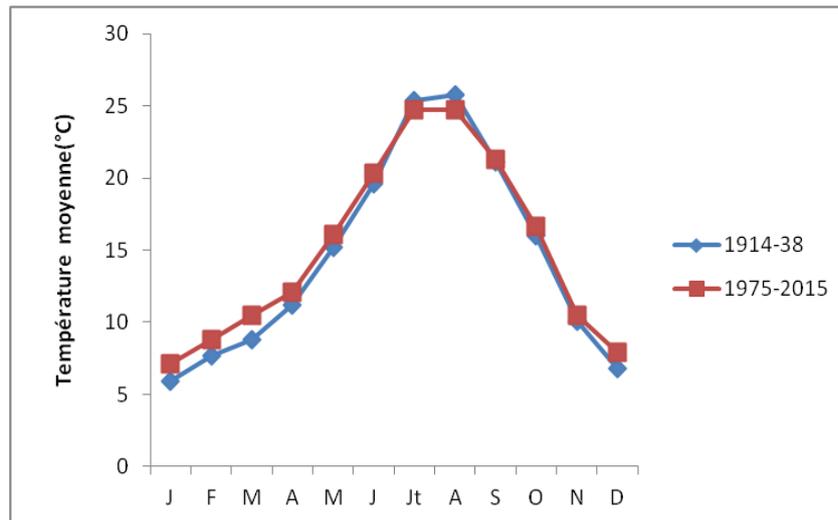
**3- Températures moyennes mensuelles et annuelles (T°C)**

Les températures moyennes mensuelles et annuelles sont consignées dans le tableau 7 et la figure 15.

Tableau 7 : Températures moyennes mensuelles et annuelles T (°C) de la forêt

Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy.
1914-38	5,9	7,7	8,8	11,2	15,2	19,6	25,4	25,8	21,1	16	10,1	6,8	14,5
1975-2015	7,1	8,8	10,50	12,1	16,1	20,3	24,7	24,7	21,3	16,6	10,5	7,94	15,1

D'après la figure 15, nous constatons que les températures moyennes annuelles à Zariéffet sont de l'ordre de 14,5°C pour l'ancienne période et 15,1°C pour la nouvelle. Le mois de Janvier reste en général le mois le plus froid (5 à 7°C). Les mois les plus chauds sont notés par contre en Juillet et Aout (25,4 à 25,8°C).



**Figure 15:** Variations des températures moyennes mensuelles dans la forêt de Zarieffet

**II.1.5.2- Synthèse climatique**

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

**1- Amplitude thermique extrême moyenne ou indice de continentalité**

L'amplitude thermique extrême moyenne (M-m) est un facteur climatique permettant de définir l'indice de continentalité d'une région donnée et par conséquent définir si elle est sous influence maritime ou continentale. Il permet aussi, à travers ses valeurs, de caractériser le mode de croissance de certaines essences, telle que le chêne liège (Tab.8).

**Tableau 8:** Indice de continentalité de la forêt de Zarieffet

Forêt	Période	M°C	m°C	M-m °C	Type de climat
Zarieffet	1914- 1938	32,9	1,9	31,0	<b>Semi-continental</b>
	1975- 2015	32,6	2,1	30,5	<b>Semi-continental</b>

En se référant à la classification de Debrach (1953), il apparaît clair que notre zone d'étude s'inscrit sous un climat de type semi-continental caractérisant la brutalité des contrastes thermiques.

**2- Indice de sécheresse estivale**

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

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

**Tableau 9 :** Indice de sècheresse estivale de la forêt de Zariéffet

Forêt	Période	Pluviosité estivale « mm »	M°C	I,e
Zariéffet	1914- 1938	35,5	32,9	<b>1,1</b>
	1975- 2015	20,1	32,6	<b>0,61</b>

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

**3- Indice de De Martonne**

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

$$I = P / (T + 10)$$

P : Pluviométrie moyenne annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

Cet indice permet d'étudier spécialement les rapports du climat avec la végétation forestière et de positionner la station d'étude dans un climat précis (Tab.10).

**Tableau 10 :** Indice de De Martonne de la forêt de Zariéffet

Forêt	Période	I (mm/°C)	Type de Climat
Zariéffet	1914- 1938	29,01	Zone tempérée à drainage extérieur
	1975- 2015	23,83	Zone tempérée à drainage extérieur

Le tableau 10 révèle que l'indice de De Martonne de l'ancienne période passe significativement de 29,01mm/°C à 23 ,84 mm/°C durant la récente période. Cela classe notre forêt comme zone tempérée à drainage extérieur d'où l'existence de conditions plus favorables pour la végétation ligneuse (Fig.16).

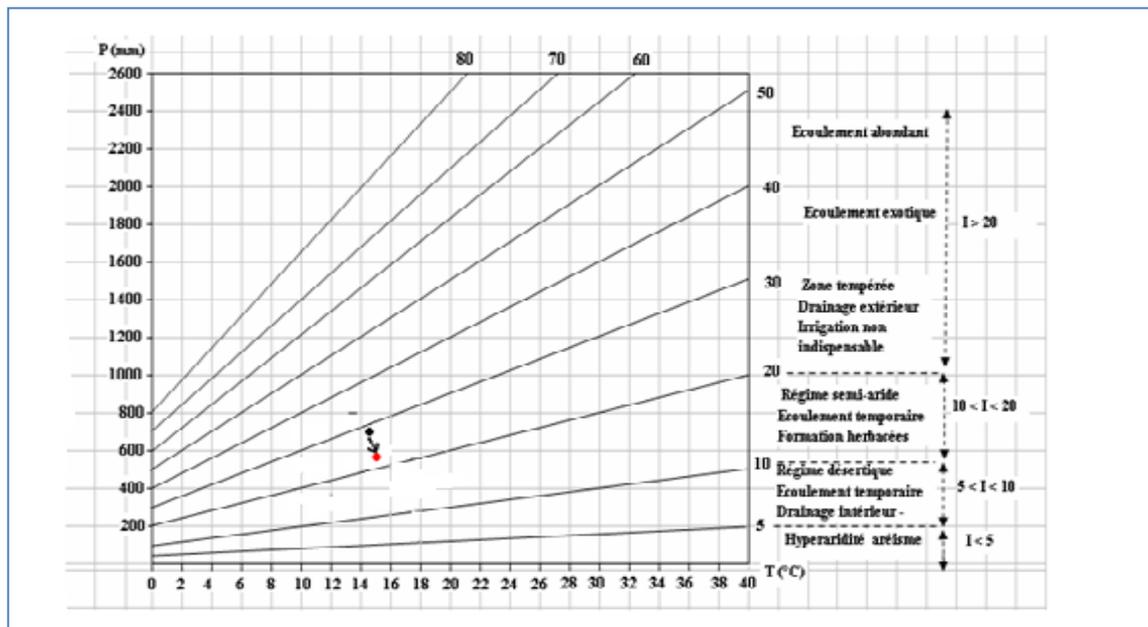


Figure 16 : Indice d'aridité de De Martonne

#### 4-Etage de végétation ou zonation altitudinale

Les températures moyennes annuelles s'échelonnent surtout en fonction des altitudes. Elles jouent un rôle écologique important dans la distribution de la végétation (Quezel, 2000). A l'aide de la moyenne des minima du mois le plus froid, la température moyenne annuelle et l'altitude, on peut définir l'étage de végétation ou la zonation altitudinale de chaque essence forestière.

Le tableau suivant décrit l'étage de végétation dans lequel végète le chêne liège dans la forêt.

Tableau 11 :Etage de végétation du chêne liège dans la forêt de Zariéffet

Forêt	Période	T (°C)	m (°C)	Altitude moyenne (m)	Etage de végétation
Zariéffet	1914- 1938	14,5	1,9	1066	Mésoméditerranéen
	1975- 2015	15,1	2,6	1066	

D'après ce tableau, nous remarquons que le chêne liège de la forêt de Zariéffet correspond à l'étage méso-méditerranéen ( $0 < m < 3^{\circ}\text{C}$  ;  $12 < T < 16^{\circ}\text{C}$  et  $600 < \text{alt.} < 1200\text{m}$ ).

### 5-Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен

Reprenant les travaux de De Martonne(1927), Bagnouls et Gausсен (1953) considèrent qu'un mois est sec lorsque la moyenne des précipitations est inférieure ou égale au double de la moyenne des températures ( $P \leq 2T$ ). Un simple examen visuel de la courbe ombrothermique fait ressortir la période sèche (Fig.17):

Pour la forêt de Zariéffet, la période sèche est plus au moins longue allant de Juin à Septembre.

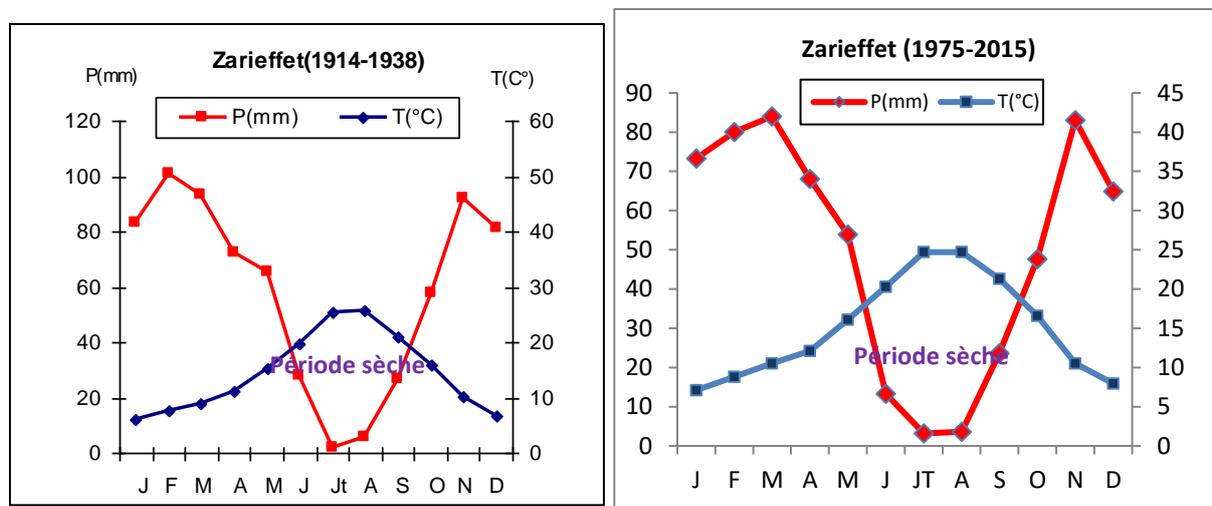


Figure 17: Diagrammes Ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) de la forêt de Zariéffet

### 6- Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger :

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

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

**P** : moyenne des précipitations annuelles (mm)

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

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

Le calcul de ce quotient (Tab.12) nous a permis de positionner la forêt d'étude dans les étages correspondants (Fig.18).

Tableau 12 : Valeurs du « Q2 » et étages bioclimatiques de la forêt

Période	P mm	M (°C)	m (°C)	Q2	Etage bioclimatique	Variante thermique
1914-1938	708,00	32,9	1,9	<b>78,81</b>	Sub- humide supérieur	Frais
1975-2008	598,55	332,6	2,6	<b>68,60</b>	Sub- humide inférieur	Frais

Le climagramme d’Emberger montre qu’entre les deux périodes de référence, la forêt de Zariéffet a subi un glissement de l’étage bioclimatique subhumide supérieur vers l’inférieur, voire très proche du semi-aride supérieur. Malgré l’augmentation de la valeur de la variante thermique « m », l’hiver frais caractérise les deux périodes de référence.

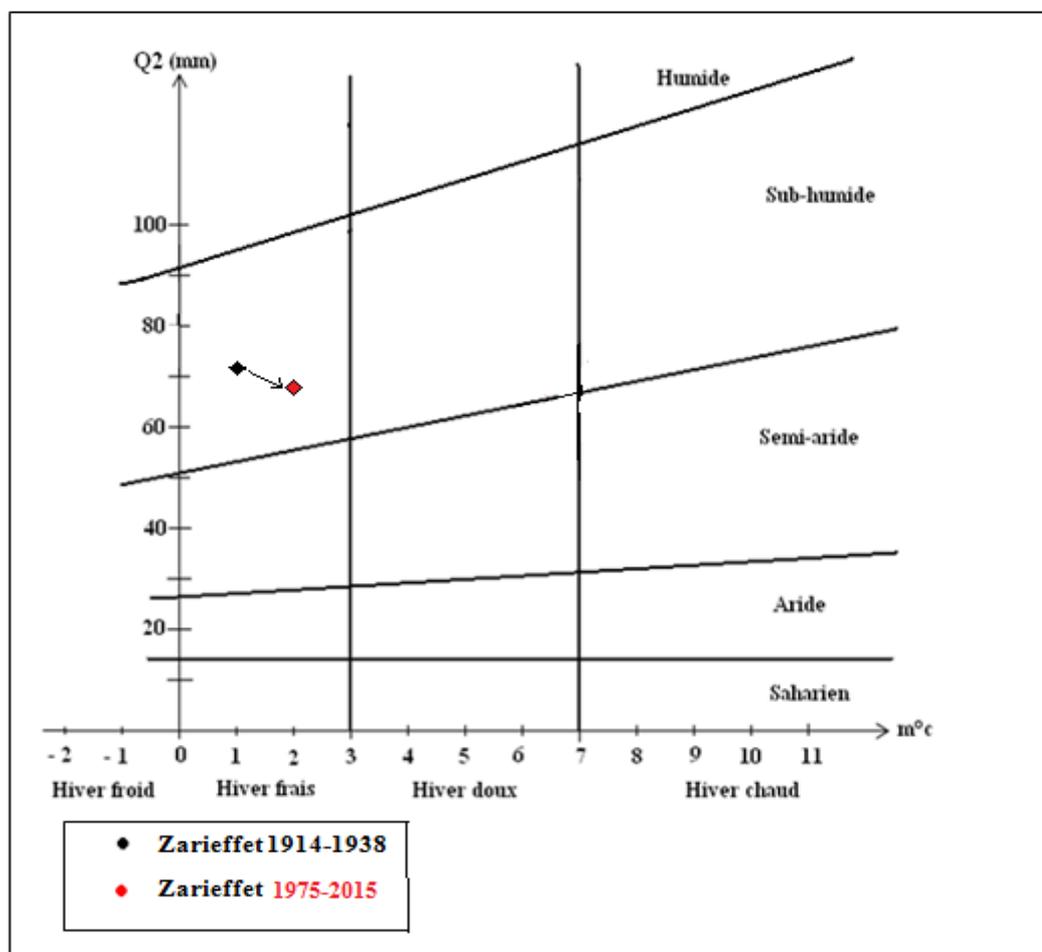


Figure 18 : Quotient pluviothermique et climagramme d’Emberger de la forêt de Zariéffet au cours des deux périodes de références

### II.2- Description forestière

La forêt de Zarieffet couvre une superficie totale d'environ 931 ha dont près de la moitié (453 ha) est occupée par les essences principales (chêne-vert et chêne-liège) et le reste par du sous bois d'essences secondaires (246 ha) et les vides (291 ha) (Dehane,2006).

Cette forêt est divisée en quatre cantons (Zarieffet, AïnMardjen, Guendouza et Fernana) (C.F.W.T., 1996). Actuellement dans la forêt de Zarieffet se répercute une physionomie toujours régressive, une matorralisation façonnée par les incendies et l'anthropisation. L'état de dégradation de cette subéraie est assez avancé, exprimant une structure-architecture altérée sur la quasi-totalité de sa superficie. La régénération naturelle par semis est faible dans toute la forêt à cause de divers facteurs tel que ; surpâturage, sécheresse, absence de glands, abondance du maquis. La dominance des espèces épineuses et des arbustes de plus de 2 m de haut, recouvrent entre 25 et 50 % du sol (Bouhraoua, 2003 ; Dahane,2006).

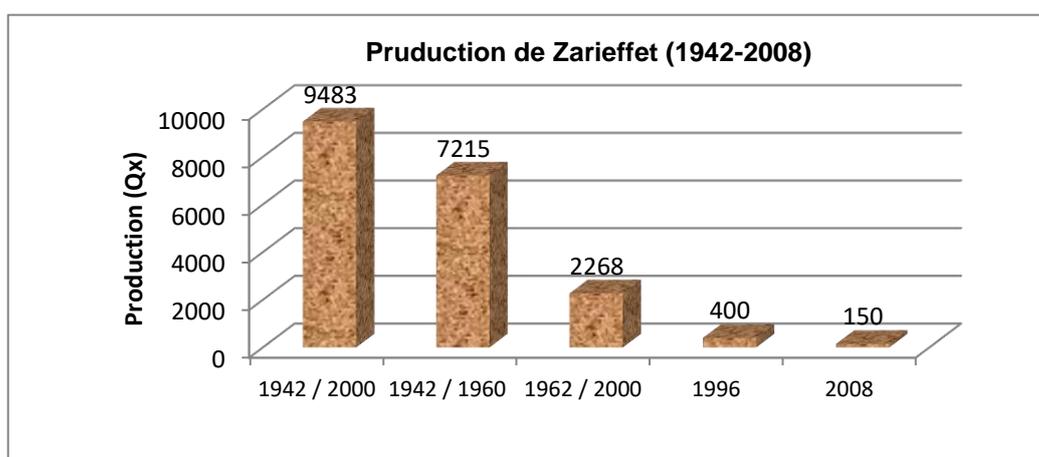
### II.3 - Production subericole

La production du liège de reproduction dans la forêt de Zarieffet a connu des fluctuations importantes durant plus d'un siècle de production (Fig.19) :

Dans cette suberaie les premières opérations de mise en valeur ont débuté en 1887 et les dernières datent de 2008 soit un volume global de 28450 Qx (Bouhraoua ,2003).

Durant les deux premières guerres mondiales la production a enregistré un chiffre de 5320Qx pour chuter aux alentours de 998 Qx en 1954 à cause de la guerre de libération nationale.

Après l'indépendance les opérations de levé n'ont commencé régulièrement qu'à partir de 1972 jusqu'à 1984 soit une production de 1320 Qx. Les incendies qu'a vécu la forêt en 1996 et 2007 ont influé négativement sur la production du liège ne dépassant guère 518 Qx (C.W.F.T., 2008).



**Figure19:** Evolution périodique de la production du liège dans la forêt de Zarieffet(C.W.F.T., 2008) .

*II.4- Incendies*

Les données recueillies auprès des services des forêts fournissent peu d'informations au sujet des superficies de chêne-liège détruites par le feu.

Les chiffres convoités près de ces services concernés font état de plus 500 ha brûlés entre 2001 et 2015 dans la forêt de Zarieffet (C.W.F.T., 2008) (Tab.13).

**Tableau 13** : Répartition des incendies durant les quinze dernières années

Années	Daira	Commune	Forêt ou lieu dit	Date	Superficie incendiées (ha)	Essence
2001	Mansourah	Mansourah	FD Zarifet Canton Tadjra	25/08/2000 à 11H00	03	Maquis
2003	Mansourah	Mansourah	FD Zarieffet	05-09-2004 à 16 h 30	50	Maquis de chêne vert
2005	Mansourah	Mansourah	FD Zarieffet	15/08/2005 à 12 h 05	230	50 forêt 40 maquis 40 broussaille
2007	Mansourah	Mansourah	FD Zarieffet	01/09/2007 à 19 h	65	30 chêne liège 35 Maquis
2008	Mansourah	Mansourah	FD Zarieffet	23/06/2008 à 14 h	2	maquis dégradé de chene vert
2011	Mansourah	Mansourah	FD Zarieffet	28/07/2011 à 15 h	75	20 ha : Forêts - 30 ha : Maquis - 25 ha Broussailles
	Mansourah	Mansourah	FD Zarieffet	31/07/2011 à 13 h 30	5	Broussailles
	Mansourah	Terny	FD Zarieffet	06/10/2011 à 13 h 16	1,5	Broussailles
2013	Tlemcen	Tlemcen	FD Zarieffet	28/10/2013 à 18 h 05	7	Maquis dégradé de chêne Vert
2014	Mansourah	Terny	FD Zarieffet	24/09/2014 à 13H00	10	07 ha Broussailles - 03 ha chêne liège
2015	Mansourah	Mansourah - Terny	FD Zarieffet	07/08/2015 à 09H17	208	35 ha Forêt de Chêne - 67 ha Maquis dégradé de Chêne vert - 106 ha Broussailles (Doum-Diss-Calycotum) et quelques sujets de pin d'Alep

## **Chapitre III**

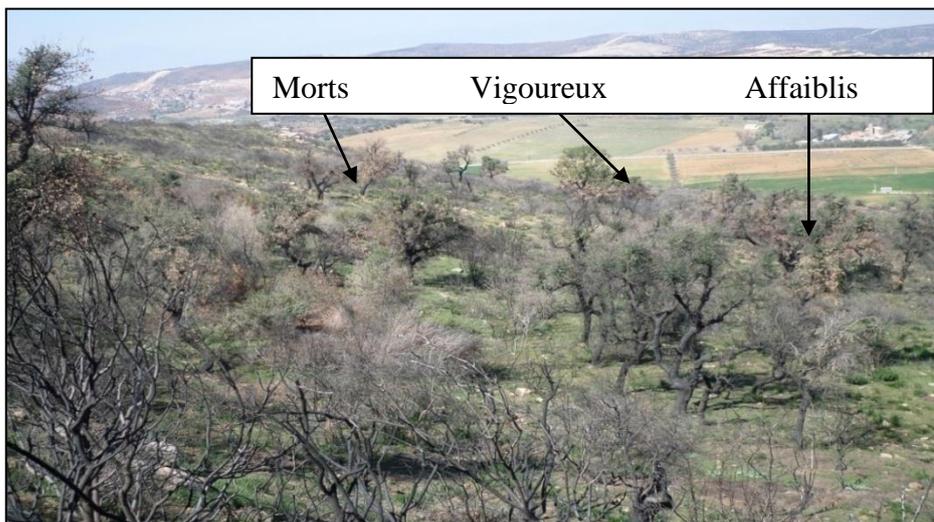
### **Méthodologie**

### III .1.1- Problématique

Le chêne liège (*Quercus suber* L.) à l'égard des autres chênes (chêne vert, chêne zéen) possède une énorme capacité de résistance aux incendies de forêts grâce à sa faculté de se reverdir le houppier et de rejeter sur souches quelques mois après le départ du feu. Ce comportement physiologique est lié en une grande partie à la couche du liège qui forme un écran protecteur à la température élevée des flammes. Physiquement, l'intensité du feu est en quelque sorte gravée sur une certaine épaisseur de cette couche subéreuse sous forme d'une bande noire carbonisée. Théoriquement, cette carbonisation est d'autant plus grande que l'aspect apparent de l'arbre devient dégradé. Quelques années après le passage de l'incendie, cette dégradation se manifeste à différents niveaux de l'arbre (allant de la base de l'arbre, à la hauteur du tronc et aux ramifications) par l'apparition des défauts du liège. Ces anomalies post-incendie apparaissent simultanément ou individuellement selon la gravité des blessures et la résistance de l'arbre au stress. On évoque les défauts mineurs de croissance, les défauts physiologiques et les défauts majeurs phytopathogènes. L'objectif du travail est de savoir à quelle intensité ou fréquence de l'un de ces groupes, l'arbre échantillonné reste vivant et vigoureux ou entre en stade de mortalité différée, ou perd toute sa vitalité physiologique et meurt sur pied.

