

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

UNIVERSITE CONSTANTINE « 1 »
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE VEGETALE ET ECOLOGIE



N° d'ordre :

N° de série :

*Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de magister en
Écologie et Environnement
Option : 'Pathologie des écosystèmes Forestiers'*

THÈME

**Causes et conséquences des feux de forêts sur la
production du liège dans les subéraies du Nord-Est
algérien
-Essai de valorisation et réhabilitation-**

Présenté par : Mme. BOUREGBI Iméne

Devant le jury :

Président : Mme. BOUDOUR L. Pr. Université Constantine «1»

Rapporteur : M. BENDERRADJI M.E.H .Pr. Université Constantine «1»

Examineurs : M. ALATOU D. Pr. Université Constantine «1 »

M .RAHMOUNE C. Pr. Université Constantine «1 »

2013-2014

*A tous ceux qui me sont chers,
Mon mari, Mon fils Mohamed Amir
Ma famille
Ma belle famille
Mes amis (ies)*

Remerciements

Cette étude s'inscrit dans le contexte d'une recherche sur l'évolution des incendies, leurs causes et leur impact sur la forêt de chêne dans les massifs du Nord Est algérien et particulièrement sur la production du liège, et la méthodologie adoptée pour la gestion et la réhabilitation des subéraies après incendie.

Au terme de ce mémoire,

Professeur *BENDERRADJI Mohamed El-Habib*, veuillez bien recevoir l'hommage de mon profond respect et de mes remerciements les plus sincères pour l'achèvement de ce travail qui fut remarquablement mené grâce à vos précieux conseils.

Mes plus vifs remerciements vont également à tous les membres du jury :

Mme *BOUDOUR Leila*, d'avoir présidé le jury.

M. *ALATOU Djamel*, d'avoir examiné ce travail.

M. *RAHMOUNE Chaâbane*, d'avoir examiné ce travail.

Je tiens à remercier tout le personnel de la direction générale des forêts et en particulier :

Wahid, Assia et Ratiba.

Une reconnaissance incommensurable à mon mari pour l'immense et indéfectible soutien à mon égard.

Mes remerciements chaleureux s'adressent aussi à tous ceux qui m'ont soutenue de près ou de loin durant cette épreuve.

ملخص:

بيان حرائق الغابات لفترة (1975-2013) لغابات شمال شرق الجزائر يبين ان البلوط الفليني يعتبر اكثر الاشجار تضررا بالمقارنة مع باقي الأصناف، بمساحة محروقة تقدر بـ 126412.88 هكتار (48%).

وتعتبر هذه المناطق اكثر تعرضا لحرائق الغابات حيث سجلت خلال هذه الفترة 18732 حريق التهم مساحة تقدر بـ 635471.55 هكتار.

تعددت اسباب اندلاع حرائق الغابات لكن يعتبر المناخ السبب العميق اضافة الى النسيج النباتي للغابات الذي له تأثير كبير في اندلاع الحرائق و يمثل العامل البشري 70% من مجموع الاسباب. ان تحليل تأثير حرائق الغابات اثبت ان هناك تناسب عكسي بين انتاج الفلين و عدد الحرائق و المساحات المحروقة .

تحليل تطور غابات البلوط الفليني بعد مرور الحرائق و حسب مواقع الملاحظة علي مستوى غابات القل، بين ان نسبة موت اشجار البلوط الفليني هو علي علاقة مباشرة مع عمر الفلين . وبهدف استرجاع غابات البلوط الفليني المحروقة اتبعنا طرق علمية و اقتصادية تهدف اساسا الي حماية الغابات من جهة وزيادة انتاج الفلين من جهة اخري.

الكلمات المفتاحية: الحرائق، الغابات، البلوط الفليني الفلين، غابات، البلوط الفليني استرجاع ، حماية.

Résumé

Le bilan des feux de forêts (période 1975-2013) établie sur les massifs du Nord-Est algérien, montre que le chêne liège demeure l'essence la plus affectée en comparaison avec les autres essences, avec une superficie brûlée de 126412,88 ha (48%). Cette région est très touchée par les feux de forêt puisqu'elle enregistre un cumul de 18732 feux, dégradant ainsi une superficie forestière totale de 635471,55 hectares.

Les causes imputées au déclenchement des feux sont diverses. Mais il semblerait que le facteur climat est la cause profonde de tous les sinistres. Le cortège floristique de la forêt a également une grande influence sur l'essor des incendies. Alors que 70 % des sinistres enregistrés ont pour origine le facteur humain. L'analyse de l'impact des feux de forêt montre qu'il existe une forte corrélation négative entre la production du liège, le nombre de départ de feux, et les superficies brûlées.

L'examen de l'évolution de la survie des subéraies après passage d'incendie a révélé selon les stations d'observation prises en considération dans la forêt de Collo, que le taux de mortalité des arbres est en fonction de leur âge de démasclage donc de l'écorce liège.

D'autre part lors de la récupération de nos parcelles parcourues par les incendies on a abordé des thématiques de type économique et de type sylvicoles, et le choix de l'intervention a été de telle façon à viser à la restauration de la couche arborescente à l'aide de tailles culturales effectuées tout de suite après le passage de l'incendie, avec pour objectif prioritaire la sauvegarde des subéraies et des productions futures.

Mots-clés: Incendie, forêt, chêne liège ; liège ; massifs ; subéraies; restauration ; sauvegarde.

Summary

The assessment of forest fires (1975-2013) established in the mountains of Eastern Algeria, shows that the cork oak remains the essence most affected compared to other species, with a burned area of 126,412.88 ha (48%). This region is highly affected by wildfires since recorded a cumulative 18,732 fires, degrading a total forest area of 635,471.55 hectares. The causes attributed to the outbreak of fires are diverse. But it seems that the climate factor is the root cause of all disasters. The floristic forest also has a great influence on the development of fire. While 70% of registered claims originate from the human factor.

Analysis of the impact of forest fires shows that there is a strong negative correlation between the production of cork, the starting number of fires and the area burned. Examining the evolution of the cork oak survival after passage of fire revealed as snuff into account in forest Collo observations stations, the rate of tree mortality is based on their age so démasclage bark cork.

On the other hand during the recovery of our parcels covered by the fires was addressing the themes of economic type and forest type and the choice of intervention was so as to seek the restoration of the tree layer using crop sizes performed immediately after the passage of the fire, with priority to the cork forests and future productions.

Key words: fire, forest, Cork oak; cork; mountains; Cork oak forests; restoration; safeguard.

Liste des figures

Figure.1- Le triangle du feu schématisation des trois facteurs provoquant l'inflammation....	3
Figure.2- Illustration des feux, type " Feux au sol"	8
Figure.3- Illustration des feux, type "Feu de surface"	9
Figure.4- Illustration des feux, type "Feu de cimes"	9
Figure.5a- Illustration d'un feu circulaire.....	10
Figure 5b- Illustration d'un feu de forme irrégulière.....	10
Figure.5c- Illustration d'un feu de forme elliptique.....	10
Figure.6- Illustration des principales parties d'un feu de forêt.....	11
Figure.7- Illustration du cycle saisonnier.....	12
Figure.8- A et B Illustration des différents étages de végétation au niveau d'une forêt.....	18
Figure.9- Schématisation de la propagation du feu.....	19
Figure.10- Illustration de rôle du vent et du relief dans la propagation du feu.....	22
Figure.11- Le Chêne liège dans le monde.....	30
Figure.12- Formation du liège.....	31
Figure.13- La composition chimique du liège.....	33
Figure.14- Microparticules de liège.....	33
Figure.15- Types de liège (A = liège mâle; B = liège femelle).....	34
Figure.16- Les outils de levée de liège.....	35
Figure.17- La levée de liège.....	37
Figure.18- L'aire de répartition du Chêne liège en Algérie.....	51
Figure.19- Histogrammes illustrant la superficie occupée par le chêne-liège dans la région méditerranéenne en hectare.....	55
Figure.20- Estimations de la production du liège dans la région méditerranéenne(en tonnes).....	56
Figure.21- La production mondiale moyenne du liège (APCOR2009) (Associação Portuguesa da Cortiça).....	56
Figure.22- Les principaux pays d'origine des importations de liège -2008.....	58
Figure.23- La courbe illustrant la production du liège de l'Algérie (période 1963-2012)...	59
Figure.24- Situation géographique de la zone d'étude.....	61
Figure.25- Contexte oro-hydrographique de la zone d'étude vue à travers le Modèle Numérique de Terrain.....	63
Figure.26- Carte de type de sol extraite de la carte structurale au 1/500000 de la chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-tunisiens.....	65
Figure.27- Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien (établie d'après A.N.R.H., 1993 : données moyennes de 60 ans, périodes du 1er septembre 1921 au 31 août 1960 et du 1er septembre 1968 au 31 août 1989.....	68
Figure.28- Moyennes interannuelles des précipitations dans les stations de la zone d'étude...	69
Figure.29- Moyennes mensuelles des précipitations dans les stations de la zone d'étude.....	70
Figure.30- Répartition saisonnière des précipitations dans les stations de la zone d'étude.....	70
Figure.31- Moyennes mensuelles des températures dans les stations de la zone d'étude.....	71
Figure.32- Diagrammes ombrothermiques représentant les périodes sèches et humides dans les stations de la zone d'étude.....	73
Figure.33- Climagramme d'Emberger	74
Figure .34- Etages bioclimatiques de la zone d'étude (BNEDER 2009).....	75
Figure.35- Répartition des terres dans la zone d'étude.....	76

Figure .36- Carte d'occupation du sol de la zone d'étude.....	77
Figure .37- Répartition des formations forestières par essences.....	81
Figure.38- Histogrammes illustrant les nombre de foyers en Algérie (période 1963-2013)...	84
Figure.39- Histogrammes illustrant la superficie incendiée en Algérie (période 1993-2013).	85
Figure.40- Histogrammes illustrant L'évolution annuelle du feu moyen en Algérie (période 1993-2013).....	86
Figure.41- Répartition des superficies incendiées (%) suivant les formations végétales en Algérie (Période 1963-2013).....	87
Figure.42- Evolution annuelle des nombres d'incendies et des superficies parcourues par les feu forêts dans les subéraies du Nord Est algérien (Période 1975-2013).....	88
Figure.43- Evolution annuelle des nombres d'incendies et des superficies parcourues par le feu par wilayas (Période 1975-2013).....	89
Figure.44- Evolution annuelle des superficies parcourues par le feu suivant la formation végétale (Période 1975-2013).....	90
Figure.45- Evolution annuelle des superficies incendiées suivant la formation végétale par wilaya (Période 1975-2013).....	91
Figure.46- Répartition annuelle des superficies incendiées suivant la formation végétale par wilaya (Période 1975-2013).....	92
Figure.47- Importance des superficies parcourues par le feu selon les essences forestières dans les subéraies du Nord Est algérien (Période 1975-2013).....	93
Figure.48- Répartition des superficies incendiées selon les essences forestières par wilaya (Période 1975-2013).....	94
Figure.49- L'évolution mensuelle des nombres de feux et des superficies brûlées dans les subéraies du Nord Est algérien (période 1975-2013).....	96
Figure.50- L'évolution mensuelle des nombres de feux dans les subéraies du Nord Est algérien(Période 1975-2013).....	96
Figure.51- La répartition mensuelle des superficies brûlées dans les subéraies du Nord Est algérien (période 1975-2013).....	97
Figure.52 -Répartition des incendies de forêts par catégories de causes dans les forêts du Nord Est algérien (Période 1975-2013-Source: DGF « Direction Générale des Forêts »)....	101
Figure.53- Répartition des incendies de forêts par catégories de causes dans les forêts du Nord Est algérien (Période 1975-2013).....	101
Figure.54 (a,b,c,d,e,f,j)- Relation- feux de forêts- précipitations moyennes-températures maximales dans les wilayas de l'Est algérien (période 1971-2012).....	106
Figure.55- Relation feux de forêts- vitesse moyenne du vent dans les wilayas de l'Est algérien (période 1975-2012).....	108
Figure.56- Histogrammes illustrant la production du liège (qx) en Algérie (Période 1963-2012).....	112
Figure.57- Relation entre superficie de chêne-liège incendié et volume de liège (qx) en Algérie(période1963-2012).....	113
Figure.58- Histogrammes illustrant la production du liège (qx) dans les subéraies du Nord Est algérien (Période 1995-2012) (source: DGF).....	113
Figure.59- Relation entre la superficie incendiée et le volume de liège (qx)(Forêts du Nord Est algérien période(1995-2012).....	114
Figure.60- Relation entre la superficie incendiée et le volume de liège (qx) par wilaya (période (1995-2007).....	114
Figure.61- Futaie jardinée de chêne-liège : répartition théorique des effectifs.....	132
Figure.62- Répartition des stations d'étude dans le massif de Collo-Wilaya de Skikda-.....	136

Liste des tableaux

Tableau.1- Niveau d'inflammabilité de certaines espèces.....	5
Tableau.2- Les valeurs comparatives du liège au niveau de l'isolation thermique.....	34
Tableau.3- Estimations de la superficie occupée par le chêne-liège dans la région méditerranéenne (en hectares).....	54
Tableau.4- Estimations de la production du liège dans la région méditerranéenne (en tonnes).....	55
Tableau.5- Principaux pays exportateurs de liège et de ses produits.....	57
Tableau.6- Évolution du Prix de vente et coût d'écorçage du liège de reproduction (par arroba = 15 kg) - valeurs prévisionnelles.....	58
Tableau.7- Caractéristiques des postes pluviométriques de la zone d'étude.....	67
Tableau.8- Modules pluviométriques mensuelles dans les stations de la zone d'étude.....	69
Tableau.9- Moyennes mensuelles des températures dans les stations de la zone d'étude....	71
Tableau.10- Quotient pluviométrique et étages bioclimatiques de la zone d'étude.....	74
Tableau.11- Occupation des terres dans les wilayas de la zone d'étude.....	76
Tableau.12- Répartition des superficies incendiées (ha) suivant les formations végétales en Algérie (période 1963-2013).....	86
Tableau.13- Evolution annuelle des nombres d'incendies et des superficies parcourues par le feu par wilayas (Période 1975-2013).....	93
Tableau.14- Répartition mensuelle des nombres de feux et des superficies incendiées (période 1975-2013).....	95
Tableau.15- Répartition des foyers selon l'importance de leur superficie dans les subéraies du Nord Est algérien (période 1975-2013).....	98
Tableau.16- Influence des facteurs climatiques sur les conditions du feu (Alexander & al, 1996).....	103
Tableau.17- Inflammabilité du chêne-liège et des principales espèces du maquis (D'après Delabraze et Valette, 1974).....	109
Tableau.18- La répartition de la superficie incendiée et le volume de liège (qx) par wilaya (période 1995-2012).....	115
Tableau.19- La mortalité des arbres de chêne-liège en fonction de leur âge de démasclage (D'après Lamey in Bébierre, 1922).....	120
Tableau.20- Evaluation des pertes en liège par les incendies dans les massifs du Nord Est algérien (Année 2001, 2002).....	125
Tableau.20- Résistance des arbres pour un feu d'intensité moyenne (Amandier, 2004)...	127
Tableau.21- Mortalité des arbres de chêne-liège en fonction de leur âge de démasclage (Lamey, 1893).....	129
Tableau.22- Résumé des critères d'aide à la décision concernant les arbres incendiés (Source : Amandier, 2004).....	131
Tableau.23- Présentation des caractéristiques générales des stations d'étude (massif de Collo, Wilaya de Skikda).....	136
Tableau.24- Superficie mensuelle incendiée dans les stations choisies (Massif de Collo) (Année 2012).....	137
Tableau.25- synoptique de récupération des subéraies incendiées en été 2012 dans le massif de Collo, Wilaya de Skikda.....	137
Tableau.26 - Mode de traitement sylvicole à appliquer pour chaque station.....	144

Liste des photos

Photo.1 – Dégâts du Feu de forêts au niveau du tronc du chêne liège dans la subéraie de Ouled Attia (wilaya de skikda) (2012).....	118
Photo.2 - Impact du feu de forêts sur les racines (massif de Collo 2013).....	119
Photo.3 - Jeunes sujets de chêne liège (11ans) jamais exploités.....	128
Photo.4 - Vieux sujets de chêne liège brûlés.....	128
Photo.5 - Arbre brulée reprend la régénération.....	128
Photo.6 -Arbre brulé (1 ^{er} degré) (amandier, 2004).....	130
Photo.7 -Arbre brulé (2 ^{ème} degré) (amandier, 2004).....	130
Photo.8 -Arbre brulé (3 ^{ème} degré) ((amandier, 2004).....	130
Photo.9 -Arbre brulé (4 ^{ème} degré) ((amandier, 2004).....	131
Photo.10 - Subéraie de Hallem (série VII parcelle 103.104.105.106).Incendiée en 2012.....	141
Photo.11 - Brindilles non calcinées au sommet du houppier avec de rejets aériens (Année 2012) (Subéraie de Hallem) (station 6).....	142
Photo.12 - la reprise végétative (photographie en Fevrier 2013)(Subéraie de Hallem) (station 6).....	142
Photo.13 - La régénération naturelle de la station (bonne survie) (photographie en Avril 2014) (Subéraie de Hallem, massif de Collo).....	142
Photo.14 - Cet arbre avait émis des rejets à partir des réserves contenues dans les branches mais le tronc brûlé (liber) n'a pu ré-alimenter la souche en sève descendante. (4 ^{émé} degré) (Station 02, subéraie de Beni Said, massif de Collo) (Photographie en 2014).....	142
Photo.15 - Subéraie de Beni Makled (station 5), les feuilles sont seulement roussies (photographie en 2013) (2 ^{émé} degré).....	143
Photo.16 -Le maquis n'est pas éliminé par le feu. Il va rejeter vigoureusement et limiter ou compromettre la régénération du Chêne-liège en l'absence d'interventions du sylviculteur (Station 02, subéraie de Beni Said, massif de Collo) (Photographie en printemps 2013).....	143

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	01
-----------------------------------	-----------

PARTIE I. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I. Notion de pyrologie

I. Le feu de forêt.....	03
I.1. Définition.....	03
2. La pyrologie forestière.....	04
I.2.1. Définition.....	04
I.2.2. L'inflammabilité.....	04
I.2.3. La combustion.....	05
I.2.4. Les combustibles d'un feu de forêt.....	06
I.2.5. Les phases de combustion des feux de forêt.....	06
I.2.5.1. La phase du pré-chauffage.....	07
I.2.5.2. La phase de combustion des gaz ou inflammation.....	07
I.2.5.3. La phase de la combustion du charbon ou incandescence.....	07
I.3. Les différents types de feux de forêt.....	08
I.3.1. Les feux de sol.....	08
I.3.2. Les feux de surface.....	08
I.3.3. Les feux de cimes.....	09
I.4. Les formes de feux de forêt.....	09
I.4.1. Les formes circulaires.....	09
I.4.2. Les formes irrégulières.....	10
I.4.3. Les formes elliptiques.....	10
I.5. Les parties d'un feu de forêt.....	10
I.6. Les cycles du brûlage des feux de forêts.....	11
I.6.1. Cycle journalier de brûlage.....	11
I.6.2. Cycle saisonnier de brûlage.....	12
I.7. L'environnement du feu de forêt.....	13
I.7.1. Facteurs météorologiques.....	13
I.7.2. Les facteurs topographiques.....	14
I.8. Les facteurs de déclenchement.....	16
I.9. Les processus de formation et d'évolution.....	16
I.9.1. Les conditions de formation.....	16
I.9.2. L'éclosion.....	17
I.9.3. Les étages de la végétation.....	17
I.10. La propagation du feu de forêts.....	18
I.10.1. Mécanisme.....	18
I.10.2. Les modes de propagation.....	19
I.10.2.1 La convection.....	19
I.10.2.2. La conduction.....	19
I.10.2.3. La radiation.....	20
I.11. Les facteurs agissant sur la propagation.....	20
I.11.1. Les facteurs naturels.....	20
I.11.1.1. La structure et la composition de la végétation.....	20
I.11.1.2. Le vent.....	20
I.11.1.3. Le relief.....	20
I.11.2. Les facteurs anthropiques.....	21
I.11.3. Le rôle du vent et du relief.....	21

I.12. Les causes des incendies.....	22
I.12.1. Les incendies accidentels d'origine agricole.....	22
I.12.2. Les incendies accidentels d'origines diverses.....	22
I.12.3. La déprise agricole et forestière.....	23
I.12.4. Les incendies criminels.....	23
I.12.4.1. Les pyromanes.....	23
I.12.4.2. L'incendiaire criminel.....	23
I.12.4.3. Les incendies terroristes.....	24
I.13. Les conséquences des feux.....	24
I.13.1. Les atteintes aux hommes, aux biens et aux activités.....	24
I.13.2. Les atteintes à l'environnement.....	24
I.13.3. Dégâts physiques.....	25
I.13.4. Dégâts écologiques.....	26
I.13.4.1. Pollution de l'air.....	26
I.13.4.2. Métaux lourds et radioactivité.....	27
I.13.4.3. Pollution photochimique.....	27
I.13.4.4. Gaz à effet de serre.....	27
Chapitre II. Notion sur le liège	
II.1.Histoire du liège.....	28
II.2. Définition.....	30
II.3. La formation du liège.....	31
II.4. Composition du liège.....	31
II.5.Types de liège.....	33
II.6. Particularités du liège: caractéristiques techniques.....	34
II.7. La levée de liège.....	35
II.8. La levée du liège: déroulement des opérations.....	35
II.9. Les utilisations du liège.....	37
Chapitre III. Aperçus sur l'histoire des subéraies algériennes	
III.1. Introduction	39
III.2. La ressource en liège au lendemain de la conquête.....	40
III.3. L'épisode mouvementé des concessions.....	42
III.4. La réaction aux spoliations territoriales : la persistance des incendies.....	46
III.5.Conclusion.....	49
III.6. L'état actuel des subéraies algériennes.....	50
III.6.1.Présentation des subéraies.....	50
III.6.2. L'air de répartition du chêne liège dans l'Algérie.....	50
III.6.3. Problématique des subéraies algérienne.....	51
III.6.3.1. Coupes, ramassage de bois et de glands, défrichements.....	51
III.6.3.2. Programmes d'aménagement et de traitements sylvicoles non adaptés.....	52
III.6.3.3. Le surpâturage.....	52
III.6.3.4. Les incendies.....	53
Chapitre IV. La Production du liège	
IV.1. La surface occupée par le chêne liège dans le monde.....	54
IV.2.La production mondiale du liège: principaux pays producteurs.....	55
IV.2.1.Exportation du liège.....	57
IV.2.2.Importation.....	57
IV.2.3.Prix du Liège.....	58
IV.3.La production du liège en Algérie.....	58
IV.3.3. Conséquences économiques de la situation de ce secteur en Algérie.....	60

PARTIE II. BILAN DES FEUX DE FORÊTS DANS LES MASSIFS DU NORD EST ALGERIEN (PÉRIODE 1975-2013)

Chapitre I. Présentation de la zone d'étude

I.1. Cadre géographique de la zone d'étude.....	61
I.1. Le contexte oro-hydrographique.....	62
I.1.1. Les plaines côtières.....	62
I.1.2. Les monts tellien.....	62
I.1.3. Des Hautes Plaines étendues.....	62
I.2. le contexte géologique.....	63
I.2.1. L'ensemble kabyle ou « domaine interne ».....	63
I.2.2. Le domaine des nappes des flyschs.....	64
I.2.3. Les nappes telliennes ou « domaine externe ».....	64
I.2.4. L'avant-pays allochtone ou « avant-pays parautochtones algéro-tunisiens ».....	66
I.2.5. Les formations autochtones et parautochtones.....	66
I.3. Climat.....	66
I.3.1. Introduction.....	66
I.3.2. Réseau d'observation.....	67
I.3.3. Les précipitations.....	67
I.3.3.1. Répartition interannuelle des précipitations.....	68
I.3.3.2. Répartition mensuelle et saisonnière des précipitations.....	69
I.3.4. Les températures.....	70
I.3.5. Relation température – précipitatio.....	71
I.3.5.1. Diagrammes ombrothermiques.....	71
I.3.5.2. Quotient pluviothermique d'Emberger.....	72
I.4. Occupation des terres et formations forestières.....	76
I.4.1. Occupation des terres.....	76
I.4.2. Caractérisation générale des formations forestières.....	78
I.4.2.1. Répartition des formations forestières par essences.....	78

Chapitre II. Bilan global des feux de forêts dans les subéraies de l'Est algérien (Période 1975-2013)

II.1. Les incendies de forêts en Algérie.....	82
II.1.1. Introduction.....	82
II.1.2. Bilan des incendies de forêts en Algérie (période 1963-2013).....	83
II.1.2.1. La répartition annuelle des incendies de forêts en Algérie suivant le nombre de foyers (période 1963-2013).....	83
II.1.2.2. La répartition annuelle des incendies de forêts en Algérie suivant les superficies incendiées (période 1963-2013).....	84
II.1.2.3. L'évolution annuelle du feu moyen (la surface unitaire par feu) en Algérie (période 1963-2013).....	85
II.1.2.4. La répartition annuelle des incendies de forêts en Algérie suivant le type de formation végétale (période 1963-2013).....	86
II.2. Bilan global des feux de forêts dans les subéraies du Nord Est algérie (Période 1975-2013).....	87
II.2.1. Evolution annuelle des nombres d'incendies et des superficies parcourues par le feu (Période 1975-2013).....	87
II.2.2. Evolution annuelle des nombres d'incendies et des superficies parcourues par le feu par wilayas (Période 1975-2013).....	88
II.2.3. Evolution des superficies parcourues par le feu suivant le type de formation par wilayas (Période 1975-2013).....	90
II.2.4. Importance des superficies parcourues par le feu selon les essences forestières (Période 1975-2013).....	93

II.2.5. Répartition mensuelle des nombres de feux et des superficies incendiées (période 1975-2013).....	95
II.2.6. Répartition des incendies suivant l'importance de la superficie (période 1975-2013)(Taille des feux).....	98
Chapitre III. Les causes des feux de forêts	
III.1. Les causes des feux de forêts dans les subéraies du Nord Est algérien (période 1975-2013).....	99
III.1.1. Les causes structurelles.....	102
III.I.1.1. Les conditions climatiques de la région (Nord Est algérien).....	102
III.I.1.1.1. Feux de forêts – températures- précipitations.....	102
III.I.1.1.2. Feux de forêts – Vents.....	107
III.I.1.2. La haute inflammabilité de la plupart des espèces forestières qui forment le cortège floristique de la subéraie.....	108
III.1.2. Les causes immédiates ou momentanées.....	110
Chapitre IV. Impact des incendies sur la production du liège	
IV.1. L'impact des incendies sur la production du liège en Algérie (période 1963-2012).....	112
IV.2. L'impact des incendies sur la production du liège dans les subéraies du Nord Est algérien (période 1995-2012).....	113
IV.3. L'impact des incendies sur le chêne liège: perturbation du système d'exploitation.....	115
IV.3.1. Evaluation des dommages.....	116
IV.3.2. Impact des feux sur le chêne liège suivant l'épaisseur du liège.....	116
IV.3.3. L'impact des incendies sur les houppiers, feuilles et glands.....	117
IV.3.4. L'impact des feux sur les racines.....	118
IV.3.5. Chute des arbres.....	119
IV.3.6. L'impact des incendies sur le liège.....	119
IV.3.7. Le rôle de liège comme une couche protectrice.....	120
IV.4. L'évaluation des dommages en liège.....	120
VI.4.1. Dans la futaie de chêne-liège.....	120
IV.4.2. Dans le taillis de chêne liège.....	121
IV.4.3. Les dégâts au niveau du liège.....	123
IV.5.3. Autres dégâts.....	123

PARTIE III.METHODOLOGIE DE GESTION DES SUBERAIES APRES INCENDIE-ESSAIE DE REHABILITATION-

Chapitre I. Vulnérabilité du chêne liège aux incendies

I.1.Introduction.....	127
I.2. Conséquences du feu pour le chêne-liège.....	127
I.3 .Le phénomène de mortalité différée.....	129
I.4. Evaluation de la survie des chênes-lièges.....	129
I.5. Conséquences de l'incendie sur la structure des subéraies.....	131
I.6. Conséquences du feu sur la régénération naturelle.....	132
I.7. Impact des incendies sur la végétation.....	132

Chapitre II. Méthodologie de gestion des subéraies après incendie-Essaie de réhabilitation-

II.1. Méthode d'étude.....	135
II.2. Choix du site.....	135
II.3. Echantillonnage.....	137
II.4. Stations : la forêt de Collo (Wilaya de Skikda).....	137
II.5. Discussions et analyse.....	138
II.5.1.Evolution de la survie du chêne liège.....	138

II.5.2. Evaluation des degrés d'incendie.....	140
II.5.3. Evolution de notre forêt après le passage de l'incendie.....	143
II.5.4. Mode de traitement sylvicole (travaux de reconstitution) à appliquer pour chaque station.....	143
CONCLUSION GENERALE.....	
	147
BIBLIOGRAPHIE.....	150
ANNEXES.....	155
..	

INTRODUCTION

GENERALE

INTRODUCTION

Le feu représente le premier péril naturel pour les forêts et les zones boisées. Il détruit plus d'arbres que toutes les autres calamités naturelles : attaques de parasites, insectes, tornades, gelées, etc. Les feux de forêts ravagent chaque année entre 700 000 et un million d'hectares de forêts, soit à peu près le un dixième de la superficie incendiée des forêts mondiales, causant des dommages écologiques et économiques énormes, ainsi que des pertes en vies humaines (**FAO**).

Les forêts algériennes ont subi au cours du temps de nombreuses agressions par l'homme à travers ses différentes activités menaçant leur pérennité ; soit délibérément et par besoin, ignorant alors leurs conséquences sur l'environnement ; soit involontairement persuadés que les ressources qu'elles lui offrent sont inépuisables. Parmi les facteurs qui menacent les forêts, le feu est un des plus redoutables par les pertes qu'il entraîne : pertes écologiques (disparition d'espèces rares), économiques et parfois humaines

En Algérie, on compte en moyenne plus de 37 000 hectares de superficies boisées qui partent en fumée chaque année (**Madoui, 2000**). Mais, ce chiffre est sûrement plus important si on considère une période plus longue. Le feu devient alors un fléau auquel on doit faire face.

Compte tenu de l'ampleur de ce phénomène et dans le but de protéger le patrimoine naturel ; le présent travail cherchera avant tout à mieux comprendre et cerner l'impact ce fléau dévastateur qu'est l'incendie des forêts sur la production forestière.

L'originalité du travail réside dans l'établissement d'un constat sur l'évolution des incendies, leurs causes et leur impact sur la forêt de chêne dans les massifs du Nord Est algérien (production du liège). Il va sans dire que chaque arbre (chêne-liège) détruit est une perte pour l'économie. Le travail du liège constitue un gagne pain de nombreuses familles et une ressource appréciable en matière d'entrée de devises pour l'économie nationale.

Il faut souligner que la chute de la production du liège n'est pas uniquement imputable aux incendies, d'autres fléaux, portant préjudice à l'arbre, pourraient en être la cause d'une chute de la production, tels que les maladies dues aux champignons et autres insectes parasites, au vandalisme, etc.

La problématique de la récupération des subéraies parcourues par des incendies présente des aspects différents, et, par conséquent, il faut l'examiner soit du point de vue du milieu soit du point de vue économique.

Il est évident que sur la base de l'intensité du feu et des conditions dans lesquelles se trouvent les subéraies au moment de l'incendie, les dommages causés aux plantes seront différents. Donc il est important de se mettre dans les meilleures conditions pour l'évaluation du dommage, afin d'organiser les choix d'une intervention sylvicole correcte, qui, dans le cas des subéraies, doivent être soutenues par des évaluations économiques par rapport à leur future utilisation productive.

