



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



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

Département des ressources forestières

MEMOIRE

Présenté par

BAKHTI Djihane Amira

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En : Ecologie, gestion et conservation de la biodiversité

Thème

***Récupération post-incendie du chêne-liège (*Quercus suber* L.)
dans la région de Tlemcen –Forêt d'Yfri-***

Soutenu le 13/10/2020 devant le jury composé de :

Président	BELHOUCINE Latifa	Pr	Université de Tlemcen
Encadreur	BOUHRAOUA Rachid Tarik	Pr	Université de Tlemcen
Examineur	DJABEUR Sabéha	MCB	Université de Tlemcen

Année universitaire 2019/2020

Remerciements

Louange à Dieu, Seigneur tout puissant de m'avoir aidé pour venir au terme de ce travail, de surmonter toutes les difficultés et de m'avoir accordé ce privilège pour suivre le chemin de la science et du savoir.

*Mes premiers mots de remerciements et de reconnaissance, vont vers mon encadreur, le Professeur **Rachid Tarik BOUHRAOUA**, qui a mis à ma disposition tous les moyens nécessaires à l'aboutissement de ce travail. Il s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire. Ainsi pour sa patience, sa générosité, l'aide inestimable qu'il m'a apporté sur le plan scientifique, sa rigueur pour le travail bien fait et pour ses suggestions pertinentes dans la recherche et surtout sa disponibilité.*

*Je tiens à exprimer également, ma profonde gratitude à madame **Belhoucine Latéfa**, Professeure à l'université de Tlemcen, qui m'a fait l'honneur de présider mon jury de mémoire, à madame **Djabeur Sabéha** maître de conférences B à l'université de Tlemcen pour avoir accepté d'examiner ce travail. Je leur adresse ma profonde reconnaissance pour leurs temps consacré à l'examen de ce travail.*

Je tiens à remercier également le corps des enseignants et le personnel du Département de Foresterie, de l'université de Tlemcen.

J'apporte des remerciements pleins de tendresse à mes très chers parents et mes frères qui ont toujours été derrière moi, et m'ont toujours soutenu.

Que toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, trouve aussi l'expression de mon entière gratitude.

BAKHTI Djihane Amira

Dédicaces

*Grâce à **DIEU** tout puissant, qui a illuminé ma route et m'a donné la volonté de poursuivre le long chemin des études, je dédie ce travail :*

*En particulier, à mon très cher père **BAKHTI DJAAFER**, pour son appui, son soutien et son aide durant la rédaction et la réalisation de ce mémoire,*

*A ma très chère mère **AISSAOUI NAIMA** pour son amour, sa patience et son support dans les moments difficile,
Je ne les remercierai jamais assez pour leur compréhension,
confiance, courage, amour et sécurité,*

*à mes chers frères **RAFIK** et **MOHAMMED EL MOUNIR**,*

*à ma très chère **SOULEF**,*

*à mes chères copines **Marwa, Rym, Nadia et Wafaa***

*à toute ma promotion **EGCB 2019-2020** ;*

Amira

Sommaire :

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

Chapitre I : Généralités sur les incendies de forêt

Introduction	3
1. Définitions	3
1.1. Le feu	3
1.2. L'incendie	3
2. Différents types de feu de forêt	3
3. Causes des feux de forêts	5
3.1. Causes naturelles (foudre)	5
3.2. Causes humaines	6
3.2.1. Les causes Involontaires :	6
3.2.2. Les causes volontaires :	7
4. Modes de propagation des incendies de forêts	8
4.1. Propagation par transmission de chaleur	8
4.1.1. Transmission par conduction	8
4.1.2. Transmission par rayonnement thermique ou radiation	9
4.1.3. Transmission par convection	9
4.2. La propagation par déplacement des substances en combustion	10
5. Facteurs influençant la propagation des incendies de forêt	10
5.1. Caractéristiques du combustible (végétation)	11
5.1.1. Structure :	11
5.1.2. Composition chimique	12
5.1.3. Teneur en eau	12
5.2. Conditions météorologiques	12
5.2.1. Les précipitations :	13
5.2.2. L'humidité relative	13
5.2.3. La température	14
5.2.4. Le vent :	14
5.3. Facteurs topographiques	14
5.4. Les facteurs anthropiques	15

6. Caractéristiques principales du feu :	16
6.1. La fréquence de l'incendie	16
6.2. Intensité d'incendie	17
6.3. Sévérité de l'incendie	17
7. Impacts des feux de forêts.....	18
7.1. Sur les écosystèmes forestiers.....	19
7.1.1. Sur le sol.....	19
7.1.2. Sur les communautés végétales	20
7.1.3. Actions sur la pédofaune.....	22
7.2. Sur l'environnement	23
7.3. Sur l'économie forestière.....	24
8. Conséquences des incendies de forêts	25
8.1. A l'échelle mondiale	25
8.2. Dans la région méditerranéenne.....	25
8.3. En Algérie :.....	26
8.4. Dans la région de Tlemcen	27
8.5. Sur les forêts de chêne liège	27
Conclusion :	29

Chapitre II : Monographie du chêne liège

Introduction.....	30
1. Taxonomie de chêne liège	30
2. Aire de répartition.....	31
2.1. Dans le monde :.....	31
2.2. En Méditerranée	32
2.3. En Algérie :.....	32
3. Caractéristiques botaniques.....	33
4. Exigences de chêne liège :.....	37
4.1. Exigences écologiques :	37
4.2. Exigences climatiques.....	38
4.3. Exigences édaphiques	38
5. Régénération du chêne liège.....	38
5.1. Régénération naturelle.....	39

5.2. Régénération par rejets de souche.....	39
6. Intérêts des forêts de chêne liège	40
6.1. Intérêt économique.....	40
6.2. Intérêt environnemental.....	42
6.3. Intérêt social.....	42
7. Facteurs de dégradation des subéraies	42
7.1. L'incendie :.....	43
7.2. Le changement climatique :.....	43
7.3. Les Facteurs anthropiques :.....	44
7.4. Attaques parasitaires :	45
Conclusion.....	46

Chapitre III: Présentation de la zone d'étude :

Introduction.....	48
1. Situation géographique et administrative de la zone	48
.2 Situation forestière	48
3. Les aspects du milieu	50
3.1. Végétation.....	50
3.2. Topographie	50
3.3. Hydrographie	51
3.5. Pédologie	52
3.6. Climat	53
3.6.1. Températures	53
3.6.2. Précipitations	55
3.6.3. Régime saisonnier	56
3.6.4. Autres facteurs	57
4.1. Indice d'aridité de De Martonne :.....	59
4.2. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen :.....	60
4.3. Quotient pluviométrique d'Embrger:.....	61
Conclusion.....	63

Chapitre IV : Matériel et méthode d'étude

Introduction et Objectif de l'étude	64
1.Description du site d'étude	64
2.Choix des arbres	65
3. Caractérisation des placettes d'étude	65
3.1. Relevés dendrométriques.....	65
3.2. Relevés d'exploitation.....	67
3.3. Relevés sanitaires	68
3.3.1. Evaluation de l'importance de reprise végétative	68
3.3.2. Description de l'état de la cime.....	68
3.3.3. Description de l'état du tronc.....	69
3.3.4. Type de liège	69
4.Relevés sylvicoles	70
4.1. Couvert forestier.....	70
4.2. Surface terrière	71
5.Relevés pédologiques	71
6.Relevés floristiques	72
6.1. Distribution horizontale.....	72
6.2. Distribution verticale.....	72

Chapitre V : Résultats et Discussion

I.Résultats	73
1.Caractérisation de la station	73
1.1. Relevés géographiques et topographiques	73
1.2. Relevés pédologiques	73
2.Caractérisation dendrométriques :	74
2.1. Hauteur moyenne des arbres :	74
2.2. Typologie des peuplements (catégorie de bois) :	75
2.3. Recouvrement forestier de toutes les tiges de chêne liège.....	76
2.4. Densités des peuplements.....	77
2.5. Surfaces terrières :	78

3. Relevés d'exploitation	78
3.1. Hauteur d'écorçage :	78
3.2. Coefficient d'écorçage	79
3.3. Reprise végétative post-incendie :	79
4. Relevés de la végétation :	80
<i>II. Discussion</i>	81
Conclusion générale	83
Références bibliographiques	

Liste des figures :

Figure 01 : Feu de sol.....	4
Figure 02 : Feu de surface.....	4
Figure 03 : Feu de cime.....	4
Figure 04 : Saute de feu source.....	5
Figure 05 : Causes des incendies.....	7
Figure 6 : Causes de feux de forêts en Algérie.....	8
Figure 07 : Mode transfert de la chaleur.....	10
Figure 08: Rôle de la topographie et du vent sur la propagation du feu source.....	15
Figure 09 : Impact du feu sur le feuillage.....	21
Figure 10 : Écorce après incendie.....	21
Figure 11: Cycle de feux de forêt/climat.....	23
Figure 12 : Pile de liège flambé (à gauche), une partie de tronc brulé et un canon de liège flambé.....	24
Figure 13 : Evolution annuelle des superficies parcourues par le feu (période 1963-2007).....	26
Figure 14 : Distribution annuelle des superficies forestières brûlées dans la wilaya de Tlemcen entre 1980 et 2015.....	27
Figure 15 : Evolution annuelle des superficies de chêne liège (ha) parcourues par le feu.....	28
Figure 16 : Distribution du chêne liège dans son aire géographique.....	31
Figure 17 : Face adaxiale du limbe (supérieure),face abaxiale du limbe (inférieure).....	33
Figure 18 : Tronc avant démasclage (à gauche) et après démascalge (à droite).....	35
Figure 19 : Partie de tronc du chêne liège montrant la couche du liège de reproduction.....	36
Figure 20 : Pile de liège de production récolté à la forêt de Tlemcen.....	37
Figure 21 : Le chêne liège après incendie.....	39
Figure 22 : Exemples de produits issues de liège.....	41
Figure 23 : Les facteurs responsables de la dégradation de la subéraie tunisienne.....	46
Figure 24 : Etat de la végétation de la suberaie d’Ifri.....	50

Figure 25: Le réseau hydrographique d'Ain Fezza.....	51
Figure 26 : Variations saisonnières des précipitations (mm) dans la forêt d'Ifri (station : Saf-Saf).....	56
Figure 27 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.....	61
Figure 28 : Localisation de la zone d'étude dans le Climagramme du Quotient Pluviothermique d'Emberger (Q2).....	63
Figure 29 : Représentation schématique de mesure de la projection au sol des houppiers des arbres.....	66
Figure 30 : Situation des placettes d'étude (bande bleue) dans la zone incendiée en 2012	73
Figure 31: Répartition des hauteurs moyenne des arbres échantillons par placette.....	74
Figure 32 : Répartition des hauteurs dominante par placette.....	75
Figure 33 : Répartition des arbres selon les types des peuplements dans chaque placette.....	76
Figure 34 : Répartition du taux de recouvrement au sol (%) des tiges de chêne liège dans chaque placette.....	77
Figure 35 : Répartition des densités totales des tiges des 4 placettes.....	77
Figure 36 : Distribution de la surface terrière (m ² /ha) des placettes d'étude.....	78
Figure 37 : Coefficient d'écorçage moyen des arbres des 4 placettes.....	79
Figure 38: Distribution des arbres selon le taux de reprise végétative des placettes incendiées.....	80
Figure 39 : Etat général de reprise végétative des arbres.....	80

Liste des tableaux :

Tableau 01 : Exemples d'incendies d'origines humaines involontaires.....	6
Tableau 02 : Influence du taux d'humidité sur l'inflammabilité.....	13
Tableau 03 : La matrice proposée à l'origine par Ryan et Noste (1985), qui mettait en relation les changements de la végétation de surface et de la matière organique du sol avec la sévérité de l'incendie.....	18
Tableau 04 : Bilan des incendies des forêts de chêne liège dans la région Tlemcen.....	28
Tableau 05 : Répartition mondiale de la subéraie.....	31
Tableau 06 : Répartition du chêne liège en Algérie par région subéricole.....	33
Tableau 07:Relation entre âge du liège et mortalité des arbres après le premier passage d'un incendie.	43
Tableau 08 : Données géographiques de la station.....	48
Tableau 09 : Bilan des incendies de forêts de la station (période 2005-2015).....	49
Tableau 10 : Variations moyennes mensuelles des températures.....	54
Tableau 11 : Amplitudes thermiques et types de climat.....	55
Tableau 12 : Moyenne mensuelle des précipitations (période 1985-2013).....	55
Tableau 13 : Moyenne annuelle des précipitations.....	56
Tableau 14 : Régime pluviométrique saisonnier de la station.....	57
Tableau 15 : Moyennes mensuelles de la vitesse des vents en m/s, (période 2000-2015).....	58
Tableau 16 : Direction des vents.....	58
Tableau 17 : Moyennes mensuelles du taux d'humidité relative, (période 2000-2015).....	58
Tableau 18 : Influence du taux d'humidité sur l'inflammabilité.....	59
Tableau 19 : Indice d'aridité de De Martonne dans les stations d'études.....	60
Tableau 20 : Quotient Pluviothermique d'Emberger de la station.....	62
Tableau 21 : Principales classes de relevés dendrométriques des échantillons.....	67
Tableau 22 : Principales classes de relevés d'exploitation des arbres-échantillons.....	67

Tableau 23 : Classes de reprise végétative et principales catégories d'arbres.....	69
Tableau 24 : descripteurs utilisés dans l'examen du tronc.....	69
Tableau 25 : Résistance des arbres pour un feu d'intensité moyenne.....	70
Tableau 26 : Principaux descripteurs de relevés sylvicoles.....	70
Tableau 27 : proportion des classes d'Affleurement rocheux et l'affleurement pierreux.....	71
Tableau 28 : Relevés géographiques et topographiques des placettes d'observation.....	73
Tableau 29 : Principales caractéristiques pédologiques des placettes.....	73
Tableau 30 : Hauteur moyenne d'écorçage des arbres des placettes.....	79
Tableau 31 : Distribution de la végétation selon les strates des 4 placettes....	80

Liste des abréviations :

°C : Degré Celsius

°K : Degré Kelvin

A: Avril

At : Aout

BM : Bois Moyen

C : Classe

C_{1,30}: Circonférence à 1m30

CEMAGREF : Centre d'étude du machinisme agricole et du génie rural des eaux et des forêts

CFT : Conservation des forêts de Tlemcen

CFWT : Conservation des forêts de la wilaya de Tlemcen

Cm : Centimètre

Crs : Coefficient relatif saisonnier

D : Décembre

D : Densité de peuplement

D : Le diamètre

DA: Dinar algérien

DGF : Direction générale des forêts

Etc : Etcetera

F : Février

Fao : Food and agriculture organisation

Fig : Figure

G : Gaules

G : surface terrière du peuplement

g.cm³ : Gramme par centimètre cube

GB : Gros Bois

Ha/an : Hectare par an

Ha: Hectare

HPAE : Hiver, printemps, automne, été

Ht : La hauteur totale des arbres

I: Indice de De Martonne.

J : Janvier

J : Juin

Jt : Juillet

Km : Kilomètre

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud (T+273°K)

m : Moyenne des minima du mois le plus froid

M : Mai

M : Mars

m : Mètre

m² : Mètre carré

Medd : Ministre de l'écologie et du développement durable

mm : Millimètre

N : Novembre

N : Nord

N.mm² : Newton par millimètre carré

NE : Nord/Est

O : Octobre

P : pluviosité moyenne annuelle

P : Perches

P : Placette

P : Précipitation

P: pluviométrie moyenne annuelle en (mm).

Pa : Précipitations annuelles

PB : Petits Bois

Ps : Précipitations saisonnières

Q₂: Le Quotient Pluviothermique d'Emberger

RF : taux de recouvrement forestier de la placette (%)

S : Septembre

S : surface de la placette (m²)

s : surface de projection du houppier (m²)

S : surface terrière de l'arbre

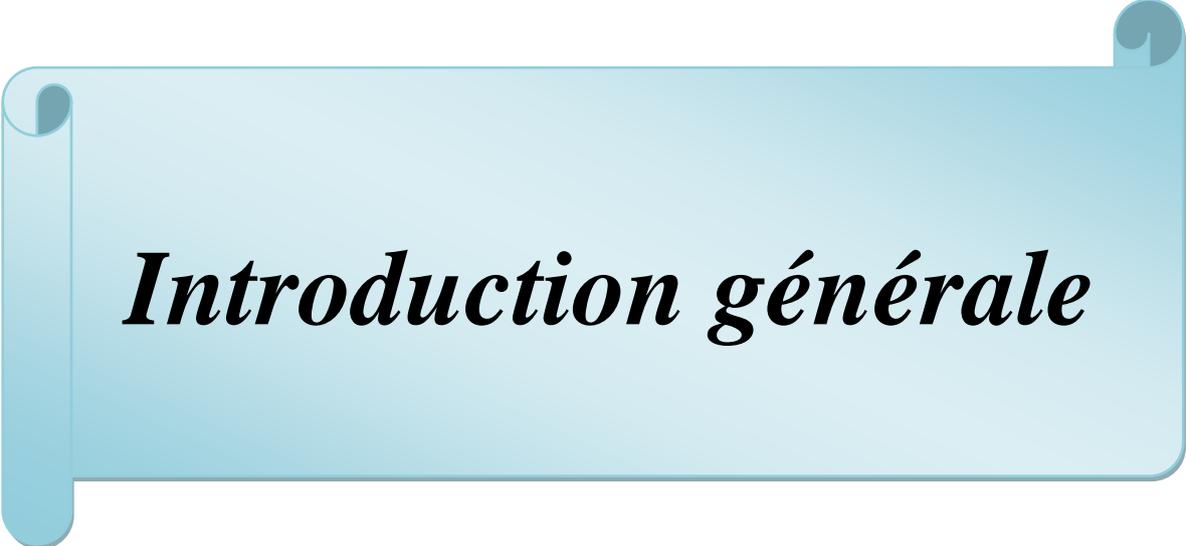
T : Température

T: température moyenne annuelle en (°C).

tab : Tableau

UICN : L'union internationale pour la conservation de la nature

W : Ouest



Introduction générale

Introduction générale :

La forêt algérienne a subi au fil du temps de nombreux phénomènes d'agressions à travers plusieurs activités menaçant sa pérennité. Parmi ces facteurs de dégradations le feu est l'un des plus redoutables mettant en danger les équilibres économiques, écologiques et sociaux. L'impact sur le combustible et le sol est variable selon les caractéristiques de chaque incendie, et hétérogène non seulement entre les feux des écosystèmes différents mais au cours du même feu. Ce qui entraîne des dégâts de différents niveaux et conduit à des résultats si différents et contradictoires.

Ce phénomène ravage environ 700 000 millions d'hectares de forêts chaque année causant des dommages énormes au patrimoine forestier (FAO, 2013).

L'incendie de forêt affecte particulièrement les pays du bassin méditerranéen ; la superficie forestière dans la région méditerranéenne est de 85 millions d'hectares en 2010, soit 2% de la surface forestière mondiale. En effet, environ 600 000 ha de parcelles brûlent chaque année sur l'ensemble du bassin méditerranéen (Amandier, 2007), dont 37 500 ha/an se perdent en Algérie (FAO, 2013).

Une superficie de 2.5 millions ha se présente par des vastes étendues de chêne-liège. Ces subéraies produisent une grande quantité de liège (environ 300 millions de kg/an) dont 87% vient d'Europe (55% du Portugal, 28% d'Espagne, 1% de France et 3% d'Italie) et le reste du Maghreb. Ces multiples agressions ont causé la perte de 70% de la surface originelle (Bouhraoua et al., 2014).

Parmi les essences typiquement méditerranéennes, le chêne-liège se montre comme le mieux résistant et le plus adapté au phénomène d'incendie. Cette essence endémique à la région méditerranéo-atlantique est présente depuis 60 millions d'années (Aafi, 2006).

La protection subéreuse de l'arbre lui permet de résister aux passages du feu et lui donne la capacité de surmonter le sinistre. Grâce à cette protection, le chêne-liège peut garder son port et reconstituer une ambiance forestière en quelques années avec les caractéristiques spécifiques qui lui fournissent son écorce, ainsi que les bourgeons dormants situés sous celle-ci. Cela montre le lien indissociable entre cet arbre et son meilleur ennemi, le feu.

La récupération des subéraies présente une problématique à examiner de différents points de vue et à étudier selon plusieurs aspects : sur la base de l'intensité du feu, les conditions de la subéraie au moment de l'incendie, les dommages causés, ...etc.

Notre travail a pour objectif l'étude des modalités de reprise végétative de la subéraie et de sa restauration écologique et économique dans la région de Tlemcen, spécifiquement à la forêt d'Yfri.

Pour un aperçu global, le présent travail s'articule au tour de cinq chapitres :

- Le premier chapitre concerne une étude bibliographique concernant les incendies de forêt,
 - Le second chapitre est consacré pour la monographie du chêne-liège,
 - Le troisième chapitre est réservé à la présentation de la zone d'étude,
 - Le chapitre 4 expose le matériel et méthode utilisés pour adopter l'état sanitaire de la subéraie post-incendie,
 - Le dernier chapitre traite les résultats et la discussion,
- Le travail se termine par une conclusion générale et des recommandations de gestion



Chapitre I :
Généralités sur les incendies de
forêt

Chapitre I : Généralités sur les incendies de forêt

Introduction

Les incendies de forêts sont un enjeu mondial majeur ; ils représentent le premier péril naturel pour la biodiversité et les écosystèmes car ils détruisent plus d'arbres et d'espèces que toutes les autres calamités naturelles.

Le passage du feu en forêt constitue pour l'écosystème forestier une perturbation qui conduit souvent à son déséquilibre. Cette perturbation varie selon : le type du feu, son mode de propagation, son intensité, sa sévérité ainsi que plusieurs d'autres facteurs.

Ce chapitre concerne une étude bibliographique relative aux incendies de forêts, qui résume tous les éléments essentiels qui permettent de comprendre le mécanisme du feu, ainsi que les impacts et les conséquences qui en résultent.

1. Définitions

1.1. Le feu

Le feu est un dégagement synchronique de chaleur, de lumière et de la flamme produite par la combustion vive dans certains corps (bois, feuille, tapis herbacé, charbon etc.), (FAO, 1986 ; FAO, 2002).

1.2. L'incendie

C'est un feu violent, un sinistre qui se propage à un édifice (une maison, une forêt...etc (Trabaud , 1992). Il résulte d'une réaction chimique ou combustion. Il s'agit d'une réaction d'oxydation vive fortement exothermique, c'est-à-dire produisant de la chaleur, d'un comburant sur un combustible, en l'occurrence dans le cas des feux de forêts, de l'oxygène de l'air sur la végétation (Colin et al., 2001).

L'incendie est une combustion qui se développe sans contrôle dans le temps et l'espace, contrairement au feu qui est une combustion maîtrisée (Mauguen et al., 2012). Selon Berrichi (2013), les feux ou les incendies de forêts se déclarent dans une formation végétale, généralement de type forestière (forêts de feuillus et/ou de conifères), ou subforestières (garrigues, maquis...). Ce terme désigne globalement les feux ayant brûlé au moins 1ha de massif (Berrichi , 2013).

2. Différents types de feu de forêt

Selon Margerit (1998), les feux de forêts peuvent être de quatre types :

- **Les feux de sols (fig.1):** sont des feux qui se propagent dans la litière et l'humus. Ils sont difficiles à détecter, car ils sont sans flammes. Leur vitesse de propagation est faible. Ces

feux peuvent endommager les racines des arbres (Margerit, 1998) et consomment la matière organique. Ils peuvent pénétrer dans des dépôts organiques très profonds et cheminer à plusieurs dizaines de centimètres sous la surface (Colin et al., 2001).

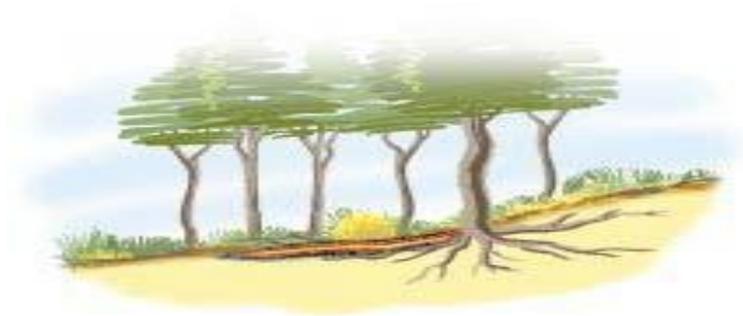


Figure 1 : Feu de sol (Colin et al., 2001).

- **Les feux de surfaces** : ils sont dits aussi feux courants ; ils se propagent dans les sous-bois des forêts (fig.2). Ils brûlent les herbes et les broussailles. Ces feux sont avec flammes et peuvent se propager rapidement. Ce sont les feux les plus communs. Ils peuvent avoir comme origine un feu de sol ou se terminer en un feu de sol susceptible de se transformer en un nouveau feu de surface après l'intervention (Margerit, 1998)



Figure 2 : Feu de surface

Source : <http://www.dknews-dz.com>

- **Les feux de cimes** : ce sont des feux qui se propagent au niveau de la couronne des arbres (Fig.3). Leur vitesse de propagation est très grande. Ils sont généralement déclenchés par un feu de surface qui gagne en intensité et atteint la couronne des arbres (Margerit, 1998).

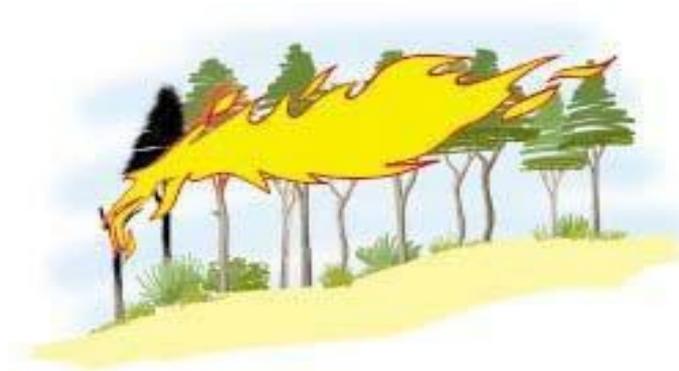


Figure 3 : Feu de cime (Source : Colin et al., 2001).

Ils sont de deux types :

- Indépendants : ils se propagent dans les cimes sans dépendre du feu de surface.
- Dépendants, ils ne se maintiennent dans les cimes qu'en raison de la chaleur dégagée par le feu de surface. Ils sont passifs : ils contribuent moins à la propagation que le feu de surface qui les accompagne et actifs dans le cas contraire (Colin et al., 2001).

➤ **Feux avec braises (les sautes de feu)** : ce sont des projections de particules enflammées ou incandescentes (brandons) en avant du front de flamme (Colin et al., 2001).

Les braises sont produites par des feux de cimes ou par certaines conditions de vent et de topographie (fig.4). Ces braises sont transportées à distance et sont alors à l'origine de foyers secondaires. De tels feux ; ils sont très difficiles à contrôler et leur propagation très rapide est très difficile à prédire (Margerit, 1998).

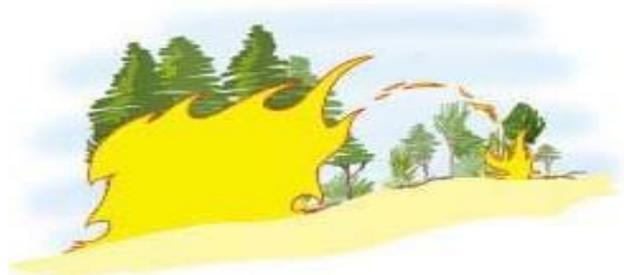


Figure 4 : Saute de feu Source : (Colin et al., 2001).

En présence de fortes hétérogénéités, les sautes de feu, sous l'action des brandons émis par le front de flammes et transportés par le vent sur des distances pouvant atteindre plusieurs kilomètres, constituent un mode de propagation par transfert de masse (De Gerrano, 2017).

3. Causes des feux de forêts

La connaissance des causes du départ d'un incendie sont nécessaires pour mieux cibler les actions de prévention à entreprendre pour la surveillance, l'aménagement et la protection des forêts. Elles sont souvent difficiles à déterminer du fait de l'absence des preuves. Ces causes sont diverses et leur répartition varie selon la localisation géographique du milieu brûlé ainsi que ses caractéristiques.

3.1.Causes naturelles (foudre)

La végétation ne s'enflammant pas seule, même par forte sécheresse ; l'unique cause naturelle connue dans le Bassin Méditerranéen est la foudre. Ce phénomène est très répandu en forêt boréale (orages secs), mais relativement rare en région méditerranéenne

où il ne concerne que 1 à 5 % des cas d'incendies probablement à cause de l'absence de phénomènes climatiques comme les tempêtes sèches (Alexandrian et al., 1998).

3.2. Causes humaines

Elles représentent la cause essentielle des origines des incendies de forêts pour l'ensemble des pays du Bassin Méditerranéen. Leur répartition dépend étroitement du contexte social, économique, politique et législatif de chaque pays. on retrouve (Colin et al., 2001).

3.2.1. Les causes Involontaires :

- Dues à une imprudence : La nature des imprudences dépend des activités en forêt et aux abords immédiats. Elles résultent de négligence par rapport aux risques d'incendie, et sont corrélées à l'importance de la fréquentation des forêts ou de leurs abords immédiats (tab.1, fig.5).
- Dues à un accident : Les causes accidentelles se différent d'un pays à l'autre. Certaines sont liées aux installations fixes (lignes électriques, décharges), d'autres sont directement associées aux activités humaines (fours à charbon mal réglés, feux non maîtrisés, fumeurs, feux de camp, feux allumés par les bergers) (Alexandrian et al., 1998) (tab.1, fig.5)

Tableau 01 : Exemples d'incendies d'origines humaines involontaires

Source ; Colin et al., 2001

Origines des incendies	Exemples
Travaux agricoles	En forêt : récolte du miel par fumage, défrichements pour labours En périphérie : feu pastoral, incinération de végétaux
Travaux forestiers	Carbonisation (charbonnières), brûlage des rémanents après éclaircie
Travaux industriels et artisanaux	Brûlage de déchets, étincelles...
Touristes	Pique-nique, mégots
Chasseurs	Battue, campement
Habitations	Feu de jardin, barbecue

Ce sont les causes involontaires (négligence ou accident) qui sont les plus fréquentes dans l'ensemble des pays (Canakcioglu, 1986). Il semble, toutefois, que ces

incendies involontaires soient directement liés aux activités agricoles et forestières: les parties en cause sont principalement les résidents permanents (et rarement les touristes de passage) (Alexandrian et al., 1998).

