

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

UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID TLEMCCEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
Département des Ressources Forestières

Laboratoire de recherche : Gestion Conservatoire De L'eau, Du Sol Et Des Forêts Et
Développement Durable Des Zones Montagneuses De La Région De Tlemccen



MÉMOIRE

Présenté par
M^{lle} BOUKHRIS FATIMA ZAHRA

En vue de l'obtention du Diplôme de **MASTER** en Foresterie
Option : Aménagement et Gestion des Forêts

Thème :

Contribution à l'étude de l'effet du taux de carbonisation
du liège sur la pérennité du chêne liège dans le massif
forestier Hafir-Zarieffet(W.Tlemccen)

Soutenu le 29/06/2017 devant le jury composé de :

Président :	M. Bellifa M.	MAA	Université de Tlemccen
Encadreur:	M. Dehane B.	MCA	Université de Tlemccen
Examineur :	M. Berrichi M.	MCA	Université de Tlemccen

Année universitaire : 2016/2017

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 BELLIFA MOHAMED, Maître Assistant « A » à l'université de Tlemcen d'avoir accepté de présider le jury.

Mon profond respect pour Monsieur BERRICHI MOHAMED, Maître de conférences « A » à l'université de Tlemcen pour avoir accepté d'examiner ce travail.

A tous, Merci.

Résumé : Le chêne liège est parmi les espèces capables de se régénérer rapidement après l'incendie grâce à la protection qu'il lui fournit le liège au moment du passage des flammes. L'intensité du feu et sa température est automatiquement imprimée sur une certaine épaisseur du suber qui longe la mère du liège sous forme d'une bande noire carbonisée. Cette bande est d'autant plus mince que l'arbre ne subit pas de stress et survit à l'incendie et vice versa. Cette dualité a été confirmée sur 137 échantillons de liège provenant de deux parcelles incendiées depuis 12 ans de deux suberaies contiguës Hafir et Zariéffet. Les résultats ont révélé que pour un taux de carbonisation de 16% pour le liège de reproduction et 14% pour le liège mâle, ces arbres sont qualifiés de récupérables, ils n'ont produit aucun rejet post-stress. Pour un taux de carbonisation de 30% pour le liège de reproduction et 42% pour le liège mâle, ces sujets se classent parmi les irrécupérables à cause des dommages perpétrés sur le tronc et le houppier. Après le passage du stress thermique des flammes, ils régénèrent un houppier verdoyant et des rejets de souche. Pour un taux de carbonisation de 51% pour le liège de reproduction et 56% pour le liège mâle, ces individus sont qualifiés de morts sur pied au moment de l'incendie et arrivent à produire de forts rejets de souche après. Pour mieux comprendre la relation qui relie la carbonisation du liège à certains paramètres des arbres, l'ACM a montré que se sont les caractéristiques intrinsèques physiques et physiologiques au liège qui permettent d'augmenter ou de diminuer cette carbonisation ainsi que certains paramètres morphologiques liés aux arbres.

Mots-clé: liège, carbonisation, Hafir, Zariéffet, incendie, ACM.

Contribution to the study of the effect of carbonization rate of cork on the sustainability of the cork oak in the forest massif Hafir / Zariéffet) (w.Tlemcen)

Abstract: The cork oak is among the species capable of regenerating quickly after the fire thanks to the protection that it provides cork at the time of passage of the flames. The intensity of the fire is and its temperature is automatically printed on a certain thickness of the suber which runs along the mother of the cork in the form of a carbonized black band. This strip is all the thinner as the tree does not undergo stress and arises from the fire and targets versa. This duality was confirmed on 137 samples of cork from two plots set on fire for 12 years of two contiguous forests Hafir and Zariéffet. The results revealed that for a carbonization rate of 16% for secondary cork and 14% for male cork, these trees are known as recoverable, they did not produce any post-stress rejection. For a 30% carbonization rate for secondary cork and 42% for male cork, these are among the non-recoverable due to damage to the trunk and crown. After the thermal stress of the flames, they regenerate a green crown and stump rejections. For a carbonization rate of 51% for secondary cork and 56% for male cork, these individuals are described as standing dead at the time of the fire and produce large stump discharges. To better understand the relationship between carbonization of cork and certain parameters of trees, ACM has shown that the intrinsic physics and physiological characteristics of cork allow increasing or decreasing this carbonization as well as certain morphological parameters related to trees.

Key-words: cork, carbonization, Hafir, Zariéffet, fire, ACM

المساهمة في دراسة مدى تأثير نسبة تفحم الفلين في استدامة اشجار البلوط الفلين في غابتي احفير-زاريفات (تلمسان)

ملخص:

البلوط الفليني من الاصناف المتجددة بسرعة بعد الحريق وذلك بفضل حماية الفلين له، تتطبع شدة النار على سمك معين من الفلين و تمثل شريط اسود متفحم، كلما كان الشريط ارق الشجرة تنجو من التوتّر و تبقى على قيد الحياة و العكس صحيح تم تأكيد هذه الازدواجية على 137 عينة من غابتي حافير و زاريفات المتجاورتين بعد مرور 12 سنة من الحريق. النتائج تبين نسبة التفحم 16% للفلين المستنسخ و 14% للفلين الذكورى منسوبة للاشجار المتجددة التي لا تملك اي فرع جذعي بعد التوتّر. نسبة التفحم 30% للفلين المستنسخ و 42% للفلين الذكورى، اشجارهم غير متجددة بسبب الاخطار على الجذع و الاوراق بعد مرور التوتّر الناري تتجدد الاشجار بأوراق خضراء او فروع. نسبة التفحم 51% للفلين المستنسخ و 56% للفلين الذكورى تتمثل في الاشجار المؤهلة للموت في وقت الحريق و المنتجة للفروع الجذرية بعد مروره. لفهم افضل للعلاقة بين تفحم الفلين و بعض خصائص الشجرة، ال ACM بين ان الخصائص الفيزيائية و الفيزيولوجية للفلين تسمح برفع او نقص التفحم و كذلك بعض المرفولوجيات المتعلقة بالشجرة.

كلمات المفتاحية: الفلين، التفحم، حافير، زاريفات، الحريق، ACM

Liste des figures

Figure
Figure1 : Aire de distribution du chêne-liège
Figure2 : Aire de répartition du chêne liège
Figure 3 : Coupe schématique d'un tronc de chêne liège
Figure 4: Tronc d'un chêne liège dans sa troisième
Figure 5: Superficies forestières brûlées en Algérie pendant la période coloniale (1876-1962)
Figure 6: Superficies forestières brûlées en Algérie depuis l'indépendance (1963-2014)
Figure 7: Causes directes et indirectes des incendies de forêts en Algérie
Figure 8 : Comportement du chêne-liège après incendie
Figure 9: Localisation du Parc National de Tlemcen
Figure 10: Localisation du massif forestier Hafir-Zarieffet
Figure 11: Localisation de la forêt domaniale de Hafir
Figure 12: Localisation de la forêt domaniale de Zarieffet
Figure 13: Carte géologique du Nord de l'Algérie
Figure 14: Répartition annuelle de la pluviométrie dans les deux forêts Zarieffet/ Hafir (1962-2013)
Figure 15: Répartition des précipitations moyennes mensuelles pour les deux périodes
Figure 16: Répartition saisonnière des précipitations dans les deux forêts Hafir/ Zarieffet
Figure 17: Variations des températures mensuelles minimales
Figure 18: Variations des températures mensuelles maximales dans les deux forêts
Figure 19: Variations des températures moyennes mensuelles dans les deux forêts
Figure 20: Diagrammes Ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) des deux forêts
Figure 21: Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger au cours des deux périodes de références,
Figure 22: Quantité de liège produite entre 1995-2016 à Hafir-Zarieffet
Figure 23: Localisation de la zone d'étude dans le massif forestier Zarieffet-Hafir
Figure 24: Localisation satellitaire des parcelles d'étude
Figure 25: profil topographique sur lequel est effectué l'échantillonnage
Figure 26: Répartition des arbres échantillons selon leurs classes de diamètres
Figure 27: Distribution des classes de diamètres selon le type de liège et les catégories des arbres
Figure 28: Répartition des arbres échantillons selon leurs classes d'hauteur
Figure 29: Distribution des classes d'hauteurs selon le type et la catégorie des arbres
Figure 30: Moyenne estimée pour les diamètres des arbres démasclés et non démasclés
Figure 31: Moyenne estimée pour hauteurs des arbres démasclés et non démasclés
Figure 32: Répartition des arbres échantillons selon leurs classes d'hauteur d'écorçage
Figure 33: Distribution des classes d'hauteurs d'écorçage selon le type et la catégorie des arbres
Figure 34: Répartition des arbres échantillons selon leurs classes d'épaisseur du liège
Figure 35: Distribution des classes d'épaisseur selon le type et la catégorie des arbres
Figure 36: Moyenne estimée pour les épaisseurs de liège des arbres en production et non mis en valeur
Figure 37: Répartition des arbres-échantillons selon leurs classes de carbonisation
Figure 38: Distribution des classes de carbonisation selon le type et la catégorie des

arbres
Figure 39: Le scree plot de Catell utilisant les % d'inertie ajustée
Figure 40: Représentation dans le plan factoriel F1 x F2 (graphe symétrique) du taux de carbonisation et les symptômes qui en découlent
Figure 41: Mécanisme de l'impact du taux de carbonisation du liège sur la pérennité du chêne liège en production
Figure 42: Le scree plot de Catell utilisant les % d'inertie ajustée
Figure 43: Représentation dans le plan factoriel F1 x F2 (graphe symétrique) du taux de carbonisation et les symptômes qui en découlent
Figure 44: Mécanisme de l'impact du taux de carbonisation du liège sur la pérennité du chêne liège non mis en valeur

Liste des tableaux

Tableau
Tableau 1: Nombre de feux et superficie brûlées par année en méditerranée (1990-1999)
Tableau 2 : Coordonnées géographiques des deux forêts
Tableau 3: Classes de pentes rencontrées à Zariéffet-Hafir
Tableau 4: Précipitation moyenne mensuelle (mm) pendant les deux périodes de référence
Tableau 5 : Valeurs thermiques mensuelles minimales dans les deux forêts en (°C)
Tableau 6: Valeurs thermiques moyennes maximales (°C) enregistrées dans les deux forêts
Tableau 7: Températures moyennes mensuelles et annuelles en (°C) des deux forêts
Tableau 8: Classification des climats selon l'indice de continentalité
Tableau 9: Indice de continentalité de la forêt Hafir/ Zariéffet
Tableau 10: Indice de sécheresse estivale des deux forêts
Tableau 11: Indice de De Martonne du massif forestier Hafir/ Zariéffet
Tableau 12: Etage de végétation du chêne liège dans les deux forêts Hafir/Zariéffet
Tableau 13: Valeurs du « Q2 » et étages bioclimatiques des deux forêts
Tableau 14: Historique des incendies dans la forêt de Hafir et Zariéffet
Tableau 15: Principales classes de relevés dendrométriques et d'exploitation des arbres des échantillons
Tableau 16: Différents descripteurs utilisés pour quantifier la pérennité des arbres après incendies
Tableau 17: Classe de carbonisation du liège
Tableau 18: Caractérisation globale des placettes d'étude
Tableau 19: Analyse Type III Sum of Squares (Diamètre des arbres démasclés)
Tableau 20: Analyse Type III Sum of Squares (Diamètre des arbres non démasclés)
Tableau 21: Analyse Type III Sum of Squares (hauteur des arbres démasclés)
Tableau 22: Analyse Type III Sum of Squares (hauteur des arbres non démasclés)
Tableau 22: Analyse Type III Sum of Squares (Hauteur écorçage)
Tableau 23: Analyse Type III Sum of Squares (Epaisseur(mm))
Tableau 24: Analyse Type III Sum of Squares (Epaisseur(mm))
Tableau 25: Analyse Type III Sum of Squares (Taux Crb -liège de reproduction)
Tableau 26: Analyse Type III Sum of Squares (Taux Crb -liège mâle)

Tableau 27: Les variables retenues pour l'ACM
Tableau 28: Valeurs propres et pourcentages d'inertie
Tableau 29: Valeurs propres et pourcentages d'inertie
Tableau 30: les caractéristiques physiologiques et physiques des deux subers

Liste des planches

Planche
Planche 1 : Adaptation phénologique du chêne liège
Planche 2 : Quelques Aspects botaniques du chêne liège
Planche 3 : Bois et racines du chêne liège
Planche 4 : Production de plants forestiers en hors-sol cas du chêne-liège
Planche 5 : Mode de régénération du chêne liège
Planche 6 : Comportement du chêne liège après incendie
Planche 7 : Technique d'échantillonnage appliquée sur les arbres échantillons
Planche 8 : Mesures effectuées sur les arbres-échantillons (mesure de diamètre et épaisseur du liège)
Planche 9: Les trois catégories d'arbre pour évaluer le taux de carbonisation du liège
Planche 10 : Préparation des échantillons pour les mesures
Planche 11 : Technique d'évaluation du taux de carbonisation du liège
Planche 12: Embroussaillement et déclivité du terrain (Hafir)
Planche 13: Embroussaillement et déclivité du terrain (Zarieffet)
Planche 14: Arbre en production avec un houppier sans dommage
Planche15: Arbre irrécupérable au tronc fortement détérioré
Planche 16: Arbre mort sur pied sans aucune fonction vitale de l'assise cambiale
Planche17: Arbres récupérables au liège intact, la croûte a seulement carbonisé

Liste des abréviations

ACM : Analyse des Correspondances Multiples

A,E,F,C,O : Administration des eaux et forêts de la conservation d'Oran

C.O.I.T : Conservation d'Oran,Inspection de Tlemcen

CFWT : Conservation des Forêts de la Wilaya de Tlemcen

P.N.T : Parc National de Tlemcen

IML : Institut Méditerranéen du Liège

CIPS : Le Code Internationale des Pratiques Subericoles

Introduction générale

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 ; Dimitrakopoulos & Mitsopoulos, 2006).

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'bada 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 la 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.

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).

Le massif forestier Hafir-Zarieffet couvrant une superficie de 4000 à 4500ha, très connu par sa production de liège de qualité, devient aussi très réputé par le nombre d'incendie qui le frappe chaque année particulièrement la forêt de Zarieffet. Les archives forestiers coloniales et Algérienne font état de huit grands incendies ayant parcourus la suberaie de Hafir : 1887, 1927, 1957, 1961, 1964, 1994 et 2005, soit une surface brûlée de l'ordre de 2005 ha de chêne liège (Bouhraoua, 2013). A Zarieffet, le constat est plus graves, le feu s'est répété durant 21 événements de 1892 à 2016 dont 7 importants incendies : 1892, 1903, 1964, 1983, 1994, 2005, 2015, soit une surface globale brûlée de l'ordre de 3441 ha (Saoudi, 2016). En faveur de ce constat alarmant, la production du liège a chuté aussi, elle est passé de 20 000 qx entre 1939 et 1951 à 600qx en 2015 (CWFT, 1995 et 2017).

De nombreuses études ont évoqué l'impact de la sévérité du feu sur le chêne liège comme étant un combustible forestier en étudiant les relations températures du feu propriétés chimiques des feuilles, inflammabilité et humidité (DeBano Et al., 1998; Liodakis et al., 2005; Guijarro et al., 2002 ; Dehane et al., 2015). Très rares sont les études qui ont abordé la carbonisation du liège à sa pérennité dans un milieu forestier dégradé.

Notre travail menu dans le massif forestier Hafir-Zarieffet à pour objectif essentiel d'analyser cette capacité de survie chez le chêne liège par la carbonisation imprimée sur la couche du liège mâle et de reproduction. Il était question de savoir avec quel taux de carbonisation le chêne liège non mis en valeur et celui en production se sont adaptés à l'intensité du feu après 12 ans de son passage.

Nous avons organisé 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 :

Généralité 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 Linnée 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 : Quercoïdeae
*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 , 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).

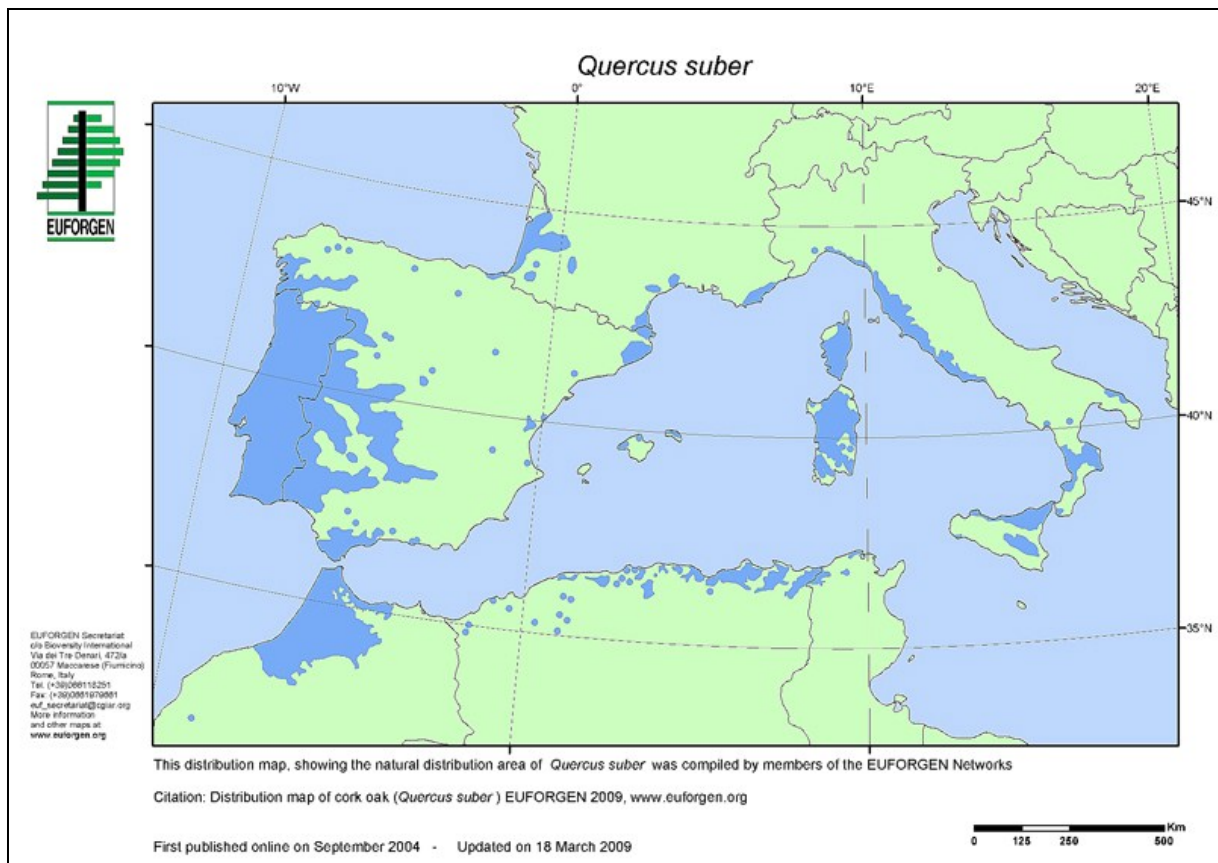


Figure1 : Aire de distribution du chêne-liège dans le monde

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 suberaies 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 suberaies 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 suberaies 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 ne dépasse pas 6500ha (Bouhraoua, 2003) (Fig2).

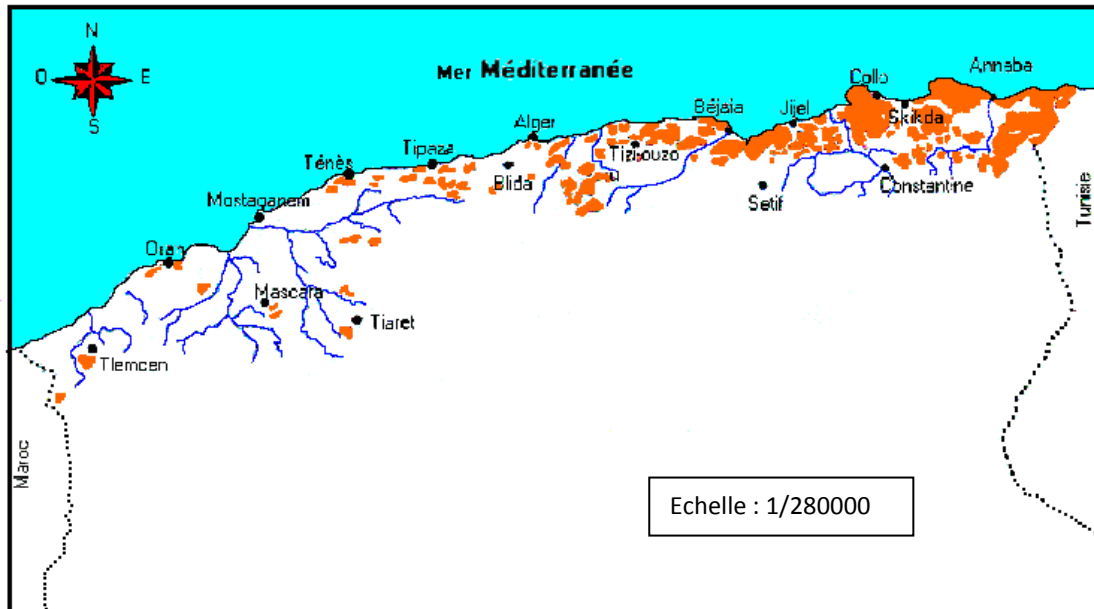


Figure2 : Aire de répartition du chêne liège en Algérie

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 phénotypiques 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 suberaies (Seigue, 1985). Les principales caractéristiques botaniques sont les suivants :

- ✚ **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 les arbres solitaires et les peuplements clairs. En peuplements embroussaillés et concurrencé 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).

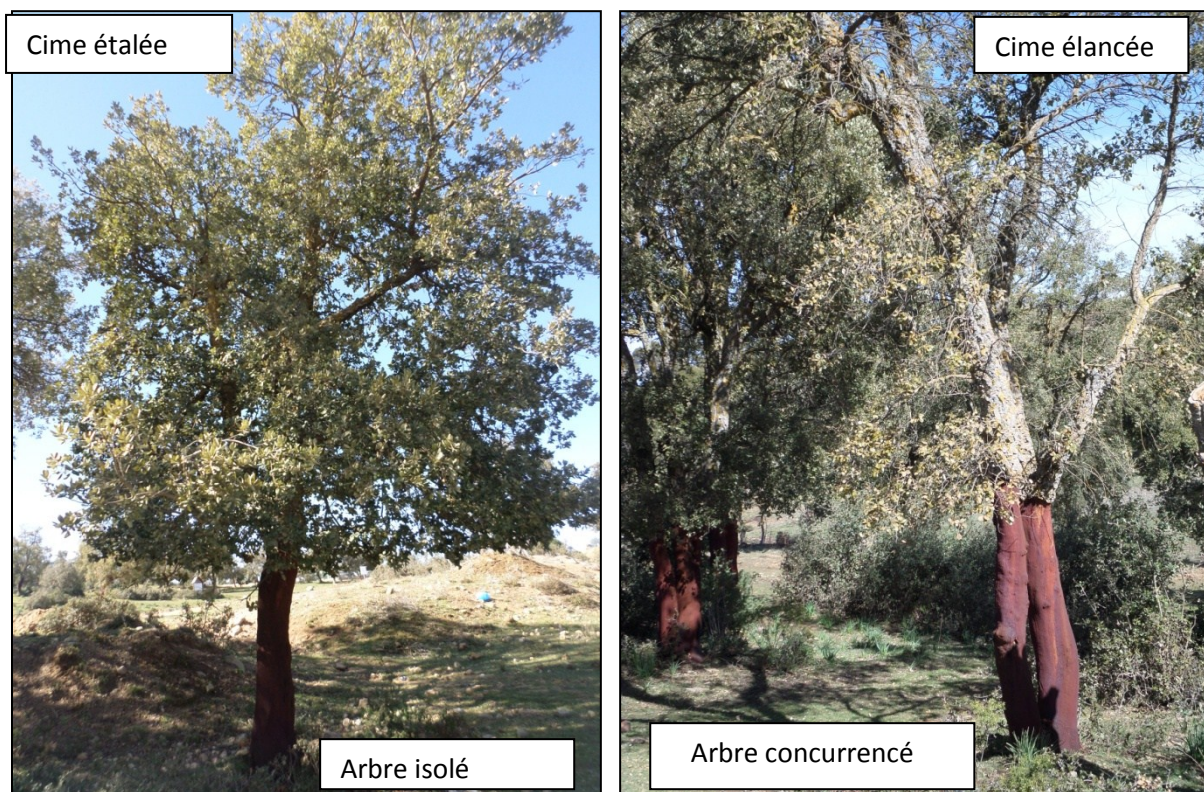


Planche 1 : Adaptation phrénologique du chêne liège (Original)

- ✚ **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 sub-humide, 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).

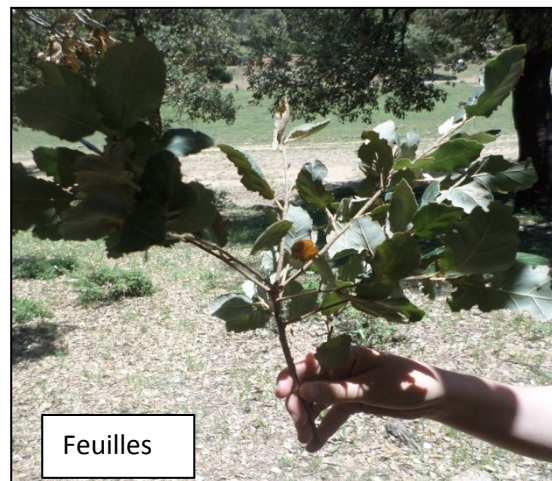


Planche 2 : Quelques Aspects botaniques du chêne liège(Original)

- ✚ **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).

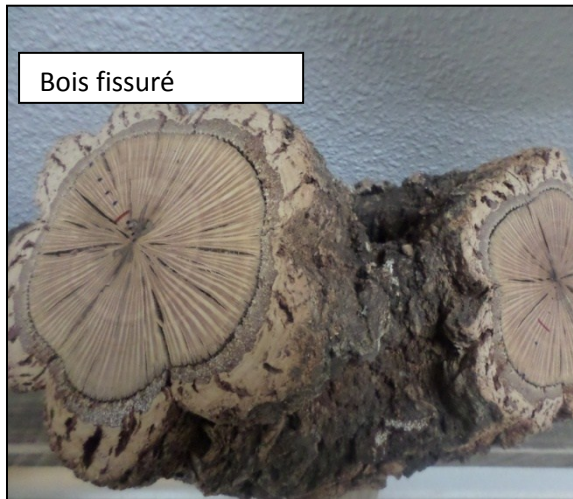


Planche 3 : Bois et racines du chêne liège



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 (Messouadene, 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 puis 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):

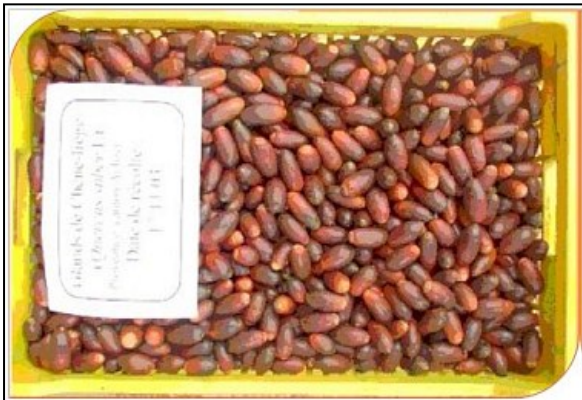
- ✚ La régénération naturelle stricte, qui consiste à une mise en défend volontaire des peuplements pour une période décidée par le gestionnaire. Cette méthode permettra à la nature de prendre le dessus sur les activités humaines ainsi que la pression de leurs troupeaux.
- ✚ La Régénération naturelle 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 rendu inaccessible au 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 suberaies.
- ✚ 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



Lot de plants de chêne-liège élevés dans des substrats, Confectionner à base des



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 suberaie ne sera obtenue efficacement qu'à l'aide des semis naturels ou artificiels (Pl.5).