Pour la réalisation de cette thèse nous présentons ce travail en trois parties:

-Partie I: une synthèse bibliographique, composée de quatre chapitres

Dans le chapitre I nous avons jugé utile d'introduire la notion de pyrologie. En effet, en tant que forestier, nous ne pouvons occulter cette science. Elle nous permet de mieux comprendre le concept de feux de forêt; les dangers occasionnés par ces feux, leur impact sur les différents écosystèmes, sur les activités humaines (économiques et socioculturelles). Enfin, de mieux gérer les actions à entreprendre: de prévention et de lutte

Dans les chapitres II et III nous donnerons un bref aperçu sur l'histoire des subéraies en Algérie ainsi que des généralités sur le liège (production, récolte et utilité dans les différents domaines socioculturels et économiques).

Le chapitre VI mettra le point sur la production mondiale du liège ainsi que la production nationale.

-Partie II: il sera question des massifs du Nord Est algérien composée de quatre chapitres

Dans le chapitre I nous présentons la zone d'étude et ses caractéristiques; nous nous intéressons particulièrement à la forêt de chêne liège et son état actuel. Le chapitre II sera consacré au bilan des feux de forêts en Algérie et dans les massifs du Nord Est algérien. Le chapitre III traitera des causes de feux de forêt. Dans le chapitre VI, il sera question de l'impact des feux de forêt sur la production du liège.

-Partie III : est réservée à la présentation de la méthodologie adoptée pour la gestion et la réhabilitation des subéraies après incendie (cas de la subéraie de Collo, wilaya de Skikda)

PARTIE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Partie I.

Chapitre I.

Notion de pyrologie

I. Le feu de forêt

I.1. Définition

Un incendie est un phénomène qui échappe au contrôle de l'homme, tant en durée qu'en étendue.

L'incendie de forêt est un phénomène physico-chimique. Il s'accompagne d'une émission forte d'énergie calorifique et peut être décomposé en trois phases:

- évaporation de l'eau contenue dans le combustible.
- émission de gaz inflammables par pyrolyse.
- inflammation.

Pour qu'il y ait inflammation et combustion, trois facteurs doivent être réunis (fig.1), chacun en proportions convenables :

- un combustible : qui peut être n'importe quel matériau pouvant brûler (la végétation forestière);
- un comburant : l'oxygène de l'air, nécessaire pour alimenter le feu;
- un flux de chaleur : pour porter le combustible à une température initiale suffisamment élevée.



Figure 1- Le triangle du feu
Schématisation des trois facteurs provoquant l'inflammation

Généralement, la période de l'année la plus propice aux feux de forêt est l'été, car aux effets conjugués de la sécheresse et d'une faible teneur en eau des sols, viennent s'ajouter les travaux en forêt.

On parle d'incendie de forêt lorsqu'un feu concerne une surface minimale d'un hectare d'un seul tenant et qu'une partie au moins des étages arbustifs et/ou arborés (parties hautes) est détruite. En plus des forêts au sens strict, les incendies concernent des formations subforestières de petite taille:

- le maquis, formation fermée et dense sur sol siliceux;
- la garrigue, formation plutôt ouverte sur sol calcaire et;
- les landes, formations sur sols acides, composées de genêts et de petits arbustes.

L'attention accordée aux feux de forêts a donné naissance à une science: la pyrologie forestière

I.2. La pyrologie forestière

I.2.1. Définition

La pyrologie forestière est la science consacrée à l'étude des feux de forêt et de leurs propriétés. Elle explique le processus de la combustion, les caractéristiques des incendies forestiers et les facteurs qui influencent leur origine et leur développement (**Gouvernement du Québec, 1981**). La compréhension du comportement des feux de forêt passe par la connaissance des principes fondamentaux de la combustion.

I.2.2. L'inflammabilité

Elle qualifie la facilité avec laquelle les éléments fins d'une espèce végétale donnée prennent feu. On la mesure d'une façon conventionnelle (**Delabraze et al., 1974**)

Par convention, l'inflammabilité est le temps mesuré en secondes, qui s'écoule entre le dépôt du matériel végétal à la surface de l'épiradiateur et l'apparition des premières flammes. L'inflammabilité d'une formation végétale est celle de l'espèce la plus inflammable si elle est représentée en proportion suffisante. Ainsi, le mélange ajonc épineux–chêne kermès est très inflammable toute l'année, alors que le chêne kermès seul ne l'est que pendant les trois mois d'été.

Les peuplements ou les espèces du sous étage retiennent les éléments secs tombant des arbres sont très inflammables. Le tableau 1 donne le niveau d'inflammabilité de certaines espèces.

Tableau.1- Niveau d'inflammabilité de certaines espèces

Inflammabilité	Espèces
Forte	Bruyère à balais, bruyère arborescente, chêne liège , chêne vert, pin d'Alep, thym ordinaire
Assez forte	Pin maritime, chêne blanc, buis, buplèvre ligneux, genévrier de Phénicie
Modérée	Ciste de Montpellier, cytise triflore, chêne Kermès, genévrier oxycèdre
Faible	Arbousier, cèdre, sapin

Source: L'INRA

I.2.3. La combustion

Un feu de forêt brûle des combustibles, se propage et produit de l'énergie calorifique par l'entremise d'une réaction de combustion (**Wagner, 1970**). La combustion consiste en une oxydation rapide du carbone des combustibles qui survient à des températures relativement élevées, en comparaison des processus d'oxydation plus lents que sont la carie et la décomposition du bois (**Wenger, 1984**). Dans la forêt, les éléments qui ont la propriété de brûler constituent les combustibles forestiers (**Gouvernement du Québec, 1981**). Le complexe combustible se réfère à la composition et à l'arrangement des combustibles sur le terrain (**Martin et al., 1979**).

Les combustibles, l'oxygène et la chaleur – désignés comme étant les composantes du triangle du feu – sont essentiels à l'amorce et au maintien de la combustion dont la réaction chimique peut être exprimée simplement de la manière suivante :



Le terme " Σ " représente l'énergie d'ignition des combustibles, c'est-à-dire la quantité d'énergie qu'il faut pour amorcer l'allumage, et le terme "*Chaleur*" désigne la quantité totale d'énergie dégagée par la combustion. La combustion est une réaction exothermique, qui nécessite toutefois un apport extérieur d'énergie pour s'amorcer. L'énergie nécessaire à l'allumage est représentée par la relation suivante (**Wagner, 1977**) : $h = 460 + 26 m$

Où "*h*" représente l'*énergie d'ignition* en kJ/kg et "*m*" la teneur en humidité du combustible exprimée en pourcentage de son poids à sec. L'énergie d'ignition requise augmente rapidement avec l'augmentation de la teneur en humidité des combustibles. La teneur en humidité d'extinction est difficile à établir. Les feux se propagent difficilement lorsque le contenu en humidité du petit combustible de la litière est supérieure à 30% alors que les aiguilles de conifères peuvent supporter des feux de cimes rapides alors qu'elles contiennent 100% d'humidité et même plus.

La chaleur générée par la combustion d'un élément du complexe combustible réchauffe les éléments voisins jusqu'à ce qu'ils atteignent leur point d'inflammation. La combustion constitue un processus autosuffisant, tant que les composantes du triangle du feu demeurent dans des proportions appropriées. Comparativement à la photosynthèse, la combustion représente la réaction chimique inverse: l'énergie accumulée au fil des ans par les combustibles y est libérée rapidement (**Martin et al., 1979**).

I.2.4. Les combustibles d'un feu de forêt

La forêt, dans son intégralité, doit être considérée comme un combustible potentiel. Les flammes peuvent en effet parcourir indifféremment la végétation vivante (branches, feuilles) ou morte (aiguilles, arbres morts sur pied), tout comme les infrastructures humaines implantées en zone forestière.

Les incendies concernent, outre les forêts au sens strict, des formations subforestières de petite taille: maquis; garrigues et landes.

I.2.5. Les phases de combustion des feux de forêt

Les combustibles forestiers recèlent plusieurs substances - tissus fibreux à base de carbone (cellulose et lignine), résines diverses, cires, eau emprisonnée, acides multiples et autres liquides; qui, lorsqu'elles sont mises en contact avec une source de chaleur suffisante, ont tendance à s'évaporer ou à s'enflammer. On reconnaît ainsi trois phases dans le processus de combustion:

- le pré-chauffage;
- la combustion des gaz et;
- la combustion du charbon.

I.2.5.1. La phase du pré-chauffage

Elle se produit lorsque les combustibles subissent pour la première fois l'influence d'une source de chaleur intense. Les combustibles se réchauffent, se dessèchent (l'eau emprisonnée commence à s'évaporer à 100 °C), se distillent partiellement (les acides, cires, résines et autres liquides commencent à s'évaporer vers 260°C), puis finalement s'enflamment lorsqu'est atteint le point d'inflammation, étape qui signale le passage à la seconde phase de la combustion.

I.2.5.2. La phase de combustion des gaz ou inflammation :

Au cours de cette phase la distillation des substances liquides se poursuit mais elle s'accompagne maintenant de leur oxydation (combustion). Le point d'inflammation des combustibles représente en fait le processus d'ignition des gaz issus de la distillation. Des flammes jaunes-rouges se forment alors au-dessus des combustibles, et non directement à leur surface. Cette réaction produit également de la vapeur d'eau (H₂O) et du gaz carbonique (CO₂). Lorsque la combustion est incomplète, certaines substances distillées se condensent en formant des particules solides et de fines gouttelettes et demeurent en suspension au-dessus du feu, c'est ce qui est à l'origine de la fumée. La couleur blanchâtre de la fumée à cette phase de la combustion provient des grandes quantités de vapeur d'eau dégagées.

I.2.5.3. La phase de la combustion du charbon ou incandescence

Ce sont les résidus de carbone ou charbon de bois, produits lors de la seconde phase qui brûlent alors. Si la combustion est complète, il ne restera qu'une petite quantité de matériaux non combustibles: la cendre. La substance qui brûle est maintenant à l'état solide et la combustion se produit à la surface même du charbon de bois. Le principal produit de cette phase est le CO₂ mais aucun dégagement de vapeur d'eau ne peut être perçu (même s'il s'en produit), car l'essentiel de l'eau a été évacué au cours des deux premières phases.

Du monoxyde de carbone (CO) se forme aussi comme produit intermédiaire mais il est rapidement oxydé en CO₂; les petites flammes bleuâtres qui apparaissent à la surface du bois témoignent de cette deuxième oxydation.

Les trois phases de la combustion peuvent être observées dans un feu de forêt en progression, même si celles-ci se chevauchent. À la phase de pré-chauffage, on aperçoit les feuilles et les herbes qui se tordent et se dessèchent; ensuite apparaissent les flammes formées par les gaz en combustion; finalement, on distingue moins nettement la combustion du charbon de bois.

Si les combustibles forestiers sont très humides, cette dernière phase pourrait ne pas se produire. La surface brûlée présenterait alors une teinte noire plutôt que grisâtre, puisque les résidus de la combustion seraient en majorité à l'état de charbon.

I.3. Les différents types de feux de forêt

Un feu peut prendre différentes formes, chacune étant conditionnée par des caractéristiques de la végétation et les conditions climatiques dans lesquelles il se développe (principalement la force et la direction du vent). Ainsi on distingue:

I.3.1. Les feux de sol

Ils brûlent la matière organique contenue dans la litière, l'humus ou les tourbières. Alimentés par incandescence avec combustion, leur vitesse de propagation est faible (**fig2**).

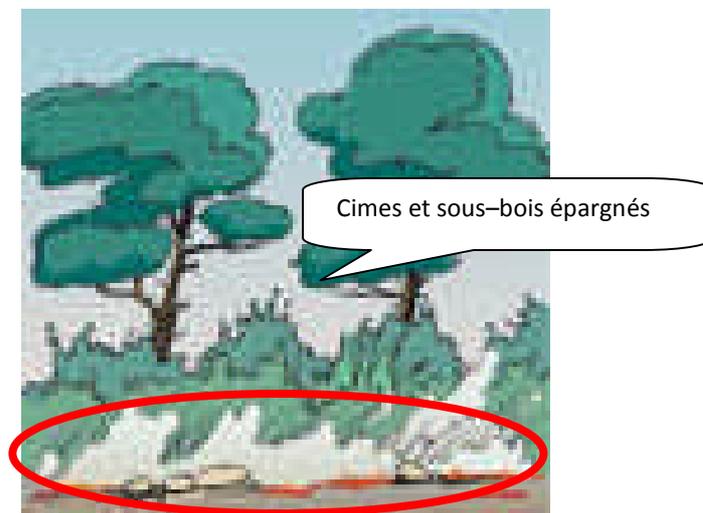


Figure 2- Illustration des feux, type " Feux au sol"

I.3.2. Les feux de surface

Ils brûlent les strates basses de la végétation, c'est-à-dire la partie supérieure de la litière, la strate herbacée et les ligneux bas. Ils se propagent en général par rayonnement et affectent la garrigue ou les landes (fig.3).

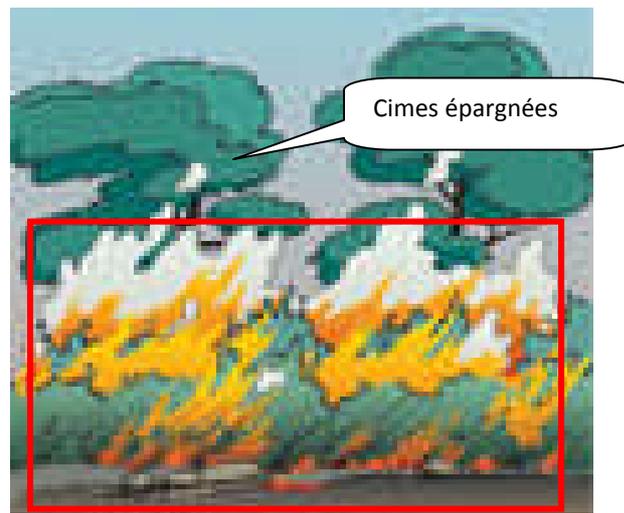


Figure 3- Illustration des feux, type "Feu de surface".

I.3.3. Les feux de cimes

Les feux de cimes brûlent la partie supérieure des arbres (ligneux hauts) et forment une couronne de feu. Ils libèrent en général de grandes quantités d'énergie et leur vitesse de propagation est très élevée. Ils sont d'autant plus intenses et difficiles à contrôler que le vent est fort et le combustible sec (fig4.).



Figure 4- Illustration des feux, type "Feu de cimes"

NB : Ces trois types de feux peuvent se produire simultanément sur une même zone.

I.4. Les formes de feux de forêt

I.4.1. Les formes circulaires

Les feux de forme circulaire sont généralement situés sur un terrain plat par temps calme. Le combustible qu'on y retrouve est homogène (fig.5a)

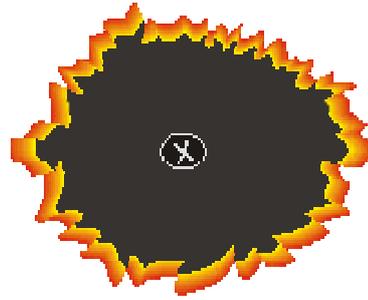


Figure 5a- Illustration d'un feu circulaire

I.4.2. Les formes irrégulières

Les feux de forme irrégulière sont causés par des terrains en pente ou par des vents variables. On retrouve cette forme de feu où le combustible est hétérogène (fig.5b).



Figure 5b- Illustration d'un feu de forme irrégulière

I.4.3. Les formes elliptiques

Les feux elliptiques se forment généralement sur des terrains plats dans un combustible homogène où l'on remarque la présence du vent qui souffle toujours dans la même direction. (figure.5c)

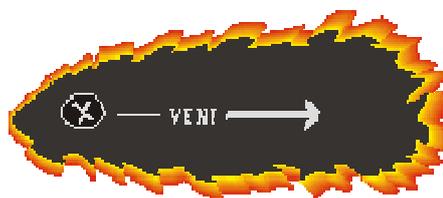


Figure.5c- Illustration d'un feu de forme elliptique

I.5. Les parties d'un feu de forêt

Les parties d'un feu de forêt (figure6) sont :

- **L'arrière:** partie de la bordure du feu qui est opposée au côté où la propagation du feu est la plus rapide.

- **La baie:** partie de la bordure du feu qui se développe plus lentement à cause du combustible ou de la topographie.
- **La bordure du feu:** ligne souvent irrégulière jusqu'où le feu a brûlé à un moment donné.
- **Le doigt:** partie de la bordure du feu qui se développe en langue étroite, s'avancant en saillie du corps principal.
- **Le feu disséminé:** feu nouveau à l'extérieur du périmètre de l'incendie et causé par celui-ci.
- **Le flanc:** côté qui relie la tête à l'arrière, ordinairement parallèle à la direction générale de la progression du feu.
- **Le point d'origine:** partie d'un incendie où le feu a pris naissance.
- **La tête:** partie de la bordure du feu qui se développe ordinairement le plus rapidement. Indique la direction de la progression du feu.

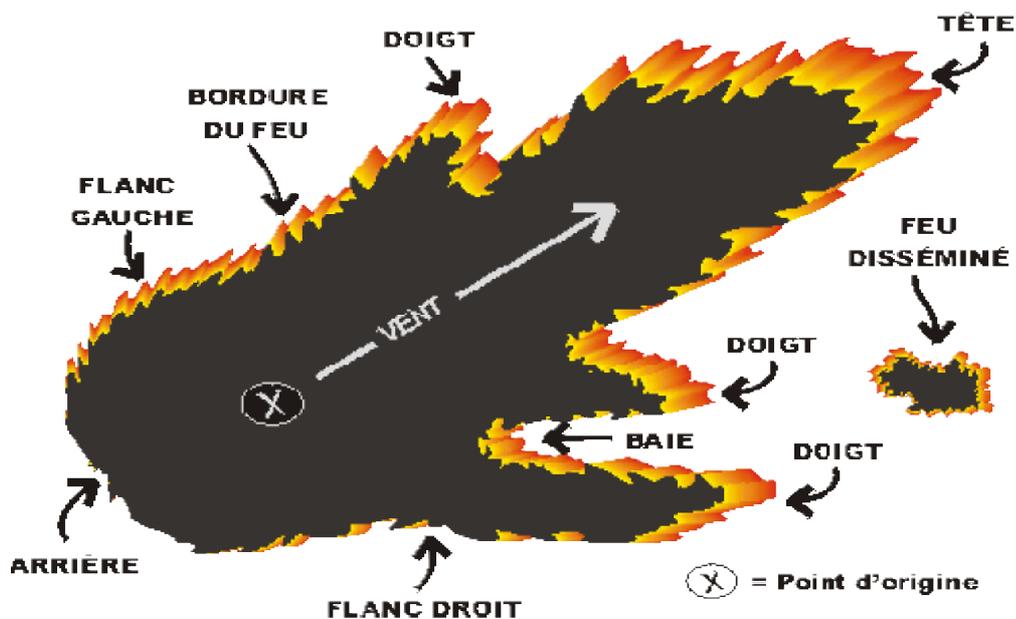


Figure 6- Illustration des principales parties d'un feu de forêt

I.6. Les cycles du brûlage des feux de forêts

I.6.1. Cycle journalier de brûlage

Dans le combat des feux de forêt, les conditions météorologiques sont des facteurs importants qui influencent le comportement d'un incendie. Au cours d'une même journée, la température, l'humidité relative et le vent varient. Le cycle journalier de brûlage tient compte de ces

changements. On y retrouve quatre périodes pendant lesquelles l'incendie peut augmenter ou diminuer d'intensité.

1. Dans la partie du cycle de brûlage qui se situe entre 13h 00 et 18h 00, le feu brûle avec une intensité maximale. La température est à son plus haut niveau, tandis que l'humidité relative est à son plus bas. Cette période est critique et le combat de l'incendie est toujours plus difficile.
2. Entre 18h 00 et 4h 00, le feu diminue graduellement d'intensité. Les combustibles absorbent l'humidité relative qui augmente dans l'atmosphère. En général, les vents sont plus calmes et la température va en décroissant. L'incendie est alors plus facile à maîtriser.
3. Dans la période de 4h 00 à 9h 00, le feu est calme. L'humidité relative est à son plus haut. C'est la période idéale pour combattre l'incendie, car le travail effectué est très efficace.
4. De 9h 00 à 13h 00, le feu augmente d'intensité à mesure que les conditions atmosphériques progressent. Cette période est marquée par l'intensification de la combustion et les difficultés de combat s'accroissent.

I.6.2. Cycle saisonnier de brûlage

En début de saison le feu ne brûle que les combustibles de surface. La terre froide, gelée par endroit, contient beaucoup d'humidité. Au fur et à mesure qu'on avance en saison, les températures augmentent et le feu brûle avec plus d'intensité pouvant monter jusqu'à la cime des arbres. Le feu s'attaque aux combustibles de profondeur et par période de sécheresse, brûle l'humus jusqu'au sol minéral. A la fin de l'été, lorsque les journées d'ensoleillement sont plus courtes et que les températures baissent, on assiste au processus inverse.

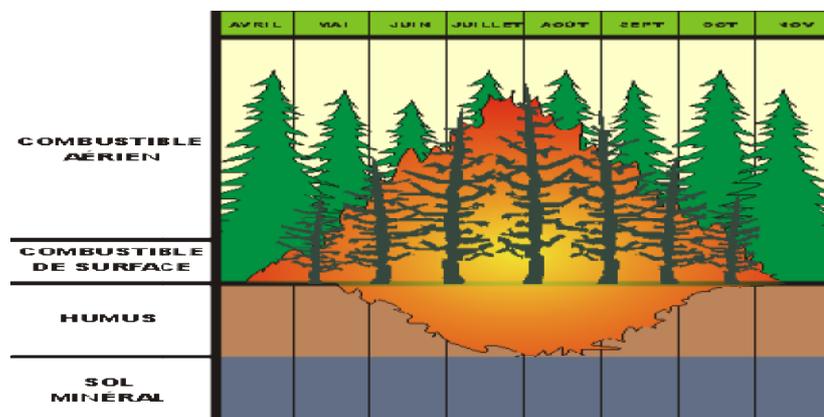


Figure 7- Illustration du cycle saisonnier

I.7. L'environnement du feu de forêt

Le comportement d'un incendie forestier est régi par un certain nombre de facteurs dont les influences s'opposent ou s'additionnent; les facteurs déterminants en sont les facteurs météorologiques et climatiques, la topographie ainsi que les combustibles; ces diverses variables constituent ce qu'on appellera **l'environnement du feu (Countryman, 1972)**.

I.7.1. Facteurs météorologiques

Certains facteurs météorologiques influencent grandement le comportement du feu. Il est important de bien comprendre leur interaction. Ces facteurs sont : la température, le vent, l'humidité relative ainsi que les précipitations.

- **La température**

L'influence de la température sur l'état des combustibles est soit indirecte par l'action exercée sur le contenu en humidité de l'atmosphère, soit directe par le réchauffement ou le refroidissement des matériaux. La principale source de chaleur est l'énergie solaire. De ce fait, la température des combustibles et du sol est étroitement liée aux radiations solaires. Les combustibles exposés au soleil se réchauffent plus vite que ceux sous couvert forestier. Il peut y avoir jusqu'à 10°C de différence entre la température d'un combustible au soleil et celle d'un combustible à l'ombre. L'élévation de la température des combustibles facilite l'allumage et la combustion puisqu'elle nécessite moins d'apport d'énergie externe pour rendre le combustible au point d'ignition.

- **Le vent**

C'est un facteur très important en ce qui a trait au comportement du feu. En effet, il augmente la combustion et la propagation en augmentant l'apport en oxygène, en réchauffant davantage les combustibles à l'avant du feu sous l'effet de l'advection, en influençant la direction de propagation du feu, en asséchant les combustibles, en transportant des étincelles ou autres matières enflammées sur de grandes distances, causant ainsi des feux disséminés.

- **L'humidité relative**

L'humidité relative de l'air indique la proportion entre la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air et la capacité d'absorption de l'air à une température donnée.

Elle exprime le pourcentage de saturation en eau de l'atmosphère et varie avec la température de l'air. Quand l'air est complètement saturé, son humidité relative est de 100%. On observe alors la condensation de la vapeur d'eau sous forme de pluie ou autrement. Lorsque l'air est saturé au quart ou à la moitié de sa capacité, son humidité relative n'est plus que de 25 ou 50%; l'air agit alors comme une éponge et absorbe l'humidité contenue dans les combustibles et dans le sol. Si le contenu en humidité de l'air est voisin du point de saturation, les combustibles subissent l'influence de l'atmosphère et s'humidifient. Les modifications que connaît le niveau d'humidité relative exercent des effets importants sur les combustibles. Les variations d'humidité relative s'effectuent rapidement dans le petit combustible.

- **Les précipitations**

Les précipitations atmosphériques exercent un effet direct et rapide sur le contenu en humidité des combustibles. Cet effet variera avec la quantité mais aussi avec la durée des précipitations. Une précipitation de quelques minutes suffira à mouiller les petits combustibles si la quantité d'eau tombée est suffisante. Il faudra une précipitation de plusieurs heures pour saturer l'humus et les combustibles de diamètre moyen (0,6 à 5 cm). Après une longue période de sécheresse, il faudra plusieurs heures de précipitations pour atteindre les couches inférieures de la tourbe et les combustibles de surface de fort diamètre (plus de 5 cm). Les précipitations sont favorables pour l'extinction des incendies puisqu'elles diminuent les dangers de feu, en plus de refroidir et d'humidifier les corps en combustion.

I.7.2. Les facteurs topographiques

La topographie joue, elle aussi, un rôle de premier plan dans le comportement des incendies de forêt, en influençant la forme et la vitesse de propagation des incendies. En général, l'influence de la topographie varie selon : l'inclinaison des pentes, leur exposition au soleil, l'altitude et la forme du terrain. Contrairement aux agents atmosphériques, la topographie est un facteur constant, il est donc plus facile de déterminer ou de prévoir son influence.

- **L'inclinaison de la pente**

L'inclinaison d'une pente peut être exprimée sous forme de degrés par rapport à l'horizon ou en pourcentage, donnant le rapport entre la distance verticale et la distance horizontale d'une pente. Il est facile de comprendre que plus la pente est abrupte, plus la colonne de convection qui s'élève verticalement d'un foyer est proche

des combustibles situés en amont du feu. Ceux-ci se dessèchent alors plus facilement et prennent feu rapidement sous l'action de la chaleur émise par convection et par radiation. Le feu se propage donc plus vite et brûle avec plus de d'intensité vers le haut des pentes abruptes que sur les terrains plats. Inversement, le feu brûle plus lentement et avec moins d'intensité en descendant une pente qu'en terrain plat.

À cause de l'inclinaison des pentes, des matériaux en combustion peuvent également glisser ou rouler vers le bas et ainsi allumer de nouveaux foyers d'incendie.

- **L'exposition de la pente**

L'exposition affecte la quantité de chaleur reçue par les combustibles. Les expositions sud et sud-ouest reçoivent une plus grande quantité de rayonnement solaire augmentant ainsi la température et diminuant l'humidité relative, ce qui contribue à assécher considérablement le combustible en place. L'exposition agira également sur les vents locaux résultant de différences thermiques entre deux régions ou expositions, et ce, tant le jour que la nuit (brise de montagne et de vallée).

- **L'élévation du terrain**

De façon générale, les températures seront plus élevées et l'humidité relative plus basse dans les vallées et bas de pentes qu'en altitude. En contrepartie les vents ont tendance à être plus forts au fur et à mesure où l'on s'élève en altitude. La formation d'une ceinture thermique résulte directement des variations météorologiques en altitude la nuit. À ce moment, l'air plus froid et plus lourd s'écoule le long des pentes pour atteindre le fond de la vallée; cet air plus lourd soulève en altitude l'air chaud qui se trouvait au fond de la vallée. On observe alors au-dessus de l'air froid et dense situé au fond de la vallée, une couche d'air relativement plus chaude et sèche. C'est ce qu'on appelle une inversion nocturne. La jonction de l'inversion nocturne et de la pente se nomme ceinture thermique. C'est l'endroit le long d'une pente où l'on retrouvera les températures les plus élevées, les humidités relatives les plus basses et les meilleures conditions de brûlage la nuit.

- **La forme du terrain**

La forme du terrain a de nombreuses incidences sur le vent en modifiant l'écoulement de l'air en fonction de barrières physiques. On observe divers phénomènes tels que la création de tourbillons (vortex) à l'arrière d'un obstacle, l'effet d'accélération du vent à la sortie d'un étranglement entre deux obstacles (effet d'entonnoir), des changements

de direction et de vitesse entre deux obstacles (effet de vallée), ainsi que l'effet de cheminée lorsque le vent frappe un cul-de-sac au fond d'une vallée et autres.

I.8. Les facteurs de déclenchement

Deux types de facteurs conditionnent le déclenchement des incendies de forêt.

▪ Les facteurs naturels

- ❖ **Facteurs liés aux conditions du milieu**, c'est-à-dire aux conditions météorologiques auxquelles le site sensible est exposé. De forts vents accélèrent le dessèchement des sols et des végétaux et favorisent la dispersion d'éléments incandescents lors d'un incendie. La chaleur dessèche les végétaux par évaporation et peut provoquer la libération d'essences volatiles, à l'origine de la propagation des flammes. Enfin la foudre est à l'origine de 4 à 7 % des départs de feux.
- ❖ **Facteurs liés à l'état de la végétation**, au regard de sa teneur en eau, de l'entretien général de la forêt, de la disposition des différentes strates arborées et des types d'essence d'arbres présents. Parmi les essences d'arbres, on distingue:
 - ☞ **les pyrophiles**, sensibles au feu, comme le pin sylvestre, la bruyère ou le ciste de Montpellier;
 - ☞ **les pyrorésistantes**, capables de résister aux incendies, comme la bruyère arborescente, le pin d'Alep, le chêne vert, le châtaigner ou le chêne liège.

▪ Les facteurs anthropiques

Ils jouent un rôle prépondérant, car ils sont à l'origine du déclenchement des incendies de forêt dans 70 à 80 % des cas. Ils sont regroupés en cinq catégories : les causes accidentelles, les imprudences, les travaux agricoles et forestiers, la malveillance et les loisirs.

I.9. Les processus de formation et d'évolution

I.9.1. Les conditions de formation

Certaines formations végétales, comme les landes, le maquis et la garrigue, sont plus sujettes que d'autres au feu. Cette prédisposition s'explique par leur différence de composition

(principalement la teneur en eau), mais aussi par les conditions climatiques auxquelles elles sont soumises.

La période de l'année la plus propice aux feux de forêt est l'été. Les effets conjugués de la sécheresse, d'une faible teneur en eau des sols et parfois la présence d'une population touristique peu sensibilisée au danger, peuvent en effet favoriser l'écllosion d'incendies. Dans les zones les plus propices, des conditions météorologiques particulières (année de sécheresse, accumulation d'arbres au sol après une tempête) peuvent également engendrer, en toute période de l'année, des situations favorables aux départs de feux.

I.9.2. L'écllosion

Selon le type de combustible, les conditions environnantes et le type de facteur à l'origine du déclenchement (naturel ou humain), l'écllosion d'un feu peut être très soudaine ou incubé plusieurs jours. L'inflammabilité des végétaux est leur propriété à s'enflammer lorsqu'ils sont exposés à une source de chaleur. Elle varie fortement en fonction de la période de l'année, des conditions climatiques, de l'état de la végétation et de l'intervention humaine.

I.9.3. Les étages de la végétation

1 - La litière: très inflammable, elle est à l'origine d'un grand nombre de départs de feux, difficiles à détecter, car se consumant lentement.

2 - La strate herbacée: d'une grande inflammabilité, le vent peut y propager le feu sur de grandes superficies.

3 - La strate des ligneux bas (maquis, garrigue): d'inflammabilité moyenne, elle transmet rapidement le feu aux strates supérieures.

4 - La strate des ligneux hauts: rarement à l'origine d'un feu, elle permet cependant la propagation des flammes lorsqu'elle est atteinte; ce sont les feux de cimes. (fig.8).