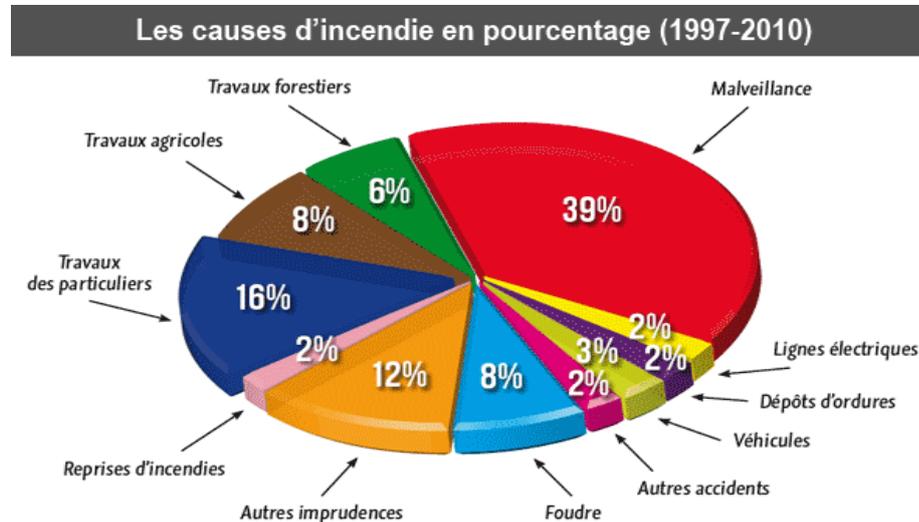


Figure 5 : Causes des incendies (Source Nathalie Mayer, 2017)

3.2.2. Les causes volontaires :

- La vengeance : le feu peut être un outil de vengeance suite à un différend avec l'administration (chasseurs) ou avec un voisin, à une exclusion sociale (ouvriers licenciés), à une expropriation...
- Enjeu politique : dans les pays marqués par une instabilité politique, la forêt peut être utilisée comme outil de revendication et, à ce titre, être l'objet d'incendies volontaires.
- Enjeu économique : les incendies criminels peuvent apporter un gain matériel direct (amélioration des pâturages, exploitation du bois...) ou indirect par appropriation foncière. Ces actes à motivation criminelle sont donc d'autant plus fréquents que le cadre législatif est mal défini (absence de cadastre ou de bornage en forêt, répression quasi inexistante).
- Enjeu social : les incendies criminels sont très fréquents, tout particulièrement dans les zones présentant un taux de chômage élevé. Mettre le feu à la forêt peut être le moyen de créer de nouveaux emplois (surveillance, lutte, réhabilitation de terrains brûlés...) (Colin et al., 2001).

Cependant, Benabdeli (2012b) souligne que durant la période 1996 – 2006, les incendies volontaires sont les plus fréquents et se chiffrent entre 60 et 65%. Ces incendies causés par les riverains et les éleveurs sans terre. Ces derniers sont conscients qu'ils peuvent exploiter les formations forestières brûlées comme terrain de parcours, au moins pendant trois ans (Berrichi et al., 2013).

En Algérie, les principales causes des incendies de forêt sont synthétisées comme suit (exploitation des données de la DGF et de quelques auteurs Benabdeli, 1996, 2012a, Ouelmouhoub, 2005 ; Berrichi, 1997 ; Berrichi et al., 2010) (fig.6)

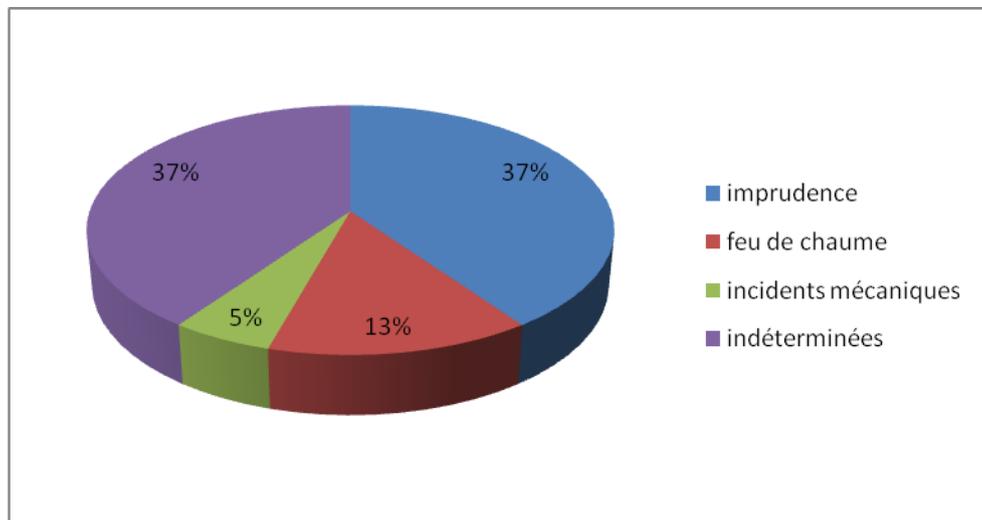


Figure 6 : Causes de feux de forêts en Algérie

4. Modes de propagation des incendies de forêts

La naissance d'un feu est liée à la présence d'un apport initial d'énergie (Colin et al., 2001). La propagation de l'incendie est le plus souvent déterminée par des facteurs naturels, mais des facteurs anthropiques peuvent intervenir (Merdas, 2007).

Le feu commence à se développer au niveau de la litière, en restant très modéré et facile à éteindre. Il prend de l'ampleur lorsqu'il atteint la strate des broussailles. La hauteur des flammes atteignant 1,5 à 3 fois la hauteur de la strate en combustion, le feu sera d'autant plus violent que la broussaille sera plus haute et plus dense. Le feu peut atteindre les cimes des ligneux hauts et les embraser si la broussaille est suffisamment dense ou si des branches basses, des lichens ou des écoulements résine, font relais (CEMAGREF, 1989).

La propagation du feu ou le transfert de la chaleur est un processus d'échange d'énergie entre deux points de l'espace se produisant (Khalid, 2008). Il est assuré par plusieurs voies :

4.1. Propagation par transmission de chaleur

4.1.1. Transmission par conduction

Elle correspond à la transmission de proche en proche (agitation moléculaire) de l'énergie cinétique. Elle n'évacue les calories que très lentement et ne peut se produire que dans un support matériel, qu'il soit solide, liquide ou gazeux. La chaleur diffuse du corps chaud vers le corps froid. La conductibilité peut permettre la propagation des incendies de végétation sur un tapis continu. (Hessas, 2005)

La conduction joue un rôle clé dans la propagation des feux de litière de faible intensité ou dans les feux d'humus. Elle est aussi responsable de la destruction des cellules cambiales, car elle induit un transfert de chaleur entre l'extérieur de l'écorce et le cambium. Bien que ce transfert soit lent, les cellules cambiales seront tuées si le temps de séjour du feu au pied de l'arbre est excessif (Pimont et al., 2014).

4.1.2. Transmission par rayonnement thermique ou radiation

Le rayonnement est un mode de transfert de l'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques, se propageant avec ou sans support matériel. Tout corps dont la température absolue est supérieure à 0°K, émet un rayonnement électromagnétique dont la fréquence est fonction de cette température. La quantité d'énergie transférée d'un corps à un autre par rayonnement augmente avec l'accroissement de la différence de température entre ces deux corps (Colin et al., 2001).

L'influence du rayonnement dans la propagation des feux et les dégâts à la végétation est toujours significative. Il a longtemps été considéré comme le mode de transfert prédominant par les chercheurs et les praticiens, mais il est communément admis aujourd'hui que le transfert convectif joue un rôle non négligeable, voire dominant, dans le comportement du feu (Pimont et al., 2014).

4.1.3. Transmission par convection

C'est le mode de transfert lié à une différence de température entre la végétation et l'air (généralement l'air chaud) transporté par le vent. Lorsque l'air est plus chaud que les éléments de végétation, celui-ci les chauffe d'autant plus qu'ils sont fins (feuilles, rameaux) et que la vitesse de l'écoulement est forte (dans un panache et/ou avec le vent). Ce mode de transfert est très efficace et en grande partie à l'origine de l'accélération des feux en pente ou en présence de vent. Ce mode de transfert est dominant dans la propagation de la plupart des feux rapides (vent, pente montante, etc.), mais est aussi à l'origine des dégâts aux houppiers (Pimont et al., 2014).

A la convection des gaz chauds poussés par le vent s'ajoute les échanges de chaleur avec l'environnement. La réaction de combustion génère des gaz chauds entraînant de fortes variations de masse volumique, ce qui accroît la flottabilité du gaz. La convection induite peut alors conduire à un écoulement turbulent dont les échelles mises en jeu dans un incendie de forêt couvrent un très large spectre, allant de l'échelle de la flamme à celle de la couche limite atmosphérique. C'est à cette échelle que le feu est influencé par les hétérogénéités dues au relief, aux conditions atmosphériques (le vent, l'ensoleillement, la température atmosphérique ou encore l'hygrométrie) ou à la végétation (De Gerrano, 2017).

4.2. La propagation par déplacement des substances en combustion

Le déplacement des matériaux en combustion peut s'effectuer de différentes manières selon la nature du matériel ou de la substance (Tir, 2015) (fig.7)

- **Par les gaz :**

Dans un feu où la combustion est souvent incomplète, il subsiste des nappes de gaz non brûlées. La combustion de ces nappes peut se poursuivre sur une distance notable avec parfois une rupture de flammes, puis ré-inflammation à une distance variable par un nouvel appel d'air (Arfa, 2003).

- **Par les liquides :**

C'est le transfert le plus direct est de plus en plus limité, les cuvettes de rétention permettent d'éviter ce problème (Arfa, 2003).

- **Par les solides**

La propagation se fait par brandons (fragments de solides en ignition pouvant franchir des distances importantes) et par escarbilles (petites particules incandescentes qui se déplacent sur quelques mètres) (Arfa, 2003).

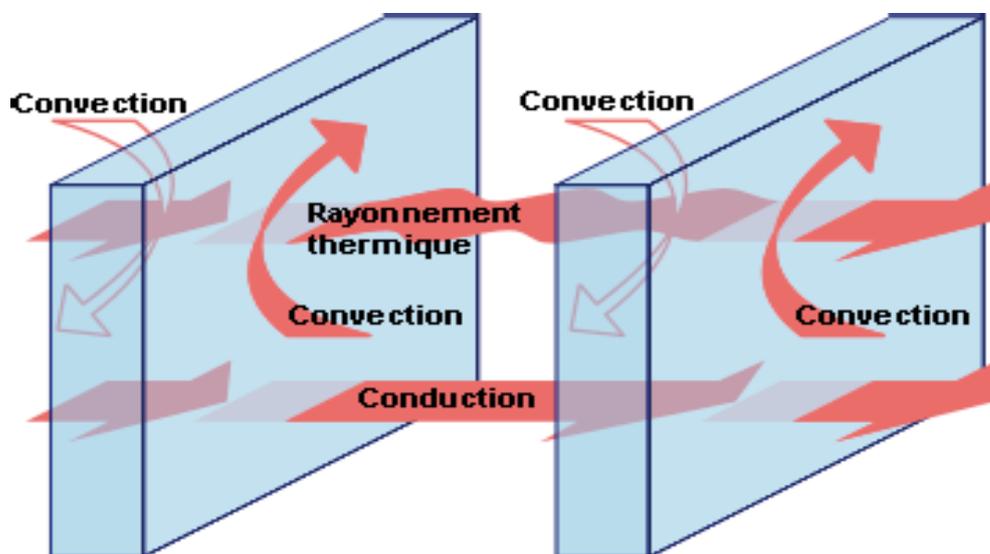


Figure 7 : Mode de transfert de la chaleur (Laurent et al., 2010)

5. Facteurs influençant la propagation des incendies de forêt

Le mécanisme de propagation du feu se décompose en trois phases successives :

- Combustion du matériel végétal avec émission de chaleur.
- Transfert de la chaleur émise vers le combustible en avant du front de feu, par conduction, rayonnement thermique et convection.

- Absorption de la chaleur par le végétal en avant du front de flamme et inflammation de celui-ci.

Ce sont les mécanismes de transfert de la chaleur qui permettent la progression du feu. Les facteurs intervenant dans ces mécanismes sont très variables et jouent un rôle prépondérant dans la propagation de l'incendie (Colin et al., 2001).

Parmi lesquels :

5.1. Caractéristiques du combustible (végétation)

Les combustibles végétaux peuvent être définis comme des assemblages de parties de plantes qui ont une forme et une composition définies, dépendant des qualités de la plante et des conditions du milieu. Individuellement, une plante est composée de parties ou organes différents ; par exemple : des racines, des tiges ou des troncs, des branches, des feuilles, des écorces, des épines, des bourgeons, des pétioles, des fleurs, etc. Ces diverses parties, vivantes ou mortes, constituent des éléments combustibles de différentes tailles et formes. C'est l'assemblage, dans l'espace, de différents complexes combustibles qui constitue une formation végétale combustible (ou peuplement combustible) (Trabaud, 1974).

La combustibilité est corrélée à la quantité de biomasse combustible (donc à la structure du peuplement) et à sa composition (Jappiot et al, 2002).

5.1.1. Structure :

- **Macrostructure** : *c'est la distribution horizontale ou verticale du combustible dans l'espace. Des modèles permettent de décrire cette distribution.*

On distingue quatre strates verticales :

- La litière, souvent peu épaisse en région méditerranéenne.
- La strate herbacée, très inflammable en période de sécheresse.
- Les ligneux bas, d'une hauteur inférieure à 2 m.
- Les ligneux hauts, d'une hauteur supérieure à 2 m.

Les structures horizontales et verticales peuvent être continues ou discontinues (répartition par bouquets, absence de sous étage) (colin et al., 2001).

- **Microstructure** :

Il s'agit de l'agencement dans l'espace des organes végétaux les plus fins (feuilles, aiguilles, rameaux). L'intensité du feu dépend également de cette microstructure. Plus un combustible est finement divisé, meilleur est le contact avec le comburant, et donc plus la combustion est facilitée. Ainsi des aiguilles tombées au sol récemment forment un tapis aéré, facilitant le contact entre l'air et la matière végétale et donc la combustion. En revanche, un tapis d'aiguilles au sol depuis longtemps, tassées sous l'effet du

vieillessement et des intempéries, forme une couche beaucoup plus compacte, rendant la combustion plus difficile (Colin et al., 2001).

5.1.2. Composition chimique

L'inflammabilité des espèces végétales varie selon leur teneur en essences volatiles ou en résine. La présence de cire et de résine pour certaines espèces ralentirait leur vitesse de dessèchement et donc leur inflammation. Ainsi, plus un végétal est riche en minéraux, moins son pouvoir calorifique théorique est élevé, moins il est combustible (Colin et al., 2001).

5.1.3. Teneur en eau

La condition pour que la combustion ait lieu est l'évaporation préalable de l'eau du végétal, permettant par la suite l'émission de gaz inflammables. Ce mécanisme physique nécessite une quantité d'énergie très importante, car la chaleur latente de vaporisation de l'eau est élevée. Il en résulte que les végétaux riches en eau sont peu inflammables et peu combustibles. La teneur en eau varie en fonction des espèces végétales, mais également en fonction de la phénologie, des conditions physiologiques des végétaux et des influences climatiques (Colin et al., 2001).

La quantité et la disposition du combustible végétal influent sur le mode de propagation du feu. Une discontinuité importante entre la végétation basse et les houppiers permet au feu de rester en surface et de ne pas se propager dans la canopée (Colin et al., 2001).

Les caractères physiques des combustibles recensés en un lieu donné régissent le comportement d'un feu éventuel ; la taille de la particule, son poids, son agencement, sa structure, sont les éléments les plus importants à considérer. Ces caractères des combustibles agissent d'une manière significative sur la probabilité d'inflammation, la vitesse de propagation et l'intensité du feu (Trabaud, 1974).

Ainsi, la distribution du combustible est un facteur primordial agissant sur le comportement du feu. Si le combustible est distribué de façon homogène le feu se propagera facilement et régulièrement, s'il est distribué de façon hétérogène le feu se propagera plus difficilement et pourra même s'éteindre rapidement (Trabaud, 1974).

La quantité de combustible joue aussi un rôle. Un accroissement de la quantité du matériel inflammable entraîne un accroissement de la quantité d'énergie émise par le feu (Byram, 1959).

5.2. Conditions météorologiques

Les rapports entre les paramètres météorologiques et les incendies de forêt ont fait l'objet de très nombreuses études.

La variabilité des feux au fil des ans est liée à la fois au déroulement temporel différent des phénomènes météorologiques importants pour les feux et au déplacement spatial des zones critiques où sévit la sécheresse. Cependant l'importance relative de ces phénomènes n'est pas partout la même, elle dépend des facteurs géographiques et climatiques, mais aussi de la structure de la forêt, des essences qui la composent, de son entretien et de son exploitation (Orioux, 1974)

Les facteurs et les phénomènes météorologiques qui interviennent dans les feux de forêts sont très nombreux :

5.2.1. Les précipitations :

Présentent un rôle prédominant dans la teneur en eau des végétaux, leur effet varie de façon significative en fonction de leur durée, de leur période, de leur quantité, ainsi que des types de combustibles. Seulement une petite quantité d'eau suffit pour ralentir l'inflammabilité des graminées. Mais son effet ne dure pas (Kaiss et al., 2007).

En revanche, les fortes pluies réduisent l'inflammabilité de combustibles plus important tels que les grosses branches tombées à terre. L'effet bénéfique de fortes précipitations hivernales peut ainsi être annulé pour un printemps et un été longs et secs (Khalid, 2008).

5.2.2. L'humidité relative

Les modifications que connaît la teneur en humidité relative, exercent des effets importants sur les matériaux combustibles. Si le contenu de l'air en humidité est élevé, les combustibles s'humidifient et deviennent difficilement inflammables. Par contre, si l'air est sec, le taux d'évaporation de l'humidité des combustibles sera plus élevé ce qui augmentera l'inflammabilité de la forêt. L'état hydrique des formations végétales qui constituent le couvert végétal, en relation avec le niveau des réserves en eau des sols, est évidemment le premier facteur de risque pour les incendies de forêts sous l'angle de l'influence des facteurs climatiques (Seguin, 1990).

L'humidité relative influe sur l'inflammabilité des combustibles. Le lien reste cependant très qualitatif. Nous avons le tableau suivant (tab.2) (Margerit, 1998).

Tableau 2 : Influence du taux d'humidité sur l'inflammabilité
(Source : Margerit, 1998)

Humidité relative (%)	Inflammabilité
> 70	Peu de risqué
46 – 70	Risque faible
26 – 45	Risque fort
< 25	Risque élevé

5.2.3. La température

La température de l'air varie tout au long de la journée en fonction de l'intensité de l'insolation. Elle exerce un effet soit indirect en dominant l'humidité relative de l'atmosphère et par conséquent en dominant celle des combustibles, soit direct par le réchauffement ou le refroidissement des matériaux. Autrement, plus la température ambiante est élevée, plus la température du combustible végétal mort ou vivant l'est, et moins la chaleur nécessaire à son inflammation est importante (Trabaud, 1989).

La sécheresse des sols détermine celle des combustibles végétaux pendant la période active de la végétation, notamment durant la période estivale (Orieux, 1974).

5.2.4. Le vent :

Le vent est bien entendu le phénomène propageur des incendies de forêts. (Conditions météorologiques et incendies). Parmi les paramètres intervenant dans le déclenchement et la propagation c'est le phénomène qui joue le rôle le plus important.

Ses actions sont multiples :

- Il favorise le dessèchement des végétaux et des sols, augmentant ainsi les risques d'éclosion des feux ;
- Il couche et allonge les flammes, favorisant donc la migration du feu;
- Par apport de nouvelles quantités d'oxygène, il augmente la masse de comburant mis à la disposition du feu;
- Par sa vitesse, sa turbulence, son type d'écoulement, il transporte parfois fort loin des brindilles enflammées allumant de nouveaux foyers en aval des sauveteurs (Blin, 1974).

5.3. Facteurs topographiques

La topographie à un rôle très important dans le comportement du feu par l'accélération ou le ralentissement de la propagation du feu (fig.8). Dans les montées, si le terrain est accidenté, l'incendie peut se fractionner en plusieurs fronts de feu en fonction des reliefs. La pente accélère la propagation, dans le sens du vent, par contre dans les descentes, le vent ralentit ; mais il peut propager l'incendie sur l'autre versant par des (sauts de feu) (Trabaud, 1979).

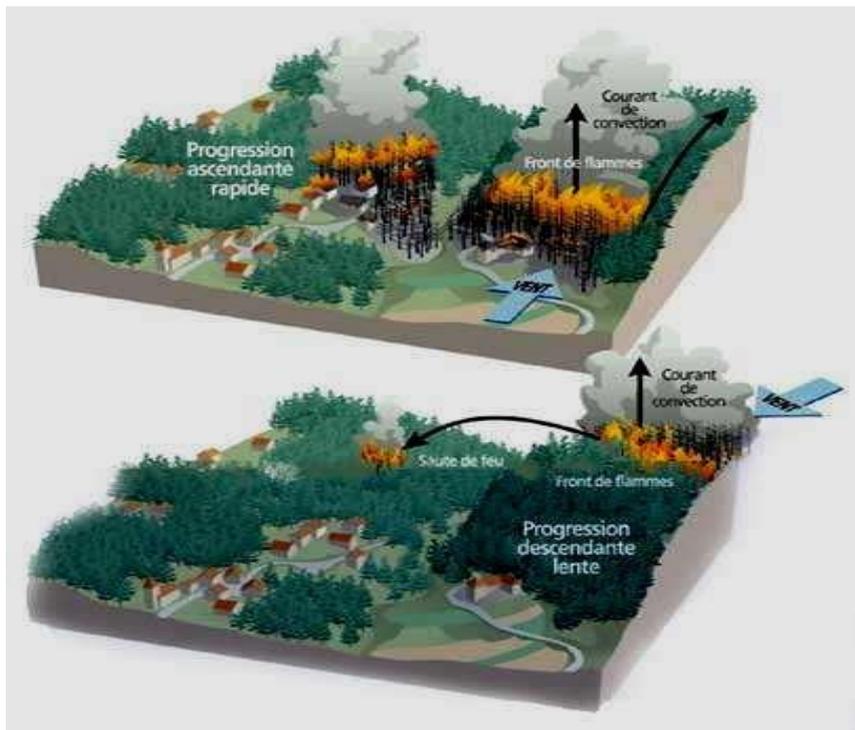


Figure 8 : Rôle de la topographie et du vent sur la propagation du feu

Source : (MEDD, 2002)

Selon Hetier (1993), trois paramètres topographiques influencent les incendies de forêt :

- ✓ L'inclinaison des pentes : Le pourcentage de la pente influence directement le comportement des incendies de forêt, puisqu'il amplifie l'effet de radiation et de convection. La vitesse de propagation du feu s'en trouve accrue (Arfa, 2008).
- ✓ L'exposition de la pente : L'exposition de la pente affecte :
 - La quantité de chaleur recueillie par les combustibles en fonction de l'insolation ;
 - Les vents locaux ;
 - La quantité et le type de combustible.
- ✓ L'élévation du terrain : L'élévation du terrain au-dessus du niveau de la mer affecte le comportement des incendies de forêt en modifiant la météo et la végétation par l'abaissement de la température, l'augmentation de l'humidité relative et de vitesse du vent (Arfa, 2008).

5.4. Les facteurs anthropiques

La propagation de l'incendie est le plus souvent influencée par des facteurs naturels, mais des facteurs anthropiques peuvent intervenir en double impact, en aggravant les risques et également en les réduisant (El Hasseni, 2017)

Les facteurs anthropiques jouent un rôle prépondérant, car ils sont à l'origine du

déclenchement des incendies de forêts dans 80% à 90% des cas.

D'après Khalid, 2008 la présence de l'homme en forêt où à son contact risque de multiplier les départs de feu. En absence de politique urbaine, le mitage va entraîner une augmentation des interfaces habitat-forêt. Les feux seront par ailleurs plus difficiles à combattre.

Contrairement aux autres risques naturels tels que les inondations où les avalanches, l'homme à la possibilité d'intervenir directement sur l'évolution du phénomène. Il peut agir tout au long de son déroulement, soit en le stoppant, soit en réduisant localement ses effets. Par exemple, en évitant qu'il ne vienne menacer des habitations placées dans son champ de propagation (Khalid, 2008).

6. Caractéristiques principales du feu :

6.1. La fréquence de l'incendie

La fréquence des incendies peut également être définie comme le nombre de fois que les incendies se produisent dans une zone et une période de temps définies. (Firewords, 2018)¹. Avec l'exigence que les combustibles soient suffisamment secs et abondants pour brûler. La foudre domine dans les régions montagneuses où le temps est convectif (par exemple, la plupart des montagnes Rocheuses), tandis que les incendies d'origine humaine dominent les régions où il y a peu de foudre et une forte population humaine (David et al., 2012).

La fréquence des incendies est l'une des principales composantes du régime des incendies avec le schéma et l'intensité des feux qui prévalent dans une région. La caractérisation de la fréquence des incendies a de nombreuses implications pour l'écologie des incendies et pour l'évaluation des risques d'incendie. Le calcul de la fréquence des incendies dépend de la durée et de la qualité des bases de données sur les incendies ; les progrès technologiques tels que la télédétection et l'amélioration des bases de données sur les incendies dans le monde entier apporteront de nouvelles connaissances sur les variations spatiales et temporelles de la fréquence des incendies (Pyne et al., 1996a).

La fréquence naturelle des feux s'accroît dans les formations arbustives pour atteindre quelques dizaines d'années (Bond et al., 2004) et encore plus dans les formations de savanes plus ou moins arborées. Il existe un lien et un équilibre entre la forme de végétation et la fréquence des incendies. Le retour à un certain équilibre entre la végétation et la reconstitution de la fertilité du sol sont possibles entre deux incendies (Vennetier, 2004).

¹ : <http://www.firewoods.net/>.

6.2. Intensité d'incendie

L'intensité du feu représente l'énergie dégagée au cours des différentes phases d'un incendie, cette mesure est particulièrement utile pour comprendre le comportement des incendies dans les forêts (Keeley, 2009).

On peut distinguer trois types d'intensités du feu dans un incendie.

Haute : l'incendie parcourt les landes, le maquis dense avec beaucoup de branches vieilles. Les arbres peuvent se trouver carbonisés sur une profondeur de 1 à 2 cm. Il ne reste rien du maquis ou des petits combustibles ; le feuillage se consume complètement. Les cendres sont grises ou blanches.

Moyenne : feux de forêts avec une strate arbustive telle que les maquis jeunes ou de faible taille avec peu de tiges sèches et une pente modérée. Ils sont typiques du maquis à cistes de moins de 6 ans dans les zones montagneuses. Les taillis de maquis et le petit combustible sont carbonisés mais pas désintégrés. Les arbres apparaissent noircis et sans feuilles mais pas carbonisés. Les cendres sont sombres ou noires.

Basse : Feux typiques des pâturages en dehesa de plaine. Le maquis et le combustible léger restent quasiment intacts. Les arbres présentent quelques feuilles roussies en partie basse. Le feuillage apparaît comme partiellement brûlé et les cendres sont sombres (Cardillo et al, 2003).

L'intensité est directement proportionnelle à la gravité des incendies dans la plupart des forêts, et peut s'exprimer en termes d'effets sur la végétation, l'habitat et, dans certains cas, les infrastructures humaines (David et al., 2012).

6.3.Sévérité de l'incendie

Le terme de sévérité des incendies est né de la nécessité de décrire comment l'intensité du feu a affecté les écosystèmes ; certains le défini par les impacts généraux des incendies, par exemple le degré de changement environnemental causé par le feu (par exemple White et Pickett 1985 ; Simard 1991 ; Jain et al., 2004 ; NWCG, 2006).

De manière générale, la gravité de l'incendie est définie comme un impact de l'écosystème sur un écosystème et qu'elle peut donc être interprété individuellement. Cependant, des études empiriques ont défini la gravité d'un incendie sur le plan opérationnel comme la perte ou la modification de la matière organique en surface et en sous-sol, bien que la mesure précise varie en fonction des besoins de gestion (Keeley, 2009).

Les caractéristiques du sol comprennent la perte des couches de litière et de duvet et des caractéristiques des cendres, qui reflètent toutes, à des degrés divers, le niveau de matière organique consommée (Wells et al. 1979 ; Stronach and McNaughton 1989 ; Neary et al. 1999 ; Ice et al. 2004).

Selon Ryan et Noste (1985), toute mesure de la sévérité des incendies doit tenir compte des effets immédiats des impulsions de chaleur en surface et sous terre, qui sont directement liés à l'intensité de l'incendie.

Bien entendu, d'autres facteurs tels que la composition des espèces avant le feu, le peuplement, la topographie, le substrat et le climat auront tous un effet sur la façon dont l'intensité du feu se traduit en gravité du feu (Keeley, 2009).

Le Tableau 3 consigne la matrice proposée à l'origine par Ryan et Noste (1985), qui mettait en relation les changements de la végétation de surface et de la matière organique du sol avec la sévérité de l'incendie. Ce tableau a généralement été simplifié et modifié d'après Ryan (2002) et Turner et al. (1994)

Tableau 3 : Relation les changements de la végétation de surface et de la matière organique du sol avec la sévérité de l'incendie

Sévérité du feu	Description
Non sévère	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Parties vertes de la plante non altérées ▪ pas d'effet direct de la chaleur
Sévère	<ul style="list-style-type: none"> ▪ les plantes présentent une perte de feuilles due à la chaleur rayonnante
Peu sévère	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arbres à canopée avec des aiguilles vertes bien que les tiges soient brûlées ▪ Litière de surface, mousses et herbes carbonisées ou consommées ▪ Couche organique du sol en grande partie intacte et carbonisation limitée à quelques mm de profondeur
Brûlure superficielle modérée ou grave	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arbres avec des pertes au niveau de la canopée, mais aiguilles non consommées ▪ Toutes les plantes de sous-bois carbonisées ou consommées ▪ Fines brindilles mortes à la surface du sol consommées et bois carbonisés ▪ Couche organique du sol largement consommée
Brûlures profondes ou feux de cimes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les arbres avec la canopée endommagée et les aiguilles consumées ▪ Litière de surface de toutes tailles et couche organique du sol largement consommée ▪ Dépôt de cendres blanches et matière organique carbonisée à plusieurs cm de profondeur.

7. Impacts des feux de forêts

Parmi les agressions que subit la forêt, l'incendie est le plus spectaculaire et le plus grave. Non seulement, il peut entraîner la destruction totale des peuplements, mais il dégrade aussi les sols, enlaidit les paysages et compromet gravement la reconstitution future de la forêt (Gandant, 1974).