### III .1.2- Choix de la forêt et échantillonnage

Notre choix s'est penché sur la subéraie de Zariéffet, une zone de production de liège réputée dans la région nord-ouest d'Algérie, et très connue aussi par la récurrence des incendies. En effet, depuis plus de vingt ans, cette forêt n'arrive plus à reconstituer son ombrage dense et verdoyant de jadis (Pl.7).



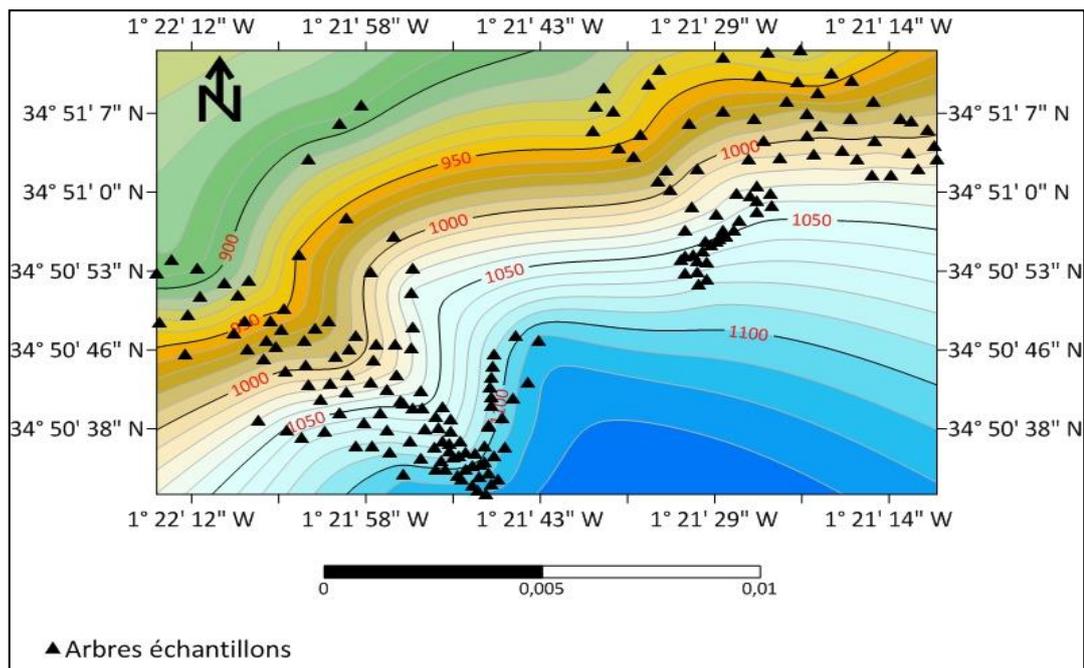
**Planche 7 :** Zariéffet- Etat des lieux post-incendie durant le mois de mai 2021( Khobzaoui, 2021)

La matorralisation à caractère dégradé domine particulièrement à Zariéffet. La densité des arbres s'est réduite d'une manière intense, elle est passée de plus de 300 pieds/ha durant les années 1950 à moins de 80/ha actuellement (Boudy, 1955 ; Khobzaoui, 2021). L'échantillonnage adopté est lié essentiellement à trois critères :

- 1- L'ancienneté de l'incendie.
- 2- La présence des sujets rescapés colportant le liège de reproduction flambé.
- 3- La présence du liège doublé.

Les deux premiers critères ont été déterminants dans la limitation de la zone d'étude. En effet, nous avons opéré notre échantillonnage sur des parcelles variant de 2 ha à 4 ha, intimement liées aux traces visibles, laissées par le feu sur le sol et sur les arbres échantillons, depuis le feu de l'année 2007 soit 14 années de survie.

Des paramètres descriptifs des parcelles d'étude ont été utilisés tels que le lieu dit du canton, les coordonnées géographiques des arbres, la distance à la mer, la topographie du terrain, l'exposition, la pente, l'altitude, la fréquentation humaine, l'origine du peuplement, etc(Fig. 20).



**Figure 20** : Localisation des arbres échantillons dans la subéraie Zariéffet (Khobzaoui, 2021)

Pour étudier les défauts post-incendie du liège, nous avons eu recours à un échantillonnage aléatoire. Globalement nous avons échantillonné 190 chênes lièges dans la zone d'étude.

III.2-Technique d'échantillonnage

Sur chaque arbre rencontré aléatoirement, nous avons effectué des mesures d'ordre dendrométrique et d'exploitation en utilisant un matériel adéquat :

- GPS Garmin.
- Mètre à ruban.
- Mètre en acier.
- Sonde à liège.
- Marteau+ burrel.
- Tourne vis à tête plate.
- Sachets en plastique.



Planche 8 : Matériel utilisé dans l'échantillonnage (Khobzaoui, 2021)

Les principaux paramètres pris en considération sont illustrés dans le tableau :

Tableau 14 : Principales classes de relevés dendrométriques et d'exploitation des arbres échantillons

Type de relevé	Description	Classe
Dendrométrie	Classes de diamètre	C1 : 7,5 cm<math>\lt; \varnothing < 17,5\text{cm}</math> (perches) C2 : 17,5 cm<math>\lt; \varnothing < 27,5\text{cm}</math> (petit bois) C3 : 27,5 cm<math>\lt; \varnothing < 42,5\text{cm}</math> (bois moyen) C4 : 42,5 cm<math>\lt; \varnothing < 62,5\text{cm}</math> (gros bois) C5 : $\varnothing > 62,5\text{cm}</math> (très gros bois)$
	Classe des hauteurs d'arbres	C1 : >3m C2 : 3<math>\lt; \text{Haut} < 5\text{m}</math> C3 : 5<math>\lt; \text{Haut} < 7\text{m}</math> C4 : 7<math>\lt; \text{Haut} < 9\text{m}</math> C5 : >9m

Etat sanitaire	Classes de dépérissement	C1 (<25% arbres sains), C2 (25-60% arbres affaiblis), C3 (>60% arbres dépérissants), C4 (100% arbres morts ou secs)
	Indice de santé	$Is = \frac{(n_1 \cdot P_1) + (n_2 \cdot P_2) + (n_3 \cdot P_3) + (n_4 \cdot P_4)}{N}$ <p><i>ni</i>: Nombre d'arbres de la classe i de défoliation  <i>P<sub>i</sub></i>: Poids de la classe i (1 si i=1 ; 2 si i=2 etc.)  <i>N</i>: Effectif total d'arbres observés dans la parcelle</p>

Nous distinguons 4 niveaux de dépérissement en fonction des valeurs obtenues (Tab.)

Tableau 15 : Principales catégories de santé du peuplement du chêne-liège prises en compte en fonction de «IS » ( Dehane, 2012)

Indice de santé« IS»	Statut sanitaire ou catégorie de dépérissement du peuplement
IS <1,59	Non dépérissant ou sain
1,60<IS<2,0	En début de dépérissement
2,1<IS<2,59	En dépérissement assez grave
IS >2,60	En dépérissement grave ou fortement dépérissant

Nous avons aussi quantifié certains paramètres d'exploitation du liège à savoir :

- La hauteur d'écorçage en cm.
- Le nombre d'écorçage.
- L'épaisseur du liège en mm (mesurée sur les deux faces de l'arbre).

### IV.3 -Méthode d'évaluation des défauts de liège post incendie

Le chêne-liège est une espèce remarquablement adaptée aux incendies car elle possède les deux caractéristiques fondamentales de la résilience : la résistance au feu et la régénération. La résilience étant définie comme la capacité d'un système à retourner à son état original après une perturbation exogène (Lincoln et al., 1998).

Notre travail a donc pour objectif de définir et d'expliquer une partie de cette étonnante capacité de reprise végétative en interférant la notion de défauts du liège comme réponse à cet état de stress post incendie. Notre méthodologie est simple : nous l'avons scindée en deux volets.

-Le premier volet concerne l'étude du régime des incendies dans la forêt de Zariéffet. Nous nous sommes basés sur les bilans des incendies recueillis auprès des services forestiers de la wilaya et des anciens fascicules de gestion de la forêt de Zariéffet.

- Le second volet prêtera attention à l'identification sur terrain des arbres échantillons selon leur degré de résilience post-incendie. Ainsi nous avons scindé les 190 sujets en trois groupes :

**1- Les arbres vivants récupérables :** dont la cime et le tronc n'ont subi qu'un léger flamboiement. Après 14 années ces arbres sont restés sains et vigoureux sans blessures sur le tronc.

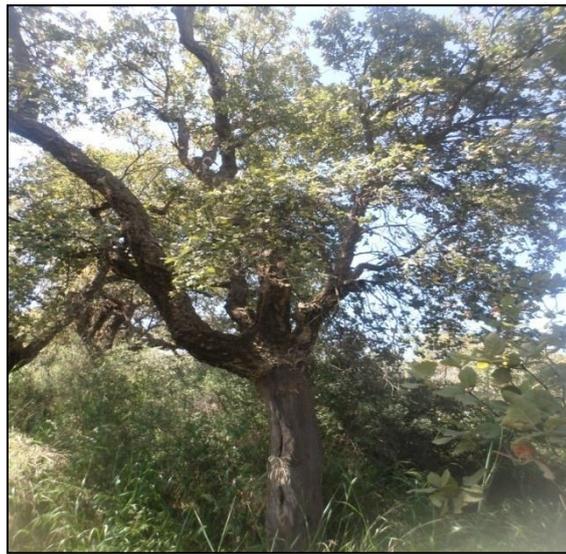


Planche 9 : Arbre récupérable (Khobzaoui, 2021)

**2- Les arbres vivants irrécupérables :** dont la mortalité différée n'a pas atteint encore son terme. Durant le passage de l'incendie de 2007, ces arbres ont subi des dommages importants au niveau du tronc et de la cime mais la souche est restée intacte. Après 14 années ils ont régénérés partiellement leur cime. Ce sont des arbres affaiblis et dépérissants dont on ne connaît pas la durée de leur survie ou de leur mortalité à cause de la vitalité de souche.



Planche 10 : Arbre irrécupérable (Khobzaoui, 2021)

**3-Les arbres morts :** dont la mortalité différée a atteint son terme par la mort de la tige principale et la mort de la souche. Ces arbres ont subi des dommages graves lors de l'incendie de 2007, mais ils se sont régénérés quelques années après puis mort en 2021 à cause de la mortalité de la souche ou d'attaque d'insecte ou de champignons pathogènes.



Planche 11 : Arbre mort (Khobzaoui, 2021)

Sur ces trois catégories d'arbres, nous avons effectué des prélèvements de calas de liège de 5cmx5cm à 1,30m du sol, en changeant constamment l'exposition. 6 sorties périodiques nous ont permis d'extraire au total 190 calas(Pl.12).



**Planche 12:** Technique d'extraction du cala du liège de l'arbre (Khobzaoui, 2021)

Au laboratoire, sur chaque échantillon de liège nous avons pratiqué le protocole expérimental suivant :

1-Polissage des sections transversales et scannage des échantillons(Pl.13).



**Planche 13 :** Polissage des échantillons de liège leur numérisation par un scanner(Khobzaoui,2021)

2-Mesure du calibre par un pied à coulisse pour faire sortir les classes d'épaisseur suivantes :

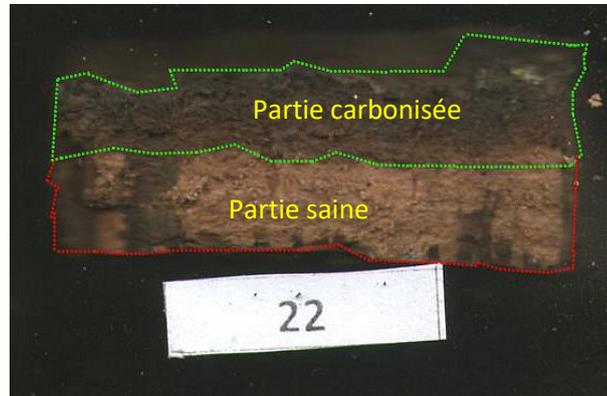
- ❖ C1 : 0-10mm
- ❖ C2 : 1,1-20mm
- ❖ C3 : 2,1- 30mm
- ❖ C4 : > 30mm

3- Pesé des échantillons sur une balance électronique.

4-Mesure des largeurs et des longueurs des calas à l'aide d'une pied à coulisse.

5-Ces mesures nous ont permis de quantifier la productivité du liège ( $\text{kg/m}^2$ ).

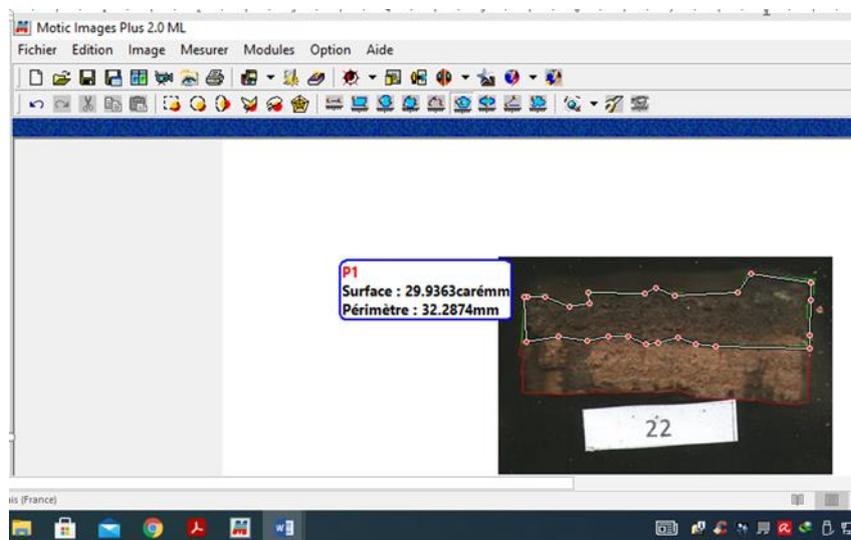
6-Mesure du taux de carbonisation du liège : La quantification du taux de carbonisation a été réalisée par le logiciel *Motic*, grâce à la méthode d'analyse d'image numérique et selon la résolution du scanner, en transférant les pixels en mm (Pl.14)..



**Planche 14 :** Technique d'évaluation du taux de carbonisation du liège(Khobzaoui,2021).

Le taux de carbonisation est donc estimé par le rapport (Pl.15) :

$$\text{Carb}(\%) = \frac{\text{Surface carbonisée}(\text{mm}^2)}{\text{Surface totale}(\text{mm}^2)} \times 100$$

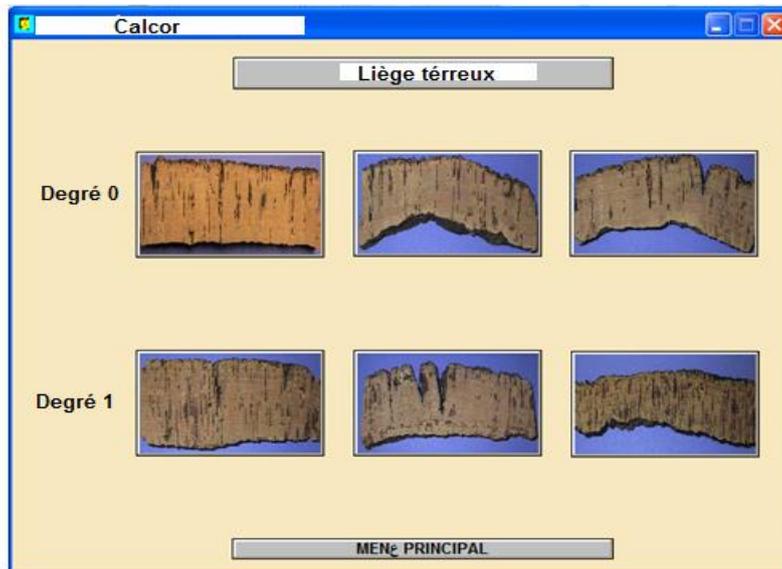


**Planche 15 :** Mesure du taux de carbonisation par le logiciel Motic plus(Khobzaoui,2021)

7- Identification des défauts selon leur nomenclature et leur inscription sur fiche préparée dans ce sens.

8- Les défauts ont été repérés par l'application du logiciel Calcor (Garcia de Céca, 2001) (Fig.21). En effet, ces anomalies ont été classées en quatre types selon leurs origines d'apparition :

- Type1: Regroupe les défauts de croissance à l'instar de l'irrégularité du ventre du liège, l'état du dos du liège ou fentes et l'épaisseur de la croûte du liège.
- Type2: Rassemble les défauts physiologiques tels que la lignification verticale et horizontale, le liège terreux, le liège doublé, les plaques terreuses.
- Type3: Met en évidence les défauts phyto-pathogènes comme la tâche verte ou le liège vert, la tâche jaune, les trous d'insectes ; le charbon de la mère.
- Type4 : Lie les défauts génétiques tels que les soufflures, la porosité et le liège dur.



**Figure 21** : Utilisation du logiciel Calcor pour identifier les défauts du liège (exemple du liège terreux)

#### III.4-Etude des relations probables entre les défauts et les paramètres des arbres

Pour étayer les résultats obtenus, plusieurs relations ont été mises en évidence. Il s'agit des hypothèses suivantes :

- 1- Relation défauts/croissance subéreuse
- 2- Relation défauts/ réponse physiologique
- 3- Relation défaut/ altération phytopathogène
- 4- Relation défauts/ taux de carbonisation

#### III.5- Traitement des données

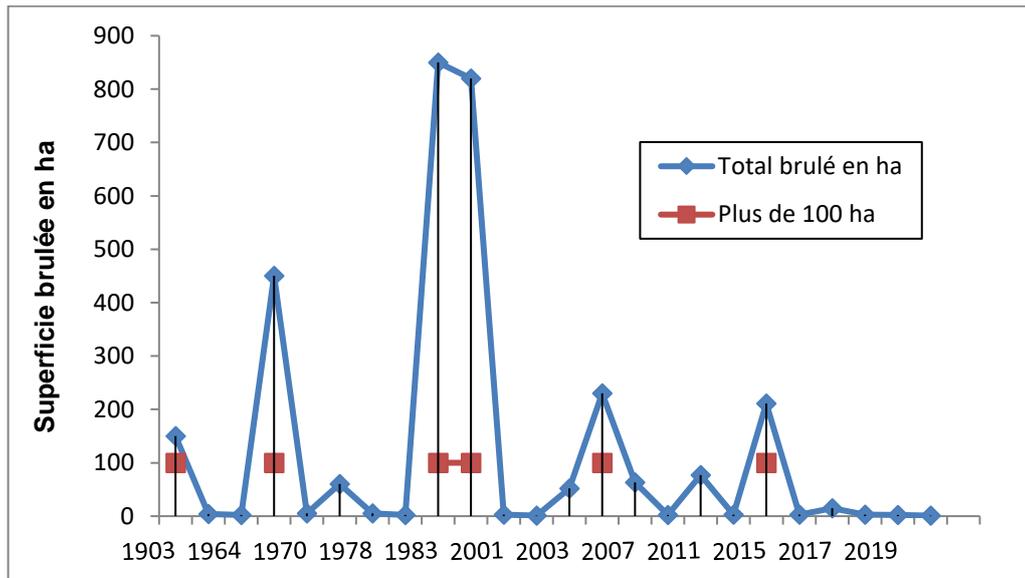
Les résultats des mesures ont été soumis à des traitements statistiques réalisés à l'aide du logiciel SPSS.21: analyse de la variance ANOVA.