A



1-la litière

2- Les strates herbacées

3. Les strates des ligneux bas

4.La strate des ligneux hauts

B

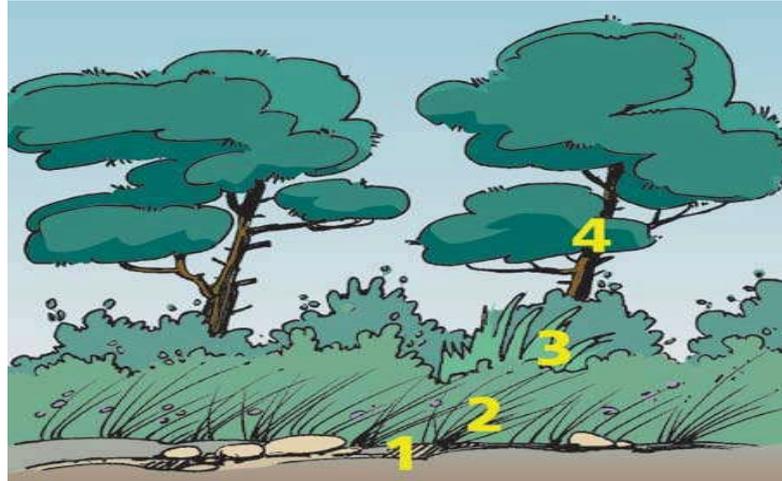


Figure 8- A et B Illustration des différents étages de végétation au niveau d'une forêt

I.10. La propagation du feu de forêts

I.10.1. Mécanisme (fig.9)

Le schéma le plus général de la propagation d'incendie de forêts est le suivant: le feu de forêt commence à se développer au niveau de la litière tout en étant très modérée et facile à atteindre. Il prend de l'ampleur lorsqu'il atteint le stade des broussailles.

La hauteur des flammes atteignant 1.5 à 3 fois la hauteur de la strate de 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 embrasser si la broussaille est suffisamment dense ou si les branches basses des lichens ou des écoulements de résine font relais.

Il est exceptionnel que le feu puisse se transmettre de cime en cime sur une distance supérieure à quelques dizaines de mètres. Cependant dans un peuplement dense situé sur une pente forte (plus de 60%) les flammes couchées par le vent peuvent embrasser directement les cimes des arbres situés plus hauts et le feu peut progresser de cime en cime. En revanche, les matières en ignition emportées par les courants de convection peuvent retomber au sol plusieurs centaines de mètres en avant du front de feu et enflammer la litière: le feu semble progresser par bonds (Trabaud, 1983).

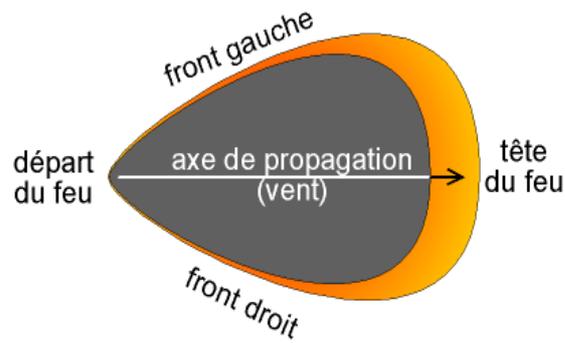


Figure 9- Schématisation de la propagation du feu

I.10.2. Les modes de propagation

La chaleur émise par un corps en combustion ou par un incendie forestier se transmet par convection, radiation et conduction (**Gouvernement du Québec, 1981**). En empruntant simultanément ces modes de transmission de la chaleur, les incendies se propagent par l'assèchement et le réchauffement des combustibles avant de les enflammer (**Guerbah, 1992**).

I.10.2.1 La convection

Elle désigne le mouvement ascendant de l'air chaud au-dessus d'une source de chaleur. Environ 85 % de l'énergie produite par un incendie est transmise par convection (**Sanberg et al., 1979**). L'air chaud qui s'élève dans l'atmosphère est remplacé par de l'air frais à la base des flammes. Le mouvement ascendant de l'air est à l'origine de la formation de la colonne de convection, responsable de l'ignition des feux de cimes. Lorsque la vitesse du vent parvient à infléchir la colonne de convection, la propagation de l'incendie s'accélère, car les combustibles situés en avant du feu s'assèchent plus rapidement (**Gouvernement du Québec, 1981**).

I.10.2.2. La conduction

Elle désigne la transmission de la chaleur à travers les combustibles plutôt que dans l'atmosphère. Les combustibles forestiers sont de mauvais conducteurs de chaleur; généralement moins de 5% de l'énergie dégagée par un incendie est transmise par conduction (**Guerbah, 1992**). Même si elle ne contribue pas de façon significative à la propagation des feux de surface, la conduction peut être à l'origine d'un feu de profondeur où le complexe combustible s'y prête (**Gouvernement du Québec, 1981**).

Certains auteurs mentionnent le transport de tisons (*dissémination*) comme mode de propagation de la chaleur. Bien qu'il permette la propagation d'un incendie, il semble plus opportun de considérer qu'il s'agit plutôt d'un nouvel allumage à partir d'une nouvelle source plutôt que par transfert de chaleur.

I.10.2.3. La radiation

Elle correspond au mode de propagation de l'énergie sous forme d'ondes infrarouges. Elle représente de 10 à 15% de l'énergie totale dégagée par un incendie (**Sanberg et al., 1979**). C'est le principal mode de propagation des incendies; la quantité émise par rayonnement augmente rapidement avec la température de l'objet en ignition.

Le flux de rayonnement émis par une source ponctuelle et reçu par une surface donnée, est inversement proportionnel au carré de la distance de cette surface à la source. En pratique; le rayonnement est extrêmement intense à proximité immédiate de feu. C'est surtout le rayonnement à courte distance qui cause le dessèchement et l'élévation de température du combustible en avant du front de feu et assure la progression de celui-ci à une vitesse qui reste toujours constante en absence du vent.

I.11. Les facteurs agissant sur la propagation

Lorsqu'un feu éclate, il n'est pas nécessairement dangereux, car son impact va dépendre de son intensité et de sa surface d'extension. La propagation de l'incendie va être le plus souvent déterminée par des facteurs **naturels**, mais des facteurs **anthropiques** peuvent intervenir.

I.11.1. Les facteurs naturels

I.11.1.1. La structure et la composition de la végétation

Le terme de combustibilité caractérise l'aptitude de la végétation à propager le feu en se consumant. Lors de la combustion, des quantités de chaleur plus ou moins importantes vont être libérées, selon la structure de la forêt et des essences végétales présentes.

I.11.1.2. Le vent

Il agit de plusieurs manières. Il apporte de l'oxygène, activant ainsi la combustion, il rabat les flammes sur la végétation, il modifie la direction du feu et il transporte des particules incandescentes.

I.11.1.3. Le relief

La pente conditionne l'inclinaison des flammes par rapport au sol et ainsi leur vitesse de propagation. L'exposition a également un rôle indirect sur la progression du feu, car elle conditionne le type de végétation, l'influence des vents et l'ensoleillement. Généralement, les

versants sud et sud-ouest présentent les conditions les plus favorables pour une inflammation rapide et pour la propagation des flammes.

I.11.2. Les facteurs anthropiques

Certaines actions anthropiques peuvent être des facteurs aggravants de la propagation des incendies. Avec la déprise agricole, de nombreuses zones périphériques des forêts, qui pouvaient servir de zones de coupe feu, ont été colonisées par des formations végétales, tels que friches, landes, garrigues et maquis. Cette extension des surfaces forestières correspond à une moyenne annuelle de 30 000 hectares, sur les 15 millions que compte le territoire national. La situation a été aggravée par la diminution des prélèvements en forêt et un mauvais entretien, qui ont conjointement conduit à la présence de bois morts dans les forêts et au développement des sous bois. Ainsi, le risque de voir se propager des incendies de grande ampleur a été considérablement accru.

Quels qu'en soient les facteurs, la propagation d'un incendie se décompose en quatre étapes. Tout d'abord il y a combustion du matériel végétal, d'où émission de chaleur, puis celle-ci est transférée vers le combustible situé à l'avant du front de flammes. Dans cette zone, les végétaux absorbent la chaleur et s'enflamment.

I.11.3. Le rôle du vent et du relief

En végétation homogène, et absence de vent et sur terrain plat le feu développe un front circulaire dont le rayon croît lentement à 100 mètres à l'heure environ. (fig.5a).

S'il y a du vent, la forme s'allonge en ellipse d'autant plus pointue que le vent est fort (fig.5c). Par vent fort, le feu prend la forme d'une pointe qui s'avance rapidement. Mais, 1.5 à 3 km/h sont des vitesses rarement dépassées.

En pratique la végétation n'est jamais homogène et le vent jamais constant. Aussi, le front du feu avance en général de manière saccadée, il y a alternance de **phases d'accalmie**, pendant lesquelles le feu progresse peu, mais dessèche la végétation en avant du front, et de **phases d'embrassement** de la végétation ainsi desséchée. Des ruptures importantes dans la continuité du matériau combustible allongent la durée des accalmies et permettent les interventions.

Sur un terrain accidenté, il peut y avoir plusieurs pointes de feu, correspondant aux courants que le relief impose au vent. «Les sauts du feu » accélèrent la propagation. (figure10).

Lorsque le feu dure longtemps (plusieurs jours) des modifications de la direction générale du vent peuvent lui donner des formes très complexes.

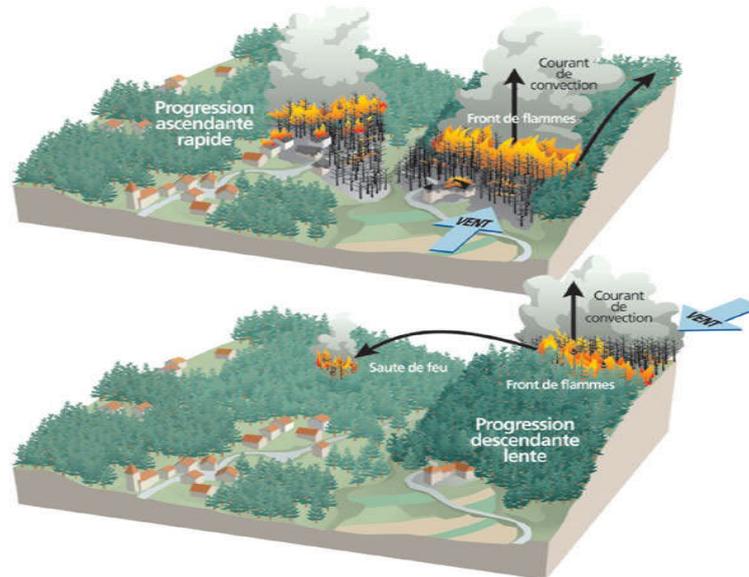


Figure 10- Illustration de rôle du vent et du relief dans la propagation du feu

I.12. Les causes des incendies

Les causes des feux de forêts sont classées de la plus importante à la moins importante:

- les activités de loisir (30%);
- les habitants qui jouent avec le feu (24%);
- la foudre (22%);
- les opérations industrielles (9%);
- les opérations forestières (7%);
- les incendiaires (5%).

I.12.1. Les incendies accidentels d'origine agricole

Ecobuages, débroussailllements par le feu, décalaminages incandescents des pots d'échappement d'engins agricoles ou forestiers peuvent être considérés comme étant la première cause des incendies. En tous les cas, à l'intérieur des terres en zone rurale.

I.12.2. Les incendies accidentels d'origines diverses

Les décharges d'ordures sauvages ou contrôlées, la pratique du 4x4 et du motocross dans des endroits non ouverts à la circulation (décalaminages incandescents, chaleurs excessives des

pots catalytiques), jets de cigarettes notamment en bordure de route et d'autoroutes, blocages de freins de train, courts-circuits électriques, foudre, activités de loisir, campings sauvages, barbecues, feux de camps, etc.

I.12.3. La déprise agricole et forestière

Des terrains de culture abandonnés laissant la place aux garrigues, broussailles et maquis ne sont plus entretenus et sont vecteurs de feux vers la forêt. Les forêts méditerranéennes sont difficilement rentables, leur exploitation est abandonnée progressivement. Qui aujourd'hui veut replanter des arbres qui ne seront rentables que dans une trentaine d'années?

Malheureusement, il n'est pas rare que certains propriétaires laissent brûler plus ou moins volontairement leur forêt afin de récupérer des terres de culture ou de pacage. Les opérations immobilières qui furent longtemps décriées ne sont aujourd'hui que très marginales dans les causes des incendies de forêts.

I.12.4. Les incendies criminels

Bien que moins nombreux que l'on puisse le penser, ce sont ceux qui font le plus de dégâts.

I.12.4.1. Les pyromanes

La pyromanie est une maladie où du moins considérée comme telle par les psychiatres. Elle regroupe des individus de toutes conditions sociales qui, fascinés par les feux n'hésitent pas à les allumer. Le fait de pouvoir avec une simple allumette faire des dégâts considérables apporte à ces personnes un sentiment de puissance dont ils sont souvent dépourvus dans leur vie quotidienne. Individus, qui petit à petit acquièrent une science du feu qui leur permet de déjouer les initiatives de prévention et de surveillance. Le pyromane que rien ne distingue dans sa vie de tous les jours agit seul. D'autres personnes, fascinées par le déplacement des secours peuvent être rangées dans cette catégorie.

I.12.4.2. L'incendiaire criminel

Il allume des incendies dans le but de nuire, cela peut être par vengeance (problèmes de voisinage, chasse, droits de passage) soit par délinquance (problèmes de banlieue) soit par intérêt (opérations immobilière ou pour toucher une assurance).

I.12.4.3. Les incendies terroristes

Mettre le feu a toujours été un moyen de guerre ou de guérilla au même titre que faire exploser ou brûler des voitures, locaux administratifs, etc. Mais ce genre d'actions n'est jamais ou rarement revendiqué.

Il est souvent un moyen d'expression dans des zones socialement défavorisées. Des adolescents en manque de sensations fortes commettent ce genre de méfait. Il s'agit d'un problème de société inquiétant car il touche des individus de plus en plus jeunes qui trouvent là le moyen d'affirmer leur opposition au système qui les entoure.

I.13. Les conséquences des feux

Par ses effets, le feu est un agent de destruction aussi bien pour les hommes et leurs activités, que pour l'environnement.

I.13.1. Les atteintes aux hommes, aux biens et aux activités

Parmi les hommes, les plus touchés sont les sapeurs-pompiers qui payent parfois un lourd tribut en protégeant les forêts et les populations exposées aux incendies. Leur travail est d'ailleurs efficace puisqu'on déplore rarement de victimes de feux de forêt dans la population. Les habitations, et plus particulièrement celles implantées dans les zones forestières, présentent une forte sensibilité aux feux. La destruction de zones d'activités économiques et industrielles, ainsi que des réseaux de communication, entraîne généralement un coût important et des pertes d'exploitation.

I.13.2. Les atteintes à l'environnement

L'impact d'un feu de forêt sur **la faune** et **la flore** est lié à son intensité et à l'intérêt biologique que présentent les espèces concernées. Un incendie a des conséquences immédiates (modification du paysage, disparition d'animaux ou végétaux, parfois appartenant à des espèces rares), mais également à plus long terme, si l'on considère les temps nécessaires à la reconstitution des biotopes. Parmi la faune, les reptiles et animaux rampants sont les plus touchés, car ils ne peuvent fuir les flammes comme les oiseaux et le gibier.

Les conséquences sur **les sols** sont déterminées par la quantité d'humidité qu'ils contiennent et la présence de matières organiques. Ils peuvent être affectés par une perte d'éléments minéraux comme l'azote, mais le principal problème est la dégradation de la couverture végétale. Elle peut être à l'origine d'un accroissement du ruissellement, d'où un risque d'érosion important.

Enfin, **les paysages** subissent d'importantes modifications, soit par l'absence de végétation, soit par la présence de nombreux arbres calcinés. Le reboisement permet de cicatrifier un paysage en reconstituant des masses vertes, mais les ambiances originelles des forêts sont très difficiles à restaurer. Des opérations de reboisement peuvent être envisagées dans une logique de gestion durable. Elles ne sont pas systématiques, mais permettent de reconstituer les paysages en diminuant l'impact visuel, ou d'éviter une érosion des sols. Pour le reboisement, des peuplements moins combustibles, par leur structure et leur composition, sont privilégiés.

I.13.3. Dégâts physiques

Les feux n'affectent pas que les pays chauds, ils sont fréquents en été dans les zones circumpolaires. Les feux sont de plus en plus fréquents et importants en Australie et dans le monde, en dépit de moyens de lutte de plus en plus importants.

On estime que la surface brûlée chaque année est environ.

États-Unis : 17.400 km², soit 0,18% du territoire.

France : 300 km², soit 0,05% du territoire et 0,16% de la forêt.

Espagne : 1570 km², soit 0,31% du territoire.

-**2005** : plus de 1300 km², onze pompiers sont morts le 17 juillet, dans un vaste incendie dans la province de Guadalajara, dans le centre de l'Espagne. Le feu, sans doute dû à la négligence de plusieurs jeunes qui auraient mal éteint leur barbecue, a ravagé plus de 120 km² de forêt.

-**Été 2006** : 175.486 hectares détruits.

Portugal : 426 km², soit 0,46% du territoire (étude menée sur la période 1956-1996 par la FAO).

-**1991** : 1 820 km², soit 2 % du territoire ;

-**2003** : 4 249 km², soit 4,6 % du territoire ; 20 morts ;

-**2004** : 1 205,3 km², soit 1,3 % du territoire ;

Juillet 2005 : 300 km² de végétation sont déjà partis en fumée. Six pompiers sont morts plus de 130 ont été blessés. 416 pyromanes présumés ont été arrêtés depuis le début de l'été.

Italie: d'après un rapport de la FAO, l'Italie a 8.300 feux par an en moyenne (1962-1996) qui brûlent une surface moyenne de 940 km².

-**1993** : 2.300 km², soit 0,76% du territoire

Maroc: d'après les statistiques du service des incendies de forêts une moyenne de 3035 ha est incendiée annuellement.

Algérie: le patrimoine forestier couvrant une superficie de 4,7 millions d'hectares de forêts, de maquis et de broussailles, a été touché, en moyenne 28.000 ha/an, par les feux des forêts durant la dernière décennie.

I.13.4. Dégâts écologiques

Les incendies sont normaux en forêt où ils tuent de nombreux animaux non-volants ou incapables de fuir, mais s'ils sont anormalement fréquents ou violents, ils affectent la capacité de résilience écologique de l'écosystème. Ainsi en Asie du Sud-est, en Afrique et localement en Amérique du Sud, de nombreux feux volontaires contribuent à la déforestation et parfois à la désertification et/ou à des phénomènes graves d'érosion (à Madagascar par exemple).

Il semble de plus être d'importants facteurs de pollutions, méconnues, variant fortement selon le type de forêt, d'incendie et l'humidité des végétaux.

I.13.4.1. Pollution de l'air

Les satellites montrent les panaches d'aérosols denses qui causent une pollution ponctuelle ou chronique jusqu'à plusieurs centaines de km de leur origine. Les analyses détectent dans les fumées des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et des composés organiques volatiles (COV), des goudrons et des suies cancérigènes, d'autant plus que le bois était humide. On a suspecté qu'à proximité des mers (ou après les largages d'eau de mer par des canadais), le chlore issu du sel contribuait à produire des organochlorés toxiques tels que dioxines et furanes. L'Ineris a analysé en 2003 les fumées de quelques feux correspondant à une surface débroussaillée de 4 m², dans une chambre de combustion de 80 m³ surmontée d'une hotte d'extraction des fumées : les émissions de dioxines et furanes étaient en moyenne de 10,5 ng I.TEQ/kg de biomasse brûlée (de 1,0 à 25,9).

Dans cette expérience, ce n'est pas la combustion des végétaux collectés près de la mer, mais celle de ceux qui étaient les plus humides qui a produit le plus de polluants (CO, NO_x et COVT) et d'organochlorés. Par contre les végétaux très secs s'ils émettaient bien moins de CO et COVT en brûlant, produisaient beaucoup plus de NO_x. Mais il ne s'agissait pas d'arbres vivants, et les températures n'ont pas atteint celles des grands incendies.

I.13.4.2. Métaux lourds et radioactivité

La combustion d'arbres ayant bioaccumulé des métaux lourds ou des radionucléides (par exemple après les essais nucléaires dans l'atmosphère ou après le passage du nuage radioactif émis lors de la catastrophe de Tchernobyl, suite aux essais nucléaires dans l'atmosphère ou ayant poussé sur des sols naturellement radioactifs est source de pollutions métalliques. Le plomb (répandu en forêt suite à son usage dans les munitions de chasse et de guerre), ainsi que le mercure sont particulièrement volatiles à des températures très inférieures à celles atteintes par les feux de forêts.

I.13.4.3. Pollution photochimique

Les gaz émis interagissent avec les rayons UV solaires pour produire une pollution dite *photochimique*

I.13.4.4. Gaz à effet de serre

Les incendies de forêt rejettent de grandes quantités de gaz carbonique, puissant gaz à effet de serre. De plus, l'incendie favorise le lessivage de la matière organique des sols qui étaient une partie du puits de carbone forestier. Cependant, si la combustion a été lente (en zone humide et pluvieuse), les charbons de bois, incorporés au sol contribueront provisoirement à adsorber et stabiliser certains toxiques, le temps qu'ils soient dégradés par les microbes et champignons du sol, ce qui favorise la restauration du substrat. Ce charbon de bois pourraient ainsi avoir joué un rôle dans certains sols tropicaux pauvres où l'apparition d'un sol anormalement riche et productif. Des incendies trop fréquents peuvent sélectionner certaines espèces résistantes au feu et une moindre restauration des sols.

En 2007, hormis parfois le CO₂ en tant que gaz à effet de serre, ces polluants ne sont toujours pas comptabilisés dans les cadastres et inventaires nationaux (Pourtant, rien qu'en métropole française, de 1980 à 2000, ce sont 5218 feux de forêt par an et 30738 hectares brûlés par an qui ont été sources d'une pollution de l'air non mesurée ni évaluée.

Partie. I

Chapitre II. Notion sur le liège

II.1.Histoire du liège

Tout au long de l'Histoire, on retrouve beaucoup de références au liège et à ses différentes applications. Dans les **années 3000 a. JC**, le liège était déjà utilisé en Chine, en Egypte, en Babilonie et dans toute la Perse ; il servait à fabriquer des équipements et autres éléments employés dans l'art de la pêche. En Italie, les plus anciens vestiges datent du **IV^{ème} siècle a. J.C**, on a trouvé des objets fabriqués en liège tels que bouées, bondes pour obturer les barriques, chaussures de femme et morceaux de toitures de maisons. De cette époque, datent aussi les premières références faites au chêne-liège et dont l'auteur est le philosophe grec Théophraste qui, dans ses *Traité sur la Botanique*, réfère, émerveillé, « la faculté que cet arbre (le chêne-liège) a de renouveler l'écorce quand celle-ci lui est retirée ». Vin et liège sont deux produits qui depuis tout temps se complètent. Ainsi le prouve une amphore datée du 1^{er} siècle avant J.C. et qui a été trouvée à Éphèse : en plus d'être obturée avec un bouchon de liège, l'amphore contenait encore du vin. Plus tard, déjà au 1^{er} siècle de notre ère, le célèbre naturaliste Pline (de l'époque gréco-romaine) fait une longue référence au chêne-liège dans son *Histoire Naturelle*. Il explique qu'en Grèce cet arbre était adoré comme symbole de la liberté et de l'honneur, raison pour laquelle il était seulement permis aux prêtres de les couper. Dans ce même ouvrage de Pline, on peut lire que le chêne-liège était normalement consacré au Dieu Jupiter de l'Olympe, et que ses feuilles et ses branches servaient pour couronner les athlètes vainqueurs. Déjà dans la ville de Pompée, la cité détruite par l'irruption du Vésuve, on a trouvé des amphores de vins bouchées avec du liège. Le Portugal peut être fier d'avoir été pionnier en matière de législation environnementale, car les premières lois agricoles qui protègent les forêts de chêne-liège sont parues au début du **XIII^{ème} siècle**, en 1209. Plus tard, durant le temps des Découvertes (XV^{ème} et XVI^{ème} siècles), les constructeurs des caravelles et bateaux portugais, partis à la découverte de nouveaux mondes, utilisaient le bois de chêne liège dans la fabrication des structures exposées aux intempéries. Ils défendaient que le bois de «sôvaro» (comme était connu le chêne-liège dans ces temps reculés) était le meilleur bois pour fabriquer ces géants de la mer : en plus d'être résistant, ce bois ne pourrissait pas. Au **XVIII^{ème} siècle**, en Angleterre, le physicien Robert Hooke obtenait la première image du liège vu au microscope, machine que lui même avait inventée. En ce même siècle, en France,

le moine bénédictin Dom Pierre Pérignon, trésorier de l'Abbaye de Hautvillers, s'initiait dans l'usage du liège. Ce moine a commencé à cette époque à utiliser le bouchon en liège pour boucher le fameux vin de Champagne. Ce choix pour le liège a perduré au fil des années et des siècles, jusqu'à notre temps. Mais l'exploitation systématique des grandes étendues de subéraies, qui caractérisent la Péninsule Ibérique et qui existent encore en Catalogne et au Portugal, ne commence à s'implanter qu'à partir du **XVIII^{ème} siècle**, lorsque la production de bouchons de liège devient l'objectif principal. C'est aussi à cette époque que surgissent les premiers travaux concernant la constitution chimique du liège, développés par le chimiste italien Brugnatelli, et qu'est publié un texte abrégé sur la subériculture (manuel qui compile plusieurs articles sur la culture des arbres de la famille *Suber*). Le texte «*Chênes-verts, chênes-liège et chênes de Province de Alem-Tejo*», est publié en 1790, et signé par un portugais, Joaquim Sequeira. Durant le **XIX^{ème} siècle**, la France, l'Italie et la Tunisie décident d'adhérer à l'exploitation systématique des subéraies et des pays tellement différents tels que la Russie ou les États-Unis commencent à investir dans la plantation de chênes liège. Ce siècle sera marqué par un énorme progrès industriel du secteur bouchonnier: au Royaume-Uni, on identifie la première machine patentée qui fabrique des bouchons. C'est durant ce siècle que surgissent les nouveaux équipements auxiliaires tels que machines pour compter et calibrer les bouchons et, pour la première fois, l'industrie donne au liège de nouveaux usages et de nouvelles applications, avec la production de Déjà dans les dernières années du 19^{ème} siècle, à Reims, en France, on commence à fabriquer des bouchons constituées de deux pièces en liège naturel collées entre elles. Au XX^{ème} siècle, l'industrie du liège des différents pays producteurs investit de plus en plus dans des méthodologies et processus innovateurs, et lance sur le marché différents produits. Dès 1903, on voit apparaître sur le marché des bouchons innovateurs composés d'un corps en liège aggloméré et avec à chaque extrémité, une rondelle de liège naturel. Quelques années plus tard, sont déposées les patentes pour l'utilisation de liège dans les courroies de transmission et dans les pneus des automobiles ; durant la Seconde Guerre Mondiale, ce matériau commence à être employé dans de multiples équipements militaires. Dans les années cinquante, une société américaine produit les premières dalles de liège aggloméré pour revêtement des sols, couvertes d'une pellicule vinylique. Déjà durant les dernières décennies du siècle passe, plusieurs initiatives sont mises en place en vue de développer les études de Recherche et Développement et à définir les normes internationales pour l'industrie du liège.

Parmi les institutions qui ont un rôle important dans ce domaine, nous avons la **Confédération Européenne du Liège (C.E.Liège)**, qui a été fondée en **1987**. Cette confédération regroupe 5 pays membres actifs dans l'industrie du Liège (Espagne, France, Grande Bretagne, Italie et Portugal- pays producteurs de liège, pays transformateurs de liège et de bouchons et pays de mise en marché des produits en liège) représentés par les fédérations de leurs pays. Elle compte également parmi ses membres associés, deux associations de producteurs de liège et fabricants de bouchons, une au Maroc et l'autre en Algérie, de même qu'avec une association aux E.U.A., représentant les commerçants et distributeurs de produits en liège.

La Confédération Européenne du Liège est responsable pour l'élaboration du « **Code International des Pratiques Bouchonnières** », présenté publiquement en 1996, document essentiel qui établit les bonnes règles des processus industriels de préparation des planches de liège et de fabrication des bouchons. Ce manuel de référence de l'industrie est régulièrement mis à jour, pour répondre de forme adéquate aux exigences croissantes des marchés ; il est à sa 5ème édition et une prochaine édition du texte révisé est prévue pour 2010.

II.2. Définition

Le liège est l'écorce du chêne-liège (*Quercus Suber* L), un arbre noble possédant des caractéristiques très spéciales qui croît dans les pays qui entourent le bassin méditerranéen (Espagne, Italie, France, Maroc, Algérie et Portugal), où il est apparu il y a plus de 60 millions d'années

Le liège est un produit végétal tiré du tissu phellogène ou de l'assise subéreuse (**Robbins, et al, 1958**). Il est formé de cellules mortes aux parois subérifiées. Il protège les parties vivantes du tronc et des branches de l'arbre. Il existe en quantité limitée dans de nombreuses espèces, et il n'y a qu'une seule essence qui fournit une quantité telle, qu'elle justifie le nom qu'elle porte « *Quercus suber*, le chêne liège » (**Font Quercus, 1977**) originaire des terres bordant le bassin méditerranéen proche du hêtre et du châtaigner.



Figure 11- Le Chêne liège dans le monde

II.3. La formation du liège

La croissance en diamètre de la tige de chêne liège résulte de deux assises génératrices de cellules, dont une que l'on nomme « phelloderme, mère de liège » ou plus scientifiquement « assise subéro-phellodermique », située entre le liège et le suber.

L'assise subéro-phellodermique produit vers l'extérieur le liège et vers l'intérieur le phelloderme, l'assise libéro-ligneuse (aussi appelée cambium) produit quant à elle vers l'extérieur le liber (chargé de transporter la sève élaborée) et vers l'intérieur le xylème ou bois (chargé du transport de la sève brute). (figure12)

Après un écorçage, la mère ainsi découverte se dessèche en partie pour former une croûte et reforme plus en profondeur par différenciation des cellules du liber.

Remarque : Dans l'ancien temps, la mère était récoltée sur les vieux individus arrivés au terme de leur cycle d'exploitation pour en retirer le tan (servant au tannage des peaux)



Figure12 - Formation du liège

II.4. Composition du liège

Il n'est jamais superflu de rappeler les propriétés uniques du liège qu'aucun autre produit, qu'il soit naturel ou artificiel, n'a jusqu'à nos jours pu égaler :

- léger,
- imperméable aux liquides et aux gaz,
- élastique et compressible,
- excellent isolant thermique et acoustique,
- incombustible,
- très résistante à la friction.

Ces multiples qualités du liège s'expliquent quand on étudie la composition exacte de ce matériau très spécial. Le liège est en fait un tissu végétal composé de micro cellules, ayant en général une forme polyédrique. Dans un centimètre cube de liège, on compte ainsi près de

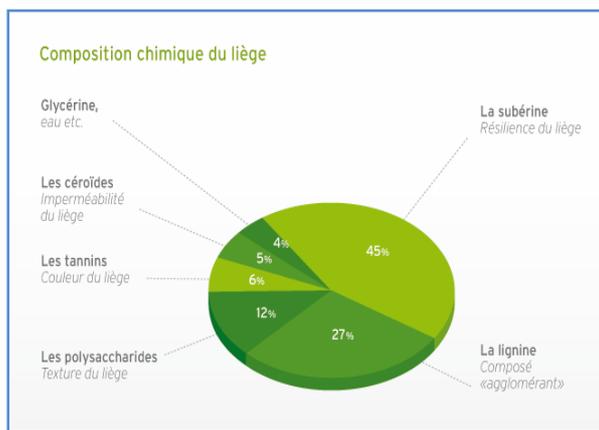
40 millions de cellules. Les espaces intercellulaires sont remplis d'un mélange gazeux, identique à celui de l'air. Les caractéristiques spéciales du liège sont ainsi dues à la structure alvéolaire du tissu subéreux et à la nature de ses membranes cellulaires. L'analyse de la composition chimique de ce matériau permet d'identifier les différents composés et leur proportion en taux moyen (**M. Guillemonat, 1960**) :

- Subérine (45%) - Composant principal des parois des cellules du liège, responsable de son élasticité.
- Lignine (27%) - Élément qui contribue à la liaison entre les divers composants.
- Polysaccharides (12%) - Composants des parois des cellules du liège qui contribuent à la définition de sa texture.
- Tanins (6%) - Composés qui déterminent la couleur.
- Cireux (5%) - Composés hydrophobes qui assurent de l'imperméabilité.
- Divers (5%) - Minéraux, eau, glycérine et autres.