7.1. Sur les écosystèmes forestiers

Les composantes faunistiques et floristiques d'un milieu forestier sont évidemment les premières à subir l'agression des incendies (Molinier, 1974). Il y a d'abord une perte d'accroissement annuel par suite de la défoliation, ainsi qu'une altération des souches ce qui expose la forêt au danger d'invasion des parcelles voisines par plusieurs insectes xylophages et phytophages, surtout si l'on n'a pas pratiqué l'écorçage et l'enlèvement des bois brûlés. . . (Plaisance, 1974).

7.1.1. Sur le sol

En provoquant des pertes dans l'atmosphère au cours de la combustion de la végétation et des litières et en apportant au sol des cendres riches en éléments minéralisés, les feux agissent directement sur le sol en l'échauffant. Ensuite, par changement de ses caractéristiques, ils modifient indirectement son activité biologique et les processus de minéralisation de la matière organique (Gillon, 1990).

Du feu résulte généralement un fâcheux tassement du sol, conséquence de combustion et des constructions. Dégarni de son couvert intercepteur, le sol reçoit les gifles des violentes averses ; les particules terreuses fines sont arrachées ; l'érosion sévit, entraînant à la rivière voisine et à la mer la précieuse couche humifère, structurée, fertile ; la « roche-mère », encore stérile pour plusieurs siècles, apparaît, ainsi que les cailloux et souvent le rocher lui-même, qui arrive à couvrir 1/4, 1/2 et parfois les 3/4 de la surface dite forestière ; quelques arbres seulement pourront (si leurs graines ont de la chance) s'installer dans des fissures pour se loger ; certaines ne donneront que des arbres rabougris (Plaisance, 1974).

Un feu lent, provoquera un échauffement du sol plus important qu'un feu rapide. Comme le sol est un très mauvais conducteur, la température décroît en fonction de la profondeur. Les pertes en éléments minéraux au cours d'un feu sont généralement faibles si on les compare aux quantités stockées dans le sol et dans la biomasse aérienne des écosystèmes forestiers. Or les feux affectent plus spécialement le pool des éléments les plus mobiles de l'écosystème, ceux qui sont recyclés dans la litière pour être remis à la disposition des plantes (Gillon, 1990).

Mais, s'il y a globalement pertes en éléments minéraux à partir du combustible, il y a simultanément enrichissement du sol avec l'apport de cendres contenant des éléments minéraux provenant de la combustion de la végétation et de la litière. Ces cendres sont encore riches en matières organiques, elles concentrent surtout les cations peu volatils, comme le phosphore, le potassium et le calcium, sous forme minérale ou facilement minéralisable par les microorganismes. Beaucoup de ces éléments minéralisés sont sous forme soluble ou aisément soluble, donc rapidement disponibles pour les végétaux et les microorganismes (Gillon, 1990).

7.1.2. Sur les communautés végétales

Le passage du feu induit généralement la destruction de la strate arbustive et, dans la strate arborée, une mortalité variable selon la gravité des dommages et la résistance de l'espèce. Les dommages à l'origine de la mortalité concernent le houppier, le cambium et le système racinaire (Pimont et al., 2014).

De plus, la masse des débris de bois morts amène le pullulement des insectes xylophages, champignons et parasites de tout genre. L'amplitude de ces impacts est hétérogène, elle dépend de l'intensité du feu et de sa durée, qui varient selon la quantité et les caractéristiques du combustible et selon les conditions météorologiques et topographiques (Gillon, 1990).

➤ **Dégâts sur le peuplement :**

L'impact du passage d'un feu sur un peuplement se traduit généralement par un roussissement foliaire plus ou moins marqué, une carbonisation du tronc et éventuellement la mort des individus. La végétation méditerranéenne est fortement conditionnée par les feux depuis des millénaires, et les espèces ont développé des adaptations pour survivre au passage du feu et/ou pour se régénérer après son passage (Pimont et al., 2014).

Le passage d'un feu se traduit par l'altération plus ou moins poussée d'organes vitaux du végétal, au niveau du feuillage, du tronc et des racines. Il en découle une perte de vigueur de l'arbre pouvant entraîner sa mort. Le degré d'altération est fonction de la combinaison des dégâts sur les différentes parties de l'arbre (feuillage, tronc, racines), résultant de la nature (feu de surface, feu de cime) et de l'intensité du feu, ainsi que de la sensibilité au feu de l'espèce. Un feu rapide provoque beaucoup moins de dommages qu'un feu lent (Trabaud, 1992).

➤ **Effets sur le houppier :**

Les parties aériennes les plus sensibles à l'échauffement sont les éléments les plus fins, comme les feuilles ou les bourgeons, et ce pour deux raisons. D'abord, le flux de chaleur qu'ils reçoivent est inversement proportionnel à leur épaisseur, donc d'autant plus important que l'élément est fin. Ensuite, plus un élément est fin, plus la chaleur se diffuse rapidement à l'intérieur, tuant plus de cellules et causant ainsi la mort des organes qui doivent être à bonne distance de la flamme pour survivre. Ainsi, aucune feuille ni bourgeon ne survivra à un feu total (Pimont et al., 2014).

➤ **Effets sur le feuillage :**

La destruction par le feu des feuilles ou des aiguilles est à l'origine de la réduction temporaire de l'activité photosynthétique. L'altération des bourgeons arrête toute croissance du rameau. La résistance de ces organes vitaux à la chaleur est variable suivant

les essences. Dans certains cas, une couche de cellules protectrices recouvre les aiguilles (ex : cires) ou les bourgeons (ex : écailles). Le stade de développement du végétal conditionne également sa résistance au stress thermique. Sur le plan visuel, les effets du feu sur le feuillage se traduisent par le roussissement du houppier. Ce roussissement est suivi par la chute des feuilles ou des aiguilles (Colin et al., 2001).



Figure 9 : Impact du feu sur le feuillage

Source : Catherine Nouals, 2011

➤ **Effets sur le tronc :**

L'écorce protège les tissus sous-corticaux (phloème et xylème) responsables de la croissance en diamètre et de la circulation de la sève (Fig.9). La destruction du phloème empêche le stockage des assimilés de la photosynthèse dans les racines et la durée de survie de l'arbre est alors de un à deux ans (utilisation des réserves accumulées avant l'incendie). Si en plus le xylème est détruit, toute communication entre le feuillage et le système racinaire est supprimée, et l'arbre meurt alors en quelques semaines (Colin et al., 2001).



Figure 10 : Écorce après incendie

Source : Catherine Nouals, 2011

Peu après l'incendie, la mort survient chez les arbres dont l'écorce a été gravement lésée par le feu jusqu'à l'assise génératrice libéro-ligneuse. Chez les conifères, ces dommages débutent sur le tronc par des coulées de résine ; chez les feuillus, on observe seulement de légères boursouflures. Dans les deux cas, les fûts conservent encore leur aspect primitif mais, bien que sous l'écorce le bois demeure intact, les tissus corticaux moribonds présentent de graves lésions. Ils sont dispersés par le vent ou attirés à distance

vers les arbres endommagés, par les ravageurs secondaires et pathogènes de faiblesse qui y trouvent alors des conditions propices à leur développement.

La résistance au feu varie suivant les espèces, notamment en fonction de l'épaisseur de l'écorce.

Dans le cas du chêne-liège, l'assise cambiale est protégée par le liège, matériau isolant thermiquement et qui forme une écorce épaisse (sauf si celui-ci a été levé récemment), ce qui fait de cette essence l'une des moins sensibles au feu. Les branches détruites sont remplacées par de nouveaux rameaux développés à partir des bourgeons dormants (Colin et al., 2001).

➤ **Effet sur les racines**

L'altération du collet (zone d'insertion des racines maîtresses) est à l'origine d'une perte de vigueur de l'arbre, pouvant entraîner sa mort. L'échauffement du sol lors du passage du feu peut également être responsable de l'affaiblissement de l'arbre, les terminaisons racinaires situées dans les couches superficielles du sol étant affectées. Les feux de sol tuent les racines et les arbres (Trabaud, 1992).

➤ **Risque phytosanitaires**

L'altération des organes vitaux entraîne l'affaiblissement de l'arbre, qui est beaucoup plus sensible aux attaques parasitaires ou fongiques. Les peuplements brûlés peuvent alors devenir des foyers potentiels de contagion de la végétation voisine (Colin et al, 2001).

➤ **Effets sur la régénération des peuplements**

La survie des communautés végétales est variable selon les espèces concernées et l'intensité du feu. Un état des lieux est souhaitable pour estimer les chances d'une reprise naturelle de la végétation (rejet de souche des feuillus, production des semences pour les résineux) et pour envisager, après un diagnostic de site, une diversification de l'occupation du sol.

La chaleur du feu favorise la régénération de certaines essences forestières. C'est le cas de *Quercus coccifera* en France et en Italie, de *Quercus calliprinos* en Syrie, de *Pinus brutia* en Syrie et Liban et de *Pinus halepensis* (Berrichi, 2013).

7.1.3. Actions sur la pédofaune

Les micro-organismes du sol sont directement touchés par la vague thermique au passage du feu. La stérilisation intervient entre 50 °C et 125 °C, et concerne généralement entre 5cm et 10 cm. Mais ce sont les couches superficielles, les plus riches en matière organique et les plus actives biologiquement, qui sont les plus touchées (Colin et al., 2001).

Le feu réduit la population des vers de terre, de myriapodes, de fourmis et d'insectes pollinisateurs. La microfaune est détruite et se constitue lentement (Khalid, 2008).

7.2. Sur l'environnement

La destruction du couvert végétal par les incendies incontrôlés aggrave à la fois le réchauffement climatique, la pollution de l'air, la désertification et la perte de biodiversité. (Fao, 2009) ²

Les incendies contribuent à l'effet de serre en déstockant de grandes quantités de carbone : directement par combustion des végétaux, de l'humus et d'une partie de la matière organique du sol, et indirectement en accélérant les processus de minéralisation de la matière organique restante. Les processus de dégradation qui s'en suivent (érosion, pertes de fertilité, disparition parfois de la strate arborée), réduisent la productivité des écosystèmes et donc leur capacité à capturer, lors de leur reconstitution, une partie du carbone libéré (Vennetier, 2004).

Non seulement ces incendies détruisent des forêts centenaires abritant une flore et une faune précieuses, ils sont également une des causes principales de la pollution atmosphérique dans le monde. Des milliards de tonnes de fumées et de gaz à effet de serre, comme le dioxyde de carbone, sont ainsi dégagés dans l'atmosphère (L'atlas mondial des incendies, 2013) ³

L'augmentation de la fréquence et de la sévérité des incendies de forêts entraîne des émissions de gaz à effet de serre et de particules de plus en plus importantes et donc une altération accrue du climat (fig.10). En effet, la NASA estime à environ 2.4 gigatonnes par an les émissions de carbone dans l'atmosphère pour les seuls feux tropicaux, soit 30 % des émissions totales (De Gennaro, 2017).

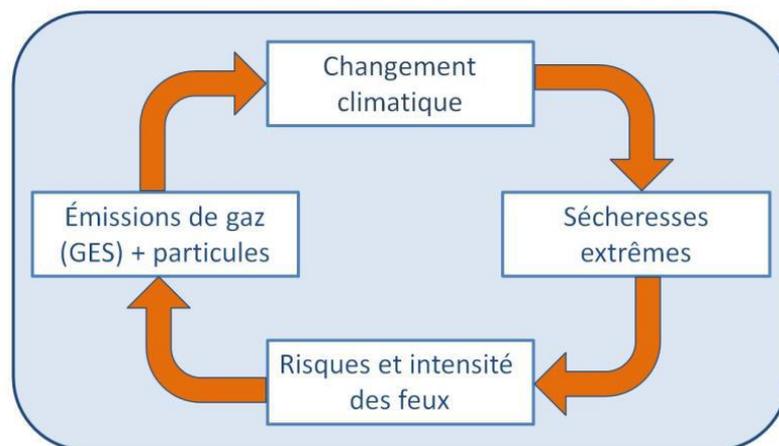


Figure 11 : Cycle de feux de forêt/climat.

Source : De Gennaro, 2017

² : <http://www.fao.org/news/story/fr/item/29097/icode/>

³ https://www.esa.int/kids/fr/Apprendre/La_Terre/Les_catastrophes_naturelles/Actualite_brulante_1_Atlas_Mondial_des_Incendies_de_1_ESA

7.3. Sur l'économie forestière

Chaque année, sur des millions d'hectares, des incendies détruisent du bois précieux, d'autres produits forestiers et des services environnementaux fournis par les forêts (fao, 2005)⁴

Quand l'incendie parcourt une surface importante de peuplements adultes, l'afflux sur le marché de produits de deuxième choix peut y amener un grave déséquilibre. De ce fait, une baisse de prix se manifeste à tous les stades (Lallemand, 1974) ce qui conduit à la perte en argent par la dévalorisation des bois échauffés, blessés ou complètement brûlés, dont la valeur est amoindrie.

Dans le cas du liège, celui qui reste est le « liège noir » qui a une valeur très faible. Sur l'arbre, le liège se décolle et les dégâts aux arbres seront plus forts si le feu passe après le démasclage (Plaisance, 1974).



Figure 12 : Pile de liège flambé (à gauche), une partie de tronc brûlé (milieu) et un canon de liège flambé (Photos Bouhraoua)

Les pertes économiques dans le secteur forestier générées par les incendies de forêt en Algérie entre 1985 et 2006 se chiffrent à plus de 113 milliards de dinars algériens soit 1,11 milliards d'euros. Cette évaluation financière ne prend en compte que la valeur marchande des produits perdus (bois, liège, broussailles, alfa, arboriculture...) sans tenir compte des dépenses annuelles pour la lutte contre les incendies de forêt (matériels, véhicules, main-d'œuvre...). De plus il faut ajouter à cela une perte à long terme de la biodiversité et de l'équilibre des écosystèmes forestiers, qui reste très difficile à chiffrer. Surtout si on sait que le reboisement et l'entretien d'un hectare coûte en moyenne 80.000 DA. L'une des conséquences indirectes des incendies est l'érosion des sols et l'envasement des barrages qui représentent une autre perte économique très importante (Arfa et al., 2008).

⁴ : <http://www.fao.org/3/J3938f/J3938f.htm>

8. Conséquences des incendies de forêts

Les conséquences de chaque incendie varient selon les circonstances spécifiques de chaque forêt et de chaque incendie (intensité et vitesse de passage).

Des milliers de feux ravagent en permanence notre planète. Des incendies qui n'épargnent aucun pays, riche ou pauvre, et qui sont souvent dus à des pratiques délétères.

8.1.A l'échelle mondiale

Au plan mondial, plus de 350 millions d'hectares de forêts ont été brûlés en 2000, dont 95% ont été en conséquence directe d'activités humaines. L'expansion constante de l'agriculture et d'autres activités entraînant une reconversion des terres dans les pays en développement, l'usage accru de forêts à des fins de loisirs et de tourisme dans les pays développés comme dans les pays en développement et l'expansion continue des zones urbaines et périurbaines dans presque tous les pays sont autant de facteurs qui contribuent à une sensibilisation accrue aux feux de campagne et de forêt.

L'Afrique arrive en tête dans le monde presque chaque année par le nombre des incendies et le chiffre des superficies brûlées. C'est ainsi qu'en 2000, on estime à 175 millions d'hectares la superficie de forêt, savane et prairie qui, en Afrique, a été parcourue par les flammes au sud de l'équateur. Nombre de ces feux avaient été allumés volontairement afin de défricher des territoires pour l'agriculture, et nombreux sont ceux qui furent à l'origine d'incendies s'étendant sur des territoires beaucoup plus vastes que prévu (Fao, 2005)⁵

8.2. Dans la région méditerranéenne

Les incendies de forêts représentent un véritable fléau pour les forêts méditerranéennes (Colin et al., 2001). Dans la région méditerranéenne, les incendies de forêt constituent une perturbation majeure, déterminée par les caractéristiques des écosystèmes et des espèces forestières (Della-rocca et al., 2018).

Les superficies brûlées totales dans les pays méditerranéens peuvent être estimées à environ 600 000 ha par an, soit près du double des années 70. Toutefois, la tendance observée est beaucoup moins uniforme que pour l'incidence des feux. On constate une aggravation de la situation en Grèce (de 12 000 à 39 000 ha), en Italie (de 43 000 à 118 000 ha), au Maroc (de 2 000 à 3 100 ha), en Espagne (de 50 000 à 208 000 ha) et en ex-Yougoslavie (de 5 000 à 13 000 ha). Au Portugal, la situation s'est également dégradée, même si les statistiques ne démarrent que plus tard. En Algérie et à Chypre, on ne décèle aucune tendance à partir des statistiques, mais certaines années présentent un maximum très élevé (par exemple, 1957, 1958 et 1983 en Algérie; 1974 à Chypre). Enfin, les superficies incendiées totales sont restées relativement stables en Croatie, en France, en

⁵ : <http://www.fao.org/3/J3938f/J3938f.htm>

Israël et en Turquie. Il est intéressant de noter qu'en dépit de toutes les mesures prises, aucun pays ne fait état d'une amélioration de la situation (Le Houérou, 1987).

Au cours de la période (1995-2004), les feux de forêts dans le bassin méditerranéen sont estimés à 50 000 foyers en moyenne par année et les superficies incendiées représentent une moyenne annuelle allant de 700 000 ha à 1 million d'hectares. Pour la période (2006-2010), plus de 269 000 feux de forêts ont été rapportés dans la région méditerranéenne, soit une moyenne de presque 54 000 feux annuels. 81% de ces feux sont déclenchés dans les pays de l'Ouest de la Méditerranée, 13% dans les pays de l'Est et 6% dans le Sud. (FAO, 2013).

8.3. En Algérie :

Une surface cumulée de 3 506 942 ha a été parcourue par le feu en Algérie, sur une période de 87 ans (1876-1962), soit une moyenne de 41 258 ha/an. Durant cette époque, le feu a mis en péril notre patrimoine forestier, en certaines circonstances malheureusement trop répétées ; les dégâts qu'il a causés ont pris la proportion de véritables désastres.

La superficie forestière totale incendiée durant la période 1963-2007 (45 ans) est évaluée à 1 556 807 ha, le feu a donc détruit en moyenne 34 596 ha/an (fig.13).

Lors de certaines années néfastes, notamment 1965, 1967, 1971, 1977, 1978, 1993, 2000 et 2007, la forêt algérienne a été touchée par de grands feux, dépassant largement la moyenne de la période 1963-2007, soit entre 40 000 et 60 000 ha.

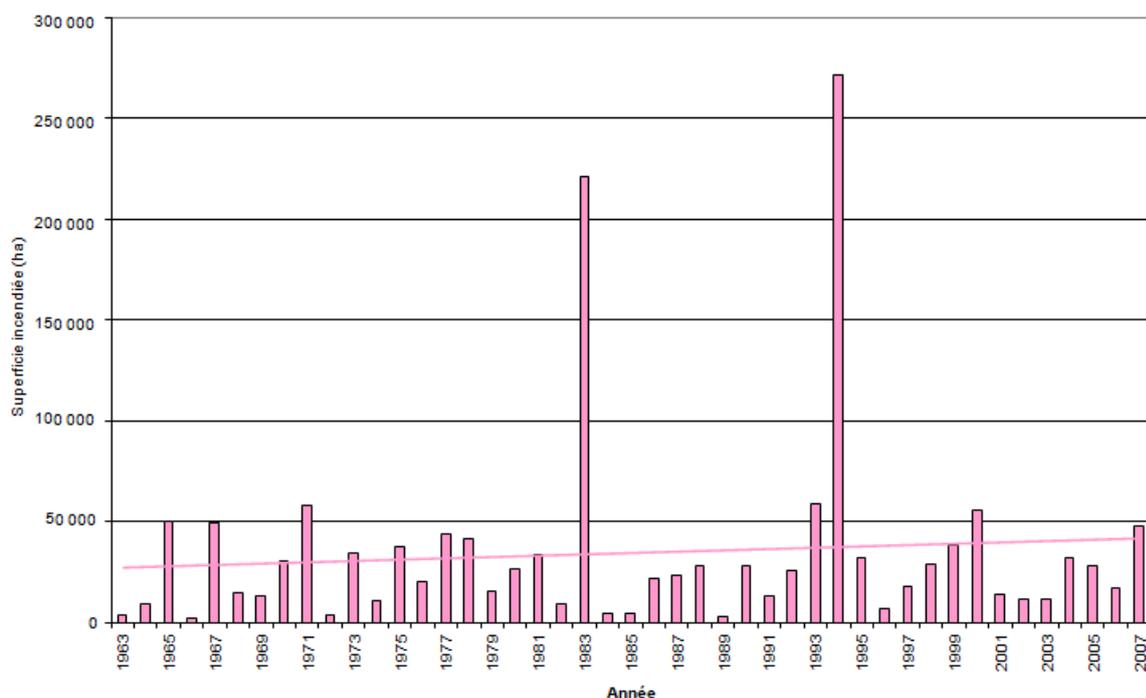


Figure 13 : Evolution annuelle des superficies parcourues par le feu (période 1963-2007)

L'Algérie a vécu deux années catastrophiques, pour ne pas dire infernales. Celles-ci marqueront à jamais les annales des incendies de forêts dans notre pays, en l'occurrence 1983 et 1994, avec respectivement 221 367 ha et 271 598 ha (Meddour-Sahar et al., 2008)

8.4. Dans la région de Tlemcen

Dans la région de Tlemcen, on enregistre 60000 ha de superficie parcourue par le feu dans une période de 35 ans de 1980 à 2015 soit une moyenne de 1500 ha chaque année (CFT, 2016) (Fig.14). Dans cette même période, on note aussi 1600 départs de feu avec une moyenne de 45 départs par an.

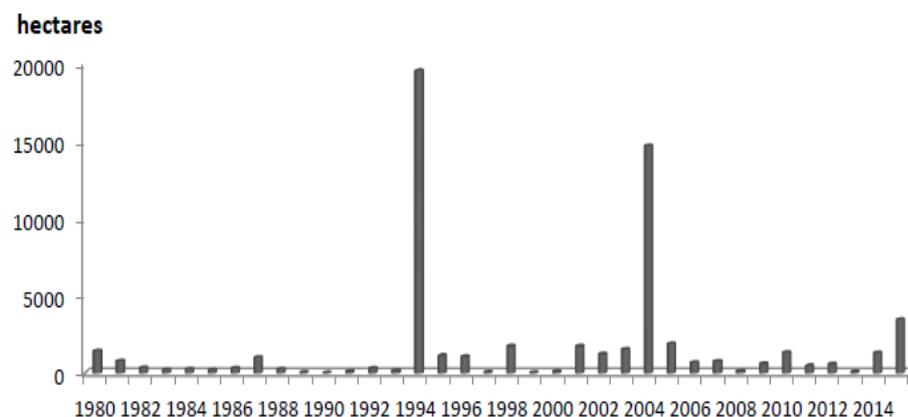


Figure 14 : Distribution annuelle des superficies forestières brûlées dans la wilaya de Tlemcen entre 1980 et 2015 (CFT, 2016).

Selon la distribution annuelle des superficies brûlées dans la wilaya de Tlemcen (Fig.14), on constate que les années les plus catastrophiques où les superficies ont dépassé les 10000 ha comme sont : 1994 où ils ont enregistré une superficie importante brûlée d'environ 19500 ha, 2004 avec 14600 ha brûlés et enfin l'année 2015 qui était la plus calamiteuse par la consommation de 3500 ha du couvert forestier de la Wilaya.

8.5. Sur les forêts de chêne liège

En ce qui concerne les forêts de chêne liège, les feux ont parcouru depuis longtemps presque annuellement des surfaces variables. Ainsi, les statistiques fournies par la Direction Générale des Forêts pour une période de 27 ans (1985-2012), montrent que les incendies de forêts ont ravagé une surface totale en chêne liège d'environ 200 000 ha ce qui représente une surface moyenne annuelle de 7300 ha.

Les incendies catastrophiques sont enregistrés plus particulièrement en été 1994 atteignant une surface record de 63 328 ha. D'autres de gravité moindre sont notés en 1990, 1993, 2000, 2007 et le dernier en été 2012. Durant ces années, les incendies ont atteint des surfaces variant entre 10 et 17.000 ha (Fig.15) (DGF, 2013).

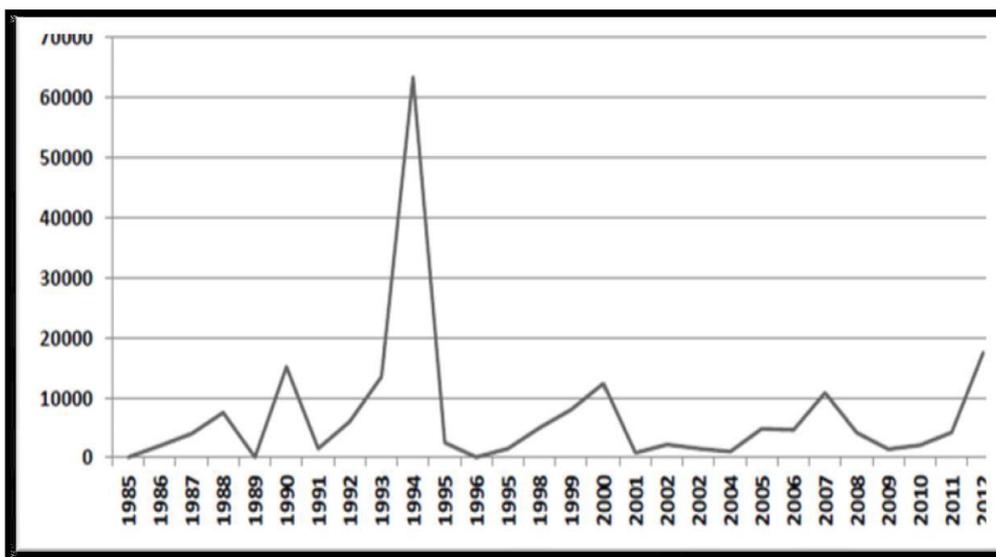


Figure 15 : Evolution annuelle des superficies de chêne liège (ha) parcourues par le feu

Le tableau 4 suivant montre les détails du bilan des incendies de chêne liège dans la wilaya de Tlemcen. Les deux années 2007 et 2015 marquent les plus grandes superficies de chêne liège endommagées par le feu au niveau des deux communes Ain Ghoraba et Mansourah (Terny).

Tableau 4: Bilan des incendies des forêts de chêne liège dans la région Tlemcen (CFT, 2016)

Années	Daïra	Commune	forêt ou Lieu-dit	Superficie incendiée (Ha)	Essences
2007	Chetouane	Ain Fezza	Oum Allou	8	05 broussailles et 03 ch vert et liège
	Mansourah	Ain Ghoraba	Oued feden	150	38 ch liège 40 maquis ch vert 40 BR
	Mansourah	Mansourah	FD Zarifait	55	20 ch liège 35 Maquis
HORS CAMPAGNE					
2014	Ouled Mimoun	Béni Smiel	Châabet Boudali Zerdeb Sud	45	15 ha Chêne Liège - 30 ha Broussailles
	Mansourah	Terny	Zariffet	10	07 ha Broussailles - 03 ha chêne liège
	Chetouane	AinFezza	Oum Allou	1,5	01 ha Broussailles - 0,5 chêne liège
2015	Chetouane	AinFezza	Tafrenet	03	Broussaille (Calycotum-Oléastres-Doum-Diss) +quelque sujets Chêne Liège
	AinTellout	AinTellout	Djorf El Ougab - FD Slissen	15	Broussailles
	Mansourah	Mansourah - Terny	Zariffet	208	35 ha Forêt de Chêne l- 67 ha Maquis dégradé de Chêne vert - 106 ha Broussailles (Doum-Diss-Calycotum) et quelques sujets de pin d'Alep
	Mansourah	Béni Mester	Tadjra (AinDouz)	1,5	Broussailles et quelques sujets de Chêne Liège
	Mansourah	AinGhoraba	FD Hafir - Canton Oued Tlat	05	02 ha : Chêne Lièges - 03 ha : Broussailles

Si le chêne-liège est capable de résister à des incendies parfois violents, c'est à l'épaisseur et à la structure de son écorce (présence d'une multitude de compartiments étanches remplis d'air) qu'il doit cette aptitude. En effet, en terme thermique, le tissu subéreux figure parmi les substances douées de la plus haute capacité isolante. L'écorce liégeuse du chêne-liège est donc sa meilleure assurance vie.

Le fait de le démascler et de lui ôter cette protection si précieuse aura pour conséquence directe de rendre plus vulnérable le peuplement en cas d'incendie même de faible puissance.

Malgré la perte de tout son houppier et un aspect carbonisé, le chêne-liège possède un important pouvoir de récupération, ce qui fait qu'avant de décider de couper un arbre il faut s'assurer de sa viabilité future. Il est préférable d'attendre le printemps et même le deuxième automne pour évaluer l'état sanitaire de chaque sujet. Ainsi, si le liège protège très efficacement les chênes contre les incendies, ces derniers sont par contre très sensibles aux incendies quand ils ont été récemment récoltés. Dans l'éventuelle coupe rase ou mortalité après incendie de forte intensité, la régénération n'est possible que par rejets de souche, la régénération naturelle par voie sexuée n'aboutit pas (Boudy, 1950). (Bekdouche, 2010).

Conclusion :

A la lumière de cette étude bibliographique, nous pouvons dire que le feu a joué un rôle primordial dans l'état actuel de l'écosystème forestier algérien. Il a ainsi causé des pertes et dommages considérables sur notre patrimoine naturel.

Ces agressions entraînent d'importantes pertes de quantités de ressources forestières, ce qui peut entraîner des pertes sur plusieurs échelles : économiques, environnementales et écologiques.

Parmi les ressources les plus endommagées par ce sinistre, les forêts de chêne liège. Les subéraies algériennes subissaient des incendies plus ou moins violents. Néanmoins elles persistent grâce à sa forte résistance. En effet, quelques semaines après le feu, des rejets et des drageons apparaissent en abondance (Bekdouche, 2010).

Si le chêne-liège est capable de résister à des incendies parfois violents, c'est à l'épaisseur et à la structure de son écorce (présence d'une multitude de compartiments étanches remplis d'air) qu'il doit cette aptitude. En effet, en terme thermique, le tissu subéreux figure parmi les substances douées de la plus haute capacité isolante. L'écorce liégeuse du chêne-liège est donc sa meilleure assurance vie. Le fait de le démascler et de lui ôter cette protection si précieuse aura pour conséquence directe de rendre plus vulnérable le peuplement en cas d'incendie même de faible puissance (Bekdouche, 2010)



Chapitre II :
Monographie du chêne liège

Chapitre II : Monographie du chêne liège

Introduction

Le chêne liège présente l'une des espèces forestières les plus importantes en raison de ses valeurs économiques, écologique et sociales. Il joue un rôle essentiel dans l'équilibre physique et socio-économique des milieux qu'il abrite. Ce qui détermine un patrimoine forestier d'une grande importance qui doit être bien étudié et préservé.