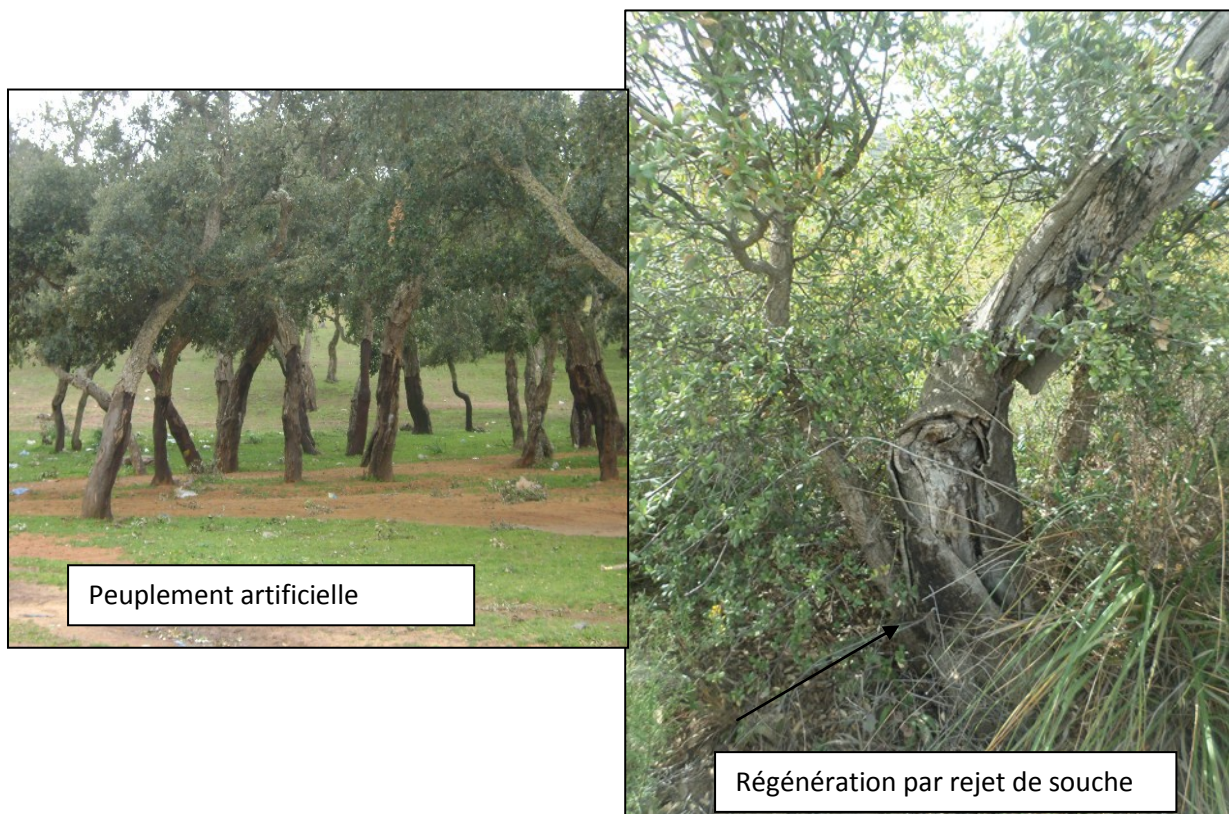


Planche 5 : Mode de régénération du chêne liège (Original)

I.1.5 - Aménagement du chêne liège

En absence d'aménagement et de gestion, la suberaie 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 suberaie 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 suberaie 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'intérieure 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).

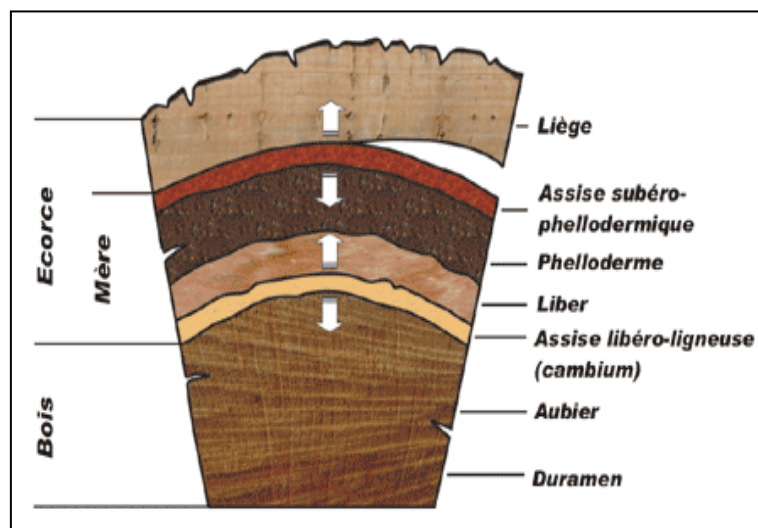


Figure 3 : Coupe schématique d'un tronc de chêne liège

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 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 (Pereira,2007)(Fig.4).

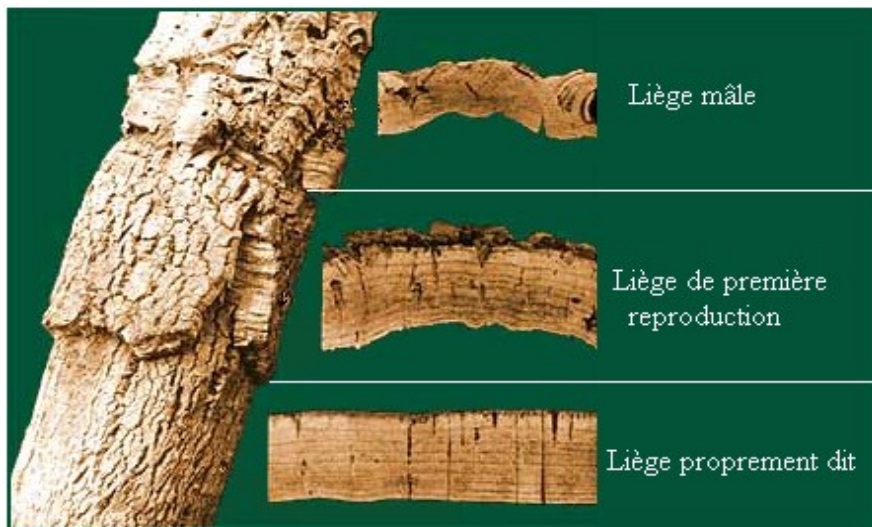


Figure 4: Tronc d'un chêne liège dans sa troisième récolte

I.2.2- La croissance

La conséquence du dépouillement de l'écorce est toujours accompagnée d'une cicatrisation qui se déroule en deux phases (Saccardy, 1937):

-**Une phase passive** : le tanin circulant sur le liber nu et actif se solidifie sous l'effet des agents externes (vent et soleil). Le liber meurt et forme un phloème secondaire sur une certaine épaisseur appelé croûte du liège. Ce premier tissu va assurer la protection provisoire de la partie encore vivante du liber jusqu'à la formation du premier accroissement du liège.

-**Une phase active** : Grâce à cette protection, on assiste à la formation d'un nouveau phellogène dans le liber resté vivant et qui va produire annuellement des couches successives concentriques sur le tronc de l'arbre.

L'activité meristématique du cambium vasculaire et corticale se déclenche naturellement après quelques semaines de la mise à nu du liber (démasclage) puis se poursuit jusqu'à la fin du cycle de production du liège, généralement entre 9 ans à 12 ans (Natividade, 1956). Cette activité est synonyme d'accroissement du liège.

I.2.3- Les principales menaces sur les subéraies

En plus de son caractère économique et social, la suberaie 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 défrichage, 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 du 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 Kadir, 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 suberaies reste incontestablement les incendies

I.3-Généralités sur les incendies de forêts

I.3.1- Les incendies 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 calcinée (ha/an)	Taux brûlée/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 disparue 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).

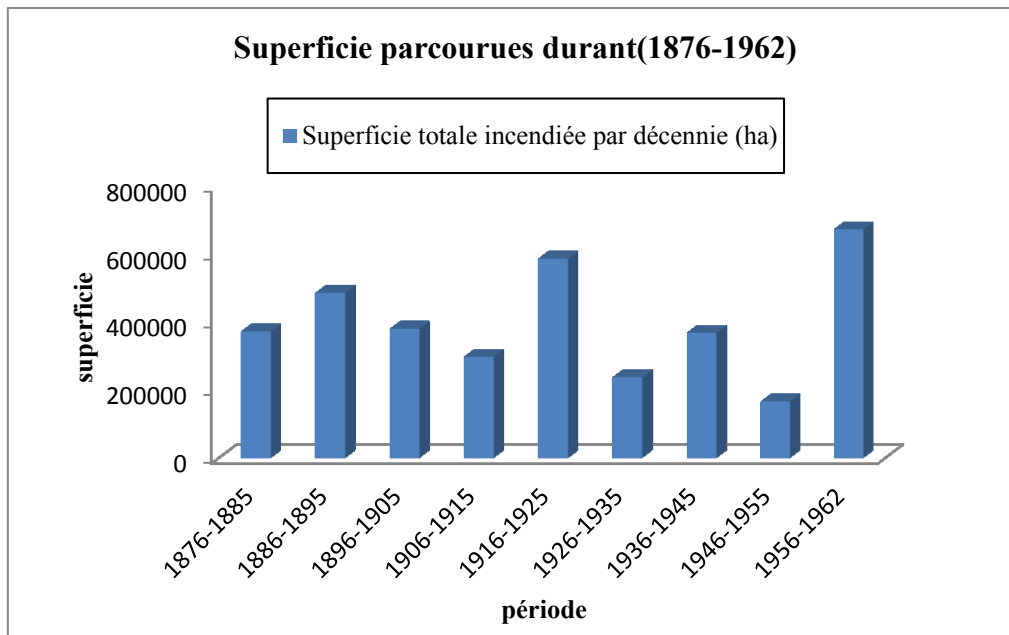


Figure 5: Superficies forestières brûlées en Algérie pendant la période coloniale (1876-1962)

Cette période était la plus désastreuse par 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 l'ordre 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)

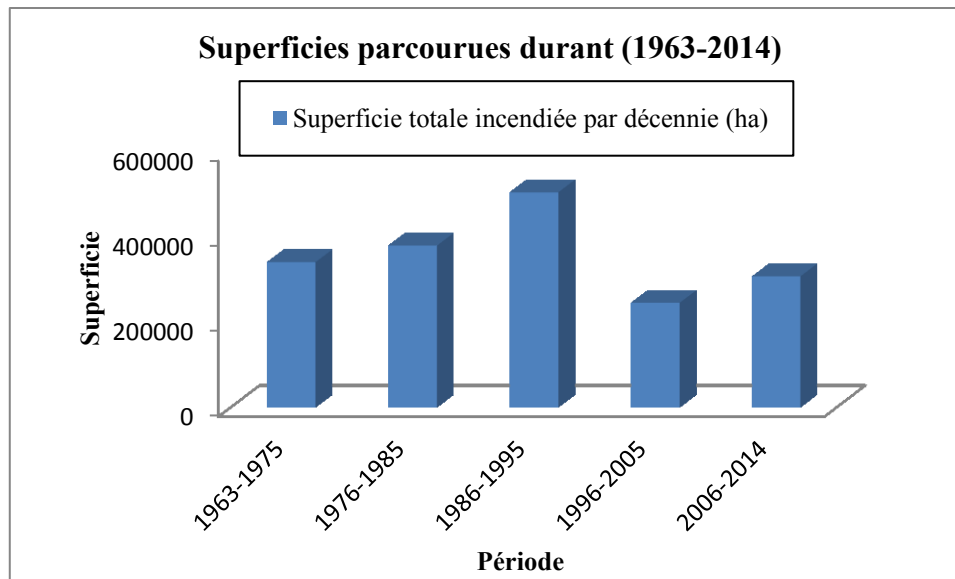


Figure 6: Superficies forestières brûlées en Algérie depuis l'indépendance (1963-2014)

Selon Meddour et al.(2007) et la DGF (2014), malgré cette tendances 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 menacée 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 suivant résume d'une manière globale les causes directes et indirectes des déclenchements des incendies de forêts en Algérie.

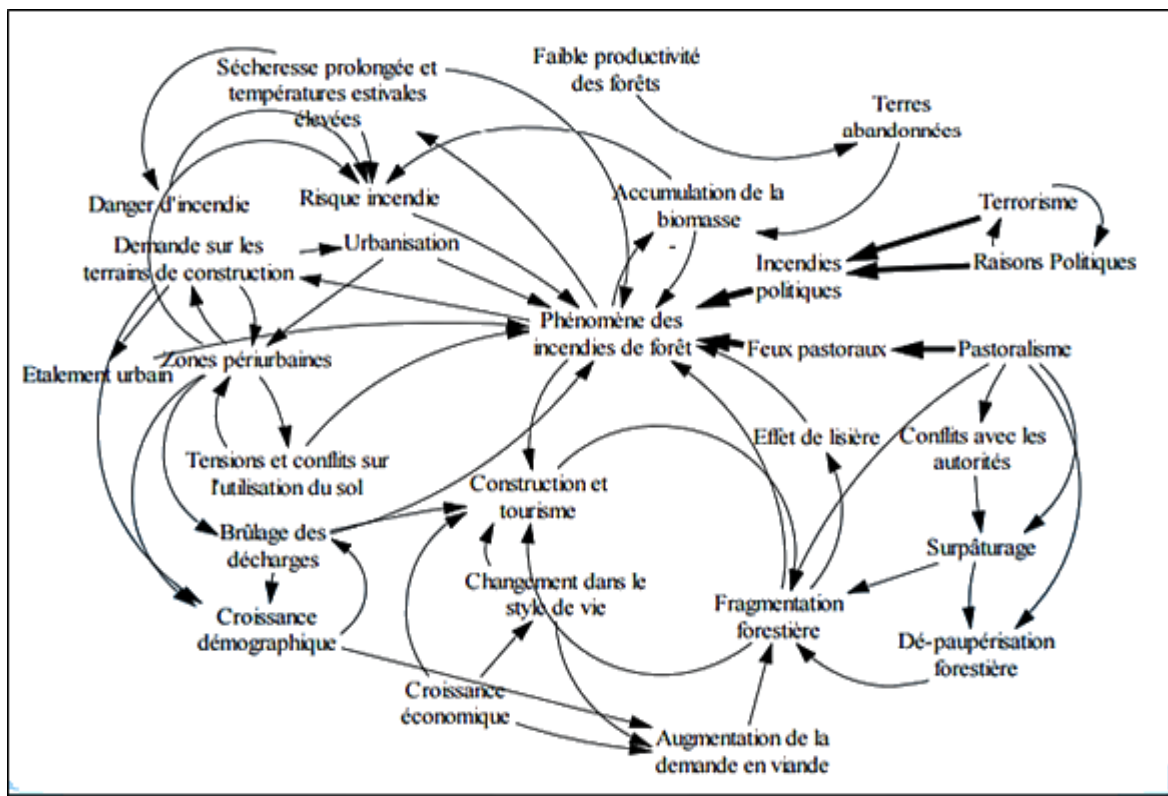


Figure 7: Causes directes et indirectes des incendies de forêts en Algérie

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 cm², 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 soumi la suberaie 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 avait moins de 20 ans a disparu totalement dans la majeure partie des suberaies.

- ✚ 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 suberaie pure.
- ✚ La biodiversité a tendance à se raréfier dans les suberaies dont la fréquence des feux est inférieure à 15 ans. Se 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 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 Berdón et al., 2015).

D'après Abric (1974), le liège subit une triple dégradation du fait de l'incendie :

la suberaie 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 suberaie 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.

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 favorisent 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 emmagasinées dans la souche (la mortalité différée) (Piazetta, 2012) (Pl.6).

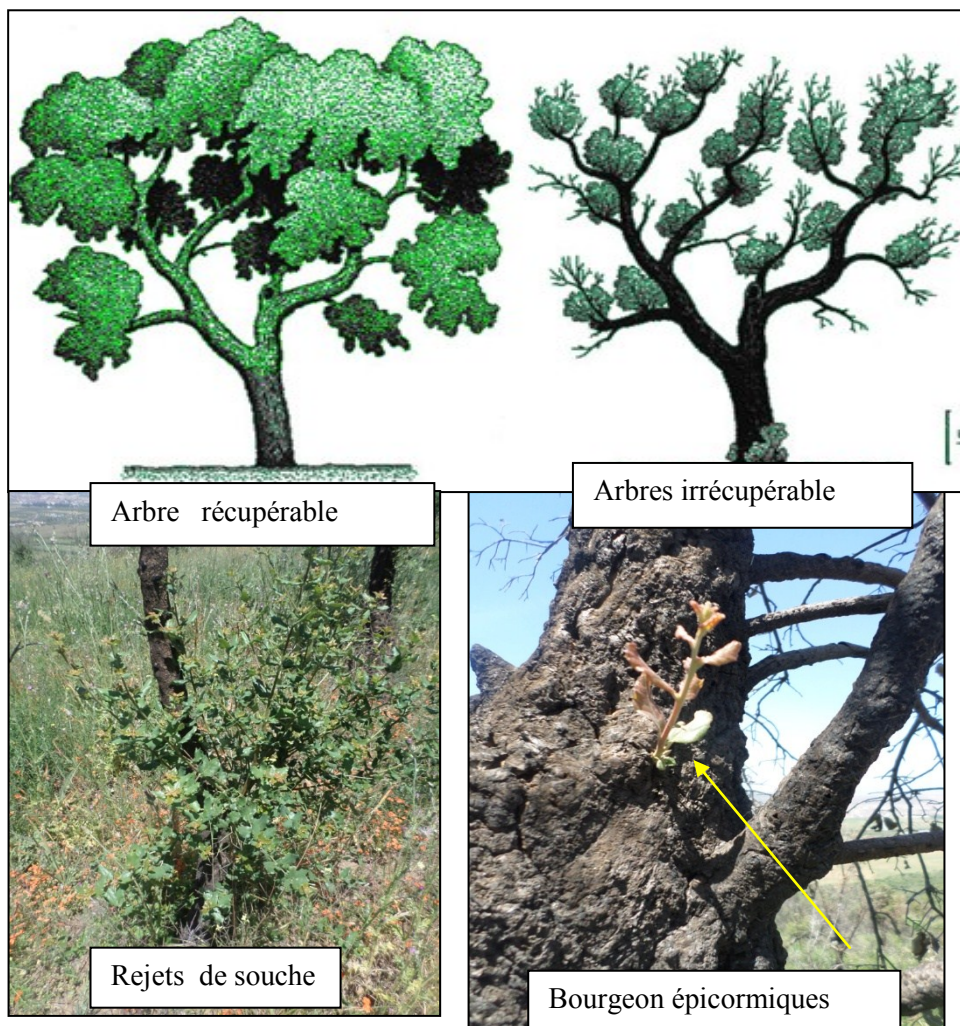


Planche 6 : Comportement du chêne liège après incendie

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

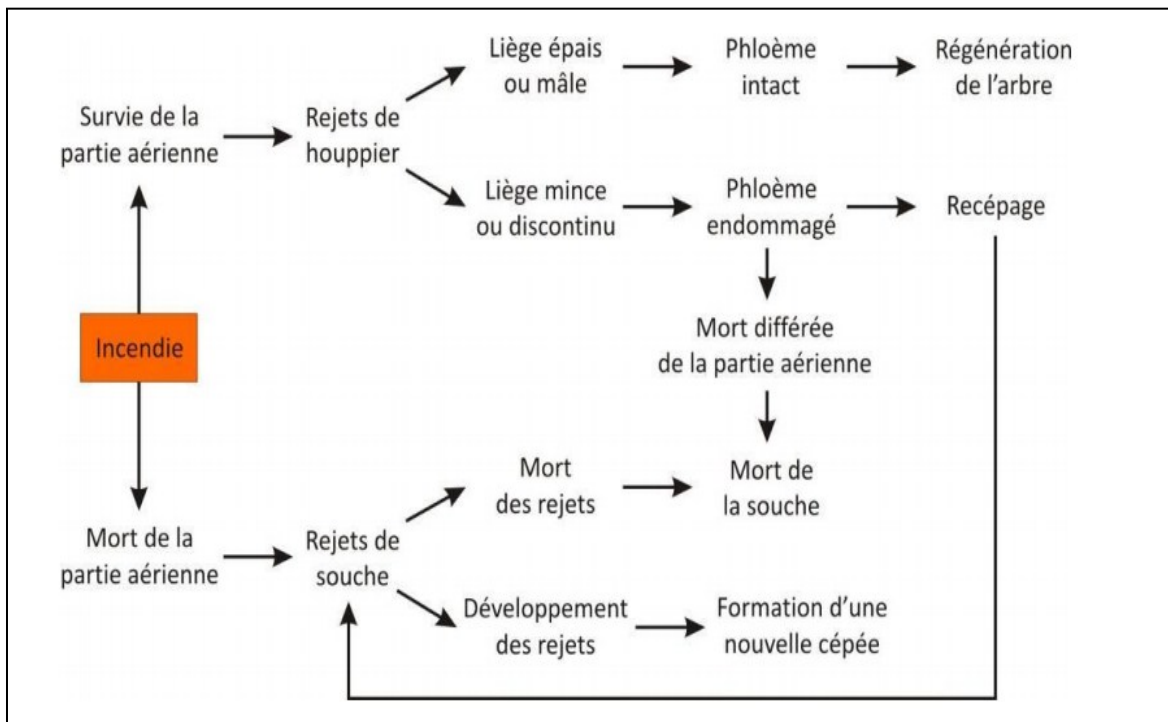


Figure 8: Modèle de comportement du chêne-liège après incendie

Chapitre II :

Etude du milieu

II.1- Milieu physique

Les monts de Tlemcen sont caractérisés par une diversité biologique importante ce qui a toujours attiré les chercheurs dans différents domaines. Ce domaine montagneux, malgré sa façade de dégradation, reste une région forestière par excellence même si la végétation se présente sous forme de matorrals en régression (Letreuch, 2002). Dans tout cet ensemble montagneux, s'inscrit sur 8225,04 ha le « Parc National de Tlemcen P.N.T » (Fig.9).

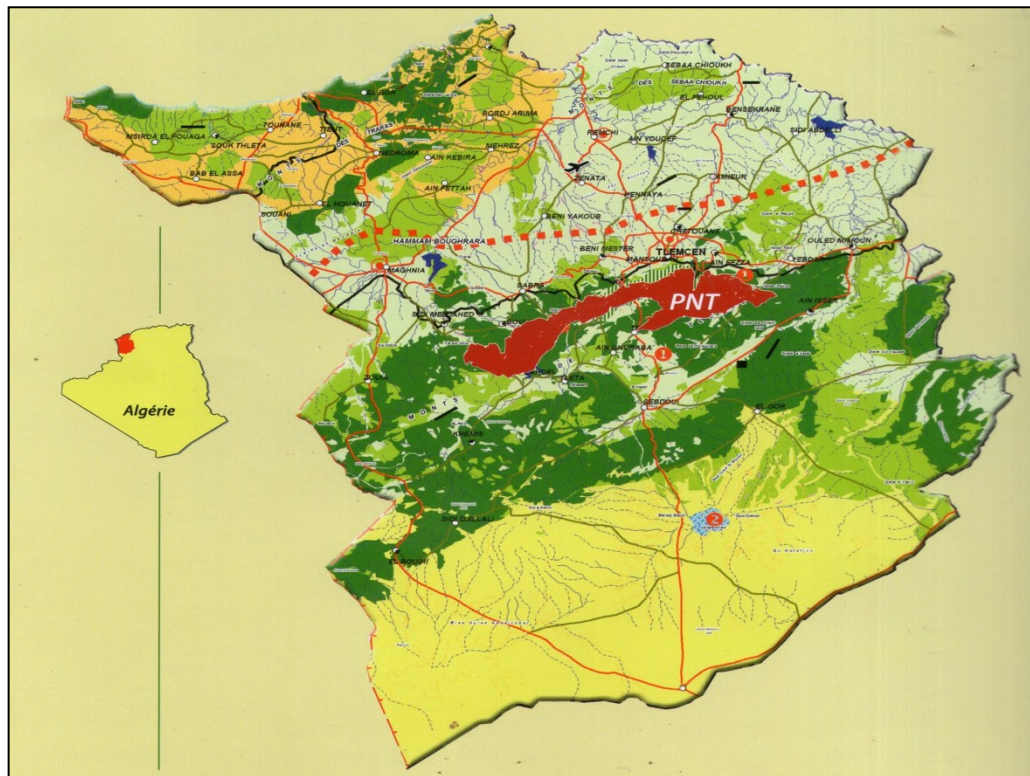


Figure 9: Localisation du Parc National de Tlemcen

II.1.2-Localisation géographique

La zone d'étude fait partie intégrante du massif forestier Hafir-Zarieffet, elle s'inscrit entre les coordonnées Lambert suivantes (Tab.2) :

Tableau 2 : Coordonnées géographiques des deux forêts

Noms de Forêt	Coordonnées géographiques		Distance à la mer (km)	Cartes d'Etat major
	Latitude	Longitude		
Zarieffet	xi= 123,3 km x2= 129,8 km	yi= 177,2 km y2= 180,5 km	50	Tlemcen (feuille n°300)
Hafir	X1=105,2Km X2=127,1km	Y1=163,6km Y2=178,3km	60	Terny (feuille n°299 et 300)

La situation géographique de Hafir et de Zarieffet est mentionnée dans la figure 10.

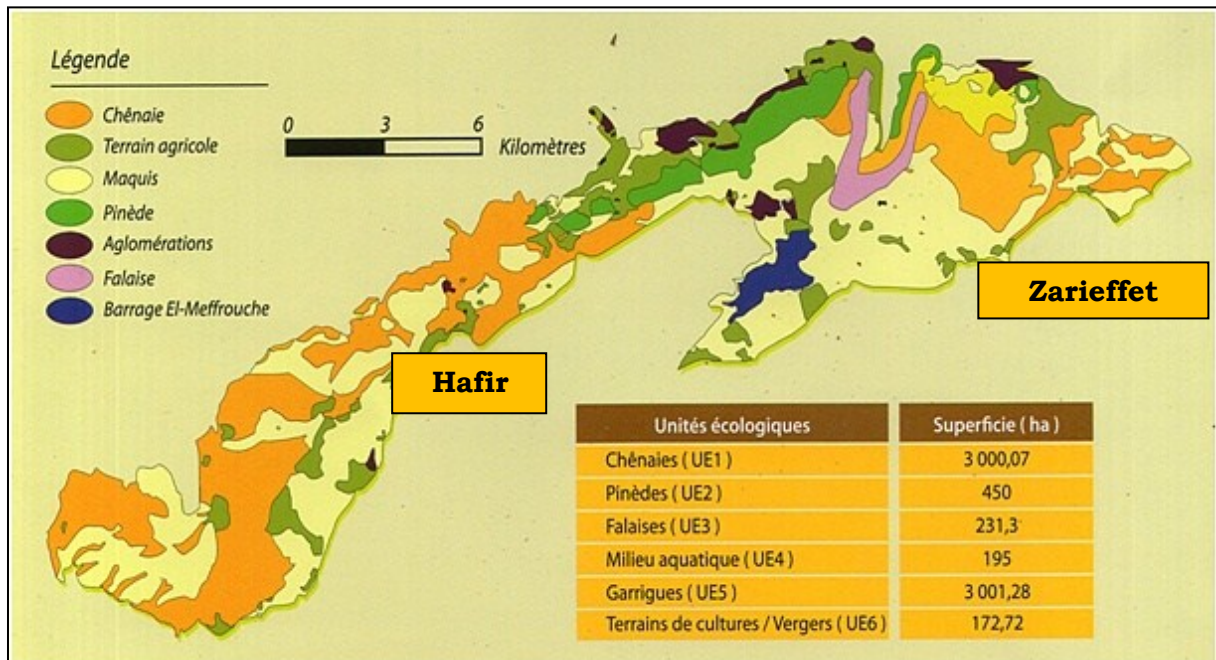


Figure 10: Localisation du massif forestier Hafir-Zarieffet

II.1.2.1-Forêt domaniale de Hafir

La forêt domaniale de Hafir couvre une superficie totale de 10157 ha, elle se situe dans à 15 km au sud-ouest de la ville de Tlemcen, sur un grand massif étiré de l'Est en Ouest (CWFT,2012). Géographiquement, cette forêt appartient à la commune de Terny. Elle est limitée (Fig.11) :

- Au Nord-Ouest : par le village de Zelboun et Ain Douz ;
- Au Nord-Est : la forêt de Zarieffet ;
- A l'Est : la route nationale menant vers Tlemcen et la commune de Beni Mester ;

- A l'Ouest : la commune de Beni Bahdel ;
- Au Sud-ouest : la forêt de Moutas.

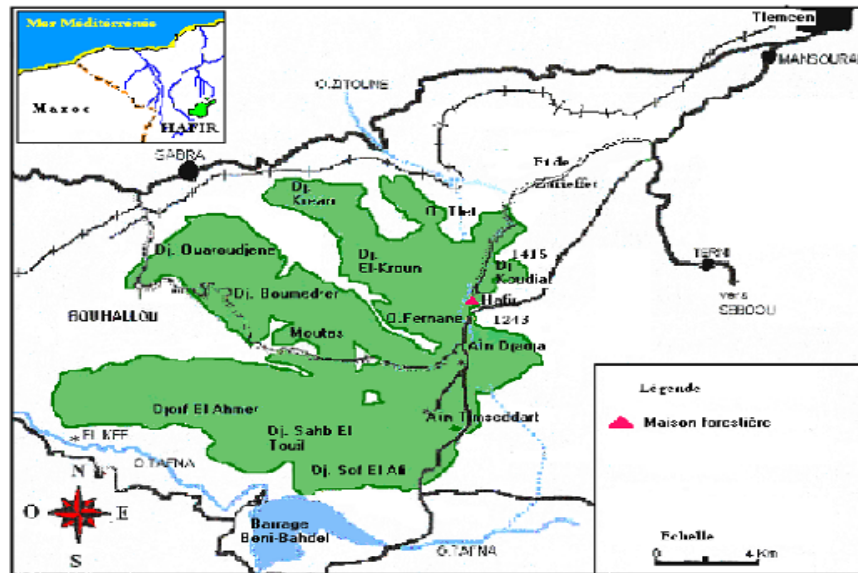


Figure 11: Localisation de la forêt domaniale de Hafir

II.1.2.2-Forêt domaniale de Zariffet :

Cette sueberaie se localise à 5 km du sud-ouest de la ville de Tlemcen. Elle détient une superficie de 926 ha répartie sur 4 cantons (CWFT,2012). C'est une forme contigue vers l'Est de la forêt de Hafir. Administrativement, elle est limitée par (Fig.12) :

- Les communes de Mansourah et Beni Mester, à Nord
- Djebel Moudjet et la localité d'Ain Douz à l'Est,
- Ain El Mardjene et la forêt domaniale de Hafir A l'Ouest,
- la commune de Terny et Dar Dis Au Sud .