On constate ainsi que la composante principale du liège est la subérine, un mélange d'acides organiques à partir duquel se forment les parois de ses cellules, en empêchant le passage d'eau et de gaz. Les propriétés de la subérine sont uniques, car c'est un composant insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, le chloroforme, l'acide sulfurique concentré, etc...

Chaque cellule de cette trame a la forme d'un prisme minuscule, pentagonal ou hexagonal, dont l'hauteur ne dépasse pas les 40 à 50 micromètres (un micromètre = millième d'un millimètre). Les cellules plus petites mesurent 20 ou même 10 micromètres. Qu'elles soient grandes ou plus petites, toutes ces cellules sont gorgées d'un mélange de gaz qui ressemble à l'air. Une planche de liège contient environ 60% d'éléments gazeux, ce qui explique son

extraordinaire légèreté. Cet aggloméré de petites alvéoles est responsable de la compressibilité inégalable du liège. Simultanément, grâce à l'imperméabilité que la subérine donne aux parois de la cellule du liège, celle-ci devient hermétique. Le gaz qu'elle contient ne peut en ressortir, ce qui explique l'élasticité et la mauvaise conductibilité thermique du tissu subéreux.



Figur13- La composition chimique du liège

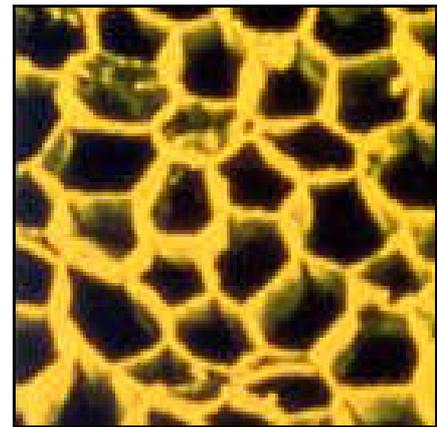


Figure14- Microparticules de liège

II.5.Types de liège

On distingue le **liège mâle** du **liège femelle** (figure15)

Le liège qui se développe naturellement sur le tronc et les branches de l'arbre est appelé **liège mâle**. Il est susceptible d'atteindre une forte épaisseur (jusqu'à 25 ou 30 centimètres sur de très vieux individus jamais exploités), mais il se crevasse fortement en vieillissant, devient compact, siliceux, dépourvu d'élasticité, ce qui ne permet pas de l'utiliser pour fabriquer des bouchons. Ce liège doit être destiné à la trituration et n'a donc que peu voire pas de valeur.

Il peut être retiré de l'arbre lorsque, ce dernier a atteint une circonférence d'environ 70 centimètres à 1,30 mètres du sol, c'est à dire à un âge compris entre 30 et 40 ans, lors de l'opération appelée démasclage. Se développe alors une nouvelle écorce liégeuse, plus régulière, plus homogène, plus élastique et moins crevassée appelée liège de première reproduction ou **liège femelle**, qui sera de meilleure qualité mais ne pourra pas toujours être utilisée pour les usages les plus nobles à cause notamment de sa croûte souvent trop épaisse et crevassée.

La croûte se forme à la surface de la mère, lorsque suite à l'écorçage celle-ci est mise à nue et se retrouve exposée au milieu extérieur; elle n'est pas utilisable et par conséquent, plus elle est développée, moins l'épaisseur de bon liège disponible en dessous sera importante.

Le liège femelle doit ainsi avoir une épaisseur d'au moins 30 millimètres pour être exploitable, ce qui est atteint après une période variable, allant de 9 à 15 ans, selon divers facteurs tels que le climat, le sol ou le génotype de l'individu. Les cycles de 9 ans sont atteints dans des zones privilégiées. On considère qu'il n'est pas raisonnable de récolter le liège suivant un cycle trop court (moins de 9 ans) car cela mènerait à un épuisement de l'arbre, de même qu'il n'est pas intéressant de le laisser se développer trop longtemps, car la vitesse

d'accroissement du liège diminue avec le temps et qu'il finirait de plus par se crevasser et ainsi perdre ses qualités.

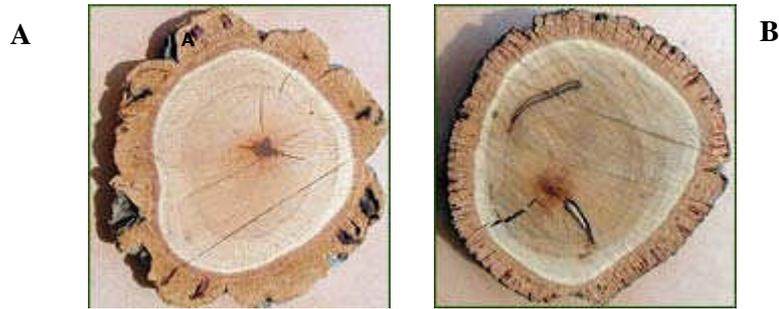


Figure15 -Types de liège (A = liège mâle; B = liège femelle)

II.6. Particularités du liège: caractéristiques techniques

- Sa densité est faible : $0,24 \text{ km/dm}^3$.
- Le liège est chaud au toucher cela veut dire qu'il absorbe la chaleur ambiante pour la garder assez longtemps mais il ne conduit pas la chaleur, en revanche il la garde dans l'espace vitale (même par épaisseur réduite).
- Il protège l'arbre du froid et des intempéries tout en lui permettant de respirer par de minces canaux appelés lenticelles.
- Une imperméabilité élevée : Il est formé de minuscules logettes remplies d'air et délimitées par une paroi souple et imperméable à l'eau.
- Difficilement inflammable : en plus de sa souplesse, il se décompose lentement et résiste relativement bien au feu.
- Il est antistatique (hygiénique), il n'attire et ne retient pas la poussière contrairement à bon nombre de matières synthétiques.
- L'imputrescibilité lui assure une grande durabilité.
- 100% naturel, biodégradable, recyclable

Tableau 2-Les valeurs comparatives du liège au niveau de l'isolation thermique.

Matière	Valeur (cm)
Liège	2
Bois de Pin	7
Plâtre de parement	11
Béton cellulaire	23
Brique	43

II.7. La levée de liège :

Il s'agit d'une opération cruciale puisque c'est elle qui **permet de récolter le liège** : la levée est un peu au chêne-liège ce que l'abattage est aux autres essences forestières. Avec une nuance, c'est que la levée du liège n'entraîne pas la mort de l'arbre, du moins si celle-ci est effectuée selon les règles de l'art. On distingue :

- **le démasclage** : il s'agit de la récolte du liège mâle. On dit alors que l'arbre est mis en production, puisque le liège mâle, sans valeur, est retiré afin que se développe du liège femelle économiquement intéressant car bouchonnable.

- **la levée** : on parle de levée pour la récolte du liège femelle uniquement. Pour simplifier, il est possible d'employer le terme générique d'écorçage, sans distinction entre liège mâle et femelle, puisque les deux opérations sont en général simultanées sur une même parcelle (les jeunes chênes-lièges sont démasclés en même temps que l'on lève ceux déjà mis en production auparavant).

- Les outils :

L'écorçage reste une opération manuelle qui ne doit être exécutée que par des mains expertes.

Le leveur a pour cela une hache spéciale, au tranchant très fin et au manche biseauté.

On distingue :

- **la hache catalane** au tranchant droit, utilisée en France, en Espagne et en Italie.
- **la hache Portugaise** au tranchant arrondi, utilisée au Portugal.
- **la hache Extremeña** en demi-lune, utilisée en Espagne.



Figure 16- Les outils de levée de liège

II.8. La levée du liège: déroulement des opérations

- Premièrement, le leveur fait le tour de l'arbre afin de juger si celui-ci est exploitable ou non. En effet, si l'état phytosanitaire du chêne-liège est mauvais (défoliation, blessures, attaque parasitaire...), la circulation de sève sera ralentie et le liège ne se décollera pas du tronc. Si l'arbre est visuellement jugé apte à être écorcé, le leveur essaye de décoller le liège à divers endroits du tronc, au niveau des fentes naturelles

du liège, pour voir si celui-ci se décolle effectivement (on dit qu'il teste l'arbre). Si le décollement ne pose pas de problème, le leveur peut alors préparer l'écorçage proprement dit en nettoyant au préalable rapidement autour du pied de l'arbre afin de faciliter la séparation du talon (partie de la planche de liège la plus proche du sol). L'opération commence alors.

- Le leveur réalise en premier lieu la couronne. Il fait une découpe circulaire à la hauteur souhaitée : une hausse est en général effectuée afin d'augmenter la production future de liège femelle. Il existe là aussi deux façons de réaliser la couronne : en biseau, ou droite
- Le tronc est cylindrique et il faut donc découper le liège en planches (2, 3, voire plus pour les chênes-lièges les plus gros) afin de faciliter à la fois le transport et la transformation. Le leveur essaie d'utiliser les fentes naturelles du liège pour réaliser ces coupes verticales, en faisant tourner la hache pour décoller le liège. De l'habileté de l'écorceur à effectuer des fentes appropriées dépendra en grande partie la rapidité du décollement et l'obtention de planches aux dimensions optimales, sans cassures.
- Vient alors le décollement proprement dit : le leveur utilise pour cela le manche biseauté de sa hache qu'il introduit dans les fentes préétablies, entre le liège et la mère, pour effectuer un mouvement de levier et séparer la planche du tronc, en commençant par le haut afin de la décoller sur toute sa longueur jusqu'au pied, sans la casser.

C'est l'opération la plus délicate, car si lors des découpes précédentes un coup de hache dans la mère est toujours possible, il ne s'agira somme toute que d'une blessure superficielle et cicatrisable, alors qu'un décollement mal effectué peut quant à lui causer des arrachages de la mère sur des parties parfois importantes du tronc, autrement plus dramatiques pour la production future de liège et pour la survie de l'arbre en général.



Figure 17- La levée de liège

II.9. Les utilisations du liège

Son utilisation principale reste bien sûr le bouchon, ou plutôt les bouchons, tant il en existe des différentes sortes : le bouchon en liège naturel, le bouchon en liège colmaté, le bouchon en liège aggloméré, le « 1+1 », le bouchon technologique.

Au-delà du traditionnel bouchon, il faut aussi souligner que le liège est employé en quantité très faible, mais parfois irremplaçable dans de nombreux domaines. Les produits, après transformation, sont principalement destinés aux activités industrielles suivantes :

- La construction en général (isolement thermique et acoustique, revêtement, décorations, cloisons);
- l'industrie du froid (chambres froides et transports frigorifiques);
- la construction navale (isolation, revêtement, décoration);
- l'industrie de l'automobile (joints);
- l'industrie des transports (isolation thermique, acoustique et vibratoire);
- l'industrie mécanique en général (joints d'étanchéité);
- l'industrie textile et la fabrication de chapeaux;
- l'industrie chimique, pharmaceutique et la parfumerie (bouchage et conditionnement des produits);
- l'industrie de la pêche (bouées, flotteurs);
- l'industrie de la chaussure (semelles, talons,);
- l'industrie des emballages (granulés et laine de liège);
- la fabrication d'articles de sport (articles de pêche, raquettes, panneaux, balles);
- la chasse (bourre de cartouches);
- La fabrication d'articles de maison (nappes, boîtes de rangement, cadres, divers matériels de bureau);

- La musique (isolant phonique particulièrement performant dans les basses et moyennes fréquences ; cette utilisation nécessite des planches de liège de toute première qualité);
- la cristallerie (pour ses propriétés abrasives);
- la pyrotechnique (feux d'artifice);
- L'industrie spatiale (comme isolant thermique dans les navettes spatiales ; il fut d'ailleurs classé dans la catégorie des " matériaux stratégiques " par les U.S.A. pendant la 2^{ème} Guerre Mondiale).

Partie. I

Chapitre III.

Aperçus sur l'histoire des subéraies algériennes

III.1. Introduction

En 1939, les 440 000 hectares de subéraies algériennes représentent près d'un cinquième de la production mondiale de liège ; cette récolte intervient alors pour une part non négligeable dans les exportations de la colonie française, couvrant plus des deux tiers des besoins de la Métropole en la matière. D'un simple aspect comptable, la mise en valeur coloniale est indéniablement un succès, le volume récolté passant de quelques centaines de quintaux annuels à plus de 300 000 durant les années 30. Pour arriver à un tel résultat, un siècle après les débuts de la conquête militaire, les subéraies algériennes connurent une multitude d'événements, pour la plupart funestes, la population indigène se voyant rapidement dépossédée de ses forêts par l'autorité coloniale afin de les aménager dans une optique de production.

L'étude de cet aménagement colonial particulier nous permet de souligner toutes les ambiguïtés de la politique coloniale française, entre d'une part les exploitants coloniaux et les forestiers de l'Etat, tournés vers l'optimalisation d'une ressource forestière, et d'autre part les habitants originels dont le mode de vie traditionnel fut très fortement et durablement perturbé. L'épisode des concessions privées en constitue un exemple caractéristique : comme nous le verrons, faute de moyens, tant humains que financiers, l'autorité coloniale, dès le Second empire, va recourir à l'initiative privée pour débiter la mise en production des plus beaux peuplements de chêne-liège algérien. Ces concessions, au départ temporaire, aboutirent dans les faits à une aliénation "définitive", préjudiciable à l'intérêt général de colonie. Et faute de visionnaires, à l'exemple du Maréchal Lyautey au Maroc, promoteur entre autres d'une foresterie plus sociale, la production de liège participa du mécontentement croissant envers l'autorité coloniale et des épisodes tragiques qui marquèrent la fin de la présence française en Algérie.

Nous nous attacherons dans une première partie à présenter l'état de la ressource, avant de nous intéresser à la montée en puissance des concessions privées et enfin, à l'analyse des événements tragiques qui en découlèrent.

III.2. La ressource en liège au lendemain de la conquête

Comparativement à sa superficie, l'Algérie était et reste encore aujourd'hui très peu boisée, avec près de 1 386 000 hectares relevés au tournant du XIXe siècle. Par rapport à ce chiffre, les forêts dans lesquelles domine le chêne-liège (*Quercus suber*) couvrent près d'un tiers de la superficie boisée, réparti de façon très inégale. Son aire d'implantation se limite en effet au littoral et à la région des chaînes telliennes ; le chêne-liège présente la particularité d'être d'implantation spontanée aussi bien en plaine qu'en montagne (jusqu'à une altitude de 1 400 mètres), tels les massifs forestiers de Kabylie où la pluviométrie annuelle dépasse souvent les 1 000 millimètres. Il forme, avec un sous-étage souvent difficilement pénétrable (et très inflammable) de lentisque, myrte, arbousier, philaria, bruyère arborescente, ciste et genêt, de vastes massifs, soit à l'état pur, soit en mélange avec le chêne vert (*Quercus ilex*), le chêne-zéen (*Quercus lusitanica*), le pin maritime (*Pinus pinaster*) et quelques oliviers.

Durant les premiers temps de la conquête, de 1830 à 1848, ces forêts ne donnent lieu qu'à un simple inventaire, les événements militaires ne permettant pas d'envisager d'autres opérations ; en 1858, on estime la superficie en forêts de chênes-lièges à 208 000 hectares, dont plus de 190 000 pour la seule région de Constantine, zone située à l'Est d'Alger et frontalière avec la Tunisie (**Antonin Rousset.1858**). Avec la pacification et la multiplication des missions d'arpentage, ce chiffre évolue lentement pour atteindre près de 440 000 hectares durant les années 1870, une fois les inventaires terminés.

Deux statuts fonciers traditionnels régissent la propriété foncière au moment de la conquête française : le statut *melk* qui correspond à des biens possédés en pleine propriété conformément au droit musulman ou à la coutume kabyle - et le statut *arch*, soit les terrains de gestion collective appartenant à une tribu. Les colonisateurs assimilent alors les peuplements forestiers de statut *arch* à des propriétés communales, soumises à la gestion de l'Etat, expropriant de même un grand nombre de forêts privées pour son propre bénéfice. Aussi, dans les faits, plus des trois quarts des peuplements forestiers se retrouvent soumises à l'autorité du seul Etat français. Une ordonnance de 1851 permet bien à un indigène d'essayer de faire reconnaître ses droits de propriété ; toutefois, la lourdeur de la procédure fait que peu obtiennent satisfaction (**Pouyanne.1898**)

Ces forêts nouvellement publiques sont régies par un code forestier fidèlement calqué sur celui en cours dans la Métropole, de nombreux articles réglementaires limitant de façon drastique les droits d'usage dans les forêts, ce qui ne sera ensuite pas sans conséquences néfastes pour les forêts de chênes-lièges. Si théoriquement les forêts sont dites soumises, dans la réalité, leur l'aménagement demeure très problématique, tant est immense la tâche

dévolue aux membres du service forestier algérien. Sous la responsabilité directe des gouverneurs militaires de la colonie, cette structure, créée en 1838 avec la mise à disposition du département de la Guerre d'un garde général et d'un garde à cheval, monte en puissance très lentement, de sorte qu'en 1846 on ne compte encore que 12 "cadres", 48 brigadiers et gardes, 1 seul arpenteur forestier, 1 interprète et 21 gardes indigènes. Notons qu'il existe alors tout un dispositif d'incitations visant à favoriser les vocations (primes de départ, avancement des carrières accéléré, passage gratuit vers l'Algérie pour les membres du corps forestier et leur famille, etc.) ; le pays est en effet considéré comme très peu sûr et les conditions de travail connues pour être extrêmement difficiles. Et malgré les espoirs de certains (**Epailly.1847**), il faudra parfois recourir à des désignations d'office pour fournir en cadres les services forestiers algériens.

Sur le plan de l'aménagement des subéraies et de la sylviculture, les forestiers français introduisent en Algérie, dès les années 1850, la méthode d'aménagement des subéraies alors préconisée depuis près de trente ans en Métropole. Celle-ci présente le grand avantage d'être relativement simple à mettre en œuvre : en premier lieu, le peuplement forestier est divisé en huit parcelles d'égale superficie, si possible de composition homogène ; chaque parcelle est ensuite exploitée de proche en proche à raison d'une parcelle par an. On reprocha rapidement à cette méthode, dite *des coupons réglés*, d'entraîner d'importantes pertes de production car on ne repasse dans la première parcelle exploitée que huit ans plus tard, soit trop tardivement pour des jeunes arbres dont la faible circonférence n'a pas permis le démasclage lors du premier passage ; d'où un retard dans la future production de liège de reproduction.

Aussi, de 1880 à 1935, les services forestiers algériens utilisèrent la méthode dite du *jardinage*, préconisée par Antonin Rousset en 1858, puis améliorée par Augustin Lamey dans les années 1870. La forêt est découpée en trois séries les plus homogènes possibles ; ensuite, les chênes-lièges de plus de 35 centimètres de circonférence sont démasclés selon une hauteur fixée par un barèm. Lors du premier passage dans la série numéro 1, seule une moitié de tronc est démasclée- le deuxième passage dans cette même série intervient durant la quatrième année et l'on démascle alors jusqu'aux branches - puis la septième année, le restant et les branches jusqu'à 40 centimètre de tour ¹¹. Il faut donc 9 ans pour enlever le liège mâle sur tout le peuplement, les arbres trop jeunes au moment du premier passage dans la série pouvant ainsi acquérir des dimensions propres au démasclage et être récoltés au deuxième ou troisième passage ; cet aménagement permet donc une économie de temps et un gain de production par rapport à la méthode des coupons réglés 12.

Les opérations de démasclage s'accompagnent de la coupe des arbres dépérissants (afin d'assurer leur régénération naturelle par les rejets des souches), du démascle et de l'élagage des sujets les plus jeunes, de l'entretien des peuplements par des débroussailllements, du tracé de sentiers de coupe, etc.

“Chaque coupe venant en tour d'exploitation tous les trois ans, les travaux d'amélioration seront plus suivis, et il n'y aura jamais que deux ans de retard pour le démasclage ou l'abattage des arbres. Les forêts de chênes-lièges, ainsi aménagées, laisseront peut-être encore à désirer, mais elles présenteront à coup sûr une amélioration notable sur l'état actuel, en attendant que l'on puisse donner à l'exploitation de cette partie de la richesse territoriale de l'Algérie une marche tout à fait régulière.”

Comme le signale l'auteur, la méthode du “jardinage” constitue un progrès dans l'intensification de la production de liège ; elle reste toutefois lourde à mettre en œuvre, déjà par le grand nombre de passages dans les séries qu'elle implique :

“Elle repose essentiellement sur le choix du tiers des arbres, qui est une opération délicate, pratiquement confiée à des ouvriers indigènes, mais qu'il serait nécessaire de surveiller soigneusement. Toute faute dans ce choix entraîne le désordre. En fait, on constate couramment la récolte de lièges plus âgés qu'il n'était prévu, d'où une perte dans le rendement.”. (Saccardy, 1938)

C'est pourquoi le jardinage sera abandonné à la veille de la Seconde Guerre mondiale au profit d'une méthode des coupons réglés “rajeunie”.

III.3. L'épisode mouvementé des concessions

Face à ce manque en personnels et moyens financiers, les premières opérations de mise en valeur des subéraies “vierges” s'avèrent difficilement envisageables : hormis quelques rares peuplements proches du littoral et jadis exploités pour des négociants anglais, la quasi-totalité des peuplements reste encore à démascler avant d'espérer obtenir les premières récoltes en liège de reproduction. En un premier temps, le gouvernement militaire fait appel à l'initiative privée par l'adoption d'un régime de concessions avec redevance : contre rétribution, un particulier ou une société civile se voit concéder un peuplement forestier pour une durée fixée à 16 ans. Durant cette période, le concessionnaire est tenu de réaliser le démasclage des forêts concédées, opération réalisée sous la surveillance de membres du corps forestier algérien ; la durée du contrat permet aussi une première récolte de liège de reproduction. Par une telle opération, une fois la fin des exploitations privées, l'Etat doit récupérer une forêt en situation de production sans avoir eu à investir pour la

coûteuse opération du démasclage. En Algérie, faute d'utilisation industrielle locale (linoléum, par exemple), le chêne mâle, jusqu'à l'Entre-deux-guerres, était soit abandonné en forêt (100 000 quintaux par an durant les années 1890 - 1900), soit vendu à des prix très minimes, ce qui repoussait d'autant la première rentrée financière "conséquente" aux alentours des 9 - 12 ans après le démasclage.

Ce système, qui s'apparente à des contrats d'affermage, est alors fréquent en Métropole, depuis les années 20, dans les suberaies privées méditerranéennes. Toutefois, il donne lieu à de nombreux abus ; parmi les plus répandus, les fermiers lèvent le liège juste avant la fin du contrat alors qu'une épaisseur suffisante n'est pas atteinte, "[...] *dépouillant donc d'autant le propriétaire, sans avoir égard, comme c'est leur devoir, à la conservation de la chose louée ; ils ruinent en même temps l'aménagement de la forêt.*" "(Eymard, 1844). L'Administration, pour éviter ce type d'abus dans les forêts domaniales et communales, établit un cahier des charges très précis (repris en Algérie) stipulant entre autres que le liège enlevé la douzième année de l'adjudication ne pourra avoir moins de 23 millimètres d'épaisseur, "*mesuré dans la partie la plus forte*". A ces prescriptions quant au calibrage des lièges viennent s'ajouter des prescriptions obligatoires à suivre par le concessionnaire lors de l'opération d'enlèvement du liège mâle ; en effet, un démasclage "intégral" du chêne en une seule opération, tronc et grosses branches latérales, peut entraîner la mort de l'arbre ou hypothéquer durablement la croissance des arbres les plus jeunes. Aussi, l'article 35 du cahier des charges de 1865 fixe la norme de hauteur du démasclage, avec par exemple, pour le premier passage en démasclage, un enlèvement du liège mâle du raz de terre jusqu'à la naissance des branches : "*A chaque révolution suivante, le démasclage sur ces mêmes arbres pourra s'étendre aux branches jusqu'au point où elles cesseront de mesurer 0,30 m de circonférence.*" (Niepce, 1865).

Entre 1848 et 1860, près de 152 000 hectares de chênes-lièges, soit 35 % des suberaies domaniales, sont ainsi concédés contre redevance¹⁹ pour une durée primitivement fixée à 16 ans, puis progressivement portée à 40 ans. On retrouve parmi les concessionnaires aussi bien des membres de la nouvelle bourgeoisie commerçante installée dans la colonie que des représentants de la haute société métropolitaine, à l'exemple d'un descendant du Maréchal Suchet, duc d'Albuféra²⁰. Dans l'opération, ces investisseurs peuvent espérer au bout de 10 ans un rendement financier de 18 à 20 % du capital engagé, dans le cas bien sûr d'une exploitation "sans problèmes" (Niepce, 1865). Or, l'histoire de ces concessions ne sera pas sans péripéties ; et face aux difficultés d'exploitation (absence de voies de communications, début des incendies criminels etc.), le lobby des concessionnaires obtient

en 1862 une révision du cahier des charges, jugé trop restrictif.

La redevance domaniale est allégée et la durée de jouissance des concessions plus que doublée, passant à 90 ans.

Ce premier succès demeure toutefois de courte durée car l'application du nouveau cahier devient impossible suite à la multiplication catastrophique des incendies 22 ; en août et septembre 1863, un important foyer, parti des frontières de la Tunisie, parcourt pas moins de 45 000 hectares, dont de nombreuses concessions : *Le désastre est malheureusement très considérable. Dans l'arrondissement de Philippeville, plus de 3 000 hectares de chênes-lièges en plein rapport ont été brûlés sur la concession Chapon, au Djebel-Halia. On estime à 3 000 hectares la surface incendiée dans la concession Lucy et Falcon [...] Dans l'arrondissement de Bône, la concession Lecocq et Berton a été atteinte sur 950 hectares démasclés, dont une partie avait été récemment récoltée. Le lot du Metz, récemment adjoint à la concession Duprat, a été ravagé sur une étendue de 2 000 hectares environ. Enfin, 1 000 hectares ont été atteints dans la forêt non concédée de l'Oued-Ziat.*”

Ces faits se reproduisent de nouveau avec la même ampleur en 1865, puis en 1871 lors d'une importante insurrection. Aussi, les concessionnaires “malchanceux” invoquent l'article 75 du cahier des charges de 1862 qui stipule qu'en cas de destruction totale ou partielle de la forêt par des incendies, le concessionnaire peut obtenir, selon les circonstances, soit une diminution du prix de la redevance, soit même la résiliation de son contrat... Les conclusions de la commission d'enquête sur les incendies criminels, mise en place par l'assemblée des concessionnaires, aboutit à des conclusions “limpides” : les faits de combustion spontanée ou d'imprudence, évoqués par certains, sont jugés insuffisants pour expliquer de pareils sinistres, les feux étant dus en réalité “ [...] à la malveillance des indigènes, résultat du fanatisme religieux et politique, dont le foyer est à la Mecque et qui a soulevé depuis 1856, dans trop de circonstances douloureuses à rappeler, les populations musulmanes contre les chrétiens.” (**Chronique forestière, 1866**). Et de demander à l'Etat la réparation du dommage causé, évalué à 18 millions de francs, et plus de sévérité dans la répression de tels actes en faisant jouer la loi sur la séquestration des propriétés collectives des tribus suspectées.

Face à ces multiples demandes d'indemnisation, l'Etat, désargenté, capitule et aliène les forêts “concessionnées” par le biais de deux décrets successifs. Mais les conditions d'aliénation fixées par le premier décret en date du 7 août 1867 sont jugées encore trop onéreuses par le lobby des concessionnaires et sur leur demande le gouvernement consent à les soumettre à un nouvel examen aboutissant au décret du 2 février 1870. Près de 152 000

hectares (soit plus d'un tiers de la superficie totale en subéraies) passent au privé à des conditions très avantageuses : les parties atteintes par les incendies depuis 1863 sont cédées gratuitement, ainsi que le tiers des forêts non atteintes, le restant étant vendu à un prix "symbolique". Ce dernier était fixé à 60 francs par hectare, payable en 20 annuités commençant à courir à partir de la dixième année suivant la vente (juillet 1880), à raison de 2 francs par hectare et par an pendant les 10 premières années, et de 4 francs par hectare et par an les 10 années suivantes (**Lamey, 1893**).

Un tel évènement, en métropole, aurait provoqué inmanquablement une levée de boucliers de la part des forestiers de l'Etat et le lancement d'une pétition nationale opposée "au pillage des ressources de la Nation", comme jadis lors d'aliénations oh combien ! plus modestes. Or, rien de tel, avec bien au contraire certains forestiers se félicitant ouvertement de cette cession : "*C'est une véritable aliénation que l'Etat consent à leur profit, mais une aliénation avantageuse à tous les points de vue, car l'administration n'est pas en mesure d'exploiter ces bois comme les compagnies pourront le faire et elle n'est pas plus intéressée qu'elles à les conserver.*"

En fait, cette remarque traduit bien le désintéret profond des serviteurs de l'Etat français envers un domaine forestier colonial jugé trop périlleux à mettre en valeur, notamment pour le personnel de terrain. On peut juger des conditions de travail de ce dernier à travers les passages suivants publiés par le *Robinson des bois*, un bimensuel indépendant consacré à la défense des préposés forestiers. En août 1892, la femme d'un garde y dépeint la triste situation des forestiers en poste en Algérie : des attaques après que le mari soit parti / dans le meilleur des cas, seule la maison forestière brûle, entraînant la perte de tous les biens du couple (et une indemnisation qui ne dépasse jamais les 150 francs alors que plusieurs centaines de francs sont partis en fumée) / des coupables jamais retrouvés et punis / des maladies, souvent mortelles, avec l'impossibilité de faire un enterrement décent, la chaleur empêchant de garder le corps "*sous peine de tomber aussi*". Aussi, autant de forêts cédées au privé, autant de travail en moins à assurer (surveillance, aménagement, démasclage, etc.) pour un nombre encore trop restreint de forestiers.

- **les dernières interventions du privé dans le domaine public**

Aux lendemains de la guerre de 1870, la superficie des massifs de chênes-lièges se trouve donc réduite aux alentours des 275 000 hectares. L'Administration, ne disposant toujours pas des crédits nécessaires au démasclage, malgré les expériences malheureuses du passé, fait une nouvelle fois appel à l'initiative privée par le biais d'adjudications publiques. Ce dispositif consiste à mettre en location un certain nombre de forêts pour une période de 14 ans ;

durant les quatre premières années, l'adjudicataire doit opérer le démasclage de tous les arbres susceptibles d'être mis en production et effectuer les travaux de défense contre les incendies stipulés dans le cahier des charges (débroussaillage des lisières, mise en place de tranchées pare-feu essartées de 20 mètres de large et de laies "séparatives" des coupes de 10 mètres de large avec extraction des souches, etc.). Seules les quatre dernières années de la période d'exploitation donnent lieu au paiement d'un fermage. De 1876 à 1879, 52 lots, tant de forêts domaniales que communales pour une superficie totale de 52 000 hectares, sont ainsi adjugés, ces contrats prenant tous fin, après de multiples difficultés, entre 1890 et 1893.