Aujourd'hui, les subéraies méditerranéennes sont en voie de régression continue à cause de plusieurs facteurs biotiques et abiotiques. Parmi lesquels on peut citer les actions anthropiques; le changement climatique, les attaques des insectes ravageurs et surtout les incendies ; ces derniers emportent chaque année lors de la période caniculaire environ 1200 ha de forêts, dont 900 ha de subéraies.

Le chêne-liège demeure la seule essence capable de se régénérer et de reverdir dans les mois qui suivent le sinistre, grâce à la protection fournie par son écorce subéreuse et aux nombreux bourgeons dormants situés sous celle-ci, qui peuvent garder le port de l'arbre et reconstituer une ambiance forestière en quelques années en permettant la restauration écologique de la forêt et sa biodiversité.

Ce chapitre développe tout les aspects, les exigences et les intérêts qui permettent de mieux comprendre l'espèce.

1. Taxonomie de chêne liège

Le chêne liège (*Quercus suber L.*) que les Grecs appelaient "l'arbre écorce", est une essence forestière de production. Elle possède une très grande importance en raison de la valeur et la qualité de son écorce exploitable. Selon (Boudi, 1950), l'espèce se voit par de différentes nominations selon les pays :

- Afrique du nord : ferman
- Espagne : alcornoque
- Portugal : sobreiro
- Allemagne: Korkbaum ou Korbeiche
- Angleterre: Cork-oak
- Italie : quercia da sughero
- France: chêne-liège

Il a été décrit pour la première fois par Linné en 1753. L'espèce appartient systématiquement à l'embranchement des spermaphytes, le sous embranchement des

angiospermes, la classe de dicotylédones, l'ordre des fagales, la famille des fagacées, le genre *Quercus*, et l'espèce *Quercus Suber* Linné (Jacamon, 1987).

2. Aire de répartition

2.1. Dans le monde :

Le chêne liège est une espèce endémique de la méditerranée occidentale, il couvre une superficie mondiale d'environ 2,7 millions hectares répartis sur sept pays : Algérie, Maroc, Tunisie, Portugal, Espagne, Italie et la France (Bouchicha, 2016). En termes de surface le chêne liège est réparti comme suit (tab.5 ; fig.16):

Tableau 5: Répartition mondiale de la subéraie

Source : Bekdouche, 2010

Pays	Superficie (hectare)	%
Algérie	410.000	18.1
Tunisie	99.000	4.3
Maroc	340.000	15.0
Portugal	730.000	32.2
Espagne	500.000	22.0
Italie	90.000	4.0
France et Corse	100.000	4.4

Ces superficies sont attribuées par un climat propice pour une croissance optimale du liège (Bouchicha, 2016). Au cours des années, plusieurs pays en dehors de la méditerranée ont introduit le chêne liège artificiellement comme un arbre ornemental d'ombrage et de curiosité botanique ou dans l'espoir de générer la production de liège local. D'où une bonne acclimatation a été observée en : Bulgarie, Nouvelle-Zélande, Sud de l'Australie, Chili et la Californie (Bekdouche, 2010).

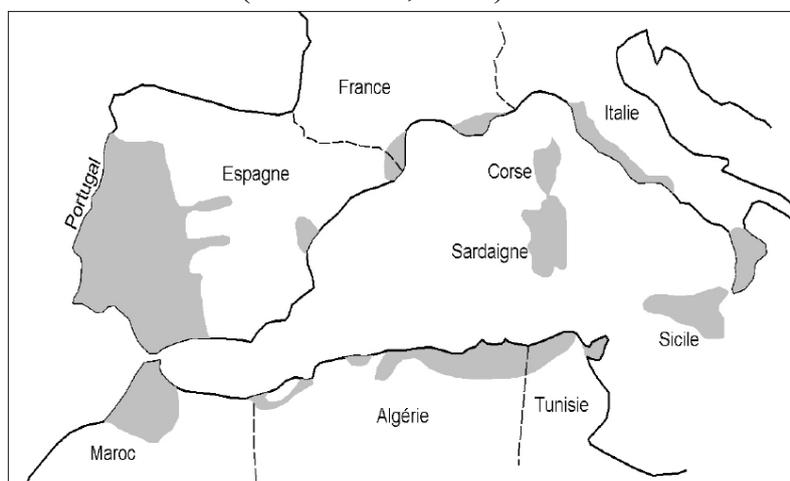


Figure 16 : Distribution du chêne liège dans son aire géographique.

Source : Machouri, 2009.

2.2. En Méditerranée

Le chêne liège est une essence endémique de la méditerranée occidentale, débordant sur les côtes atlantiques depuis le Maroc jusqu'au golfe de Gascogne, entre les altitudes extrêmes Nord 31 et 45. Il est spontané sur tout le pourtour Ouest de la méditerranée : en Silice, en Italie jusqu'en Istrie, Sardaigne, Corse, France (Alpes-Maritimes, Var, Pyrénées-Orientales), Espagne (Catalogne, Estramadure, Andalousie), en Algérie et Tunisie (Boudi, 1950).

Au Maroc, le chêne-liège s'étend sur une superficie de près de 340.000 ha, principalement dans la Mamora qui est considérée comme la plus grande subéraie mondiale, le Plateau Central et le Rif, ce qui représente 15% de la superficie mondiale de la subéraie (Natividade, 1956).

En Tunisie, il est présent dans la région de Kroumirie – Mogods, constituée par une bande étroite qui occupe presque toute la partie septentrionale délimitée au Nord par la Méditerranée et au Sud par une ligne partant de la frontière algérienne jusqu'à Bizerte. (Silva and Catry, 2006).

2.3. En Algérie :

Le chêne liège en Algérie montre une énorme dispersion géographique des peuplements où ils couvrent une superficie d'environ 440.000 ha dont 229.000 ha sont considérés comme productifs, ce qui représente 13% de la superficie mondiale.

Ces formations dispersées sur tout le nord algérien sont réparties entre les 3 régions principales comme suit : (tab.6) (Messaoudene, 2000).

- Est 392.000 ha (89%)
- Centre 41.000 ha (9%)
- Ouest 7000 ha (2%)

Donc les peuplements les plus vastes sont situés dans la Région Est du territoire algérien. Principalement dans : les massifs de Collo, Skikda, Jijel, Annaba, Guelma et Souk-Ahras.

Au centre du pays, il se trouve dans la région d'Alger, Blida, Miliana, Cherchell, Médéa et Ténès.

A l'ouest, l'espèce est moins fréquente, on la trouve à : Ghélizane 'Ami-moussa', au sud de Mascara 'Nesmoh', à Tiaret 'Tagdempt', dans les environs d'Oran 'forêt de Msila', et surtout dans la région de Tlemcen 'Forets d'Hafir et de Zarieffet' (Bouchaicha, 2016).

Tableau 6 : Répartition du chêne liège en Algérie par région subéricole.

Principales régions	Superficie	Pourcentage
Région Constantinoise	392.000 ha	89%
Région Algéroise	41.000 ha	10%
Région Oranaise	7000 ha	1%
Total	440.000 ha	100%

3. Caractéristiques botaniques

Le chêne liège appartient à la famille des fagacées qui regroupe des plantes dicotylédones où l'on distingue trois genres : le hêtre, le châtaignier et le chêne. Ce dernier révèle dans la section *Cerris*, d'une sous-section où il voisine avec une espèce de Chypre et une d'Asie. Il est caractérisé par ses :

- **Feuilles :** C'est un arbre à feuillage persistant, ses feuilles vivent plus d'une année entière, elles meurent et tombent au cours de la deuxième année (Lippert et Podlech, 1989). Elles sont brièvement pétiolées, étroitement lancéolées, de 3-7 cm de long, vert foncé dessus, tomenteuses et grises dessous, entières ou denticulées (fig.17) (Bayer et al., 2016).



Figure 17 : Face adaxiale du limbe (supérieure) à gauche et face abaxiale du limbe (inférieure) à droite (photos originales)

Elles sont portées par un pétiole assez court. Les nervures secondaires, au nombre de cinq à sept de chaque côté forment l'axe d'autant de dents plus ou moins marquées et se prolongent au-delà du limbe en une fine pointe flexible. Dans l'ensemble, le feuillage grêle et rare, porté par une ramification peu serrée, donne un couvert assez léger qui explique l'abondance du sous-bois. (Saccardy, 1938)

En Algérie et en Tunisie, leur chute n'a presque jamais lieu simultanément en sorte qu'un même arbre n'est jamais complètement dépouillé et présente, à la fin, de vieilles feuilles d'un an et des jeunes (Lippert et Podlech, 2010).

- **Fleur** : sa floraison est monoïque, elle a lieu d'avril à mai ; les fleurs mâles, en grappes de 4 à 8 cm apparaissent sur les rameaux de l'année précédente. Les fleurs femelles poussent sous forme d'une petite cupule écailleuse isolées ou en groupes de trois sur les rameaux de l'année en cours. Leur cupule protectrice se retrouvera sur les futurs glands.

- **Fruit** : La fructification est précoce ; elle commence vers 15 ans, et ne devient abondante et soutenue qu'à partir de 30 ans. Elle se poursuit jusqu'à un âge avancé au-delà de 100 ans et ses glands qui sont assez amers se forment dans l'année et tombent d'Octobre à Janvier. Les bonnes glandées ont eu lieu en principe, tous les deux ans à trois ans, et peuvent aller jusqu'à la quatrième année en montagne (Boudy, 1950).

- **Gland** : Le gland de chêne est un fruit sec ou akène entouré par des enveloppes séminales : le péricarpe (formé de trois couches, l'épicarpe, l'endocarpe et le mésocarpe) et le tégument recouvrant l'amande (Alatou et al., 1998).

- **Hauteur** : un arbre adulte atteint dans la plupart des cas 10 à 15 mètres de hauteur (voire 25m exceptionnellement (Schaffhauser, 2009).

- **Houppier** : l'arbre développe un port large et étalé en situation isolée, mais en peuplement, il est arrondi, étroit et haut (Schaffhauser, 2009)

- **Âge** : son âge limite naturel est compris entre 300 et 500 ans. Cependant, pour un arbre régulièrement écorcé, cette limite n'est plus que 150 à 200 ans (Schaffhauser, 2009)

- **Système racinaire** : le chêne liège a un enracinement robuste, pivotant constitué d'une grosse racine principale et de racines secondaires plus superficielles. Il constitue de fortes longues racines où la nature du sol est favorable, qui permettent la fixation de l'arbre.

Il permet l'approvisionnement en eau et en éléments minéraux, peut s'emmêler avec les racines des arbres voisins pour un échange de substances nutritives et s'associer avec le mycélium de certains champignons qui favorisent la capture des minéraux. (Schaffhauser, 2009)

- **Association** : on distingue deux aspects principaux de l'association :

Vers le littoral et en basse montagne un faciès à *Myrtus communis* avec strate frutescente très développée, comprenant notamment : *Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Phylliraea media*, *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus alaternus*, *Viburnum tinus*, *Myrtus communis*, *Calycotome*, *Genista* et *Cistus*, *Lavandula stoechas*, avec parfois *Quercus coccifera*.

En montagne : *Cytisus triflorus*, *Erica arborea* (qui disparaissent à partir de 1300 m.), mais se développent *Calycotome*, *Genista tricuspida*, *Cratoegus monogyna*. Le lapis herbacé se développe davantage.

L'association se dégrade d'abord par la disparition de l'essence principale ne laissant que le maquis d'essences secondaires. Le maquis, par l'action des incendies répétés et d'un pâturage excessif, s'appauvrit et se dégrade à son tour ; sa dernière expression est une lande de cistes (*Cistus monspeliensis*) pouvant comporter *Lavandula sloechas* et quelques Genistées, ainsi que *Chamoerops humilis* sur le littoral. En montagne l'ultime forme de dégradation est la steppe de diss (*Ampelodesma maure tanica*) (Saccardy, 1938).

- **Bois et écorce :** Transversalement sur le troc on trouve de l'intérieur à l'extérieur trois zones concentriques : le bois, le liber et le liège. Entre le bois et le liber, se trouve une assise génératrice interne appelée assise cambiale ou cambium donnant à l'extérieur des tissus libériens et à l'intérieur des tissus ligneux. Une seconde assise génératrice fonctionne entre le liber et le liège, c'est l'assise génératrice externe ou phellogène. Vers l'extérieur, elle donne naissance au liège et vers l'intérieur au phelloderme (tissu insignifiant qui se réduit à un feuillet très mince visible seulement au microscope) (fig.18) (Saccardy, 1938).



Figure 18 : Tronc avant démasclage (à gauche) et après démasclage (à droite) (photos originales)

Le liber : C'est un tissu de couleur rosée, rugueux, dur, très chargé en tanin, renfermant de nombreux granules qui crissent sous le couteau (cellules pierreuses). Il est essentiellement vivant et sert à la conduction de la sève élaborée qui vient des feuilles (fig.19) (Saccardy, 1938).

Le liège : au contraire, c'est un tissu mort, souple, compressible, élastique, isolant. Il joue le rôle d'un protecteur excellent de l'arbre. On peut distinguer dans le liège deux éléments : le suber et les lenticelles :

- Le suber ou liège proprement dit est constitué par des cellules dont les parois minces sont dépourvues de toute ponctuation. Ces cellules sont pleines de gaz (les auteurs

admettent sans preuve expérimentale que ce gaz est de l'air), régulièrement disposées en files radiales et étroitement soudées les unes aux autres (fig.19) (Saccardy, 1938).

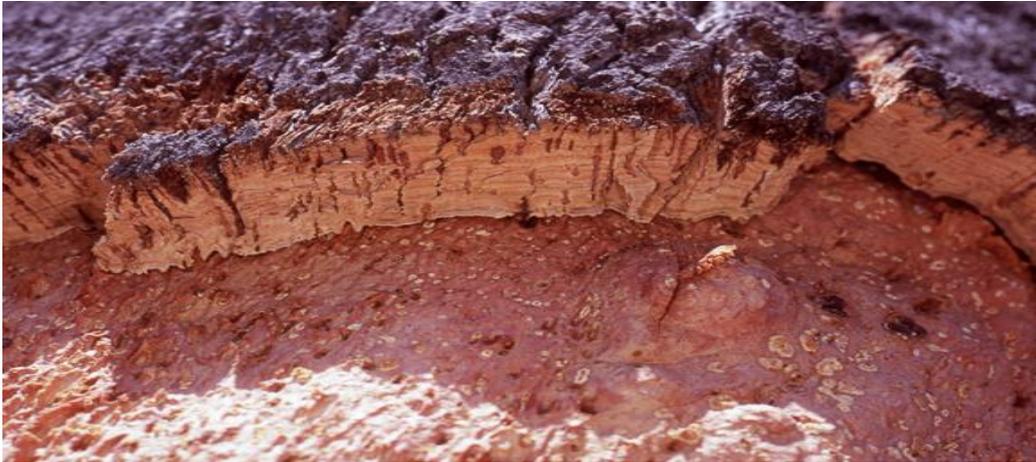


Figure 19 : Partie de tronc du chêne liège montrant la couche du liège de reproduction.

➤ Récolte et exploitation du liège :

La première récolte est appelée démasclage quand le tronc a atteint 25 cm de diamètre.

- Premier écorçage : s'effectue lorsque l'arbre atteint 25-30 ans, le liège obtenu est de structure irrégulière et très dur. Il est appelé le « liège-mâle » ou « liège vierge ») ou bien encore liège blanc (fig.18). Il est davantage utilisé dans les revêtements de sols ou matériau d'isolation.
- Second écorçage : 9 ans plus tard, la matière obtenue est encore irrégulière, mais moins dure, de qualité moyenne, le liège de première reproduction.
- Troisième écorçage : 9 ans plus tard, on obtient un liège plus noble avec des qualités requises pour la fabrication de bouchons de liège (fig.19). Nous sommes dans la 43^{ème} année du chêne-liège. On parle de Liège de reproduction (fig.20)

A partir de cette phase, à des intervalles réguliers de 9 ans, le chêne liège fournit du liège de qualité pendant environ un siècle et demi. Un chêne-liège peut en effet produire jusqu'à 200 ans et donc permettre à son écorce de se renouveler jusqu'à 17 fois si les producteurs déliègent correctement (Bonnet, 2019)



Figure 20 : Pile de liège de production récolté à la forêt de Tlemcen (photo originale).

4. Exigences de chêne liège :

La répartition géographique de l'espèce est définie par des caractéristiques précises du sol, de climat, de lumière et d'humidité. Ses dernières déterminent les différentes exigences climatiques, édaphiques et écologiques qui sont indispensables pour le développement et la croissance de l'arbre.

4.1. Exigences écologiques :

Le chêne-liège est une essence héliophile, c'est à dire de pleine lumière, il supporte mal l'ombre où il végète et finit par mourir. La lumière du soleil peut ainsi parvenir en suffisance aux strates basses. Cette structure horizontale permet l'éclaircissement du sol. Ainsi, sous la subéraie peut se développer un sous-bois assez riche: ligneux bas et de nombreuses espèces herbacées, comportant à la fois des espèces sciaphiles et des espèces héliophiles. Cette richesse spécifique se conjugue avec une certaine originalité écologique. A côté d'espèces méditerranéennes assez ubiquistes telles que *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea latifolia* et *Cistus monspeliensis*, on trouve des espèces plus strictement inféodées aux sols acides telles que *Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Lavandula stoechas*, etc. (Bekdouche, 2010).

En Algérie son extension en altitude est généralement limitée de la côte au 1200m, rarement 1300 à 1400m. on le rencontre surtout entre 500 et 800 m dans les peuplements purs (Saccardy, 1938), il présente une grande plasticité vis-à-vis de l'altitude (Bekdouche, 2010).

4.2. Exigences climatiques

Le chêne liège est une essence thermophile, il pousse sous des climats tempérés où les températures moyennes annuelles sont comprises entre 13 et 16 °C. Il exige un hiver doux, car il craint les fortes gelées persistantes, et nécessite une période de sécheresse en été pour prospérer (Bekdouche, 2010).

L'humidité est aussi un facteur limitant, car bien qu'étant xérophile, l'espèce nécessite une humidité atmosphérique d'au moins 60 %, même en saison sèche, et d'une pluviométrie allant de 500 à 1200 millimètres par an.

Ces conditions ne se rencontrent que près de la mer en région méditerranéenne, et jusqu'à 200 ou 300 km à l'intérieur des terres sur la façade atlantique, et varient néanmoins selon les particularités des stations qu'il colonise: exposition (nord/sud), topographie (sommet, fond de vallon), proximité de la mer, etc. (Bekdouche, 2010).

4.3. Exigences édaphiques

Un autre facteur déterminant dans la distribution des subéraies est le sol. Le chêne liège est une espèce strictement calcifuge, se plaisant sur tous les substrats siliceux et acides (gneiss, granite, schistes, grès), et craignant l'hydromorphie.

Il recherche plutôt des textures légères, s'accommode de sols peu fertiles, superficiels ou lourds riches en argiles, biens aérées et riches en matière organique.

De nombreuses études ont montrés que les gneiss, les granites, ou les grès à ciment siliceux, argileux constituent les roches favorables au chêne-liège, car elles présentent des caractéristiques sableuses. Les calcaires et les marnes l'excluent au profit d'autres espèces mais quelques intercalations argileuses ou même marneuses n'éliminent pas le chêne-liège quand il rencontre de bonnes conditions climatiques (Bekdouche, 2010).

5. Régénération du chêne liège

Comme toutes les essences feuillues, le chêne liège se multiplie par régénération naturelle ou artificielle. Dans les conditions écologiques optimales, il témoigne d'un tempérament robuste, résistant aux différentes dégradations soumises, continuant à se perpétuer par régénération naturelle, semis et surtout par rejets à la suite du feu ou d'une intervention de l'homme (Fatmi, 2014).



Figure 21 : Le chêne liège après incendie (photos ci-dessus), (photos ci-dessous) montrent des arbres totalement carbonisés avec une régénération de la couronne (épïcormique), trois mois après le feu (gauche), et 16 mois après le feu (à droite). Source : Carty et al., 2012.

5.1. Régénération naturelle

Les glands de chêne-liège ont un pouvoir germinatif excellent, ils ont des taux de germination très élevés, si bien manipulés (plus de 80%), ce que font des événements de régénération naturelle profuse pendant les années pluvieuses et si le peuplement n'est pas pâturé. Ce type de régénération est très avantageux pour diminuer la perturbation des sols (Varela, 2013).

La régénération naturelle dépend de plusieurs facteurs tels que la germination des glands, la périodicité des fructifications, la fécondité des arbres, les conditions édapho-climatiques des stations ainsi que les actions anthropiques.

En raison du manque de sylviculture, cette régénération est déficiente en Algérie, étant une espèce de lumière, à tous les niveaux de son développement, le jeune semis issu d'un gland supporte mal le couvert végétal et finit par disparaître à l'ombre de ses concurrents (Belabbes, 1996).

5.2. Régénération par rejets de souche

Dans de nombreux cas les rejets de souche se formeront immédiatement et avec vigueur. En laissant autant de rejets que possible vers 2 à 3 ans, à condition qu'ils soient toujours espacés

d'au moins 50 cm pour assurer leurs croissance, et leurs insertion latérale au niveau de la souche. Il aura ainsi la production de liège optimale et la disposition de suffisamment de brins pour les éclaircies ultérieures; celles-ci se feront en fonction du port du rejet ou de la qualité du liège. Dans la plupart des cas ces pieds pourront être démasclés au bout de 20 ans grâce à leur croissance rapide (Santiago-Beltràn et al.; 2003).

Le chêne-liège dispose de nombreux bourgeons dormants situés sous le collet ; il est donc facile pour lui de rejeter de souche après avoir perdu la totalité de sa partie aérienne ainsi qu'une grande partie de son système racinaire. Il faut pour cela éviter de blesser à nouveau les racines en réalisant des travaux ou en compactant le terrain. En cas de coupe, il ne faut pas dessoucher afin que puissent apparaître des rejets ; les racines, qu'elles soient vivantes ou mortes, jouent un important rôle protecteur face à l'érosion et en faveur de la fertilité et de la structure du sol (Santiago-Beltràn et al. 2003).

Malgré la perte de tout son houppier et son aspect carbonisé, le chêne-liège possède un important pouvoir de récupération, ce qui fait qu'avant de décider de couper un arbre il faut s'assurer de sa viabilité future. Il est préférable d'attendre le printemps et même le deuxième automne pour évaluer l'état sanitaire de chaque chêne-liège (Santiago-Beltràn et al. ; 2003).

6. Intérêts des forêts de chêne liège

La particularité des écosystèmes de chêne liège leurs donnent un rôle économique, écologique et social très important.

6.1.Intérêt économique

Le liège est une ressource naturelle renouvelable qui constitue une matière première précieuse et un matériau polyvalent pour l'industrie utilisé pour une grande variété de produits. En raison de son caractère économique, actuellement il est considéré comme le deuxième plus produit non ligneux d'importance commercialisable parmi les produits forestiers de la Méditerranée occidentale (Carty, 2012).

Les exportations du marché mondial du liège représentent près de 2 milliards de dollars américains par an (Carty, 2012 ; APCOR, 2019) ; il constitue une matière première d'importance stratégique pour diverses raisons :

- ses propriétés technologiques qui en font un produit naturel de qualité irremplaçable dans notamment la bouchonnerie et l'isolation thermique et phonique ;
- l'existence d'un tissu industriel national de première importance ;
- l'existence d'un marché intérieur demandeur et surtout d'un marché extérieur très ouvert à ce produit de premier ordre (Boussaha, 1998).

Le bois de chêne-liège est un bois moyennement nerveux, dur, dense et compact, rare au niveau mondial. Il est caractérisé par :

- une densité élevée : de 0.8 à 0,9 g.cm³
- une dureté moyenne : environ 56 N.mm²

- un retrait tangentiel total moyen : environ 8.5%
- un retrait radial total faible : environ 3.6 %
- une anisotropie moyenne à élevée.
- une rétractabilité volumétrique totale de 12% et une infra densité de 0.65 g.cm³, équivalentes à celles des autres essences de chêne (Matos et al., 2015).

Le chêne-liège dont la production est liée à une forte régénération de son écorce sur des dizaines d'années, alimente une économie du liège extrêmement porteuse au Portugal. Le pays produit en effet à lui seul, une grande partie du liège consommé dans le monde. Cela lui confère la place de premier producteur mondial. En effet, le Portugal produit 49% des 221 428 tonnes produites en moyenne dans le monde chaque année. De son côté l'Espagne compte 501.000 hectares de chêne-liège et représente 22,1% de la production mondiale. Elle se place ainsi 2ème au rang mondial. Autant d'utilités y compris dans les technologies de pointe. Il s'avère que la production de bouchons est l'utilisation la plus rentable du liège (Bonnet, 2019).

Les lièges de moindre qualité (dans les premières années d'exploitation de l'arbre) et les résidus inutilisables, servent notamment dans l'industrie du linoléum, la fabrication d'agglomérés et bien d'autres matériaux encore (Fig.21) (Bonnet, 2019)⁶.

Le liège de qualité avec ses caractéristiques et ses nombreuses propriétés est utilisé en bouchonnière, trituration pour l'industrie, isolation, produit de décoration, artisanat, ruche, décor de crèches, animalerie, terrarium, nichoirs à oiseaux, culture d'orchidées, décoration florale, Industrie de la mode, sacs, chaussures, vêtements, accessoires (fig.22).

La liste est longue dans l'utilisation du liège. On trouve également des objets divers, comme les volants de Badminton, les flotteurs de pêche. Dans le secteur du bâtiment on utilise beaucoup le liège et également dans la mise en place de murs végétaux (Roux, 2019)⁷.



Figure 22 : Exemples de produits issues de liège.

⁶ : https://www.the-forest-time.com/fr/guides-des-pays-et-regions/portugal/le-chene-liege-un-arbre-generoux-090976213?fbclid=IwAR2LXF_Q-vh2DLMS8qW3IRDqlxRwqlkE5tIEw4dgUs-uJJ1um5FU9AoYKO4

⁷ : <https://www.the-forest-time.com/en/foret-de-chene-liege-une-particularite-mediterraneenne-221224177>

6.2. Intérêt environnemental

Sur le plan écologique la subéraie présente une richesse écologique inestimable, qui assure une couverture permanente du sol même après démasclage. Elle est considérée comme un milieu favorable à plusieurs espèces.

Elle abrite une grande variété d'espèces animales, végétales et fongiques, y compris de nombreux endémismes et d'espèces menacées telles que : l'aigle impérial '*Aquila adalberti*', le vautour noir *Aegyptius monachus* ou le lynx ibérique *Linx pardinus*.

En raison de leur caractère unique, ces écosystèmes sont reconnus comme des habitats ayant une valeur de conservation dont le cortège floristique est plus diversifié (richesse spécifique plus élevée) (UICN 2010)⁸.

En effet, on dit que la subéraie méditerranéenne abrite 135 espèces de plantes, 24 sortes de reptiles et amphibiens, 160 espèces d'oiseaux et 37 mammifères. La composition des espèces végétales dépend des caractéristiques écologiques de chaque la région et les interventions anthropiques. Le chêne-liège offre une bonne protection des sols et il s'avère être un bel allié contre les incendies du fait de sa faible couverture (Bonnet, 2019).

6.3. Intérêt social

La récolte des lièges constitue en elle-même une activité très ancienne dans notre pays (Boussaha, 1998). La subéraie apporte beaucoup de bénéfices assurant le bien être des familles des populations rurales, elle est génératrice de revenus à cette catégorie d'habitant permettant d'améliorer leurs conditions de vie:

- le pâturage/élevage: production de la viande, lait, laine et cuir;
- l'agriculture extensive,
- création d'emplois dans les usines de transformation du liège,
- création d'emploi saisonnier dans les travaux sylvicoles et de récolte du liège
- l'apiculture (Bouhraoua, 2018).

Cette espèce est particulièrement importante dans la péninsule ibérique, qui compte environ 55% de la superficie mondiale de chêne-liège et 82% de la production mondiale de liège, ce qui représente des milliers d'emplois (Silva et Catry, 2006).

7. Facteurs de dégradation des subéraies

Autrefois, la subéraie occupait une superficie plus importante. Celle-ci a diminué progressivement sous l'action de l'Homme et de son cheptel (Boudy, 1950). En plus de l'action anthropique, les forêts de chêne-liège sont soumises à plusieurs autres contraintes

⁸ :[http:// www.iucnredlist.org/IUCN](http://www.iucnredlist.org/IUCN) Red list of threatened species

naturelles (sècheresse, incendies, attaques d'insectes et de champignons, etc.), qui ont provoqué, depuis des années, des dépérissements très inquiétants (Bekdouche, 2010).

7.1.L'incendie :

C'est le facteur majeur responsable de la régression et la dégradation des subéraies. En effet, les incendies sont parmi les agressions les plus dangereuses et les plus redoutables par leur intensité, leur brutalité et leurs dommages causés aux arbres.

Concernant la mortalité après incendie, des études ont estimé que si celui-ci survient pendant 3 années suivant la récolte la plus grande partie des sujets déliégés ou démasclés peut être considérée comme perdue (Boudy, 1952 ; Nsibi et al., 2006).

Tableau 7: Relation entre âge du liège et mortalité des arbres après le premier passage d'un incendie.

Source: Boudy, 1952.

Age de liège (ans)	Taux de mortalité des arbres déliégés et démasclés (%)
1	100
2	90
3	70
4	50
6	35
9	10
12	2

7.2.Le changement climatique :

L'irrégularité des précipitations moyennes annuelles est une donnée structurelle des bioclimats méditerranéens. Cette variabilité intra et inter-annuelles occasionne des périodes sèches, parfois assez longues, suivies de périodes humides ou des amplitudes thermiques assez importantes, ce qui ne manque pas d'agir négativement sur le développement de la végétation.

En fait, c'est l'une des manifestations des changements climatiques récents qui affectent avec un degré critique la résilience et la vitalité de la subéraie. Tout déficit hydrique risque de provoquer des perturbations physiologiques susceptibles d'être fatales pour la vie des arbres.

Les écosystèmes peuvent résister en fonction de leur composition biotique. À long terme et d'une manière répétitive, l'instabilité climatique peut occasionner des dépérissements des arbres forestiers, comme c'est le cas dans beaucoup de forêts y compris les forêts de chêne liège (Machouri, 2009).