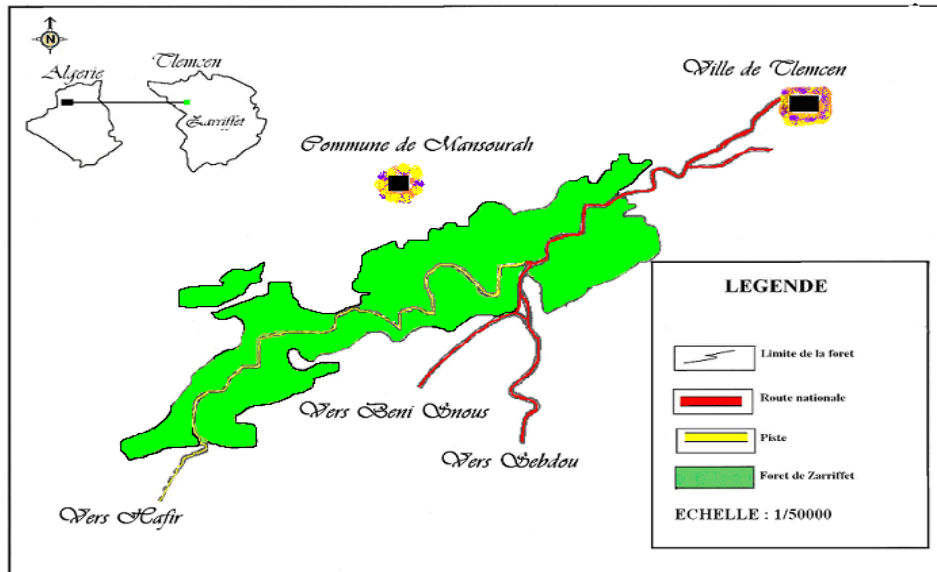


Figure 12: Localisation de la forêt domaniale de Zariéffet

II.1.2.3 – Cadre physique

II.1.2.3.1-Orographie

Le massif forestier Hafir –Zariéffet est parsemé par un relief très accidenté avec des altitudes qui varient de entre 1 000 et 1400 m ce qui a donné naissance à des oueds et à des vallées microclimats typique à l'intérieur du massif. Les classes de pentes rencontré dans ale massif sont illustrés dans le tableau 3 :

Tableau 3: Classes de pentes rencontrées à Zariéffet-Hafir

Classe de pente (%)	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
0-3	6,60	10
3-12,5	160,5	24,92
12,5-25	22,53	22,53
25-50	205,30	31,10
>50	6,20	09,40

II.1.2.3.2 – Géologie et pédologie

La géologie des monts de Tlemcen a été étudiée par de nombreux auteurs (Thintoin, 1948 ; Bricheteau, 1954 ; Sauvagnac, 1956 ; Elmi, 1970 ; Gaouar, 1980 ; Benest, 1985) est évoquée aussi dans les archives forestières (A,E,F,C,O, 1883-1912 et C.O.I.T., 1900) dont nous résumons le contenu :

Ces monts se sont formés à partir de plusieurs types de roches mères d'âges différents mais dont la majeure partie c'est du jurassique supérieur à plissement tertiaire. Les grès séquaniens, les calcaires de Zarieffet (qui correspondent aux calcaires bleus à «géodes» de Doumergue), les dolomies du Kimméridgien (de couleur grise et très compactes) et du Portlandien et des marnes en affleurements éparses.

Les assises géologiques sont constituées essentiellement, dans la partie Nord-Ouest du massif Hafir-Zarieffet, par des grès séquaniens ou poudingues (grès de Boumediene ou Lutasicas) qui se présentent en bancs puissants, et sont de couleur blanche roussâtre ou grise, plus ferrugineux en surface et dépourvus de calcaire.

Au Sud-ouest, dominant par contre des affleurements calcaires qui enveloppent souvent la formation de grès sur 320 cm d'épaisseur environ, Les peuplements du chêne liège reposent sur des formations gréseuses, des sables de décomposition ou des accumulations de produits de décalcification (Fig.13).

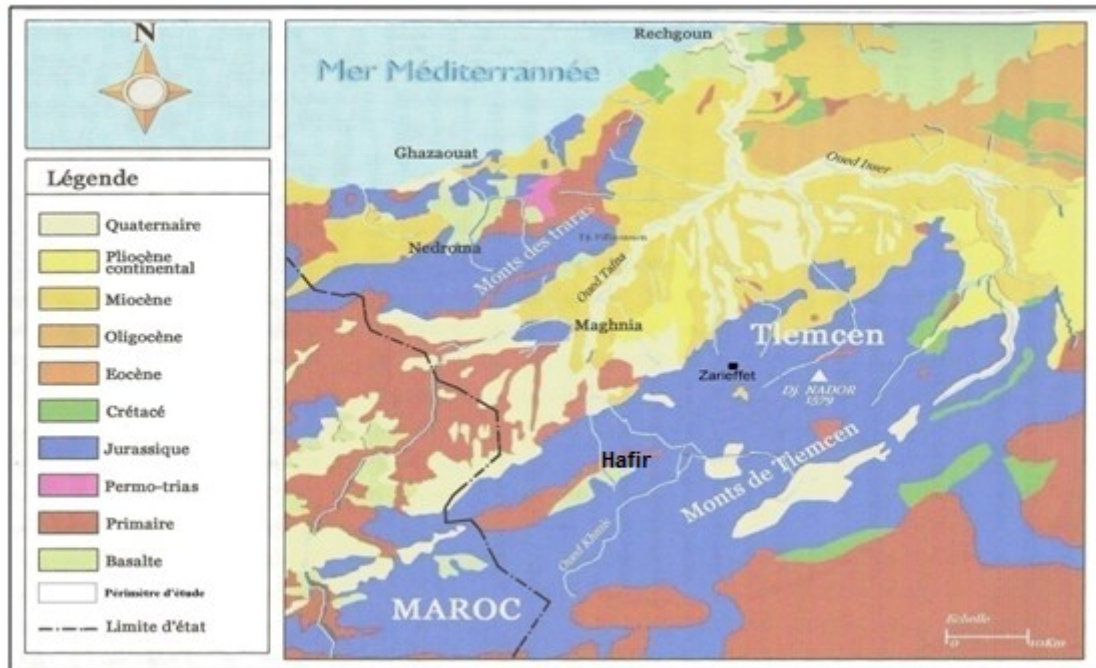


Figure 13: Position géologique du massif forestier Hafir-Zarieffet

Les sols sont humides, assez profond à profonds et meubles par endroit, superficiels, très sec et rocailleux ou rocheux sur les crêtes. Du point de vue pédologique on distingue les sols suivants (Gaouar,1980) :

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

II.1.2.3.3- Hydrographie

Notre massif forestier est caractérisé par un réseau hydrographique important constitué par des oueds de régime temporaire à sec en été, tels que Oued Tlet, Oued Fernane et Oued Zariéffet, etc...

Dans le passé, Il existait ainsi en forêts ou sur les lisières plus de 50 sources au débit assez régulier, variant de 30 à 50 litres par minutes (Ain Zariéffet, etc...) (A.E.F.C.O., 1883-1912). Elmi (1970), cite que la partie sud de la région de Hafir est traversée par un seul Oued appelé « Oued Boumeroune » ; qui afflue de l'Est vers l'Ouest, son écoulement correspond au bassin de Tafna.

II.2.Le climat

Le climat est l'élément le plus important dans la caractérisation de la productivité forestière. Il joue un rôle principal dans le développement des végétaux et de leur distribution.

Pour décrire le climat des deux forêts, nous avons utilisé des données anciennes qui proviennent principalement de (Seltzer , 1946) et des données relativement récentes par le biais des services hydrauliques de la wilaya (Barrage El Mefrouch). Ces données s'étalent sur deux périodes assez longues l'une ancienne de 24 ans (1914-1938) et l'autre récente de 37 ans (1975- 2012).

II.2.1-Données climatiques

II.2.1.1-Précipitations

L'un des points défailants du climat du Tell Oranais, sa pluviométrie irrégulière durant l'année : abondantes en automne et en hiver et parfois ou non au printemps et presque nulles en été (Aubert & Monjauze, 1946), Les quantités des pluies varient cependant suivant la disposition topographique de la forêt, son altitude et sa localisation géographique,

Le massif forestier Hafir -Zarieffet a reçu durant la période 1914 -1938 une moyenne pluviométrique de l'ordre de 728,1mm/an, tandis que pour la période 1975- 2012, la moyenne pluviométrique est de l'ordre de 592,17mm/an.

II.2.1.1.1-Répartition annuelle des précipitations

La répartition annuelle de la pluviométrie enregistrée dans les deux forêts durant la période de référence 1962 à 2013 est représentée dans la figure 14.

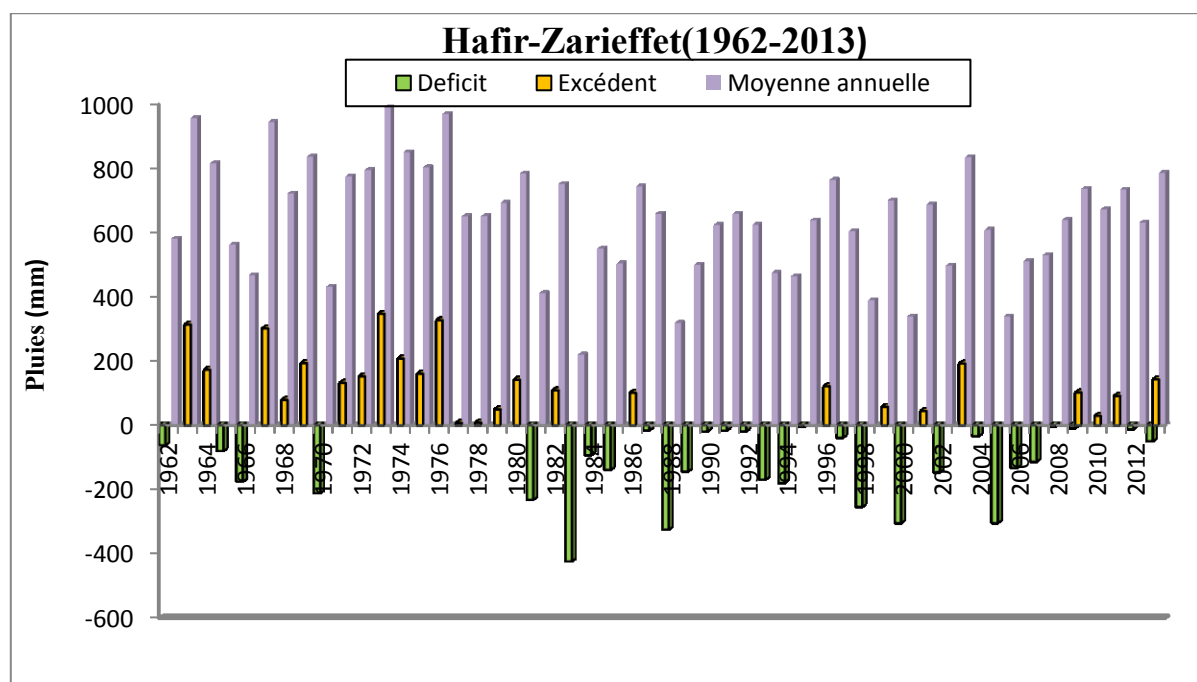


Figure 14: Répartition annuelle de la pluviométrie dans les deux forêts Zarieffet/ Hafir (1962-2013)

L'examen de la figure 14, montre une variabilité interannuelle de distribution des précipitations dans les deux forêts. Cette variabilité tourne autour un coefficient de variation de 27,34 %

Dans les deux forêts, nous distinguons trois types de saisons dont chacune est traduite par une situation pluviométrique particulière :

- **L'année favorable** est caractérisée par une pluviométrie annuelle supérieure à 600mm (tranche utile par le chêne liège). Cette saison est majoritaire et apparait sur 25 événements mais d'une façon assez irrégulière et discontinue dans le temps soit un excédent moyen de 143,59 mm. La période allant de 1971 à 1980, décrit une décennie très favorable au chêne liège soit une moyenne de 785,1 mm,

- **L'année défavorable** est caractérisée par une tranche pluviométrique plutôt inférieure à 400mm soit un déficit moyen de - 127,69 mm sur 29 événements, ce qui ne correspond pas à celle demandée par l'essence. Cette saison apparait très marquée dans les deux forêts que sur 6 événements déficitaires : 1970 (-211,15mm), 1981(-231,55 mm) ; 1983(-423,30mm) ; 1998 (-253,40mm) ; 2000(-304,50mm) ; 2005 (-303,90mm).

- **L'année intermédiaire** analogue à une situation intermédiaire entre les deux saisons précédentes. Elle est caractérisée par une pluviométrie annuelle allant de 400 à 600mm, quantité minimale réclamée par l'essence. Cette saison apparait en 12 événements. Elle dure une année ou deux et fréquemment enregistrée dans les années 80.

II.2.1.1.2-Répartition mensuelle moyenne des précipitations :

La répartition de la pluviométrie mensuelle est mentionnée dans le tableau 4 durant les périodes de référence.

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

Hafir/Zarieffet	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Total
1914-1938	92,1	103,5	99,1	69,15	64,25	24,85	3,1	4,8	27,8	54,85	94,1	90,5	728,1
1975-2012	73	78,61	84,85	66,25	55,46	17,18	4,5	5,98	23,7	42,75	70,59	69,37	592,2

Dans les deux forêts, nous constatons que pour les deux périodes, la répartition mensuelle des précipitations est caractérisée par une grande variabilité durant les douze mois de l'année, La période marquée de sécheresse reste bien définie dans le temps, elle se raréfie entre Juin, Juillet et Août (Fig.15).

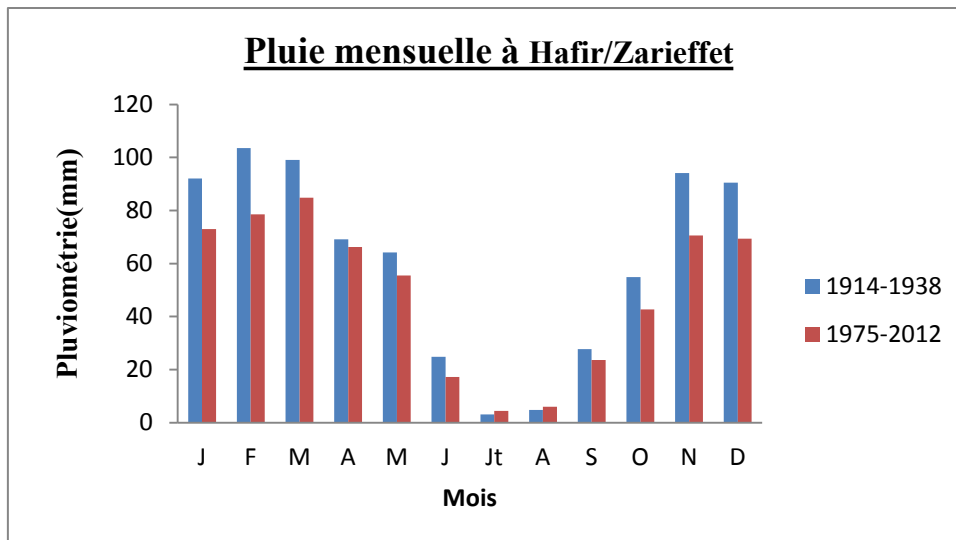


Figure 15: Répartition des précipitations moyennes mensuelles pour les deux périodes

II.2.1.1.3- Régime saisonnier des précipitations :

Pour faciliter le traitement des données climatiques, un découpage en saisons de la pluviosité annuelle est indispensable. Musset (1935) a défini le premier la notion du régime saisonnier.

En 1977, Daget a défini l'été sous le climat méditerranéen comme la saison la plus chaude et la moins arrosée. La distribution saisonnière des pluies dans les deux forêts diffère d'une saison à l'autre (Fig.16).

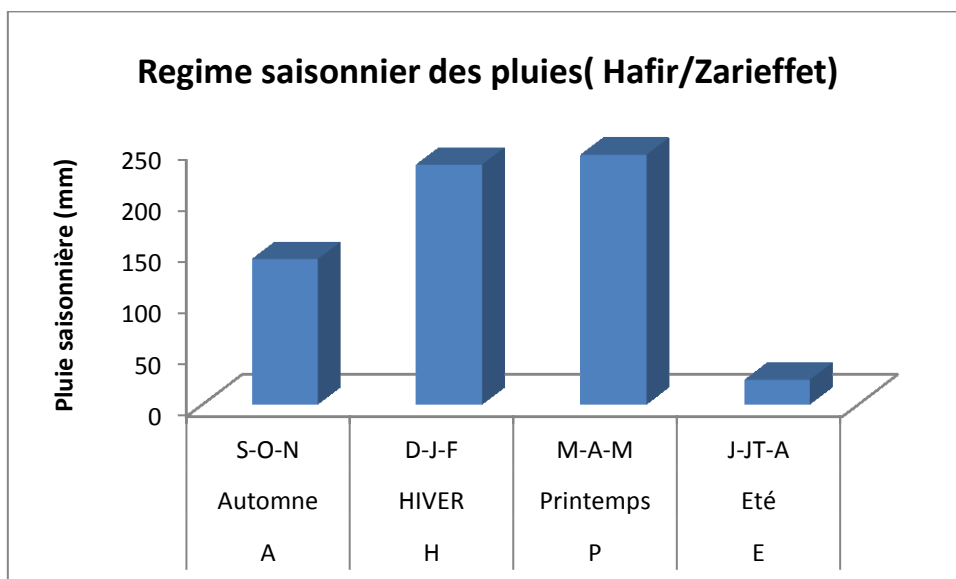


Figure 16: Répartition saisonnière des précipitations dans les deux forêts Hafir-Zarieffet

D'une manière générale, les précipitations sont réparties inégalement durant les saisons, comme nous montre la figure 16, les précipitations les plus importantes sont celles qui

Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
1914-1938	1,9	2,6	3,8	5,8	9,4	13	18,4	18,7	14,7	10,1	5,7	2,4	8,875
1975-2012	1,95	2,98	3,96	4,9	8,219	12,35	16,8	18,1	14,88	10,06	5,069	3,613	8,567

tombent au printemps, par rapport à celles de l'automne, et en hiver bien que ces deux dernières constituent un apport non négligeable. Le climat est de type PHAE. Cette répartition des pluies permet au chêne liège d'acquérir une activité biologique optimale et procure à l'arbre les réserves hydriques dans le sol, très défailante durant la saison estivale.

II.3-Les facteurs thermiques : (Températures)

La température est un facteur de croissance obligatoire chez l'ensemble des végétaux. Elle intervient dans les tous les processus biologiques. Son excès maximale et minimale conduit à la mortalité des espèces. De ce fait chaque individu s'adapte à un seuil de température spécifique à son organisme.

II.3.1-Moyenne des minimas du mois le plus froid « m »

Le tableau 5 et la figure 17 illustrent la répartition des températures moyennes minimales du massif pendant les deux périodes.

Tableau 5 : Valeurs thermiques mensuelles minimales dans les deux forêts en (°C)

Le tableau 5 montre qu'il y a une certaine variation de température minimale moyenne entre les deux périodes, le mois de janvier reste le mois le plus froid avec 1,9°C durant la période 1913-1938, elle augmente jusqu'à 1,95°C pour la nouvelle période 1975-2012 (Fig.17).

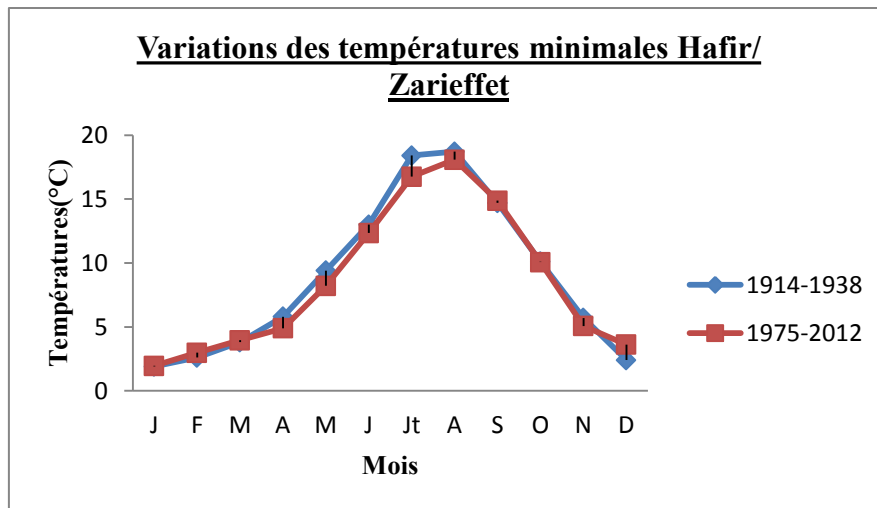


Figure 17: Variations des températures mensuelles minimales

II.3.2- Moyenne des maximas du mois le plus chaud « M »

Le tableau 6 et la figure 18 regroupent les différentes températures maximales enregistrées dans les deux forêts pendant les deux périodes,

Tableau 6: Valeurs thermiques moyennes maximales (°C) enregistrées dans les deux forêts.

Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moy
1914-1938	9,9	11,5	13,8	16,7	20,9	26,3	32,4	32,9	27,4	21,8	14,5	11,2	19,942
1975-2012	12,005	14,41	16,94	19,11	23,71	28,13	32,73	31,29	27,75	23,03	15,73	12,258	21,424

Il ressort du tableau que le mois le plus chaud est observé en Aout pour la période (1914-1938) et pour la période (1975-2012) en juillet, On remarque une augmentation de 1,48 °C pendant la nouvelle période (Fig.18).

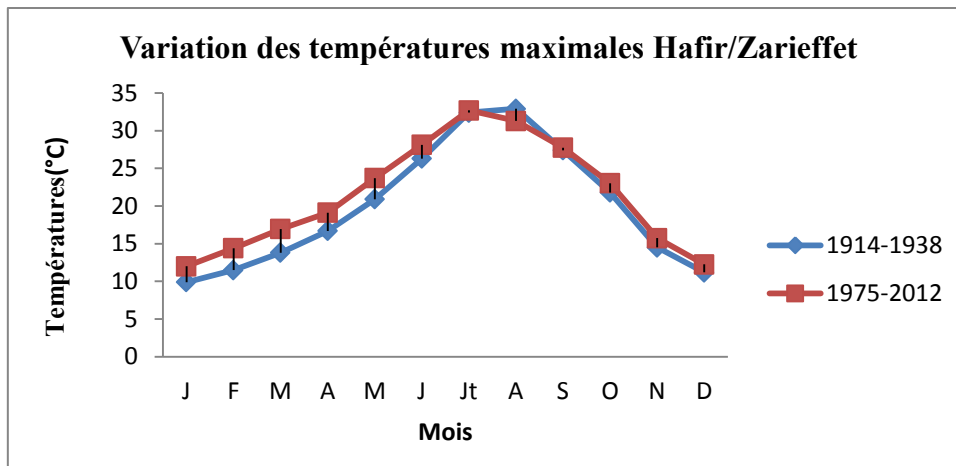


Figure 18: Variations des températures mensuelles maximales dans les deux forêts

D'après la figure 18, nous remarquons que le mois d'Août de l'ancienne période reste le plus chaud avec 32,9°C tandis que le mois de Juillet demeure ainsi (32,73°C).

II.3.3- Températures moyennes mensuelles et annuelles (T°C)

Les températures moyennes mensuelles et annuelles sont reportées dans le tableau 7 et la figure 19.

Tableau 7: Températures moyennes mensuelles et annuelles en (°C) des deux forêts

Période	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	moy
1914-1938	5,9	7,05	8,8	11,25	15,2	19,65	25,4	25,8	21,05	15,95	10,1	6,8	14,40
1975-2012	6,97	8,69	10,45	12,00	16	20,24	24,73	24,68	21,31	16,549	10,4	7,93	14,99

D'après le tableau 7, nous observons que les températures moyennes annuelles sont de l'ordre de 14,40°C (1914-1938) contre 14,99 °C de (1975-2012). Le mois de janvier reste en général le mois le plus froid pour les deux périodes (5,9 et 6,97°C). Les mois les plus chauds sont notés en Aout et juillet avec (25,8 et 24,73°C) (Fig.19).

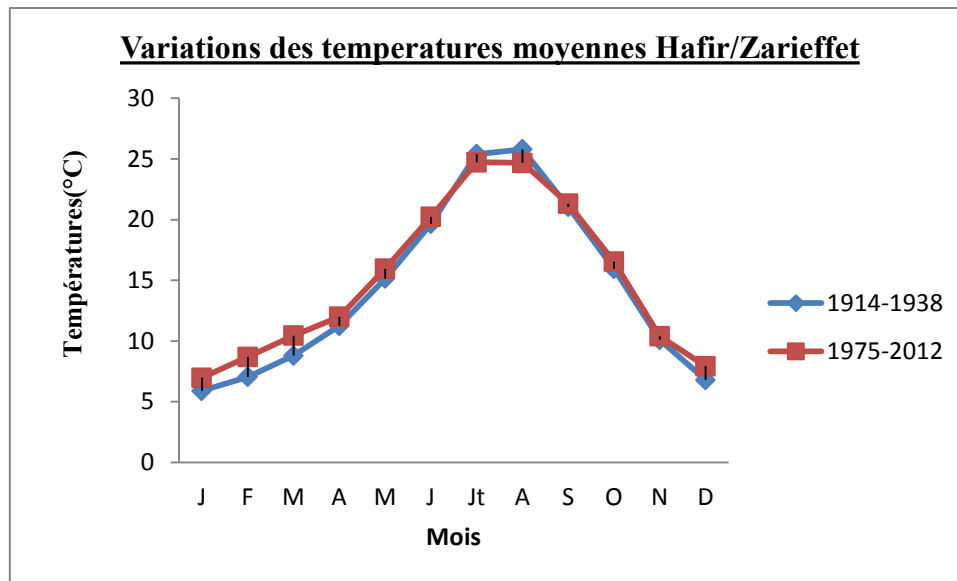


Figure 19: Variations des températures moyennes mensuelles dans les deux forêts

II.4-Autres facteurs climatiques

Le vent : En hiver, c'est du côté Ouest et du Nord-Ouest que le massif forestier de Zarieffet-Hafir, reçoit les vents humides et frais. Durant l'été, le siroco fait irruption du sud, c'est un vent très sec et très chaud qui déclenche les incendies. Il ramène des tonnes de poussière de sables fins. En revanche il crée une ambiance désertique conduisant à la modification des conditions hygrométriques de l'air.

L'humidité : Dans notre zone d'étude l'humidité atmosphérique est assez importante et peut atteindre 70 % en moyenne (Saimi, 2004).

La neige : Jadis, sur les altitudes du massif forestier Hafir –Zarieffet, l'enneigement persistait jusqu'à 25 jours par an avec une épaisseur cumulée de l'ordre de 1,5 mètre (Seltzer, 1946). Actuellement, il ne dépasse pas une semaine.

La gelée : La région d'étude, est réputée de ces gelées blanches glaciales qui sont plus fréquentes durant l'hiver (Novembre à Février).

II.5-Synthèse climatique

Afin de rendre les données climatiques plus significatives et plus pratiques, de nombreux auteurs tels que Bagnouls et Gaussen (1953), Emberger, (1955) et autres, ont

proposé l'utilisation des indices climatiques en servant en particulier données de températures et de précipitations.

II.5.1- Amplitude thermique extrême moyenne ou indice de continentalité :

l'indice de continentalité d'une région donnée s'exprime par l'amplitude thermique extrême moyenne (M-m). C'est en fonction des limites de (M-m) que Debrach (1953) s'est basé pour proposer une classification thermique des climats (Tab.8):

Tableau 8 : Classification des climats selon l'indice de continentalité

Type du climat	M-m (°C)
Climat insulaire	$M - m < 15$
Climat Littoral	$15 < M - m < 25$
Climat semi continental	$25 < M - m < 35$
Climat continental	$M - m > 35$

Le type du climat du massif forestier Hafir –Zarieffet est mentionné dans le tableau 9.

Tableau 9 : Indice de continentalité de la forêt Hafir/ Zarieffet.

Forêt	Période	M°C	m°C	M-m °C	Type de climat
Hafir-Zarieffet	1914- 1938	32,9	1,9	31,0	Semi-continental
	1975- 2012	32,73	1,95	30,78	Semi-continental

D'après les résultats du tableau 9, nous constatons que les deux forêts jouissent d'un climat méditerranéen semi continental favorable à la formation du gel hivernale.

II.5.2- Indice de sécheresse estivale

Cet indice définit 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 de (Emberger, 1942) (Tab.10) :

$$I_e = P.E/M$$

Tableau 10 : Indice de sécheresse estivale des deux forêts.

Forêt	Période	Pluviosité estivale « mm »	M°C	I _e
Hafir/Zarieffet	1914- 1938	32,75	32,9	0,99
	1975- 2012	23,83	32,73	0,73

Il ressort de ce tableau 10 que l'indice de sécheresse est très inférieur à 5. Ceci inclue les deux forêts au climat méditerranéen mais à sécheresse bien avancée.