A l'opposé des aliénations qui n'ont pas donné lieu à des oppositions sévères, ce dernier dispositif n'est guère prisé par les forestiers. Ces derniers, à l'exemple de nombreux parlementaires, reprochent aux autorités d'avoir loué les plus beaux peuplements contre des redevances trop modiques. Comme l'explique alors un adjudicataire, M. Bourlier, député d'Alger et paradoxalement opposé à l'exploitation indirecte des subéraies, "*Il ne faut pas perdre de vue que l'individu qui se présente à une adjudication suppose les chances à venir. Il se dit que les travaux qui lui seront imposés ne lui profiteront pas en cas d'incendie et il a soin de ne faire à l'Etat que des offres restreintes.*" (Bourlier, 1893)

Le coût du démasclage, estimé par ce même auteur à 10 centimes au maximum par arbre, laisse espérer un revenu moyen de 1,5 francs au bout de 10 ans pour une production moyenne de liège fixée à 5 kilogrammes par arbre : "*Les avances sont insignifiantes eu égard aux bénéfices qui peuvent résulter des travaux de démasclage.*" Et face à ce constat indéniablement défavorable pour les finances publiques, l'Administration forestière algérienne finit par obtenir des moyens financiers suffisants pour pouvoir se lancer, à la fin des années 1880, dans l'exploitation en régie directe de ses peuplements de chênes-lièges.

III.4. La réaction aux spoliations territoriales : la persistance des incendies

Jusqu'à l'Indépendance, les subéraies algériennes sont parcourues régulièrement par d'importants incendies dont près de la moitié d'origine criminelle. Tous les 10 ans environ, un grand incendie parcourt près de 100 000 hectares de toutes essences : 1863-1865, 1871-1873, 1881, 1892-1894, 1902-1903, 1913, 1919-1920, etc., soit une moyenne annuelle de 38 500 hectares. Ce phénomène s'accroît entre 1946 et 1960, avec un total de 745 000 hectares incendiés dont pas moins de 650 000 pour la seule période 1956-1960³³. Le plus dramatique demeure celui d'août 1881 qui voit les peuplements forestiers de l'arrondissement de Philippeville, composés principalement de chêne-liège, dévastés durant 15 jours par un incendie catastrophique ; ce dernier ravage 84 000 hectares sur un total de 161 000, le bilan

officiel déplorant en sus le décès de trois zouaves, “*victimes de leur dévouement*” et de 168 indigènes. Plus de 500 familles se retrouvent totalement ruinées : “*Les incendies du mois d’août sont dus à une cause unique : la malveillance. Les incendies éclatent simultanément sur quatre points de l’arrondissement de Philippeville. La raison se refuse à admettre que quatre aient au même instant, à 30 ou 40 kilomètres les uns des autres, commis la même imprudence et amené des résultats identiques. Le feu se déclara au moment le plus chaud de la journée, par un jour de sirocco dont la température torride ne permettait à personne de rester dehors*” (Lefebvre, 1882). Si les incendies de 1863 et 1865 n’ont dévasté que des peuplements revêtus de leur écorce mâle et par conséquent moins sensibles à l’action du feu, ce n’est pas le cas cette fois-ci ; et les pertes de production s’avèrent très importantes, avec 8,3 millions de francs-or uniquement pour les subéraies.

Ces incendies réguliers résultent de deux facteurs récurrents durant toute la période coloniale, à savoir l’expropriation des terres et forêts indigènes au profit de l’Etat français et des colons, et l’incompréhension totale entre les deux communautés. En premier lieu, comme nous l’avons déjà précisé, la soumission à l’Etat de la quasi-totalité des forêts, de même que de très importantes superficies de terres arables formant des périmètres de colonisation (rétrocédés aux colons), ont totalement perturbé le système agro-sylvo-pastoral traditionnel.

Les forêts nouvellement expropriées se sont vues soumises à la même réglementation que les forêts publiques métropolitaines, à savoir le code forestier de 1827. Cette législation, dont le but essentiel vise à sauvegarder l’existence des massifs forestiers, revient entre autres à supprimer la plupart des droits d’usages traditionnels : pacage des moutons et des chèvres dans les peuplements forestiers, extraction des écorces, carbonisation, fabrication du goudron, enlèvement de la résine, récolte du bois mort pour en faire commerce, etc.

En Métropole, l’application du code de 1827 sera déjà très difficilement acceptée, notamment dans les zones montagneuses où elle engendre par endroit de véritables révoltes paysannes. Aussi, dans un contexte d’accaparement coloniale, ce texte fait auprès des populations indigènes algériennes l’effet d’une “déclaration de guerre”, d’où la multiplication des délits constatés et des assassinats à l’encontre des malheureux agents forestiers chargés de son respect

Soixante-deux ans après les débuts de la conquête française, les griefs de la population locale finissent par interpeller les autorités de l’Etat ; une commission sénatoriale, chargée en 1892 de l’étude des questions algériennes, recueille lors d’un périple dans la colonie de nombreuses plaintes contre les procédés abusifs de l’Administration forestière, rapportées

dans un rapport final guère complaisant envers les forestiers :

“Si la situation de l’indigène est souvent misérable, si fréquemment on voit éclater sa haine concentrée et farouche contre l’Européen, c’est aux forestiers, c’est-à-dire à la législation forestière qu’on le doit.” (Guyot, 1903)

Aussi conclue-t-elle à la nécessité d’élaborer un nouveau code forestier, présenté en octobre 1896 et adopté après quelques modifications en février 1903. Ce texte, plus conciliant envers les intérêts des populations indigènes, est toutefois dénoncé en des termes sévères par les principaux responsables du corps forestier algérien :

“L’article 66 du nouveau code forestier algérien porte, en effet, que le rachat des droits de pâturage et de pacage ne pourra être requis par l’Administration dans les territoires où l’exercice de ces usages est l’absolue nécessité. Qu’est-ce au juste que cette absolue nécessité ? Est-ce le privilège des pygmées de l’Afrique équatoriale de vivre en parasites ? Est-ce celui plus doux encore de vivre sans rien faire ? La loi ne le dit pas, et pour cause.”

Cette nouvelle réglementation connaîtra toutefois le même “succès” que sa précédente, soit une multitude de délits forestiers relevés et la poursuite des actes criminels, avec une accentuation importante durant les années précédant l’Indépendance. Ce sombre bilan découle bien sûr des tensions “politiques” toujours présentes mais aussi de la persistance d’une politique forestière d’un autre âge. Pour les responsables du service forestier algérien, il faut être ferme avec les populations locales : *“L’indigène, lui, fera ce qu’on voudra, dans l’Afrique du Nord comme ailleurs.” Lavauden, 1935*. Or, l’expérience marocaine voisine, basée sur une foresterie plus sociale, a démontré exactement le contraire (**Jean-Yves Puyo, 2005**).

En second lieu, les maladroites des forestiers de l’Etat sont reproduites par les colons et notamment par les propriétaires de subéraies... Un témoignage précieux de la fin du XIXe, du à un ancien géomètre forestier, nous dépeint les erreurs des sociétés privées, dirigées la plupart par des hommes *“ignorant tout des dispositions de caractère de l’élément indigène”* avec lequel ils devaient pourtant cohabiter :

“Presque tous ces gérants avaient une foi aveugle en l’efficacité de l’action coercitive. On leur avait dit. • “Avec l’Arabe, il faut être sévère”, mais on avait omis d’ajouter . • “et juste”, sans quoi il se venge.”

Le cas des enclaves habitées, englobées par les anciennes concessions de liège, constitue l’exemple typique des problèmes souvent mal solutionnés; dans la plupart des cas, la population locale a déjà démasqué pour ses besoins domestiques les peuplements de liège.

Cette opération réalisée, le bon sens recommandait de partager une partie des produits de la vente avec les habitants. Hélas, par pingrerie, peu d'exploitants ont l'honnêteté de faire ce geste. De plus, sous prétexte d'empêcher la fraude, nombre d'entre eux embauchent des travailleurs étrangers plutôt que des locaux. Ultime maladresse, certains concessionnaires interdisent à ces derniers le pacage de leurs chèvres et moutons sous les chênes-lièges, louant ensuite leurs peuplements à des propriétaires étrangers à la tribu enclavée... D'où de nombreuses vengeances, principalement sous forme d'incendies.

Face à ce constat, l'auteur plaidait pour une meilleure coopération avec les indigènes, seul garant de la préservation des peuplements :

“Le seul danger réel menaçant les exploitations de chênes-lièges est l'incendie, et le seul moyen pratique d'assurance contre le feu ne peut être trouvé que dans la coopération préventive et active de l'élément indigène. Dès lors, il y a lieu d'intéresser les indigènes, dans une certaine mesure, à la prospérité de l'exploitation en pratiquant une espèce de socialisme (nous demandons pardon, du mot malsonnant en faveur de l'excellence du but à atteindre) par des remises proportionnelles, en échange desquelles ils contracteraient l'engagement formel, sous la garantie de leurs troupeaux et autres biens, de veiller solidairement sur tout incendie accidentel et de le combattre par tous les moyens à leur disposition.” (Gardin.2004).

Ces sages paroles n'auront hélas que peu d'écho, du moins en l'Algérie.

III.5. Conclusion :

A notre sens, le cas du chêne-liège algérien, notamment à travers le prisme de l'épisode des concessions privées, constitue un exemple représentatif d'opérations aménagistes coloniales se concluant d'une façon désastreuse. Malgré un vrai succès “sur le papier”, les incompréhensions mutuelles aboutissent à un gâchis final d'autant plus inquiétant qu'il concernait un aménagement à très long terme.

Les forestiers français sauront rapidement tirer une leçon de cet épisode funeste : dès les tous premiers temps de l'établissement du Protectorat français sur la Régence de Tunis en 1882, le jeune corps forestier tunisien entreprend la soumission au Régime forestier des plus belles subéraies de Khroumerie et des Nelza-Mogods et leur mise en production directe, les premières récoltes de liège de reproduction intervenant dès 1892 (Gardin.2004). Toute demande de concession privée sera rejetée, exemple suivi ensuite fidèlement lors de l'établissement du Protectorat marocain. Quarante cinq ans après l'Indépendance de l'Algérie, on possède peu d'informations sur l'état de sa filière chêne-liège. La guerre civile

qui a sévi dans le pays entre 1991 et 2005 et la désorganisation croissante des structures étatiques nous rappellent hélas douloureusement les événements passés. Aussi, à quand la fin du mauvais sort frappant régulièrement les subéraies algériennes ?

III.6. L'état actuel des subéraies algériennes

III.6.1. Présentation des subéraies

Dans l'Algérie du Nord, les forêts et les maquis couvrent 3.600.000 hectares soit environ 10 % des surfaces.

Rapporté à la surface totale de l'Algérie, le taux de boisement n'est que de 1,5 %. Même si ces différents taux paraissent faibles en valeur absolue, la forêt joue cependant un rôle déterminant dans l'équilibre écologique du pays.

Les peuplements de chêne liège sont présents sur 450.000 hectares, mais ils ne constituent de véritables subéraies que sur 22.000 hectares. Le reste est occupé par des maquis plus ou moins arborés.

Le liège constitue un apport économique considérable au niveau du secteur industriel et à ce titre l'entreprise nationale du liège transforme 200.000 quintaux dans ses unités manufacturières réparties au niveau des zones les plus productives de l'aire du chêne liège dans un souci d'une meilleure rentabilité.

III.6.2. L'aire de répartition du chêne liège dans l'Algérie

Il est commun dans le Tell à l'est d'Alger. Il occupe surtout le littoral oriental, de Dellys jusqu'en Tunisie (Kabylie, Jijel, Collo, El Milia, Edough, djebel Ghorra), et s'étend sur une largeur maximale de 60-70 km, jusqu'aux chaînes du Tell constantinois (Constantine, Guelma, Souk Ahras), où il forme le plus souvent à l'état pur de vastes peuplements (subéraies) et parfois en mélange avec le Pin maritime. Dans l'ouest algérien, le chêne-liège est plutôt rare et dispersé: encore assez répandu aux environs de Ténès et Cherchell (djebels Bissa et Tacheta), il ne constitue en Oranie que quelques massifs de faible étendue, l'un à Msila, non loin d'Oran, les autres sur les versants nord, les plus arrosés, des montagnes telliennes (Teniet el Had, Tiaret, Saïda, Mascara, forêt de Hafir à Tlemcen), où il est presque partout en mélange avec le Chêne vert et le Chêne kermès. Il existait naguère sur l'Atlas saharien (djebel Amour, Aurès), où il a été découvert à l'état vestigial.

défrichements sont prévus par les programmes des aménagements forestiers, en particulier pour la suppression des subéraies clairsemées en vue de leur reconversion en peuplements artificiels d'essences exotiques. D'autres sont illégalement opérés par les populations riveraines aux forêts de chêne-liège.

III.6.3.2. Programmes d'aménagement et de traitements sylvicoles non adaptés

La plupart des programmes d'aménagement et des traitements sylvicoles appliqués aux subéraies ne leurs sont pas adaptés, en raison du fait que les recherches relatives à la structure et à la productivité de ces peuplements ne sont pas développées et par conséquent leur application constitue un phénomène de dégradation et de destruction des subéraies (Benabid, 2000).

Le déliégeage qui est effectué au début de l'été, c'est-à-dire en période de la montée de sève, met les arbres dans des conditions très difficiles. La récolte du liège devient exceptionnellement nocive. Elle peut donc être à l'origine du mauvais état de certaines subéraies.

Certains aménagements proposent de substituer à toutes les subéraies clairsemées, des peuplements artificiels d'essences exotiques qui sont réputées très rentables à court terme.

III.6.3.3. Le surpâturage

Les massifs forestiers algériens constituent les principaux terrains de parcours. Pour les subéraies, les effectifs des troupeaux qui y pâturent sont très importants. Ceux-ci sont composés de bovins et ovins en forêts de plaine et essentiellement de caprins en forêts de montagne.

En outre, estime que la charge pastorale excessive et incontrôlée est très nuisible aux subéraies. Elle prélève une quantité très importante de la biomasse. Elle empêche aussi, par le broutage et le piétinement, toute régénération naturelle des peuplements de chêne-liège, et entraîne la disparition ou la réduction considérable d'un grand nombre d'espèces végétales palatables tandis qu'elle favorise la multiplication des espèces envahissantes et toxiques. Le piétinement contribue aussi au tassement des sols qui deviennent non favorables au développement des jeunes semis.

Il est important de signaler les dégâts causés par l'émondage des chênes-lièges. Cette pratique a lieu en période de disette, afin d'alimenter le bétail qui vient se réfugier dans les subéraies.

III.6.3.4. Les incendies

Le facteur de dégradation le plus redoutable de la forêt algérienne méditerranéenne est, sans conteste, l'incendie (**Missouni *et al.*, 2002 ; Madoui, 2002**). Les subéraies calloises sont très touchées par ce fléau. La fréquence et l'intensité des incendies enregistrées au cours de la dernière décennie rend la stabilité de ces forêts difficile voire impossible (**Ouelmouhoub, 2003**). Après le passage du feu, le chêne liège survit grâce à la couche liégeuse qui protège le tronc, lui évitant d'être endommagé et tend à se reconstituer normalement (**Pausas, 1997 ; Trabaud, 1992**). Quant au sous-bois et durant les premiers stades post incendie, il est constitué essentiellement d'espèces herbacées pionnières, formant ainsi de véritables pelouses ouvertes et des parcours luxuriants pour les animaux (**Chevalier, 2002 ; Lehouerou, 1980 et Trabaud, 1980**).

Cet état de fait a été constaté sur les subéraies du Parc National d'El Kala, où la majorité des forêts se présentent sous forme de maquis arborés après l'ouverture du milieu par le feu, ce qui facilite l'accessibilité à ces sites par les riverains.

A tous ces facteurs s'ajoute le vieillissement des subéraies, ce qu'il les rend plus vulnérable.

Partie I.**Chapitre IV.****La Production du liège****IV.1. La surface occupée par le chêne liège dans le monde**

La forêt de chêne-liège (Subéraie) est de très haute importance pour l'économie et l'écologie de divers pays de la région méditerranéenne. La surface occupée par la Subéraie dans tout le monde est d'environ 2.277.700 hectares (tableau n° 1). Si l'on quantifie la distribution de cette forêt par pays, on vérifie immédiatement que le Portugal est le pays qui possède la plus grande surface de forêts de chêne-liège, représentant à lui seul environ 32% de la surface mondiale, ce qui correspond à une surface de plus de 730 000 hectares, environ 23% de la forêt portugaise (tableau n° 2), où le chêne-liège est l'espèce dominante.

Tableau 3- Estimations de la superficie occupée par le chêne-liège dans la région méditerranéenne (en hectares)

Auteurs		P. Artigas	R. Costa	A. Mendes de Almeida	L. Saccardy	F.A.O. (G.T.L.)		APCOR -2007-
Publication	Titre	« Alcornocales-Industria taponera »	« Problemas » da Economia Nacional »	« 0 sobreiro português »	Notes sur le chêne-liège et le liège en Algérie	Document SCM/LG	Ceduli	
	Année	1 885	1912	193 1	1937	1958	1977	2007
Superficie d'occupation estimée	Portugal	300 000	300 000	555 555	600 000	700 000	676 000	736700
	Espagne	300 000	250 000-300 000	540 000	340 000	530 000	500 000	506000
	Algérie	459 000	460 000	440 000	440 000	475 000	480 000	414000
	France	160 000	100 000	1 59 000	1 50 000	127 000	100 000	92000
	Italie	80 000	200 000-1 00 000	75 000	75 000	104 000	100 000	92000
	Tunisie	134 000	-	134 000	140 000	145 000	99 000	92000
	Maroc	-	-	300 000	300 000	375 000	400 000	345000
	Total	1 733 000	1 200 000-1 350 000	2 203 878	2 045 000	2 456 000	2 355 000	299,300

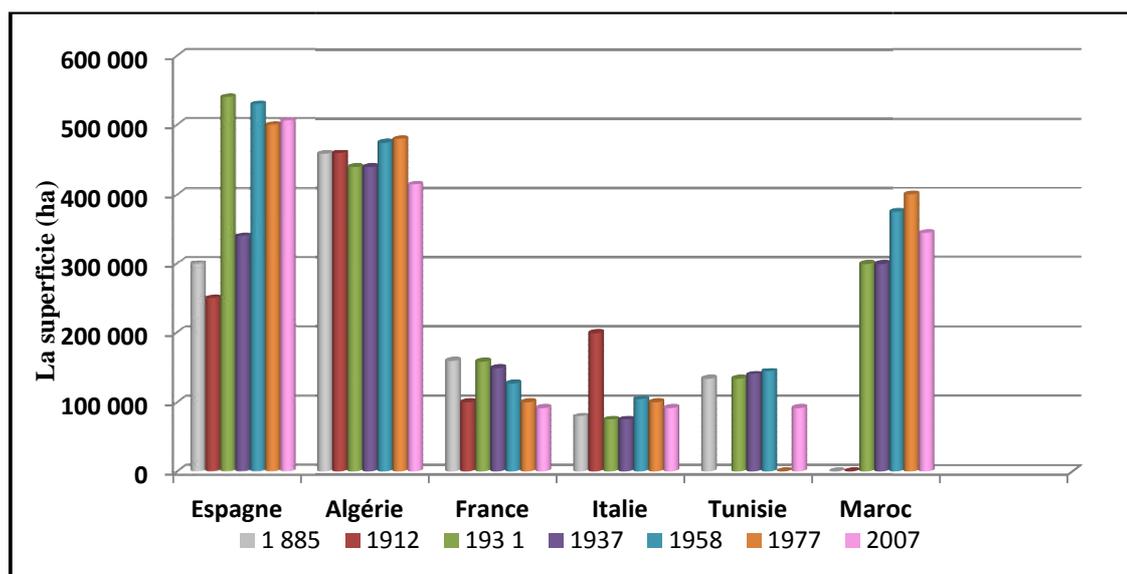


Figure 19- Histogrammes illustrant la superficie occupée par le chêne-liège dans la région méditerranéenne en hectare

IV.2.La production mondiale du liège: principaux pays producteurs

Quatre pays, le Portugal, l'Espagne, l'Algérie et le Maroc représentent 91 % de la subéraie mondiale, qui couvre au total 2,687 millions d'hectares. Les autres pays producteurs sont la France (Corse, Pyrénées-Orientales, Var, Aquitaine), l'Italie (Sardaigne surtout) et la Tunisie (Kroumirie). La production annuelle mondiale de liège s'élève à 340.000 tonnes, dont 54 % pour le seul Portugal. La production moyenne annuelle de liège de l'Algérie est de 10.000 à 12.000 tonnes/an soit 5% de la production mondiale.

Tableau4-Estimations de la production du liège dans la région méditerranéenne (en tonnes)

Auteurs		P. Artigas	R. Costa	A. Mendes de Almeida	L. Saccardy	F.A.O. (G.T.L.)		
Publication	Titre	«Alcornocales-Industria taponera»	«Problemas da Economia Nacional»	«O sobreiro português»	Notes sur le chêne-liège et le liège en Algérie	Document SCMLG	Ceduli	APCOR
	Année	1885	1912	1931	1937	1958	1977	2009
Production estimée	Portugal	34000	75000	100 000	125 00	173000	19200	157
	Espagne	27000	30000	45 000	0	74 000	0	000
	Algérie	11000	35000	36 000	32000	45 000	90 00	88
	France	7 500	13000	13 500	35000	15 000	0	400
	Italie	1 800	4 000	7 000	13500	15 000	20 00	15
	Tunisie	1 300	1 000	2 000	7 000	6 500	0	000
	Maroc	--	--	--	5 000	34 000	13 00	3 400
				2 500		0	17 000	
	Total	82 600	158 000	223 500	225 000	262 500	372 000	299,300

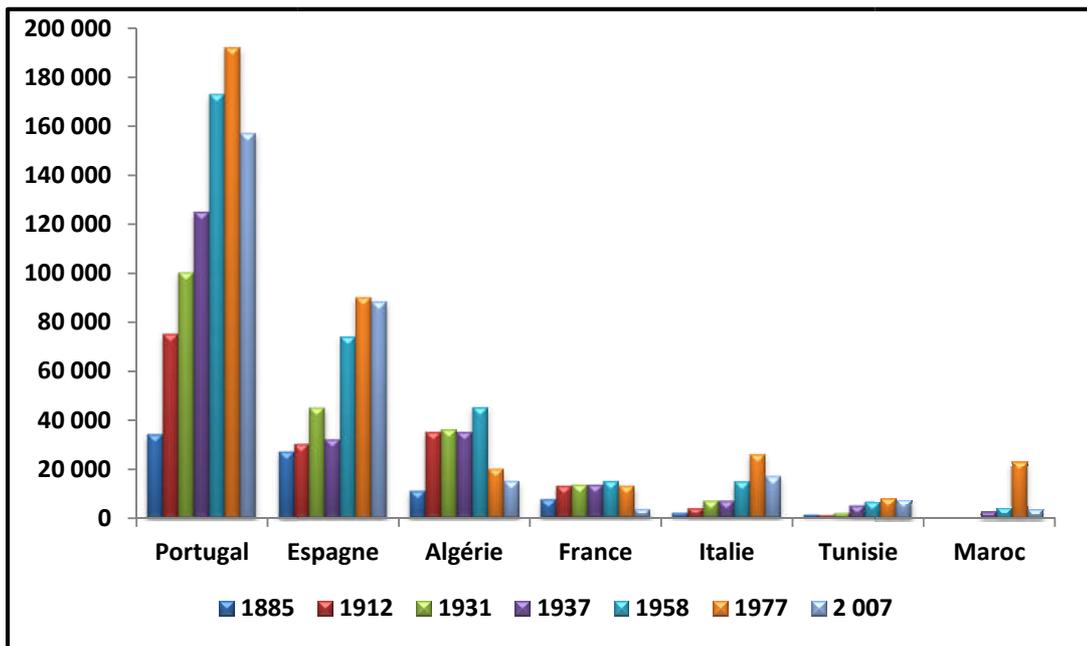


Figure.20-Estimations de la production du liège dans la région méditerranéenne (en tonnes)

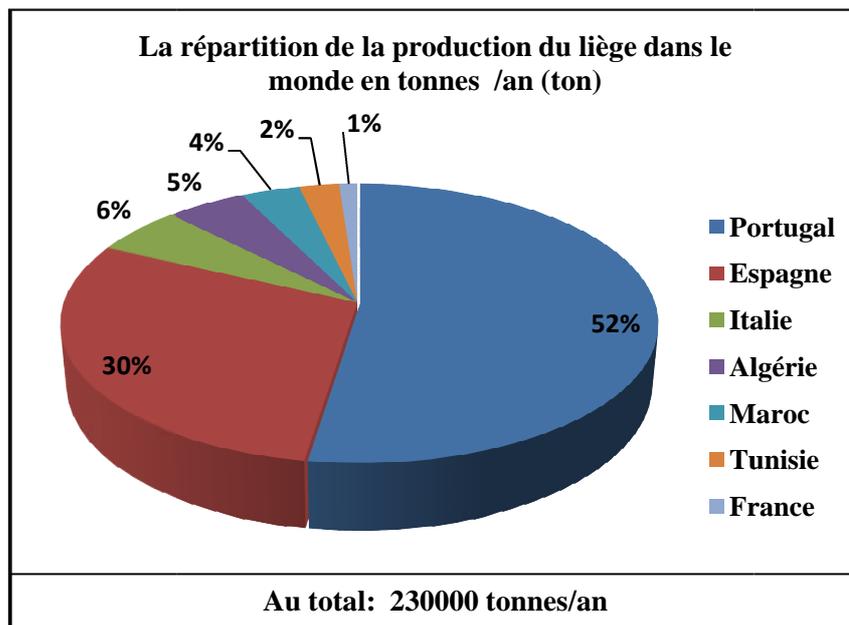


Figure.21- La production mondiale moyenne du liège (APCOR2009) Associação Portuguesa da Cortiça

IV.2.1. Exportation du liège

Portugal est leader mondial dans l'exportation de liège et de ses produits. Selon les dernières données de United Nations Statistics Division, le Portugal est au premier rang avec 60%, en 2005 (tableau 5).

Tableau.5- Principaux pays exportateurs de liège et de ses produits

	Euros		%	
	2004	2005	2004	2005
Total Monde	1480123960	1399075090	100	100
Portugal	875144905	839375777	59,13	60
Espagne	262623211	254821055	17,74	18,21
France	51482518	46888466	3,48	3,35
Italie	46238348	43661753	3,12	3,12
EUA	36405437	40991753	2,46	2,93
Allemagne	35403226	33829032	2,39	2,42
Maroc	20826936	27281477	1,41	1,12
Tunisie	20826936		1,27	
Suisse	16509837	15746399	1,12	1,13
Mexico	13646412	16824853	0,92	1,2
Autriche	13069472	12625964	0,88	0,9
Chine Continentale	11114657	16300443	0,75	0,94
Algérie	9641214		0,65	
Arabie Saoudite	9036640	4870220	0,61	0,35
Hong Kong	8390515	8174381	0,57	0,58
Canada	6022966	5604051	0,41	0,4
Belgique	5816183	6022440	0,39	0,43
Australie	5769127	4499165	0,39	0,32
Royaume Uni	6570662	6298295	0,36	0,36
Pays Bas	5278874	6660642	0,36	0,48

Source: United Nations Statistics Division - UN Commodity Trade Statistics Database

Note: La différence entre les chiffres totaux et la somme des rubriques de chaque ligne s'explique à cause de quelques données qui restent dans la confidentialité, car certains pays envoient des informations isolées, en séparant le liège naturel des produits issus du liège transformé. En 2005, il n'y a pas encore de données concernant la Tunisie et l'Algérie.

IV.2.2. Importation

Le Portugal est encore le principal importateur mondial de liège, matière première qu'il utilise pour la transformation et ultérieure exportation sous la forme de produits de consommation finale (prêts à l'emploi). En 2008, les importations ont atteint 129 millions d'euros et 59 milles tonnes.

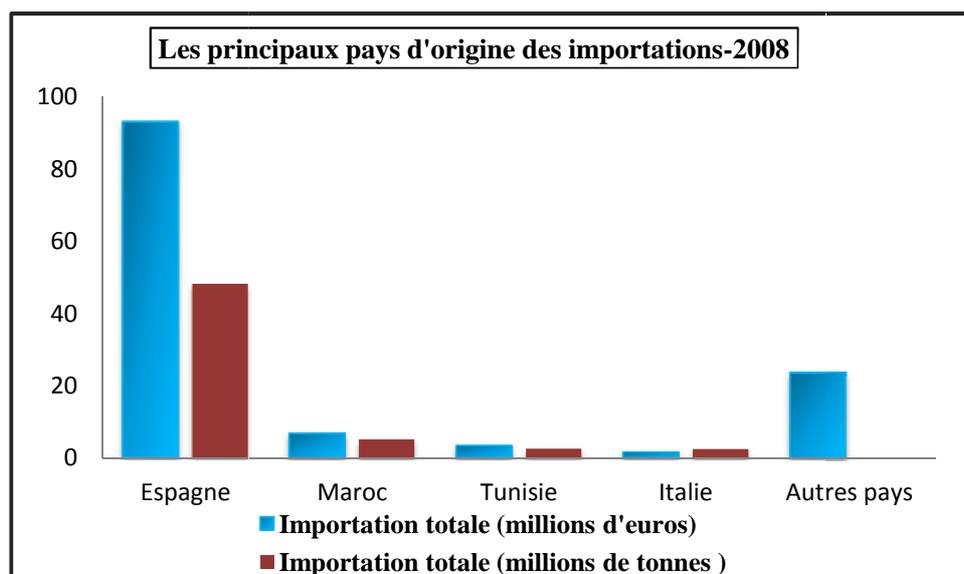


Figure.22-Les principaux pays d'origine des importations de liège -2008

VI.2.3.Prix du Liège

D'après le système d'informations sur le prix des produits forestiers, le prix du liège en piles est en baisse depuis 2003 ; il est fixé aujourd'hui à 27,70 € / par 15 kg (Tableau 6)

Tableau.6- Évolution du Prix de vente et coût d'écorçage du liège de reproduction (pararoba = 15 kg) - valeurs prévisionnelles

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Prix de vente du liège sur l'arbre	34,94 €	36,54 €	38,80 €	42,89 €	36,24 €	30,51 €	33,13 €	31,80 €	31,40 €
Prix du liège sur la pile	43,29 €	44,06 €	41,98 €	44,80 €	39,87 €	36,02 €	33,50 €	32,80 €	31,00 €
Coût de l'écorçage /extraction du liège	2,99 €	3,71 €	4,01 €	4,03 €	4,17 €	4,23 €	4,00 €	4,30 €	4,00 €
Liège mâle	---	---	---	---	4,50 €	5,50 €	6,50 €	6,50 €	6,50 €
Liège brûlé	---	---	---	---	0,10 €	0,50 €	1,75 €	1,75 €	1,75 €
Morceaux	---	---	---	4,00 €	4,50 €	4,50 €	5,00 €	5,50 €	4,50 €

Source: SICOP - Sistema de Informações de Cotações de Produtos Florestais na Produção - * inclut coût de l'extraction du liège.

IV.3.La production du liège en Algérie

L'Algérie a été le deuxième producteur mondial de liège brut après le Portugal avec 40.000 tonnes/an. Sa superficie de chênes-lièges s'est rétrécie pour atteindre pas plus de 225.000 hectares alors qu'elle était estimée à plus de 450.000 hectares qui produisaient un excellent liège brut.

Le dernier inventaire nous indique qu'il est possible de revaloriser environ 440.000 ha de forêts pouvant favoriser le développement du chêne-liège, ce qui représenterait :

- 50 % du patrimoine maghrébin de chêne-liège.
- 22 % du patrimoine mondial de chêne-liège.

La superficie utile productive de chêne-liège en Algérie n'étant maintenant que de 200.000 ha, elle représente moins de 10 % du patrimoine mondial par le fait que :

- le Portugal et l'Espagne ont développé la culture et renouvelé l'espèce.
- Le Maroc et la Tunisie ont maintenu et préservé leur patrimoine.