7.3. Les Facteurs anthropiques :

L'augmentation de la population usagère des subéraies atlantiques, entraîne une augmentation des besoins en combustibles ligneux et en terrains de parcours. Par conséquent, ces subéraies se trouvent menacées de surexploitation (surpâturage, pression sur le bois de feu, écimages, ébranchages, ...) (Nsibi et al., 2006).

Cette exploitation abusive combinée à une agriculture non appropriée a provoqué la régression spatiale de la forêt de Chêne liège. Ce type de destruction du couvert végétal se poursuit depuis plusieurs siècles. Par le caractère dispersé de leur habitat, leur isolement relatif, leur densité par rapport aux forêts et aux terres de cultures, les populations subéricoles paraissent beaucoup moins intégrées à la vie économique du pays que les autres populations agricoles (Nsibi et al., 2006).

L'utilisation de la subéraie comme parcours pour le bétail est fort ancienne; toutefois, c'est la progression démographique des dernières années et la densité très forte des populations rurales vivant dans les zones forestières qui ont provoqué une pression pastorale insupportable pour le couvert végétal et le sol. Les mises en défens strictes conditionnant de façon absolue le succès des travaux de rajeunissement de la forêt sont difficiles à accepter par la population. Celle-ci ne respecte la mise en défens que si on lui assure un affouragement permanent du cheptel (Nsibi et al., 2006).

- Le surpâturage : Le cheptel pâture au niveau des subéraies atlantiques constitue une charge pastorale qui dépasse de loin la charge d'équilibre. Cette charge pastorale représente l'une des principales causes de dégradation dans la mesure où elle entraîne la réduction considérable d'espèces végétales et animales du fait de la perturbation profonde qui touche leurs biotopes.
- Le ramassage des glands : Les subéraies offrent un éventail de menus produits dont l'importance sur le plan commercial est fortement reconnue. En premier lieu, ce sont les fruits (glands) du chêne liège qui sont beaucoup plus appréciés par la population, ramassés et vendus en ville. Ce qui réduit davantage les chances de régénération naturelle du chêne liège.
- La récolte des plantes aromatiques et médicinales : En plus des fruits, la récolte des plantes à usage aromatiques et médicinales est courante dans la région, par la population locale et par les visiteurs occasionnels et les touristes; et se pratique sans aucun souci pour la pérennité de la ressource. Très souvent, les opérations de récolte se pratiquent par l'arrachage systématique des plantes avec leurs racines (Nsibi et al., 2006).

7.4. Attaques parasitaires :

Au niveau des subéraies atlantiques, on note la présence de plusieurs parasites qui attaquent les arbres de chêne liège. Ces parasites sont des facteurs secondaires, c'est-à-dire qu'ils s'attaquent aux sujets après leur affaiblissement dû aux conditions écologiques difficiles (aridité du climat, sécheresses successives, fragilité du sol) et aux différentes interventions humaines traumatisantes comme le surpâturage, le prélèvement de bois de feu, le démasclage, l'écimage... (Machouri, 2009).

Les problèmes causés par ces ravageurs, se traduisent par la détérioration d'organes ou par des altérations et des déformations préjudiciables à la vitalité ou à la structure des arbres atteints. Ainsi, les dégâts peuvent se présenter sous formes :

- Dépréciation des qualités technologiques du bois et du liège;
- Perte de production en raison des défoliations successives;
- Perte de croissance suite à la destruction des bourgeons et des rameaux terminaux;
- - Mortalité totale de l'arbre.

Les différentes espèces parasitaires des subéraies atlantiques sont principalement les xylophages, les défoliateurs et les champignons :

➤ Les xylophages : *Cerambyx cerdo* et *Platypus cylindrus*. Le cycle de vie des larves de *Cerambyx cerdo* est très lent et peut durer 3 ans, cet insecte est très nuisible en forêt dégradée et mal assainie. Quant au *Platypus cylindrus*, ce ravageur est connu chez les forestiers par les symptômes de son attaque appelés «piqûres noires» car le bois est parcouru en tous sens de galeries.

➤ Les défoliateurs : *Lymantria dispar* est le principal défoliateur de chêne liège. Il est considéré comme un redoutable défoliateur dans les subéraies marocaines, il provoque des défoliations partielles ou totales dont l'étendue peut atteindre plusieurs milliers d'hectares d'un seul tenant.

➤ Les champignons : La maladie du charbon du chêne liège est une maladie fongique causée par le champignon *Hypoxylon mediterraneum*, elle provoque un affaiblissement de l'arbre qui se traduit par une diminution de la croissance et de la fructification et qui aboutit à la mort totale (Machouri, 2009).

La figure 22 illustre les facteurs de dégradation de la suberaie tunisienne.

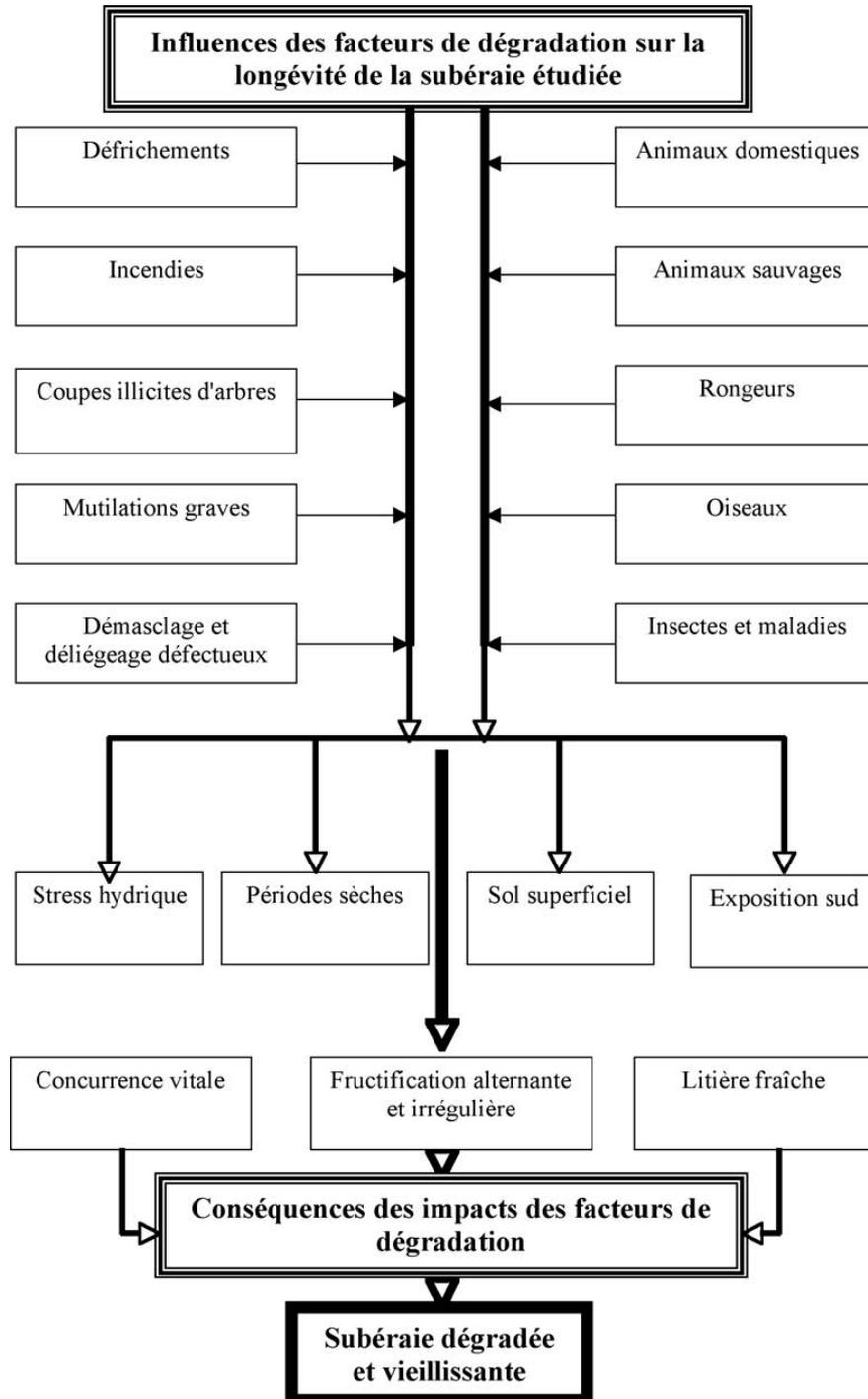


Figure 23 : Les facteurs responsables de la dégradation de la subéraie tunisienne. (Nsibi et al., 2006).

Conclusion

Les forêts méditerranéennes et plus particulièrement celles de chêne liège ont fait l'objet d'agressions multiples. Leurs capacités de résistance et de régénération ne cessent de diminuer d'année en année en raison de l'interférence des différents facteurs biotiques et abiotiques. Elles se dégradent et régressent sans cesse.

A la lumière de ce qui précède, et en tant que fournissant d'une matière première de grande importance, il est impératif de mettre en œuvre des mesures de préservation des subéraies et de ses peuplements productifs, et des actions de restauration des écosystèmes dégradés d'autre part, complétées par plan d'action audacieux permettant une meilleure protection des forêts de chênes lièges contre les facteurs de dégradation.



Chapitre III :
Présentation de la zone d'étude

Chapitre III: Présentation de la zone d'étude :

Introduction

L'étude s'est déroulée dans la région de Tlemcen, la commune d'Aïn-Fezza, précisément dans la localité d'Oum El Alou ; il s'agit de **la forêt domaniale d'Yfri** qui est localisée à 20 km au nord- Est de chef-lieu de la Wilaya de Tlemcen et à 7 Km de la commune d'Aïn-Fezza.

Le choix de la forêt Yfri comme **zone** de notre **étude** a été porté en vertu de sa richesse en espèces, spécifiquement le chêne liège ainsi que sa situation actuelle après les différentes formes de dégradation qu'elle a subit surtout par les incendies.

1. Situation géographique et administrative de la zone

La forêt domaniale d'Yfri appartient à la conservation des forêts de la Wilaya de Tlemcen, la circonscription forestière de Tlemcen, le triage d'Ain-Fezza. Elle est limitée par la commune de Sidi Abdelli au Nord, Chetouane à l'ouest, Ouled-Mimoune à l'est, Amieur et Oued Chouly au sud (tab.8) (C.F.W.T, 2016).

Tableau 8 : Données géographiques de la forêt d'Yfri

Forêt	Latitude	Longitude	Altitude
Yfri	34°55'N	01°10'W	894m

Elle s'étend sur une superficie de 1080 ha et regroupe trois cantons : une contenance de 510 ha, de Bled El Fouazez soit de 32.72 de la superficie totale des terres forestières, 100 ha de Cascades, 470 ha de Djebel Matmora.

2. Situation forestière

La forêt Yfri représente une large couverture de terres forestières sous forme d'un triangle dans la région de Safsaf entre Ouchba, Tizi et Oum El Allou. Elle est constituée essentiellement de deux espèces principales :

- Chêne liège : occupe environ 100 ha (Boudy, 1955) réduit à 24 ha selon GAOUAR (1980) ; il fait son apparition au niveau du canton Bled El Fouazez à 800 m d'altitude en moyenne. La forêt se caractérisait jadis par une belle futaie de chêne liège, le peuplement bien venant dans les années 50, s'est progressivement dégradé en laissant pénétrer un maquis arborescent de chêne vert (BOUDY, 1955 ; GAOUAR, 1980).

- Pin d'Alep : Il s'agit d'un reboisement réalisé à partir de l'année 1969 (C.F.T ,2013).

Elle est considérée comme une source des produits forestiers dont le liège ; il est exploité de façon très occasionnelle. La récolte a eu lieu à trois reprises pendant l'époque coloniale : 1941, 1948 et 1952, totalisant un volume de 205 Quintaux.

Après l'indépendance, ces travaux ont repris en 1982 (20 ans plus tard) en trois campagnes : 1982, 1983 et 1986 sur 7 690 soit un volume de 1190 Quintaux. En 1986, un reboisement de 30 ha de chêne-liège a été effectué (A.E.F.C.T.,1996).

Pendant les dernières décennies, la forêt à affronter plusieurs facteurs de dégradations dont le plus sévère été l'incendie, qui s'est sérieusement aggravé après les années de grande sécheresse (Santiago-Beltran, 2003). La station d'étude a été touchée par plusieurs incendies dont les plus importants sont mentionnés dans le tableau 9 suivant :

Tableau 9 : bilan des incendies de forêts de la station (période 2005-2015)

Source : C.F.W.T, 2015

Années	forêt ou Lieudit	Date et heure de déclaration	Date et heure d'extinction	Superficie incendiée (Ha)	Essences	Nature juridique
2006	Oum-Allou	11/08/2006 à 12 h 40	11/08/2006 à 17H30	1	Maquis de chêne vert	Forêt domaniale
2007	Oum-Allou	05/08/2007 à 11 h 30	05/08/2007 à 17H30	8	05 ha broussaille, 03 ha de chêne vert et chêne liège	Forêt domaniale
	Oum-Allou	08/08/2007 à 14 h	08/08/2007 à 18H00	3	Broussaille	Forêt domaniale
2012	Tizi + Ouchba	09/08/2012 à 12 h 05	11/08/2012 à 13 h	435	-50 ha maquis dégradé de chêne vert et chêne liège -25 ha de Perchis de pin d'Alep -30 ha de Reboisement de pin d'Alep 30 ha Broussaille -30 ha chaïme	Forêt domaniale
2014	Tizi Djebel Bouamara	11/09/2014 à 11H30	12/09/2014 à 02H40	30	Broussailles	Terrain privé de l'Etat
	Oum-Allou	02/10/2014 à 17H00	02/10/2014 à 18H30	1,5	-01 ha Broussailles -0,5 ha chêne liège	Terrain privé de l'Etat

2015	Tafren	30/07/2015 à 09H00	30/07/2015 à 19H00	03	Broussaille (Calycotum-Oléastres-Doum-Diss) et quelque sujets de chêne liège	Terrain Privé
------	--------	--------------------	--------------------	----	--	---------------

3. Les aspects du milieu

3.1. Végétation

Chaque milieu possède une topographie, un sol et un climat spécifique, qui sont favorables pour le développement et la croissance d'une certaine végétation. Les essences principales de la forêt sont :

- Chêne liège (*Quercus suber*),
- Chêne vert (*Quercus ilex*)
- Pin d'Aleppin *shalepensis*.

Le sous-bois est très riche et diversifié, constitué essentiellement de : *Pistacialentiscus*, *Olea europea*, *Phyllerea angustifolia*, *Tetraclinis articulata*, *Juniperus phoenicea*, *Citrus heterophyllus*, *Lavandula dentata*, *Thymus ciliatus*, *Rosmarinus tomentosus*, *Erica mulliflora*, *Genista tricuspida*, *Calycotome intermedia*, *chamoerops humilis*, *Citrus ladaniferus*, *Rosmarinus tomentosus*, *Erica mulliflora* (fig.24)



Figure 24 : Etat de la végétation de la suberaie d'Ifri (photos, 11 mars 2020)

3.2. Topographie

La commune d'Ain-Fezza est caractérisée par son relief montagneux, faisant partie du Massif Tellien, prenant la forme de sa vallée fortement encaissée. Elle constitue un écran protecteur contre les vents et procure de nombreuses émergences, d'où l'originalité est la fertilité de sa vallée verdoyante. (Anonyme, 2016). L'analyse du milieu physique de la station nous a permis de distinguer deux grands ensembles physiques :

- Une zone montagneuse constituée de deux ensembles montagneux bien distincts, l'un au Sud de la commune d'une orientation Est- Ouest lié au massif des monts de Tlemcen formé par Djbel Dokara, Djbel Hanif, Djbel Medraraet l'autre au Nord de la commune de direction Nord- Sud formé par DjbelBaoumar, DjbelRmailia, Djbel Ghar Boudjebar.
- Une dépression synclinale, d'une altitude moyenne 800 m, au niveau de la zone centrale le long de la route une où se situe l'ensemble du trafic routier et ferroviaire de la commune.

3.3. Hydrographie

Le réseau hydrographique de la zone d'étude est composé essentiellement :

1-D'un cours d'eau principal d'Oued Saf-Saf, avec un écoulement permanent les eaux pluviales de direction Sud-Est à Nord-Ouest, des Oued Tassadorine, Oued Ferroudj et vers Oued Chouly de direction Sud-Ouest à Nord-Est.

2-Des cours d'eau secondaires dont le plus important est Oued Ain-Fezza, qui prend naissance sur les hauteurs Sud de la commune, divisé l'agglomération chef-lieu.

Le réseau hydrographique de la commune d'Ain Fezza est représenté dans la figure 24 (Haddouche et Kherbouche, 2017).

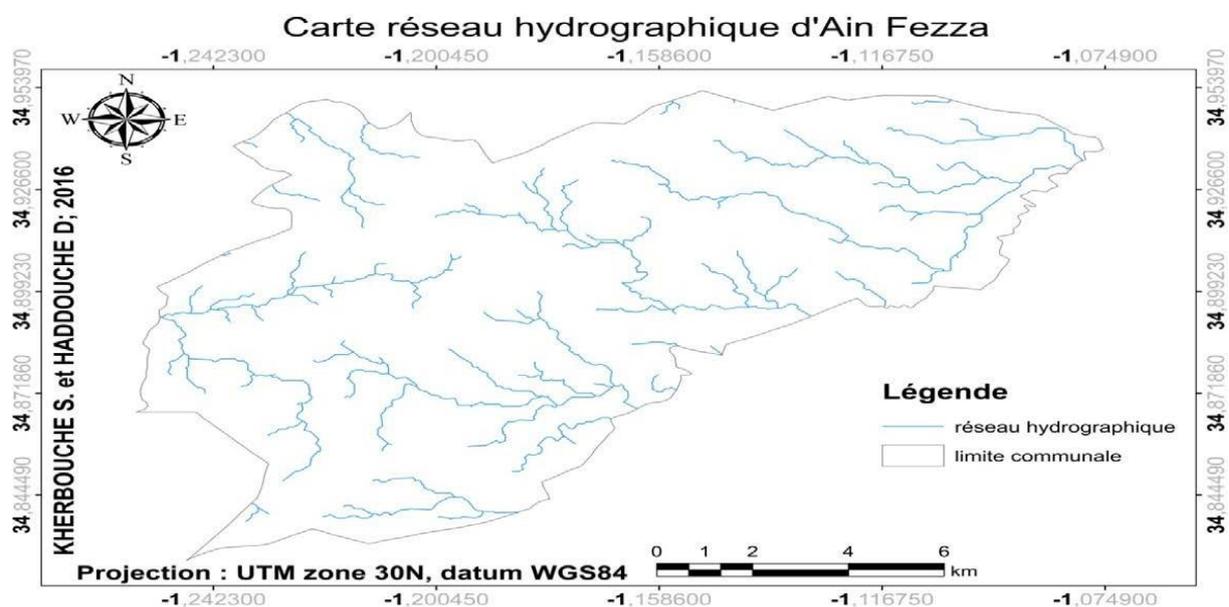


Figure 25 : Le réseau hydrographique d'Ain Fezza

Source :Haddouche et Kherbouche, 2017

Le réseau hydrographique et son évolution sont conditionnés par les conditions climatiques sévères et les facteurs géomorphologiques. Cependant le relief a une influence sur importante sur l'écoulement car de nombreux paramètres hydrométéorologiques (précipitations, température...etc.), varient avec l'altitude et la morphologie du bassin

versant.

3.4. Géologie

Les formations géologiques sont de lithologie très différente qui date du séquanien pour les plus anciens et de l'Helvétien pour les plus récentes. Les terrains qui affleurent au niveau de la région d'Ain-Fezza sont des formations essentiellement sédimentaires constituées par des roches carbonatées de types dolomies compacts uniformes. Dans la partie Nord de la région, au niveau de la plaine et des reliefs collinaires on trouve les formations tendres et marneuses; elles sont ravinées du fait des formations argilo-marneuses appartenant au domaine du Miocène.

Les roches calcaires dures et les roches marneuses occupent d'importants espaces où s'étendent des sols différents qui permettent le développement d'un cortège floristique diversifié (C.F.W.T, 2016).

Cependant la dominance du chêne liège dans la station souligne le caractère siliceux du substratum de la zone d'étude, qui est loin de dominer la totalité du territoire (C.F.W.T, 2016).

3.5. Pédologie

La région d'Ain-Fezza est caractérisée par une diversité de types de sols dont la classification ressort :

- **Sol alluvionnaires** : caractérisés par leurs textures fines, leurs bonnes fertilités et leurs hautes potentialités, ce type occupe une superficie de 600 ha au sud.
- **Sol argilo-marneux à dominance argileuse** : ce sont des sols de bonne potentialité caractérisant la partie Est de la commune sur des terrains peu accidentés avec des pentes allant de 0 à 8 %, avec une profondeur supérieure à 60 cm. Ce type occupe ainsi une superficie de 2100 ha.
- **Sols marneux –gréseux et calcaires** : ce sont des sols à moyenne potentialité avec une croûte calcaire par endroit. Ils sont peu développés sur les terrains accidentés d'une pente de 8 à 10 %, avec une faible profondeur.
- **Sol argileux marneux à forte teneur en calcaire** : ils caractérisent la zone Nord de la commune, plus précisément au Sud-est de l'agglomération. C'est le type dans lequel les argiles entrent en contact avec les plaques de grés et de dolomies formant une zone de glissement instable. Ces sols occupent 320 ha de terrains à faible pente.
- **Les sols à vocation forestière** : localisés au sud de l'espace communal (Lekhal, 2016)

Parmi les types de sols qui caractérisent la forêt d'Yfri :

- ❖ Sols marneux-gréseux et calcaires
- ❖ Sols argileux marneux à forte teneur en calcaire

3.6. Climat

De nombreuses études analytiques et synthétiques du climat, notamment par Emberger 1955, Bagnols et Gaussen 1953 et Zelzer 1946 ont intégrées le climat algérien au climat méditerranéen qui fait partie des climats tempérés, caractérisé par un ensoleillement important, une saison froide pluvieuse en coïncidence avec la saison hivernale et une saison sèche chaude qui coïncide avec la saison estivale.

3.6.1. Températures

La température en tant que facteur climatique de toute première importance représente un élément écologique fondamental pour la croissance et la vitalité de la végétation, qui contrôle les phénomènes métaboliques et conditionne la répartition de la totalité des espèces dans le milieu.

Ce facteur constitutif influe sur le développement de la végétation de façon directe par les températures extrêmes qui ont une influence importante par rapport aux moyennes, sauf si elles sont exceptionnelles de courte durée (GRECO, 1966).

Dans ce travail, nous avons dégagé les grands traits de la variation mensuelle et annuelle de la température de la zone étudiée pour la caractérisation de ce paramètre. Plusieurs variables ont été pris en considération:

- La moyenne mensuelle et annuelle
- La moyenne des maxima (M)
- La moyenne des minima (m)
- L'amplitude thermique (M-m).

▪ Les températures moyennes mensuelles et annuelles

Le tableau 10 montre les variations moyennes mensuelles des températures de la zone d'étude ainsi que la moyenne annuelle, sur une période de 28 ans. L'analyse des données climatiques montre que les températures les plus élevées sont enregistrées généralement aux mois de Juillet et Août, période qui coïncide avec la sécheresse et le manque de pluies, dont le mois le plus chaud est d'une température de $T = 22,2^{\circ}\text{C}$, mois d'Août.

Le mois le plus rigoureux est celui de Janvier où $T = 9,1^{\circ}\text{C}$, et nous pouvons déduire que la période froide est toujours hivernale (Décembre, Janvier et Février).

Tableau 10: Variations moyennes mensuelles des températures (Période 1985-2013).

Stations	Moyenne mensuelle des températures													Moyenne annuelle
		J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D	
Saf-Saf	T°C	9,1	10,1	12	14,1	16,8	19,2	22,1	22,2	19,7	17,2	13,5	9,73	15,47

A partir des températures moyennes mensuelles, la température moyenne annuelle peut être calculée. Le tableau ci-dessus montre que dans la région les températures moyennes de Novembre à Avril sont inférieures à la moyenne annuelle (**15.47°C**), par contre de Mai à Octobre elles sont supérieures à la moyenne annuelle. Ceci permet de diviser l'année à deux semestres : l'hiver ou période froide, l'été ou période chaude.

Selon Daget (1977), la température moyenne annuelle (T°C) est combinée avec la température moyenne du mois le plus froid « m » pour définir les étages de végétation méditerranéenne, selon la classification suivante :

- ✓ **Thermo- méditerranéen** : $T > 16^{\circ}\text{C}$; $m > +3^{\circ}\text{C}$ (Variante tempéré).
- ✓ **Méso- méditerranéen** : $12 < T < 16^{\circ}\text{C}$; $0 < m < +3^{\circ}\text{C}$ (Variante fraîche).
- ✓ **Supra- méditerranéen** : $8^{\circ}\text{C} < T < 12^{\circ}\text{C}$; $-3 < m < 0^{\circ}\text{C}$ (Variante froide).

En comparant avec notre station d'étude ou $m = 2.9$ ($> +3^{\circ}\text{C}$), et $T = 15,47^{\circ}\text{C}$ ($> 16^{\circ}\text{C}$) : on constate qu'elle possède une variante tempérée, donc elle appartient au premier étage le méso- méditerranéen.

▪ **Amplitudes thermiques, indice de continentalité**

Selon Debrach, (1995), l'amplitude thermique est définie comme étant la différence entre les températures moyennes maximales et minimales, elle exprime le degré de continentalité d'une station et donne une idée sur l'évapotranspiration. En effet, plus l'amplitude est élevée, plus la continentalité s'accroît. Ce paramètre présente la limite thermique extrême à laquelle chaque année les végétaux doivent résister, elle influence le cycle biologique du couvert végétal. Sa valeur est écologiquement importante à connaître.

D'après la classification thermique des climats proposés par Debrach (1953) in (Alcaraz, 1983), on distingue :

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

Où : M : la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en °C et m : la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en °C

Tableau 11: Amplitudes thermiques et types de climat

Stations	M(°C)	m(°C)	M-m(°C)	Type de climat
Saf-saf	31.2	2.9	28.3	Semi Continental

D'après ce tableau, on peut dire que notre forêt est soumise à un climat de type semi-continentale.

3.6.2. Précipitations

a) Régime mensuel :

L'analyse des données pluviométriques moyennes mensuelles est utile pour mieux approcher la distribution des quantités d'eau enregistrées au niveau de notre station durant toute l'année.

Tableau 12: Moyenne mensuelle des précipitations (période 1985-2013).

Station	Période	J	F	M	A	Ma	J	Jt	At	S	O	N	D	P. Ann (mm)
Safsaf	1985-2013	42	47,3	50,2	35,1	29,1	6,3	1,2	3,8	14,8	25,6	49	40,8	345.5

D'après ce tableau et la figure 25, la station se caractérise par une irrégularité de précipitation. Les mois les plus arrosés s'étalent du mois de Novembre au mois d'Avril, dont le mois de Mars le plus pluvieux (50.2 mm). Comparativement avec les autres mois de la saison estivale qui sont plus secs, tel que le mois de Juillet qui montre une absence remarquable de précipitations (1.2 mm).

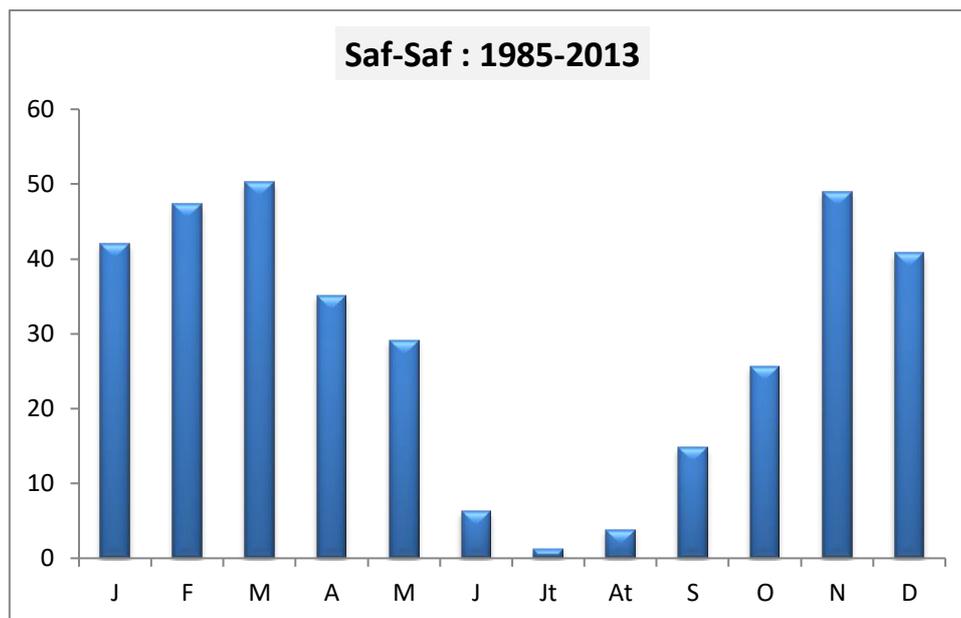


Figure 26 : Variations saisonnières des précipitations (mm) dans la forêt d'Ifri (station : Saf-Saf)

b) Régime annuel :

Le premier facteur à prendre en compte pour déterminer les conditions d'aridité d'une région est évidemment la hauteur d'eau totale précipitée annuellement en moyenne (Floret & Pontanier, 1984).

Tableau 13: Moyenne annuelle des précipitations

Station	période 1985-2013(mm)	Déficit(%)
Saf-saf	345.2	36.7

Le déficit qui a été enregistré est important. Ce manque a des conséquences importantes sur le comportement phénologique des espèces de la zone d'étude.

3.6.3. Régime saisonnier

La connaissance de la pluviométrie annuelle moyenne est une donnée insuffisante pour caractériser un régime pluviométrique régional même sur une longue période. Il est donc nécessaire de la compléter par la détermination de la répartition saisonnière des pluies dans l'année et leurs variations (Chaumont & Paquin, 1971).

La notion du régime saisonnier a été définie pour la première fois par Musset, 1935 (in Chaâbane, 1993). Elle consiste à calculer la somme des précipitations par saison et à effectuer le classement saisonnier par ordre de pluviosité décroissante en désignant chaque saison par son initiale :

- ✓ L'hiver (H) : de décembre de l'année n-1 à janvier et février de l'année n ;
- ✓ Le printemps (P) : intègre les mois de mars à mai;
- ✓ L'été (E) : les mois de juin à août
- ✓ L'automne (A) : la période de septembre à novembre.