II.5.3- Indice de MARTONNE

De Martonne (1927) a défini un indice d'aridité utile pour évaluer l'intensité de la sécheresse exprimée par la relation suivante :

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

P : Pluviométrie moyenne annuelle (mm),

T : Température moyenne annuelle (°C),

Cet indice permet d'étudier spécialement les rapports du climat avec la végétation forestière et de positionner la station d'étude dans un climat précis (Tab.11).

Tableau 11 : Indice de De Martonne du massif forestier Hafir/ Zarieffet.

Forêt	Période	I (mm/°C)	Type de Climat
Hafir- Zarieffet	1914- 1938	29,82	Sub-humide
	1975- 2012	23,63	Sub-humide

Pour les deux périodes le climat est resté de type sub-humide avec des écoulements temporaires.

II.5.4-Etage de végétation ou zonation altitudinale:

Les étages de végétation auxquels appartient le chêne liège est mentionné dans le tableau 12 selon trois variables : les gradients thermiques T (°C), m (°C) et l'altitude (m) (Tab.12).

Tableau 12 : Etage de végétation du chêne liège dans les deux forêts Hafir/Zarieffet

Période	T (°C)	m (°C)	Altitude moyenne (m)	Etage de végétation
1914- 1938	14,40	1,9	1133	Mésoméditerranéen
1975- 2012	14,99	1,95	1133	

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

II.5.5-Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen :

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

La sécheresse se manifeste alors lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous de cette dernière (Fig.20),

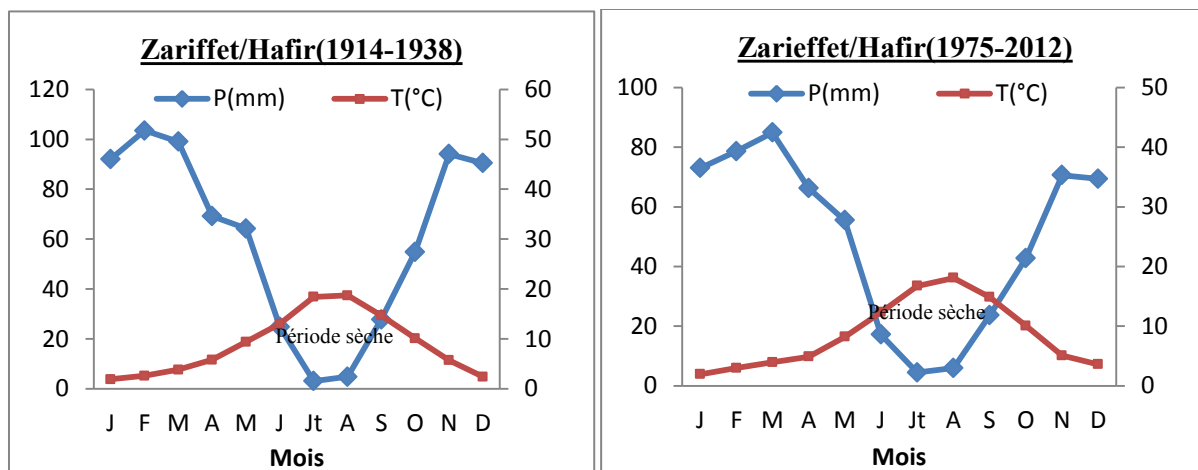


Figure 20: Diagrammes Ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) des deux forêts

La figure 20 démontre que la saison sèche est bien marquée durant la nouvelle période et s'étale de juin à septembre.

II.5.6- Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger :

Pour définir l'étage bioclimatique d'une région donnée, Emberger (1939) a établi un diagramme bidimensionnel dans lequel la valeur du « Quotient pluviothermique » est reportée en ordonnée et la moyenne du mois le plus froid « m » de l'année en abscisse,

Le report du quotient sur de tel diagramme a été selon la formule suivante :

$$Q2 = 2000 P / M2 - m 2$$

P : moyenne des précipitations annuelles (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud ($^{\circ}K = ^{\circ}C + 273,2$)

m : moyenne des minimas du mois le plus froid ($^{\circ}K = ^{\circ}C + 273,2$),

A partir du calcul de ce quotient (Tab.13) nous avons pu localiser nos deux forêts dans l'état bioclimatique correspondant (Fig.21),

Tableau 13: Valeurs du « Q2 » et étages bioclimatiques des deux forêts

Période	P mm	M (°C)	m (°C)	Q2	Etage bioclimatique	Variante thermique
1914-1938	728,1	32,9	1,9	80,82	Sub- humide supérieur	Frais
1975-2012	592,17	32,73	1,95	66,21	Sub- humide inférieur	Frais

D’après le tableau 13, nous constatons que le massif forestier Hafir-Zariffet est actuellement dans l’étage bioclimatique sub-humide inférieur à hiver tempéré. Par contre, durant l’ancienne période, cette zone apparaît dans le même étage bioclimatique mais avec un hiver frais et une humidité plus supérieure (Fig.21).

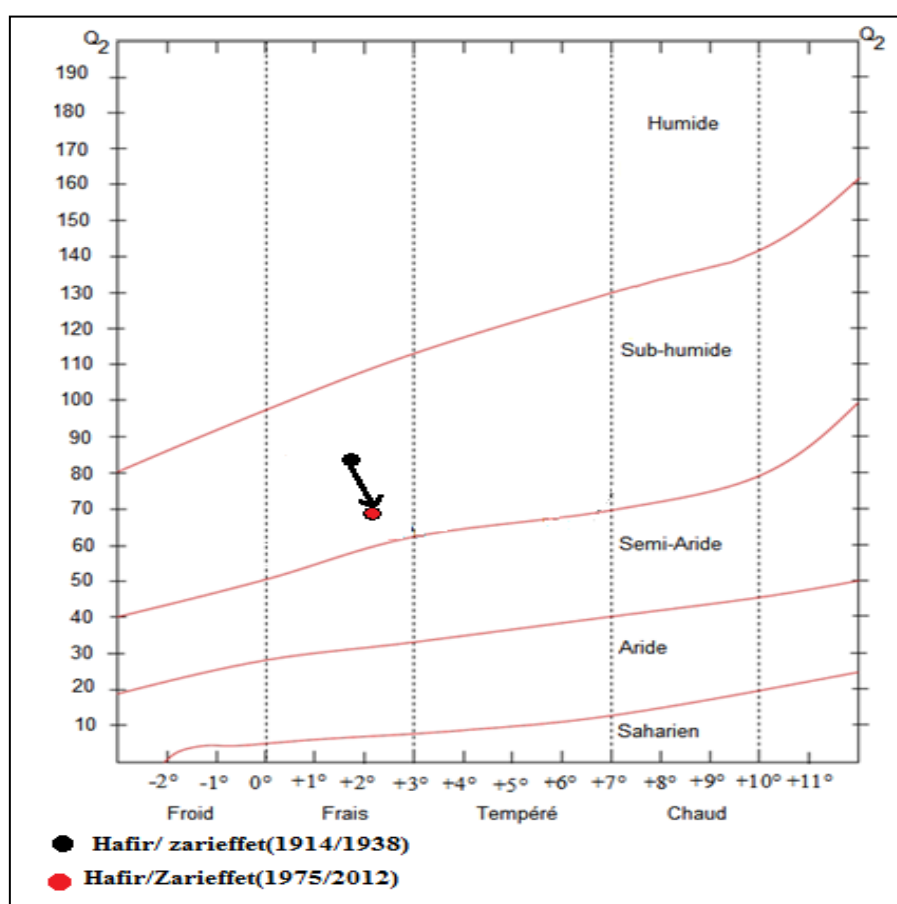


Figure 21: Quotient pluviothermique et climagramme d’Emberger au cours des deux périodes de références

II.6- Description forestière

Les peuplements sont actuellement en état de dégradation très avancé suite plusieurs paramètres d'ordre naturelle (sécheresse prolongée et déperissement) et d'ordre anthropozoïque (incendies répétés et surpâturage).

A Hafir, les peuplements de chêne-liège couvaient auparavant une superficie de l'ordre de 3500 ha (Boudy, 1955) à 4 000 ha (Thintoin, 1946 ; Sauvagnac, 1956). Ils sont localisés dans de nombreux cantons.

- Maison forestière Hafir 188 ha
- Tidjit 264 ha
- Kream 22 ha
- Oued Tlet 414 ha
- Tibrouine 120 ha
- El Kroun 146 ha
- Tasta 430 ha
- Bled Aini 36 ha

La forêt de Zariéffet abritait initialement une superficie totale d'environ 990 ha dont près de la moitié (453 ha) était occupée par les essences principales (chêne-vert et chêne-liège) et le reste par des broussailles d'essences secondaires (246 ha) et les vides (291 ha) (A.E.F.C.O., 1914). Elle comporte les cantons suivants : Zariéffet (535 ha), Fernana (58 ha), Guendouza (63 ha), et Aïn Merdjen (306 ha) (C.F.W.T., 1996).

Le cortège floristique est composé de: *Phillyrea angustifolia*, *Calycotome intermedia*, *Olea europea*, *Arbutus unedo*, *Erica arborea*, *Cistus ladaniferus*, *Cystisus triflorus*, *Cistus salvifolius*, *Lavandula stoechas* et *Asphodelus microcarpus* (PNT, 2015).

La Faunes est très variée soit 123 espèces dont 19 espèces de mammifères (10 protégées) : chacal, chardonnet, hérisson ; chat forestier, lapin de garaine , sanglier. On cite la présence de 4 espèces d'aigle et de vautours (PNT, 2015).

II.7 - Production subericole

Depuis jadis, le liège du massif forestier Hafir–Zarieffet est considéré comme le meilleur liège de l’Algérie et de la méditerranée (Lamey,1893 ; Saccardy,1937). Il représente le 2/5 de la production locale. Selon (Boudy, 1955), la production a atteint 20 000 qx entre 1939 et 1951 alors que le liège mâle représentait 1/3 seulement du total (6 300 qx).

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

Dans la suberaie de Zarieffet, on a extrait de 1897 et 1996, un volume total de liège de reproduction de l’ordre de 28300 Qx (Dehane, 2006). Les meilleures production sont archivés durant la période de la seconde guerre mondiale et la guerre de la libération nationale: 1954 Qx en 1948 et 42 Qx en 1950. Le reste de la production (2767 Qx) est reparti entre le liège mâle (2020 Qx), le liège de rebut (747Qx) et le liège flambé (48 Qx)(Dehane, 2012).

La figure 22 illustre la production du liège tout venant depuis 1995 à 2016.

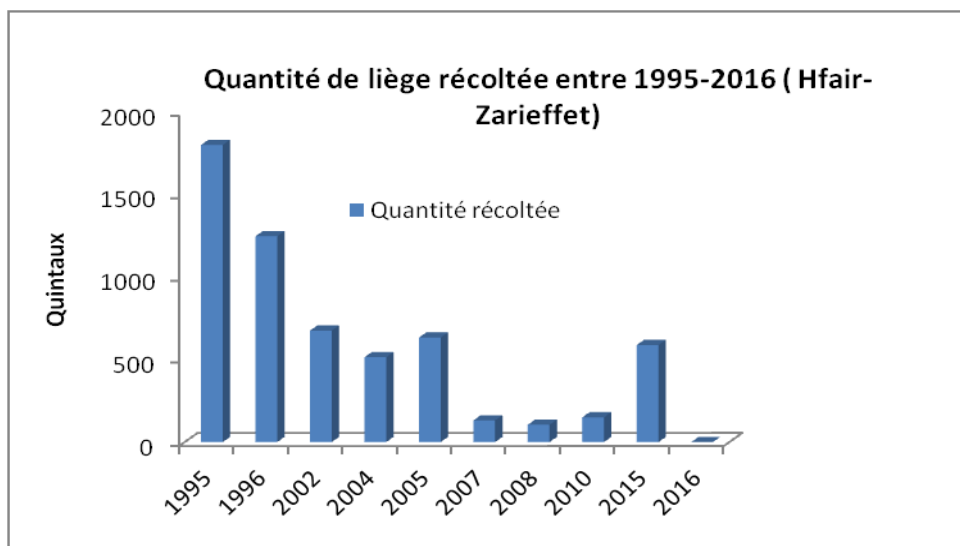


Figure 22: Quantité de liège produite entre 1995-2016 à Hafir-Zarieffet (CFWT,2017)

II.8- Incendies

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

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

Tableau 14 : Historique des incendies dans la forêt de Hafir et Zarieffet

Années	forêt ou Lieu dit	Date et heure de déclaration	Superficie incendiée (Ha)	Essences
2000	FD Hafir	19/08/2000 à 15h00	1,5	Maquis
2001	FD Zarieffet	25/08/2000 à 11h00	03	Maquis
2001	FD Hafir	28/07/2001à 18h00	03	maquis de chêne vert
2007	FD Zarieffet	01/09/2007 à 19 h	55	20 chêne liège 35 Maquis
2008	FD Zarieffet	23/06/2008 à 14 h	2	maquis dégradé de chêne vert
2011	FD Zarieffet	28/07/2011 à 15 h	75	20 ha : Forêts - 30 ha : Maquis - 25 ha Broussailles
2011	FD Zarieffet	31/07/2011 à 13 h 30	05	Broussailles
2014	FD Hafir	17/08/2014 à 13h55	05	03 ha Maquis dégradé de chêne vert - 02 ha Pin d'alep et Eucalyptus
2014	FD Hafir	31/08/2015 à 14h00	05	02 ha : Chêne Lièges - 03 ha : Broussailles
2015	FD Hafir	22/09/2015 à 18h20	05	1 ha: jeune reboisement -1 ha: Broussailles (Cne Béni Mester)-3 ha : Broussailles (Cne Sabra)
2015	FD Zarieffet	26/09/2015 à 12h05	02	Chêne liège et quelques broussailles
2015	FD Zarieffet	03/10/2015 à 14h40	01	Chêne Liège
2016	FD Zarieffet	24/10/2016 à 16h00	80	25 ha : Maquis de chêne vert-30 ha : Chêne liège-20 ha : Rebois,de Chêne liège-05 ha : Broussailles

Chapitre III :

Matériels et méthodes

III .1.1- Problématique

Le chêne liège (*Quercus suber* L.) à l'égard des autres chênes (chêne vert, chêne zeen) 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 de l'arbre apparaît dégradé et vrai dans le cas contraire. Notre travail, mené sur deux entités forestières connues des monts de Tlemcen tend à élucider ce paradoxe : taux de carbonisation du liège, résilience de l'essence après incendie ».

III .1.2- Choix des forêts et échantillonnage

Notre choix s'est penché sur le massif forestier Zarieffet-Hafir, 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, le massif forestier Zarieffet-Hafir n'arrive plus à reconstituer son ombrage dense et verdoyant de jadis (Fig.23).

La matorralisation à caractère dégradé domine particulièrement à Zarieffet. La densité des arbres s'est réduite d'une manière, elle est passée de plus de 300 pieds/ha durant les années 1950 à moins de 100tiges/ha actuellement (Boudy, 1955 ; Dehane, 2012).

L'échantillonnage adopté est lié essentiellement à trois critères :

- 1- L'ancienneté de l'incendie.
- 2- La présence des sujets rescapés colportant un liège mâle et de reproduction.
- 3- La présence du liège doublé sur les sujets morts.

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

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.

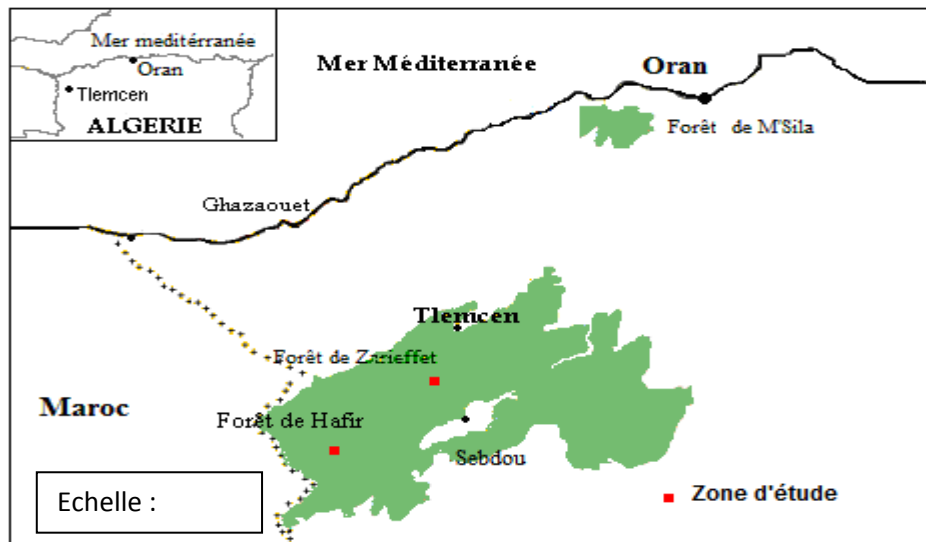


Figure 23: Localisation de la zone d'étude dans le massif forestier Zariéffet-Hafir

Pour évaluer la relation « taux de carbonisation du liège- pérennité de l'arbre », nous avons recours à un échantillonnage aléatoire en enlevant les échantillons carbonisés du liège mâle et de reproduction dans les peuplements portant les traces d'incendie.

Globalement nous avons échantillonné 137 chênes liège dont 69 arbres à Zariéffet et 68 autres à Hafir.

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.
- Scie à batterie.
- Marteau+ burrel.
- Tourne vis à tête plate.
- Sachets en plastique.

III.2.1-Extraction des échantillons

Cette opération si délicate à cause de l'intensité du sous bois et de la déclivité du terrain, a été rendu possible par l'utilisation de la scie à liège. Cet instrument nous a permis de gagner un temps considérable et en même temps nous a facilité la découpe rectiligne des échantillons directement sur le tronc des arbres. Un marteau et une burrel sont gardés en rescousse en cas de la chute de la charge de la batterie de la scie.

Pour ce faire, des cubes de 5cmx 5cm x l'épaisseur sont tracé au préalable sur le tronc (à 1,30m de hauteur) à la craie puis contournés rapidement à la profondeur de la coupe par la scie, en prenant soin de ne pas toucher la mère du liège. Une fois la découpe achevée, l'échantillon est écarté du tronc au moyen d'une tourne vis puis étiqueté selon le rang accordé à l'arbre échantillon et par la suite emballée dans un sachet en plastique (Pl.7).



Planche 7 : Technique d'échantillonnage appliquée sur les arbres échantillons (Original)

III.2.2- Mesures sur les arbres-échantillons

Sur chaque arbre, nous avons relevé les variables suivantes : La circonférence à 1,30 m du sol, la hauteur de l'arbre, la hauteur du dernier démasclage, l'épaisseur totale du liège (mesurée sur les deux faces), la présence des rejets de souche, l'état du houppier, l'état sanitaire de l'arbre et l'intensité des dégâts (Pl.8).



Planche 8 : Mesures effectuées sur les arbres-échantillons (mesure de diamètre et épaisseur du liège) (Original)

Les paramètres pris en considération sont consignés dans le tableau 15.

Tableau 15: Principales classes de relevés dendrométriques et d'exploitation des arbres des échantillons

Type de relevé	Description	Classe
Dendrométrie	Classes de diamètre Diamètre sous écorce= $C/3,14 - (2*3,14*e)$ C= Circonférence sur écorce	C1 : $7,5 \text{ cm} < \emptyset < 17,5 \text{ cm}$ (perches) C2 : $17,5 \text{ cm} < \emptyset < 27,5 \text{ cm}$ (petit bois) C3 : $27,5 \text{ cm} < \emptyset < 42,5 \text{ cm}$ (bois moyen) C4 : $42,5 \text{ cm} < \emptyset < 62,5 \text{ cm}$ (gros bois) C5 : $\emptyset > 62,5 \text{ cm}$ (très gros bois)
	Classe des hauteurs d'arbres	C1 : $H > 3 \text{ m}$ C2 : $3 < H < 5 \text{ m}$ C3 : $5 < H < 7 \text{ m}$ C4 : $7 < H < 9 \text{ m}$ C5 : $H > 9 \text{ m}$
D'exploitation	Classe d'hauteur d'écorçage	C1: $H_{\text{eco}} < 1,5 \text{ m}$ C2 : $1,5 \text{ m} < H_{\text{eco}} < 2,5 \text{ m}$ C3 : $2,5 \text{ m} < H_{\text{écor}} < 3,5 \text{ m}$ C4 : $H_{\text{ecor}} > 3,5 \text{ m}$
	Epaisseur du liège	C1: ép $< 10 \text{ mm}$ (faible) C2: $10 \text{ mm} < \text{ép} < 20 \text{ mm}$ (mince) C3: $20 \text{ mm} < \text{ép} < 30 \text{ mm}$ (juste) C4: ép $> 30 \text{ mm}$ (épais)

III.2.3-Organisation des mesures

Les mesures prises sur les arbres échantillons ont été réparties sur une base de données incluant l'organisation suivante :

1- Parcelle de Hafir et de Zarieffet

2-Par type d'arbres, nous désignons :

- les arbres non mis en valeurs porteurs du liège mâle.
- Les arbres en production porteurs du liège de reproduction.

3-Par catégorie d'arbres, nous citons les trois cas de vigueur que les sujets ont héritée après le passage de l'incendie de 2005 dans les parcelles :

- Les arbres récupérables
- Les arbres irrécupérables
- Les arbres morts sur pied.

4 – Selon le déficit foliaire, certaines observations qualitatives sont effectuées par simple observation visuelle selon des notations bien définies. Ce critère repose sur le principe de l'appréciation depuis le sol d'un manque de surface foliaire par rapport à l'arbre de référence qui est à 0 % de déficit (.Bouvarel, 1984 ; Landman, 1994).

5- Etat du houppier, lors de la notation de la cime d'un arbre, On décrit aussi l'aspect du houppier en attribuant une note d'intensité qualitative comprise entre 1 et 4. Chaque fois que le squelette de l'arbre est visible le houppier est dégradé.

6-Etat du tronc, on note mesure la taille et la profondeur des cavités et des blessures sur le tronc. on attribue une note de 1 à 4.

Les mesures quantitatives et qualitatives évoquant l'aspect des cimes et les diverses dégradations aperçues sur le fût des sujets rescapés sont mentionnées dans le tableau 16 selon le type et la catégorie des arbres

:

Tableau 16: Déficients descripteurs utilisés pour quantifier la pérennité des arbres après incendies

Historique	<p align="center">Après 10 à 12 ans du dernier incendie Hafir : 2005-2017 Zarieffet : 2005-2017</p>		
Type	<p align="center">Arbre non démasclé (liège mâle) Arbre démasclé (liège de reproduction)</p>		
Catégorie	<p align="center">Arbre récupérable 1</p>	<p align="center">Arbre irrécupérable 2</p>	<p align="center">Arbre mort sur pied (tige principale) 3</p>
Descriptif	<p>-Houppier verdoyant. -Rameaux et branches totalement remplies de feuilles. -Pas de rejets aériens ni de rejets de souche. - Pas de cavités sur le tronc</p>	<p>- Houppier partiellement desséché. - Houppier partiellement verdoyant - Plusieurs rameaux et branches sans feuilles. - -Rejets au pied / sur tronc et sur branches/ partout. -Pas de cavité sur le tronc - Cavités superficielles (<5cm) - Cavités profondes (>5 à10 cm)</p>	<p>-Houppier totalement desséché. -Rameaux et branches desséchés et totalement sans feuilles. -Rejets de souche apparents après des années du passage de l'incendie. - Cavités profondes à l'intérieure du tronc.(>à 10 cm)</p>
Estimatif	<p>1 : C1 : Arbre sain 1 : C1 : Déficit foliaire <20% 1 : C1 : Pas de cavités 1 : C1 : Pas de rejets</p>	<p>C2 : Arbre affaibli 2 :C2 :20%<déficit foliaire<75%) 1 :C1: Pas de cavité 2 :C2 : Cavités superficielles 2 :C2 : Rejets aérien 3 :C3 : Rejets de souche</p> <p>3 :C3 : Arbre dépérissant 3 :C3 : Déficit foliaire >75% 3 :C3 : Cavités profondes 3 :C3 : Rejets de souche 2 :C2 : Rejets aérien</p>	<p>4:C4 : Arbre mort sur pied 4:C4 : Déficit foliaire 100% 4:C4 : Cavités très profonde 4:C4 : Rejets de souche</p>
	<p>Arbre récupérable</p> <p>Arbre sain= $\Sigma(C1 * F) / N$</p> <p>F : fréquence de la classe C1 N : nombre d'individus des arbres échantillonnés</p>	<p>Arbre irrécupérable</p> <p>Arbre affaibli= $\Sigma(C2 * F) / N$ Arbre dépérissant = $\Sigma(C3 * F) / N$</p> <p>F : fréquence de la classe C2 et C3 N : nombre d'individus des arbres échantillonnés</p>	<p>Arbre mort sur pied</p> <p>Arbre mort= $\Sigma(C4 * F) / N$ F : fréquence de la classe C4 N : nombre d'individus des arbres échantillonnés</p>

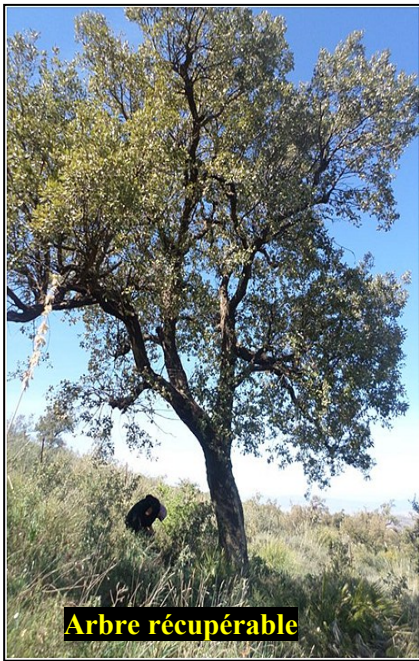
A travers le tableau ci-dessus, nous constatons que la subdivision des arbres en deux types (liège mâle et de reproduction) se scinde aussi en trois catégories de dommages post-incendie. Il s'agit en effet des trois catégories de vigueur suivantes :

- ❖ **Arbre mort sur pied (de la tige principale) :** Par mortalité, on entend ici la mortalité de la tige principale et de la vivacité de la souche. Ainsi, sont notés « arbres morts sur pied » des chênes lièges dont la tige principale est fortement brûlée et blessée présentant des rejets de souche apparents et vivant après quelques années. A ce niveau, les arbres totalement et définitivement morts (la mortalité totale de la tige et de la souche) sont très rares.

- ❖ **Les arbres vivants** présentent des rejets aériens, ou de souches, ou ont conservé un houppier en bon état apparent après le feu. Les sujets vivants sont aussi répartis en deux catégories selon l'intensité de dommages infligés aux arbres. Il s'agit en effet, des deux catégories suivantes.
 - Arbres encore vivants mais avec des dommages irréversibles sur le houppier, sur le fut et présentent des rejets aériens et de souches. Ces sujets sont **irrécupérables**.

 - Arbres vivants avec des dommages réversibles (l'arbre n'a pas subi de dommages apparents ni sur le houppier ni sur le fût et pas de rejets). Ces sujets sont **recupérables (Pl.9)**.

Liège mâle



Liège de reproduction



Planche 9: Les trois catégories d'arbre pour évaluer le taux de carbonisation du liège
(Original)

III.2.4- Mesures sur échantillons de liège

III.2.4.1- Préparation des échantillons

Pour quantifier le taux de carbonisation du liège, les échantillons de 5cmx 5cm ont été transférés au laboratoire afin de subir le protocole suivant (Pl.10):

- Séchage au milieu ambiant pendant une semaine.
- Réglage des quatre cotés au moyen d'une ponceuse.
- Scannage des éprouvettes au moyen d'un scanner approprié.



Ponçage des échantillons



Scannage des échantillons

Planche 10 : Préparation des échantillons pour les mesures (Original)

III.2.4.2- Numérisation des échantillons

Nous avons appliqué une méthode adéquate pour réaliser l'analyse d'image numérique des échantillons selon trois parties (Dehane en 2012) :

- Acquisition de l'image numérique réelle par le biais d'un scanner modèle Epson.
- Binarisation et seuillage de l'image réelle ainsi que l'extraction de la région d'intérêt par l'application d'un logiciel photo filtre 6.4.0. ©Antonio Da Cruz.

- Calibration de l'image binaire selon la résolution du scanner en transférant les pixels en mm.

-Quantification et dénombrement des surfaces par l'utilisation d'un logiciel spécialisé à savoir le logiciel Mesurim (Pl.11).