# **Chapitre IV**

## **Résultats et discussion**

### IV.1-Etude du régime de feu dans la forêt de Zarieffet

La propagation du feu est un phénomène naturel, principalement influencée par la végétation et les conditions climatiques, topographiques et anthropiques. Ces conditions font de la forêt de Zarieffet une zone constamment menacée par les incendies d'autant plus que cette entité est traversée par la route nationale N°22. Les données des incendies recueillies auprès des services forestiers de la wilaya sont illustrées sous forme de graphe (Fig.22).



**Figure 22 :** Occurrence des incendies dans la forêt de Zarieffet entre 1903 et 2020

D'après la figure 22, on observe jusqu'à 21 occurrences de feu sur le même site au cours de la période allant de 1903-2020 soit une durée 117 ans : les zones les plus fréquemment incendiées sont toujours superposées à la chaussée. C'est ce qui explique le type social dans le déterminisme des feux. Ce phénomène est retenu comme l'une des principales causes d'incendies dans le bassin méditerranéen au cours du XXème siècle (Pausas, 1997; Moreira, 2001; Diaz-Delgado et al., 2004).

Comme le montre la figure 22, on observe 5 principaux sauts (< 100 ha) de la surface incendiée au cours du temps :

- le premier environ 63 ans (1966) après le feu précédent de 1903.
- le second et le troisième entre 17ans (1983) et 11 ans (1994) après le dernier feu de 1966 et 1983.

- le quatrième et le cinquième entre 11 ans (2005) et 10 ans (2015) après le dernier feu de 1994 et 2005.

On estime l'intervalle moyen entre deux grands incendies à 22 ans ( $\pm 1$ ) durant la période allant de 1903 et 2020. Cet intervalle entre dans la norme pour les écosystèmes méditerranéens (10 à 60 ans) selon Thonicke et *al.*, (2001), et est assez semblable à celui relaté par Kilgore et Taylor (1979) en Californie (Sierra Nevada : 9 à 18 ans).

La dynamique de feux à Zariéffet semble toutefois moins forte que celle décrite par Malak et Pausas (2006) dans la province de Valence (intervalle de l'ordre de 9 ans). Cette zone peut d'ailleurs être considérée comme l'une des plus sensibles en Méditerranée et en Europe en termes de fréquence d'incendies.

L'analyse portant sur l'étude commune de la végétation brûlée entre 1961 et 2020 démontre une surface globale brûlée de l'ordre de 2838 ha. En effet, se sont les superficies composées de maquis et de chênes lièges qui brûlent le plus (respectivement 90% et 9,5% de surface incendiée). D'après Cardillo et *al.*, (2007), les maquis sont considérés comme matures au bout de 12-15 ans. Ils sont alors extrêmement denses et peuvent atteindre 4 m de hauteur en présence de bruyères arborescentes (*Erica arborea*). En dehors d'une importante accumulation de biomasse, ce type d'écosystème se caractérise par une combustibilité très prononcée, plus amplifiée avec la présence du chêne-liège.

Globalement, nous pouvons dire qu'avec une telle occurrence des feux, la forêt de Zariéffet, en dehors d'une prise en charge effective par les services concernés tend progressivement à disparaître puisque sa survie est fortement conditionnée par l'activité humaine, source départ de feu.

En effet, un seuil critique a été défini pour l'ensemble des subéraies incendiées à l'échelle méditerranéenne (Dubois, 1990 ; Amandier 2004 ; Schaffhauser, 2009 ) : 4 grands feux en 50 ans. Dans le cas de la subéraie de Zariéffet, ce seuil semble très critique, il représente malheureusement 5 grands feux en 49 ans : de 1966 à 2020 (Fig.22).

#### **IV.2- Caractérisation des parcelles d'étude**

Les données géographiques et les caractéristiques topographiques et de sylviculture des parcelles d'étude sont illustrées dans le tableau 16 .

**Tableau 16** : Données géographiques et topographiques des parcelles d'étude

Parcelles	1	2	3
Descripteur			
Lieu dit du canton	<b>Zarieffet</b>		
Cordonnées géographiques (centre de la parcelle)	34°,56'24,7'' 001°,22'20,9''	34°50'31'' 001°22'10,4''	34°50'52,7'' 001°21'51,4''
Altitudes (moyenne)(m)	1112	1094	1056
Topographie des terrains	Dépression haut versant	Haut versant	Haut versant
Exposition	Nord	Nord-Est-Ouest	Nord-ouest
Pentes (%)	> 21	14	18
Distances à la mer (km)	53	53	53
Origine du peuplement	Naturelle	Naturelle	Naturelle
Structure des peuplements	Irrégulière	Irrégulière	Irrégulière
Nature du peuplement	Mélangé (chêne vert et kermès)	Mélangé (chêne vert et chêne zeen)	Mélangé (chêne vert et pin d'Alep)
Densité moyenne du peuplement	60	60	100
Fréquentation humaine	Forte	Forte	Forte

Les trois parcelles prises en considération appartiennent toutes au canton Zarieffet. L'altitude est en moyenne de 1060 m avec une exposition à dominance Nord. Le terrain est accidenté avec une pente variant entre 14 % à 21 %.

Il ressort aussi de ce tableau 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'écologie, de l'action de l'homme, de ses troupeaux et des incendies.

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

Parmi les premières conséquences néfastes de l'incendie en subéraie ou autre écosystème forestier c'est qu'il réduit la densité globale des peuplements et agit sur la structure et la morphologie des arbres et fait clairement reculer la forêt. Dans ce contexte, la répartition des sujets résiduels selon leurs grosseurs et leurs hauteurs nous donne une indication de l'intensité du feu.

### IV.3.1-Diamètres et hauteurs des arbres

Les classes des diamètres présentées dans la figure 23 varient d'une catégorie à une autre. Les arbres récupérables détiennent les quatre premières classes, incluant les perches, le petit bois, le bois moyen et le gros bois. Cette configuration est limitée à trois classes seulement pour les arbres irrécupérables (les perches, le petit bois et le bois moyen) et deux uniquement pour les arbres morts (les perches et le petit bois).

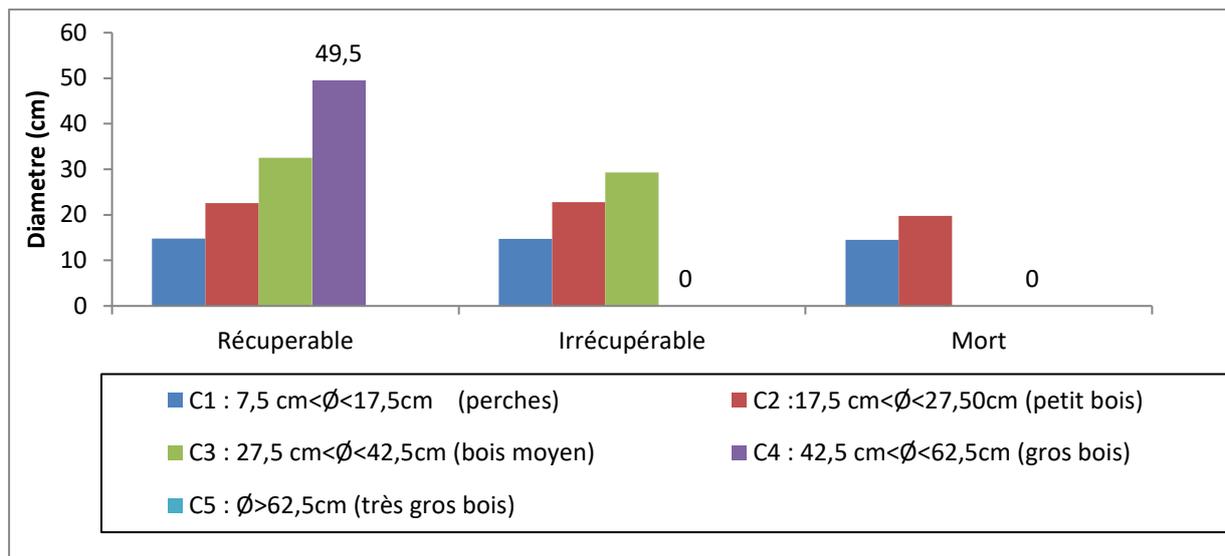


Figure 23 : Distribution des classes de diamètre selon les trois catégories d'arbres

Dans les trois catégories, il apparaît bien que le feu a éliminé les très gros bois ( $\phi > 62,5$  cm). Ces derniers lors du passage de l'incendie présentaient des signes de faiblesse à savoir les cavités sur le tronc, des branches sèches et du liège mince et très dur ( Mr Dehane, com. personnelle). Les arbres ayant survécu aux incendies sont essentiellement de gros diamètre ( $42,5 \text{ cm} < \phi < 62,5 \text{ cm}$ ) avec un diamètre moyen de 49,5 cm. Ce résultat est en accord avec celui présenté par Amandier(2004).

La répartition des 190 arbres-échantillons par moyenne estimée (diamètre et hauteur) et selon la catégorie des arbres est illustrée dans les figure 24 et 25.

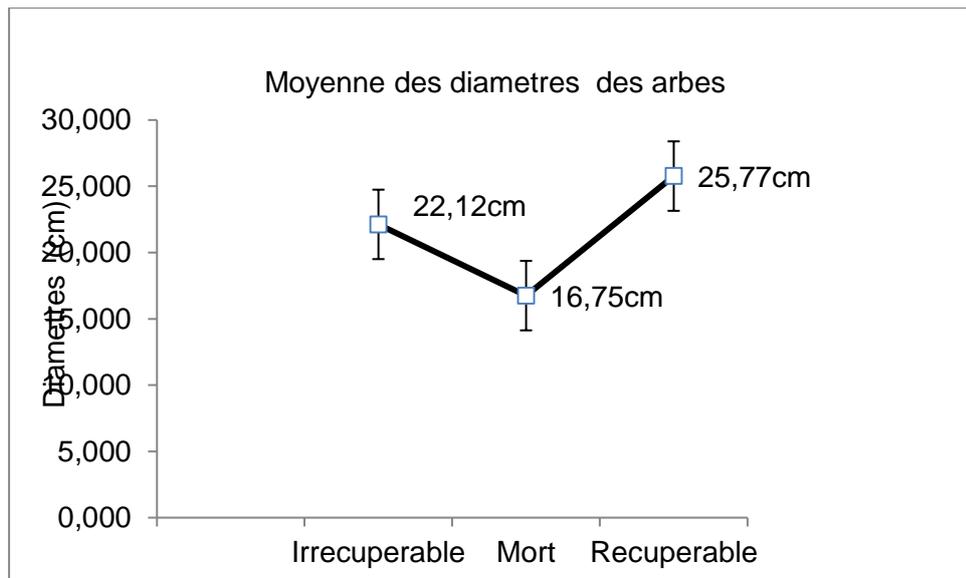


Figure 24: Moyennes estimées des diamètres des arbres échantillons

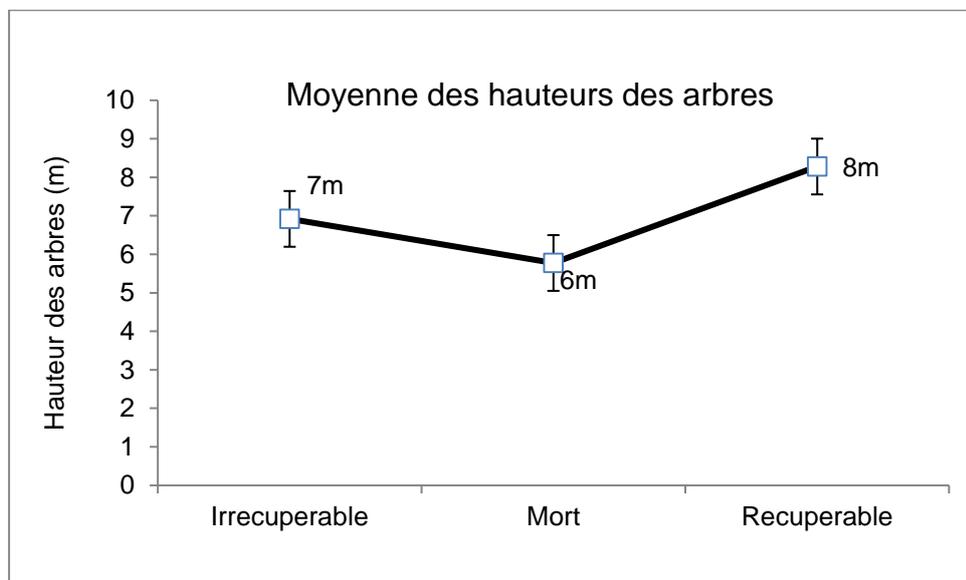


Figure 25: Moyennes estimées des hauteurs des arbres échantillons

D'après les figures 24 et 25, il apparaît que les arbres rescapés, détiennent des diamètres et des hauteurs moins développés sur les sujets irrécupérables et morts sur pied et présentent des différences de morphologies. Ce résultat semble s'ajuster à celui avancé par Bertrand (2007), qui stipule que les incendies stoppent la croissance, touchent des tissus cambiaux grièvement, ce qui empêche les chênes-lièges ayant survécu de développer une morphologie comparable aux arbres ayant subi moins de perturbations.

A titre d'indication et simultanément, pour les trois catégories d'arbres en production, les diamètres moyens varient entre 25,77cm (arbres récupérables) et 22,12cm (arbres irrécupérables)

et 16,75 cm (arbres morts). Par ailleurs, les sujets morts sur pied (totalement touchés par les flammes) les moyennes des hauteurs sont généralement au dessous de 7m ( entre 4 et 5m). D'après Dubois (1990), après l'incendie, l'arbre comptabilise les séquelles du feu au niveau du cambium, ce dernier agit en ralentissant la croissance radiale en hauteur et en largeur des années après le feu. L'analyse de variance enregistre une différence hautement significative pour les diamètres et aussi pour les hauteurs des trois catégories.

**Tableau 17 :** Tests des effets inter-sujets de la variable dépendante : diamètre des arbres.

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	1608,207 <sup>a</sup>	2	804,103	17,219	0,000
Ordonnée à l'origine	77969,169	1	77969,169	1669,602	0,000
Catégorie d'arbres	1608,207	2	804,103	17,219	0,000
Erreur	8732,762	187	46,699		
Total	102036,280	190			
Total corrigé	10340,969	189			

a. R deux = 0,156 (R deux ajusté = 0,146)

**Tableau 18 :** Tests des effets inter-sujets de la variable dépendante : hauteur des arbres

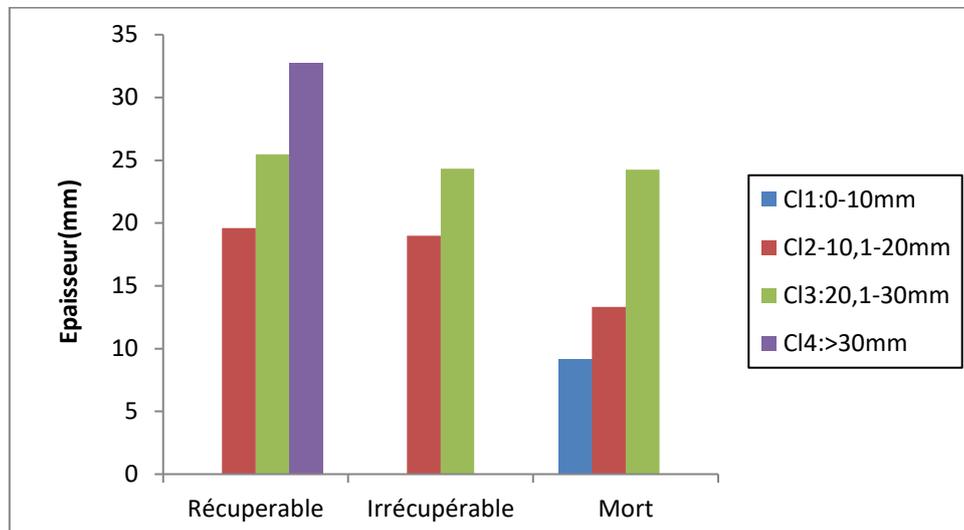
Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	174,538 <sup>a</sup>	2	87,269	23,995	0,000
Ordonnée à l'origine	8515,173	1	8515,173	2341,277	0,000
Catégorie d'arbres	174,538	2	87,269	23,995	0,000
Erreur	680,115	187	3,637		
Total	10747,500	190			
Total corrigé	854,653	189			

a. R deux = 0,204 (R deux ajusté = 0,196)

### IV.3.2-Epaisseur du liège

La figure fait état d'une représentativité des classes d'épaisseur chez les arbres récupérables. Sur ces derniers, l'épaisseur varie de 19,6mm (classe1), 25,40mm (classe2) et 32,75mm (classe3).

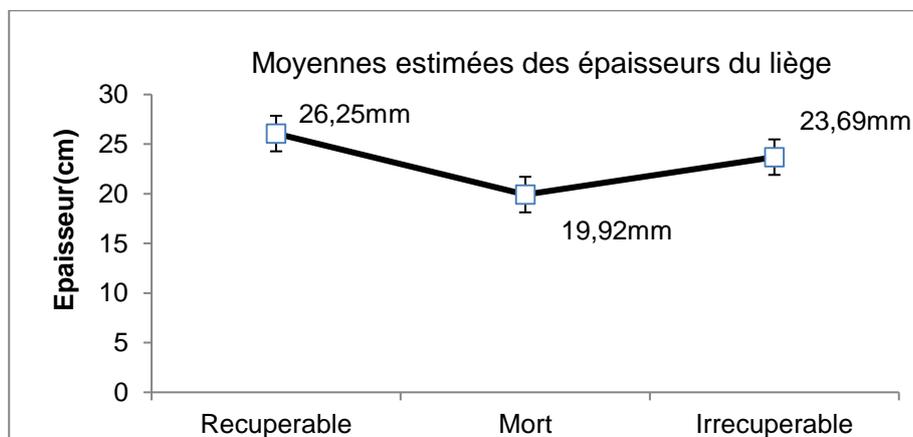
Pour les arbres irrécupérables, on dénombre 19mm (classe2) et 24,33mm (classe3). Les arbres morts, l'épaisseur est réduite : 9,2mm (classe1) ; 13,33m (classe2) et 24,26mm (classe 3) (Fig.26).



**Figure 26 :** Répartition des classes d'épaisseur selon les trois catégories d'arbres

De la figure apparaît aussi que les arbres irrécupérables et morts survécus au stress post-incendie ont une activité subéreuse amoindrie par rapport aux récupérables, faisant état d'une défaillance physiologique entre les deux assises libéro-ligneuse et subero-phellodermiques. Selon Bertrand(2007), le feu répété consomme le liège et diminue sa croissance.

La répartition des arbres-échantillons par moyenne estimée (épaisseur du liège) et selon la catégorie des arbres est illustrée dans la figure 27.



**Figure 27:** Moyennes estimées des épaisseurs du liège des arbres échantillons

La figure 27 , dévoile une mortalité des arbres pour des épaisseurs de liège très minces soit une moyenne estimée de l'ordre de 19,92mm. Par contre, chez les sujets vivants récupérables et irrécupérables des deux catégories, ces moyennes varient entre 26,25mm et 23,69mm. Il convient de signaler que ces valeurs sont statistiquement significatives ( $p < 0,000$ )(Tab.19). Cela montre que la résilience est plus imputée à l'épaisseur de liège. Ce dernier jouant le rôle d'isolant thermique et de protecteur mécanique confère aux arbres leur résistance aux feux (Hare, 1965). D'ailleurs, il s'est avéré que les arbres vivants irrécupérables arrivent à régénérer leurs houppiers après feu grâce à leurs tissus conducteurs protégés par du liège (Uhl et Kauffman, 1990).