Le coefficient défini par Musset est appelé : **C_{rs}** « Coefficient relatif saisonnier de MUSSET ». Il se calcul par la relation suivante :

$$C_{rs} = \frac{Ps \times 4}{Pa}$$

Ps : Précipitations saisonnières

Pa : Précipitations annuelles

Le régime pluviométrique saisonnier de chaque notre station pour la période 1985-2013, ainsi que leurs indicatifs saisonniers, sont résumés sur le tableau suivant :

Tableau 14: Régime pluviométrique saisonnier de la station.

Stations	Saison								Régime saisinnier
	Hiver		Printemps		Eté		Automne		
	P _s (mm)	C _{rs}							
Safsaf	130.1	1.50	115.1	1.33	11.3	0.13	89.4	1.03	HPAE

Cette analyse révèle que la station est soumise à un régime saisonnier, à maximum pluviométrique centré sur la saison hivernale. D'après les résultats (Tableau 14), on constate que le régime saisonnier durant cette période est de type HPAE.

3.6.4. Autres facteurs

- **Le Vent**

Le vent est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat, c'est un facteur écologique de premier ordre par les effets directs ou indirects qu'il exerce sur le couvert végétal en déracinant les plantes annuelles, modifiant la morphologie des végétaux et influant sur la répartition des graines lors de leur dissémination. Cet élément accentue les effets des autres éléments du climat (température, humidité et précipitations). Il est fortement influencé par les conditions topographiques locales. (Le Houerou, 1971).

Les vents dominants sont souvent humides et sont en provenance du Nord-Est et du Nord-Ouest et qui caractérisent bien la région littorale influencée par les embruns marins. Les vents d'Ouest et Nord-Ouest sont chargés de pluie et sont les plus fréquents durant

toute l'année sauf en été où ils sont substitués par les vents desséchants ou sirocco du Sud et même du Sud- Ouest, c'est le cas de la zone de Safsaf et donc de notre station d'étude forêt Yfri.

Tableau 15: Moyennes mensuelles de la vitesse des vents en m/s, période 2000-2015.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D
Moyenne mensuelle (m/s)	2.5	2.3	2.5	2.5	2.7	2.6	2.3	2.3	2.2	2.1	2.4	2.5

D'après le tableau 15, on remarque la vitesse importante du vent surtout en période de mois d'Avril au mois de juin. Plus la vitesse est élevée plus elle facilite la propagation des incendies, de même l'effet de la vitesse est plus grand quand l'humidité du combustible est très basse. Ce qui explique les incendies fréquents dans la station.

Tableau 16: Direction des vents.

Direction	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Fréquence (%)	12	27	22	9	8	9	8	5

Au niveau de la commune Ain-Fezza ; les vents soufflent fréquemment dans des directions instables et à différentes intensités en fonction des saisons (Tableau 11). Les vents les plus fréquents de novembre à avril sont les vents du Nord-Ouest secs et froids. Les vents du Sud-Ouest secs et chauds.

- **L'humidité**

C'est le rapport de la pression observée de la vapeur d'eau à la pression maximale compatible avec la température de l'air. Elle n'agit pas directement sur le phénomène d'apparition des feux, mais elle joue un rôle très important sur la teneur en eau des végétaux combustibles.

Le tableau 17 suivant montre les moyennes mensuelles du taux d'humidité relative de la forêt Yfri sur la période 2000-2015, et le tableau 18 présente l'influence de ce taux d'humidité sur l'inflammabilité des espèces.

Tableau 17: Moyennes mensuelles du taux d'humidité relative, période 2000-2015

Mois	J	F	M	A			J	A				I
Moyenne mensuelle	76	76	71	69	65	57	52	53	64	70	75	77

Tableau 18: Influence du taux d'humidité sur l'inflammabilité (Margerit, 1998).

Humidité relative %	Inflammabilité
>70	Peu de risque
46 – 70	Risquefaible
26 – 45	Risque fort
< 25	Risqueélevé

D'après ce tableau, l'humidité de la station est supérieure à 70 % sur les 6 mois de l'année et ceux à partir du mois d'Octobre (Peu de risque). Le maximum est enregistré en saison hivernale avec 77 % alors que le minimum 52 % est observé en été (Risque faible).

4. Synthèse climatique

La synthèse climatique est une étape indispensable pour tous les travaux relatifs à l'environnement car les phénomènes climatiques déterminent les paysages végétaux de chaque région.

Plusieurs auteurs ont proposé des indices climatiques qui sont des combinaisons des moyennes des différentes composantes du climat notamment la température et les précipitations pour rendre les données climatiques ci-dessus plus significatives.

D'où l'intérêt des formules climatiques proposées par ces auteurs pour une étude synthétique du climat recherchant une classification des types de climat, qui puisse rendre compte au mieux du comportement de la végétation.

Ces indices sont basés essentiellement sur la pluie et la température dont divers types de diagrammes sont destinés à donner une représentation graphique des paramètres majeurs du climat propre à la zone d'étude (Saf-Saf).

4.1. Indice d'aridité de De Martonne :

L'indice d'aridité de De Martonne (1923) est défini comme le rapport entre la hauteur moyenne des précipitations annuelles et la moyenne des températures annuelles, c'est une

valeur numérique censée représenter le degré de sécheresse du climat à un endroit donné. Il est formulé comme suit:

$$\text{Indiced'aridité :}$$

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

Avec :

P: pluviométrie moyenne annuelle en (mm).

T: température moyenne annuelle en (°C).

I: indice de De Martonne.

Cet indice peut être utilisé, pour des activités comme l'agriculture et l'élevage, et comme facteur pouvant permettre une classification du climat. De Martonne propose la classification suivante:

- $I < 5$ ----- climat hyperaride.
- $5 < I < 10$ ----- climat désertique.
- $10 < I < 20$ ----- climat semi-aride.
- $I > 20$ ----- climat humide.

Le calcul de l'Echelle de Martonne donne une valeur de 13.53 ce qui classe notre zone d'étude au climat de type **semi-aride** (tab.19)

Tableau 19:Indice d'aridité de De Martonne dans les stations d'études

Stations	I (mm/°C)	Type de climat
Safsaf	13.53	climat semi-aride

4.2. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen :

Le diagramme ombrothermique proposé par Bagnouls et Gaussen (1953), nous permet de déterminer la période sèche.

Pour connaître l'interaction qui existe entre la température et les précipitations, il faut prendre en compte les précipitations totales durant un mois et la température moyenne. Si les précipitations exprimées en mm sont inférieures au double de la température moyenne exprimée en °C, on dit que le mois est sec. Si les précipitations totales mensuelles sont supérieures au double de la température mais inférieures au triple, le mois est considéré sub-sec. La formule s'écrit : $P \leq 2T$ ou $P/T \leq 2$.

Pour définir la durée de la période sèche, on a réalisé un diagramme ombrothermique, qui exprime sur le même graphique les précipitations mensuelles et les températures moyennes, sous forme de courbes :

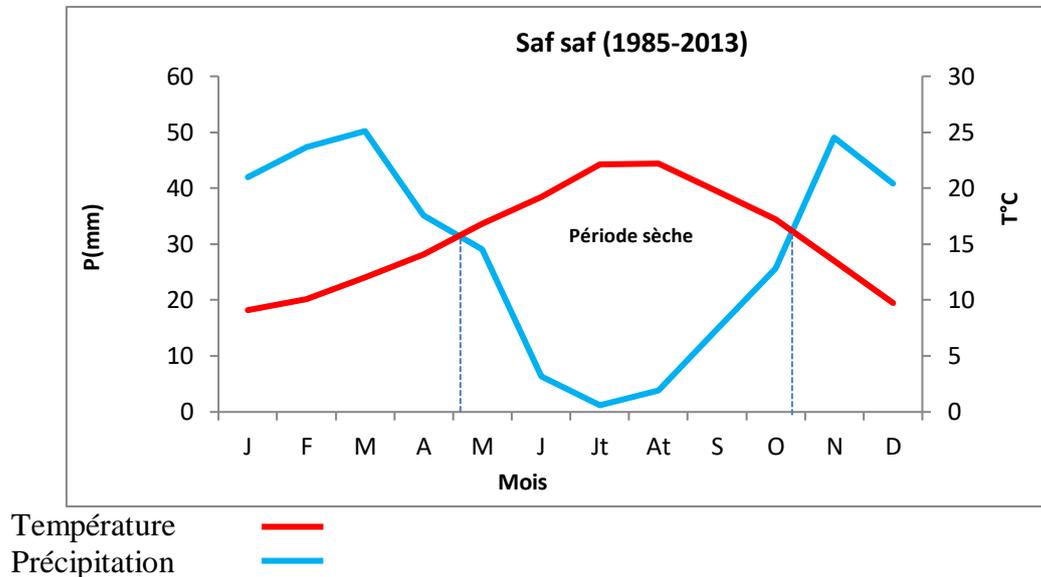


Figure 27 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.

Les mois secs sont ceux qui se situent dans l'espace entre les deux courbes (période sèche).

L'analyse des différents diagrammes permet de visualiser une période pluvieuse qui s'étend généralement d'Octobre au début du mois de Mai et une période sèche pour le reste de l'année (fig.26). Toutefois, les mois de Juin, Juillet et Août demeurent les mois les plus secs de l'année. D'après cette figure, on remarque que notre zone d'étude s'identifie par une sécheresse accentuée de 6 mois, allant de mai à octobre, car la surface comprise entre les deux courbes est plus importante.

La végétation passe donc une saison très dure marquée par des perturbations sur le plan physiologique, celle-ci représente un facteur écologique défavorable.

4.3. Quotient pluviométrique d'Emberger:

Le Quotient Pluviométrique d'Emberger (Q_2) correspond à une expression synthétique du climat méditerranéen tenant compte de la moyenne annuelle des précipitations (P en mm) et, pour les températures, d'une part de la "moyenne des maximums du mois le plus chaud" (M), de l'autre part « moyenne des minimums du mois le plus froid » (m). Il est calculé par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2} = \frac{1000P}{\frac{(M-m)(M+m)}{2}}$$

Où :

P : pluviosité moyenne annuelle

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (T+273°K)

m : moyenne des minima du mois le plus froid

Ce coefficient varie dans le sens inverse de l'aridité et peut être utilisé dans une représentation graphique (fig.28) permettant de classer les stations météorologiques dans des étages et sous-étages bioclimatiques selon la valeur de « m ».

Cet auteur a mis au point un zonage du bioclimat méditerranéen du plus sec vers le plus humide, en combinant les données climatologiques et celles de la végétation, on distingue le plus souvent les étages bioclimatiques saharien, aride, semi-aride, sub-humide et humide. D'après les calculs notre zone d'étude appartient à **l'étage semi-aride** (tab.20 ; fig. 27).

Station	m°C	Q ₂	Etage bioclimatique
Safsaf	2. 9	42.03	Semi-aride à hiver frai

Tableau 20 : Quotient Pluviothermique d'Emberger de la station météorologique de Saf-Saf

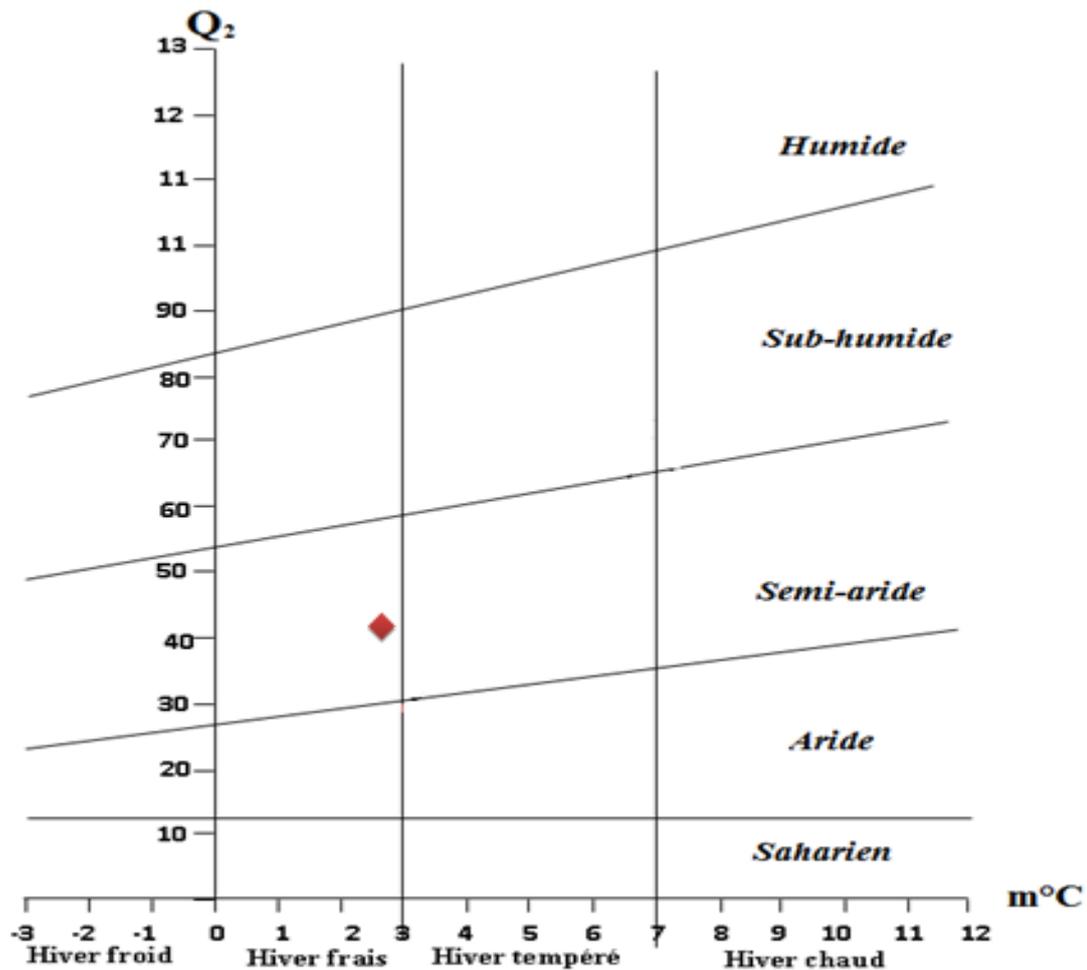


Figure 28 : Localisation de la zone d'étude dans le Climagramme du Quotient Pluviothermique d'Emberger (Q2).

Conclusion

L'étude bioclimatique montre que le climat de la zone d'étude est de type méditerranéen pluvieux en hiver et sec en été.

D'après cette synthèse climatique qui analyse plusieurs données climatiques, on constate des variations des précipitations et des températures qui nous ont permis de conclure que la sécheresse estivale prolongée et l'irrégularité des précipitations dans la zone sont autant des facteurs écologiques limitant et menaçant perpétuellement les structures végétales en place.

Ces modifications climatiques imposent aux plantes des conditions de vie difficile, ce qui inhibe leurs régénération naturelle après les incendies et favorise l'extension d'une végétation xérophyte et/ou toxique qui s'adapte à la sécheresse, et qui contribue à la constitution des matorrals dégradés.



Chapitre IV :
Matériel et méthode d'étude

Chapitre IV : Matériel et méthode d'étude

Introduction et Objectif de l'étude

La subéraie en Algérie subit des incendies plus ou moins violents depuis plusieurs années. Le passage d'un incendie constitue pour ces écosystèmes une perturbation qui varie selon l'origine et le type du feu (naturelle ou anthropique, feu de surface ou feu total, concernant tant les strates basses que les cimes des arbres), et aussi selon son intensité et sa sévérité.

En effet, quelques semaines voire quelques mois après le feu une explosion de rejets aériens et de drageons apporte une verdure rafraîchissante et optimiste sur le fond noir du paysage, des espèces se réinstallent, soit par la reprise végétative, soit par la germination massive de la banque de graines du sol ou encore par l'apport des différents agents de dissémination, un agencement des végétaux sur le plan horizontal et vertical se produit induisant des changements de la structure. (Bekdouche,2010).

Dans ce panorama forestier, le chêne-liège avec ses qualités renforcées grâce aux propriétés d'isolation bien connues du liège (le matériau isolant qui renforce la résistance), ses feuilles faiblement combustible, et ses fruits généralement non inflammables, fait partie du groupe d'espèces de basse sensibilité au feu. Il est capable de se régénérer après incendie et de reconstituer ses feuilles, son houppier et son écorce (Varela, 2004).

Ce travail consiste à évaluer le taux de récupération des arbres de chêne liège à partir de la reconstitution de leurs feuilles et leurs cimes, et d'étudier les modalités de reprise végétative de ces arbres, afin de déterminer la vitesse de récupération de la forêt ainsi que la période de récolte du liège flambé qui permettent la restauration écologique et économique de la forêt d'Yfri.

1. Description du site d'étude

Dans les études scientifiques, les unités d'échantillonnage ou les placettes peuvent avoir différentes formes et dimensions. Elles peuvent être de forme carrée, rectangulaire, circulaire ou en bande. Notre travail a été réalisé sur une bande rectangulaire au milieu du peuplement dominé par des arbres de chêne liège affectés par le passage du feu de 2012 de différents degrés.

Quatre parcelles de 20m de largeur ont été installées le 11 mars 2020 (soit 8 ans après le feu), couvrant une superficie de 400m² pour chacune.

L'échantillonnage s'est effectué en utilisant la méthode de proche en proche en repérant un arbre au centre de la placette et le reste est pris dans un sens circulaire.

2. Choix des arbres

Pour suivre l'évolution de réponse des arbres aux feux on a choisi un site de la forêt domaniale d'Yfri qui a été atteint par un feu sévère parcourant une superficie totale de 435 ha (toute formation végétale confondue) le 11/08/2012, où le peuplement de chêne liège a été totalement touché.

Notre méthode de travail consiste à mettre en évidence des stations écologiquement homogènes où sont relevés les paramètres relatifs à la placette (altitude, exposition, recouvrement...etc), et les paramètres dendrométriques et d'exploitations.

A partir d'un premier arbre choisi et localisé dans le peuplement formant le centre de la placette, tous les arbres de chêne liège présents à l'intérieur des parcelles ont été recensés et mesurés. Egalement, les descripteurs du milieu ont été enregistrés. Au total, 37 arbres ont fait l'objet de mesures.

3. Caractérisation des placettes d'étude

On s'intéresse à réaliser ce travail pour essayer de donner un diagnostic préliminaire de la régénération naturelle de la couronne du peuplement de chêne liège. L'inventaire pied par pied a été réalisé dans chacune des parcelles.

Les mesures prises sont:

- Circonférence à 1,30m du sol
- Hauteur totale
- Hauteur d'écorçage
- Projection au sol (diamètre 1, diamètre 2)
- Etat de tronc
- Estimation de la reprise végétative des houppiers

3.1. Relevés dendrométriques

Ces relevés déterminent la croissance des arbres et comptent des mesures de la circonférence ($C_{1,30}$), le diamètre (D) et la hauteur totale des arbres (Ht). Les différentes mesures prises sont réparties par classes.

- **Circonférence à 1.30 m** : La circonférence du tronc est prise à 1.30m du sol au moyen d'un ruban mètre. Selon la circonférence, les limites de chaque type de bois sont les suivantes :
 - Gaules : G <33cm,
 - Perches : P 33.5-65cm,

- Petits Bois : PB 65-96cm,
 - Bois Moyen : BM 96-143cm,
 - Gros Bois : GB >143cm.
- **Hauteur totale des arbres :** La hauteur totale d'un arbre est la distance séparant le pied de l'arbre et son bourgeon terminal (MARCHAL et RONDEUX, 1995). Elle est mesurée au moyen d'un Blum-Liess.
 - **Relevés du recouvrement forestier :** C'est un indicateur d'occupation du sol, elle désigne la surface des houppiers des arbres projetés au sol, en mesurant pour chaque arbre sa projection, par le calcul des deux diamètres (D1 et D2) sur les deux directions (NS-EO) du houppier (Fig.29). Elle est exprimée en mètre carré (D1*D2) pour chaque arbre puis rapportée en pourcentage (%) par rapport à la surface de la placette.

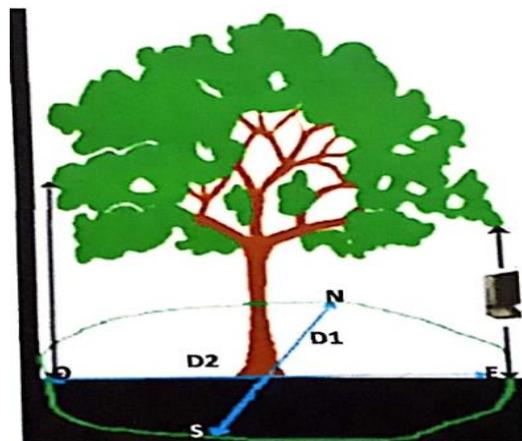


Figure 29 : Représentation schématique de mesure de la projection au sol des houppiers des arbres.

Le taux de recouvrement forestier (%) de la placette est calculé par la formule suivante :

$$RF (\%) = \sum s/S * 100$$

Avec :

s : surface de projection du houppier (m²)

S : surface de la placette (m²)

RF : taux de recouvrement forestier de la placette (%)

Le tableau 21 suivant consigne les différents descripteurs dendrométriques utilisés dans notre étude

Tableau 21 : Principales classes de relevés dendrométriques des échantillons

Descripteurs	Classes
Circonférence à 1.30m (cm)	C1 : <50cm : jeune sujet non atteint le stade de démasclage) C2 : 51-80cm : jeune sujet atteint le stade d'exploitation C3 : 81-110cm : arbre adulte
Hauteurs totale (m)	C1 : >3m C2 : 3< Haut <5m C3 : 5< Haut <7m C4 : 7<Haut <9m C5 : >9m
Diamètre (cm)	C1 : 7,5cm<Ø<17,5cm (perches) C2 : 17,5 cm<Ø<27,5cm (petit bois) C3 : 27,5 cm<Ø<42,5cm (bois moyen) C4 : 42,5 cm<Ø<62,5cm (gros bois) C5:Ø>62,5cm (très gros bois)

3.2.Relevés d'exploitation

Ils caractérisent la qualité avec laquelle le liège a été exploité lors de la dernière fois. Pour ce type de relevés nous avons mesuré la hauteur d'écorçage au moyen d'un ruban-mètre, avec laquelle nous pouvons calculer le coefficient d'écorçage (Cd) à partir de la formule donnée par NATIVIDADE (1956) :

$$\text{Cd} = \text{hauteur démasclée} / \text{circonférence à hauteur d'homme (1.30)}.$$

Ce coefficient nous permet de juger la qualité de l'exploitation du liège, qui dépend des conditions de végétation du chêne liège. (SACCARDY, 1937, BOUDY, 1950 et NATIVIDADE, 1956).

Tableau 22: Principales classes de relevés d'exploitation des arbres-échantillons

Descripteurs	Classes
Hauteur d'écorçage	0 (sans), 1 (<130cm), 2 (130-140cm), 3 (140-160cm), 4 (>160cm)
Coefficient de démasclage	0 (sans), 1 (<1.5), 2 (1.5-2.0), 3 (2.0-2.5), 4 (> 2.5)

3.3.Relevés sanitaires

3.3.1. Evaluation de l'importance de reprise végétative

Après un feu, on assiste à une régénération naturelle globale de toute la végétation ayant été présente avant le sinistre. Le taux de recouvrement observé sur le site est important (50 à 75%), avec des arbres sévèrement brûlés et certains sains épargnés par le feu.

La reprise végétative des arbres échantillons post-incendie s'évalue en se basant sur l'examen de leur cime par l'estimation de l'importance du feuillage reconstitué par rapport à la densité du feuillage initial avant le passage du feu.

Un arbre supposé sain, à un houppier normal (morphologie, architecture et densité de feuillage normales, les branches et rameaux remplis de feuilles, etc.) est sélectionné comme arbre de référence.

3.3.2. Description de l'état de la cime

Pour l'estimation de l'état de santé de la cime, on a choisi une méthode fondée sur l'appréciation visuelle du houppier. Cette méthode consiste à estimer la reprise végétative de chaque arbre brûlé par rapport à l'arbre virtuel avant le feu.

Elle se pratique en découpant le houppier en quatre et pour chacune des parties on estime la portion de la zone reprise par rapport aux zones non reprises puis on calcule la moyenne de la reprise pour enfin déterminer la moyenne de reprise de l'arbre en pourcentage.

La distribution des arbres selon leurs reprises végétatives est classée selon 5 classes et chacune représente une catégorie de reconstitution sanitaire particulière comme suit (tab.23):

Tableau 23 : Classes de reprise végétative et principales catégories d'arbres.

Source : Tekkouk et Bouhraoua (2020 : article en cours)

Classes	Proportions de feuillage Reconstitué	Signification des classes	Catégories sanitaires
1	<10%	reprise végétative très faible	Arbre très affaibli ou mourant
2	15-25%	Reconstitution végétative Faible	Arbre affaibli
3	30-50%	Reconstitution modérée	Arbre moyennement Affaibli
4	50-75%	Reconstitution forte	Arbresain
5	>75%	Reconstitution très forte	Arbre sain

3.3.3. Description de l'état du tronc

La description de l'état du tronc est notée par la présence ou l'absence des crevasses. Cette dernière se fait par l'observation visuelle de l'état du tronc sur terrain. Ce paramètre peut être déterminant dans la mortalité ou la survie des arbres après passage d'incendie (tab.24).

Tableau 24 : Descripteurs utilisés dans l'examen du tronc

Descripteurs	Notes	Signification de note
Absence de crevasses	0	Arbre sain
Présence de crevasses	1	Arbre crevassé

3.3.4. Type de liège

Les conséquences biologiques des feux sur le chêne liège est liées à plusieurs facteurs notamment ceux qui concernent la nature et l'épaisseur du liège. Il existe une relation étroite entre le taux de survie/mortalité et l'épaisseur du liège (AMANDIER, 2004). En évidence, c'est le liège qui est responsable du comportement si particulier du chêne-liège après un incendie grâce à son épaisseur exceptionnelle et à son pouvoir isolant (cas portugais)

Le tableau 25 suivant présente la résistance des arbres au feu d'intensité moyenne selon le type de liège (Amandier, 2004).

Tableau 25: Résistance des arbres pour un feu d'intensité moyenne

Comportement de l'arbre	Nature de la protection
<i>Très résistant</i>	Liège mâle
<i>Très résistant</i>	Liège surépais
<i>Assez résistant</i>	Liège femelle de plus de 4 ans
<i>Peu résistant</i>	Liège femelle mince
<i>Très vulnérable</i>	Croûte de démasclage
<i>Vulnérable</i>	Liège discontinu

4. Relevés sylvicoles

A travers certain descripteurs forestiers consignés ci-dessous on peut décrire le type de peuplement retenu pour l'étude (tab.26).

Tableau 26: Principaux descripteurs de relevés sylvicoles (IML, 2016)

Descripteurs	Notes
Origine des sujets	Naturel (semis ou rejet de souche) – Artificiel (reboisement)
Age	1 (jeune : <40 ans, Ø = <60 cm), 2 (adulte : 40 à 70 ans, Ø = 60 – 100 cm), 3 (vieux : > 80 ans, Ø = > 100 cm)
sous-bois	1 (nul), 2(réduit), 3 (moyen), 4 (dense mais pénétrable), 5 (dense et impénétrable)
Composition du Peuplement	Pur (>80% du chêne liège), Mélangé (<80% du chêne liège)
Structure du Peuplement	Régulière (dominance de 1 à 2 classes de diamètre), Irrégulière (répartition harmonieuse des différentes classes de diamètre)
Type de bois	Perche (Ø<17,5 cm), petit bois (Ø : 17,5-22,5 cm), bois moyens (Ø : 22,5-42,5 cm), Gros bois (Ø : 42,5-62,5 cm), Très gros bois (Ø : >62,5 cm)

4.1. Couvert forestier

La densité d'un peuplement forestier est liée à la concurrence occupation de surface ,et la fermeture de couvert qui sont les concepts fondamentaux de la sylviculture .Nous avons distingué deux données : densité totale des tiges (D) qui prend en compte toutes les tiges recensées dans la placette quel que sont leur hauteur et strate de végétation et la densité des arbres (D) qui prend en compte que les tiges qui dépassent la strate arbustive (soit plus de 6m).

4.2. Surface terrière

La surface terrière (G) reflète la productivité de la forêt. Elle est calculée pour l'ensemble des tiges inventoriées de la placette. C'est la surface du bois du tronc à 1.30 m. la surface terrière d'un peuplement c'est la somme des surfaces terrière de tous les arbres qui le composent.

Elle représente est un indicateur important de la richesse d'un peuplement. Plus elle est élevée, plus le peuplement est riche (Leutrech, 2009).

L'unité de la surface terrière est exprimée en mètres carrés de surface de bois par hectare partir de la formule suivante :

$$S = C^2 / 4\pi$$

$$G = \sum_{k=1}^n C^2 / 4\pi * D$$

Avec :

S : surface terrière de l'arbre

C : circonférence à 1.30m

D : densité de peuplement (tiges par hectares)

G : surface terrière du peuplement (m² par hectare)

5. Relevés pédologiques

Les relevés pédologiques de chaque site sont basés sur des observations de la couche superficielle du sol en établissant le taux de recouvrement de l'affleurement rocheux et l'affleurement pierreux (tab.27).

Tableau27 : Proportion des classes d'Affleurement rocheux et l'affleurement pierreux

Relevé pédologique	Classe	Catégorie de classe	
Affleurement rocheux	1	1(<1/10)	10% de la superficie du site
Affleurement pierreux	2	2(1/10 à 1/4)	10 à 25%
	3	3(1/4 à 1/2)	25 à 50%
	4	4(1/2 à 3/2)	50 à 75%
	5	5(>3/2)	>75%

6. Relevés floristiques

Le sous-bois présent dans la subéraie est très inflammable, mais il a une capacité de recolonisation pour reconstruire un nouveau matorral très dense parfois impénétrable. (TRABAUD, 1980 ;DUBOIS, 1990).

Le relevé floristique consiste en un inventaire de la végétation accompagnatrice du chêne liège qui a repoussée dans la station après l'incendie.

6.1. Distribution horizontale

La distribution horizontale exprime l'abondance ou la dominance de l'espèce ou de la strate considérée arborescente, arbustive et sous arbustive. Elle est estimée à l'aide de notes croissant en fonction du taux de recouvrement :

- **1** (<1/10 : <5%) ;
- **2** (1/10- 1/4 ,<25%) ;
- **3** (1/4-1/2 ,<50%) ;
- **4** (1/2-2/3 ,<75%) ;
- **5**(> 2/3 ,>75%),
- + (rare).