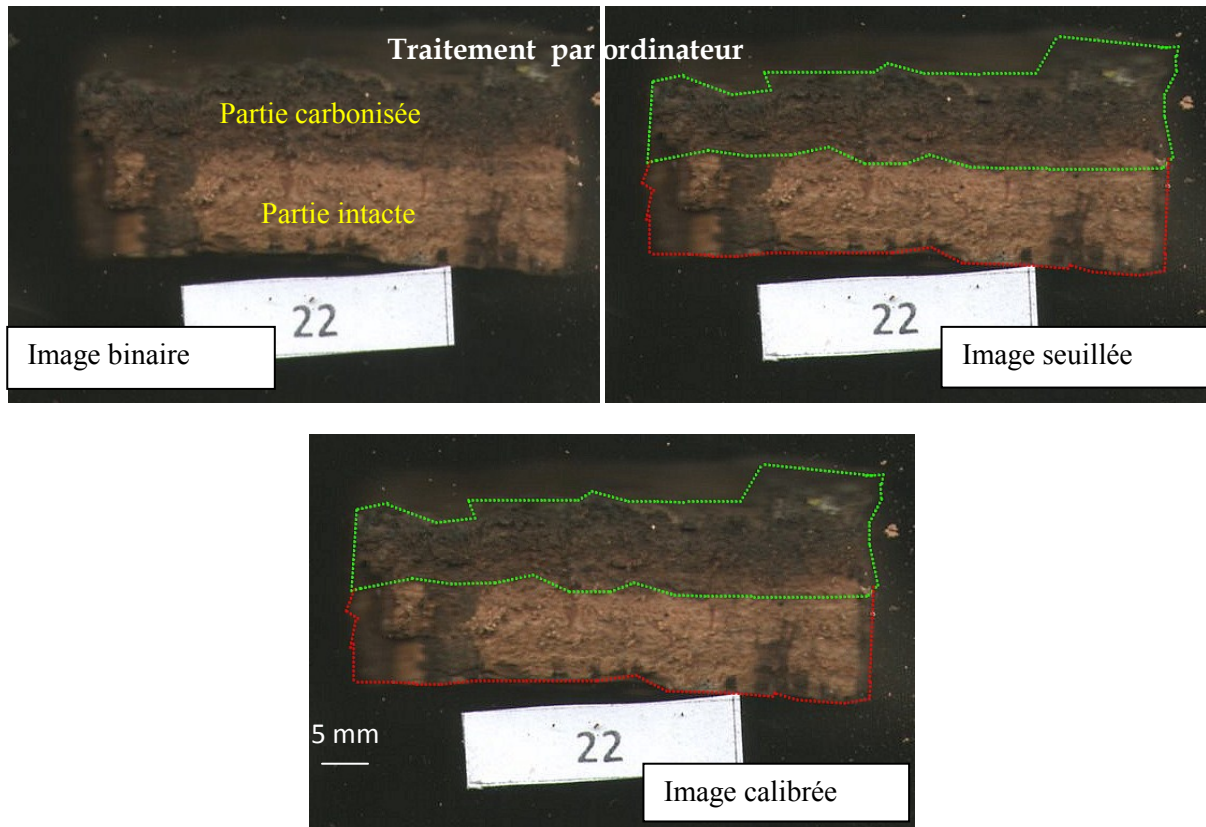


Planche 11 : Technique d'évaluation du taux de carbonisation du liège.

Le taux de carbonisation est donc estimé par le rapport :

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

Chaque taux de carbonisation calculé est affecté à sa classe respective selon le tableau suivant :

Tableau 17 : Classe de carbonisation du liège

Classes de carbonisation : Carb (%)
C1: Crb<10% (Carbonisation faible)
C2: 10%<Crb<20% (Carbonisation moyenne)
C3: 20%<Crb<30% (Carbonisation forte)
C4: Crb>30% (Carbonisation très forte)

III.3-Traitement de données

Les résultats des mesures ont été soumis à des traitements statistiques réalisés à l'aide du logiciel Xlstat: analyse de la variance ANOVA2. Pour les variables non paramétriques, nous avons utilisé le test χ^2 ($p<0,01$)

Pour mieux expliquer la relation entre le taux de carbonisation du liège et certains paramètres entourant le chêne liège mâle et de reproduction rescapés d'incendie, une Analyse des Correspondances Multiples (ACM) a été réalisée par le biais du logiciel XlStat.

L'Analyse des Correspondances Multiples (ACM), permet d'étudier les relations entre au moins deux variables qualitatives. Elle a été très développée par Greenacre et Pardo depuis 2006. En outre, cette méthode permet de concentrer sur quelques catégories uniquement, tout en prenant en compte toutes les données du tableau de données initial.

Chapitre IV :

Résultats et discussion

IV.1-Résultats et discussion

IV.1.1- Caractérisation générale des parcelles d'étude

La position satellitaire de la zone d'étude ainsi que la localisation géographique des arbres échantillons sont illustrées dans la figure 24.

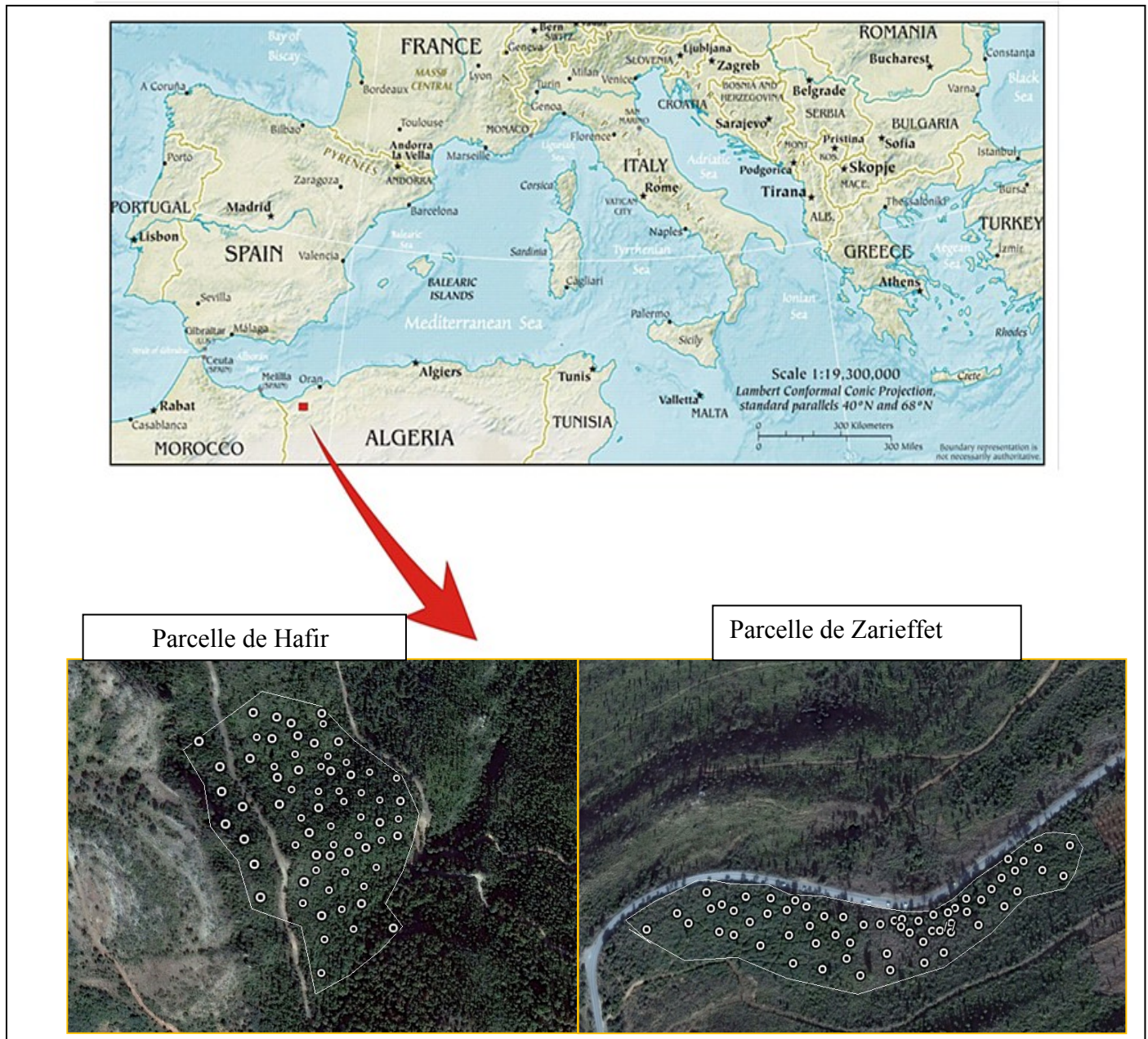


Figure 24: Localisation satellitaire des arbres et des parcelles d'étude (Original)

Les profils topographiques des deux parcelles montrent que le terrain est très accidenté. Les distances d'élévation sont de 273 m pour la parcelle de Zarieffet et de 319m pour celle de Hafir (Fig.25).

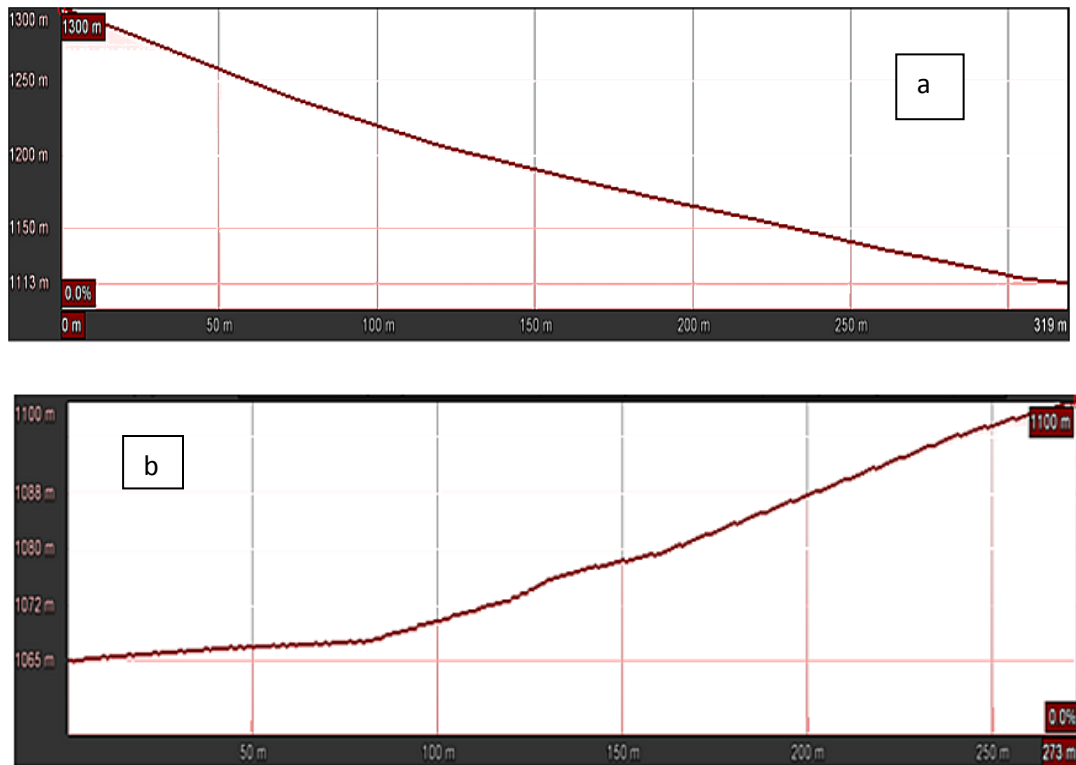


Figure 25: profil topographique sur lequel est effectué l'échantillonnage(a : Hafir ; b : Zarieffet)

L'ensemble des indicateurs pris en compte sont illustrés dans le tableau 18 :

Tableau 18 : Caractérisation globale des placettes d'étude

Caractéristiques	Forêt de Zariéffet		Forêt de Hafir	
	Parcelle Zariéffet		Parcelle-Hafir	
Position géographique (Centre de la placette)	34°50'45.53'' N 1°21'19.80'' O		34°47'07.51''N 1°26'28.40''O	
Lieu dit	Canton Zariéffet		Canton Oued El Fernane	
Altitude moyenne (m)	Min : 1055 Moy : 1078 Max : 1100		Min : 1113 Moy : 1192 Max : 1300	
Exposition	Nord		Nord -Est	
Pente(%)	Max : 36,1% Moy : 16,8%		Max : -76,5% Moy : -57,5%	
Périmètre (m)	1500		1600	
Nature du sol	Sableux limoneux		Sableux limoneux	
Embroussaillage	Très embroussaillée	Très embroussaillée	Très embroussaillée	Très embroussaillée
Origine du peuplement	Naturelle	Naturelle	Naturelle	Naturelle
Structure du peuplement	Irrégulière		Irrégulière	
Nature du peuplement	Taillis sous futaie de chêne liègeMêlé au chêne vert et au chêne zeen		Taillis sous futaie de chêne liège Mêlé au chêne vert et au chêne zeen	
Densité moyenne (N arbre/ ha)	60		90	
Hauteur des arbres(m)	Arbre non démasclé : 6,21 ±0,59 Arbres levée : 8,48±0,78		Arbre non démasclé : 7,02 ±0,63 Arbres levée : 8,52 ±0,67	
Circonférence moyenne (cm)	Arbre non démasclé : 52,52±3,98 Arbres levée : 93,18±14,17		Arbre non démasclé : 75,82 ±4,84 Arbres levée : 109,85 ±11,44	
Hauteur d'écorçage moyenne(m)	Arbres levée : 2,27±0,41		Arbre levée : 1,77±0,11	
Coefficient moyen d'écorçage	2		1,5	
Nombre de déliégage	3		3	
Dernier incendie	2005		2005	
Nombre d'arbres- échantillons	69 (33 reproduction+ 36 mâle)		68 (35 reproduction +33 mâle)	

D'après le tableau 18, il ressort que les arbres rescapés des incendies de 2005 sont en générale naturels d'âge varié, reposant sur un sol sableux limoneux. La parcelle de Hafir semble la plus dense avec 90 sujets à l'hectare tandis qu'elle est de l'ordre de 60 pieds à Zarieffet. L'embroussaillage est très particulièrement serré dans les deux parcelles et la pénétrabilité est très difficile à cause de l'absence des travaux sylvicoles (Pl.12/13). L'altitude varie de 1113m à 1300 m (Hafir) et de 1055m à 1100m (Zarieffet). La pente demeure importante dans la parcelle de Hafir avec une dénivelée maximale de l'ordre de -57,5% alors qu'elle est de l'ordre de 16,8%.



Planche 12 : Embroussaillage et déclivité du terrain (Hafir) (Original)

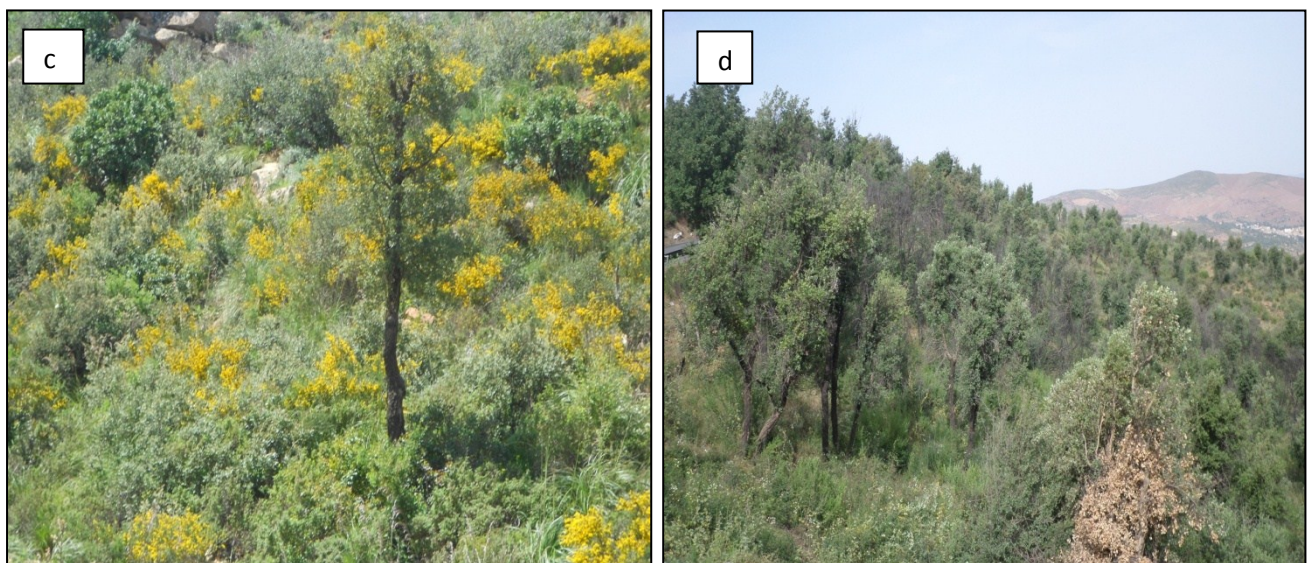


Planche 13 : Embroussaillage et déclivité du terrain (Zarieffet) (Original)

D'après la planche (a), nous apercevons que le chêne liège post-incendie devient très fébriles et cèdent automatiquement la place au sous- bois dense et haut.

Selon (Pausas et al.2006), les chênes ne peuvent pas rivaliser avec les espèces de maquis qui sont pour certaines résistantes aux feux, et rejettent fortement de souche après les incendies comme la bruyère arborescente, l'arbousier ou encore le calycotome.

Par contre sur la planche (c), on remarque la seule présence du chêne dans le décor, les autres essences forestière disparaissent, on assiste à des peuplements mono-spécifiques de *Quercus suber*, révélateur de la capacité de résistance et de résilience que possède cette essence envers le feu.

IV.1.2- Caractérisation générale des arbres-échantillons

Parmi les premières conséquences néfastes de l'incendie en suberaie ou autres 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 (Amandier 2004 ; Bertrand, 2007). Dans ce contexte, la répartition des sujets résiduels selon leur grosseur et leur hauteur nous donne une indication de l'intensité du feu.

IV-1.2.1- Selon leurs classes de diamètre

La répartition des arbres-échantillons par classes de diamètre selon le type de liège et la catégorie des arbres sont illustrés dans les figures 26 et 27.

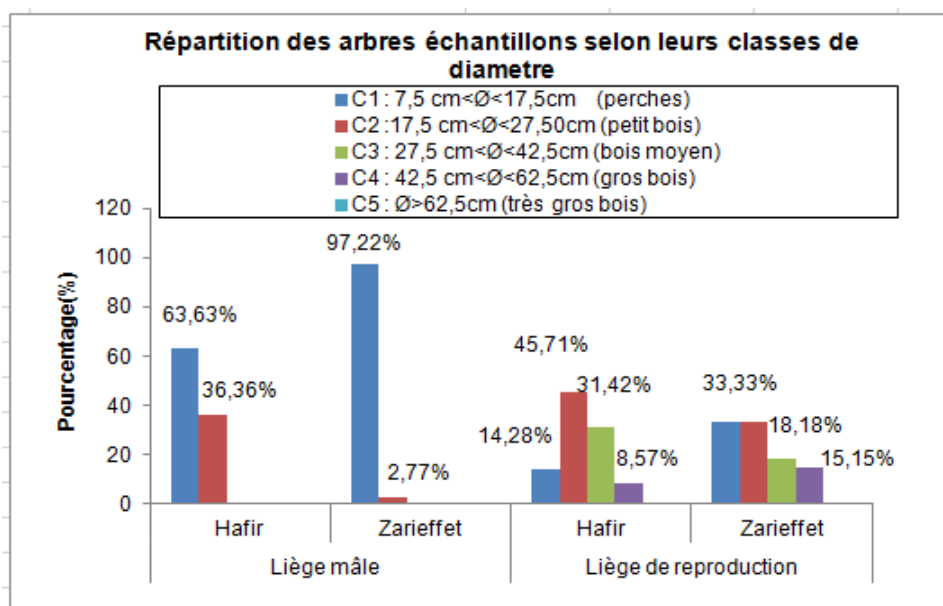


Figure 26: Répartition des arbres échantillons selon leurs classes de diamètres

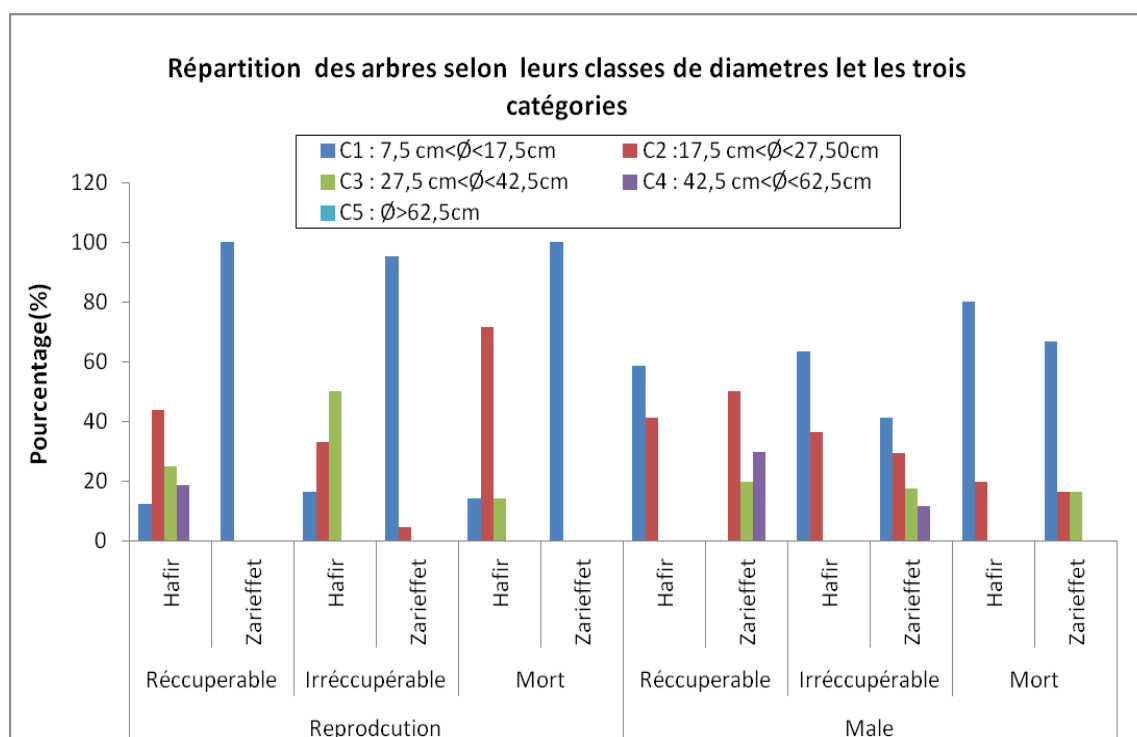


Figure 27: Distribution des classes de diamètres selon le type de liège et les catégories des arbres

D'après la figure 26, nous constatons que les deux incendies ont éliminé la classe des gros diamètres (C5 : $\varnothing > 62,5\text{cm}$) que ce soit pour les arbres non mis en valeur que ceux exploités.

-Pour les sujets non démasclés (liège mâle), comme à Hafir et à Zarieffet, nous enregistrons un fort pourcentage de diamètres de la classe 1 (C1 : $7,5\text{cm} < \varnothing < 17,5\text{cm}$ (perches)) de l'ordre

de 63,63% et 97,22%. Le petit bois est très minime à Zariéffet (2,77%) et marqué à Hafir (36,36%).

- Pour les sujets démasclés (liège de reproduction), la représentativité des classes semble équilibrée. Le petit bois (C2: 17,5 cm<Ø<27,50cm) domine à Hafir et à Zariéffet (47,71% et 33,33%). Le bois moyen (C3: 27,5 cm<Ø<42,5cm) et gros (C4: 42,5 cm<Ø<62,5cm) suivent la même tendance ((31,12% et 18,18%). Par contre, le gros bois est bien présent à Zariéffet (15,15% contre 8,75% à Hafir).

Pour ce qui est de la distribution des classes de diamètres selon les trois types de vigueurs (récupérable, irrécupérable et mort) et le type de liège associé, nous distinguons que :

- Les diamètres des arbres démasclés, récupérables, irrécupérables et morts sont plus présentés à Hafir qu'à Zariéffet. Le test statistique de variance indique une différence non significative entre les deux parcelles (F=0,95 ; p=0,332) (Tab.19). Par contre, le diamètre varie significativement entre les trois catégories des deux parcelles (F=6,415 ; p= 0,003) (Tab.19).

Tableau 19: Analyse Type III Sum of Squares (Diamètre des arbres démasclés):

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Catégorie	2	1459,168	729,584	6,415	0,003
Parcelle	1	108,715	108,715	0,956	0,332
Catégorie*Parcelle	2	220,751	110,375	0,970	0,385

- Les diamètres des arbres non démasclés, récupérables, irrécupérables et morts sont par contre plus marqués à Zariéffet qu'à Hafir. Le test statistique de variance indique une différence significative entre les deux parcelles (F=33,08 ; p<0,0001) (Tab.20). Par contre, le diamètre ne varie pas significativement entre les catégories des deux parcelles (F=2,355 ; p= 0,103) (Tab.20).

Tableau 20: Analyse Type III Sum of Squares (Diamètre des arbres non démasclés)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Catégorie	2	68,307	34,153	2,355	0,103
Parcelle	1	479,869	479,869	33,086	< 0,0001
Catégorie*Parcelle	2	0,687	0,343	0,024	0,977

IV-1.2.2- Selon la hauteur des arbres

La répartition des arbres- échantillons selon leur hauteur est mentionnée dans les figures 28 et 29.

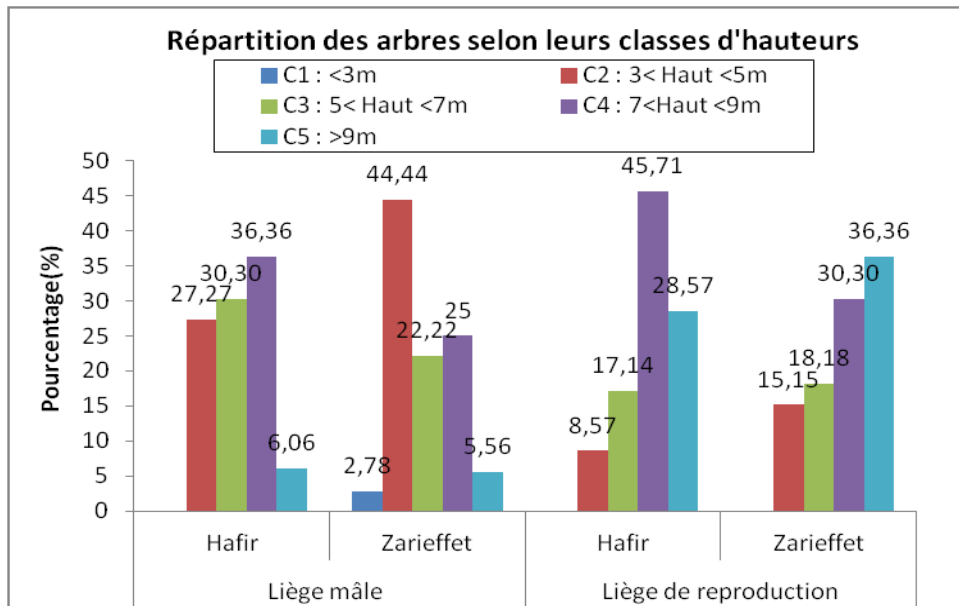


Figure 28: Répartition des arbres échantillons selon leurs classes d'hauteur

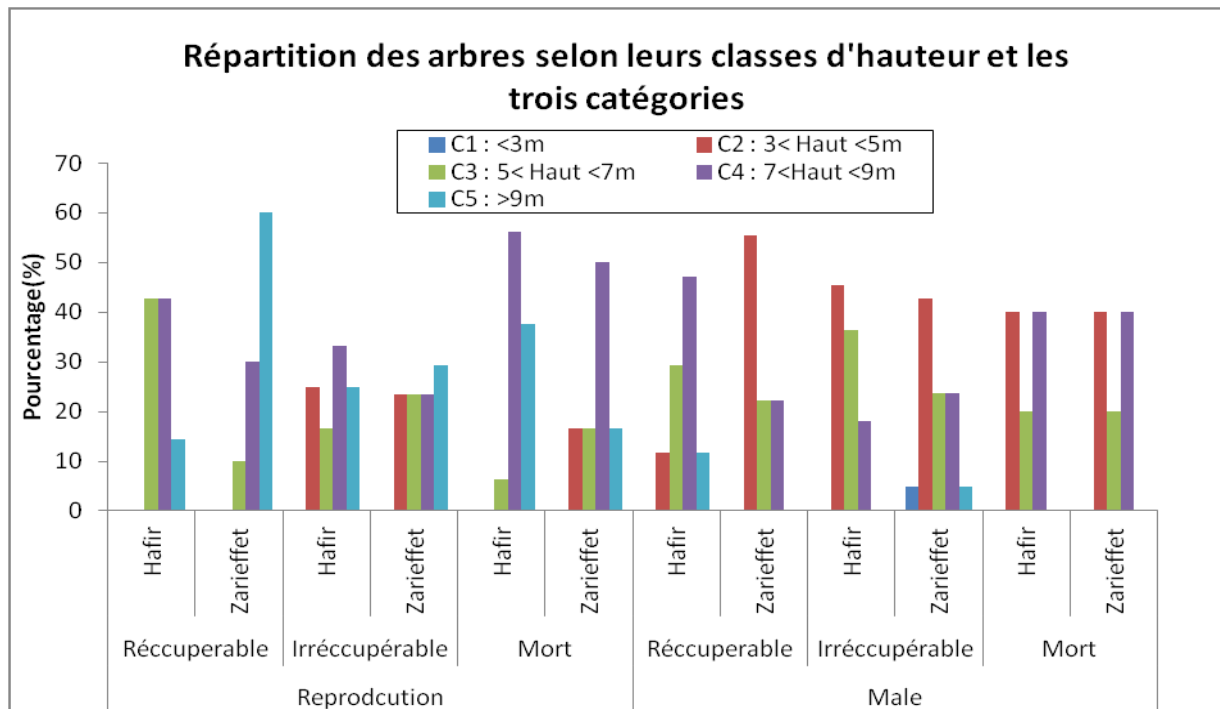


Figure 29: Distribution des classes d'hauteurs selon le type et la catégorie des arbres

D'après la figure 28, nous remarquons que les arbres rescapés des deux incendies sont en majorité supérieurs à 3m.