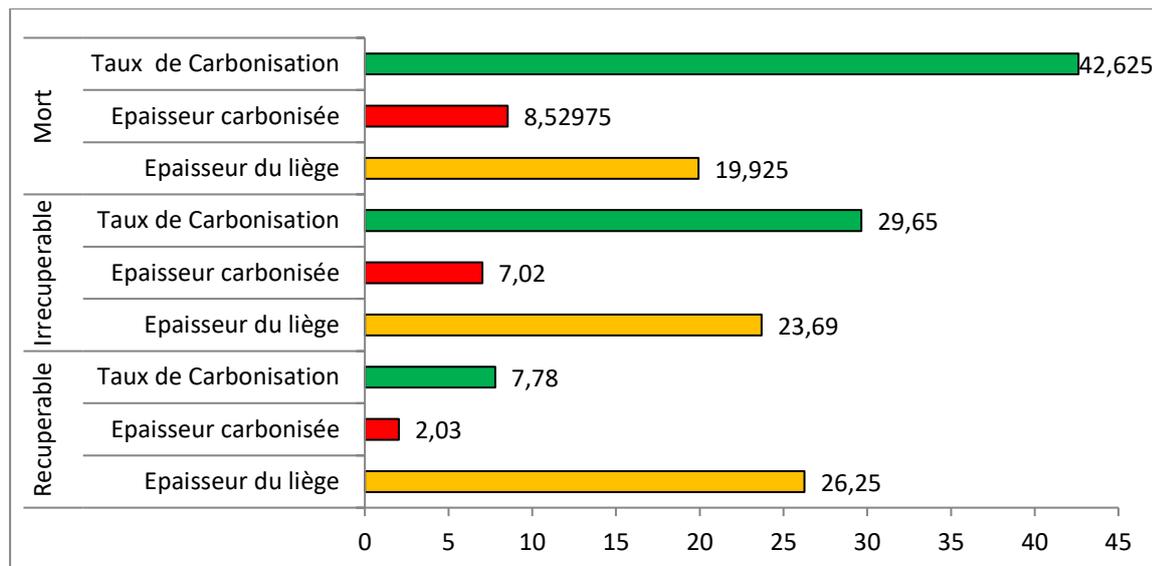
**Tableau 19** : Tests des effets inter-sujets de la Variable dépendante épaisseur du liège

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	817,050 <sup>a</sup>	2	408,525	36,859	0,000
Ordonnée à l'origine	95544,534	1	95544,534	8620,435	0,000
Typ1	817,050	2	408,525	36,859	0,000
Erreur	2072,613	187	11,083		
Total	111946,000	190			
Total corrigé	2889,663	189			

a. R deux = 0,283 (R deux ajusté = 0,275)

### IV.3.3- Caractérisation du taux de carbonisation du liège

La répartition des arbres-échantillons par taux de carbonisation et par catégorie sont mentionnées dans la figure 28.



**Figure 28** : Taux de carbonisation du liège selon les trois catégories d'arbres

L'épaisseur moyenne carbonisée pour les sujets vivants récupérables est autour de 2,03mm/26,25mm. C'est une autre tendance pour les arbres irrécupérables et morts, on enregistre respectivement les rapports suivants : 7,02mm/23,69mm et 8,52mm/19,92mm. Ces résultats signifient que les chances de survie pendant le passage de l'incendie et après le stress post-incendie sont tributaires de cette distance qui sépare l'épaisseur brûlée de la mère du liège. Plus le liège est calciné totalement (épaisseur carbonisée= épaisseur du liège) plus le bois est dénudé (liber-aubier-cambium), plus l'arbre possède des chances de survie très minime( Pl.16).

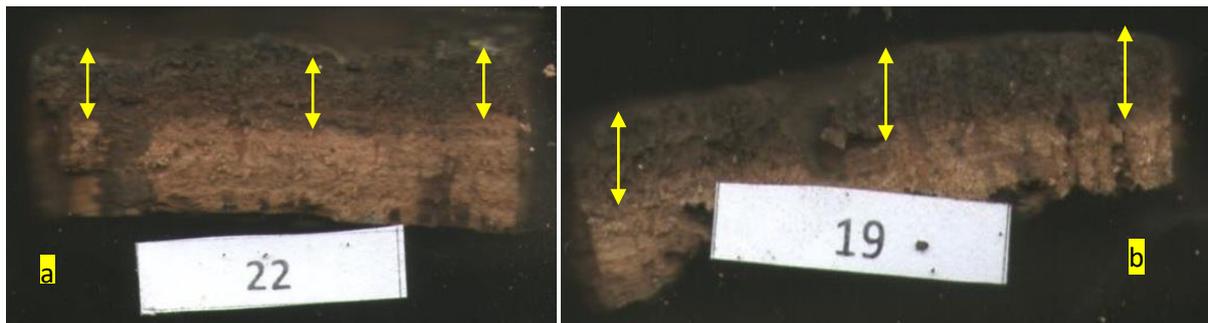


Planche 16: Variation du taux carbonisation (a : 25%,b :30%)(Khobzaoui,2021)

La figure ci-dessous montre qu'un taux de carbonisation de 8% génère peu de perturbations post-incendie, il s'agit de sujets vigoureux. Un taux de 30% place ces arbres dans la classe des sujets perturbés physiologiquement et morphologiquement. Le temps écoulé post-incendie soit améliore la survie de ces arbres soit rétrécie leur résilience. Un taux de 43% est susceptible de différer la mortalité des arbres d'une manière irréversible malgré le temps post-incendie écoulé.

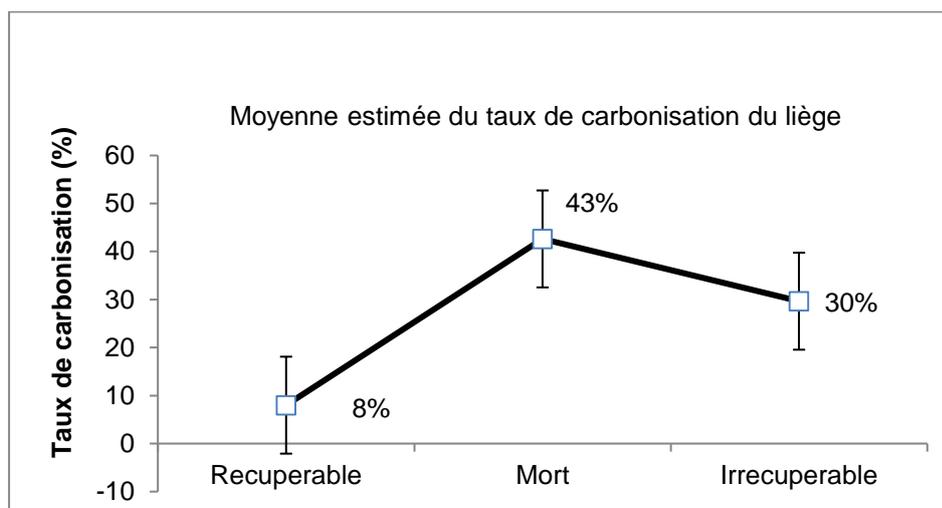


Figure 29 : Moyenne estimée des taux de carbonisation du liège

Il ressort de la figure 29 des différences très significatives pour les taux de carbonisation des trois catégories des arbres échantillons ( $F= 266,15 ; p<0,0001$ )( Tab.20).

**Tableau 20** : Tests des effets inter-sujets de la variable dépendante taux de carbonisation

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	35976,425 <sup>a</sup>	2	17988,213	266,187	0,000
Ordonnée à l'origine	124072,340	1	124072,340	1836,007	0,000
Catégorie d'arbres	35976,425	2	17988,213	266,187	0,000
Erreur	12636,948	187	67,577		
Total	155809,000	190			
Total corrigé	48613,374	189			

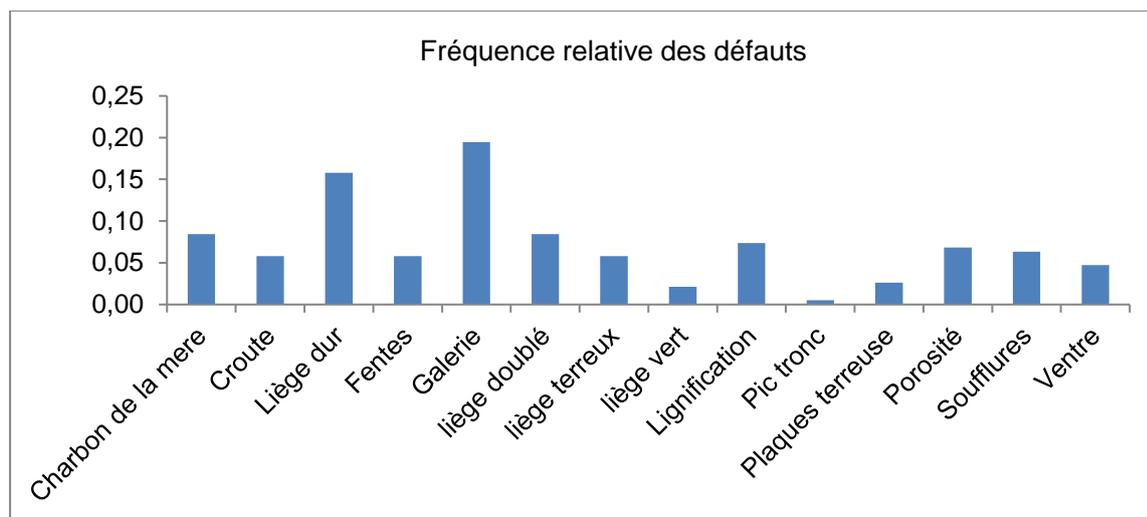
a.  $R \text{ deux} = 0,740$  ( $R \text{ deux ajusté} = 0,737$ )

#### IV.4-Caractérisation des défauts du liège post incendie

En plus de la prospection directe sur terrain, le logiciel Calcor nous a permis d'identifier une panoplie de défauts sur le liège collecté de la zone d'étude :

##### IV.4.1-Par nomenclature

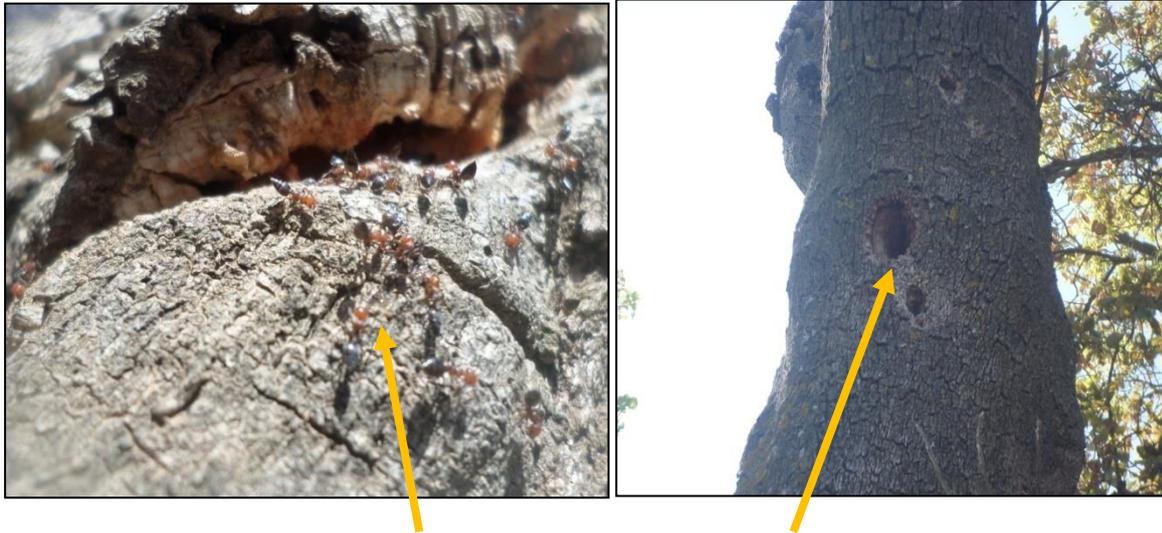
La figure suivante montre la répartition globale des défauts selon leur fréquence relative.



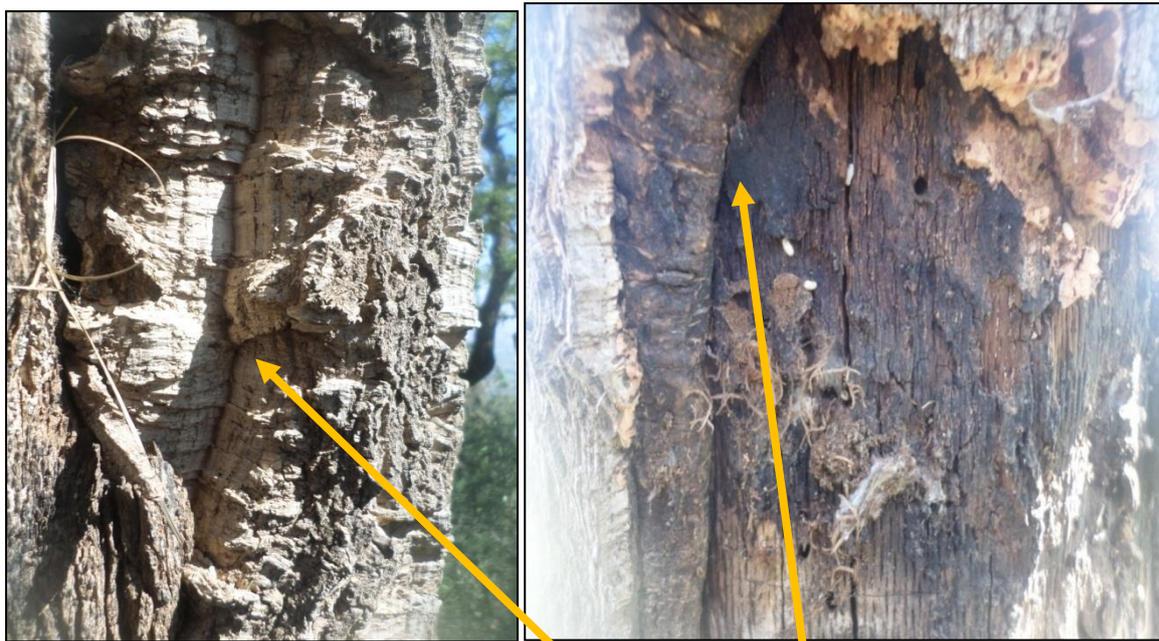
**Figure 30** : Fréquence relative des défauts des arbres échantillons

Selon la figure 30, on constate la présence de 14 anomalies de liège post-incendie. Ces imperfections du tissu subéreux sont dominées par l'occurrence relative du défaut de galeries

d'insectes avec un taux de 19%, suivi du liège dur (16%), du charbon de la mère et de la lignification et du liège doublé avec 8%. Le liège troué par les oiseaux (Pic tronc) ne constitue qu'un taux minime de l'ordre de 1%. Les illustrations suivantes montrent la détection directe de certains défauts du liège sur terrain (Pl.17 et 18).



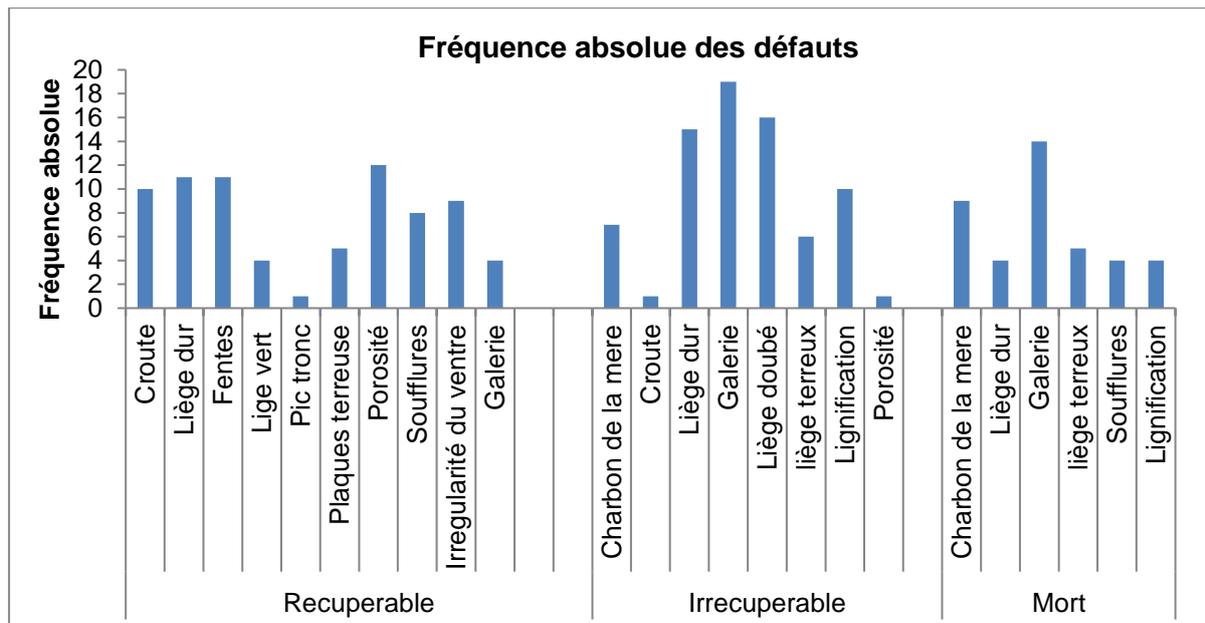
**Planche 17** : Liège attaqué par les fourmis et les oiseaux (pic tronc) (Khobzaoui,2021)



**Planche 18** : Apparition des défauts du liège doublé et du charbon de la mère (Khobzaoui,2021)

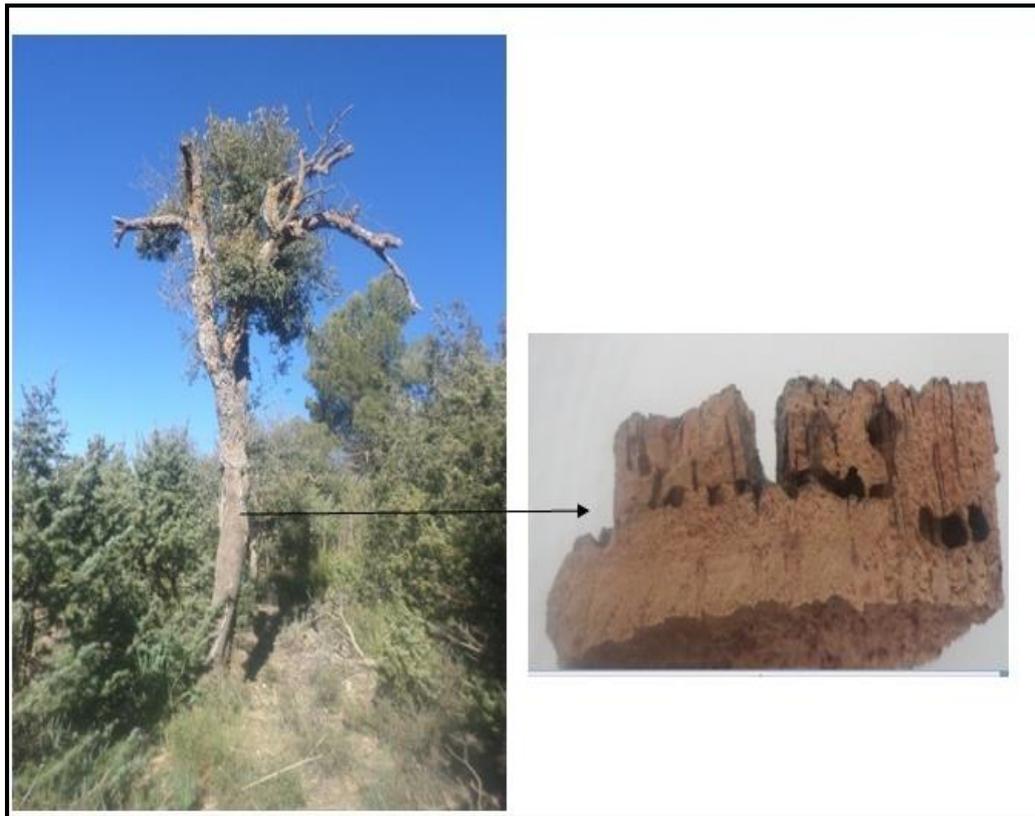
#### IV.4.2-Par catégorie d'arbres post-incendie

Une distribution des défauts selon les trois catégories d'arbres a été aussi révélée (Fig.31).



**Figure 31** : Distribution par fréquence absolue des défauts selon les trois catégories d’arbres

La figure fait ressortir une récurrence de 10 défauts de liège dans la catégorie récupérable, 8 dans les sujets irrécupérables et 6 dans ceux morts. Dans la première catégorie, les anomalies de la croute, du liège dur, de la fente et de la porosité enregistrent les occurrences absolues les plus élevées soit respectivement 10 ;11 ;11 et 12. En revanche, sur les sujets irrécupérables, les défauts des galeries d’insectes, du liège dur, du liège doublé, de la lignification, du liège terreux et du charbon de la mère semblent plus présents que les autres (19;15;16;10 et7). Par ailleurs, pour les arbres morts, la représentativité est plus influencée par les occurrences des défauts des galeries (14), du charbon de la mère (9) et du liège terreux (5)( Pl.19 et 20).