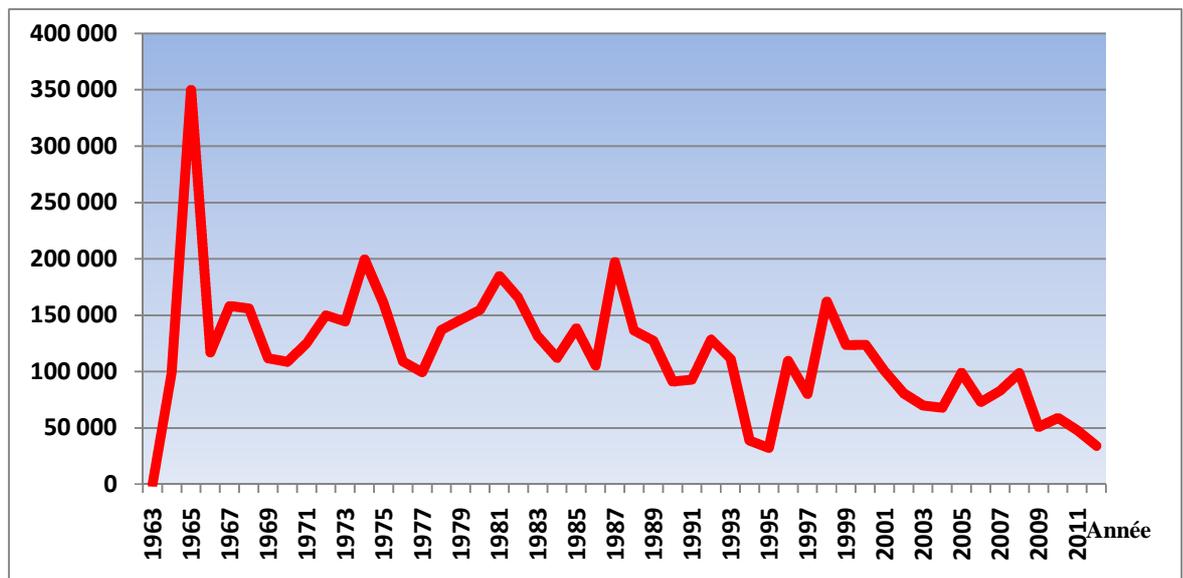


Figure.23- La courbe illustrant la production du liège de l'Algérie (Qx) (période 1963-2012)

Sur un patrimoine mondial forestier de chêne-liège estimé à 2.200.000 ha, l'union européenne exploitait 60 %, elle occupe aujourd'hui 80 % de la superficie mondiale grâce au développement et à l'extension des nouvelles surfaces et une priorisation de ce secteur dans le cadre de sa stratégie agro forestière.

L'entretien approprié et l'extension des surfaces utiles dans les pays d'Europe se sont traduites par des rendements exceptionnels à l'hectare par contre les rendements sont devenus très faibles dans notre pays.

Les investigations que nous avons menées sur le mode d'exploitation du liège dans les pays développés nous indiquent un grand écart de rendement par rapport à notre pays et cela est dû probablement à plusieurs facteurs dont la mise en œuvre de nouvelles techniques d'entretien et d'exploitation auxquelles notre pays n'a pas encore accédé.

Les réserves de liège brut en Algérie sont très importantes, certaines régions très fertiles en liège de qualité ne sont pas exploitées depuis plusieurs années et les difficultés de couverture

de toutes les superficies utiles sont liées surtout aux problèmes conjoncturels qu'a connu l'Algérie durant la dernière décennie dont la crise économique qui s'est accentuée avec notre insertion dans l'économie du marché et par l'ouverture de tous les secteurs économiques à la libre concurrence.

Les réserves Algériennes de liège brut restent donc très importantes et elles constituent un déficit pour le besoin de l'industrie mondiale du liège.

VI.3.3. Conséquences économiques de la situation de ce secteur en Algérie

De l'avis des spécialistes et au terme d'une analyse que nous avons faite sur ce secteur, cette situation engendre des conséquences économiques très préjudiciables à l'industrie du liège dans le monde et en Algérie du fait que :

Au plan de la production, l'Algérie a perdu les $\frac{3}{4}$ de sa production potentielle. A partir d'un volume de 40.000 tonnes il y a quelques années (1938), elle escompte récolter annuellement aux environs de 10.000 tonnes.

Au plan économique, cette situation se répercute sur le niveau des disponibilités mondiales en matière première et par conséquent menace de disparition pure et simple de ce noble métier avec toutes ses conséquences.

Au plan commercial et exportation

Le volume d'exportation de l'Algérie en bouchons naturels notamment est en nette régression privant ainsi le marché d'une quantité jadis appréciable, ce qui favorise l'utilisation du substitut en synthétique.

L'ensemble de ces événements, dont certains sont très complexes n'ont pas eu raison de notre détermination à faire encore des efforts pour préserver et réhabiliter ce noble métier ancestral et protéger cette ressource difficilement renouvelable.

L'Algérie qui est réputée pour avoir été un grand producteur de liège brut de qualité, se retrouve aujourd'hui dans une position affaiblie par la chute de sa production qui est la conséquence de plusieurs facteurs notamment son retard dans les techniques de développement de la subéraie et les contraintes conjoncturelles de tout genre.

Cette situation constitue pour notre pays un handicap difficilement surmontable pour permettre en Algérie de reprendre sa place dans le monde des producteurs de liège.

PARTIE II

**BILAN DES FEUX DE FORÊTS DANS LES MASSIFS
DU NORD EST ALGERIEN
(PÉRIODE 1975~2013)**

Partie II

Chapitre I.

Présentation de la zone d'étude

I.1. Cadre géographique de la zone d'étude

La région d'étude est située au Nord-Ouest de l'Algérie appartenant administrativement aux wilayas de Bejaia, jijel, kikda, Annaba, Taref, Guelma et Souk Ahras; limitée, à l'Ouest par la parallèle $4^{\circ}21' 4''$ Est, à l'Est par la frontière algéro-tunisienne, au Nord par la mer Méditerranée, et enfin au Sud par le méridien $35^{\circ}48'19''$ Nord (figure24).

Faisant partie d'un milieu physique (Est Algérien) caractérisé par un relief en éléments longitudinaux quasiment parallèles, de la mer à l'intérieur se succèdent : le Tell maritime (montagnes surplombant la Méditerranée et plaines côtières), le Tell intérieur (montagnes, collines et bassins intérieurs), les Hautes Plaines (grandes étendues de hautes terres aux environs de Souk Ahras).

Le climat est fortement influencé par la latitude et la continentalité donnant ainsi une variété du climat des zones côtières à l'intérieur des terres.

La nature et la répartition du couvert végétal sont, de manière générale, commandées par ce compartimentage physico-climatique.

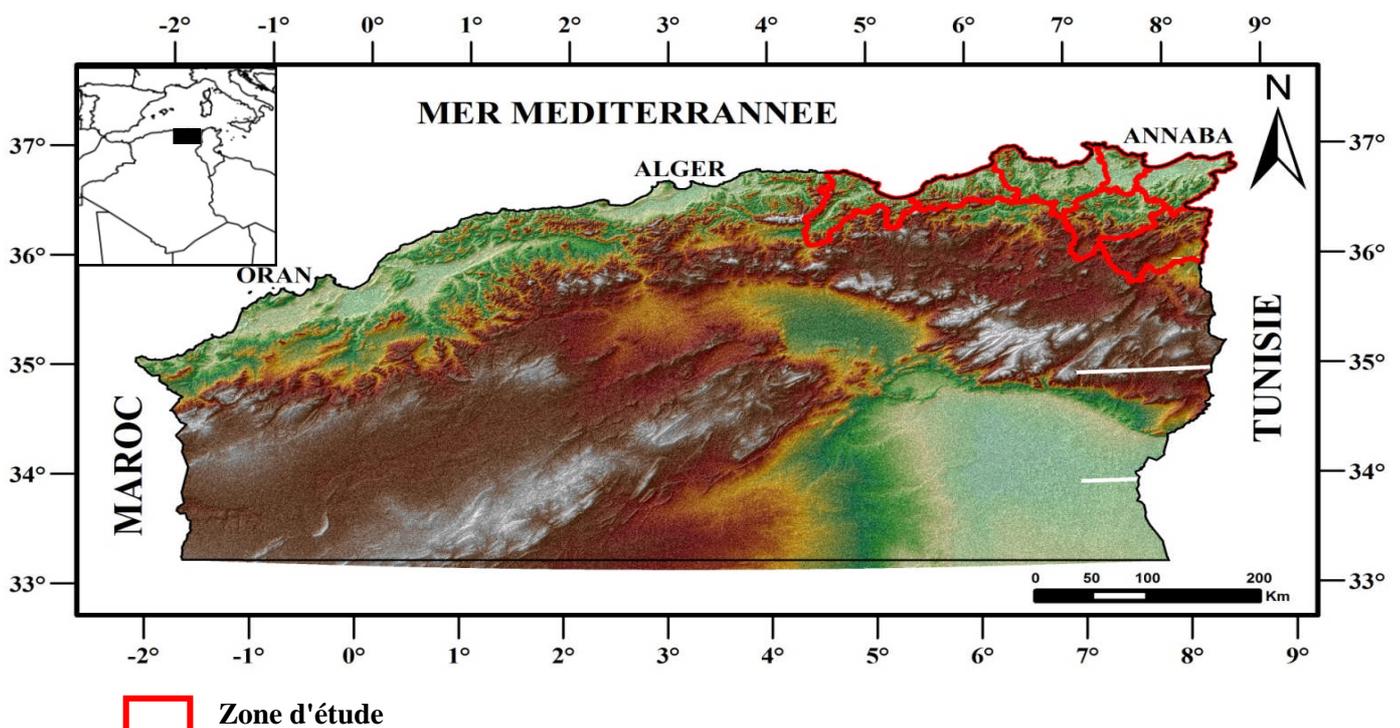


Figure.24- Situation géographique de la zone d'étude

I.1. Le contexte oro-hydrographique

Les reliefs se caractérisent, du Nord au Sud, par leur organisation en éléments quasiment parallèles, que l'hydrographie a souvent entrecoupés de façon perpendiculaire (figure 25).

I.1.1. Les plaines côtières

Elles se succèdent d'Est en Ouest, en unités isolées les unes des autres, par les massifs maritimes. Les trois massifs d'El Aouana, de Bougaroun et de l'Edough ont des positions en saillant dans la mer Méditerranée qu'ils dominent par des versants raides (**Marre A., 1992**).

Les plaines de Guerbès, de Fetzara et d'Annaba, en forme de croissant autour du djebel Edough, sont jalonnées respectivement par la basse vallée du Kébir-Ouest, le Lac Fetzara, la basse Seybouse et la Mafragh.

Il s'agit partout ailleurs de petites plaines côtières correspondant aux basses vallées des oueds : Skikda (Oued Safsaf), Collo (Oued Guebli), El Ancer-Belghimouz (Oued El Kébir), Jijel (Oued Djendjen) et Souk El Tenine (Oued Agrioun).

I.1.2. Les monts tellien

Il longe depuis Béjaïa jusqu'à la frontière tunisienne, sur 300 km environ, la mer Méditerranée, qu'elle surplombe par endroits à la faveur de grandes falaises. Cette chaîne dédoublée (Tell interne et Tell externe) doit son caractère montagnard moins à l'altitude qu'aux vallées et au climat.

Une série de petits cours d'eau parallèles et courts descendent du flanc Nord des djebels bien arrosés et se précipitent en pentes raides vers la Méditerranée.

Des cours d'eau telliens plus importants, avant d'atteindre la mer, entaillent vigoureusement le relief, à l'image de l'oued Agrioun qui emprunte les fameuses gorges de Kherrata dans la chaîne des Babor.

Enfin, de grands cours d'eau descendent des Hautes Plaines et traversent le bourrelet en taillant d'étroites gorges, véritables « goulots d'étranglement » : cluse de Nador par lequel la Seybouse franchit l'écran topographique séparant le bassin de Guelma et la basse Seybouse.

I.1.3. Des Hautes Plaines étendues

Ce sont de vastes étendues planes, compartimentées en une série de bassins individualisés, plus ou moins délimités par des horsts calcaires.

Elles sont topographiquement perchées par rapport aux plaines littorales ou sahariennes, mais toujours dominées par les chaînes Nord et Sud.

Le réseau hydrographique méditerranéen mord largement sur les Hautes Plaines, dans leurs marges Nord, et surtout aux extrémités Est (Oued Medjerda).

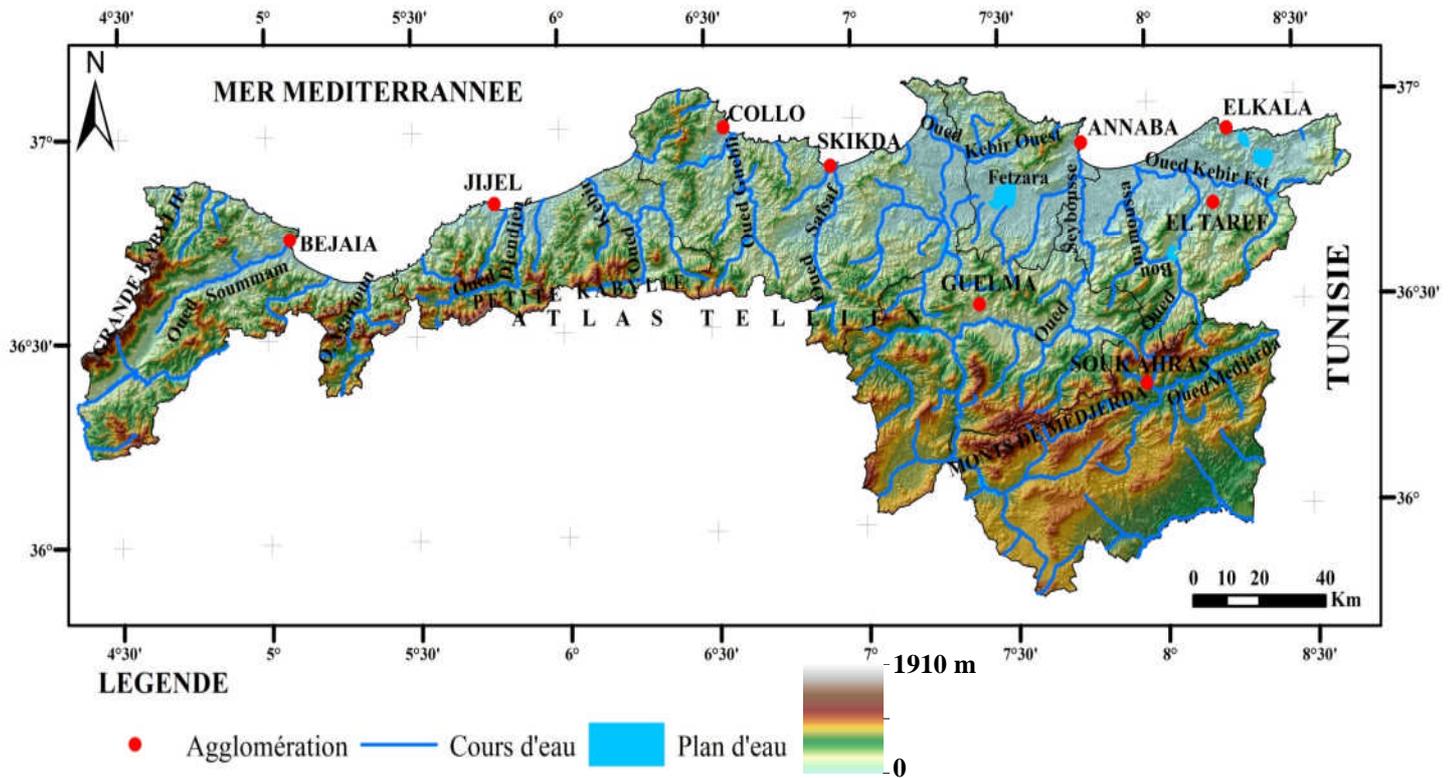


Figure.25- Contexte oro-hydrographique de la zone d'étude vue à travers un Modèle Numérique de Terrain

I.2. le contexte géologique

La nature géologique de la zone d'étude est caractérisée par sa complexité et la nature différenciée des matériaux qui les composent (figure 26).

I.2.1. L'ensemble kabyle ou « domaine interne »

Il comprend le socle cristallin et sa couverture sédimentaire traversé par des roches éruptives (granites, grano-diorites, microgranites, dolérites et rhyolites). Par ailleurs, il est recouvert de lambeaux argilo-gréseux (Oligo-Miocène kabyle, olistostromes, flyschs).

Le socle paléozoïque développé surtout en Petite Kabylie comporte à sa base des formations gneissiques au dessus desquelles se développent une série de gneiss, de marbres, et de micaschistes recouverte par des phyllades. Les niveaux carbonatés du Trias à l'Eocène constituent la dorsale kabyle (chaîne calcaire) affleurant la région Nord de Guelma (Zit Emba)

I.2.2. Le domaine des nappes des flyschs

Ce domaine est composé de deux types d'unités différentes :

- **Les nappes maurétanienne et massylienne** (djebels orientaux des Babor, Petite Kabylie..), séries du Crétacé inférieur formées typiquement de flyschs grésopélitiques ;

- **La nappe numidienne**, séries gréseuses de l'Oligocène qui affleurent largement suivant une orientation SW-NE, allant de Constantine-Guelma jusqu'à la Tunisie (Tabarka) ainsi qu'au NW du Dj. Edough, à l'Est du Cap d'El Aouna.

I.2.3. Les nappes telliennes ou « domaine externe »

Ces éléments structuraux développés sur près de 100 km du Nord au Sud et supportant les empilements « normaux » des flyschs sont découpées par les phases tectoniques tertiaires en trois grandes unités dont seulement deux unités qui affleurent dans notre zone d'étude :

- **Les unités ultra-telliennes** formées par les marno-calcaires clairs représenté le socle cristallin du Djebel Edough « massif cristallin externe » de l'Est de l'Algérie alpine ;
- **Les unités telliennes sensu stricto**, formations marneuses et marno-calcaires du Crétacé avec absence d'intercalations néritiques à caractère prépondérant. Elles couvrent, sur des surfaces considérables, le tiers occidental de la zone étudiée (les chaînons côtiers des Babor)

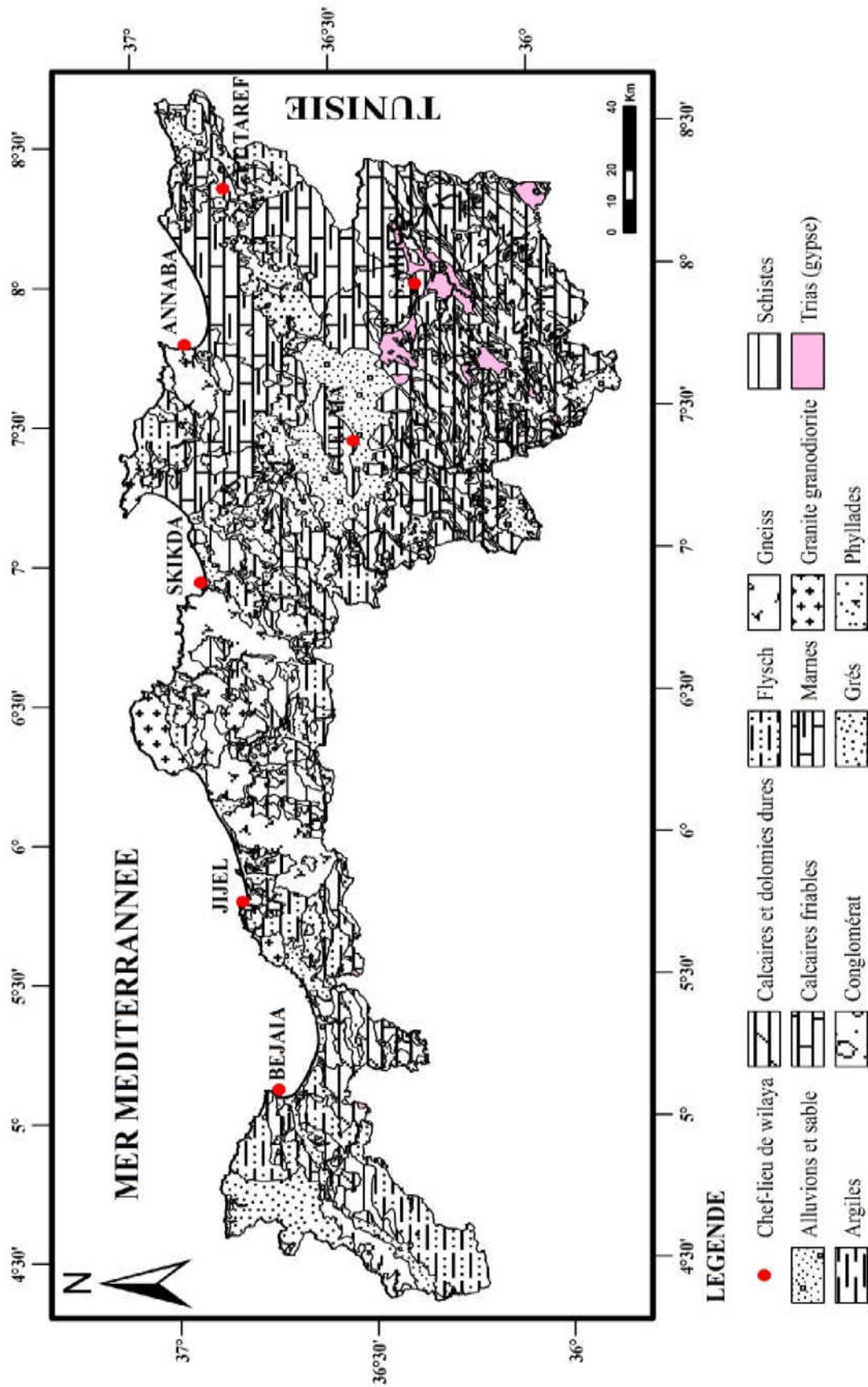


Figure.26- Carte de type de sol extraite de la carte structurale au 1/500000 de la chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-tunisiens

I.2.4. L'avant-pays allochtone ou « avant-pays parautochtones algéro-tunisiens »

- **L'unité néritique constantinoise** : elle se présente sous forme de séries carbonatées épaisses d'une épaisseur cumulée dépassant localement 2 000 m constituant l'essentiel des massifs d'Hammam Meskhoutine et de Guelma ;
- **Les unités de Sellaoua** : ces séries s'étalent largement de Ksar Sbahi à Souk Ahras. Les faciès sont uniformément constitués de marnes et de marno-calcaires.

I.2.5. Les formations autochtones et parautochtones

Les formations autochtones sont caractérisées par une structure plissée développées dans les Monts de Souk Ahras.

Cet édifice complexe est partiellement recouvert par une sédimentation mio-pliocène et/ou quaternaire essentiellement continentale occupant de vastes espaces dans les plaines et les bassins de remplissages.

I.3. Climat

I.3.1. Introduction

La climatologie constitue un facteur important pour la connaissance du devenir des précipitations. Elle repose sur l'interprétation des données des paramètres climatiques mesurés durant une période bien définie, permettant ainsi d'estimer les différentes composantes du bilan hydrique.

Le climat joue un rôle essentiel dans la morphologie du relief, sur la végétation, la genèse et le type de sols et sur les activités agricoles.

Le climat algérien est caractérisé par sa grande variabilité de précipitations et des températures annuelles, cette variation est due essentiellement aux irrégularités topographiques et aux influences opposées de la Méditerranée et du Sahara.

En ce qui concerne notre zone d'étude, les incendies de forêt dépendent pour une bonne part des conditions climatiques dominantes à savoir des étés prolongés (s'étendant de juin à octobre et parfois plus longtemps), avec une absence éventuelle de pluie et des températures diurnes importante réduisent ainsi la teneur en eau de la litière forestière.

I.3.2. Réseau d'observation

Nous avons pris en considération une station climatique pour chaque wilaya de la zone d'étude dont la plupart d'entre elle est contrôlé par l'ONM (Office National Météorologique).

Tableau.7-Caractéristiques des postes pluviométriques de la zone d'étude

Nom de station	Longitude	Latitude	Altitude	Période d'observation
BEJAIA	5.06	36.71	2	1970-2012
IJEL	5.78	36.81	6	1984-2006
SKIKDA	6.95	36.88	7	1970-2012
ANNABA	7.81	36.83	4	1970-2012
ELKALA	8.45	36.90	13	1985-2006
GUELMA	7.46	36.46	228	1985-2006
SOUK AHRAS	7.95	36.28	680	1985-2006

I.3.3. Les précipitations

Les précipitations jouent un rôle décisif dans le bilan hydrique des sols et du végétal.

L'Est algérien est la région la plus variée du pays sur le plan climatique (figure27). Schématiquement, en Algérie les précipitations décroissent du littoral vers l'intérieur du continent, les fortes précipitations sont observés dans les zones montagneuses, allant de Bejaia à Collo, ainsi que dans les tranches d'altitude les plus élevées des Monts de la Medjerda et du massif de l'Edough. La pluie peut atteindre des valeurs supérieur à 1 400 mm sur les hauteurs du massif de Collo, avec cependant des contrées beaucoup plus pluvieuses dans la région extrême Est (El Kala).

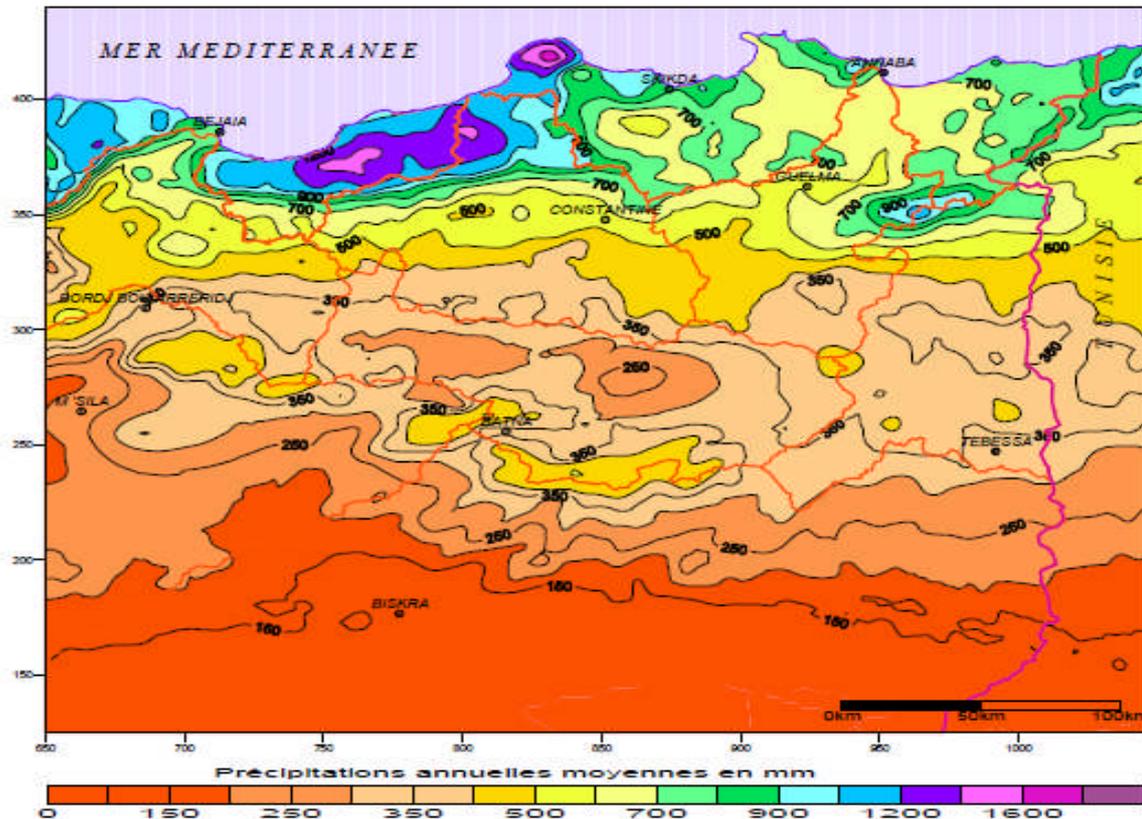


Figure.27-Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien (Mebarki A., 2005) (établie d'après A.N.R.H., 1993 : données moyennes de 60 ans, périodes du 1er septembre 1921 au 31 août 1960 et du 1er septembre 1968 au 31 août 1989).

I.3.3.1. Répartition interannuelle des précipitations

L'étude des variations des précipitations en fonction du temps dans la zone d'étude montre un écart considérable entre années sèches et humides avec une valeur maximale de 1291.7 mm enregistrée dans la station de Souk Ahras (1992) et une valeur minimale de 174.5 mm enregistrée dans la station de Annaba (1973).

Pour les stations de Bejaia, Jijel, Skikda, Annaba, Elkala et Souk Ahras l'année la plus arrosée dépasse les 1000 mm avec respectivement 1107.9 mm (2003), 1199.2 mm (1996), 1148.2 mm (1984), 1126.6 mm (1984), 1023.9 mm (1992) et 1291.70 mm (1992); cependant à Guelma elle est en dessous de 1000 mm où on a enregistré une valeur de 938.5 mm en 2003.

La grande différence entre l'année la plus arrosée et l'année la plus sèche est illustré avec un écart qui voisine les 1000 mm et c'est le cas des stations de Skikda, Annaba.

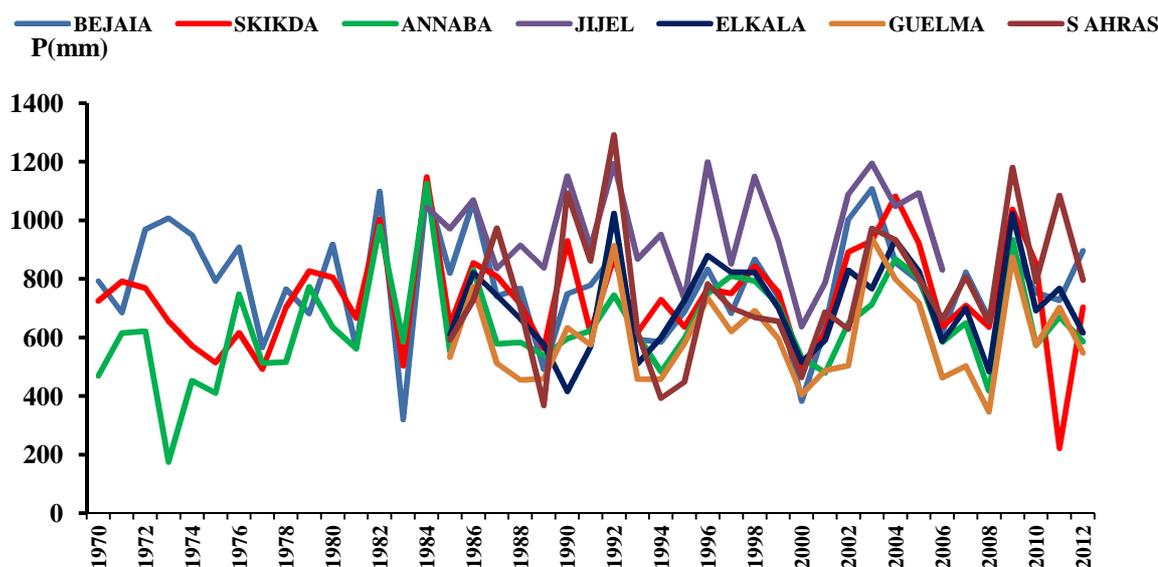


Figure.28- Moyennes interannuelles des précipitations dans les stations de la zone d'étude

Tableau.8- Modules pluviométriques mensuelles dans les stations de la zone d'étude

Stations	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jet	A
Bejaia	51	80	100	126	111	94	81	62	43	13	6	11
Skikda	41,27	72,68	98,95	129,80	114,10	95,89	74,63	60,66	35,34	11,85	2,50	11,48
Annaba	37,43	66,66	86,06	104,11	93,64	78,21	67,30	58,83	37,61	13,97	2,91	7,77
Jijel	60,78	87,32	141,60	190,20	144,68	114,75	76,65	79,50	49,08	13,16	3,76	11,57
S.Ahras	47,98	46,22	65,18	102,05	102,10	88,36	73,92	77,89	62,60	39,12	28,94	34,15
Guelma	39,51	46,09	72,82	82,51	85,43	65,56	62,78	64,95	47,90	18,67	3,61	12,53
Elkala	53,28	76,70	123,57	108,47	94,43	85,19	54,64	64,08	32,91	10,00	2,30	4,74

I.3.3.2. Répartition mensuelle et saisonnière des précipitations

Les valeurs maximales des précipitations s'observent au mois de décembre pour les stations de Bejaia, Skikda, Annaba, Jijel et Elkala. A souk Ahras et Guelma c'est plutôt le mois de Janvier qui est plus pluvieux. Pour les minimales c'est le mois de juillet qui est le plus sec pour toutes les stations.