-Pour les sujets non démasclés (liège mâle), nous enregistrons à Hafir un pourcentage rapproché des hauteurs de la classe 2,3 et 4 soit respectivement 27,27% ; 36,36% et 30,30%. A Zarieffet, les quatre classes sont présentes et dominées par les arbres de la classe 2 (C2: 3< Haut <5m) aux alentours de 44,44%. Les arbres dont la hauteur dépasse les 9 m sont équilibrés dans les deux parcelles (6,06% et 5,56%).

- Pour les sujets démasclés (liège de reproduction), la classe des arbres hauts (C5 : >9m) apparait plus importante que dans les arbres non démasclés. Dans ce sens, le taux varie de 28,57% (Hafir) à 36,36% (Zarieffet). Dans ce type d'arbre (démasclé), la dominance est dans la classe C4 (7<Haut <9m) avec un taux de 45,71%.

En ce qui concerne, la répartition des classes d'hauteurs selon la catégorie des arbres (récupérables, irrécupérables et morts), nous constatons qu'il n'y a pas de différence significative entre les arbres démasclés des deux parcelles (F=0,120 ; p=0,730). En revanche, les hauteurs des arbres varient très significativement entre les catégories des deux entités (F=10,061 ; p=0,000) (Tab.21).

Tableau 21 : Analyse Type III Sum of Squares (hauteur des arbres démasclés)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Parcelle	1	0,446	0,446	0,120	0,730
Catégorie	2	74,691	37,346	10,061	0,000
Catégorie*Parcelle	2	4,551	2,275	0,613	0,545

Pour les sujets rescapés non démasclés, la différence est seulement peu significative seulement pour les trois catégories (p= 0,049) (Tab.22).

Tableau 22 : Analyse Type III Sum of Squares (hauteur des arbres non démasclés)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr >F
Type	1	1,188	1,188	0,260	0,612
catégorie	2	27,002	13,501	2,958	0,049
Type*catégorie	2	1,327	0,664	0,145	0,865

Les figures suivantes expliquent les tests statistiques réalisés (Fig.30et31).

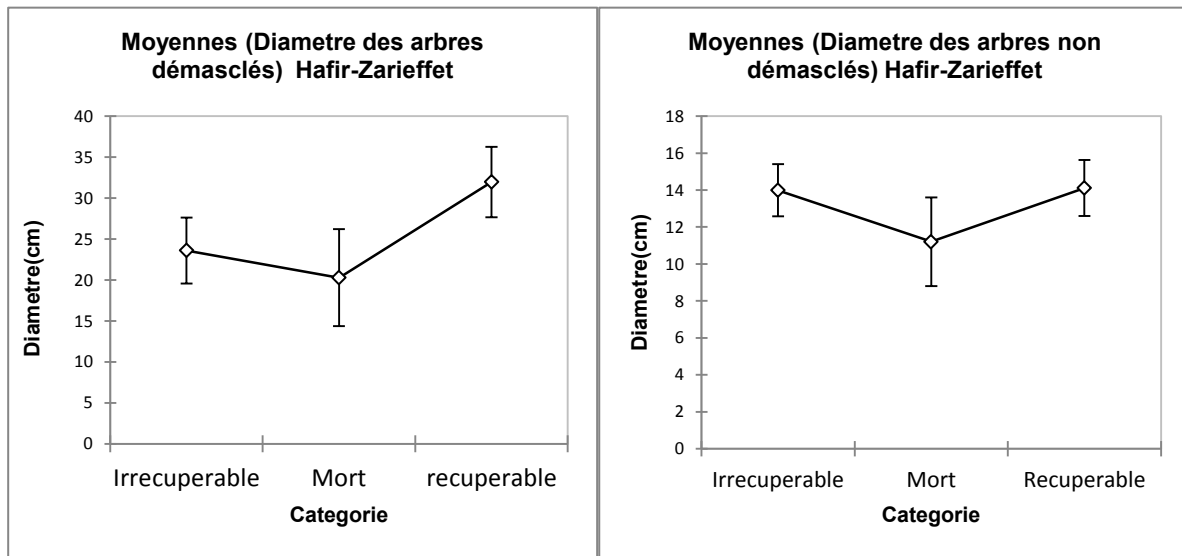


Figure 30: Moyenne estimée pour les diamètres des arbres démasclés et non démasclés

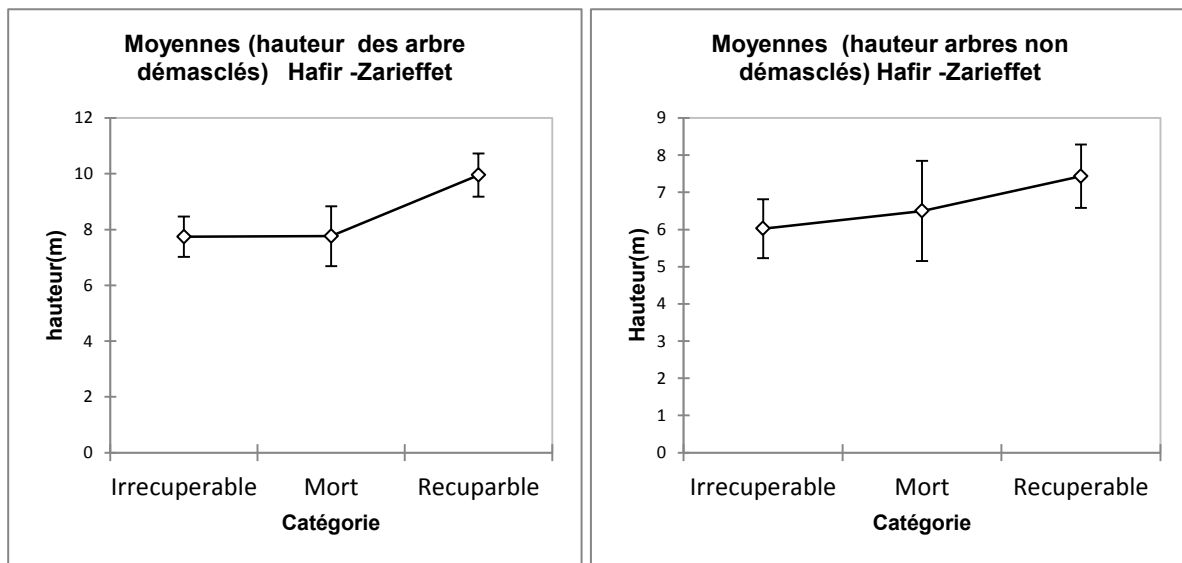


Figure 31: Moyenne estimée pour hauteurs des arbres démasclés et non démasclés

D'après la figure ci-dessus, il apparait clair que les arbres rescapés des deux incendies (Hafir et Zarieffet), détiennent des diamètres et des hauteurs moins développés sur les sujets irrécupérables et morts et présentent des différences de morphologies.

Ce résultat semble en accord avec celui avancé par Bertarnd (2007), qui stipule que les arbres vivants après incendie ont une circonférence et une hauteur importantes que les arbres morts.

A titre d'indication et simultanément, pour les arbres en production et non mis en valeur, les circonférences moyennes varient de 99,54 cm et 46,81 cm (arbres récupérables), 73,39 cm et 40,81 cm (arbres irrécupérables).

En ce qui concerne les sujets qui ont présenté une mortalité sur pied (Totalelement touchés par les flammes) présentent une circonférence moyenne de l'ordre de 64,63 cm et 35,18 cm respectivement pour les deux types de liège.

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.

IV-1.2.3- Selon leurs hauteurs d'écorçage

La répartition des arbres-échantillons démasclé selon la hauteur d'écorçage est illustrée dans les figures 32 et 33.

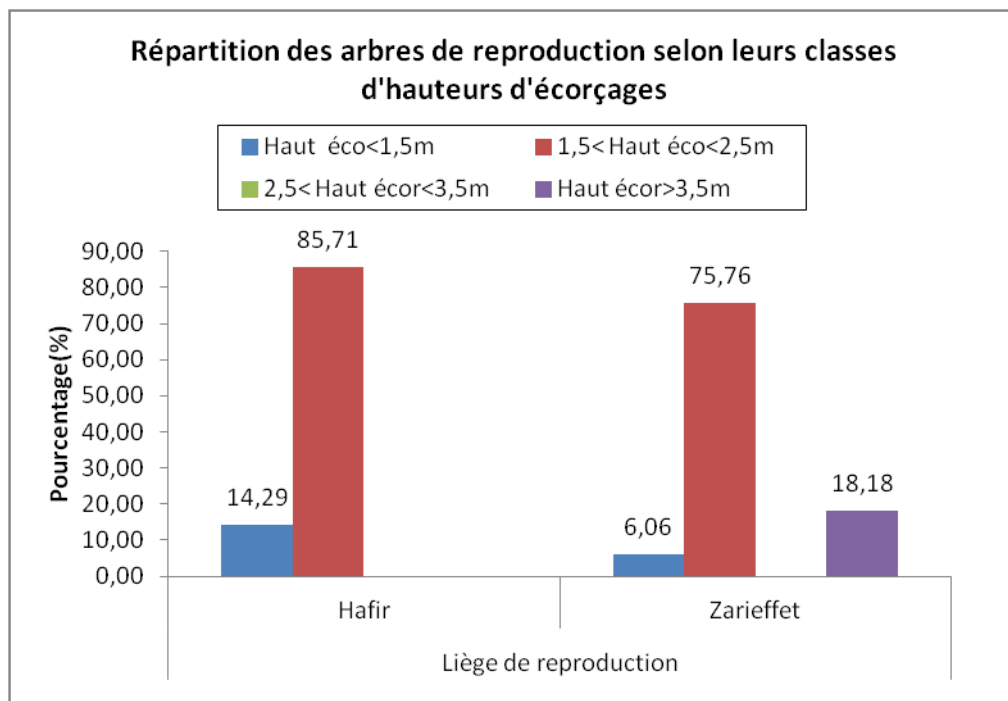


Figure 32: Répartition des arbres échantillons selon leurs classes d'hauteur d'écorçage

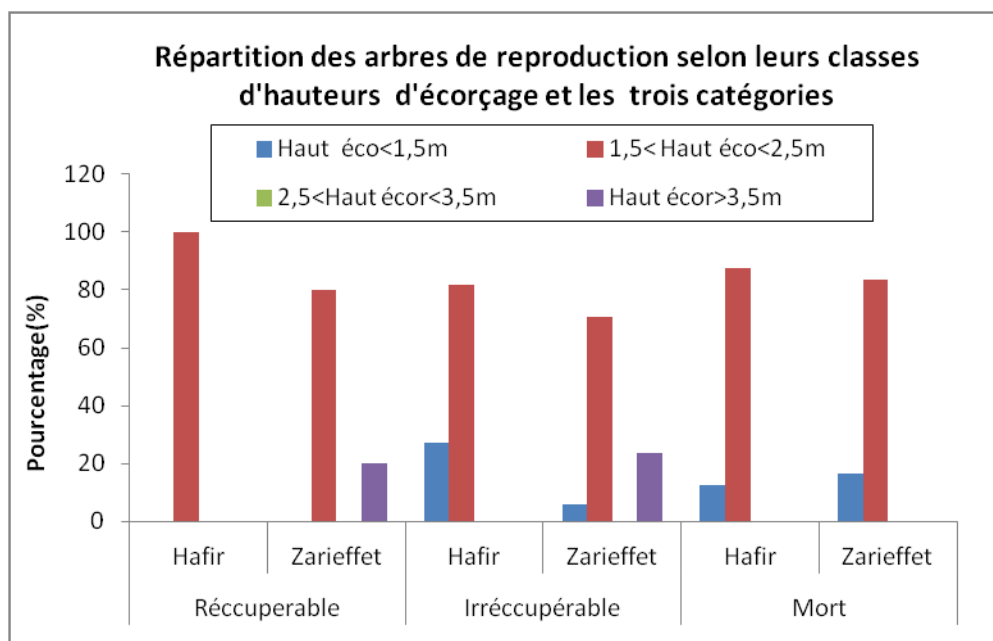


Figure 33: Distribution des classes d'hauteurs d'écorçage selon le type et la catégorie des arbres

Selon la figure 32, nous apercevons que les sujets post-incendies ont été démasclés sur une hauteur de la classe 2 ($1,5 < \text{Haut-éco} < 2,5\text{m}$) sur 86% et 76% des individus échantillonnés. Les sujets faiblement démasclés (C1: $\text{Haut-éco} < 1,5\text{m}$) et rescapés varient entre 14% (Hafir) et 6% (Zariéffet). En revanche, les sujets excessivement écorcés (C4: $\text{Haut-éco} > 3,5\text{m}$) concernent seulement 18 % des sujets et à Zariéffet.

La distribution des classes d'hauteurs d'écorçage sur les trois catégories d'arbres (récupérables, irrécupérables et morts) montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux parcelles et entre les catégories d'arbre ($F=2,493$; $p=0,119$) et ($F=1,077$; $p=0,347$) (Tab.22).

Tableau 22 : Analyse Type III Sum of Squares (Hauteur écorçage)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Parcelle	1	1,852	1,852	2,493	0,119
Catégorie	2	1,600	0,800	1,077	0,347
Parcelle*Catégorie	2	2,465	1,233	1,659	0,199

IV-1.2.4 - Selon leurs épaisseurs du liège

La répartition des arbres échantillons selon les classes d'épaisseur du liège sont mentionnés dans la figure 34:

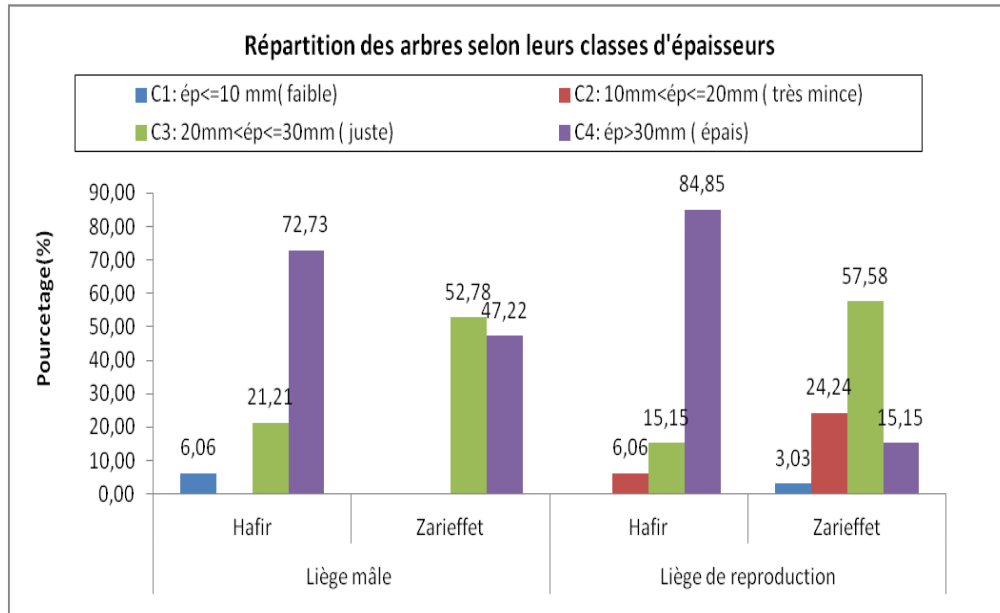


Figure 34: Répartition des arbres échantillons selon leurs classes d'épaisseur du liège

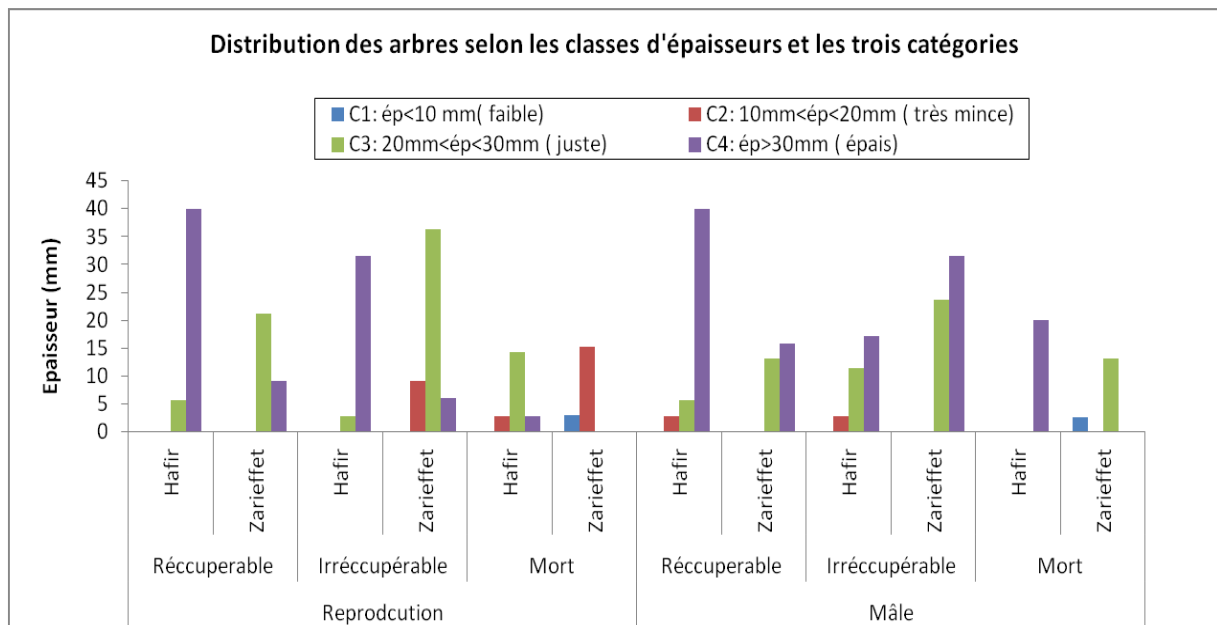


Figure 35: Distribution des classes d'épaisseur selon le type et la catégorie des arbres

D'après la figure 35, nous remarquons que sur les sujets non mis en valeur, la classe 4 ($\text{ép} > 30\text{mm}$) domine à Hafir (72,3%) et la classe 3 ($20\text{mm} < \text{ép} \leq 30\text{mm}$) à Zariéffet (52,78%).

Pour les sujets démasclés, presque la même configuration se présente: la classe 4 détient 84,5% des sujets à Hafir et 57,58% à Zarieffet.

En ce qui concerne la distribution des épaisseurs du liège selon les trois catégories de vigueur, nous constatons que sur les arbres en production les épaisseurs de la classe 4 (>30mm) domine sur les sujets récupérables et irrécupérables de la parcelle de Hafir avec des taux respectifs de 40% et 31,43%. A Zarieffet, ces taux avoisinent 9 et 6%.

Sur les arbres non démasclés, la dominance est toujours à la classe 4(30mm) sur les deux premières catégories de vigueur soit des taux respectifs de 40% ; 17,14% et 20% (Hafir) et 15,78% ; 31,57% et 0% (Zarieffet).

Pour les arbres morts en production, c'est la classe 3 qui domine avec 14,29% à Hafir. A Zarieffet c'est plutôt la classe 2 avec 15%.

La distribution des classes d'épaisseurs sur les trois catégories d'arbres productifs (récupérables, irrécupérables et morts) montre qu'il n'y a une différence significative entre les deux parcelles et entre les catégories d'arbres ($F=29,58$; $p < 0,0001$) et ($F=23,83$; $p < 0,0001$) (Tab.23).

Tableau 23 : Analyze Type III Sum of Squares (Epaisseur(mm)) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Parcelle	1	1304,585	1304,585	29,580	< 0,0001
Catégorie	2	2102,712	1051,356	23,838	< 0,0001
Catégorie*Parcelle	2	58,635	29,318	0,665	0,518

Pour les sujets rescapés non démasclés, la différence est seulement significative seulement entre les deux parcelles mais pas pour les trois catégories ($F= 10,83$; $p= 0,002$) (Tab.24).

Tableau 24: Analyse Type III Sum of Squares (Epaisseur(mm)) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Parcelle	1	570,970	570,970	10,832	0,002
Catégorie	2	51,898	25,949	0,492	0,614
Catégorie*Parcelle	2	306,955	153,477	2,912	0,062

La figure suivante explique les tests statistiques réalisés (Fig.36).

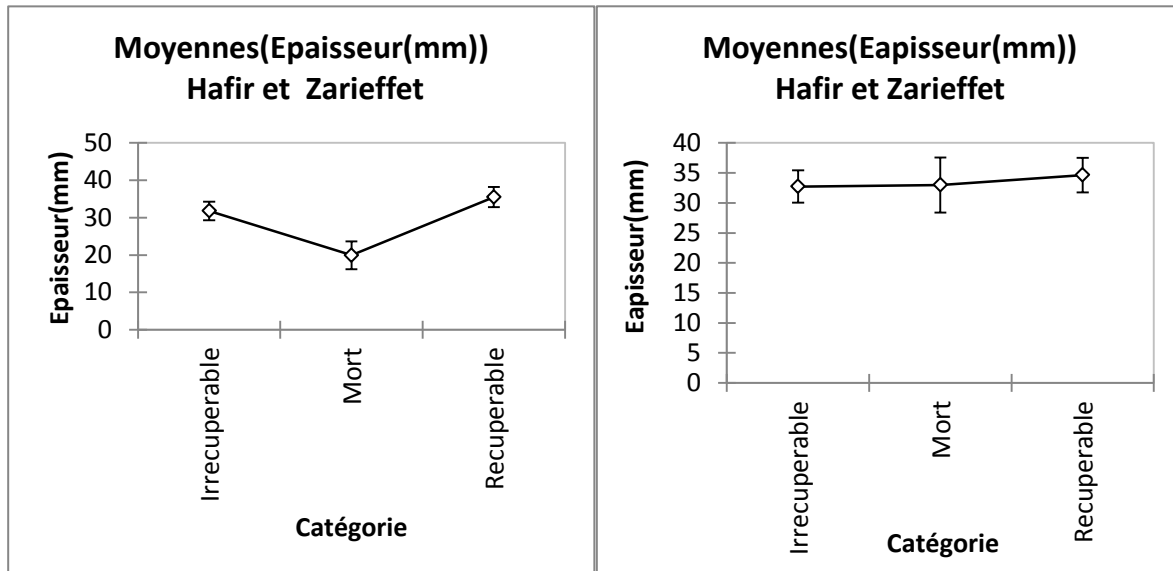


Figure 36: Moyenne estimée pour les épaisseurs de liège des arbres en production et non mis en valeur

En contemplant les deux figures nous remarquons que chez les arbres en production, l'épaisseur est minimale sur les arbres morts. Sur ces derniers la moyenne des épaisseurs varie de 25 mm (Hafir) à 14,83mm (Zarieffet) (liège de reproduction). Pour le liège mâle elle varie respectivement de 37,6 mm à 28,4 mm. Ceci est tout à fait logique puisque les sujets porteurs du liège mâle ou de reproduction à Zarieffet sont soumis à une fréquence de feux supérieure à celle de Hafir.

Ces résultats montrent éloquentement que plus l'épaisseur du liège augmente plus la survie des arbres est assurée surtout à Hafir (35mm en moyenne). Cette situation est tout à fait le contraire à Zarieffet où le liège de reproduction est très faible pour protéger l'arbre (> 25 mm en moyenne).

IV.1.3-Caractérisation du taux de carbonisation du liège

La carbonisation mesurée sur les échantillons de 5cmx5cm concerne à la fois le liège mâle et le liège de reproduction. La répartition des arbres-échantillons par classes de carbonisation et par type et catégorie est mentionnée dans les figures 37 et 38.

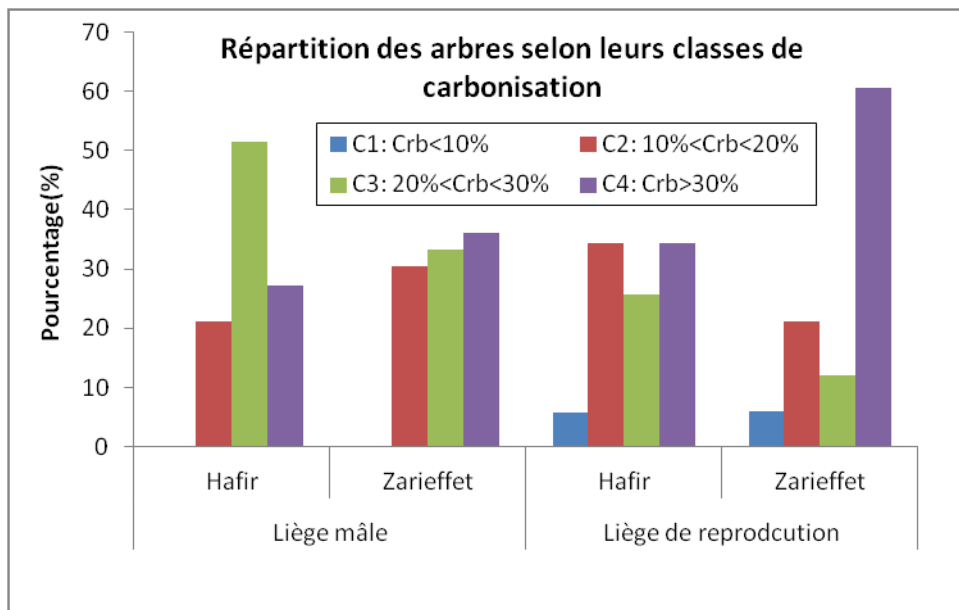


Figure 37: Répartition des arbres-échantillons selon leurs classes de carbonisation

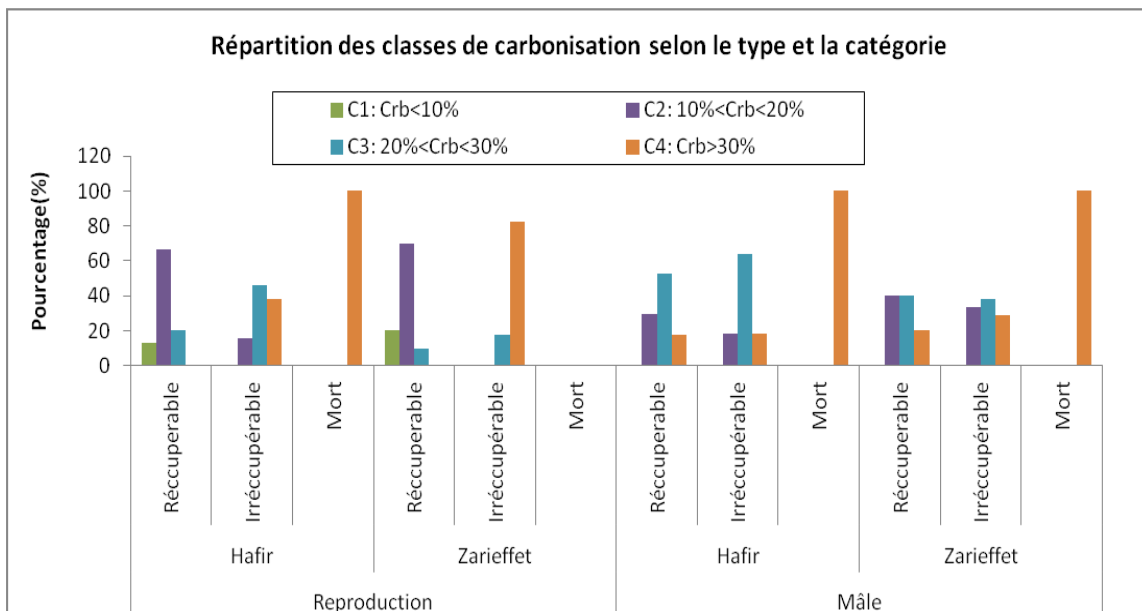


Figure 38: Distribution des classes de carbonisation selon le type et la catégorie des arbres

La figure 37 nous renseigne que la majorité des classes de carbonisation sont présentes dans le liège de reproduction des deux forêts sauf que la classe 1 est absente sur les arbres non productifs.

En effet, sur les arbres démasclés de Hafir, les classes C2, C3 et C4 contiennent des taux rapprochés (34,29% ; 25,71% et 34,29%). A Zarieffet, C'est plutôt la classe 4 qui domine avec 60,61%.

Par ailleurs, sur les sujets non démasclés, se sont ceux de Zarieffet qui enregistrent des pourcentages plus au moins équilibrés (30,56%; 33,33% et 36,11%) et la dominance est à la faveur de la classe 3 des individus de Hafir (51,52%),

Pour ce qui de la figure 38, il apparait clair que les arbres morts des deux type de liège enregistrent les taux de carbonisations les plus élevés (100%). La classe de la carbonisation faible est présente seulement dans la catégorie récupérable du liège de reproduction de Hafir et de Zarieffet (13% et 20%). En revanche, les classes C2, C3 et C4 sont plus liées à la catégorie irrécupérable. A titre d'indication, le liège de reproduction de Hafir affiche les taux suivants : C2 (15%) ; C3 (46%) ; C4 (38%).