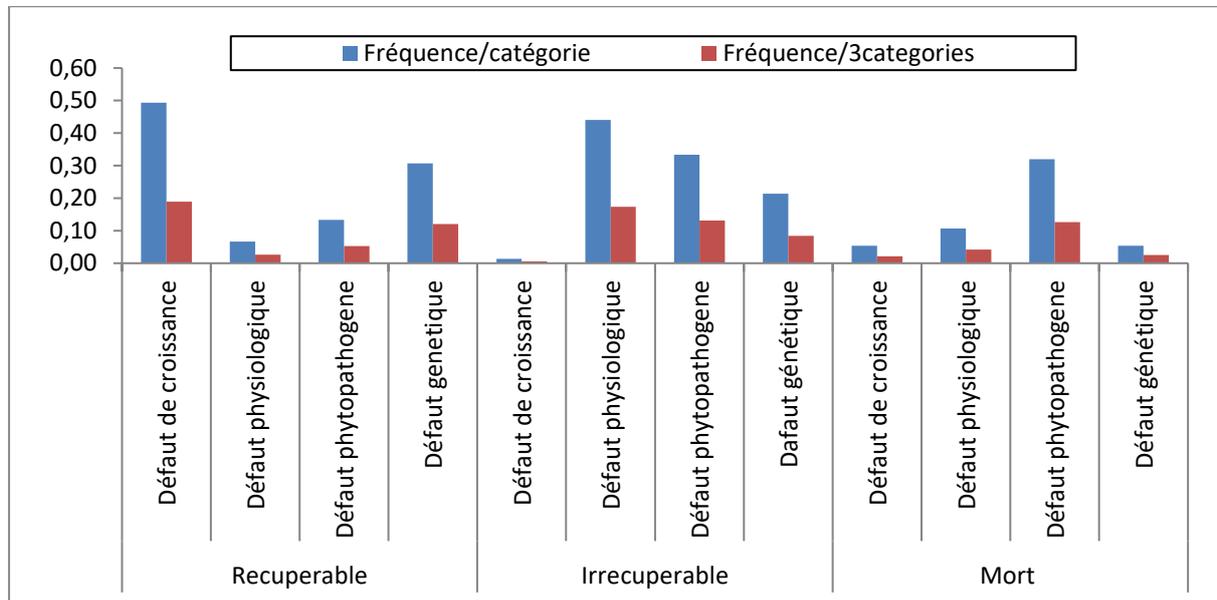
**Planche 19 :** Sujet irrécupérable rongé par le défaut « galeries d'insectes » (Khobzaoui,2021)



**Planche 20:** Sujet mort produisant du liège terreux(Khobzaoui,2021)

## IV.4.3-Par origine de défaut

La distribution des défauts selon leur origine d'apparition est mentionnée dans la figure 32.



**Figure 32** : Distribution des défauts du liège selon leur origine

A travers la figure 32, il apparaît que la distribution des anomalies selon leurs origines d'apparition respectives semble dominée par les défauts de croissance et génétique sur les échantillons des sujets vivant récupérables avec un taux de 49% et 12%. Sur les sujets irrécupérables c'est plutôt les défauts d'origine physiologique qui comptabilisent la fréquence relative la plus élevée (44%) suivie des anomalies de nature phytopathogène (33%). En ce qui concerne les échantillons des arbres morts, ont tendance d'être dominés par les défauts phytopathogènes (32%). D'autre part, la répartition des défauts par rapport à l'échantillonnage totale montre une accentuation progressive des défauts phytopathogènes de 5% (arbres récupérables) à 13% (sujets irrécupérables et morts). Les défauts de croissance à leurs tours sont très minimes sur les arbres irrécupérables et morts (1% et 2%).

#### IV.5- Etude des relations probables entre les défauts et les paramètres des arbres

Des relations cause à effet ont été mises en évidence pour déceler une éventuelle liaison entre l'apparition de ces défauts et les différentes séquelles que vivent ces arbres rescapés.

##### IV.5.1-Relation défauts/croissance subéreuse

1-Les arbres vivants ont une circonférence et une hauteur plus importante que les arbres morts. La morphologie est souvent interprétée comme un indicateur de la santé et du bon développement de l'arbre, et de sa capacité de survie en cas de stress ou de perturbations. De nombreuses études, autant en écologie végétale qu'animale, montre que les individus en bonne santé et bien développés ont plus de chance de survivre aux aléas. Nos résultats vont dans ce sens.

Nous montrons aussi qu'il existe une relation significative entre la circonférence et l'épaisseur de liège pour les arbres récupérables: ( $r$  de Pearson= 0,845 ; test de Pearson= 0,0001), plus le diamètre de l'arbre augmente plus l'épaisseur de liège augmente. Rappelons que c'est l'épaisseur de liège (jouant le rôle d'isolant thermique et de protecteur mécanique) qui confère aux arbres leur résistance aux feux (Hare, 1965 ; Uhl et Kauffman, 1990). De ce fait et au vu de nos résultats, les arbres survivants peu brûlés par les incendies semblent posséder une activité subéreuse plus développées que les arbres brûlés( Fig.33).

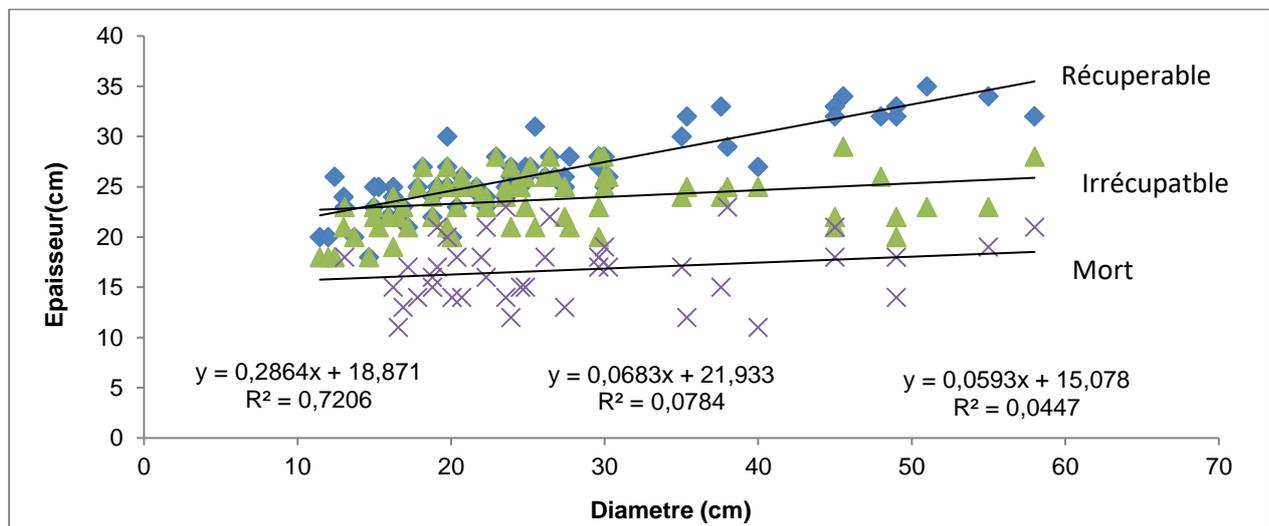


Figure 33 : Corrélation entre le diamètre des arbres et les épaisseurs du liège selon la perturbation

De la figure, il apparaît clair que plus la perturbation liée à l'incendie augmente plus les arbres n'arrivent plus à produire du liège en quantité (accroissement annuels et épaisseur

cumulée)(Tab.21). Les coefficients de corrélation positifs calculés pour les deux catégories irrécupérables et morts enregistrent des valeurs faibles ( $r=0,26$  et  $r=0,21$ ).

**Tableau 21** : Statistique descriptive du coefficient de corrélation de Pearson

	Pearson	Test de Pearson	R <sup>2</sup>
Récupérable	0,845	0,0001	72%
Irrécupérable	0,267	0,53	7%
Mort	0,210	0,65	4%

Lorsque nous étudions le degré de brûlure des arbres en fonction du temps post-incendie écoulé (14 ans), on peut voir que l'état général des chênes-lièges s'améliore pour les arbres récupérables et que leurs troncs ne sont affectés que par des défauts mineurs ou ordinaires à l'instar du défaut de croûte, l'irrégularité du ventre, des fentes et des soufflures.

Par contre, pour les deux autres catégories (irrécupérables et morts), la réduction de la croissance radiale et subéreuse liée au stress post-incendie s'accompagne d'une apparition marquée des anomalies de stress par exemple analogue à une cicatrisation plus au moins longue comme l'apparition du liège doublé ou une adaptation au milieu comme l'apparition des défauts du liège dur et de la lignification.

2-L'activité subéreuse post-incendie n'affecte pas seulement la croissance du liège mais influe aussi sur la productivité des arbres. D'ailleurs, la productivité définit la quantité du liège ou le poids supposé produit au mètre carré par surface génératrice par un chêne liège pendant une période ou une rotation. La répartition des 190 échantillons selon leur productivité et par ordre de défauts sont mentionnées dans le tableau 22 et la figure 34 .

**Tableau 22** : Statistiques descriptive de la productivité par rapport aux défauts (liège de 14 ans)

Catégorie		Moyenne (kg/m <sup>2</sup> )	Ecart-type	N
Irrécupérable	Charbon de la mère	7,6071	1,28434	7
	Croute	5,6500		1
	Galerie	7,5553	1,01296	19
	liège doublé	7,6438	0,65774	16
	Liège dur	7,3567	1,24927	15
	liège terreux	7,8333	1,13034	6
	Lignification	7,6800	1,07915	10
	Porosité	8,4500		1

	Total	7,5647	1,03554	75
Mort	Charbon de la mère	7,7567	1,22817	9
	Galerie	6,3786	1,32051	14
	Liège dur	5,5750	1,53921	4
	liège terreux	9,1500	,62849	5
	Lignification	5,8750	1,57560	4
	Soufflures	6,1750	1,37447	4
	Total	6,8840	1,64535	40
Récupérable	Croute	5,7200	0,63034	10
	Dos fissuré	5,7091	0,54673	11
	Galleries	6,1500	0,70475	4
	Liège dur	7,4909	0,71338	11
	liège vert	5,6000	0,63770	4
	Pic tronc	5,0000		1
	Plaques terreuse	6,9600	0,95289	5
	Porosité	5,5750	0,48265	12
	Soufflures	6,3500	0,73290	8
	Ventre	5,9333	0,71589	9
	Total	6,1373	0,92045	75

Le tableau met en évidence une augmentation progressive de la production du liège au fur et à mesure de l'augmentation du stress post-incendie. La productivité moyenne passe de 6,14kg/m<sup>2</sup> (arbres récupérables) à 7,56 kg/m<sup>2</sup> (arbres irrécupérables) et 6,88kg/m<sup>2</sup> (arbres morts)( Fig.34). La productivité moyenne totale de 6,85kg/m<sup>2</sup> est similaire au liège de cette forêt qui fait partie du liège mince (Dehane, 2012.). Cette amplification de la productivité est relative à un excès de lourdeur du tissu subéreux post incendie c'est à dire qu'une partie du suber est remplacé par d'autres éléments que le liège spongieux.

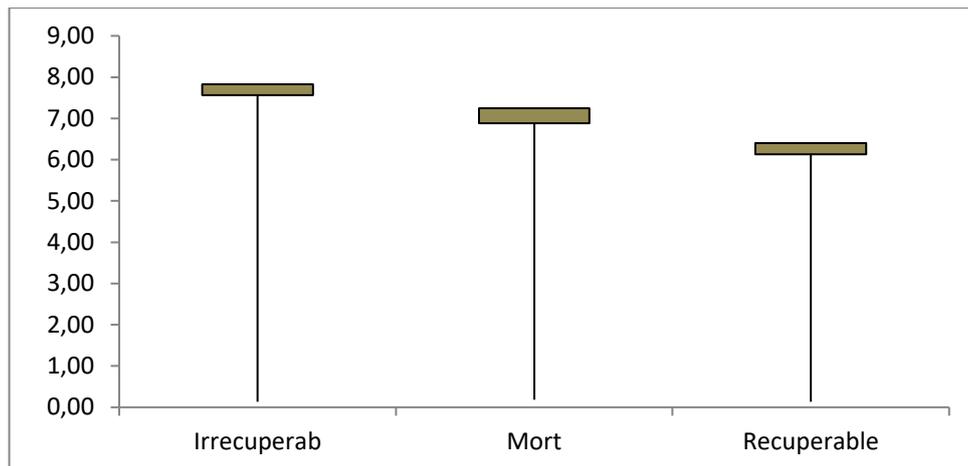


Figure 34 : Moyenne marginale estimée de la productivité du liège/type de défauts

Pour les arbres récupérables, la productivité synonyme de lourdeur est maximale pour les défauts du liège dur (7,49 kg/m<sup>2</sup>) suivi des plaques terreuses (6,96kg/m<sup>2</sup>), des soufflures (6,35kg/m<sup>2</sup>) et des galeries (6,15 kg/m<sup>2</sup>). Pour ce qui est des arbres irrécupérables, la productivité est élevée sur les échantillons parsemés de liège poreux (8,45kg/m<sup>2</sup>), le liège terreux (7,83kg/m<sup>2</sup>), le liège doublé(7,64kg/m<sup>2</sup>), la lignification (6,68kg/m<sup>2</sup>), le liège dur(7,35kg/cm<sup>2</sup>) et les galeries d’insectes (7,55kg/m<sup>2</sup>). Sur les arbres morts, le poids au mètre carré est significative pour les défauts de charbon de la mère (7,75kg/m<sup>2</sup>) et du liège terreux (9,15kg/m<sup>2</sup>) les galeries (6,37kg/m<sup>2</sup>)(Fig.35).

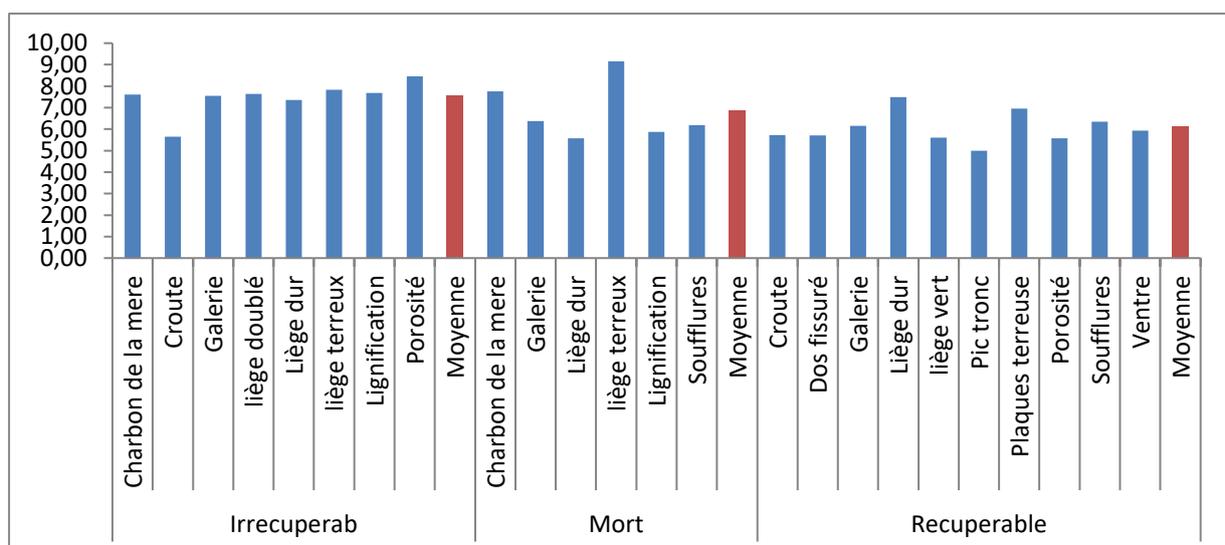


Figure 35 : Variation de la productivité par défauts

Une différence hautement significative est enregistrée en prenant en compte la productivité du liège par rapport aux défauts ( $p < 0,000$ ) et aussi par rapport au type de défauts ( $p < 0,000$ ).

**Tableau 23** : Effet inter sujet de la variable dépendante productivité du liège

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	165,529 <sup>a</sup>	23	7,197	7,536	0,000
Ordonnée à l'origine	3354,409	1	3354,409	3512,435	0,000
Catégorie d'arbres	11,275	2	5,637	5,903	0,003
Défauts	42,040	13	3,234	3,386	0,000
Catégorie * Défauts	35,137	8	4,392	4,599	0,000
Erreur	158,532	166	,955		
Total	9260,035	190			
Total corrigé	324,061	189			

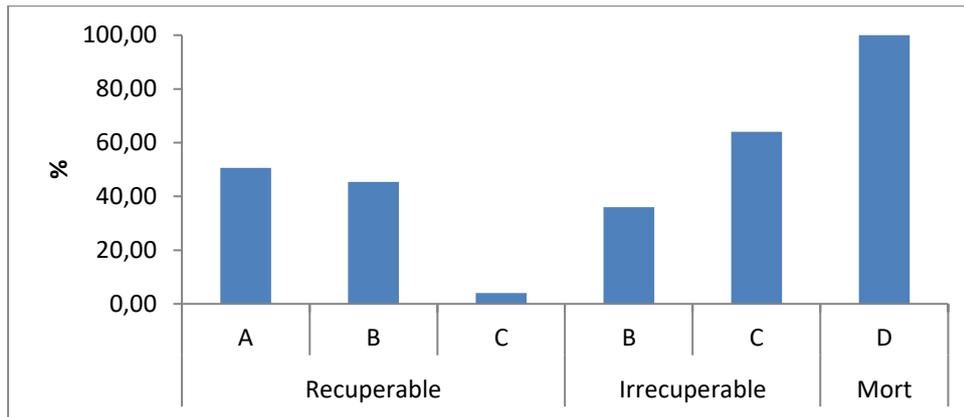
a. R deux = 0,511 (R deux ajusté = 0,443)

On peut affirmer que certaines anomalies de stress post-incendie alourdissent le liège et augmentent par conséquent son poids. Il s'agit essentiellement des défauts du liège terreux, de la lignification, des soufflures, de la porosité et du charbon de la mère. Ces anomalies possèdent un point en commun c'est qu'ils infectent le tissu subéreux de sclérenchyme le rendant plus boisé que spongieux (lignification) ou remplis de matière pulvérulente en forme de plaques poudreuses continue (liège terreux) ou discontinue (lenticelles).

#### IV.5.2-Relation défauts/ réponse physiologique

La relation qui lie les défauts du liège à l'arbre est strictement associée à son houppier c'est-à-dire à la masse foliaire qui entoure la cime, on évoque très souvent le terme dépérissement ou état de santé des arbres. Dans la bibliographie, les dépérissements sont définis comme des phénomènes causés par un ensemble de facteurs interagissant et se succédant d'une façon particulière, et qui entraînent une détérioration générale et graduelle, se terminant souvent par la mort de l'arbre (Bouvarel, 1984).

La répartition des arbres échantillons selon leur état sanitaire est représentée dans la figure 36.



**Figure 36** : Répartition des trois catégories d'arbre selon l'état sanitaire

De la figure, on constate que les arbres récupérables enregistrent 50,67% d'arbres sains (A), présentant une cime bien remplie avec une ramification dense et une dominance apicale forte aux alentours de 75%. Les arbres affaiblis (B) constituent 45,33% et se caractérisent par une perte notable de feuillage et avec des branches sèches et mortes entre 25-75%. Enfin les arbres dépérissants (C) présentant une cime vide et trouée avec des branches mortes et cassées sont minimes et ne dépassent pas les 4%.

En ce qui concerne les arbres irrécupérables, on remarque qu'ils sont limités seulement aux classes affaiblies (36%) et dépérissantes (64%). Ces sujets résilients présentent un houppier en reconstruction dans la partie sommitale de l'arbre après un incendie. Leur survie (cime) est strictement liée à la vitalité des réserves de la souche sinon il entre en phase de dépérissement irréversible par la mort des branches et le dessèchement du feuillage. Enfin, les arbres morts après un temps post-incendie écoulé (14 ans) de vitalité, ils sont entrés dans un dépérissement chronique lié non seulement à la mort de la souche mais aussi à la mort du liber par l'apparition des défauts majeurs de mortalité tels que le charbon de la mère et les galeries des insectes xylophages.

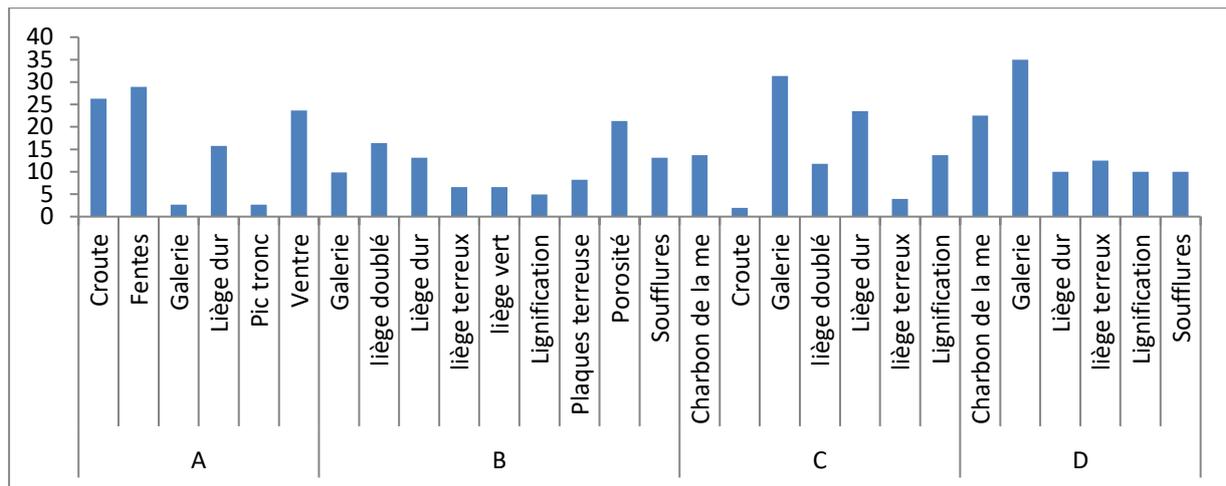


Figure 37 : Répartition des défauts selon l'état sanitaire des arbres

De la figure apparait que la mortalité des arbres (classe D) est due essentiellement à la présence des défauts de galeries d'insectes (35% des arbres) et du charbon de la mère (23%). Par contre, le dépérissement proprement dit de la classe 3 résulte des attaques d'insectes (31% des arbres) qui rongent le tissu subéreux pour atteindre le liber et le cambium ce qui entrave la circulation de la sève dans les deux sens. Ces classes sanitaires nous conduisent aux indices de santé (Fig.38).