6.2. Distribution verticale

La végétation de la distribution verticale est distribuée en strates définies comme suit:

- arborescente (> 7m) ;
- arbustive (6-7m) ;
- sous arbustive haute (2-5m)
- sous arbustive basse (< 2m).



Chapitre V :
Matériel et méthode d'étude

Chapitre V : Résultats et Discussion

I. Résultats

1. Caractérisation de la station

1.1. Relevés géographiques et topographiques

Les relevés géographiques et topographiques des placettes d'observation sont présentés dans le tableau 28 suivant et illustré dans la figure 30.

Tableau 28: Relevés géographiques et topographiques des placettes d'observation

Placette	1	2	3	4
Localité	Fouazaz			
Exposition	NE	NE	NE	NE
Altitude (m)	894	890	888	895
Pente (%)	2	2	2	2
Superficie (m ²)	400	400	400	400



Figure 30 : Situation des placettes d'étude (bande bleue) dans la zone incendiée en 2012 (Photo googleEarth, Bouazzaoui, 2012)

1.2. Relevés pédologiques

Les résultats des observations et d'analyses faites sur le sol des quatre placettes sont regroupés dans le tableau 29 suivant :

Tableau 29: Principales caractéristiques pédologiques des placettes

Placette	P1	P2	P3	P4
Affleurement rocheux	0	0	0	0
Affleurement pierreux	0	1	1	0

Toutes les placettes présentent un sol profond, les affleurements pierreux sont rarement observés.

2. Caractérisation dendrométriques :

Selon les différentes mesures dendrométriques prises sur terrain on a obtenu les résultats suivants :

2.1. Hauteur moyenne des arbres :

La figure suivante montre la distribution des hauteurs moyennes des arbres de chêne-liège dans les 4 placettes inventoriés au niveau de la forêt d'Yfri (Fig.31)

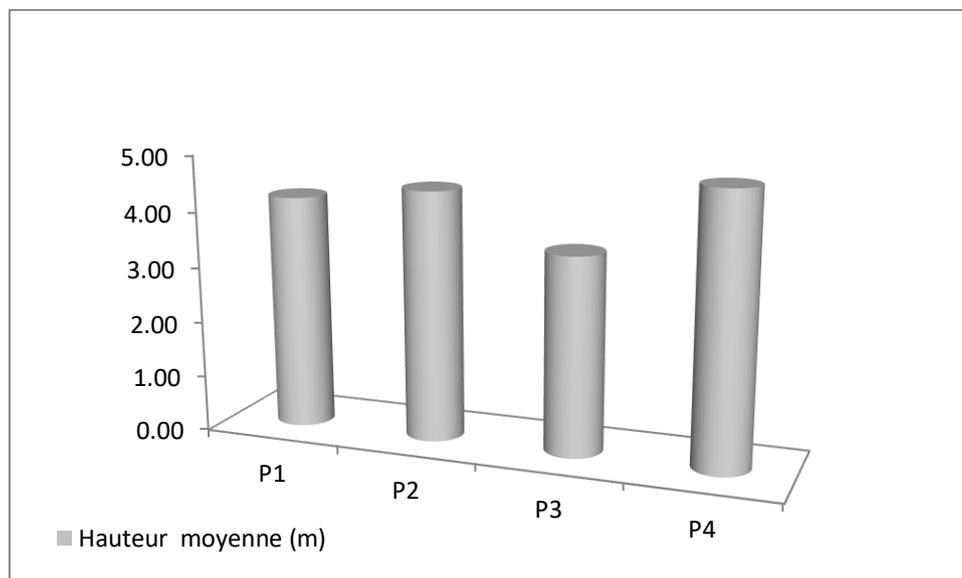


Figure 31 : Répartition des hauteurs moyenne des arbres échantillons par placette.

Les hauteurs moyennes des arbres mesurées dans les 4 placettes varient entre 3.55 et 4.84m. D'après la figure, nous observons que les hauteurs totales des arbres les plus hauts sont mesurées au niveau de la placette n°4. En revanche, les arbres les plus bas avec des hauteurs faibles se trouvent au niveau de la troisième placette. On déduit donc que cette dernière était la plus jeune.

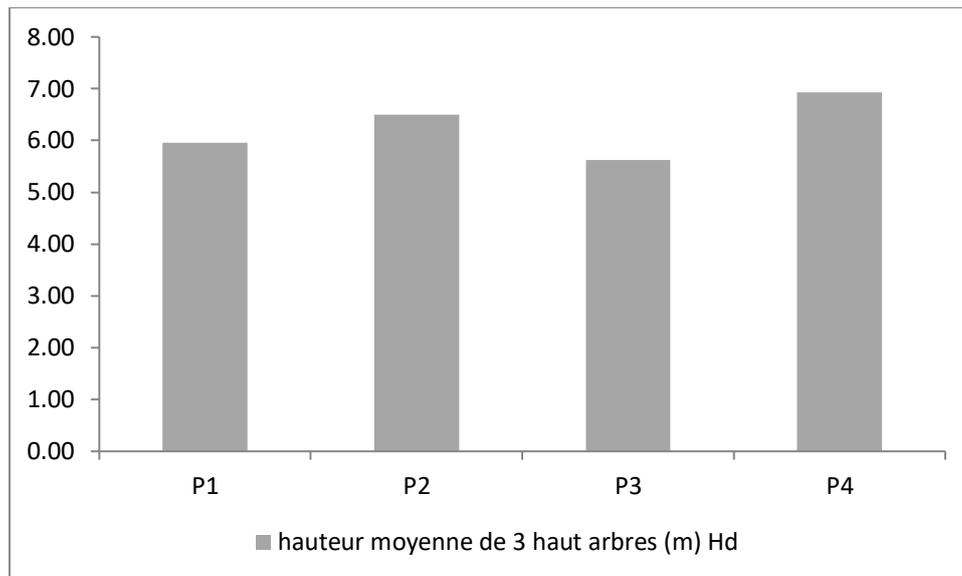


Figure 32 : Répartition des hauteurs dominante par placette.

La figure 32 montre que la placette n°4 développe une croissance meilleure des arbres ; elle est exprimée par une hauteur dominante (moyenne des 3 plus hauts arbres) de 6.93m. Par contre, les autres placettes présentent des moyennes plus faibles et donc une croissance plus réduite avec des hauteurs dominantes de 6.50m, 5.96, 5.63. La moyenne la plus faible a été enregistrée au niveau de la placette n°3 (5.63m).

2.2. Typologie des peuplements (catégorie de bois) :

Le classement des mesures obtenues de la circonférence à 1.30m nous permet de présenter la typologie des peuplements des différentes placettes selon les limites de chaque type de bois.

La distribution des circonférences des arbres échantillons à travers les types de bois nous a permis de constater une variabilité de la typologie des peuplements étudiés (fig.32)

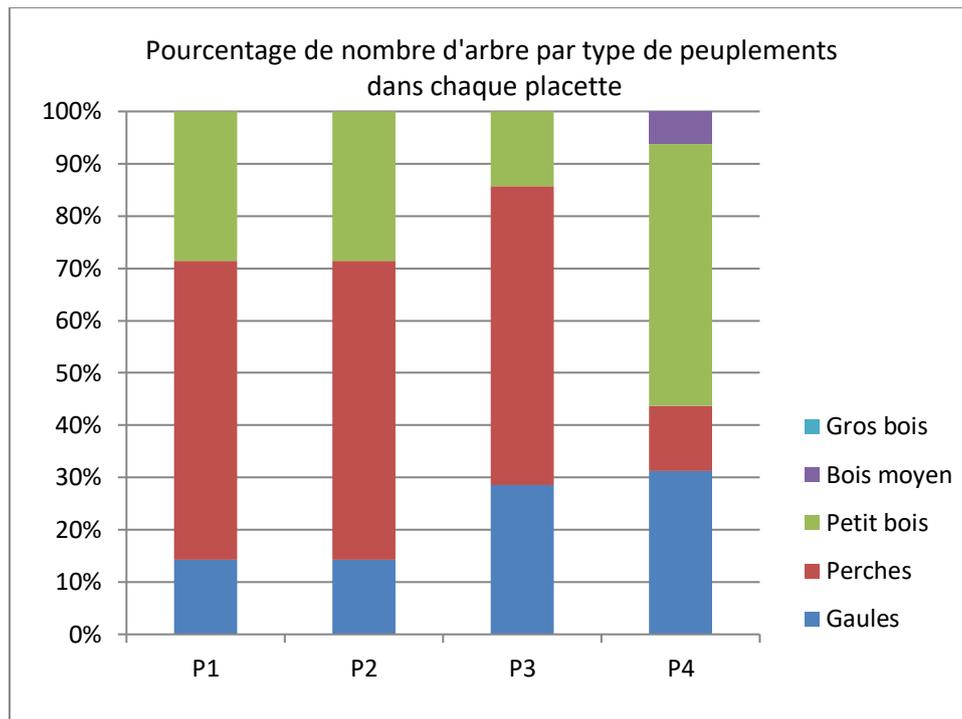


Figure 33 : Répartition des arbres selon les types des peuplements dans chaque placette.

Selon la représentation graphique, nous remarquons que dans les trois placettes P1, P2 et P3 le type qui domine c'est le peuplement des perches (P 33.5-65cm), avec un pourcentage de 57.14% chacune. Dans ces peuplements les circonférences enregistrées sont réduites, donc des arbres ne sont pas encore arrivés à l'âge de démasclage.

Le reste des placettes est caractérisé par deux autres type de peuplements à savoir : 1) le types de petit bois (PB 65-96cm) avec 28.57% pour les placettes P1 et P2 et un pourcentage très réduits de 14.28% pour la placette P3. Et pour le second type des gaules on constate que les deux placettes P1 et P2 abritent 14.28% des arbres avec les limites de bois de type gaules (G<33cm) et la placette P3 présente un peu plus d'arbres que les précédentes avec un pourcentage de 28.57%.

En effet, nous constatons que la parcelle P4 montre une différence des types des peuplements par rapport aux autres trois parcelles. Elle est dominée par le type de petits bois avec 50% d'arbres, et le reste du peuplement contient 31,25% de gaules, 12,5% de perches avec un pourcentage de 6,25% du type de bois moyen qui n'existait pas dans les autres parcelles.

2.3. Recouvrement forestier de toutes les tiges de chêne liège

D'après les relevés pris sur terrain nous avons effectué les calculs de la surface de projection au sol pour chaque arbre, d'où nous avons calculé le taux de recouvrement

forestier de toutes les tiges présent sur les différentes parcelles. Les résultats sont représentés dans la figure 34 suivante :

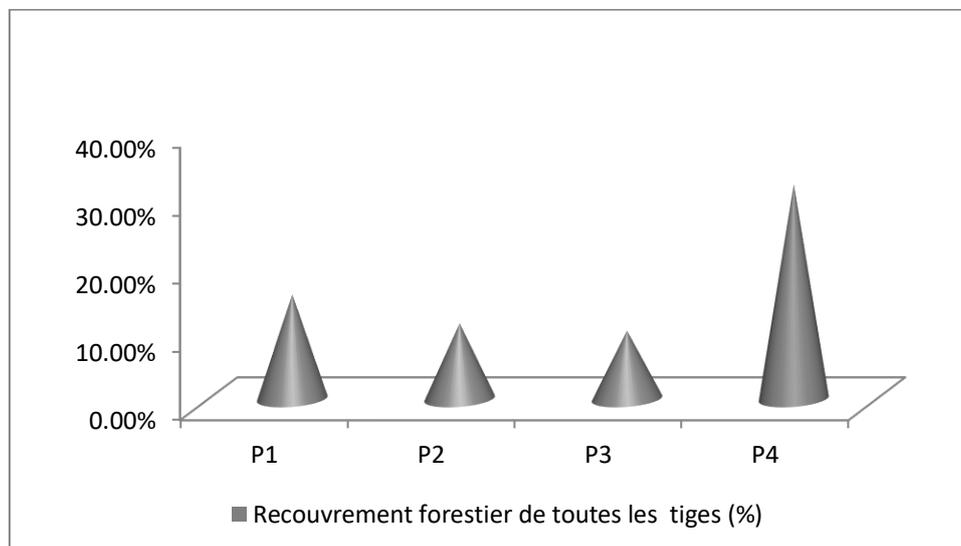


Figure 34 : Répartition du taux de recouvrement au sol (%) des tiges de chêne liège dans chaque placette.

Nous constatons d'après la figure que les placettes P1, P2 et P3 couvrent une superficie réduite et le taux de recouvrement est faible avec des pourcentages d'ordre de 10% (P3), 11.09% (P2) et 15.36% (P1). Par contre dans les placettes P4, les tiges couvrent une superficie importante où le taux de recouvrement est élevé par rapport aux autres placettes avec un pourcentage de 31.54%.

2.4.Densités des peuplements

La densité est exprimée en fonction du nombre de tiges à l'hectare. Les résultats de calcul des 4 placettes sont présentés dans les figures. La densité totale de toutes les tiges inventoriées pour chaque placette est représentée dans la figure 35 qui suit :

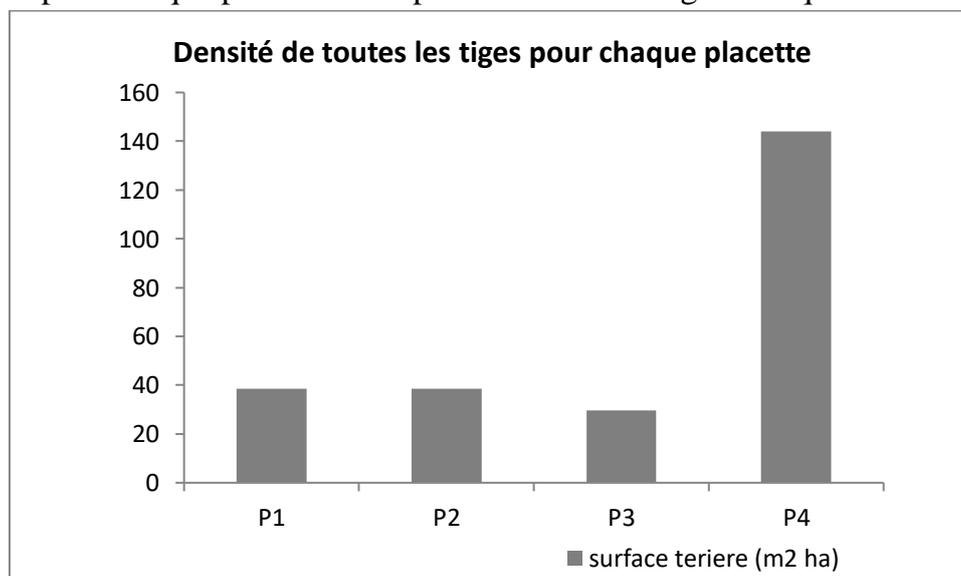


Figure 35 : Répartition des densités totales des tiges des 4 placettes.

La lecture de la figure révèle que les densités totales des trois placettes P1, P2 et P3 est égal (175tiges/ha), et nous observons que la densité est beaucoup plus importante au niveau de la quatrième placette P4 (400 tiges/ha).

2.5.Surfaces terrières :

A partir des données issues du terrain de la circonférence à 1.30m, nous avons pu effectuer les calculs de la surface terrière et la surfaces terrière moyenne des placettes. Les résultats sont résumés dans la figure 35 suivante :

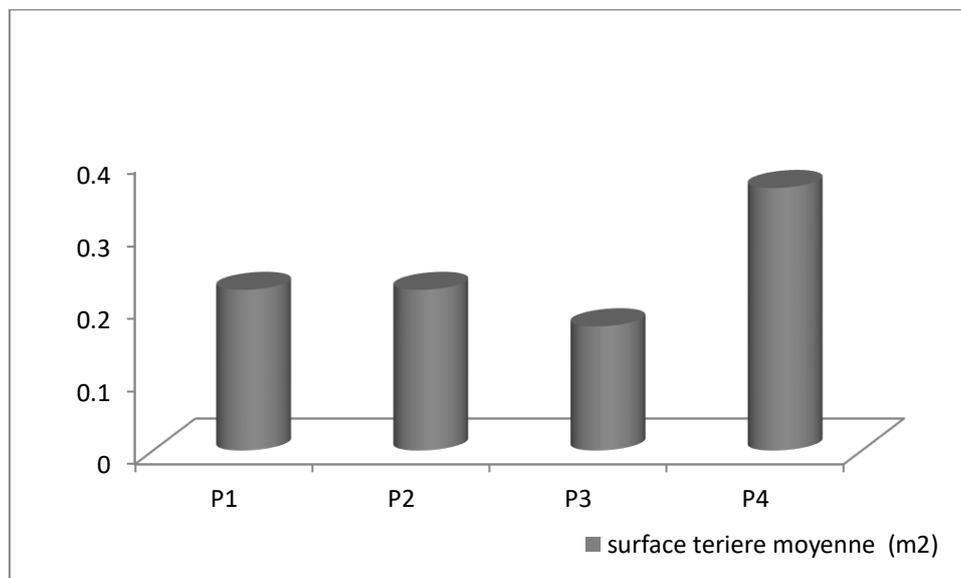


Figure 36 : Distribution de la surface terrière (m²/ha) des placettes d'étude.

D'après cette figure, nous remarquons que la moyenne de surface terrière enregistrées à la placette P3 (0.17m²/ha) est plus faible que celles enregistrées aux deux placettes P1 et P2 (qui ont la même moyenne de surface terrière (0.22 m²/ha)). Bien que la moyenne de la surface terrière soit plus importante dans la placette P4 d'une valeur de 0.36m²/ha.

3. Relevés d'exploitation

3.1.Hauteur d'écorçage :

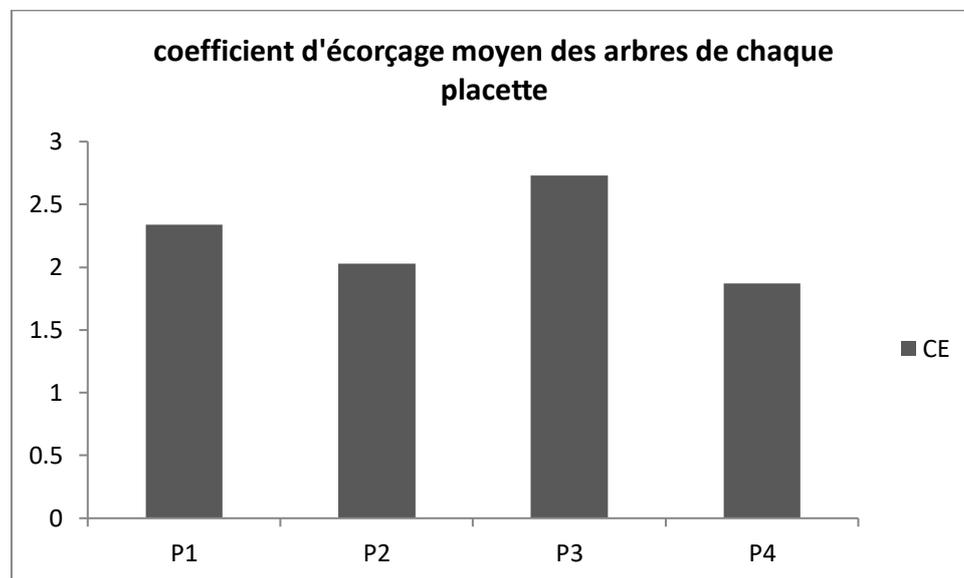
Nous remarquons d'après le tableau 30 que la hauteur moyenne d'écorçage des arbres dans la forêt varie de 1.02m à 1.63 m, la hauteur la plus élevée est marquée dans la placette P3 (1.63m). la placette P1 et P2 marquent des hauteurs aussi importantes de 1.55m et 1.34m, par contre la placette P4 marque la hauteur la plus faible par rapport aux autres (1.02m).

Tableau 30: Hauteur moyenne d'écorçage (m) des arbres des placettes.

Placette	P1	P2	P3	P4
HE	1.55	1.34	1.63	1.02

3.2.Coefficient d'écorçage

D'après l'histogramme de la figure 37, nous remarquons que le coefficient moyen des arbres exploités au niveau des quatre placettes varie entre 2.73 et 1.87. La placette P4 a été exploitée avec un CE inférieur de 1.87. Par contre, dans la placette P3 nous remarquons que le coefficient d'écorçage est plus élevé de l'ordre de 2.73 et les deux autres placettes P1 et P2 ont été exploitées avec des coefficients supérieurs à 2.0 (P1 avec un CE=2.34 et P2 avec un CE=2.03).

**Figure 37 :** Coefficient d'écorçage moyen des arbres des 4 placettes.

3.3.Reprise végétative post-incendie :

Les résultats d'inventaire de reprise végétative des arbres sont consignés dans la figure 37 suivante et illustrés dans la figure 38 Il ressort de cette figure que la majorité des arbres des placettes anciennement brûlée ont reconstituée leur cime présentant des densités foliaires élevées.

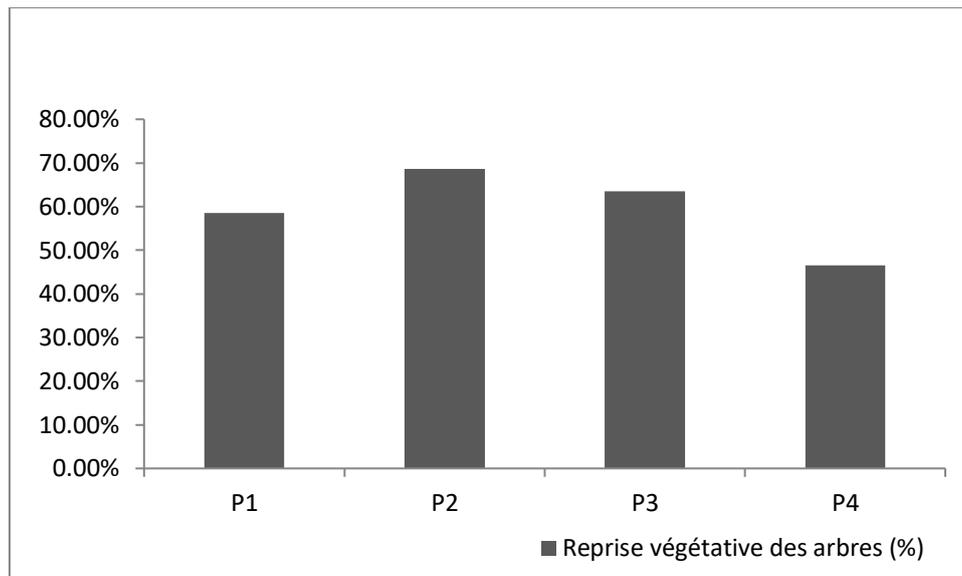


Figure 38: Distribution des arbres selon le taux de reprise végétative des placettes incendiées.

Dans les placettes P1, P2 et P3 plus de 50% des arbres ont récupéré leurs biomasses aériennes et devenus plus vigoureux. Nous remarquons une insuffisance de reconstitution et une régénération affaiblie de la cime dans la placette P4 d'un pourcentage de 46.56%.



Figure 39 : Etat général de reprise végétative des arbres (photos de 11 mars 2020).

4. Relevés de la végétation :

Selon les différentes strates végétatives, l'abondance de la végétation est exprimée en classe de taux de recouvrement comme suit :

Tableau 31: Distribution de la végétation selon les strates des 4 placettes.

Strates/Placette	P1	P2	P3	P4
arbustive	1	1	1	1
Sous arbustive haut	1	1	1	1
Sous arbustive bas	2	3	2	2
Herbacée	4	4	4	4

La lecture du tableau montre que les strates arborescente et sous arbustive haut couvrent moins de 10% de la surface du sol dans les quatre placettes. Contrairement, la strate sous arbustive bas constituée par les houppiers des arbustes couvrent entre 10% et 25% dans les placettes P1, P2 et P4. Cependant la placette P3 se projette sur une surface moyenne entre 30% et 50%.

En revanche, c'est la strate herbacée qui est la plus dominante surtout dans les quatre placettes en recouvrant une grande surface du sol (50-75%).

II. Discussion

Les dégâts d'un incendie sont très variables en fonction de l'intensité et de la vitesse de passage du feu. Les individus malades, périssant et montrant vieilles blessures de récolte constituent des victimes sûres. Le reste de la masse peut survivre si le passage du feu a été rapide et si le sol était propre et sans autres combustibles (Pintus et Ruiu, 2004)

En effet, le passage du feu cause la réduction de la densité des peuplements surtout dans la strate arborescente ce qui constitue une grande ouverture au niveau de la canopée qui procure des conditions favorables pour le développement d'une végétation dynamique au profit du maquis à dominance d'espèces sous arbustive, arbustive et herbacée très résistante. Ce développement expose le peuplement au danger d'un feu intense.

Si le rythme des feux est trop rapproché et si ces derniers se produisent surtout à certains moments de l'évolution du peuplement avant la maturation des graines, ou après l'ensemencement, alors que les porte-graines ont presque tous disparu, le peuplement dégénère. Il en résulte une dégradation lente ou rapide du peuplement forestier (Plaisance, 1974).

Les résultats effectués dans des placettes ayant subi plusieurs incendies, étaient analysés et basés sur l'hypothèse que les arbres qui ont montré une mauvaise ou une bonne régénération plusieurs années après l'incendie conservent le même statut à l'avenir. En effet, sur la base des observations faites dans la région nous pensons qu'en général les arbres présentent une bonne couronne et une bonne la régénération après l'incendie car la plupart ont reconstitué au moins 50% de leur cime ; donc ils auront une faible probabilité de mourir ou devenir très faible à l'avenir, au moins en tant que conséquence directe du feu.

En effet, les types de peuplements (Gaules, perches, petits bois, gros bois) en régénération sont demeurées semblables dans la majorité des placettes incendiées. Une homogénéisation des compositions gaules, perches, et petits bois ainsi que l'apparition du gros bois, a par contre été remarquée dans la dernière placette. Cet effet serait

probablement dû à la fois à une augmentation de la présence des chênes lièges régénérés dans la parcelle mentionnée.

Nos résultats indiquent que la surface terrière serait un bon indicateur de distribution de la régénération du secteur étudié. Car la surface terrière par hectare augmenterait avec la fertilité des stations où les meilleures conditions de croissance pourraient permettre aux individus d'allouer plus de ressources à la formation de leurs feuillages. La quantité d'énergie et de protéines investies dans la formation des graines serait en effet limitée et reliée positivement à la masse végétative.

D'autre part, le taux de reprise végétative du chêne-liège était moindre lorsque la densité totale des peuplements initiaux était élevée. Ces peuplements très denses étaient caractérisés par la concurrence qui inhibe le développement et la croissance rapide de leurs houppiers, mais ces peuplements denses pourraient aussi arrêter plus facilement un incendie, parce qu'ils supporteraient déjà des sévérités de feu moindres à cause de leur structure en hauteur, en humidité, en couverture morte ainsi qu'une faible accumulation de combustibles au sol de par les taux rapides de décomposition de la litière.

Aussi, le diamètre des arbres a également influencé la régénération des couronnes car les arbres avec les troncs plus gros correspondent généralement à des arbres plus anciens et les plus développés au niveau de leurs houppiers.

Les arbres situés dans des parcelles avec un sous-bois plus élevé avaient la probabilité d'une bonne régénération de la couronne. Ceci est prévisible car la gravité des incendies augmente.



*Conclusion
Générale*

Conclusion générale et recommandations :

Le chêne-liège possède une grande capacité de combattre les incendies, surtout quand il est anciennement exploité car ces arbres exploités résistent plus à l'incendie. Mais lorsque l'incendie vient juste après l'écorçage, les dommages peuvent être importants.

Le feu ne modifie pas la composition et la structure de la subéraie profondément. Il élimine momentanément toute la végétation existante. Cette dernière possède des caractères de résistance au feu qui leur permet de surmonter la perturbation répétée causée par les incendies et ce grâce à leurs aptitudes de régénération de souche, caractère de la végétation méditerranéenne. Les communautés végétales perturbées se reconstituent identiques à celles qui préexistaient aux feux et facilite la cicatrisation de l'écosystème ce qui va créer un équilibre issue d'une reconstitution floristique et structurale.

Par contre, la récupération de la couche arborescente de la subéraie parcourue par un incendie dépend de la qualité et la rapidité de la régénération végétative qui se traduit non seulement par le développement des cimes par le taux de reprise végétative mais aussi par la vitalité des souches de chêne-liège mort.

L'évaluation effectuée dans notre travail a démontré le bon état sanitaire de la subéraie après 8 ans de passage du feu qui se traduit par le nombre très faible des arbres affaiblis. En effet, la capacité de régénération des houppiers dans le temps a montré une reconstitution élevée des cimes et une forte croissance en hauteur et en diamètre des rejets de souche. Donc, ces arbres avaient une faible probabilité de mortalité ainsi qu'une faible probabilité d'affaiblissement.

La réapparition de la végétation accompagnatrice du chêne-liège a été interprétée par la densité très forte des accroissements horizontaux et verticaux des espèces. En ce qui concerne la distribution horizontale, les espèces les plus dominantes sont du genre *Cistus* ; celles-ci envahissent le territoire abondamment (*Cistus triflorus*, *Cistus monspeliensis*, *Cistus ladaniferus*). La distribution verticale a été caractérisée par un recouvrement très important et appréciable qui a atteint 75% pour tous les sites.

Pour réduire les risques et les dimensions des feux dans les subéraie, cette forêt présente un patrimoine forestier riche et rentable sur le point de vue écologique, social et surtout économique ; il est temps de mettre en place une nouvelle subériculture qui peut à la fois servir à la protection contre les dommages des incendies et à la production du liège.

Pour conclure et étant donné le caractère à risque des subéraies et l'engouement économique actuel que présente son écorce il semble nécessaire :

- D'informer les spécialistes sur les enjeux du mauvais écorçage et notamment la prise en compte du niveau de risque incendie dans l'appréciation de l'écorçabilité,
- De maintenir des plans d'aménagement et de défense de forêt contre les incendies dans les massifs subéricoles,
- De mettre au point une subériculture produisante d'un liège de bonne qualité dans des conditions de protection contre les incendies.
- D'exclure les territoires brûlés du pâturage des animaux pour mieux faciliter la régénération naturelle.
- Après l'incendie, un élagage sanitaire doit être abordé afin d'éliminer les repousses impertinentes et pour sélectionner les repousses des pieds et des racines. Les pieds jacents ou déperissants seront aussi éliminés.
- Finalement, on doit assurer la reforestation des surfaces brûlées pour remplacer les pieds morts .
- Organiser des activités et des programmes destinés au monde rural qui favorisent simultanément et sous différentes formes d'agriculture familiale et du sylvo-pastoralisme.