Le test statistique de la l'Anova 2 indiqué dans le tableau 25, confirme une différence très significative des taux de carbonisation entre les trois catégories des arbres d'une part (F= 94,14 ; p<0,0001), et peu significative entre les deux parcelles d'autres part (F= 3,88 ; p=0,05). L'interaction catégorie- parcelle demeure aussi significative (F=4,65 ; p=0,013).

Tableau 25: Analyse Type III Sum of Squares (Taux Crb -liège de reproduction) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Catégorie	2	13522,837	6761,418	94,140	< 0,0001
Parcelle	1	279,268	279,268	3,888	0,05
Catégorie*Parcelle	2	668,235	334,117	4,652	0,013

Pour le liège mâle, l'Anova 2, confirme une différence significative des taux de carbonisation entre les trois catégories des arbres d'une part (F= 14,13 ; p<0,0001), et non significative entre les deux parcelles (F= 0,002; p=0,96). L'interaction catégorie- parcelle n'est pas significative (F=0,09 ; p=0,90) (Tab.26).

Tableau 26: Analyse Type III Sum of Squares (Taux Crb -liège mâle)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Catégorie	2	2092,145	1046,072	14,136	< 0,0001
Parcelle	1	0,174	0,174	0,002	0,961
Catégorie*Parcelle	2	14,708	7,354	0,099	0,906

A travers ces résultats nous pouvons dire que plus l'arbre est de grande morphologie (largeur et hauteur) plus le liège est épais et plus les flammes mettront du temps à carboniser le liège et atteindre le houppier. Uhl et Kauffman (1990) avancent aussi une relation directe entre les tissus conducteurs protégés du chêne liège et la régénération de son houppier après feu.

IV.1.4-Impact du taux de carbonisation du liège sur la pérennité du chêne liège

La régression alarmante de la production nationale de liège durant les dernières vingt années est due essentiellement à une réduction de la superficie de la subéraie (50 %) mais aussi à d'autres facteurs d'ordre humain et naturels dont nous citons particulièrement (Dehane, 2012) :

- Exploitation excessive de liège, déliègeage illicite et qualité médiocre de l'exploitation.
- Sécheresse continue, incendies répétés.
- Absence d'interventions sylvicoles appropriées contre l'embroussaillage,
- l'enrésinement, le vieillissement des arbres (plus de 61 % des peuplements sont âgés).
- Absence quasi-totale de la régénération naturelle.
- Problèmes sanitaires (déperissement caractérisé par l'incapacité des arbres à reconstituer leur feuillage, leurs cimes deviennent plus claires à surface photosynthétique réduite).

En effet, la pérennité du chêne liège post-incendie, conséquence de sa bonne résilience dans un milieu perturbé ne peut être détachée des facteurs cités ci-dessus. Tous ces facteurs agissent d'une manière séquentielle ou synchronique et c'est la couche de liège au moment du passage de l'incendie qui va décider plus tard sur l'aptitude de chaque arbre à résister durant des années ou succomber quelques mois après le feu.

Pour ce faire, une analyse multi-variée (ACM) a été employée en prenant en compte plusieurs variables quantitatives et qualitatives propres aux arbres des deux forêts (Tab.27).

Tableau 27 : Les variables retenues pour l'ACM

Variables	Descriptif des modalités
Catégorie	1 : Récupérable, 2 : Irrécupérable, 3 : Mort
Parcelle	Hafir, Zarieffet
Etat du Tronc	1 : Tronc1 (sans cavités), 2 : Tronc2 (avec cavités superficielles), 3 : Tronc3 (avec cavités profondes), 4 : Tronc4 (cavité très profondes).
Déficit foliaire	1 : DEF1 (20%) ; DEF2 (20-75%), 3 :DEF3 (>75%),4 :DEF 4(100%)
Etat de l'houpplier	1 : houpplier1 (20% de vide), 2 : houpplier 2(20-60% de vide), 3 : houpplier3 (>60% de vide), houpplier 4(sans apex)
Taux de Carbonisation	1 : Taux Crb1 (<10%), 2 : Taux Crb2 (10-20%) 3 : Taux Crb2 (20-30%), 4 : taux Crb(>30%)
Rejet	1 : Pas de rejets, 2 : (Rejets aérien) ,3 : (Rejets de souche)

IV.1.4.1-La carbonisation du liège de reproduction

L'analyse multi variée représentait dans le tableau 28 et la figure 39, tente de mettre en évidence l'impact du taux de carbonisation du liège sur la vitalité post-incendie des arbres rescapés productifs et d'autres non mis en valeurs.

Tableau 28: Valeurs propres et pourcentages d'inertie :

	F1	F2
Valeur propre	0,738	0,669
Inertie (%)	31,636	28,663
% cumulé	31,636	60,299
Inertie ajustée	0,470	0,363
Inertie ajustée (%)	44,266	34,170
% cumulé	44,266	78,436

Dans le tableau ci-dessus sont affichées les valeurs propres non nulles et le % d'inertie correspondant. Le calcul habituel nous donne seulement 60,29% avec les deux premiers axes, la méthode basée sur l'inertie ajustée nous donne 78,43%.

Il ressort du tableau 28 que le premier axe représente 44,26 % de l'inertie ajustée, tandis que le deuxième axe participe avec 34,17 % (Fig.39). Ces deux axes expliquent la majeure partie de la variation du nuage de points des arbres productifs (69 sujets et 7 variables).

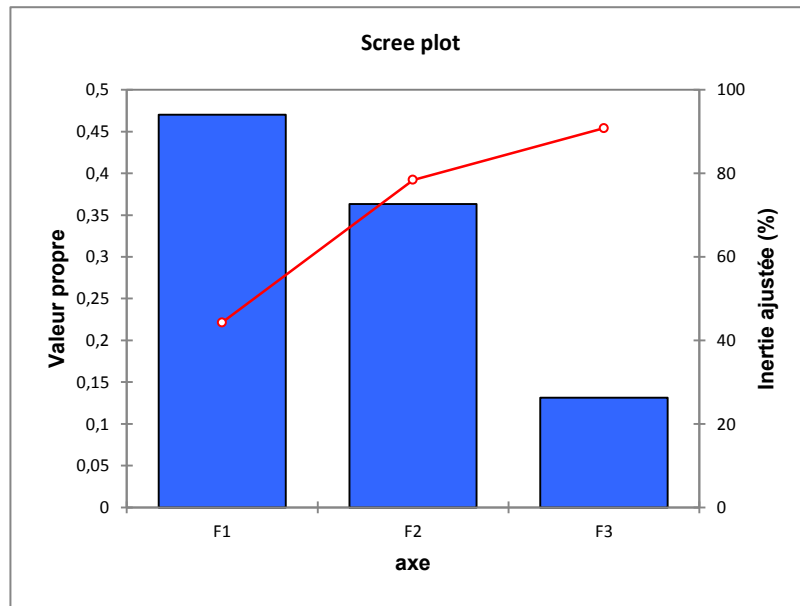


Figure 39: Le scree plot de *Catell* utilisant les % d'inertie ajustée

La représentation des variables dans le plan factoriel F1 et F2 est illustrée dans la figure 40.

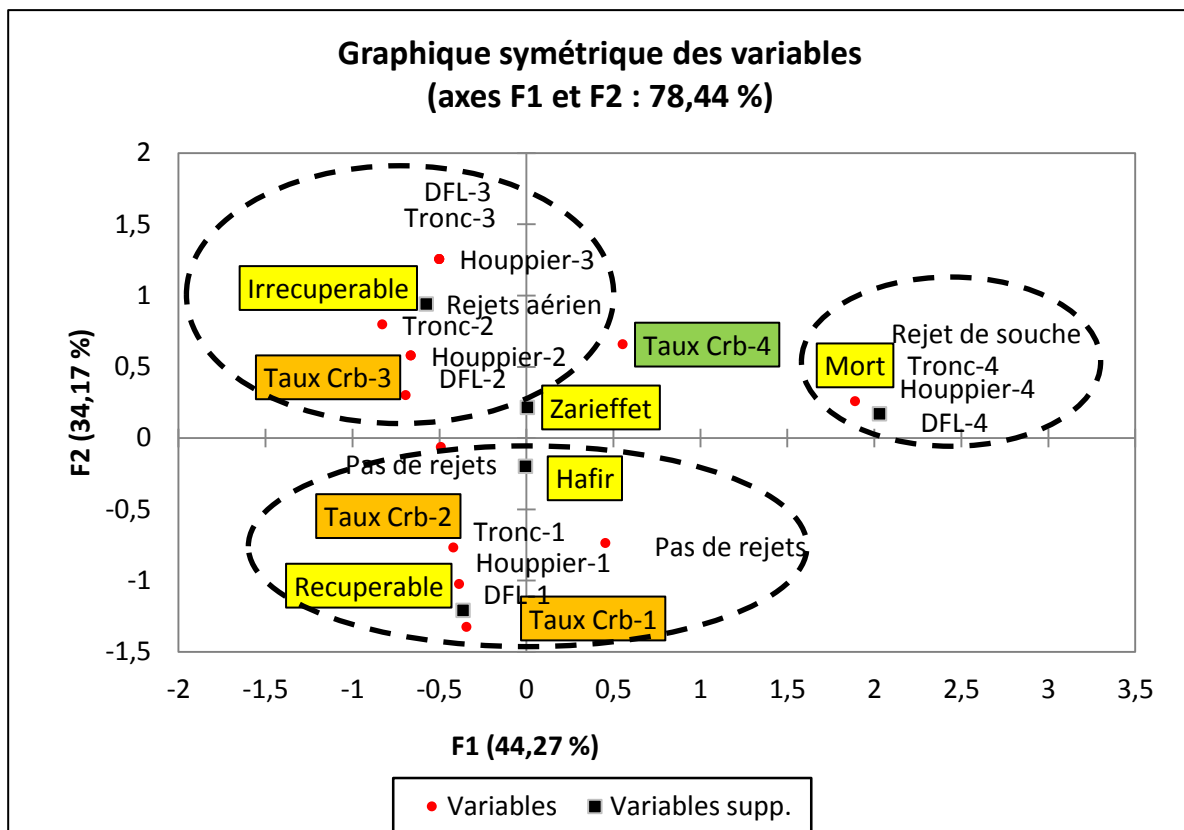


Figure 40: Représentation dans le plan factoriel F1 x F2 (graphe symétrique) du taux de carbonisation et les symptômes qui en découlent

IV.1.4.2-Interprétation des axes

Deux faits majeurs sont distingués sur les deux plans factoriels que ce soit sur les arbres-échantillons de Hafir ou de Zariéffet :

-Dans le premier axe 1 (F1), les arbres morts sur pieds s'opposent aux arbres vivants récupérables et vivants irrécupérables.

-Dans le deuxième axe(F2), les arbres morts et ceux irrécupérables s'opposent aux arbres récupérables. Les deux premières catégories se rejoignent sur un taux de carbonisation important sur leur liège de reproduction.

Parmi les facteurs contribuant fortement aux deux axes et constituant en même temps les conséquences du taux carbonisation sur l'aspect de l'arbre en générale, nous citons en particulier :

-Pour les arbres récupérables, un flamboiement superficiel de la croûte du liège et atteignant au maximum les trois premiers millimètres du liège (soit la classe 1(Crb<10%)) s'avère nos préjudiciable à la physiologie et à l'architecture de leur cime (Pl.14). En d'autres mots, la température du feu a été absorbée par la croûte et qu'elle n'a pas transgressé entre les caries et les fissures du liège pour atteindre le liber et par conséquent le cambium. Cela suppose que les flammes n'ont pas atteint l'apex de la tige. Ces individus ont gardé après 10 ans leur houppier verdoyant bien garni de feuilles (houppier1) et leur tronc est resté intact de toutes blessures ou cavités (tronc1). Physiologiquement, se sont des arbres sains (Houppier 1+ DFL1+Tronc1) c'est-à-dire que la montée et la descente de la sève n'ont pas été perturbées ou bloquées au niveau de la souche (Pas de rejets de souche).

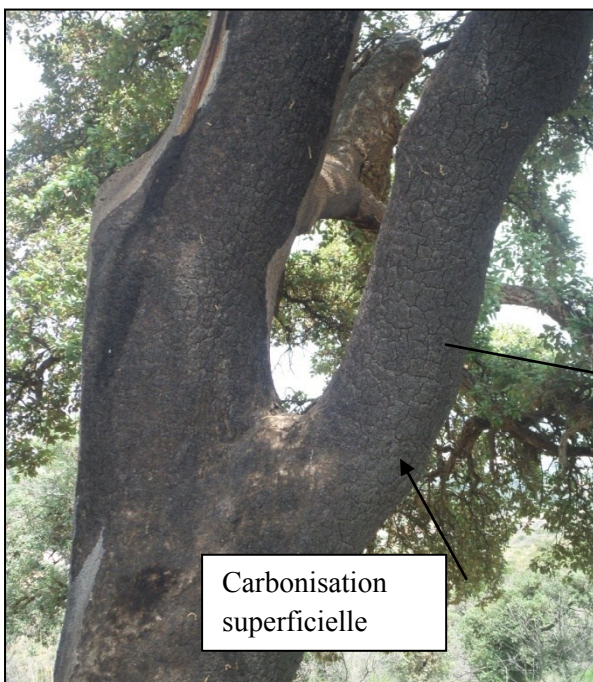


Planche 14: Arbre en production avec un houppier sans dommage

-Pour les arbres irrécupérables, dont la survie et la pérennité ne sont pas assurées à long terme à cause des séquelles qu'ils portent depuis le dernier incendie (Houppier 2 ou Houppier 3, Tronc 2 ou Tronc 3, DFL 2 ou DFL 3). Ces symptômes de faiblesse sont l'œuvre d'une carbonisation très marquée des classes 3 et 4. En effet, la bande noire de carbonisation au moment du passage du feu a transpercé la totalité de la croûte puis au-delà des douze premiers millimètres du suber (Pl.15). Cela signifie que le temps d'inflammabilité était long que les flammes ont surgit en plus des parties dénudées du liège pour affecter le liber puis le cambium, et l'intensité est montée jusqu'à atteindre l'apex de la tige en consommant le houppier. Physiologiquement se sont des sujets affaiblis ou dépérissants, ce degré de faiblesse est lié essentiellement aux aspects dendrométriques et d'exploitation du chêne liège (hauteur, circonférence, épaisseur et hauteur d'écorçage du liège). Sur ces sujets, la circulation de la sève a été plus au moins affectée et le blocage au niveau de la souche a engendré des rejets partout sur l'arbre (rejets de souche et aériens). Dans les pires situations certains de ces sujets vont se dessécher houppier et tronc et mourir.



Planche15 : Arbre irrécupérable au tronc fortement détérioré

-Pour les arbres morts sur pieds, la tige est restée debout mais sans vie (PL.16). La rupture de la sève était totale avec le houppier entraînant sa destruction (Houppier 4 et DEF 4) suite à la carbonisation totale du liège et la formation d'énormes cavités sur le tronc (Tronc4). Durant les 10 ans qui se sont déroulées du passage de l'incendie, ces individus se sont régénérés en produisant de forts rejets de souche suite au stress intense qu'a subit l'arbre et le blocage long de la sève au niveau de la souche.



Planche 16 : Arbre mort sur pied sans aucune fonction vitale de l'assise cambiale

La figure 41 résume le mécanisme de la pérennité du chêne liège selon le taux de carbonisation du liège.

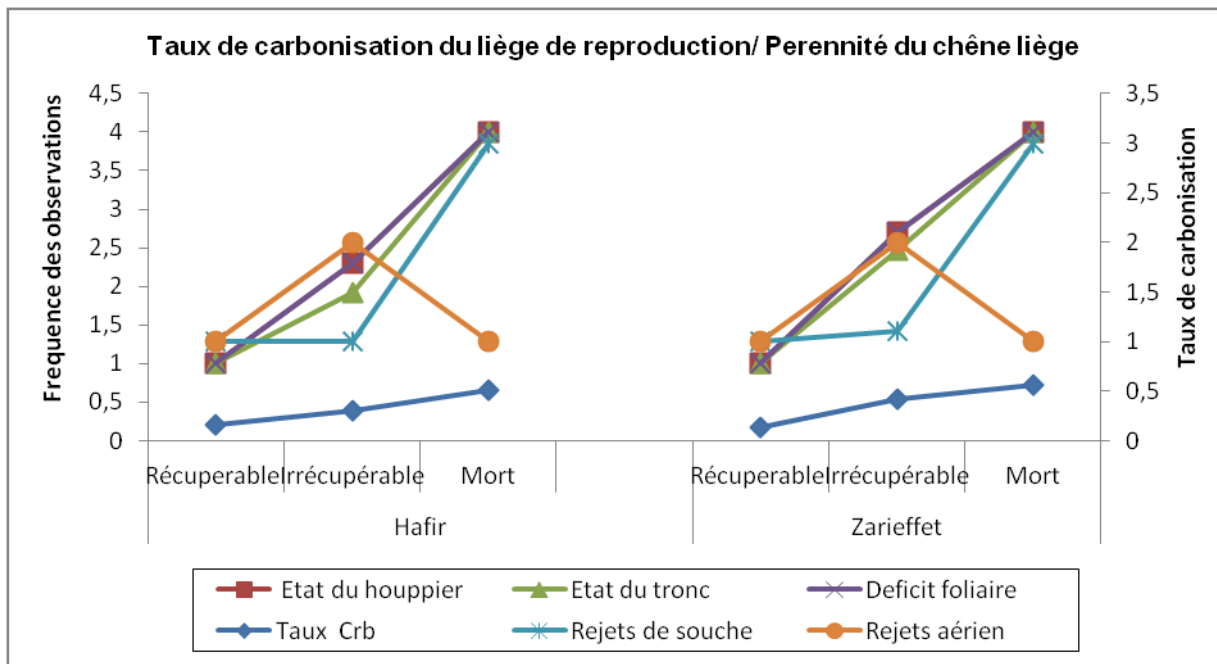


Figure 41: Mécanisme de l'impact du taux de carbonisation du liège sur la pérennité du chêne liège en production.

IV.1.4.3-La carbonisation du liège mâle

L'analyse multi variée représentait dans le tableau 29 et la figure 42, tente de mettre en évidence l'impact du taux de carbonisation du liège sur la vitalité post-incendie des arbres rescapés productifs et d'autres non mis en valeurs.

Tableau 29 : Valeurs propres et pourcentages d'inertie

	F1	F2
Valeur propre	0,815	0,725
Inertie (%)	6,516	5,800
% cumulé	6,516	12,316
Inertie ajustée	0,604	0,449
Inertie ajustée (%)	41,219	30,611
% cumulé	41,219	71,830

Dans le tableau ci-dessus sont affichées les valeurs propres non nulles et le % d'inertie correspondant. Le calcul habituel nous donne seulement 12,31% avec les deux premiers axes, la méthode basée sur l'inertie ajustée nous donne 71,83%.

Il ressort du tableau 29 que le premier axe représente 41,21 % de l'inertie ajustée, tandis que le deuxième axe enregistre 30,61 % (Fig.42). Ces deux axes expliquent la majeure partie de la variation du nuage de points des arbres productifs des arbres non mis en valeur (68 sujets et 7 variables).

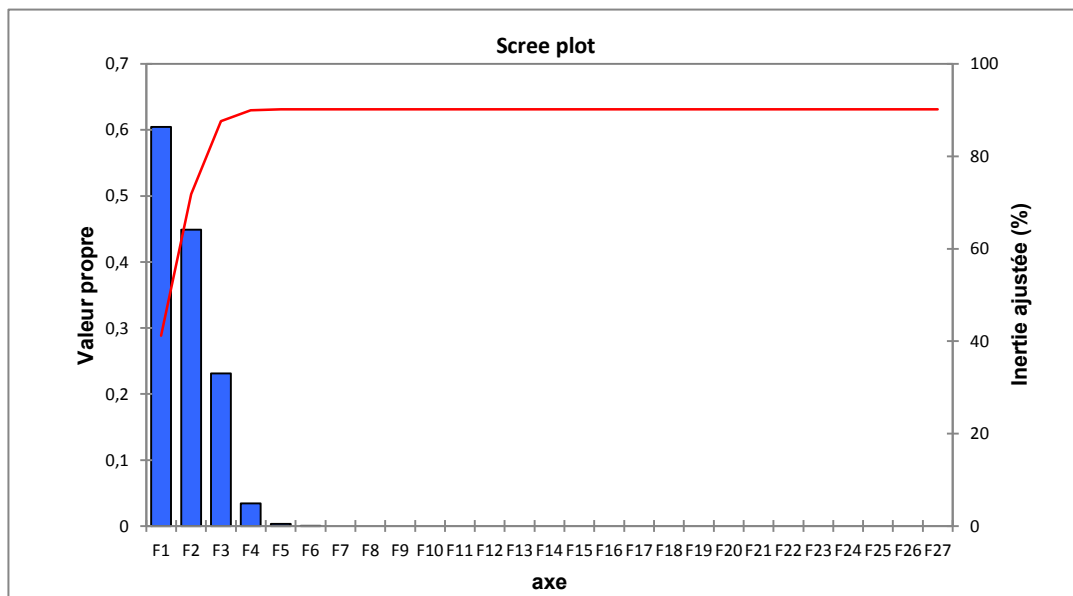


Figure 42: Le scree plot de Catell utilisant les % d'inertie ajustée

La représentation des variables dans le plan factoriel F1 et F2 est illustrée dans la figure 43.

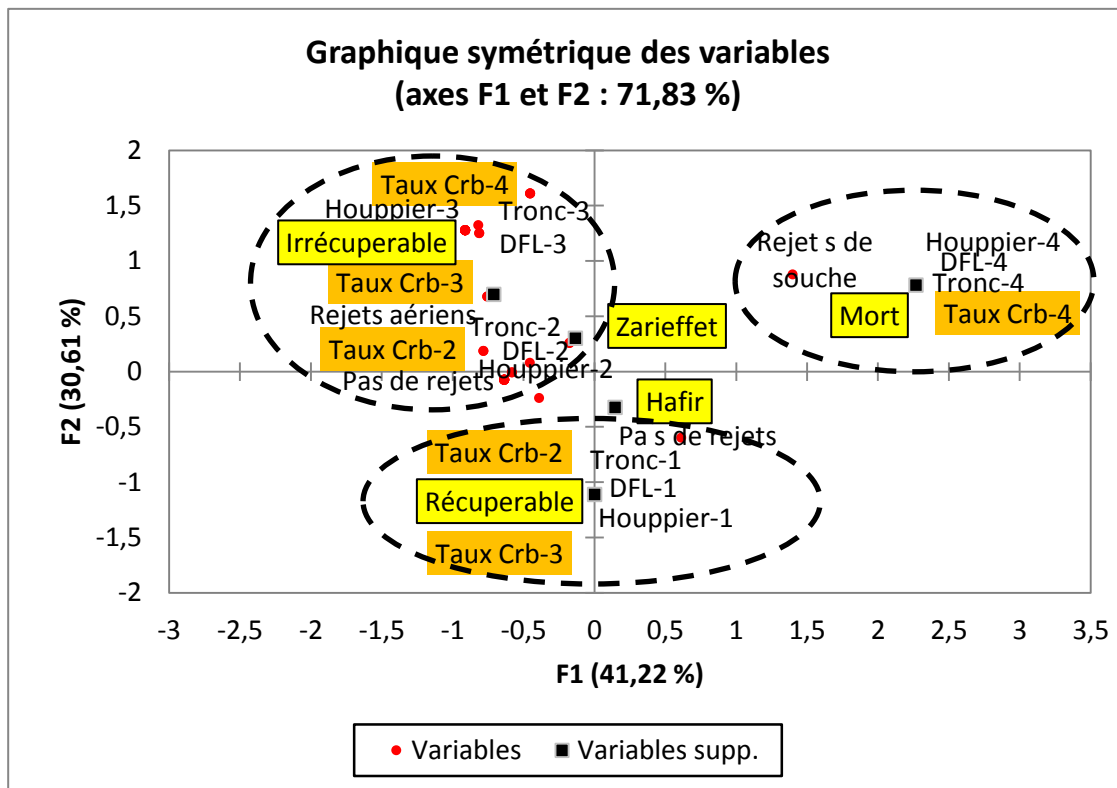


Figure 43: Représentation dans le plan factoriel F1 x F2 (graphe symétrique) du taux de carbonisation et les symptômes qui en découlent

IV.1.4.4-Interprétation des axes

La même remarque citée pour le liège de reproduction concerne aussi le liège mâle sur les deux plans factoriels que ce soit sur les arbres-échantillons de Hafir ou de Zarieffet :

-Dans le premier axe 1 (F1), les arbres morts sur pieds s'opposent aux arbres vivants récupérables et vivants irrécupérables.

-Dans le deuxième axe(F2), les arbres morts et ceux irrécupérables s'opposent aux arbres récupérables.

Parmi les facteurs contribuant fortement aux deux axes et constituant en même temps les conséquences du taux carbonisation sur l'aspect de l'arbre en générale, nous citons en particulier :

-Pour les arbres récupérables, le liège mâle semble être plus résisté au feu que le liège de reproduction. Selon Dehane et al (2015), l'épaisseur de la croûte est en générale plus

supérieure que celle du liège de reproduction (7mm contre 3 mm en moyenne), cette caractéristique fait que la chaleur de l'incendie carbonise longtemps sur le phloème mort puis atteint lentement l'épaisseur du liège sans autant arriver à détériorer le liber et le cambium malgré l'intensité du feu (Taux de carbonisation 2 et 3) (Pl.17). La température ainsi absorbée au niveau du tronc est très peu interceptée dans la partie supérieure du houppier (Houppier1 et DFL1). Ce stress n'aboutit à rompre la circulation de la sève (Pas de rejets).



Planche17 : Arbres récupérables au liège intact, la croûte a seulement carbonisé

- **Pour les arbres irrécupérables**, se sont la taille des fissures du liège et les caries sur le tronc au moment du passage de l'incendie qui vont guider le mode de propagation des flammes (Taux Crb2, 3 et 4). Moins le liège est fissuré, moins le liber est blessé par le feu (Tronc2, Taux Crb2). Plus les crevasses sont larges plus les flammes vont s'alterner et augmenter le pouvoir calorifique du bois (Liber-aubier-cambium) jusqu'à atteindre le houppier le long du fût et qui vont permettre à la combustion de s'amorcer à ce niveau (Taux Crb 3 et 4, Tronc 3 et 4, DFL 2 et 3). La même chose, sur ces sujets, la circulation de la sève a été plus au moins affectée et le blocage au niveau de la souche à engendré des rejets partout sur l'arbre (rejets de souche et aériens). Ces sujets rescapés se présentent sous une forme affaiblie ou dépérissante et peuvent même virer vers la mort de la tige.

Pr les arbres morts sur pied, le temps de combustion était plus intense ce qui a engendré la carbonisation totale du liège et du bois au moment de l'incendie (Taux Crb4, DFL4, Houppier 4). C'est la mortalité directe du houppier et du tronc et de l'assise cambiale (réaction des racines= rejets de souche). Pour ces sujets la mortalité est restée différée quelques années après, suite à la réaction tardive de la souche (Rejets de souche).

La figure 44 synthétise la relation du taux de carbonisation du liège la pérennité de l'arbre.

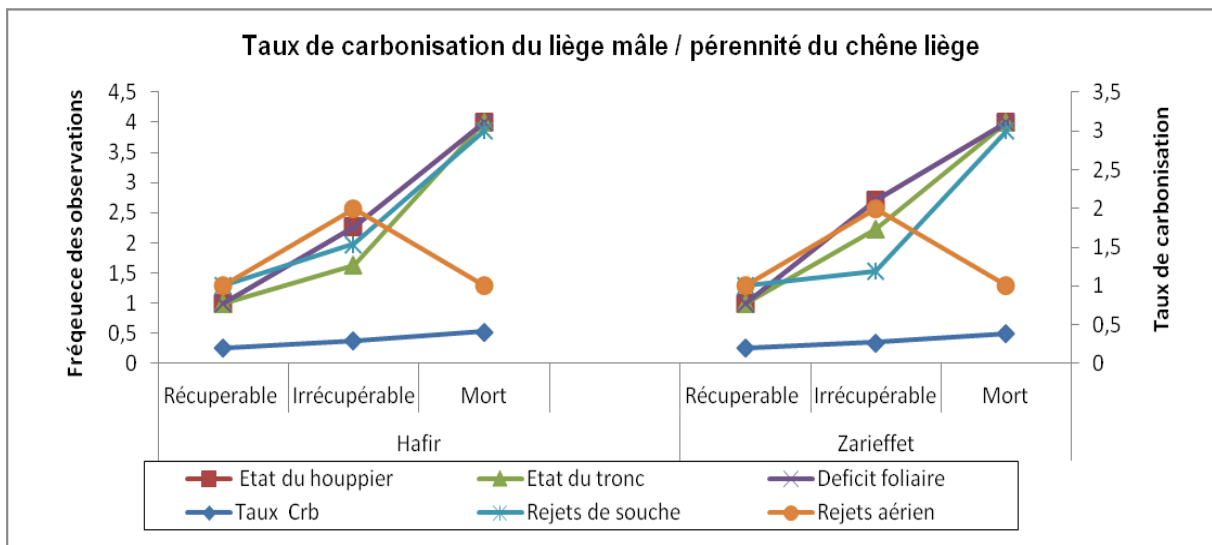


Figure 44: Mécanisme de l'impact du taux de carbonisation du liège sur la pérennité du chêne liège non mis en valeur

IV.1.5-Explications du phénomène de carbonisation du liège/ survie du chêne liège

Les études qui ont abordé la carbonisation du liège en associant sa pérennité sont très rares voire absentes. En effet, la carbonisation du liège mâle et de reproduction ne peut être dissociée des caractéristiques physiologiques et physiques des deux subers (Tab.30).