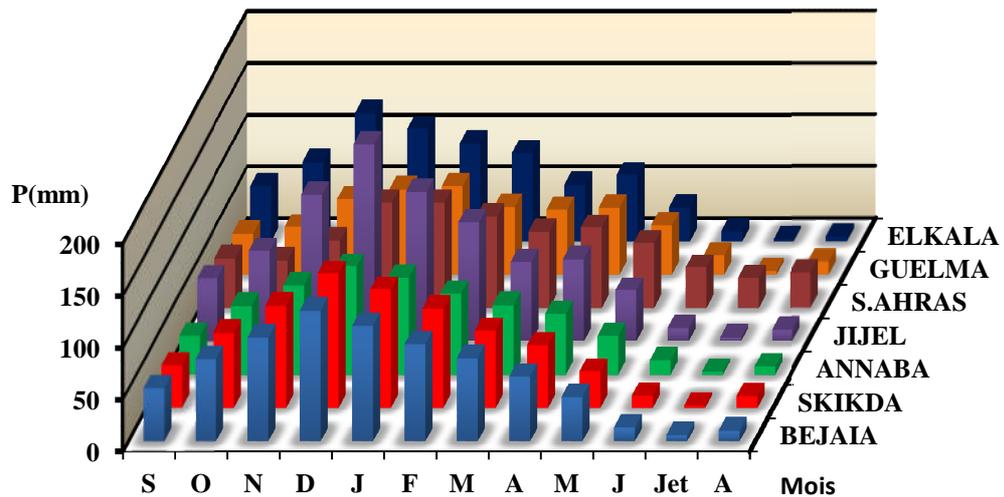


Figure.29- Moyennes mensuelles des précipitations dans les stations de la zone d'étude

L'évolution saisonnière des précipitations montre que la saison hivernale est la plus pluvieuse pour toutes les stations. Ceci est dû à la position géographique de la zone d'étude qui se trouve dans la zone bioclimatique humide à sub-humide.

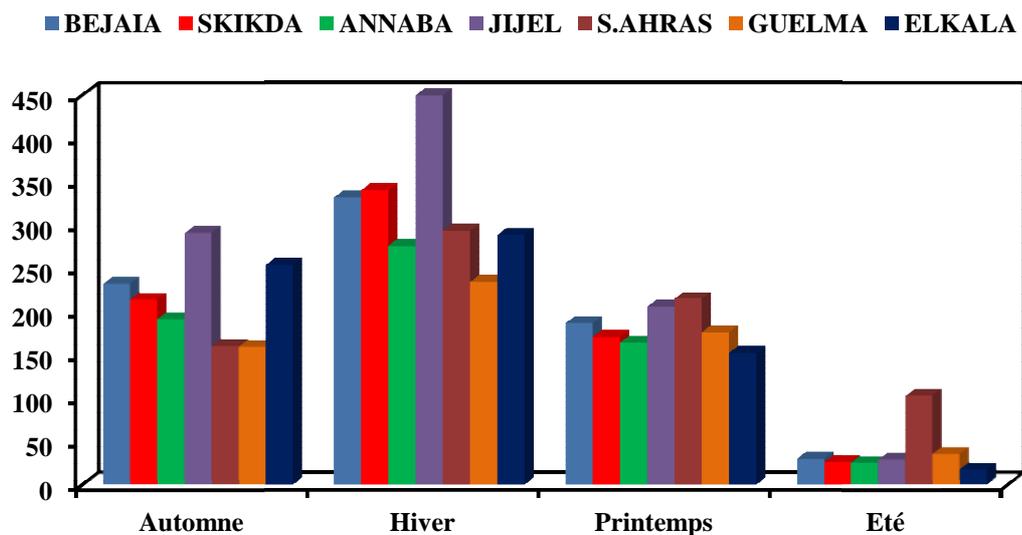


Figure.30- Répartition saisonnière des précipitations dans les stations de la zone d'étude

I.3.4. Les températures

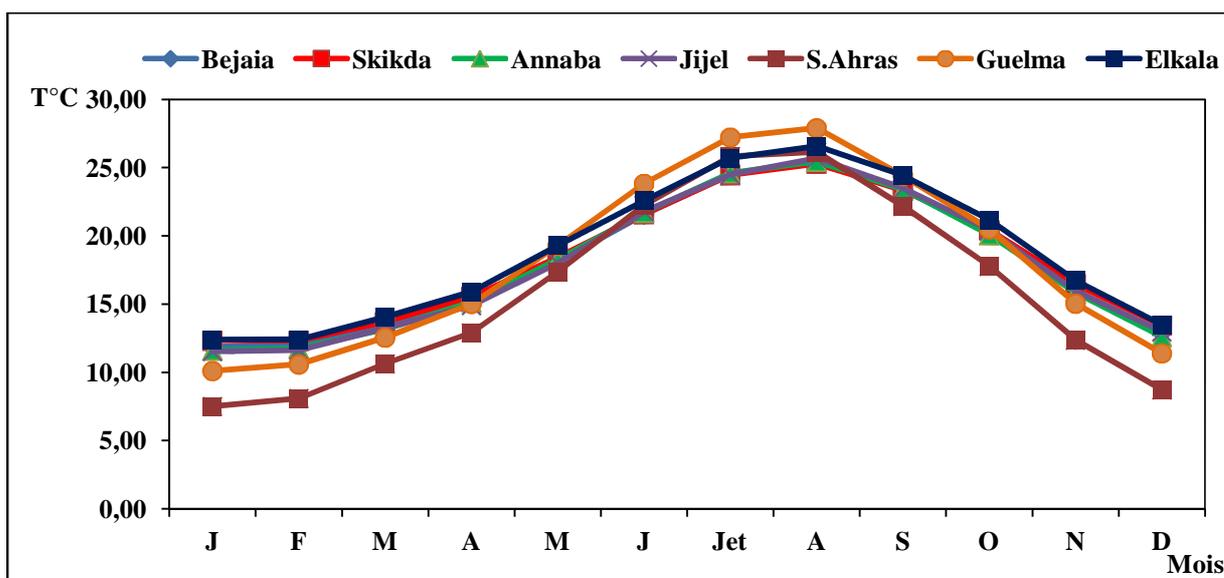
Les températures sont l'un des éléments majeurs influençant le climat d'une région, notamment par la distinction des saisons sèches et humides. Les températures moyennes, mensuelles et annuelles régissent directement, en interaction avec les autres facteurs météorologiques (précipitation, insolation, etc...) par l'augmentation de la température des combustibles, diminution de la teneur en eau et la réduction de l'humidité atmosphérique.

Les données de température dont nous avons pu disposer figurent sur le tableau suivant :

Tableau.9- Moyennes mensuelles des températures dans les stations de la zone d'étude

Stations	J	F	M	A	M	J	Jet	A	S	O	N	D	Moyenne
Bejaia	11,87	12,13	13,54	15,06	18,09	21,57	24,49	25,40	23,40	20,21	15,97	12,89	17,87
Skikda	12,33	12,32	13,70	15,54	18,45	21,60	24,46	25,29	23,36	20,42	16,46	13,44	18,11
Annaba	11,61	11,76	13,18	15,13	18,27	21,71	24,60	25,45	23,41	20,06	15,81	12,61	17,80
Jijel	11,55	11,63	13,24	14,90	18,02	21,79	24,50	25,69	23,48	20,41	15,96	12,98	17,85
S.Ahras	7,52	8,10	10,64	12,91	17,37	22,26	25,84	26,16	22,17	17,79	12,37	8,73	15,99
Guelma	10,11	10,59	12,56	15,03	19,29	23,83	27,22	27,90	24,41	20,49	15,05	11,40	18,16
Elkala	12,41	12,40	14,06	15,91	19,30	22,58	25,72	26,58	24,42	21,17	16,74	13,49	18,73

Le tableau 9 exprimé par la figure ci-dessous montre une variation homogène et très proche des températures entre les stations où l'influence de le méditerrané est très net, cependant la continentalité est traduite par un détachement des deux stations de Souk Ahras et Guelma avec des températures hivernales plus basses et un max de température enregistré dans la station de Guelma (27.90°C).

**Figure.31-** Moyennes mensuelles des températures dans les stations de la zone d'étude

I.3.5. Relation température – précipitation

I.3.5.1. Diagrammes ombrothermiques

Cet indice tient compte des moyennes mensuelles des précipitations (P en mm) et de la température (T en °C) et donne une expression relative de la sécheresse estivale en durée et en intensité. Celle-ci est appréciée à travers un indice de sécheresse S (*indice ombrothermique*) calculé en faisant la différence entre les courbes P et T pour le ou les mois les plus secs ($P = 2T$).

Un mois donné est considéré comme sec quand $P < 2T$ c'est-à-dire quand l'évapotranspiration potentielle (ETP) est supérieure aux précipitations. Inversement, quand $P > 2T$, le mois est considéré comme humide. Cette représentation met en évidence les périodes sèches et les périodes pluvieuses. On souligne une période sèche, chaque fois que la courbe des précipitations passe au-dessous de la courbe des températures.

La combinaison des précipitations et des températures caractérise le rythme climatique à saison froide et humide qui s'oppose à la saison chaude et sèche.

La figure suivante présente, les diagrammes ombrothermiques correspondant à chacune des wilayas de la zone d'étude :

Dans la plupart des stations la période sèche s'étale du mois de mai jusqu'au mois de septembre, le reste représente la période humide; notant que la période sèche est moins intense et un peu courte (début au début du mois de Juin) dans les stations de Jijel et Souk Ahras par rapport aux autres stations en raison de leur position géographique des zones les plus arrosées en Algérie (figure 27).

Vers Guelma la période sèche s'étend jusqu'au mois d'octobre avec des températures un peu plus élevées et cela s'explique aussi par la position géographique (latitude et continentalité) de cette wilaya qui est beaucoup plus influencé par l'aridité qui remonte du sud.

I.3.5.2. Quotient pluviothermique d'Emberger

L'indice d'Emberger définit le degré d'humidité du climat. Il prend en compte les précipitations annuelles P , la moyenne des maxima de température du mois le plus chaud (M) et la moyenne des minima de température du mois le plus froid (m). Comme pour l'indice xérothermique de Gaussen, il est plus particulièrement adapté aux régions méditerranéennes dans lesquelles il permet de distinguer différents étages climatiques. on utilise le climagramme de L.Emberger qui est un abaque comportant en ordonnées le Q_2 donnée par la relation :

$$Q_2 = 100P / (M - m)(M + m)$$

M: moyenne du maxima du mois le plus chaud en degré absolu °C.

m: moyenne du minima du mois le plus froid en degré absolu °C.

P: précipitation annuelle en **mm**.

Et en abscisse, la moyenne des minimas de la saison la plus froide (hiver) en °C.

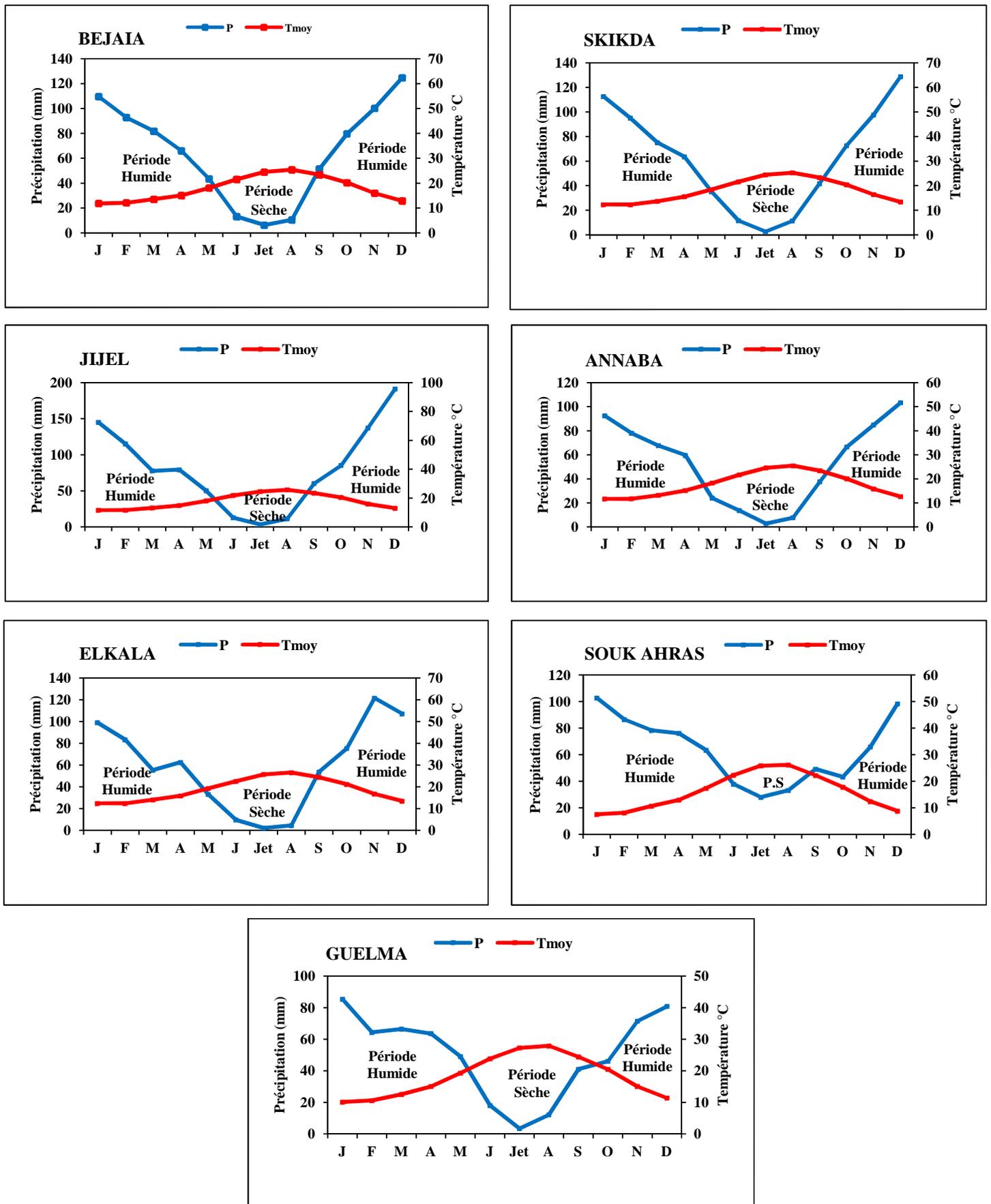
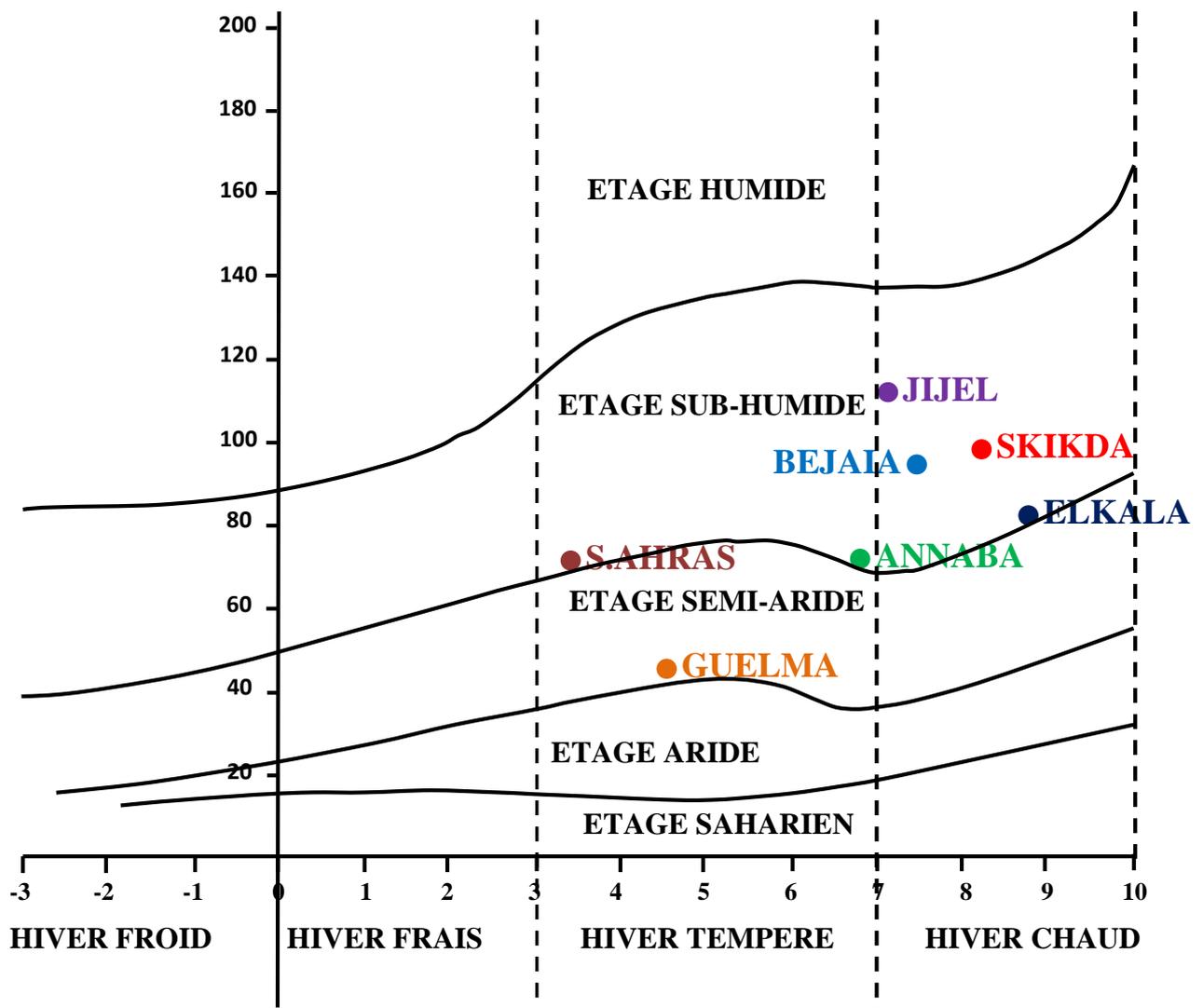


Figure.32-Diagrammes ombrothermiques représentant les périodes sèches et humides dans les stations de la zone d'étude

Tableau.10- Quotient pluviométrique et étages bioclimatiques de la zone d'étude.

	P(mm)	m°C	M°C	Q ₂	ETAGE BIOCLIMATIQUE	VARIANTE
BEJAIA	778,69	7,46	29,88	93,03	SUB-HUMIDE	CHAUD
SKIKDA	749,15	8,28	29,26	95,09	SUB-HUMIDE	CHAUD
ANNABA	654,51	6,84	31,10	71,11	SUB-HUMIDE	TEMPERE </td
JIJEL	973,05	7,12	30,61	109,79	SUB-HUMIDE	CHAUD
S.AHRAS	768,51	3,44	33,37	69,73	SUB-HUMIDE	TEMPERE
GUELMA	602,38	4,66	36,37	46,31	SEMI-ARIDE	TEMPERE
ELKALA	710,31	8,80	30,83	81,38	SUB-HUMIDE	CHAUD

D'après le diagramme d'Emberger (Figure33), on constate que notre zone d'étude est caractérisée par un climat Sub-humide tempéré (Annaba et Souk Ahras) à chaud (Bejaia, Jijel, Skikda et Elkala) à l'exception vers Guelma où le climat est plutôt semi-aride tempéré, ceci est due à la position géographique de cette dernière et l'influence de la continentalité à la différence des autres wilayas où la mer joue un rôle déterminant sur le climat (Figure 34).

**Figure.33-** Climagramme d'Emberger

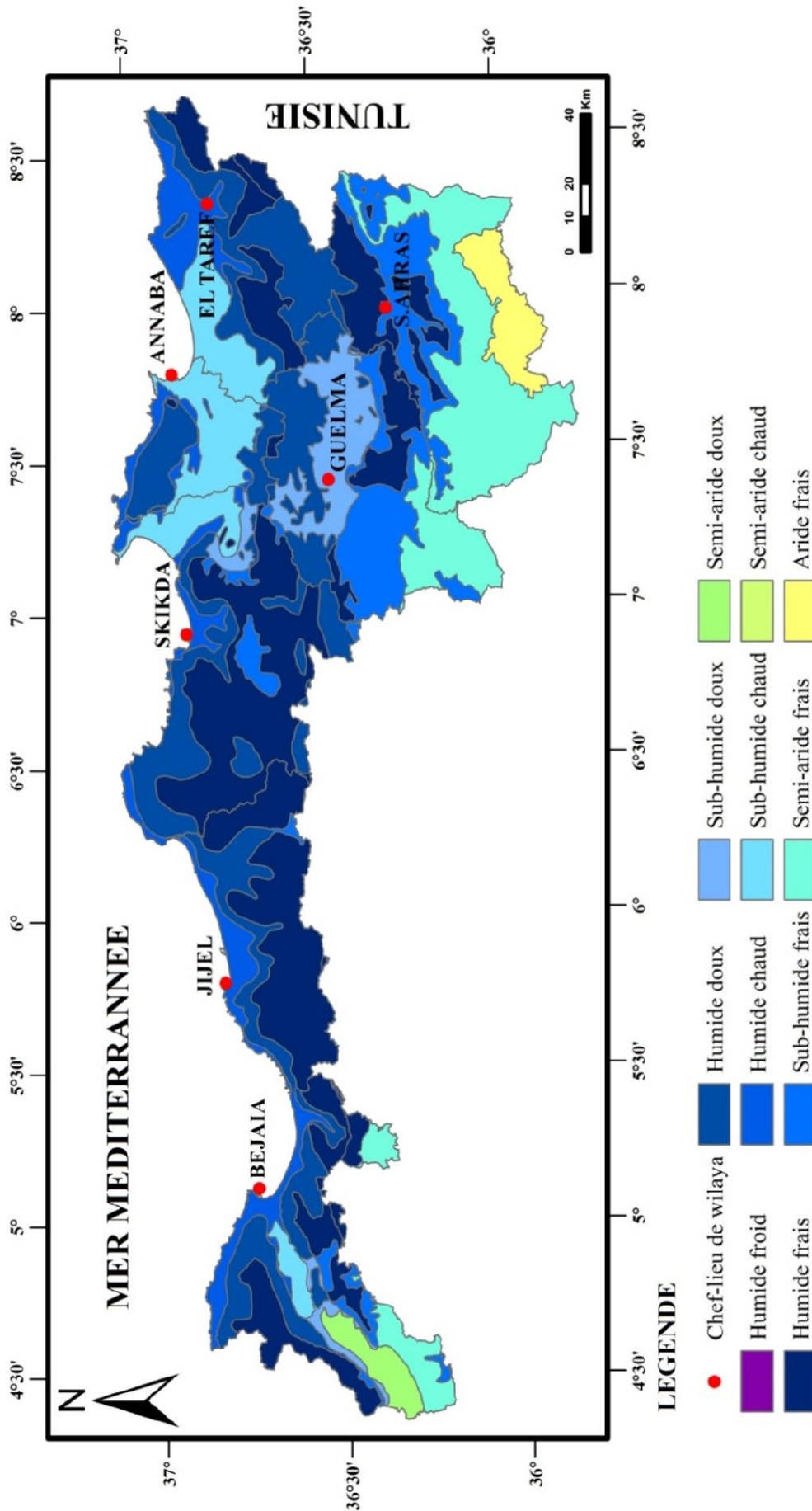


Figure .34- Etages bioclimatiques de la zone d'étude (BNEDER 2009)

I.4. Occupation des terres et formations forestières

I.4.1. Occupation des terres

L'occupation des terres (Figure35) est récapitulée par wilaya de la zone d'étude dans le tableau ci-dessous :

Tableau.11- Occupation des terres dans les wilayas de la zone d'étude

Wilaya	Terres forestières		Terres agricoles		Les parcours		Terres improductives	
	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie (ha)	Superficie (%)
Bejaia	118 436	36.60	166256	51.38	32851	10.15	6025	1.86
Jijel	137457	57	59053	25	39806	17	3576	1
Skikda	222837	54	169117	41	5461	1	16226	4
Annaba	74056	52	51786	37	-	-	5322	4
Guelma	99 014	27	239 631	65	26 323	7	3 340	1
ELTarf	178 764	62	91098	32	-	-	18410	6
Souk Ahras	88938	21	301580	71	28215	7	3610	1

Source: BNEDER

D'une manière générale on peut dire que les terres de la zone d'étude se répartissent comme suit:

- **Terres agricoles constituées** de cultures et de cultures associées aux parcours occupent environ **1078521 Ha** soit **51.73 %** de la superficie totale de la zone d'étude.
- **Terres forestières (forêts, maquis et reboisements)** qui couvrent une superficie de **820488 Ha** avec un taux de boisement de **39.36 %**.
- **Terres de parcours** occupent une superficie de **132656 Ha** soit **6.36 %** de la superficie totale.
- **Terres improductives** (terres urbanisées, terrain rocheux et plan d'eau.....) sur une superficie de **53169 Ha** soit **2.55 %** de la superficie totale.

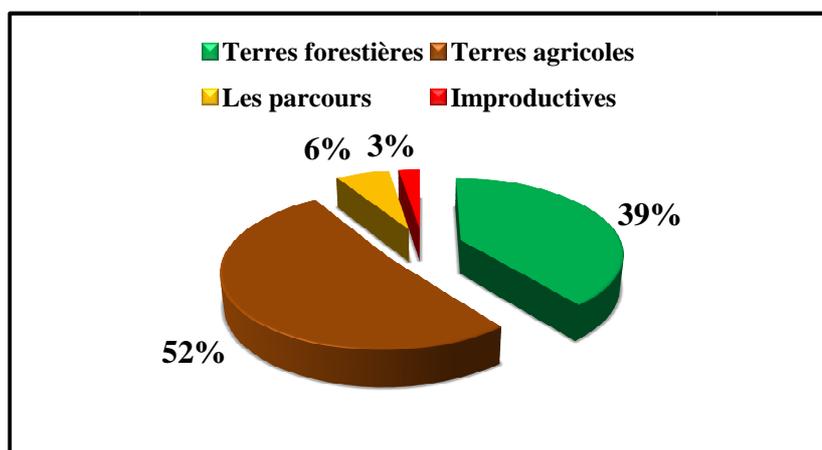


Figure.35- Répartition des terres dans la zone d'étude

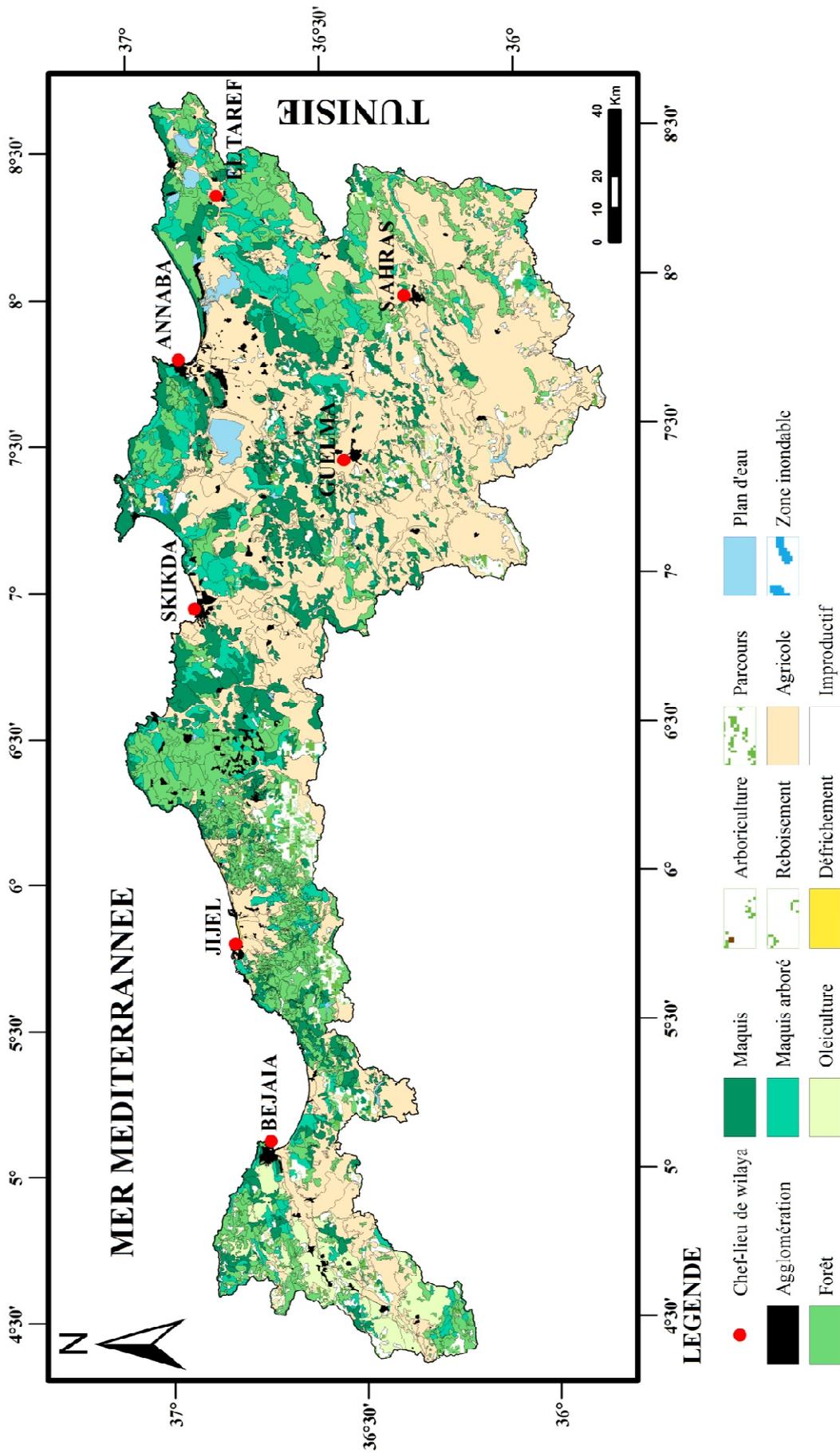


Figure .36- Carte d'occupation du sol de la zone d'étude

I.4.2. Caractérisation générale des formations forestières

Les formations forestières (figure37) couvrent une superficie de 820488 Ha, soit un taux de boisement de la wilaya de 39.36%.

La strate arborescente qui correspond aux forêts naturelles et aux reboisements occupe 47.44 % de la superficie totale et qui se caractérisent par une diversité des essences et une dynamique de croissance.

La strate arbustive formée de maquis et de maquis arborés couvre 52.56 % de la superficie totale des formations forestières.

I.4.2.1. Répartition des formations forestières par essences (figure37)

A. Bejaia :

- Le Chêne liège constitue l'essence prédominante, il occupe 33 943 Ha soit 10.5 % des superficies du territoire de la wilaya et représente un quart des formations forestières;
- Le Pin d'Alep occupe 19 456 Ha soit 16.42 % de la superficie forestière totale ;
- Le Chêne zeen occupe 6221 Ha et le Chêne vert 11 720 Ha, le reste des formations forestières est composée d'autres essences à savoir le Cèdre, le Cyprès et l'Eucalyptus. sur une superficie totale de 1110 Ha.