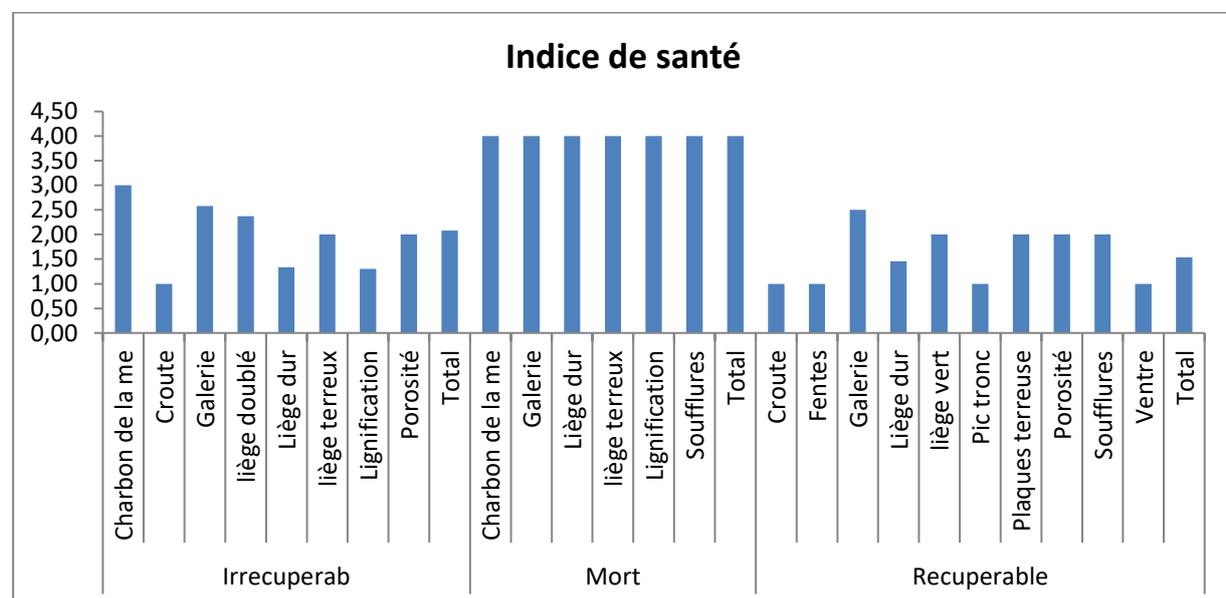


Figure 38 : Répartition des défauts selon l'indice de santé

La figure fait ressortir une information capitale, les indices de santé médiocres sont liés aux défauts de faiblesse à savoir pour les sujets vivants irrécupérables : le charbon de la mère (IS=3) ; les galeries (IS= 2,58) , le liège terreux et la porosité (IS = 2) chacun. Pour les arbres morts, tous les indices de santé sont égales en 4 quel que soit le défaut. Le test d'Anova atteste

une différence très significative entre les indices de santé pour les trois types de défauts et entre défauts.

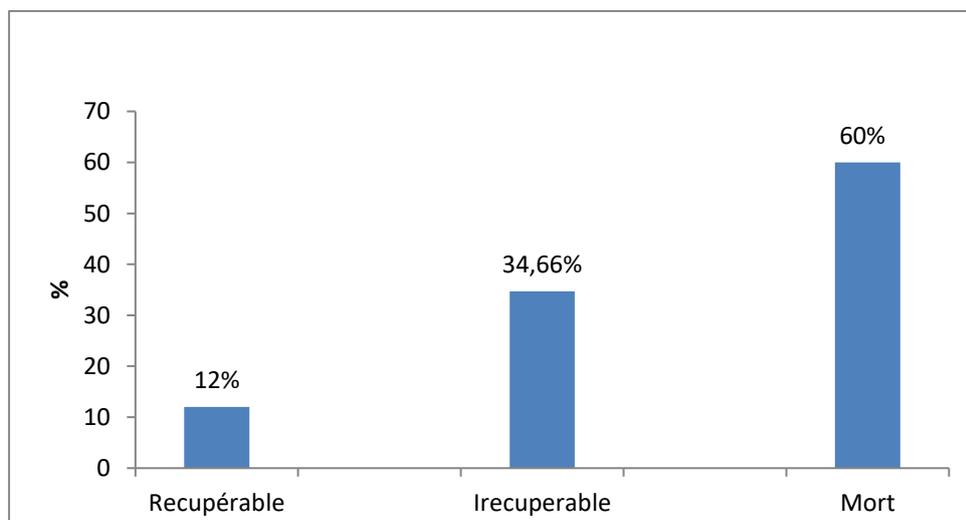
**Tableau 24 :** Effet inter sujet de la variable dépendante indice de santé

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Modèle corrigé	209,768 <sup>a</sup>	23	9,120	59,274	,000
Ordonnée à l'origine	440,884	1	440,884	2865,328	,000
<b>Catégorie</b>	<b>81,473</b>	<b>2</b>	<b>40,737</b>	<b>264,750</b>	<b>0,000</b>
<b>Défaut</b>	<b>24,863</b>	<b>13</b>	<b>1,913</b>	<b>12,430</b>	<b>0,000</b>
<b>Catégorie * Défaut</b>	<b>8,599</b>	<b>8</b>	<b>1,075</b>	<b>6,986</b>	<b>0,000</b>
Erreur	25,542	166	0,154		
Total	1213,000	190			
Total corrigé	235,311	189			

a. R deux =0 ,891 (R deux ajusté = 0,876)

#### IV.5.3-Relation défaut/ altération phytopathogène

Parmi les conséquences néfastes de l'incendie c'est qu'il affaibli les arbres et les rendent sujets aux attaques d'insectes et de champignons pathogènes. Ces derniers ne s'installent sur les troncs blessés qu'à travers les ouvertures et les plaies favorisées par les anomalies post incendie. Il faut savoir que les champignons et les insectes cités font partie intégrante de l'écosystème « subéraie ». Ces derniers ne se révèlent réellement en tant qu'agents dommageables que dans le cas d'un déséquilibre éco-physiologique, d'un stress ou d'un dépérissement aigu. La répartition des défauts selon l'acte phytopathogène est représentée dans la figure 39.



**Figure 39 :** Répartition des anomalies phytopathogènes selon les trois catégories d'arbres

De la figure, on déduit une forte présence des défauts pathogènes sur les arbres morts avec un taux de 60% suivi des arbres irrécupérables avec 34,66%. Ce résultat confirme la grande pathogénicité des insectes et des champignons associés à ces défauts.

La bibliographie sur le sujet cite la présence de plusieurs insectes défoliateurs et xylophages (primaires et secondaires) (Abgrall et Soutrenon, 1991 ; Villemant & Fraval, 1991 ; IPROCOR/FUNDECYT, 2000):

**Défoliateurs :**

- le Bombyx disparate (*Lymantria dispar*)
- la Tordeuse verte du Chêne (*Tortrix viridana*)

**Xylophages :**

- le Grand Capricorne du Chêne (*Cerambyx cerdo*)
- le Platype (*Platypus cylindrus*)
- le Bupreste du Chêne (*Coroebus florentinus*)

**Sous corticaux :**

- le Ver du liège (*Coroebus undatus*)
- Corticaux :
- la Fourmi (*Crematogaster scutellaris*)

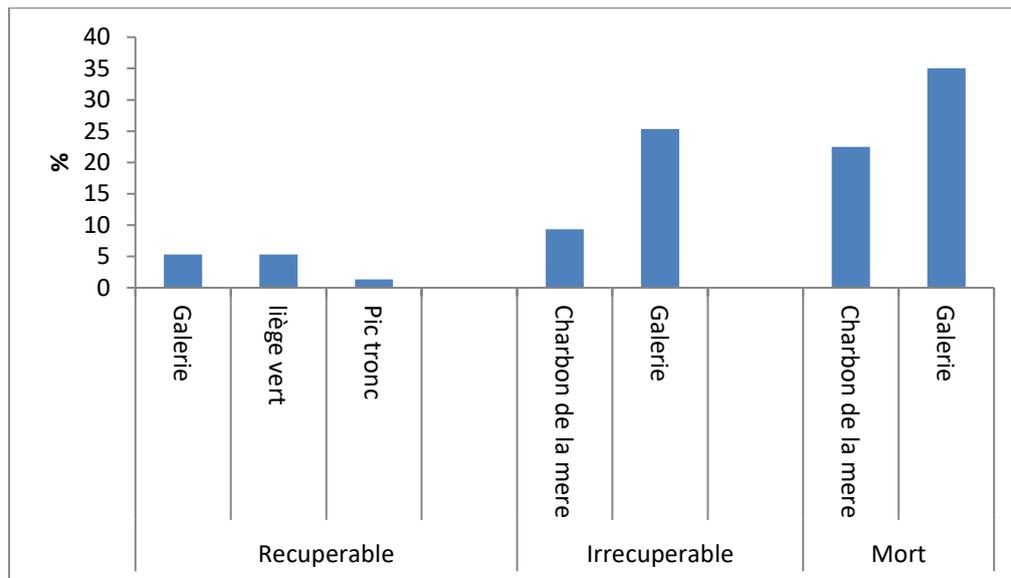
**Racinaires :**

- les Vers blancs
- Décomposition du bois : les Termites (*Reticulitermes banyulensis* et *Kaloterms flavicollis*)

**Champignons pathogènes :**

- *Biscogniauxia mediterranea* (De Not.) Kuntze = *Hypoxyton mediterraneum* (De Not.) Mill
- *Phytophthora Cinnamomi* et l'encre
- *Diplodia Mutila* (Fr.) Mont.

Sur les arbres morts, la proportion des défauts de galeries d'insectes atteint les 35% ce qui laisse penser que la mortalité du tronc post-incendie a été provoquée par les perforations effectuées sur le tissu subéreux par les insectes xylophages (primaires et secondaires) ou les fourmis du liège pour effectuer leur pontes dans le bois (phelloderme, liber et aubier). Ces galeries de taille différentes diminuent fortement la qualité du bois, affaiblissant la structure de l'arbre qui devient cassant. Les trous de sortie sont également des portes d'entrée favorisant l'apparition de champignons pathogènes développant les pourritures à l'instar du charbon de la mère. Dans cette catégorie, sa proportion est de 22,50% (Fig.40).



**Figure 40 :** Occurrence des défauts pathogènes selon les catégories d'arbres

De la figure, il apparaît aussi que la transition de l'état irrécupérable vers la mortalité est bien régulée par la forte présence des défauts de galeries et de champignons. Une progression de 25,33% à 35% et de 9,33% à 22,50% témoigne d'une forte attaque. L'instinct de ces micro-organismes considère cette catégorie d'arbres irrécupérables comme des sujets affaiblis et stressés et par conséquent propices à l'élaboration de leur cycle métabolique (œuf, larve, nymphe, chrysalide et imago).

#### IV.5.3.1-La fourmi du liège (*Crematogaster scutellaris* Oliv)

Position systématique : Ordre des Hyménoptères, Famille des Myrmicines

*Crematogaster scutellaris* est une petite fourmi arboricole de 2 à 3 mm de long, facilement reconnaissable à sa tête rouge (les mâles sont complètement brun/noir). Les ouvrières sont facilement reconnaissables à leur façon caractéristique de relever l'abdomen au-dessus de leur tête. La ponte a lieu en mars et dès leur sortie en juin, les ouvrières commencent les travaux de forage et de construction du nid. Les colonies sont constituées d'environ 5000 individus (Pl.21).



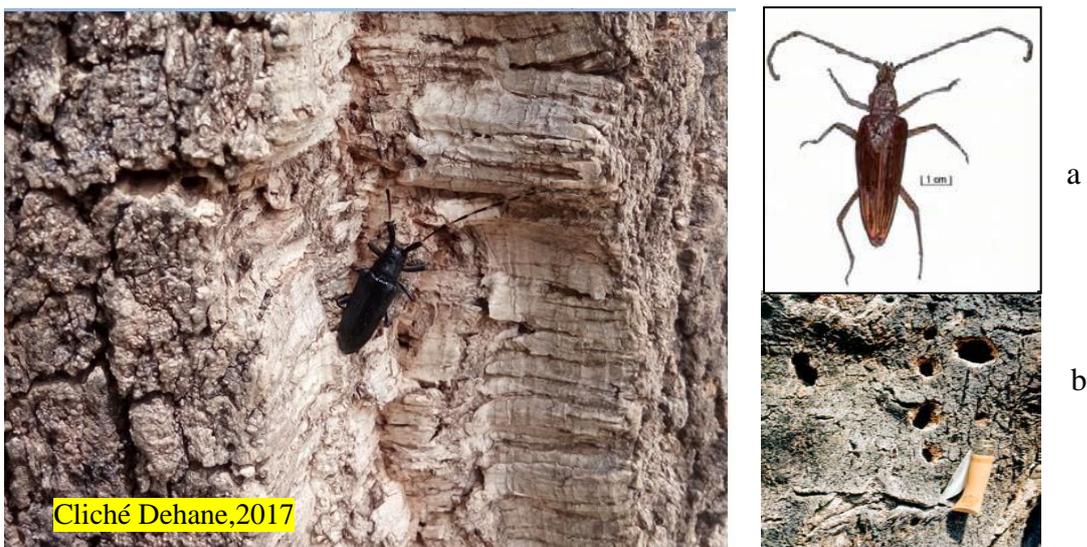
**Planche 21:** Liège attaqué par une colonie de fourmis (*Crematogaster scutellaris*) (Khobzaoui,2021)

❖ **Symptômes et dégâts :**

Elle a une action particulièrement dévastatrice au niveau du liège dans lequel elle établit son nid. Principalement rencontrée sur des lièges mâles ou des lièges surannés, plus rarement sur du liège inférieur à 3 cm, elle creuse des galeries dans le liège. Lorsque les attaques sont importantes, le liège est complètement creusé, on parle de liège vidé. Le liège traversé par une galerie est impropre à la valorisation bouchonnière. Généralement, la présence de *Crematogaster scutellaris* est également liée à des attaques de Pic vert (se nourrissant exclusivement de fourmis), et d'autres pics qui creusent des trous dans le liège.

**IV.5.3.2-Le Grand Capricorne du chêne (*Cerambyx cerdo* L.)**

Position systématique : Ordre des Coléoptères, Famille des Cérambycides



**Planche 22 :** Attaque du grand capricorne du chêne liège (a : l'imago ; b : les trous d'entrée)(Cliché Dehane,2017 ; Villemant & Fraval, 1991 )

Le Grand Capricorne est un xylophage qui s'attaque notamment aux vieux arbres. Son cycle biologique est d'environ trois ans ; l'oeuf éclôt après 10 jours d'incubation en moyenne. Le développement larvaire en 5 étapes dure 28 mois ; la larve au dernier stade atteint 6 à 7 cm de longueur, sa capsule céphalique (tête) fait alors 11 mm. Elle creuse 2 galeries, l'une vers l'extérieur (pour le futur adulte), l'autre vers l'intérieur (pour la logette nymphale), la nymphose dure 32 jours. L'adulte immature reste 7 mois en hibernation, puis de mars à début juillet sort pour s'accoupler : sa durée de vie sera alors de treize jours, il est de moeurs crépusculaire et nocturne.

#### ❖ Symptômes & Dégâts :

Le Grand Capricorne est un ravageur secondaire dont la présence est facilement repérable en raison de sa grande taille, remarquable par la présence d'une sciure abondante. Toutefois, les trous observés à l'extérieur ne sont observables que lorsque les insectes sont sortis. Les attaques sont localisées dans le bas de l'arbre, tronc et branches maîtresses

#### IV.5.3.3-Le charbon de la mère

***Biscogniauxia mediterranea* (De Not.) Kuntze = *Hypoxylon mediterraneum* (De Not.) Mill**

*Position systématique* : Ascomycètes – Pyrénomycètes, Xylariales

C'est un parasite des blessures et de faiblesse ne s'attaquant pas spécifiquement aux chênes-lièges mais dont la présence sur cet hôte est souvent observée. Les circonstances d'affaiblissement prédisposant aux attaques sont variables : démasclage mal effectué, blessures diverses, passage des incendies, période de sécheresse, pauvreté stationnelle. *Biscogniauxia mediterranea* est un champignon se développant sur la mère. Il prend l'apparence de plaques sous corticales carbonacées, noires et dures, elles apparaissent par les fissures longitudinales de l'écorce.



**Planche 23** : Arbres irrécupérables infestés par le charbon de la mère (Khobzaoui, 2021)

IV.5.4-Relation défauts/ épaisseur de carbonisation

L'intensité du feu qui a touché le chêne liège de Zarieffet 14 ans auparavant n'a pas été intercepté de la même façon par l'ensemble des arbres. Dans ce travail, un chêne liège post-incendie est considéré récupérable pour une épaisseur carbonisée est de 2,03mm; irrécupérable pour 7,02mm et mort pour 8,52mm (Tab.25).

Tableau 25 : Limite du taux de carbonisation pour les trois catégories d'arbres

	Epaisseur carbonisée	Taux de carbonisation
Récupérable	2,03mm(A)	7,78%
Irrécupérable	7,02mm (B)	29,69%
Mort	8,52mm(C)	42,62%

La superposition de ces trois classes d'épaisseur carbonisée sur l'ensemble des défauts nous a permis de dégager la configuration suivante ( Fig .41 ).

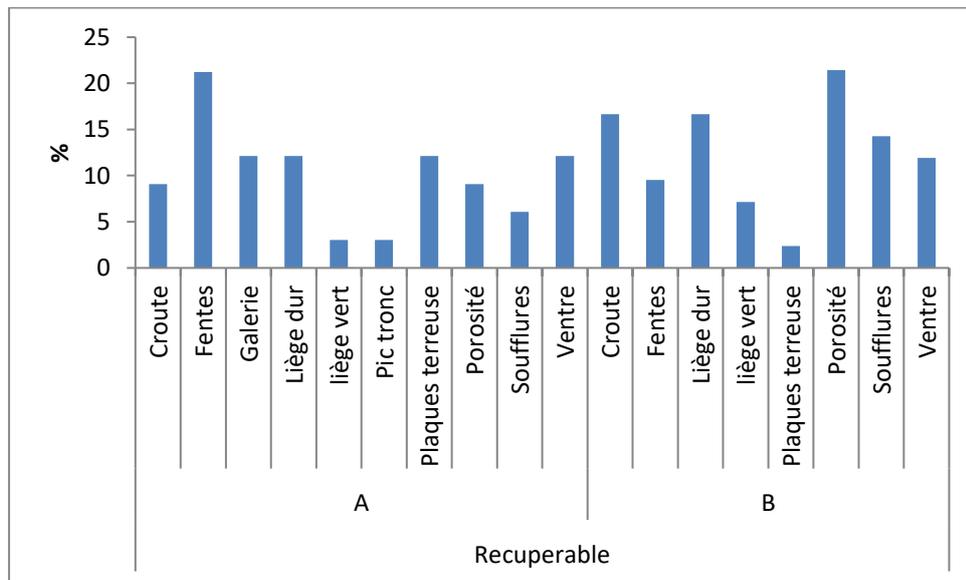


Figure 41 : Distribution des défauts selon l'épaisseur carbonisée des arbres récupérables

De la figure 41, on distingue sur les arbres récupérables de la classe d'épaisseur « A » (<2mm) la dominance des défauts mineurs tels que les fentes (21%) suivi des galeries de fourmi, liège dur, plaques terreuses et anomalie du ventre avec 12,12% chacun. Dans la classe « B » (2-7mm), le défaut de porosité pointe avec 21,43% suivi du liège dur et de la croute avec 16,67% chacun.

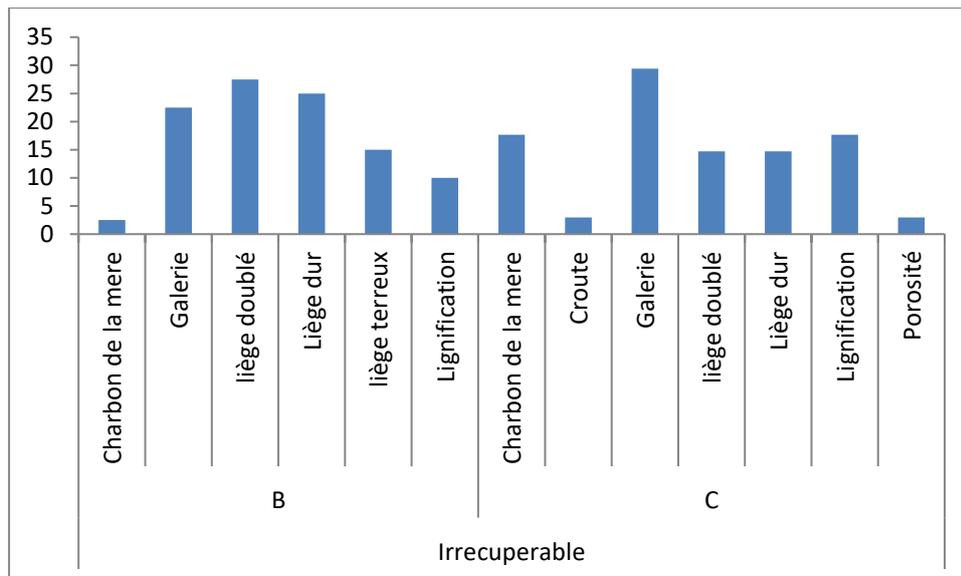


Figure 42 : Distribution des défauts selon l'épaisseur carbonisée des arbres irrécupérables

Il s'avère de la figure 42 que sur les arbres irrécupérables, la classe d'épaisseur carbonisée « A » est absente. Avec l'augmentation de l'épaisseur carbonisée (B), on assiste à l'apparition d'autres anomalies majeurs à l'égard du liège doublé (27,50%), du liège dur (25%), des galeries d'insectes (22,5%) et du liège terreux (15%). Dans la classe « C », les galeries d'insectes (29,41%), le charbon de la mère (17,67%), le liège doublé (14,71%) demeurent les plus caractéristiques de classe.