Tableau 30 : les caractéristiques physiologiques et physiques des deux subers

Paramètres	Liège mâle Hafir-Zarieffet	Liège de reproduction Hafir-Zarieffet
Densité (g/cm ³)	0,30-0,35 Avec Test	0,15-0,20 Avec Test
Défaut du liège : liège clouté liège ligneux, la dureté	Très marqué	Moins marqué
Croûte	3mm à 7mm	1mm à 3mm
Elasticité	Très élastique	Moins élastique
Crevasses	Très crevassé	Moins crevassé
Epaisseur du liège	Très épais (>30mm)	Mince (<25mm)

Selon Saccardy (1937), la résistance ou la mortalité des parties aériennes (houppier et tige) dépendent étroitement de l'épaisseur du liège au moment de l'incendie.

Lamey (1893) stipule qu'un liège qui n'est pas suffisamment mure (âgé de 5 ans (5 accroissements complets)), la mortalité par incendie peut atteindre 50% des arbres dans cette catégorie alors qu'elle est seulement de 2% pour un liège âgé de 12 ans.

Ce décalage entre les mêmes sujets du même peuplement et de la seule forêt est du essentiellement que les caractéristiques fonctionnels (physiologiques et physico-mécaniques) du liège n'étaient pas à leur optimum lors de l'éclatement de l'incendie.

Les deux forêts Hafir-Zarieffet constituent deux suberaies de montagne à saison végétative tardive, le liège produit annuellement (mâle ou de reproduction) est dominé par le suber été-automne plus que le suber du printemps-été (Dehane, 2006 et 2012). Ce mécanisme physiologique fait que les parois cellulaires du liège mâle soient plus épais que ceux de reproduction, puisque le premier type de liège prend un temps considérable pour être mis en valeur (en moyenne après 45 à 50 en Algérie alors que le second suit une périodicité de 12 ans).

1-Durant ces 45 à 50 ans, le liège mâle croît annuellement de 3 à 4 mm/an, puis décline pour atteindre 0,3 à 0,8mm/an pour les arbres adultes (80 à 100 ans) (Natividade, 1956). Dans les deux cas de figures (arbre jeune ou adulte), le liège mâle sous défaut d'être démasclé à temps contient un cumul hétérogène de croissance du suber qui est parsemé par un excès de défauts

qui déclinent son utilisation industrielle. Par contre face au feu de forêt, ces défauts jouent un rôle majeur dans l'amortissement ou l'accélération des flammes

- La densité du liège qui est le rapport entre le poids d'un corps et le volume qu'il occupe varie selon le type de liège. En effet, le liège de reproduction est moins dense que le liège mâle, soit 0,16 à 0,20 g/cm³ contre 0,25 à 0,35 g/cm³. La croûte, représente 25 % du poids en montagne et 10 à 15 % en plaine (Sesbou et Hachmi, 1989).
- A ces deux paramètres (densité et épaisseur de la croûte) viennent se superposer d'autres défauts. On cite l'inclusion dans le liège, des tissus libériens et phellodermiques et aussi la présence de sclérenchymes dans le liber. Ces deux paramètres sont appelés communément liège clouté ou ligneux (Saccardy, 1937).
- La présence de ces quatre paramètres sur le liège mâle (densité et épaisseur de la croûte, liège clouté et ligneux) font que ce type de liège devient très dur et très élastique (un rapport h/l réduit et la quantité d'air est peu comprimée à l'intérieur des cellules).
- Face au feu, ce type de liège est très exposé à la température de combustion du fait de la présence des quatre paramètres cités auparavant, mais très freiné par le manque d'oxygène dans les assises subéreuses profondes et qui vont s'interférer à la propagation de l'incendie vers le liber ((Mr Dehane, Comm. pers.).
- Puisque le liège mâle est fortement crevassé à cause de la croissance rapide des anneaux ligneux et subéreux sur un diamètre de tronc plus petit, pour ce type d'arbre le feu va longer ces ouvertures longitudinales et attaquer rapidement le liber et le tuer.

2-Pour le liège de reproduction (Hafir-Zarieffet), la combustion du liège ou le taux de carbonisation suit le même cheminement que liège mâle sauf que c'est un tissu subéreux au qualité améliorée par le démasclage puis l'écorçage périodique. Ce type de suberculture réduit les défauts cités au paravant mais ne s'opposent pas à la carbonisation du suber. Certains paramètres peuvent intervenir :

- En effet, la croissance annuelle du liège de reproduction est plus homogène (cellules rectangulaires aux parois moins comprimés et à quantité d'air bien répartie sur le rapport h/l) (Dehane, 2006). Ce fait assure une certaine souplesse qui va faciliter la combustion du suber sur une certaine profondeur.

- Le phénomène est accentué par la présence des crevasses sur le tronc et aussi par les gros pores qui traversent le liège ce qui constituent des conduites directes pour les flammes vers les assises cambiales sous-jacentes et par conséquent la mortalité de la tige ((Mr Dehane, Comm. pers.).
- La présence du liège vert (présence d'eau dans les parois cellulaires) peut réduire la carbonisation du liège.
- Un autre cas majeur, fait que l'exploitation du liège rend vulnérable la résistance de l'arbre aux effets du feu. Selon (Barberis et al.,2003), sur 200 arbres inventoriés (âges différents), la mortalité totale était moins de 10% sur les sujets qui n'ont jamais été démasclés durant 30 ans tandis qu'elle était de 40% sur les individus périodiquement levés.
- Une mise en défends est primordiale pour lutter contre le pâturage avec des travaux périodiques de nettoyages et d'entretien.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude de l'impact de la carbonisation du liège sur la pérennité du chêne liège n'a jamais été évoquée en Algérie et même ailleurs. Cette problématique a été traitée dans deux suberaies des monts de Tlemcen à savoir Hafir et Zariéffet. A partir de 137 arbres rescapés après deux incendies datant de 2005 pour Hafir et pour Zariéffet, trois catégories d'arbres se sont maintenues dans les deux parcelles prises comme zone d'étude :

- 1- **Les sujets récupérables (du liège mâle et de reproduction)** présentant une cime verdoyante et étalée avec un apex garni de feuilles gisant sur un tronc sans blessures ni de cavités. Le passage de l'incendie a été absorbé en premier par la croûte puis par l'épaisseur du liège sans autant détériorer la circulation de la sève au niveau de l'assise cambiale. Ces arbres sont qualifiés de sains, après 12 ans, ils n'ont produit aucun rejet post-stress. Le taux de carbonisation du liège est en moyenne de l'ordre de 16% pour le liège de reproduction et 14% pour le liège mâle.
- 2- **Les sujets irrécupérables (du liège mâle et de reproduction)** ont résisté à l'incendie en perdant un taux important de leur apex et de leur feuillage et en colportant des blessures et des cavités au niveau du tronc. L'impact de l'incendie a été au début favorisé par les crevasses du liège mâle et la déhiscence du liège de reproduction. Ces individus sont qualifiés d'affaiblis et de dépérissants, après plus de 10 ans, ils n'arrivent pas à reconstituer leur cime et fermer leur houppier. Les blessures qu'ils portent témoignent de l'intensité du stress qu'ils ont vécu. Ces arbres ont réagi plus au moins par la production des rejets aériens ou de souche. Le taux de carbonisation du liège est en moyenne de 30% pour le liège de reproduction et 42% pour le liège mâle.
- 3- **Les sujets morts sur pied (du liège mâle et de reproduction)** suite à une carbonisation totale de la croûte, du liège et de l'assise cambiale et par la suite de l'apex et du feuillage, ont résisté ces 10 ans en produisant de forts rejets de souche. Ces sujets doivent faire l'objet d'un suivi et d'un traitement sylvicole particulier en recevant les troncs morts et en gardant les rejets d'avenir bien droit. Le taux de carbonisation du liège est en moyenne de 51% pour le liège de reproduction et 56% pour le liège mâle.

Globalement selon notre opinion, ces taux réduits ou élevés de carbonisation sont très liés aux caractéristiques fonctionnelles de chaque suber à savoir : la densité du liège, l'épaisseur de la croûte l'inclusion dans le liège, des tissus libériens et phellodermiques et aussi la présence de sclérenchymes dans le liber. D'autres facteurs peuvent interférer comme l'épaisseur du liège au moment de l'incendie, la hauteur des arbres, la circonférence et le nombre de levée.

Perspectives

A près un incendie, dans la plupart des suberaies s'installe un nouveau paysage qui va remplacer le décor sinistre soit une quantité importante de maquis, de drageons et de rejets à coté des sujets restés vivants, blessés qui commencent à régénérer un nouveau houppier. Devant de telle situation le gestionnaire doit être attentif en appliquant une stratégie de temporisation en laissant la nature faire son droit mais toute en garantissant un accompagnement de la régénération naturelle qui va assurer le renouvellement des peuplements et le rajeunissement des suberaies dépérissantes. Cette stratégie repose sur les travaux suivants :

- Faciliter l'accès aux peuplements qui ont survécu aux incendies par des opérations de débroussaillage manuel ou mécanique afin de les protéger d'un éventuel incendie.
- Elimination des rémanent de coupes
- Dégager la régénération naturelle qui peigne sous le sous bois.
- Elimination par des coupes sanitaires des arbres trop blessés sans valeur (source de champignons pathogènes) et maintien des sujets vivant par des coupes d'élagages des branches sèches et mortes (Taille de formation).
- L'espace créé entre ces arbres favorisera une croissance radiale et subéreuse équilibré et une écorce droite sans branches.
- Sélection des rejets de souche d'avenir en éliminant les plus chétifs.
- Faire un sondage de la qualité du liège selon le degré de carbonisation de celui-ci.
- Faire la levée du liège brulée uniquement sur les sujets qui se sont régénérée d'une manière vigoureuse.

- Démascler le liège mâle sur les sujets arrivé à maturité dont le tronc est exempt de blessures graves.
- Dans tous les cas si le gestionnaire estime qu'un nouveau départ végétatif est utile pour tous les peuplements rescapés d'incendie, il serait préférable de recéper tous les arbres pour bénéficier des capacités de l'arbre à rejeter de souche et favoriser la production du liège mâle d'ici 20 ans.



Un rejet de souche qui doit être accompagné



Un jeune sujet liège mâle qui nécessite une coupe de formation



Un sous bois très épineux qui étouffe les drageons du chêne liège



Une capacité étonnante de régénération qui mérite un suivi



Des jeunes lièges mâles récupérables

Références bibliographiques

- ✚ **A.E.F.C.O.,1914-** (**Administration des eaux et forêts de la conservation d'Oran**), Description des peuplements de la forêt domaniale de Zariéffet. Cantonnement de Tlemcen. Non paginé.
- ✚ **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., 2002-** La subéraie - biodiversité et paysage. Vivexpo biennale du liège et de la forêt méditerranéenne. Colloque biodiversité et paysage, Vivès, (Perpignan). 5p.
- ✚ **Amandier L., 2004-** Le comportement du chêne liège après l'incendie: conséquences sur la régénération naturelle des subéraies. Actes du colloque international "Le chene 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.
- ✚ **Aubert G, & Monjauze A., 1946 -** Observations sur quelques sols de l'Oranie Nord-Occidentale - Influence du déboisement, de l'érosion, sur leur évolution (I) Compte-rendu du sommaire des Séances de la Société de Biogéographie , t.23, no199,pp. 44-51.
- ✚ **Bagnoule F. et Gausson H, 1953-**Saison sèche et indice xérothermique. 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. — pp. 161-176.
- ✚ **Belahbib N., Ouassou O., Dahmani J. & Douira A., 2005 -** Contribution à l'étude de l'introgression génétique entre *Quercus suber* et *Q. rotundifolia* (Lamk.) Trabut au Maroc par l'utilisation des marqueurs microsatellites. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie, n°26 ,27, 31-34
- ✚ **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),pp :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., 1950 -**Economie forestière Nord-Africaine. Monographie et traitement des essences. Ed. Larose-ris.pp29-249.
- ✚ **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.
- ✚ **Boudy P., 1955 -** Economie forestière Nord-africaine : Description forestières de l'Algérie et la Tunisie .Ed.Larose , Tome IV ,Paris ,483p
- ✚ **Bouhraoua R.T., 2003 -** Situation sanitaire de quelques forêts de chêne –liège de l'ouest algérien. Etude particulière des problèmes posés par les insectes. Thèse. Doct. Dept. Forest. Fac.Sci.,Univ.Tlemcen , 267 p.
- ✚ **Bouhraoua R.T., 2013-** Effet de la récurrence des feux sur la dégradation paysagère, l'altération sanitaire et la réduction de la production du liège de la suberaie du massif forestier de Hafir-Zarieffet (Tlemcen, Algérie). 2^e rencontre méditerranéenne gestionnaires-industriels-chercheurs sur les suberaies et la qualité du liège Université de Jijel (Algérie) – 18 & 19 octobre 2011
- **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, n " 94, 1984, pp . 30-35.
- ✚ **Bricheteau J., 1954-** Esquisse pédologique de la région de Tlemcen-Terni. Annales Institut Agronomique. **8(3)** : 28 p
- ✚ **C.F.W.T, 1996-**Répartition des forêts domaniales de la circonscription par district et par commune. Circonscription de Tlemcen, 4p.
- ✚ **C.F.W.T., 2017-** Bilan exploitation du liège des forêts de Hafir-Zarieffet. Circonscription de Tlemcen.
- ✚ **C.O.I.T., 1900-** Conservation d'Oran,Inspection de Tlemcen. Fascicule de propriété de la forêt domaniale de Hafir. Cantonnement de Tlemcen, Non paginé
- ✚ **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.
- ✚ **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^{ère} journées techniques sur le chêne liège. Parc national d'El KALA,pp-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,2012**- Fascicule de gestion de la forêt de Hafir et de Zariéffet.5p.
- ✚ **CWFT., 1995** - Bilan exploitation du liège dans la forêt de Zariéffet. Circonscription de Tlemcen.1p
- ✚ **CWFT., 2017**- Fiche technique de la Forêt de Hafir et de Zariéffet.3p.
- ✚ **D.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) ,p1-33.

- ✚ **De Martonne E., 1927** - Traité de géographie physique I, notions générales, hydrographie, Ed. A. Colin. Paris, 496p.
- ✚ **DeBano L.F., Neary D.G., Folliot P.F., 1998**- Fire effects on Ecosystems. John Wiley and Sons, Inc.: New York, NY.
- ✚ **Debrach J., 1953**- Notes sur les climats du Maroc occidental. Maroc médical 32 (342), pp. 1122-1134p

- ✚ **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
- ✚ **Dehane B., Madrigal J., Hernando C.et Guijarro M., 2015**-New bench-scale protocols for characterizing bark flammability and fire resistance in trees: Application to Algerian cork. *Journal of Fire Sciences* 2015, Vol. 33(3) 202–217.
- ✚ **DGF., 2014**-Synthèse du bilan des feux de forêt 2013.réunion de la commission nationale de protection des forêts 28p.
- ✚ **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.

- ✚ **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.
- ✚ **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., 1939-** Aperçu général sur la végétation du Maroc .Soc.Sci .Nat. Maroc, 40 (157). Neroff. Geobol. Lost. Ribel, 14 Heft, Zurich, Suisse.
- ✚ **Emberger L., 1955-** Une classification biogéographique des climats. Nature. Monspl ;Série Bot ; 7 :3-42
- ✚ **Gaouar A., 1980-** Hypothèses et réflexions sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen. Forêt méd., T II, n° 2, p.131-145.
- ✚ **Greenacre M. & Blasius J., -2006-** Multiple Correspondence Analysis and Related Methods. Boca-Raton, FL: Chapman-Hall. 608 pp. ISBN 1584886285.
- ✚ **Guijarro M., Hernando C., Diez C., Martinez E., Madrigal J., Cabaret C.L., Blanc L., Colin P.Y., Perez-Gorostiaga P., Vega J.A., Fonturbel M.T., 2002-** Flammability of some fuel beds common in the South-European ecosystems. In Forest Fire Research and Wildland Fire Safety: Proceedings of IV International Conference on Forest Fire Research, Viegas DX (ed). Wildland Fire Safety Summit, Luso, Coimbra: Portugal; 18–23.
- ✚ **Harrachi K., 2000** - Investigation sur les causes de dépérissement du chêneliège
- ✚ **IML., 2006-** Evolution des suberaies après incendies. Institut méditerranéenne du liège.VIVES.
- ✚ **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. n°6.p12-21.
- ✚ **Lamey A., 1893** - Chêne liège : sa culture et son exploitation. Levrault et C^{ie}, Nancy.pp.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.
- ✚ **Liodakis S., Vorisis I.P., Agiovlasis I.P., 2005-** A method for measuring the relative particle fire hazard properties of forest species. Thermochemica

- ✚ **Lombardini ., 2012** - Rénover et gérer les forêts provençales de Chêne-liège.12p.
- ✚ **M' hirit O., 1993** - Biodiversité et conservation in situ au Maroc. Réseau des ressources phylogénétiques pour la zone de l'Asie et de l'Ouest et de l'Afrique du Nord,4-8 Octobre,1993.Smyrne.Turquie.5p.hirit
- ✚ **Machouri N., 2009** - Changement de mode de vie de la population et conséquences sur la durabilité desressources forestières, le cas des communes rurales de sidi Bettache et Bir Ennasr (province deBenslimane). Revue de Géographie du Maroc N°1-2, volume 25, nouvelle série, pp. 131-146
- ✚ **Maire R.,1961-** flore de l'Afrique du nord.VOL 7 Paul le chevalier ,paris,329p
- ✚ **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.
- ✚ **Musset, R. 1935-** Les régimes pluviométriques de la France de l'Ouest .Vo XLIV, pp.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, 2006, 30.1: 25-34.
- ✚ **Ozenda P., 2000** - Les végétaux, oraganisation et diversité biologique, 2^{ème} 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.Amandier 2004 ;
- ✚ **Pausas J.G., 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.
- ✚ **PNT, 2015-** Parc National de Tlemcen . **brochure. 4p.**
- ✚ **Pouillaude C.H., 1952-** Le liège et les industries du liège, tome1, Les impressions techniques, Paris, 1952.
- ✚ **Prodon R., Fons, R. & Athias-Binche, F., 1989-** Impact écologique des incendies sur la faune des subéraies. Scientia gerundensis, 1 5 (1 85 -1 88).

- ✚ **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. Claredon 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.
- ✚ **Sahar O. et Meddour R., 2016-** Analyse des stratégies de gestion des incendies de forêts en Algérie. Atelier sur les incendies de forêt et changement climatique.Slides.
- ✚ **Saimi F., 2004 –** Contribution à l'étude de la faune entomologique de trois espèces de chêne : chêne vert, chêne liège et chêne zeen dans les massif forestier Hafir et Zariéffet
- ✚ **Saoudi I., 2016-** Contribution à l'étude du comportement de chêne liège après incendie dans la forêt de Zariéffet. Memoire master. Dept des Ressources Forestières. Fac SNV-STU. Tlemcen.-Algérie. 96p
- ✚ **Sari D., 1976-** L'homme et l'érosion dans l'Ouarsenis (Algérie).Ed.SNED.224p.
- ✚ **Sauvage C., 1960 -** Flore des subéraies marocaines (Catalogue des Cryptogames vasculaires et des Phanérogames). Trav. Inst. Sci. Chérif. Bot., 22, 252 p.
- ✚ **Sauvagnac G., 1956 -** Les forêts domaniales d'Hafir et de Zariéffet. *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.
- ✚ **Sesbou A. et Hachmi M., 1989-** le liège, caractéristiques technologiques et utilisation, p : 20, ENFI., Salé.
- ✚ **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), pp. 9-16.
- ✚ **Thinthoin R., 1948-** Les aspects physiques du telle. 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, pp. 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* t. XXV, n° 4, pp :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-enProvence.
- ✚ **Vieira J., 1950-** Subericultura. *Dir. Geral. dos Serv. Florestais e Aquícolas*. Lisboa. 387 p.
- ✚ **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.
- ✚ **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, phréologiques 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

Annexe

Tableau 1: Zarieffet Liège mâle

N:arbre	Haut(m)	cir (cm)	EDSH houppier	DDSC cambium	Epaisseur	Souche	Aériens	DFL
12	16	55	C1	C2	30	0	x	2
13	5	58	C1	C1	32	0	x	1
14	3	45	C4	C1	25	0	x	2
15	5	65	C4	C1	32	0	x	2
16	5	58	C1	C1	28	0	x	1
20	8	68	C1	C1	32	1;h=2,5m ;d=18cm	x	1
21	5	56	C1	C1	32	0	x	1
23	6	50	C4	C1	35	0	x	3
24	5	42	C1	C1	22	0	x	3
25	7	42	C4	C1	25	0	x	3
29	8	51	C4	C1	32	0	x	3
30	4	43	C4	C1	30	1;h=50cm d=1cm	x	3
31	4	39	C4	C1	29	3;h=60cm; d=0,7cm	x	3
32	9	93	C4	C3	36	0	x	3
33	4	57	C4	C1	33	0	x	3
34	4	47	C4	C1	30	0	x	3
35	4	55	C4	C2	35	0	x	3
36	8	74	C4	C1	32	0	x	3
37	7	43	C4	C1	27	0	x	3
38	8	66	C4	C1	28	0	x	3
39	5	55	C4	C3	29	0	x	3
48	4	63	C4	C1	30	0	x	3
51	6	45	C1	C2	30	0	x	1
53	5	55	C1	C1	35	0	x	2
54	9	53	C1	C1	31	0	x	1
55	5	45	C4	C1	35	0	x	3
56	6	43	C4	C1	35	0	x	2
57	7	47	C4	C1	35	0	x	3
58	8	48	C4	C1	32	0	x	2
59	10	52	C4	C1	30	0	x	2
60	7	58	C4	C1	48	0	x	2
M1	5	35	C4	C3	25	1; h=40cm, d=1cm	0	4
M2	8	55	C4	C3	30	2;h=60cm ;d=1,5	0	4
M3	6	45	C4	C3	29	1;h=55cm ,d=2cm	0	4
M4	8	45	C4	C3	28	3;h=60cm; d=1cm	0	4
M5	5	40	C4	C3	30	2;h=40cm;d=2	0	4

Tableau 2 : Zarieffet liège de reproduction

N:arbre	Haut (m)	H ecor (m)	Cir (cm)	EDSH houppier	DDSC cambium	Epaisseur	souche	Aériens	DFL
1	12	5	200	C1	C3	54	0	x	1
2	12	2,4	185	C1	C2	29	0	x	1
3	8	2,1	77	C1	C2	24	0	x	1
4	10	5	148	C4	C1	12	0	x	3
5	10	4	160	C4	C1	27	0	x	3
6	10	5	128	C4	C2	22	0	x	3
7	12	5	116	C1	C1	28	0	x	2
8	5	1,9	73	C4	C1	26	0	x	3
9	10	4	108	C4	C1	17	0	x	2
10	7	2,2	80	C4	C3	29	1;h=2m ;d=28cm	x	3
11	8	1,6	70	C4	C2	27	0	x	2
17	14	1,9	160	C1	C1	38	0	x	1
18	10	1,7	110	C1	C2	38	1;h=1m ;d=27cm	x	1
22	10	1,5	138	C4	C3	36	0	x	3
26	8	1,7	45	C4	C2	19	0	x	3
27	7	1,1	65	C4	C1	29	1;h=2m ;d=27cm	x	3
40	6	1,7	78	C1	C1	30	0	x	1
41	7	1,6	83	C1	C1	25	0	x	1
42	8	1,75	74	C4	C1	28	0	x	2
43	5		53	C4	C1	29	0	x	3
44	5	1,6	58	C4	C1	25	0	x	3
45	9	1,9	77	C4	C1	26	0	x	4
46	9	1,7	104	C1	C2	30	0	x	1
47	5	1,6	63	C4	C2	26	0	x	3
49	11	2,15	101	C1	C2	30	0	x	1
50	9	1,55	103	C1	C2	24	0	x	1
52	7	1,5	54	C4	C2	38	0	x	2
M3	7	1,55	65	C5	C3	15	2;h=1,5m; d=20cm	0	4
M4	8	1,65	58	C6	C4	17	3;h=2m ;d= 35cm	0	4
M5	8	1,7	57	C7	C5	16	1;h=1m; d=12cm	0	4
M6	5	1,4	52	C8	C6	20	2;h=2,5; d= 35cm	0	4
M1	10	1,55	95	C4	C3	12	1;h=4m ;d=30cm	0	4
M2	8	1,5	37	C4	C1	9	2;h=1m ;d=3cm	0	4

Tableau 3 : Hafir liège de reproduction

N:arbre	Haut(m)	H ecor (m)	cir (cm)	EDSH houppier	DDSC cambium	Epaisseur	souche	aériens	DFL
1	8	1,7	112	C4	C1	31,5	0	x	2
11	10	1,73	103	mort	C3	28	1;h=6m d=50cm	0	4
13	8	1,7	87	mort	C3	23	1;h=4m d=70cm	0	4
15	12	1,80	177	C1	C2	45	0	x	1
18	9	2,3	87	C1	C1	35	0	x	1
19	12	2	120	C1	C2	36	0	x	2
21	13	1,8	183	C1	C1	29	0	x	2
22	6	2,1	91	C4	C3	32	0	x	3
23	9	2,1	65	C4	C3	36	0	x	2
24	10	1,9	138	C1	C1	25	0	x	1
26	10	2,1	120	C4	C2	29	0	x	2
27	8	2,1	116	C4	C2	42	0	x	3
28	12	1,8	100	C1	C2	45	0	x	1
29	11	2,2	104	C1	C1	38	0	x	1
30	8	1,7	77	C1	C1	37	0	x	1
31	9	1,9	143	C1	C1	49	0	x	1
32	8	1,5	92	C1	C1	39	0	x	1
38	5	1,33	73	C4	C1	37	0	x	2
40	7	1,8	91	C1	C2	40	h=1,5m d=18cm	x	1
41	8	1,6	100	C1	C1	35	h=2,5m d=30cm	x	2
42	5	2	97	C4	C3	45	h=3m d=27cm	x	3
43	9	1,7	98	C4	C1	35	0	x	2
44	9	1,7	94	C1	C1	35	0	x	1
45	9	1,65	140	C1	C2	42	0	x	1
46	5	0,9	84	C4	C1	35	0	x	2
47	8	0,9	126	C1	C1	35	0	x	1
48	10	1,8	221	C1	C3	50	0	x	1
49	7	1,2	121	C4	C1	40	0	x	2
50	9	1,45	69	C1	C1	45	0	x	1
51	10	1,85	121	C4	C2	50	0	x	3
M1	7	1,75	75	C4	C3	33	2;h=2m d=22cm	0	4
M2	8	1,85	95	C4	C3	25	2;h=2,5m d=25cm	0	4
M3	6	1,75	85	C4	C3	28	1;h=3m d=30cm	0	4
M4	7	1,9	87	C4	C3	20	2;h=2,5m d=30cm	0	4
M5	9	2,2	110	C4	C3	18	1;h=3m d=35cm	0	4

Tableau 4 : Hafir liège Mâle

N:arbre	Haut(m)	H ecor (m)	cir (cm)	EDSH houppier	DDSC cambium	Epaisseur	souche	aériens	DFL
2	3,5		74	C4 (C3)	C1	25,5	0	x	3
3	4		62	C1	C1	19,38	0	x	2
4	7		72	C1	C1	17,35	0	x	1
5	9		88	C1	C1	25,42	6	x	1
6	5		107	C4	C3	34	0	x	2
7	11		110	C1	C1	42	0	x	1
8	7		75	C1	C1	46,84	0	x	1
9	5		60	C4	C1	22,19	2;h=4m d=20cm	x	3
10	9		82	C1	C1	27,85	0	x	1
12	9		85	C1	C1	42	0	x	2
17	10		87	C1	C1	61	0	x	1
25	8		85	C1	C1	33	1;h=2,5m d=16cm	x	1
33	8		68	C1	C1	35	0	x	1
34	6		60	C1	C1	39	0	x	1
35	9		66	C1	C1	33	0	x	1
36	9		87	C1	C1	42	0	x	1
37	8		78	C1	C1	42	0	x	1
52	6		77	C1	C1	42	0	x	1
53	8		77	C1	C1	42	0	x	3
54	7		79	C1	C1	45	1;h=2m d=17cm	x	2
55	7		97	C1	C1	45	1;h=3m d=24cm	x	1
56	5		50	C1	C1	29	0	x	1
57	6		87	C1	C1	55	1;h=0,8m d=4cm	x	1
58	7		56	C4	C1	45	0	x	2
59	7		79	C4	C1	34	0	x	2
60	8		71	C1	C1	40	0	x	1
61	5		75	C1	C1	45	0	x	2
16	5		69	C4	C1	28	41	x	x
M1	9		85	C4	C3	38	3;h=3m d=28cm	0	4
M2	7		75	C4	C3	40	2;h=1,5m d=24cm	0	4
M3	8		72	C4	C3	45	3;h=2,5m d=25cm	0	4
M4	5		52	C4	C3	35	2;h=2m d=30cm	0	4
M5	4		55	C4	C3	30	1;h=2m d=27cm	0	4