Ce modèle de gestion de la forêt possède également un grand intérêt en ce qui concerne la promotion de la biodiversité, le contrôle des incendies et de dégradations et la diversification du paysage.

Références bibliographiques :

- **Aafi A., 2006.** La Mamora. *Encyclopédie du Maroc*, N°21 : 7199-7200
- **Alatou D., Merghem R. et Niboucha F., 1998.** Aptitude à la germination des glands de Chêne liège. In : I^{ères} Journées techniques sur le chêne liège. Direction Générale des Forêts (DGF), parc national d'El Kala, département de conservation des milieux terrestre, 15-16 décembre 1998, 17-20.
- **Alexandrian D., Esnault F. et Calabri G., 1998.** Feux de forêts dans la région méditerranéenne. In : Etude sur les politiques publiques concernant les feux de forêt. Réunion de la FAO, Rome, Italie, 28-30 octobre 1998.
- **Anonyme, 2007-** Documentation des données sur les arbres vivants, point forêt - campagne 2007. Inventaire forestier National. Disponible sur : http://inventaireforestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/2007_IFN_DB_arbres_PF-2.pdf.
- **Arfa A., 2003.** Les incendies de forêts dans l'extrême Nord-Est algérien : cas des wilayas : Skikda, Annaba et Taref, période 1990-2000. Mémoire d'ingénieur d'état. Université de Constantine. 82p.
- **Arfa A.M, Benderradji M.E et Alatou D., 2008.** Les incendies de forêt en Algérie : stratégie de prévention et plan de gestion. Université Mentouri, Constantine. Département de Biologie et Ecologie. Constantine, Algérie. 13p.
- **Bayer E., Buttler K.P., Finkenzeller X. et Grau J., 2016.** La flore méditerranéenne : caractéristiques, habitat, distribution et particularités de 536 espèces. Ed :Delachaux et Niestlé SA, Paris, 288p.
- **Bekdouche F., 2010-** Evolution après feu de l'écosystème suberaie de kabylie (nord Algèrien). Thèse de doctorat en sciences agronomiques, Université de Tizi – Ouzou, 85P.
- **Belabbes D., 1996 :** le chêne-liège. *La forêt Algérienne*, n°1, février, mars 1996, pp: 26-30.
- **Benabdeli K., 1996.** Aspects physiono-structuraux de la végétation ligneuse forestière face aux pressions anthropozogène dans les monts de Tlemcen et de Dhaya. Thèse de doctorat d'état en écologie, université de Sidi Bel Abbès.

Références bibliographiques

- **Benabdeli K., 2012a.** Identification des préalables à la gestion durable des écosystèmes forestiers en Algérie 2ème Journées scientifiques du LRGEDE Université de Mascara, 14-15 Mars 2012.
- **Benabdeli K., 2012b.** Quels impacts des dérèglements climatiques sur les écosystèmes de l'ouest algérien. Deuxième Journées Scientifiques université de Saida 8 et 9 février 2012.
- **Benabdeli K. et Belgharbi B., 2016.** Stratégie de préservation des formations de chêne liège en Algérie. Editionsuniversitaireseuropéennes, France, 138p.
- **Berrichi M., Benabdeli K., Leutreuch-Belarouci N., et Haddouche I., 2013.** Feux de forêts en Algérie : entre points de vue des écoliers et politique de la prévention. In: *Mediterranea*, serie de estudios biológicos. Universidad de Alicante, Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias. Época II, N°24. 132-159p.
- **Berrichi M., 1997.** Quelle stratégie de sensibilisation en vue de la protection des forêts contre les incendies. Congrès maghrébin de biologie végétale, Université de Annaba novembre 1997.
- **Berrichi M., 2013 .**Défense des forêts contre les incendies (Facteurs favorisant, conséquences et lutttes).Polycopié de cours : Université Abou-bakrBelkaid Tlemcen, 122p.
- **Berrichi M., Mazouar M. et Khalid F., 2010.** Elaboration d'un PPR incendies de forêts pour la commune de Tlemcen. Troisième journées nationales de géographie. Université Senia – Oran, 17-19 octobre 2010.
- **Blin P., 1974.** Le Vent. In : *Revue forestière française*. Numéro spécial. pp130-139.
- **Bouchaicha S., 2016.** Etat actuel et possibilités d'extension du chêne liège à Tlemcen. Editionsuniversitaireseuropéennes, France, 138p.
- **Boudy P., 1950 :** Economie forestière Nord-Africaine. Monographie et traitement des essences. Ed. Larose. Paris, pp. 29-249.
- **Boudy P., 1952.** Guide du forestier en Afrique du Nord. Maison rustique, Paris, 505p. Direction Générale des Forêts (DGF). 2003. Service de l'Inventaire des RessourcesSylvo-Pastorales(2003). Tunisie.
- **Bouhraoua., 2018.** Aménagement et gestion forestière (Gestion post-feu) des écosystèmes forestiers. Polycopié de cours : Université .Abou-bakrBelkaid, département de ressources forestières, Tlemcen. 122p.
- **Boussaha A., 1998.** Note d'information relative aux conditions d'exploitation des lièges. In :I^{ères} Journées techniques sur le chêne liège.Direction Générale des Forêts

- (DGF), parc national d'El Kala, département de conservation des milieux terrestre, 15-16 décembre 1998. pp 4-6.
- **Byram G M., 1959.** Combustion of forest fuels. In: DAVIS, Forest fire: control and use. New-York, McGraw-Hill Co. pp61-89.
 - **Cardillo-Amo E et Bernal J.C., 2003.** Recommandations sylvicoles pour les subéraies affectées par le feu. In : Le chêne-liège face au feu. Colloque international, Mérida, Espagne, 18 juin 2004, pp14-27
 - **Catry FX, Moreira F, Pausas JG, Fernandes PM, Rego F, et al., 2012.** Cork Oak Vulnerability to Fire: The Role of Bark Harvesting, Tree Characteristics and Abiotic Factors. PloS ONE 7(6): e39810. doi:10.1371/journal.pone.
 - **CEMAGREF., 1989.** Le Guide technique du forestier méditerranéen français, chapitre IV : protection des forêts contre les incendies. Division technique forestière, Aix-en-Provence (France), 72 p
 - **Cherifi M., 2017.** Etude de la reprise végétative du chêne liège (*Quercus suber* L.) et mode de gestion après incendies de 2015- 2016. Cas de la forêt de Zariéffet (Wilaya de Tlemcen). . Mémoire de master en foresterie, Faculté SNV-STU, Université de Tlemcen, 86p.
 - **Colin PY., Jappiot M et Mariel A., 2001.** Protection des forêts contre l'incendie : Fiches techniques pour les pays du bassin méditerranéen. Edit. FAO/CEMAGREF, Cahier FAO Conservation 36. Rome. 139p.
 - **David L. Peterson and Jeremy S. Littell., 2012.** Risk Assessment for Wildfire in the Western United States. In: Effects of Climatic Variability and Change on Forest Ecosystems: A Comprehensive Science Synthesis for the U.S. Forest Sector. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. pp 249-252.
 - **De Gerrano M., 2017.** Modélisation de la propagation des grands incendies de forêts et élaboration d'un outil opérationnel d'aide à la lutte tactique. Thèse de Doctorat en énergétique, Institut Universitaire des systèmes thermiques industriels/UMR CNRS 7343, Marseille, France. 129p.
 - **DellaRocca G, Danti R, Hernando C, Guijarro M and Madrigal J., 2018.** Flammability of Two Mediterranean Mixed Forests: Study of the Non-additive Effect of Fuel Mixtures in Laboratory. Front. Plant Sci. 9:825. doi: 10.3389/fpls.2018.00825.
 - **D.G.F., 2013 :** Statistiques des produits Forestiers. Min. Agri., Alger. 1p.
 - **FAO 2013:** Etat des forêts méditerranéennes 2013, 213 pp. (www.fao.org)

Références bibliographiques

- **FAO., 1986** .Terminologie de la lutte contre les incendies des forêts, étude de la FAO : Forêt n° 70 Rome p 275.
- **FAO., 2002**. Communautés en flamme : actes d'une conférence internationale sur la participation des communautés à la lutte contre les incendies. Bureau régional de la FAO pour l'Asie et la pacifique, publication 2002/25. ISBN 974- 7946- 29-7.
- **Fatmi H., 2014**. Diagnostic préliminaire de la régénération naturelle des peuplements du chêne liège (*Quercus suber*) dans la forêt domaniale de Zerdab (sud-est de Tlemcen). Ingénieur d'état en foresterie.
- **Gandant J., 1974**. Le problème des incendies de forêts. In : Revue forestière française. Numéro spécial. pp 15-16.
- **Gillon D., 1990**. Les effets des feux sur la richesse en éléments minéraux et sur l'activité biologique du sol. In : revue forestière française XLII, numero spécial, pp 295-302.
- **Haddouche I., Kherbouche S., 2017**. Indices spatiaux et dynamique des terres forestières dans la commune d'Ain Fezza (Wilaya de Tlemcen). In : Revue Agriculture vol. 8 n°1 (2017). pp 68 – 74.
- **Hessas N., 2005**. Evaluation cartographique et évolution diachronique par télédétection du risque incendie de forêt. Simulation de la propagation du feu dans le bassin versant du Paillon, Nice, Alpes – Maritimes. Thèse de Doctorat. Univ Grenoble I– joseph fourier. France. 440p.
- **Hetier, J.P., 1993**. Forêt méditerranéenne : vivre avec le feu ? Élément pour une gestion patrimoniale des écosystèmes forestiers littoraux", Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres, 147 p.
- **Ice G.G., Neary D.G and Adams P.W ., 2004**. Effects of wildfire on soils and watershed processes. Journal of Forestry 102, 16–20. In : UICN (2010) IUCN Red list of threatened species. Version 2010.4, Accessed 5 March 2011.
- **Jacamon M., 1987**. Guide de dendrologie : arbres, arbustes, arbrisseaux des forêts françaises, tome 2 feuillus. E.N.G.E.F. 350p.
- **Jain T., Pilliod D. and Graham R., 2004**. Tongue- tied. Wildfire 4, 22–36.
- **Jappiot M., Blanchir R., et Alexandrian D., 2002**. Cartographie du risque : recherche méthodologique pour la mise en adéquation des besoins, des données et des méthodes. CEMAGREF-ENSMP-ARMINES, Agence M.T.D.A, colloque de restitution des travaux de recherche du S.I.G Incendies de forêt, 4-12- 2002, Marseille (France).

Références bibliographiques

- **Kaïss A., Zekri L., Zekri N., Pprteire B., Clerc J.P., Picard C., 2007.** Efficacité des coupures de combustible dans la prévention des feux de forêts. Elsevier MassonSAS, France, pp462-468.
- **Keeley J.E ., 2009.** Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. In: International Journal of Wildland Fire January 2009, 18,pp 116–126.
- **KHALID F., 2008.** Contribution à l'élaboration d'un plan de prévention des risques incendies de forêt, cas de la commune de Tlemcen (Nord-Ouest d'Algérie). Mémoire magister. Université de Tlemcen, 162 p + annexes.
- **Lallemand P., 1974.** Incidences économiques des incendies. In : Revue forestière française. Numéro spécial. pp 212-214.
- **Laurent M ., Martin A. et Poulat M., 2010.** Conception et exploitation des locaux de travail : risque incendie. Projet UE 5 :Facteursd'ambiance, 80p.
- **Le Houérou H.N., 1987.** Vegetation wildfires in the mediterranean basin: evolution and trends. *Ecol,med.*, XIII (4):12.
- **Lippert W., et Podlech D ., 2010.** Gros plan sur les plantes de la méditerranée. EditionNathan, Paris, France, 245p.
- **M.E.D.D., 2002.** Les feux de forêt. Dossier d'information, France, 20 p.
- **Machouri N., 2009.** Les subéraies marocaines face aux changements climatiques et actions anthropiques. 14ème colloque international du SIFEE : «Changement climatique et Evaluation environnementale», Niamey, République du Niger, 26 - 29 mai 2009.
- **Marchakl D., et Rondeuc J., 1995.** Comment mesurer la hauteur d'un arbre au moyen d'un clinometre. Gestion et Economie forestières, N° 2, Gembloux.
- **Margerit J., 1998.** Modélisation et simulations numériques de la propagation de feux de forêts. Thèse de doctorat en mécanique et énergétique, institut national polytechnique de Lorraine, France, 228p.
- **Mauguen G., Lesne P., Petit J.M., Sallé B., Marc F., 2012.** Evaluation du risque incendie dans l'entreprise. Institut National de Recherche et de Sécurité, 32p.
- **Meddour –Sahar O., Meddour R. et Derridj A., 2008.** Analyse des feux de forêts en Algérie sur le temps long (1876-2007). In : Les Notes d'analyse du CIHEAM n ° 3 9 – Septembre 2008.
- **Merdas S., 2007:** Bilan des incendies de forêts dans quelques wilayas de l'Est algérien; cas de Bejaia, Jijel, Sétif et Bordj Bou-Arréridj. Mémoire de magister. Uni. Mentouri- Constantine, 83p.

Références bibliographiques

- **Messaoudene M., 2000.** Réflexions sur la structure des peuplements de chêne liège (*Quercus suber*) en Algérie. INRF, station régionale de TiziOuzou. Rev : la forêt algérienne, Ed. inst. Nat. Rech. Forest. Bainem , Alger, pp 1-9.
- **Molinier R., 1974.** La forêt face aux incendies. In : Revue forestière française. Numéro spécial. pp 215-224.
- **NATIVIDADE J.V., 1956-** Subericulture. Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Nancy, 302p.
- **Natividade J.V., 1956.** Subériculture. Ec. Nat. Eau. For. Nancy, France 303p.
- **Neary DG, Klopatek CC, DeBano LF and Ffolliott PF., 1999.** Fire effects on below ground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management* 122, 51–71. doi:10.1016/S0378-1127(99)00032-8.
- **Nsibi R, Souayah N, Khouja LM, Khaldi A et Bouzid S., 2006.** Impacts des facteurs biotiques et abiotiques sur la dégradation de subéraie tunisienne. *Geo-Eco-Trop*, 2006, 30.1: pp25-34.
- **NWCG., 2006.** Glossary of wildland fire terminology. National Wildfire Coordinating Group, Incident Operations Standards Working Team. Available at <http://www.nwcg.gov/pms/pubs/glossary/index.htm> [Verified 21 December 2008].
- **Orieux A., 1974.** Conditions météorologiques et incendies en région méditerranéenne. In : Revue forestière française. Numéro spécial. pp122-129.
- **Pimont F., Dupuy J.L., Rigolot E. et Duché Y., 2014.** Les effets du passage d'un feu dans un peuplement arboré 'synthèse des connaissances et applications pour le gestionnaire forestier méditerranéen'. In : *Ecologie des forêts méditerranéennes .t : XXXV, n° 1*, pp17-29.
- **Plaisance G., 1974.** Conséquences des incendies. In : Revue forestière française. Numéro spécial. pp 194-197.
- **Pyne S, Andrews P and Laven R., 1996a.** Introduction to wildland fire, 2nd ed. Wiley, New York, 769p.
- **Ryan K.C., and Noste N.V., 1985.** Evaluating prescribed fires. In 'Proceedings, Symposium and Workshop on Wilderness Fire', 15–18 November 1983, Missoula, MT. (Eds JE Lotan, BM Kilgore, WC Fischer, RW Mutch) USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, General Technical Report INT-182, pp. 230–238. (Missoula, MT)
- **Ryan K.C., 2002.** Dynamic interactions between forest structure and fire behavior in boreal ecosystems. *Silva Fennica* 36, 13–39.

Références bibliographiques

- **Saccardy L., 1938.** Le Chêne-Liège et le Liège en Algérie. .In: Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale, 18^e année, bulletin n°203, juillet 1938.pp 488-497.
- **Santiago-Beltràn R., cardillo-Amo E. et Bernal-Chacón C.J., 2003.**Recommandations sylvicoles pour les suberaies affectées par le feu. Département des Ressources Naturelles Renouvelables. Colloque international : Vive expo18 juin 2004 ‘le chêne liège face au feu’. pp : 15-27.
- **Santos-Matos G., Guy L. et Monta C, 2015.**Chêne-liège une richesse de bois.in : Forêt Modèle de Provence, Pavillon du Roy René, ASL Subéraie Varoise. Alpes cote-azur. France.
- **Schaffhauser A., 2009.** Impacts de la recurrence des incendies sur la vegetation, son inflammabilité et sa combustibilité. Application à la Provence cristalline (Massif des Maures, Var, France). Thèse de doctorat en science de l’environnement. Biologie des populations et écologie. Aix-Marseille univ. 1 Vol, 277p.
- **Seguin B., 1990.** La température de surface d’un couvert végétal et son état hydrique. Possibilité d’application à la surveillance des forêts par satellite. Rev.for. Fr. t. XIII, (Sp.): 106-111.
- **Silva J.S and Carty F., 2006.** Forest fires in cork oak (*Quercusquber L.*) stands in Portugal. Int. J. Environ. Studies, 63: 235-257.
- **Simard A.J., 1991.** Fire severity, changing scales, and how things hang together. International Journal of Wild land Fire 1, 23–34. doi:10.1071/ WF9910023.
- **Stronach N.H., et McNaughton S.J., 1989.** Grassland fire dynamics in the Serengeti ecosystem and a potential method of retrospectively estimating fire energy. Journal of Applied Ecology 26, 1025–1033. doi:10.2307/2403709.
- **Trabaud L., 1974.** Apports des études écologiques dans la lutte contre le feu. In : Revue forestière française. Numéro spécial.pp140-153.
- **Trabaud L., 1979.** Etude du comportement du feu dans la garigue de chêne kermès à partir des températures et des vitesses de propagations. Ann. SCI. For, pp13-38.
- **Trabaud L., 1989.** Fire resistance of *Quercuscoccifera L.* garrigue. In: J.G Goldammer and M.J Jenkins. Eds. Fire in ecosystems dynamics. pp21-32.
- **Trabaud L., 1992.** Fire in mediterranean ecosystems. Atteler international sur l’action du feu dans les écosystèmes méditerranéens, Banylus sur mer (France), 441p.

Références bibliographiques

- **Trabaud., L., 1992.** Influence du régime des feux sur les modifications à court terme et la stabilité à long terme de la flore d'une garrigue de *Quercus coccifera*. *Revue d'Écologie : la Terre et la Vie*, 47, pp 209-230.
- **Turner M.G., Hargrove W.W., Gardner R.H and Romme W.H., 1994.** Effects of fire on landscape heterogeneity in Yellowstone National Park, Wyoming. *Journal of Vegetation Science* 5, 731–742. doi:10.2307/3235886.
- **Varela C.M., 2013.** Méthodes de régénération du chêne liège au Portugal. “Journées techniques du liège”, Plan de la Tour, France, 21-22 novembre 2013.
- **Vennetier M., 2004.** Incendies de forêt : bilan des connaissances et des besoins pour la recherche et l'action. In : forêt méditerranéenne, t. XXV, n° 4, pp323-336.
- **Wells C.G., De-Bano L.F., Lewis C.E., Fredriksen R.L., Franklin E.C., Froelich R.C and Dunn P.H., 1979.** Effects of fire on soil. A state-of-knowledge review. USDA Forest Service, General Technical Report WO-7. (Washington, DC).
- **White P.S and Pickett S.T.A., 1985.** Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. In ‘The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics’. (Eds STA Pickett, PS White) pp. 1–13. (Academic Press: San Diego, CA).

Site web consultés :

- Bonnet, 2019 : https://www.the-forest-time.com/fr/guides-des-pays-et-regions/portugal/le-chene-liege-un-arbre-generoux-090976213?fbclid=IwAR2LXF_Q-vh2DLMS8qW3IRDqlxRwqlkE5tIEw4dgUs-uJJ1um5FU9AoYKO4
- <http://www.amorimfrance.fr/le-liege/article/qualites-du-liege>
- <http://www.firewoods.net/>
- <http://www.dknews-dz.com>
- <http://www.fao.org/news/story/fr/item/29097/icode/>
- https://www.esa.int/kids/fr/Apprendre/La_Terre/Les_catastrophes_naturelles/Actualite_brulante_1_Atlas_Mondial_des_Incendies_de_1_ESA
- <http://www.fao.org/3/J3938f/J3938f.htm>
- : <http://www.fao.org/3/J3938f/J3938f.htm>
- <https://www.the-forest-time.com/en/foret-de-chene-liege-une-particularite-mediterraneenne-221224177>
- [http:// www.iucnredlist.org/IUCN Red list of threatened species](http://www.iucnredlist.org/IUCN Red list of threatened species)

Références bibliographiques

- Roux, 2019 : https://www.the-forest-time.com/en/foret-de-chene-liege-une-particularite-mediterraneenne-221224177?fbclid=IwAR0g3HrpQbrQSYsXr-ngrquCv6Ub_7BkIfGgKTls8j5oL1MJ16mhRTrf3q

Les annexes

Annexe 1 : Tableau des caractéristiques dendrométriques des arbres échantillons

Placette	Arbre	C1,30m	Ht (m)	He (m)	D1	D2	Ps (m)	RV	Etat tronc
1	1	0,72	6,3	1,7	5,1	4,3	21,93	4	1
1	2	0,67	5,5	1,5	4,7	4	18,8	4	0
1	3	0,55	4,5	/	4,3	3,8	16,34	5	1
1	4	0,17	2,5	/	2,1	3	6,3	5	1
1	5	0,44	2	/	2	1,8	3,6	3	1
1	6	0,57	6,1	1,40	2,7	2,8	7,56	3	1
1	7	0,36	2,6	/	1,8	1,5	2,7	4	1
2	8	0,67	8	1,55	3	3,6	10,8	5	1
2	9	0,65	7	1,14	4,3	3,8	16,34	5	1
2	10	0,43	2	/	1,6	1,8	2,88	5	0
2	11	0,56	4,5	/	3,1	3,6	11,16	4	0
2	12	0,53	4,5	/	2,9	2,6	7,54	4	0
2	13	0,55	4	/	2,4	2,8	6,72	3	1
2	14	0,08	1,4	/	0,6	0,7	0,42	5	0
3	15	0,52	2,5	/	2	1,5	3	3	1
3	16	0,35	2,2	/	2,1	1,8	3,78	5	1
3	17	0,64	7,2	1,70	5,5	5,1	28,05	4	0
3	18	0,68	7	1,60	2,5	3,6	9	4	1
3	19	0,15	1,8	/	1,3	0,9	1,17	5	0
3	20	0,12	1,5	/	1,3	0,9	1,17	5	0
3	21	0,5	2,7	1,60	2,2	2,4	5,28	4	1
4	22	1,02	7,3	1,65	6,6	3	19,8	3	1
4	23	0,78	6,5	1,45	2,6	2,4	6,24	3	1
4	24	0,69	6,5	1,70	2,8	2,4	6,72	3	1
4	25	0,1	1,5	/	1	0,76	0,76	4	0
4	26	0,13	1,5	/	1,15	1,28	1,472	4	0
4	27	0,94	7	1,30	4,8	4,3	20,64	4	1
4	28	0,74	6,5	1,30	3,6	3,1	11,16	4	1
4	29	0,62	5,5	1,35	2,5	2,5	6,25	3	1
4	30	0,76	5	1,45	5,4	4,5	24,3	3	1
4	31	0,59	5,5	1,5	2,7	2	5,4	3	1
4	32	0,16	1,8	/	1,3	1,32	1,716	3	0
4	33	0,84	8	1,40	4,4	3	13,2	4	1
4	34	0,18	1,6	/	1,4	1,3	1,82	4	0
4	35	0,12	1,3	/	1,05	0,75	0,7875	4	0
4	36	0,87	5	1,3	4,3	5	21,5	4	0
4	37	0,93	7	2	2,8	4,6	12,88	2	1

C1,30m	Circonférence à 1,30m du sol
Ht	hauteur totale (m)
He	hauteur écorçage (m)
Ps	Projection au sol (D1*D2)
D1	Diamètre 1 (m)
D2	Diamètre 2 (m)
RV	Reprise végétative
1	<10%
2	15-25%
3	30-50%
4	50-75%
5	>75%
Etat tronc	0 (sain) , 1 (avec crevasse)

Annexe 2 : tableau de variables et de données pédologiques et topographiques

Variables	code	P1	P2	P3	P4
Pente (%)	P	2	2	2	2
Exposition	EXP	NE	NE	NE	NE
Affleurement rocheux	RR	0	0	0	0
Affleurement pierreux	RP	0	1	1	0
Hauteur moyenne (m)	H̄	4,21	4,48	3,55	4,84
hauteur moyenne de 3 haut arbres (m)	Hd	5,96	6,50	5,63	6,93
Recouvrement forestier de toutes les tiges (%)	RF	15,36	11,09	10,00	31,54
Densité de toutes les tiges (tiges ha)	D	175,00	175,00	175,00	400,00
surface teriere (m2 ha)	G	38,50	38,50	29,75	144,00
surface teriere moyenne (m2)	g	0,22	0,22	0,17	0,36
Reprise végétative des arbres (%)	RV	58,57	68,57	63,57	46,56

Annexe 3 : Tableau de coefficient d'écorçage dans chaque placette

Placette	P1	P2	P3	P4
CE	2,34	2,03	2,73	1,87

Annexe 4 : Tableau de taux de reprise végétative par placette

Placette	P1	P2	P3	P4
Reprise végétative des arbres (%)	58,57%	68,57%	63,57%	46,56%

Annexe 5 : Tableau de répartition des arbres échantillons par classe de diamètre

Classe	1	2	3	4	5
--------	---	---	---	---	---

Nombre d'arbres	8	17	5	0	0
%	21.62	45.95	13.51	/	/

Annexe 6 : Tableau de répartition des arbres échantillons par classe de hauteur

Classe	1	2	3	4	5
Nombre d'arbres	15	4	10	8	0
%	40.54	10.81	27.03	21.62	/

Annexe 7 : Tableau de répartition des arbres échantillons par classe de circonférence à 1.30m

Classe	1	2	3
Nombre d'arbres	14	18	5
%	37.84	48.65	13.51

Annexe 8 : Tableau de classes de type de bois selon la circonférence à 1.30m

Classe parcelle	1 (<33cm)	2 (33.5-65cm)	3 (65-96cm)	4 (96-143cm)	5 (>143cm)
P1	1	4	2	0	0
P2	1	4	2	0	0
P3	2	4	1	0	0
P4	5	2	8	1	0
Total	9	14	13	1	0

المخلص:

العنوان: استعادة غابة البلوط الفلين (*Quercus suber L*) بعد الحريق في منطقة تلمسان - غابة ايفري- حرائق الغابات هي العامل الأول الذي يدمر سنويا مساحات كبيرة من الغابات. من بين هذه الأخيرة غابات البلوط الفليني، والتي هي الأكثر تضررا من هذه الكارثة. تتميز غابات بلوط الفلين هذه بقدراتها على التعافي بعد الحريق بفضل الحماية الفائقة التي تمتلكها في طبقة الفلين. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم انتعاش هذه الأشجار وقدراتها على التجديد. تظهر الملاحظات والقياسات التي أجريت على 37 شجرة في غابة ايفري التي احترقت في عام 2012 ، أن معظمها كان قادرا على التجدد من خلال استعادة كثافة ورقية عالية (50 ٪ من قممها). وهذا ما يفسر حالتها الصحية الجيدة في المنطقة المدروسة مع معدل منخفض جدا من الأشجار الميتة. ونتيجة لذلك ، استنتجنا أن بلوط الفلين هو الشجرة ذات أعلى معدل نمو وهو الأكثر مقاومة لحرائق الغابات بسبب الحماية الفعالة التي تزودها بها طبقة الفلين والبراعم النامية الموجودة تحته.

الكلمات المفتاحية: البلوط الفليني; غابات الفلين ; حرائق الغابات ; غابة ايفري; انتعاش البلوط الفليني

Résumé :

Titre : Récupération post-incendies du chêne-liège (*Quercus suber L*) dans la région de Tlemcen –Forêt d'Yfri-

Les incendies de forêts présentent le premier facteur qui détruit annuellement des surfaces forestières importantes dans le monde. Parmi ces forêts, on trouve les subéraies qui sont relativement endommagées par ce sinistre dans la région méditerranéenne. Ces forêts se caractérisent par leur pouvoir de récupération après le feu grâce à la protection subéreuse qu'ils possèdent au niveau de leur écorce. Cette étude vise à apprécier la reprise végétative des cimes des arbres et d'évaluer leurs capacités de régénération après 8 ans du passage du feu. Pour cela, nous avons installé 4 parcelles rectangulaires en mars 2020 dans la forêt d'Yfri incendiée en été 2012. Les observations et les mesures ont été effectuées sur 37 arbres présentant encore des traces de feux de 2012 (liège flambé couvrant le tronc et les branches). Elles consistent à apprécier le taux de récupération des cimes par estimation de la densité foliaire reconstituée par rapport à un arbre sain non brûlé. Les résultats ont montré que la majorité des arbres ont pu reconstituer leur cime ; ces dernières sont recouvertes d'une masse foliaire importante (50% de la cime). Ce explique que l'état sanitaire des arbres est devenu sain après 8 ans et la zone étude est devenue en bon état sanitaire avec un très faible taux d'arbre affaiblis. De ce fait, nous avons constaté que le chêne-liège est l'arbre le plus surmontant et le plus résistant aux feux de forêts par la protection assez efficace qui lui fournit son écorce et les bourgeons dormants situés sous celle-ci.

Mots clés : chêne-liège, incendies de forêts, forêt d'Yfri, récupération forestière, résilience

Abstract :

Title: Post-fire recovery of cork oak tree (*Quercus suber L*) in the Tlemcen region - Yfri forest

Wildfires are the first factor that destroys large areas of forest each year in the world. Among these forests, we find the cork oak forest which is relatively damaged by this disaster in the Mediterranean region. These forests are characterized by their power of recovery after fire thanks to the cork protection they have in their bark. This study aims to assess the vegetative recovery of trees canopy and assess their regeneration capacities after 8 years of fire event. To do this, we installed 4 rectangular plots in March 2020 in the Yfri forest which burned down in summer 2012. Observations and measurements were carried out on 37 trees still showing signs of 2012 fires (flamed cork covering the trunk and the trees branches). They consist in assessing the recovery rate of the crowns by estimating the leaf density reconstituted in relation to a healthy, unburned tree. The results showed that the majority of the trees were able to reconstitute their crowns; the latter are covered with a large leaf mass (50% of the crown). This explains why the health of the trees became healthy after 8 years and the study area became in good health with a very low rate of weakened trees. As a result, we have found that the cork oak tree is the most resilient tree and the most resistant to forest fires due to the fairly effective protection that provides its bark and the dormant buds located under it.

Keywords: cork oak, wildfire, Yfri forest, forest recovery, resilience