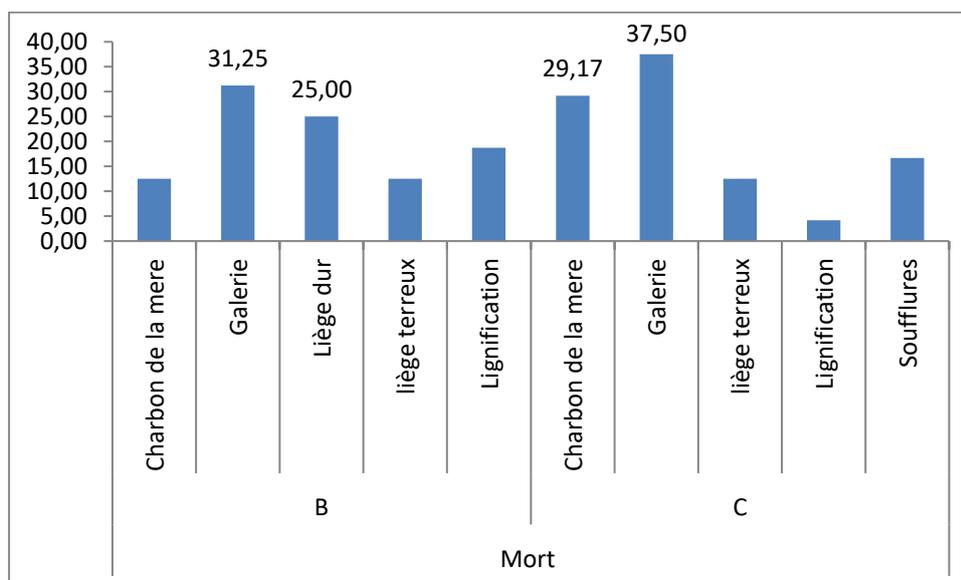


Figure 43 : Distribution des défauts selon l'épaisseur carbonisée des arbres morts

L'observation majeure qui concerne les arbres morts par rapport à l'épaisseur carbonisée « B » et « C » c'est la présence des défauts qui remplacent totalement le tissu subéreux par d'autres matériaux lignifiés et poudreux qui suppriment l'activité du phellogène et par conséquent détériorent l'assise libéro ligneuse à savoir le phelloderme et le liber. Il s'agit en effet, d'une rupture totale de l'alimentation minérale de la souche via les organes conducteurs de sève (aubier et liber).

### **Conclusion générale**

Le chêne liège de la subéraie de Zarieffet après 14 ans du dernier incendie se présente sous forme d'arbres vivants vigoureux ayant réussi à cicatriser leurs séquelles post-incendie, se sont les sujets récupérables. Par contre, une autre catégorie d'arbres colportant une panoplie de blessures et d'altérations n'arrivant plus à surmonter le stress post-incendie, peinent à trouver une résilience définitive physiologiquement et sanitaire, se sont les arbres irrécupérables. Une fois le stress devient intense, les facteurs de métabolisme entre la souche et la cime s'altèrent irréversiblement conduisant à la mortalité de l'arbre, se sont des arbres morts après incendie. Sur ces trois catégories d'arbres, il a été constaté que :

- Les diamètres et les hauteurs sont moins développés sur les sujets irrécupérables et morts sur pied et présentent des différences de morphologies (25,77cm (arbres récupérables), 22,12cm (arbres irrécupérables) et 16,75 cm (arbres morts)).
- Une activité subéreuse amoindrie par rapport aux récupérables (26,25mm), faisant état d'une défaillance physiologique entre les deux assises libéro-ligneuse et subéro-phellodermiques : 19,92mm pour les sujets morts et 23,69mm pour ceux irrécupérables.
- Un taux de carbonisation marqué sur ces épaisseurs de liège affecte la fonction vitale de la mère du liège et perpétue des dommages graves sur la croissance radiale et la cime: 30% pour les sujet irrécupérables et 43% pour ceux morts.
- Ces altérations externes ont été suivies par une adaptation des arbres plus au moins adéquate au stress par l'apparition d'une panoplie de défauts post-incendie (sur le liège des trois catégories).
- 14 anomalies de liège post-incendie dominées par l'occurrence relative du défaut de galeries d'insectes avec un taux de 19%, du liège dur (16%), du charbon de la mère et de la lignification et du liège doublé avec 8%.
- Sur les arbres récupérables, les anomalies de la croute, du liège dur, de la fente et de la porosité enregistrent les occurrences absolues les plus élevées.

- Sur les sujets irrécupérables, les défauts des galeries d'insectes, du liège dur, du liège doublé, de la lignification, du liège terreux et du charbon de la mère semblent plus présents que les autres.
- Pour les arbres morts, la représentativité est plus influencée par les occurrences des défauts des galeries, du charbon de la mère et du liège terreux.
- La distribution des anomalies selon leurs origines d'apparition respectives est dominée par les défauts de croissance et génétique sur les échantillons récupérables avec un taux de 49% et 12%.
- Sur les sujets irrécupérables, les défauts d'origine physiologique comptabilisent la fréquence relative la plus élevée (44%) suivie des anomalies de nature phytopathogène (33%)
- Sur les échantillons des arbres morts, les défauts phytopathogènes (32%).
- L'existence de plusieurs relations pour expliquer l'apparition de ces défauts et leur impact sur les performances des arbres durant le temps post-incendie.
- L'apparition des défauts majeurs comme le liège terreux, la lignification, les soufflures, la porosité et le charbon de la mère ralentissent la croissance subéreuse et alourdissent le liège en augmentant son poids négativement par des matériaux lignifiés et pulvérulents.
- Le dépérissement au niveau des cimes et des troncs est contracté par l'apparition des défauts phytopathogènes résultant d'attaques des insectes xylophages (31% des sujets irrécupérables) tandis que la mortalité est plus liée au défaut du charbon de la mère (23% des sujets).
- Une liaison marquée entre la déficience des arbres irrécupérables et leur mortalité dans le temps post incendie et l'apparition des défauts phytopathogènes. La transition de l'état irrécupérable vers la mortalité est bien régulée par la forte présence des défauts de galeries et de champignons. Une progression de 25,33% à 35% et de 9,33% à 22,50% témoigne d'une forte attaque.
- Le taux de carbonisation du liège très proche du liber incite l'arbre à produire d'anomalies majeures à l'égard du liège doublé (27,50%), du liège dur (25%), des galeries d'insectes (22,5%) et du liège terreux (15%) et grièvement le charbon de la mère (17,67%).

Globalement, nous pouvons attester que le stress pos-incendie que vit le chêne liège de la forêt de Zariéffet (identifié dans ce travail par les défauts du liège), ne peut être régulé que par une gestion appropriée reposant sur une sylviculture appliquée, il s'agit des :

- Des opérations d'élagage au niveau des troncs.
- Du recépage des arbres morts sur pied.
- Du suivi des rejets de souches.

- De l'exploitation du liège flambé sur des hauteurs d'écorçage limitées. Le liège flambé est utilisé dans la confection de l'aggloméré noir expansé ( revêtement et autres).
- Des coupes curatives pour arbres les morts et blessés pour réduire les attaques d'insectes et la prolifération des champignons pathogènes.

**Références**  
**Bibliographiques**

## Références bibliographiques

---

- ✦ **Abgrall J.F., Soutrenon A. et Barthod C., 1993-** "Protection phytosanitaire" – Cemagref, 96p.
- ✦ **Abric E.F., 1974-** "Evolution de l'industrie du liège en Provence." Revue Forestière Française, Vol.27, n°6, pp. 453 – 461.
- ✦ **Adrián et Calvo., 2006-**Bonnes pratiques en matière de reboisement du chêne-liège. Projet SUBERVIN. Institut du Liège, du Bois et du Charbon de bois. 18p.
- ✦ **Amandier L., 2004-** Le comportement du chêne liège après l'incendie: conséquences sur la régénération naturelle des subéraies. Actes du colloque international "Le chêne liège face au feu", vivès (france) : 70 :83.
- ✦ **Angelidis A., 1994 -** La La politique de l'Union Européenne concernant la protection des forêts contre les incendies. CIHEAM, IAM Zaragoza, « La protection contre les incendies de forêt », 9-20 mai 1994, 57 p.
- ✦ **Bagnoule F. et Gausse H, 1953-**Saison sèche et indice xéothermique. Bull soc , hist ,Nat , Toulouse ,88 (3-4) pp 193-239.**Barberis A., Dettori S, Filigheddu M., R. 2003-** Management problems in Mediterranean cork oak forests: post-fire recovery. Journal of Arid Environments 54: 565–569.
- ✦ **Belaghazi B., Ezzahiri M., EL Boukhari M., Bakry M., 2001-**Bilan actualisé des reboisements de Chêne-liège dans la forêt de la Maamora. Séminaire du groupe IUFRO sur la sylviculture du Chêne-liège et du Cèdre. Rabat, Maroc, 2001 : 161-176.
- ✦ **Benabid A., 1989-** Ecologie, conservation et restauration des subéraies. Formation continue à l'ENFI.
- ✦ **Benest M., 1985-** Evolution de la plate forme de l'ouest saharien et du nord-est Marocain au cours du jurassique supérieur et au début du crétacé : stratigraphie, milieu de dépôt.
- ✦ **Berdón Berdón J., Bernal Chacón C., Cardillo Amo E., Encinas Barbado M., 2015-** Régénération et restauration des suberaies incendiées. Edition: CICYTEX-Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura.41p.
- ✦ **Bertrand R., 2007-**Etude de l'impact du régime d'incendie sur la végétation et le chêne-liège (*Quercus suber*) en Provence siliceuse: mortalité, capacité de régénération et morphologie. Mastère spécialisé « Forêt, Nature et Société » .95p.
- ✦ **Berrichi M., Letreuch Belarouci N., et Haddad A., 2010-** Caractéristiques mécaniques et physiques des principaux bois algériens. Phys. Chem. 51(2010):136-141.
- ✦ **Bouchafra et Fraval A., 1991-** Présentation du chêne-liège et de la subéraie. In. Villemant et Fraval, 1991, La faune du chêne-liège. Actes éditions, Rabat 1-26p.
- ✦ **Boudy P., 1952-** Guide du foresterie en Afrique du Nord. La maison Rustique. Libraire Agricole, Horticole, Forestière et Ménagère. 26, Rue Jacob-Paris 6è.505p.
- ✦ **Bouhraoua R.T., 2003 -** Situation sanitaire de quelques forêts de chêne –liège de l'ouest algérien. Etude particulière des problèmes posés par les insectes. Thèse. Doct. Dept. Forest. Fac.Sci.,Univ.Tlemcen , 267 p.
- ✦ **Bouvarel P., 1984-** Le Dépérissement des forêts attribué à la pollution atmosphérique. La situation en France à l' été 1984 .Le Courrier de la Nature, (94) : 30-35.
- ✦ **BS ISO 633:2007, 2008-**Cork — Vocabulary( liège vocabulaire. British Standard,42p.
- ✦ **C.F.W.T, 1996-**Répartition des forêts domaniales de la circonscription par district et par commune. Circonscription de Tlemcen, 4p.
- ✦ **Cantat R et Piazzeta R., 2005-** la levée de liège. Institut méditerranéen de liège.
- ✦ **Cardillo E., Bernal C., & ENcinas M., 2007-** El alcornocal y el fuego, 91p.
- ✦ **CEMAGREF, 2006 -** Forest Focus. Info DFCI, Bulletin du centre de Documentation Forêt Méditerranéenne et Incendie, CEMAGREF, 57: 1-3.

## Références bibliographiques

---

- ✚ **Chiheb A .et Aouad H., 1998** - Les possibilités du développement de la subéraie dans le parc d'El KALA (Nord Est Algérien),C.R.des 1<sup>ère</sup> journées techniques sur le chêne liège. Parc national d'El KALA, : 6-15.
- ✚ **CIPS., 2006-** Code Internationale des Pratiques Subericoles. Projet SUBERVIN.12p
- ✚ **Cornet A et al., 1951-1952.-** Carte géologique de l'Algérie au 1/500.000 : feuilles d'Oran Nord et Sud, feuilles d'Alger Nord et Sud, feuilles de Constantine Nord et Sud et notices explicatives. Alger, *Serv. Carte Géol.*
- ✚ **CWFT., 1996-** Bilan exploitation du liège dans la forêt de Zariéffet. Circonscription de Tlemcen.1p
- ✚ **CWD.G.F ; 2004** - Bilan de la production national de liège.1p
- ✚ **Daget PH., 1977-**Le bioclimat méditerranéenne, caractères généraux, mode de caractérisation. *végétation*,34(1): 1-33.
- ✚ **De Martonne E., 1927** - Traité de géographie physique I, notions générales, hydrographie, Ed. A. Colin. Paris, 496p.
- ✚ **Debrach J., 1953-** Notes sur les climats du Maroc occidental. *Maroc médical* 32 (342) : 1122-1134.
- ✚ **Debussche M., Debussche G., Lepart J., 2001-**Changes in the vegetation of *Quercus pubescens* woodland after cessation of coppicing and grazing. *Journal of Vegetation Science* 12, pp. 81-92.
- ✚ **Dehane B., 2012-**Incidence de l'état sanitaire des arbres du chêne liège de deux subéraies Oranaises : M'sila (W Oran) et de Zariéffet (W Tlemcen) .Thèse Doc. Dep.Fort. Fac, sci, Univ.Tlemcen, 330 p.
- ✚ **Dehane B., 2006-**Incidences des facteurs écologiques sur les accroissements annuels et la qualité du liège de quelques suberaies du nord-ouest algérien. Thèse Mag. Dept Forest. Fac.Sci, Univ. Tlemcen, 129 p.
- ✚ **Dehane B., Bouhraoua R.T., Hamani F.Z., Belhoucine L., 2013-** La filière liège entressé et present. *Forêt Médit.* 34: 143-152.
- ✚ **DGF., 2014-**Synthèse du bilan des feux de forêt 2013.réunion de la commission nationale de protection des forêts 28p.
- ✚ **Diaz-Delgado R., Lloret F., Pons X.,2004-**Spatial pattern of fire occurrence in Catalonia, NE, Spain. *Landscape Ecology* 19, pp. 731-745.
- ✚ **Dimitrakopoulos A.P. & Mitsopoulos I.D., 2006** - Global forest resources assessment 2005. Report on fires in the Mediterranean Region. Working paper FM/8/E, Forestry Department, FAO. Rome, 43 p.
- ✚ **Djebaili S., 1978** -Recherches phytoécologiques et phytosociologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas Saharien Algérien. Thèse. Doct. Univ. Languedoc. Montpellier. 229p + annexes
- ✚ **Dubois C., 1990-** Comportement du chêne-liège après incendie. mémoire E.N.I.T.E.F. Banyuls-sur-Mer. Laboratoire Arago (Université Paris VI).
- ✚ **Elena Rosselló., 2004-** les effets des incendies de l'été 2003 dans les suberaies européennes. Miguel ELENA ROSSELLÓ Instituto para la Promoción del Corcho, la Madera y el Carbón Vegetal (IPROCOR) – Espagne.7p.www.vivexpo.org.
- ✚ **Elmi S., 1970-** Rôles des accidents décrochant de direction SSW-NNE dans la structure des monts de Tlemcen (Ouest Algérien). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.* **61** : 38.
- ✚ **Emberger L., 1955-** Une classification biogéographique des climats. *Nature. Monspl* ;Série Bot ; 7 :3-42.
- ✚ **García De Ceca, J.L.,2001-** Factores que afectan a la calidad del corcho en planchas. Doctoral thesis (España: Departamento Economía y Gestión de las Explotaciones e Industrias Forestales, Universidad Politécnica Madrid).

## Références bibliographiques

---

- ✦ **Gaouar A., 1980-** Hypothèses et réflexions sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen. Forêt méd., T II, ( 2) : 131-145.
- ✦ **Hare R.C.,1965-** Contribution of bark to fire resistance of southern trees. Journal of forestry 63 : 160-161.
- ✦ **Harrachi K., 2000 -** Investigation sur les causes de dépérissement du chêneliège
- ✦ **IML., 2006-** Evolution des suberaies après incendies. Institut méditerranéenne du liège.VIVES.
- ✦ **IPROCOR/FUNDECYT "Manuel didactique du leveur"** Projet LEOSUBER 2000.
- ✦ **Jacamon M., 1987-** Guide de dendrologie.Tome 2 : Feuillus .E.N.G.R.E.F., Nancy, 256p.
- ✦ **Karem A., 2008 -**Le chêne liège. Association Tunisienne Pour la Protection de la Nature et de l'Environnement. 3p.
- ✦ **Kazakis A. Getghosen D., -2008-** le Pb des incendies de forets en méditerranée. La lettre de veille du ciheam. (6) : 12-21.
- ✦ **Kilgore B., et Taylor D.,1979-**Forest history in a sequoia-mixed conifer forest. Ecology 60 : 129-142.
- ✦ **Lamey A.,1893 -** Chêne liège : sa culture et son exploitation. Levrault et C<sup>ie</sup>, Nancy : 186 -209.
- ✦ **Letreuch-Belarouci A., 2002-** Compréhension du processus de dégradation de la suberaie de Tlemcen et possibilités d'installation d'une réserve forestière. Université de Tlemcen. Thèse de Magistère.205 p.
- ✦ **Lincoln R., Boxshall G., Clark P., 1998.** A dictionary of Ecology, Evolution and Systematics. Cambridge University Press,
- ✦ **Lombardini ., 2012 -** Rénover et gérer les forêts provençales de Chêne-liège.12p.
- ✦ **Meddour S.O., Meddour R., Derridj A., 2007-** Historique des feux de forets en Algérie Analyse statistique descriptive (période 1876-2005).Revue Campus,10 :53.
- ✦ **Messaoudenne M., 1996 -** Chêne zéen et chêne afares. La forêt Algérienne, N°1, pp.18 - 25.
- ✦ **Moreiera F., Rego F., Ferreira P.G.,2001-**Temporal (1958-1995) pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal : implications for fire occurrence. Landscape Ecology 16, pp. 557-567.
- ✦ **Musset, R. 1935-**Les régimes pluviométriques de la France de l'Ouest,(44) : 311 31.
- ✦ **Natividade J.V., 1956-**Subericulture. Ecole Nationale des Eaux et Forêts.Nancy, 302p.
- ✦ **Nsibi R., Souayah N., Khouja M.L., Khaldi A., Bouzid S., 2006-** Impacts des facteurs biotiques et abiotiques sur la dégradationde suberaie tunisienne. Geo-Eco-Trop, 30(1): 25-34.
- ✦ **Ozenda P., 2000 -** Les végétaux, oraganisation et diversité biologique, 2<sup>ème</sup> édition, Dunod, 516p.
- ✦ **Pausas J.G., Ribeiro E., Dias S.G., Pons J., Beseler C.,2006-** Regeneration of a marginal *Quercus suber* forest in the eastern Iberian Peninsula. Journal of Vegetation Science 17, pp. 729-738.
- ✦ **Pausas JG., 1997-** Resprouting of *Quercus suber* in Spain after fire. Journal of Vegetation Science 8: 703–706.
- ✦ **PereiraH., 2007-** Cork : Biology,production and Uses. Elsevier.ISBN 13.Oxford. UK.329p.
- ✦ **Piazetta R ., 2012-** La gestion des suberaies après incendie. Institut Méditerranéen du liège. Vives, 16p.
- ✦ **Plaisance G., 1974-** Les incendies de forêts. rev.for.france. , Ed.OPG.,Paris, 194-197.
- ✦ **Pouillaude C.H., 1952-** Le liège et les industries du liège, tome1, Les impressions techniques, Paris, 1952.

## Références bibliographiques

---

- ✦ **Prodon R., Fons, R. & Athias-Binche, F., 1989-** Impact écologique des incendies sur la faune des subéraies. *Scientia gerundensis*, 15 (1) : 85 -188.
- ✦ **Quezel, P., 2000** - Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press, Paris, 117 p.
- ✦ **Raunkiaer C. 1934-**The Life Forms of Plants and Statistical Geography. Clarendon Press: Oxford.
- ✦ **Reis A., 2003-** Sobreiros quemados. O que fazer? Direcção-Geral das Florestas. Lisboa.
- ✦ **Riffard O., Sisco, S., Bernot Y., Christophe J., 2008-** Guide technique pour la gestion des forêts du chêne liège en Corse. ODARC. 52p.
- ✦ **Saccardy L., 1937** - Notes sur le liège et le liège en Algérie. *Bull.Stat.Rech.for.Afr. nord*. Tome II (2).pp.271-374.
- ✦ **Sahar O., Bouisset C., 2013-** Les grands incendies de forêt en Algérie : problèmes humains et politiques publiques dans la gestion des risques. *Les grands incendies de forêt en Méditerranée*(121). 33-40.
- ✦ **Sauvagnac G., 1956** - Les forêts domaniales d'Hafir et de Zarieffet. *Bull. Amis Soc vieux Tlemcen*, Oran : 47-53.
- ✦ **Schaffhauser A., 2009-** « Impact de la répétition des incendies sur la végétation » in *Info DFCI* no 63, décembre 2009. Cemagref. Aix-en-Provence.
- ✦ **Seigue A., 1985** - La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes, *Techniques agricoles et productions méditerranéennes*, Ed. Maisonneuve et Larose et A.C.C.T., Paris, 69-82, 302-305.
- ✦ **Seltzer P., 1946-** Le climat de l'Algérie. *Inst. Météor. Et Phys. Du Globe. Univ. Alger*. 219 p + Carte.
- ✦ **Silva J., S, Catry F., 2006-** Forest Fires in cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. *International Journal of Environmental Studies* 63(3): 235–257.
- ✦ **Soltner, D., 1992** - Les bases de la production végétale. Tome 2. 6ème édition. *Sci et Tech.Agr.* 320p.
- ✦ **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) : 9-16.
- ✦ **Thonicke K., Venevsky S. et Sitch S., 2001-**The role of fire disturbance for global vegetation dynamics: coupling fire into a dynamic global vegetation model. *Global Ecology and Biogeography* 10 : 661-677.
- ✦ **Thinthoin R., 1948-** Les aspects physiques du tell. L. fouquet, Oran, 639p.
- ✦ **Trabaud L, Galtie J., F., 1996-** Effects of fire frequency on plant communities and
- ✦ **U'beda X, Outeiro LR., Sala M., 2006-** Vegetation regrowth after a differential intensity forest fire in a Mediterranean environment, Northeast Spain. *Land Degradation & Development* 17: 429–440.
- ✦ **Uhl C. et Kauffman J., B., 1990** - Deforestation, fire susceptibility, and potential trees responses to fire in the Eastern Amazon. *Ecology*, 71 : 437-449.
- ✦ **Vallette J.C., 1997-** Inflammabilities of mediterranean species. In *Forest fire risk and management*. (Eds) P Balabanis, G Eftichidis, R Fantechi, 51–64.
- ✦ **Veille J.F., 2004-** Régénération et sylviculture des suberaies incendiées. *Forêt méditerranéenne*, 18 (4) :357-362.
- ✦ **Velez R., 1994** – La protection contre les incendies de forêt (Forest fire control). CIHEAM-IAMZ, ICONA, FAO, 157 p.
- ✦ **Vennetier M., 2008** -« Impact de la répétition des incendies sur l'environnement » in *Info DFCI* no 61, novembre 2008. Cemagref. Aix-en-Provence.
- ✦ **Vieira J., 1950-** Subericultura. *Dir. Geral. dos Serv. Florestais e Aquícolas*. Lisboa.387 p.

## Références bibliographiques

---

- ✚ **Vignese.,1990**-Le traitement du taillis du chêne dans le var.O.N.F.Arboréscence. n°26. pp 21-23IML,2006- Dispositif COVELESS CQ05 d'estimation de la qualité du liège sur pied Bilan d'utilisation dans les Pyrénées-Orientales (campagne 2006).Institut Méditerranéen du Liège.26p.
- ✚ **Villemant C., Fraval ,A.(1991)** – *La faune du Chêne-liège* – Rabat : Actes éditions,147p.
- ✚ **Yessad, S.A., 2001**- Le Chêne-liège et le Liège dans les pays de la Méditerranée occidentale. Edit.MRW, 123p.
- ✚ **Zeraia L., 1981** - Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phrénologiques 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.
- ✚ [www.euforgen.org](http://www.euforgen.org)

# **ANNEXE**

## Annexe

**Tableau 1 : Base de données des arbres récupérables**

Arbre recuperable	Dia	cirf	haut	Epai	CE	ep carb	Carbonisation	Défauts1	Typologie
A1	16,56	52,00	8	22	1,7	2,2	10	Croute	Défaut1
A2	16,24	50,99	9	24	1,8	2,88	12	Plaques terreuse	Défaut2
A3	22,29	69,99	7	23	1,6	1,15	5	Fentes	Défaut1
A4	13,06	41,01	6	23	1,4	1,38	6	Ventre	Défaut1
A5	20,38	63,99	6	23	1,5	1,61	7	Fentes	Défaut1
A6	17,2	54,01	6	21	1,80	1,89	9	Galerie	Défaut3
A7	20,06	62,99	7	20	1,7	2	10	liège vert	Défaut3
A8	18,79	59,00	5	24	1,8	2,88	12	Croute	Défaut1
A9	35,35	111,00	10	32	2,1	3,52	11	Porosité	Défaut4
A10	19,11	60,01	8	25	2,1	1,25	5	Pic tronc	Défaut3
A11	23,57	74,01	7	25	2,1	2,5	10	Croute	Défaut1
A12	18,79	59,00	6	22	1,5	2,2	10	Soufflures	Défaut1
A13	30	94,20	5	28	2,1	2,24	8	Soufflures	Défaut1
A14	19,75	62,02	6	25	2,1	2,25	9	Ventre	Défaut1
A15	23,57	74,01	7	24	1,8	2,4	10	Ventre	Défaut1
A16	26,11	81,99	8	26	2,2	1,3	5	Ventre	Défaut1
A17	49	153,86	12	32	1,7	2,56	8	Porosité	Défaut4
A18	22,29	69,99	11	24	1,9	0,96	4	Croute	Défaut1
A19	21,97	68,99	8	24	1,5	1,44	6	Plaques terreuse	Défaut2
A20	45	141,30	7	33	2,2	2,31	7	Soufflures	Défaut1
A21	38	119,32	6	29	1,8	2,9	10	liège vert	Défaut3
A22	16,88	53,00	6	23	1,6	1,15	5	Fentes	Défaut1
A23	23,89	75,01	7	27	1,7	2,43	9	Fentes	Défaut1
A24	17,83	55,99	7	25	1,8	1,25	5	Fentes	Défaut1
A25	24,84	78,00	10	26	1,7	1,82	7	Ventre	Défaut1
A26	19,11	60,01	8	25	1,5	0,75	3	Galerie	Défaut3
A27	45	141,30	11	32	2,1	0,32	1	Porosité	Défaut4
A28	29,62	93,01	10	28	1,9	1,4	5	Fentes	Défaut1
A29	55	172,70	12	34	2,3	3,4	10	Porosité	Défaut4
A30	58	182,12	13	32	1,8	3,84	12	Fentes	Défaut1
A31	26,43	82,99	10	28	1,7	1,4	5	Croute	Défaut1
A32	37,58	118,00	14	33	2,25	1,98	6	Croute	Défaut1
A33	40	125,60	13	27	2,3	1,89	7	Plaques terreuse	Défaut2
A34	49	153,86	13	33	2,25	2,97	9	Soufflures	Défaut1
A35	30,25	94,99	12	26	1,9	2,6	10	Porosité	Défaut4
A36	24,52	76,99	6	25	1,8	3	12	Croute	Défaut1
A37	20,7	65,00	6	26	1,7	2,86	11	Fentes	Défaut1
A38	27,39	86,00	8	25	2,1	1,25	5	Galerie	Défaut3

## Annexe

A39	35,03	109,99	12	30	2,2	3	10	Porosité	Défaut4
A40	29,62	93,01	11	27	1,9	2,97	11	Ventre	Défaut2
A41	24,84	78,00	11	27	1,8	2,16	8	Porosité	Défaut4
A42	21,66	68,01	8	25	1,7	2,25	9	Croute	Défaut1
A43	23,89	75,01	8	26	1,8	2,6	10	Fentes	Défaut1
A44	24,2	75,99	9	25	1,7	1,25	5	liège vert	Défaut3
A45	22,93	72,00	9	28	1,7	2,24	8	Ventre	Défaut1
A46	19,75	62,02	8	25	1,7	1	4	Plaques terreuse	Défaut2
A47	24,84	78,00	8	26	1,7	1,56	6	Plaques terreuse	Défaut2
A48	45,54	143,00	14	34	2,5	2,38	7	Liège dur	Défaut4
A49	48	150,72	12	32	1,9	1,6	5	Porosité	Défaut4
A50	26,75	84,00	10	26	1,8	2,6	10	Porosité	Défaut4
A51	27,39	86,00	10	25	1,8	2,75	11	Croute	Défaut1
A52	29,62	93,01	12	28	1,9	2,24	8	Porosité	Défaut4
A53	29,94	94,01	11	28	1,95	1,96	7	Porosité	Défaut4
A54	25,16	79,00	12	27	1,8	0,54	2	Fentes	Défaut1
A55	27,71	87,01	11	28	1,95	1,4	5	Soufflures	Défaut1
A56	51	160,14	10	35	2,1	3,15	9	Soufflures	Défaut1
A57	18,15	56,99	8	27	1,65	1,35	5	Ventre	Défaut1
A58	25,48	80,01	7	31	1,75	2,17	7	Porosité	Défaut4
A59	27,39	86,00	8	26	1,55	2,6	10	Ventre	Défaut1
A60	19,75	62,02	7	30	1,6	0,3	1	Fentes	Défaut1
A61	13,69	42,99	6	20	1,5	1	5	Liège dur	Défaut4
A62	14,65	46,00	5	18	1,45	1,08	6	Liège dur	Défaut4
A63	16,24	50,99	6	24	1,5	2,88	12	liège vert	Défaut3
A64	30	94,20	7	25	1,8	1,25	5	Galerie	Défaut3
A65	14,97	47,01	5	23	1,45	1,38	6	Liège dur	Défaut4
A66	20,7	65,00	6	25	1,7	1,75	7	Soufflures	Défaut1
A67	12,42	39,00	6	26	1,5	2,34	9	Liège dur	Défaut4
A68	16,24	50,99	6	25	1,6	2,5	10	Croute	Défaut1
A69	19,75	62,02	6	27	1,4	3,24	12	Soufflures	Défaut1
A70	15,29	48,01	4	25	1,4	2,75	11	Liège dur	Défaut4
A71	15,92	49,99	5	22	1,4	1,1	5	Liège dur	Défaut4
A72	11,46	35,98	7	20	1,4	2,4	12	Liège dur	Défaut4
A73	12	37,68	5	20	1,45	2,6	13	Liège dur	Défaut4
A74	15	47,10	5	25	1,5	2	8	Liège dur	Défaut4
A75	13	40,82	5	24	1,5	2,16	9	Liège dur	Défaut4

## Annexe

**Tableau 1 : Base de données des arbres irrécupérables**

Arbre Irrecuperable	Dia	cirf	haut	Epai	CE	ep carb	Carb	Défauts	Typologie
A1	16,56	52,00	8	22	1,45	2,64	12	liège doublé	Défaut2
A2	16,24	50,99	9	24	1,6	1,92	8	Lignification	Défaut2
A3	22,29	69,99	7	23	1,7	6,67	29	Galerie	Défaut3
A4	13,06	41,01	6	23	1,4	6,9	30	liège terreux	Défaut2
A5	20,38	63,99	6	23	1,6	3,45	15	liège terreux	Défaut2
A6	17,2	54,01	6	21	1,6	3,36	16	liège terreux	Défaut2
A7	20,06	62,99	7	20	1,7	5	25	liège terreux	Défaut2
A8	18,79	59,00	5	24	1,5	5,76	24	Liège dur	Défaut4
A9	29	91,06	8	25	2,1	7,25	29	Liège dur	Défaut4
A10	19,11	60,01	8	25	1,7	3,5	14	liège doublé	Défaut2
A11	23,57	74,01	7	25	1,8	3,75	15	liège doublé	Défaut2
A12	18,79	59,00	6	22	1,8	5,94	27	Liège dur	Défaut4
A13	25,16	79,00	5	26	1,8	12,74	49	Galerie	Défaut3
A14	19,75	62,02	6	25	1,7	13,25	53	Charbon de la mere	Défaut3
A15	23,57	74,01	7	24	1,8	10,8	45	Croute	Défaut1
A16	26,11	81,99	8	26	1,8	3,12	12	Liège dur	Défaut4
A17	23	72,22	8	22	2	3,96	18	Lignification	Défaut2
A18	22,29	69,99	11	24	1,7	7,92	33	Charbon de la mere	Défaut3
A19	21,97	68,99	8	24	1,7	8,4	35	Charbon de la mere	Défaut3
A20	27	84,78	7	21	1,7	9,45	45	Charbon de la mere	Défaut3
A21	21,34	67,01	6	25	1,6	7	28	Charbon de la mere	Défaut3
A22	16,88	53,00	6	23	1,5	8,51	37	Charbon de la mere	Défaut3
A23	23,89	75,01	7	27	1,8	12,96	48	Lignification	Défaut2
A24	17,83	55,99	7	25	1,5	3	12	liège doublé	Défaut2
A25	24,84	78,00	10	26	1,8	3,9	15	Galerie	Défaut3
A26	19,11	60,01	8	25	1,5	5,75	23	liège doublé	Défaut2
A27	28	87,92	7	22	1,95	5,94	27	Lignification	Défaut2
A28	24	75,36	10	20	1,86	6,6	33	Liège dur	Défaut4
A29	19	59,66	7	23	2,3	2,76	12	Liège dur	Défaut4
A30	30,25	94,99	6	28	1,95	7	25	Galerie	Défaut3
A31	26,43	82,99	7	28	1,8	7,84	28	Galerie	Défaut3
A32	30	94,20	7	24	1,95	13,92	58	Galerie	Défaut3
A33	28	87,92	8	25	1,89	6	24	Galerie	Défaut3
A34	28	87,92	8	20	2,2	5,4	27	Liège dur	Défaut4
A35	30,25	94,99	8	26	1,8	7,28	28	Lignification	Défaut2
A36	24,52	76,99	6	25	1,78	5,75	23	Lignification	Défaut2
A37	20,7	65,00	6	26	1,8	8,58	33	Lignification	Défaut2

## Annexe

A38	27,39	86,00	8	25	1,9	9	36	Galerie	Défaut3
A39	23	72,22	7	24	2,1	9,36	39	Lignification	Défaut2
A40	29,62	93,01	7	23	2	2,76	12	Liège dur	Défaut4
A41	24,84	78,00	7	23	1,78	10,35	45	liège doublé	Défaut2
A42	21,66	68,01	8	25	1,9	11,25	45	Lignification	Défaut2
A43	23,89	75,01	8	21	1,8	4,83	23	liège terreux	Défaut2
A44	24,2	75,99	7	25	1,8	6,25	25	liège doublé	Défaut2
A45	22,93	72,00	9	28	1,85	7,84	28	Galerie	Défaut3
A46	19,75	62,02	8	25	1,75	6,5	26	Charbon de la mere	Défaut3
A47	24,84	78,00	8	26	1,74	7,28	28	Porosité	Défaut4
A48	30	94,20	7	29	2,3	10,44	36	Liège dur	Défaut4
A49	30,89	96,99	8	26	1,8	10,14	39	liège doublé	Défaut2
A50	26,75	84,00	7	26	1,78	10,92	42	liège doublé	Défaut2
A51	27,39	86,00	8	25	1,92	3,75	15	liège doublé	Défaut2
A52	29,62	93,01	8	28	1,85	6,44	23	Galerie	Défaut3
A53	29,94	94,01	8	28	1,87	7	25	Galerie	Défaut3
A54	25,16	79,00	7	27	1,75	6,48	24	Galerie	Défaut3
A55	27,71	87,01	7	21	1,85	5,88	28	Galerie	Défaut3
A56	25	78,50	6	23	1,95	10,35	45	Galerie	Défaut3
A57	18,15	56,99	8	27	1,65	15,12	56	liège doublé	Défaut2
A58	25,48	80,01	7	21	1,87	9,87	47	liège doublé	Défaut2
A59	27,39	86,00	8	22	1,82	2,86	13	liège doublé	Défaut2
A60	19,75	62,02	7	21	1,754	12,18	58	Liège dur	Défaut4
A61	13,69	42,99	6	20	1,58	8,8	44	Liège dur	Défaut4
A62	14,65	46,00	5	18	1,58	5,94	33	Liège dur	Défaut4
A63	16,24	50,99	6	24	1,63	6	25	Liège dur	Défaut4
A64	25,8	81,01	7	25	1,85	7	28	Galerie	Défaut3
A65	14,97	47,01	5	23	1,65	6,67	29	Galerie	Défaut3
A66	20,7	65,00	6	25	1,58	9,25	37	Galerie	Défaut3
A67	12,42	39,00	4	18	1,5	5,94	33	Galerie	Défaut3
A68	16,24	50,99	6	19	1,68	4,75	25	Galerie	Défaut3
A69	19,75	62,02	6	27	1,7	7,29	27	Liège dur	Défaut4
A70	15,29	48,01	4	21	1,58	5,88	28	Liège dur	Défaut4
A71	15,92	49,99	5	22	1,5	5,5	25	liège doublé	Défaut2
A72	11,46	35,98	4	18	1,54	5,22	29	liège doublé	Défaut2
A73	12	37,68	5	18	1,56	5,4	30	liège doublé	Défaut2
A74	15	47,10	5	22	1,58	7,26	33	Lignification	Défaut2
A75	13	40,82	5	21	1,6	5,25	25	liège terreux	Défaut2

## Annexe

**Tableau 1 : Base de données des arbres Morts**

Arbre mort	Dia	cirf	haut	Epai	CE	Ep carb	Carb	Défauts	Typologie
A1	11	34,54	5	24	1,5	10,8	45	Charbon de la mere	Défaut3
A2	15	47,10	6	23	1,6	12,88	56	Lignification	Défaut2
A3	21	65,94	4	18	1,74	6,84	38	liège terreux	Défaut2
A4	18	56,52	7	22	1,65	9,9	45	liège terreux	Défaut2
A5	18	56,52	5	21	1,6	5,25	25	liège terreux	Défaut2
A6	17	53,38	6	23	1,75	12,88	56	liège terreux	Défaut2
A7	14	43,96	5	24	1,45	10,8	45	liège terreux	Défaut2
A8	15	47,10	7	9	1,6	3,42	38	Galerie	Défaut3
A9	12	37,68	5	11	1,45	4,29	39	Galerie	Défaut3
A10	21	65,94	5	12	1,75	4,2	35	Galerie	Défaut3
A11	14	43,96	5	10	1,55	4,5	45	Galerie	Défaut3
A12	16	50,24	7	9	1,5	3,6	40	Liège dur	Défaut4
A13	19	59,66	4	28	1,6	11,76	42	Galerie	Défaut3
A14	20	62,80	4	24	1,8	9,84	41	Charbon de la mere	Défaut3
A15	23	72,22	5	25	1,84	13	52	Charbon de la mere	Défaut3
A16	18	56,52	6	9	1,57	3,69	41	Liège dur	Défaut4
A17	14	43,96	7	12	1,62	5,64	47	Lignification	Défaut2
A18	16	50,24	8	12	1,58	5,4	45	Lignification	Défaut3
A19	18	56,52	7	27	1,54	12,96	48	Soufflures	Défaut1
A20	21	65,94	6	25	1,56	11,5	46	Soufflures	Défaut1
A21	23	72,22	5	28	1,74	14,56	52	Galerie	Défaut3
A22	13	40,82	7	28	1,56	8,96	32	Galerie	Défaut3
A23	12	37,68	5	26	1,55	8,58	33	Galerie	Défaut3
A24	14	43,96	6	25	1,5	8,75	35	Galerie	Défaut3
A25	15	47,10	5	23	1,45	12,42	54	Soufflures	Défaut1
A26	17	53,38	7	18	1,4	8,46	47	Soufflures	Défaut1
A27	18	56,52	5	12	1,65	5,4	45	Lignification	Défaut2
A28	17	53,38	5	22	1,67	12,32	56	Galerie	Défaut3
A29	19	59,66	6	27	1,65	11,34	42	Galerie	Défaut3
A30	21	65,94	6	25	1,75	10,25	41	Galerie	Défaut3
A31	22	69,08	7	28	1,7	12,04	43	Galerie	Défaut3
A32	15	47,10	8	9	1,58	3,96	44	Galerie	Défaut3
A33	11	34,54	7	11	1,55	4,95	45	Liège dur	Défaut4
A34	18	56,52	5	21	1,6	6,72	32	Liège dur	Défaut4
A35	17	53,38	6	22	1,58	9,9	45	Charbon de la mere	Défaut3
A36	15	47,10	4,5	21	1,56	7,56	36	Charbon de la mere	Défaut3
A37	14	43,96	5,5	21	1,45	6,93	33	Charbon de la mere	Défaut3
A38	13	40,82	5	14	1,55	5,74	41	Charbon de la mere	Défaut3
A39	17	53,38	5	24	1,6	9,12	38	Charbon de la mere	Défaut3
A40	18	56,52	7	24	1,57	10,08	42	Charbon de la mere	Défaut3