B. Jijel

- Le Chêne liège constitue toutefois l'essence dominante et occupe près de 79 % des superficies forestières totales;
- Le Chêne zéen occupent un peu plus de 14% de la superficie forestière totale et constituent de ce fait la seconde essence de par son importance.
- Le reste des forêts est composé d'essences pures ou mélangées de Chêne vert, de Chêne afares et de Pin maritime.

C. Skikda

- Le Chêne liège constitue l'essence prédominante, il occupe près de 77 % des superficies du territoire de la wilaya;
- Le Pin maritime occupe 7 % de la superficie forestière totale;
- Le Chêne liège pin maritime occupe 7%;

- Le reste, soit 9 % est constitué de peuplements purs ou mélangés de Chêne Zéen, d'Eucalyptus et d'Aulnes.

D. Annaba

Du point de vue des essences forestières, le Chêne liège parfois en mélange au Chêne Zéen est largement dominant et occupent près de 70 % des superficies forestières.

Les autres essences forestières d'une superficie moins importante, sont l'Eucalyptus (13%) et le Chêne zéen (7%), Pin maritime 6%, et reboisements de Pin pignon 2%.

E. Guelma

Du point de vue essences forestières les formations de Chêne liège sont dominantes. Elles occupent une superficie de 10 600 Ha soit environ 55 % des superficies.

Les autres essences inventoriées sont réparties comme suit :

- Peuplements mélangés de Chêne-liège et de Chêne -zéén (2 999 Ha) ;
- Pin d'Alep: 3 603 Ha ;
- Eucalyptus : 1 051 Ha ;

Peuplements mélangés (Pin d'Alep, Cyprès, Eucalyptus,....) présentant une superficie de 4 909 Ha.

F. El Taref

Du point de vue des essences forestières, les formations de Chêne liège sont largement dominantes. Elles occupent une superficie de 52581 Ha soit 67 % des superficies forestières.

Les autres essences de moindre importance sont le Pin Maritime, l'Eucalyptus, le Chêne zéen, l'Aulne, le Frêne et le Peuplier.

- Chêne liège: 51 809Ha (66%)
- Chêne liège mélangé au Pin maritime : 483 Ha (1%)
- Chêne liège mélangé au Chêne vert : 289 Ha
- Chêne zen: 5 420 Ha (7%)
- Eucalyptus : 9 147Ha (12%)
- Aulne: 963 Ha (1%)
- Pin Maritime: 9 Ha
- Pin Maritime mélangé au Pin Pignon : 325 Ha (1%)
- Frêne : 19 Ha (2%)
- Peuplier: 88Ha

Les espèces du maquis sont la Philaire, le Chêne kermès, le genévrier de phoenicie, le Genévrier oxycedre , le lentisque , Bruyère , Oléastre, le ciste, le retam , Calycotome et le Myrte.

G. Souk Ahras

La répartition des superficies forestières par essence fait ressortir une certaine diversité du point de vue des essences. Le Pin d'Alep constitue toutefois l'essence dominante et occupe 69 % des superficies forestières totales (forêts proprement dites et reboisements).

Le Chêne liège et le Chêne Zéen représentent respectivement 18 % et 8% de la superficie forestière totale.

Les autres essences pures ou mélangées sont :

- Chêne liège en mélange au Chêne Zéen sur 2 142 Ha (3%)
- Pin d'Alep en mélange avec le cyprès : 553 Ha (1 %)
- Cyprès : 469 Ha (1%)
- Cèdre : 315 Ha (il s'agit d'un peuplement au stade perchis clair)

Les maquis arborés qui résultent de la dégradation des forêts sont constitués de :

- Maquis arborés de Pin d'Alep : 9 963 Ha
- Maquis arborés de Chêne liège : 3 842 Ha

Les trois espèces dominantes du maquis sont le Chêne vert, lentisque, le ciste et la philaria.

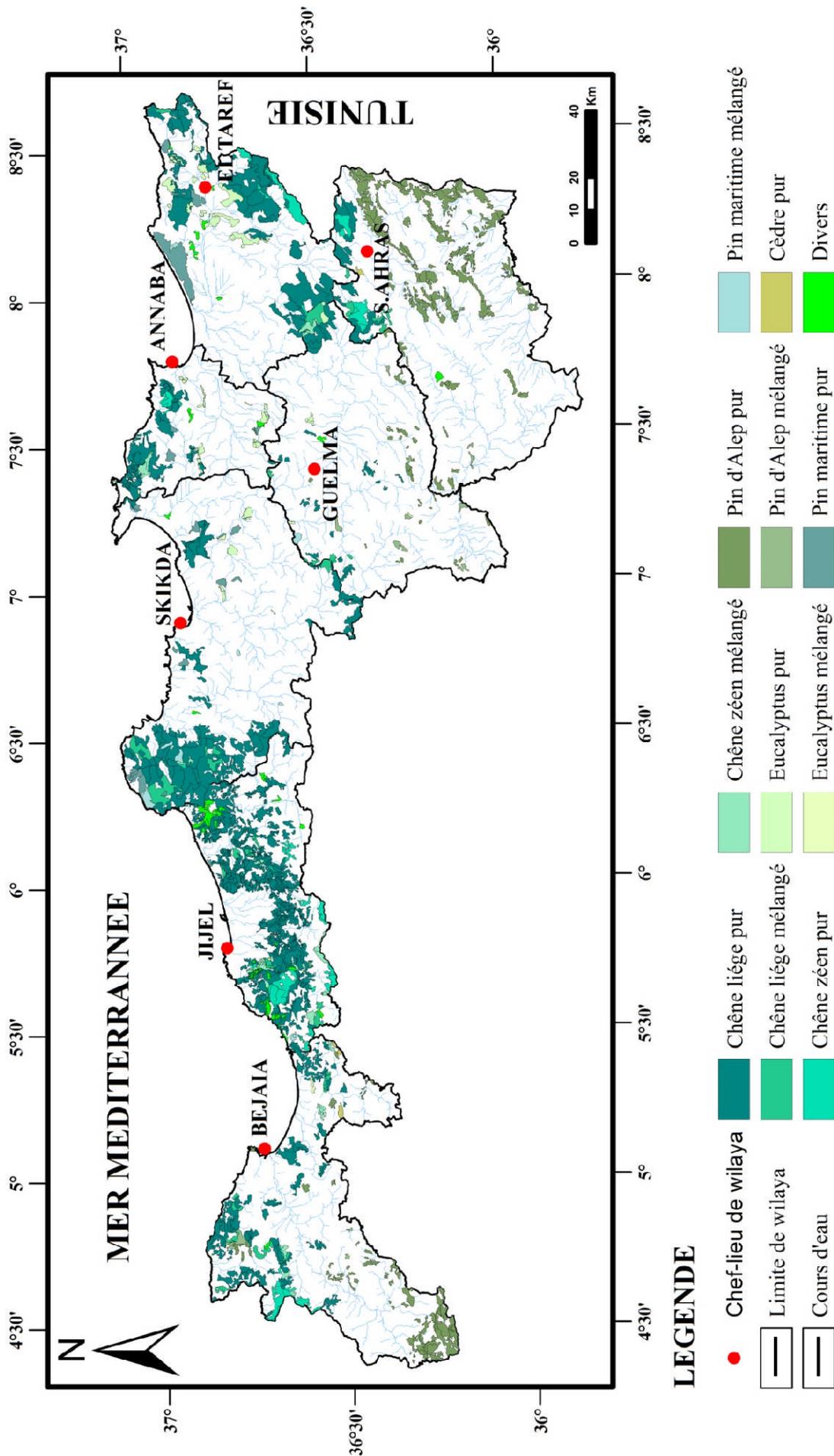


Figure .37- Répartition des formations forestières par essences

Partie II

Chapitre II.

Bilan global des feux de forêts dans les subéraies de l'Est algérien

(Période 1975-2013)

II.1. Les incendies de forêts en Algérie

II.1.1. Introduction

Comme dans toute la région méditerranéenne, l'incendie constitue en Algérie le plus grand facteur de dégradation des forêts.

Les superficies de forêts brûlées en moyenne par an sont de 25.000 à 30.000 hectares. Les incendies provoquent une perte économique, et provoquent la dégradation de la végétation et des sols, l'installation de l'érosion pour aboutir à la longue à la perte de surfaces boisées, la steppisation et la désertification.

La vulnérabilité des forêts aux incendies varie d'un massif forestier à l'autre suivant :

- L'essence (les résineux étant plus sensibles que les feuillus) ;
- Le type et l'âge des peuplements (les jeunes Pin d'Alep sont beaucoup plus inflammables que les arbres adultes) ;
- L'importance et la nature du sous bois plus ou moins riche en espèces inflammables : un sous bois dense se desséchant en été est un facteur prédisposant ;
- Les versants à exposition Sud qui sont à climat plus sec et plus chaud sont plus exposés que les autres expositions ;
- L'importance de la densité de la population et du cheptel, l'homme étant responsable de la plupart des incendies soit involontairement, soit volontairement (feux allumés par les éleveurs pour la régénération et l'extension des pâturages) ;
- Zones à relief accidenté, mal desservies en pistes et éloignées des centres opérationnels.

Tout ceci montre l'intérêt d'une étude sur la délimitation cartographique des zones forestières sensibles et haut risque, et donc celles où il faudra concentrer les actions de prévention et les moyens de lutte contre les incendies.

II.1.2. Bilan des incendies de forêts en Algérie (période 1963-2013)

La destruction progressive du couvert forestiers est liée à des facteurs anthropiques quelque fois naturels et ce malgré la réalisation d'importants programmes forestiers.

Nous allons tenter par une approche statistique descriptive des données d'analyser l'évolution temporelle des feux de forêts, afin de déceler les tendances générales de cette évolution et en particulier de mettre en évidence s'il y a ou non aggravation des feux de forêts. Les résultats obtenus permettront une meilleure connaissance de ce facteur écologique naturel et pourront ainsi servir à une amélioration de la gestion des feux de forêts.

Enfin, sur le plan méthodologique, le phénomène « incendie de forêts » est habituellement caractérisé par trois paramètres, à savoir : la surface brûlée et le nombre de feux, exprimés par une moyenne annuelle ou une somme pour une période donnée, auxquels on adjoint souvent la surface unitaire par feu (ou feu moyen), qui est le rapport des deux premiers et surtout un indicateur de la gravité relative des incendies. (Meddour, *et al*,2008)

La forêt algérienne a perdu 1 728 9001 ha entre 1963 et 2013 avec un nombre total d'incendies déclaré de 60113 (figure 38,39).

II.1.2.1. La répartition annuelle des incendies de forêts en Algérie suivant le nombre de foyers (période 1963-2013)

Pour la période de 1963 au 2013, on a enregistré un cumul de 60113 feux, soit une moyenne de 1202 feux/an. Une dizaine d'années surpassent très largement cette moyenne annuelle, comme lors des années successives 1992, 1993, 1994 ,2008, 2009, 2010, 2011, 2012 et 2013 où la fréquence a atteint des sommets vertigineux dépassant les 2 000 feux/an, plus spécialement en 2012 avec un score absolu de 5110 feux ! Des fréquences annuelles des feux très élevées se sont encore présentées plus tard et pendant 4 années successives de 1997 à 2000 et de 2004 à 2007 (1 400 à plus de 2 000 incendies/an). La tendance générale pour cette période est hélas sans équivoque : une hausse exponentielle de la fréquence annuelle des feux (figure38).

Les événements politiques ayant ébranlé le pays, au début des années 90 surtout, sont responsables des l'embrassement des massifs forestiers. Aujourd'hui encor beaucoup d'incendies sont volontairement provoqués par les militaires dans la cadre de l'opération de rétablissement de la paix sociale. Ceci ressort parfaitement sur le graphique donnant le nombre d'incendie (figure38).

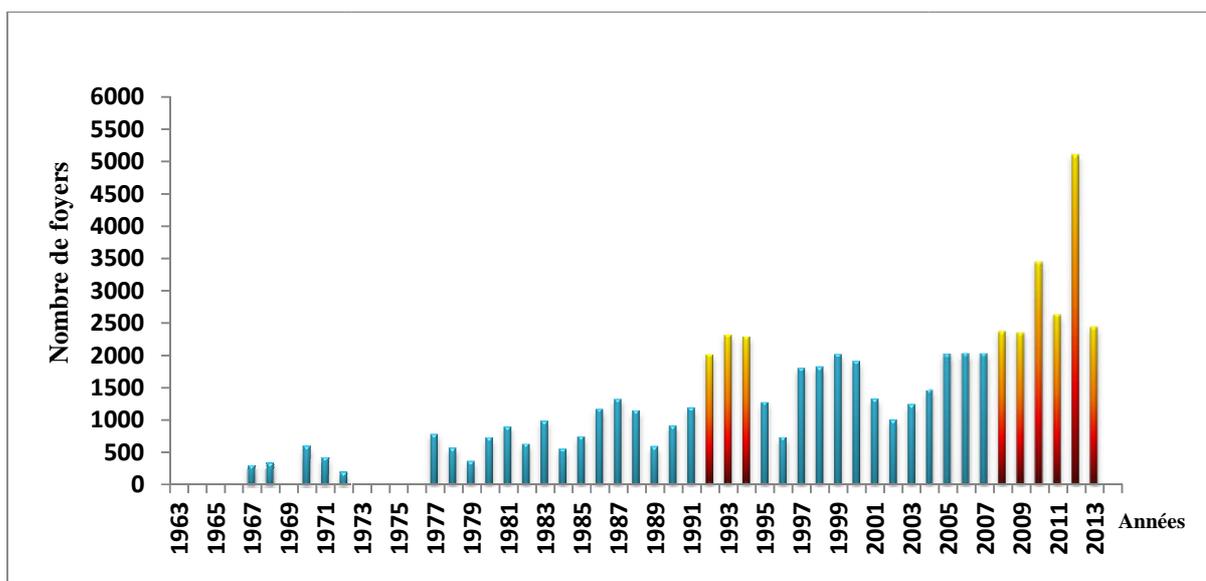


Figure.38- Histogrammes illustrant les nombre de foyers en Algérie (période 1963-2013)

II.1.2.2. La répartition annuelle des incendies de forêts en Algérie suivant les superficies incendiées (période 1963-2013)

La superficie forestière totale incendiée durant la période 1963-2013 (50 ans) est évaluée à 1 728 901 ha, le feu a donc détruit en moyenne 34578 ha/an. Après l'indépendance, la forêt algérienne a donc connu une relative accalmie, puisque les superficies brûlées ont diminué par rapport à la période coloniale, où la moyenne annuelle était, de 41 258 ha (soit 16 % de moins) (Meddour et al, 2008).

Les années 1983 et 1994 qualifiées d'années noires de la forêt algérienne, ont enregistré des records en termes des superficies brûlées (221 367 ha, 271 598 ha respectivement). Ces deux années à elles seules, totalisent 492 965ha soit un taux de 29% sur le total de période allant de 1963 à 2013. Mais, lors de certaines années néfastes, notamment 1965, 1967, 1971, 1977, 1978, 1993, 2000,2007 et 2012, la forêt algérienne a été touchée par de grands feux, dépassant largement la moyenne de la période 1963-2013, soit entre 40 000 et 90 000 ha (figure 39).

De telles surfaces brûlées « hors du commun » peuvent être dues, du moins en grande partie, à des conditions climatiques très favorables au déclenchement et à la propagation du feu (sécheresse persistante depuis plusieurs années consécutives, épisodes venteux, canicules). En effet, selon Kacha (1990), l'Algérie a connu 6 années de sécheresse durant la décennie 80, où le déficit hydrique a atteint un niveau critique évalué à moins 25 % du volume annuel en moyenne. Pour sa part, Ait Mouhoub (1998) note également que la sécheresse était bien marquée en Algérie dans les années 1980, où le déficit pluviométrique variait selon les régions (Centre, Est et Ouest) entre 15 et 26 %.

Quant à l'année critique 1994, la xéricité¹ climatique peut expliquer naturellement les incendies catastrophiques qui ont marqué notre pays et d'autres régions méditerranéennes, comme par exemple l'Espagne (Velez, 1995) ou la Corse (Ningre, 1996). Néanmoins, il est connu depuis longtemps (cf. Marc, 1916) que dans les périodes de troubles politiques, les forêts paient toujours un lourd tribut aux incendies. D'ailleurs, Ramade (1997) stigmatise les désordres politiques qui, comme en Algérie, sont « depuis 1992 à l'origine de plusieurs incendies ayant ravagé de vastes forêts, en particulier en Kabylie ».

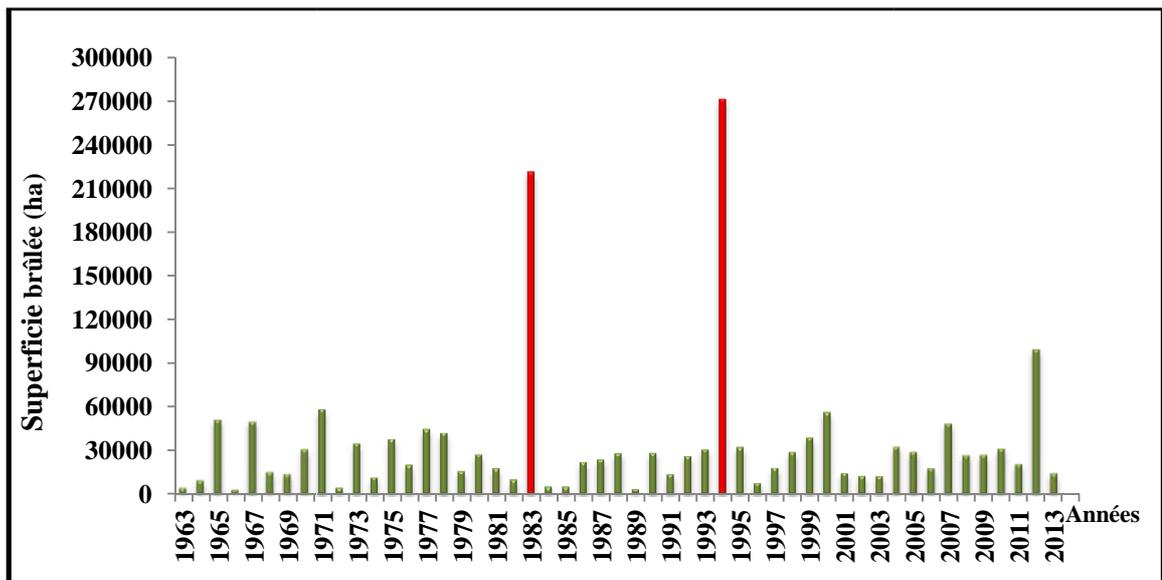


Figure.39- Histogrammes illustrant la superficie incendiée en Algérie (période 1993-2013)

II.1.2.3. L'évolution annuelle du feu moyen (la surface unitaire par feu) en Algérie (période 1963-2013)

Le feu moyen est de 28 ha, pour la période 1963-2013. Toutefois, on enregistre trois valeurs maximales « extraordinaires » de 223,6 ha/feu, 176 ha/an et 118,8 ha/feu, correspondant respectivement aux années les plus néfastes 1983, 1967 et 1994 (figure40). La tendance générale pour cette période est manifestement à la baisse.

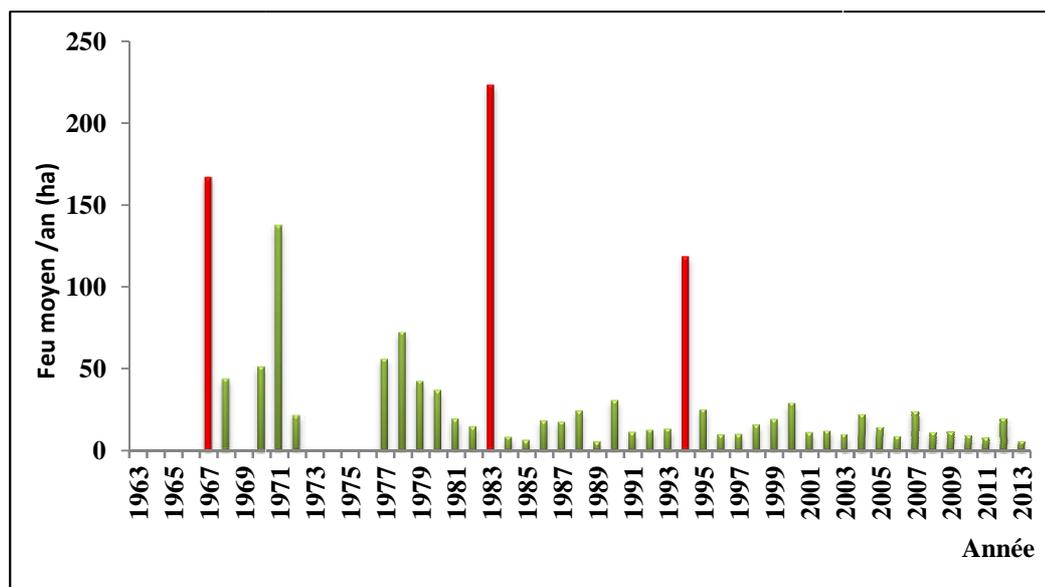


Figure.40- Histogrammes illustrant L'évolution annuelle du feu moyen en Algérie (période 1963-2013)

II.1.2.4. La répartition annuelle des incendies de forêts en Algérie suivant le type de formation végétale (période 1963-2013)

L'examen du bilan chiffré de la période 1963-2013 fait ressortir que les plus grandes superficies parcourues par le feu sont les formations forestières, sur un total de 1 728 901 ha incendié, la forêt totalise à elle seule 1 177 364,33 ha soit un pourcentage de 68%. Vient ensuite la formation du maquis représentant 18% pour une superficie brûlée de 314 492,90 ha. Les broussailles sont moyennement affectées avec une superficie de 196 225,62 soit 11%. Pour le reste des superficies incendiées, sont représentées par l'Alfa et autres essences dont les effets sont moins importants (Tableau12, figure41).

Tableau.12- Répartition des superficies incendiées (ha) suivant les formations végétales en Algérie (Période 1963-2013)

	Formation ligneuse		Autres formations				Total
	Forêts	Maquis	Broussailles	Alfa	Autres	Total	
Superficies Incendiées (ha)	1177364,33	314492,90	196 225,62	9819,60	30999,01	237044,23	1 728901,46
Superficies Incendiées(%)	68%	18%	11%	1%	2%	14%	100%

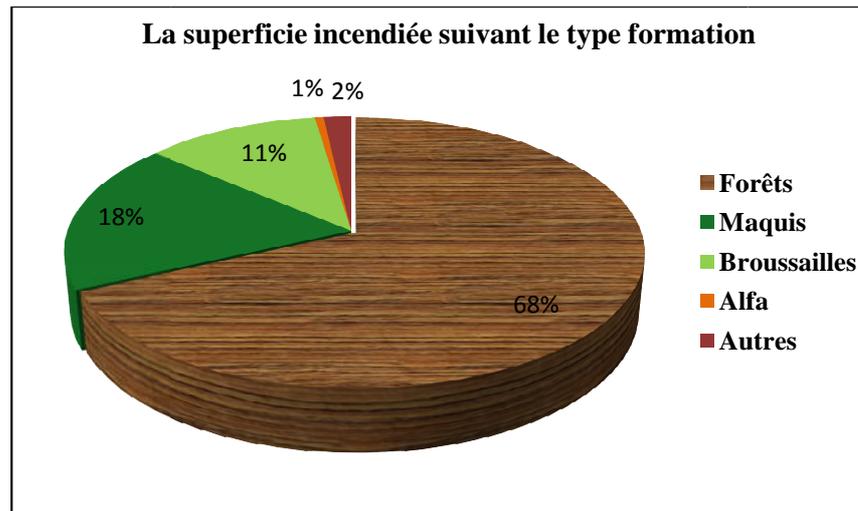


Figure.41- Répartition des superficies incendiées (%) suivant les formations végétales en Algérie (Période 1963-2013)

II.2. Bilan global des feux de forêts dans les subéraies du Nord Est algérien

(Période 1975-2013)

II.2.1. Evolution annuelle des nombres d'incendies et des superficies parcourues par le feu

(Période 1975-2013)

Le nombre de feux pour la période 1975-2013 est de 18732 feux au total, qui ont parcouru une superficie forestière totale de 635471,55 hectares, ce qui correspond à une moyenne annuelle de 506 feux et 16723 hectares de surface brûlée.

Le nombre des incendies varie suivant les années, entre un minimum de 111 feux en 1979 et un maximum de 1775 feux en 2012. Douze années dépassent largement la moyenne annuelle (506 feux), comme par exemple en 1992, 1993, 2010 et 2011 ainsi qu'en 2012, où la fréquence a dépassé 1000 feux/an, plus particulièrement en 2012 avec 1775 feux.

Pour les superficies parcourues par le feu, le maximum absolu est de 149455,51 hectares en 1994, et le minimum absolu de 912,95 hectares en 1989 (figure 42).

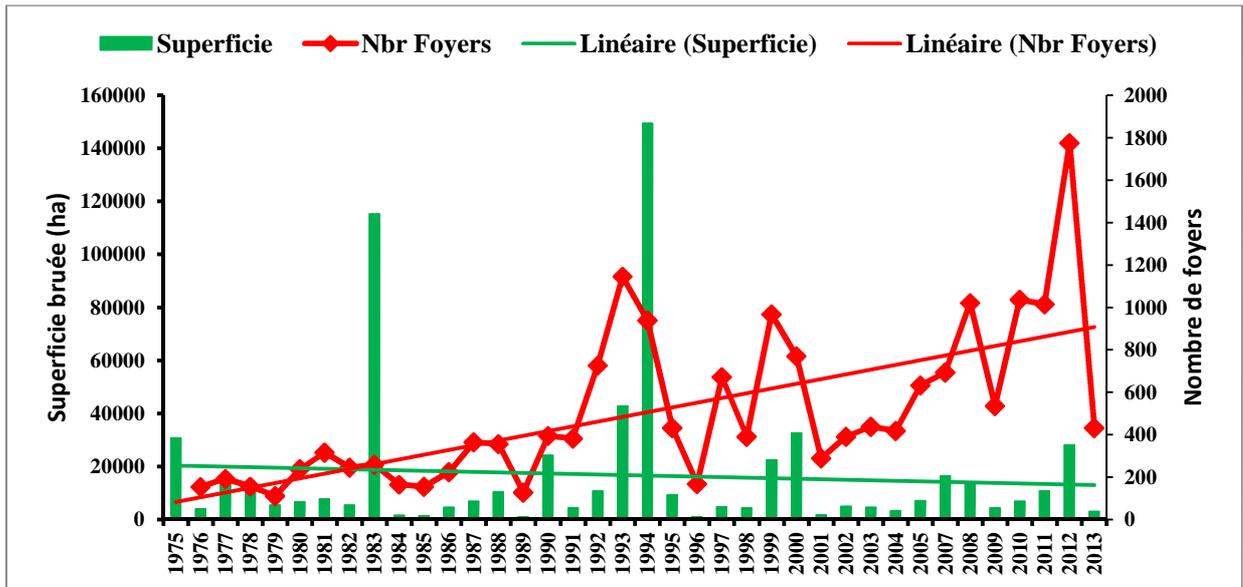


Figure.42- Evolution annuelle des nombres d'incendies et des superficies parcourues par les feux forêts dans les subéraies du Nord Est algérien (Période 1975-2013)

La tendance générale de la fréquence annuelle des feux pour cette période est à la hausse (figure 42). A l'inverse, pour la surface incendiée, une légère tendance à la baisse est amorcée depuis 2001.

La surface moyenne brûlée par feu varie entre 5,74 hectares en 2001 et plus de 150 hectares en 1994 (année qui a connu de grands feux), alors que la moyenne se situe à 33.92 ha/feu. (Voir également tableau des données brutes en annexe).

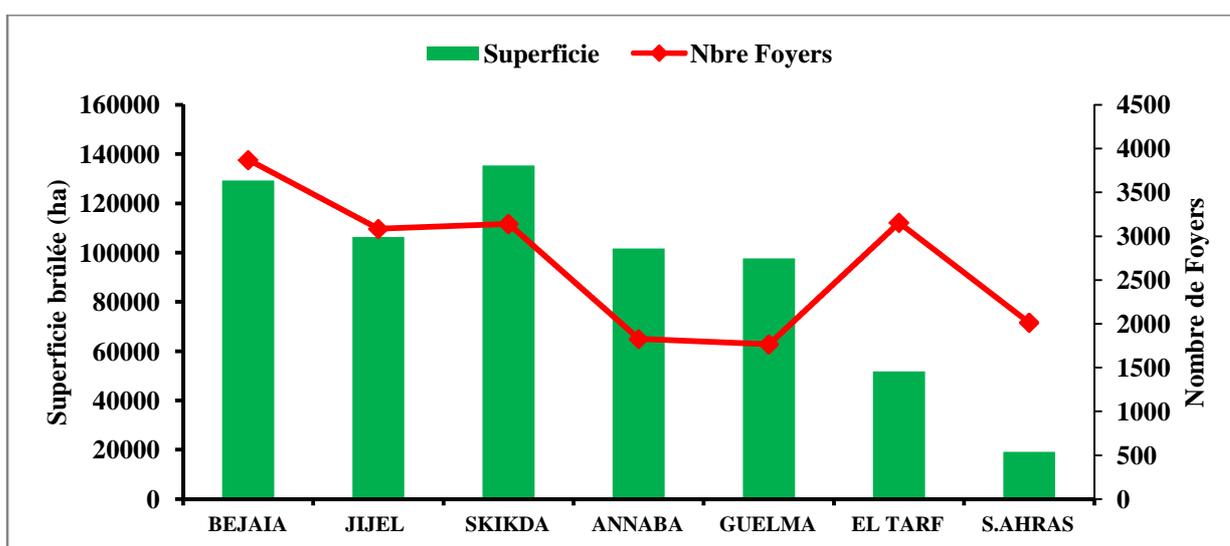
L'année 1994 est considérée comme une année noire à l'échelle nationale et même à l'échelle du Bassin méditerranéen, comme par exemple en Espagne (Velez, 1995) ou en Corse (Ningre, 1996).

II.2.2. Evolution annuelle des nombres d'incendies et des superficies parcourues par le feu par wilayas (Période 1975-2013)

En examinant la situation des incendies par wilayas, on constate que les wilayas de Souk Ahrass et El Taref sont les moins touchées par les feux de forêts avec respectivement 19165,96 ha et 51745,079 ha représentant des pourcentages de 2,99% et 8,07 % de la superficie brûlée. (Tableau 13, figure 43)

Tableau.13- Evolution annuelle des nombres d'incendies et des superficies parcourues par le feu par wilayas (Période 1975-2013)

Total	Nombre de foyers	Superficie Brûlée (ha)	Superficies brûlées %
Bejaia	3872	129314,13	20,16
Jijel	3086	106318,97	16,58
Skikda	3141	135420,86	21,12
Annaba	1828	101721,49	15,86
Guelma	1767	97629,56	15,22
El Taref	3156	51745,079	8,07
S.Ahras	2016	19165,96	2,99
Total	18732	641316,04	100%

**Figure.43-** Evolution annuelle des nombres d'incendies et des superficies parcourues par le feu par wilayas (Période 1975-2013)

II.2.3. Evolution des superficies parcourues par le feu suivant le type de formation par wilayas (Période 1975-2013)

Entre, 1975 et 2013, l'analyse de la répartition des incendies de forêts par type de formation végétale (Forêts, maquis, broussailles, Alfa et essences secondaires) fait ressortir les éléments suivants (voir graphique ci-dessous) :

- 58.09% des superficies incendiées sont des formations forestières avec une moyenne de 9714,18 hectares par an, ensuite les maquis avec une moyenne de 4167,84 hectares par an soit 24.92% de la superficie totale. Cela s'explique par la densité et la sensibilité du couvert végétal des forêts du Nord algérien de type méditerranéen, caractérisé par une grande fragilité et sensibilité particulière face aux incendies due à un matériel inflammable et fortement pyrophile (résineux, sous bois très dense, etc.) (KHELIFI, 2002)
- Les broussailles, nappes alfatières et d'autres essences secondaires sont également touchées par les incendies sur 2940,39 hectares par an, soit 17.58%.

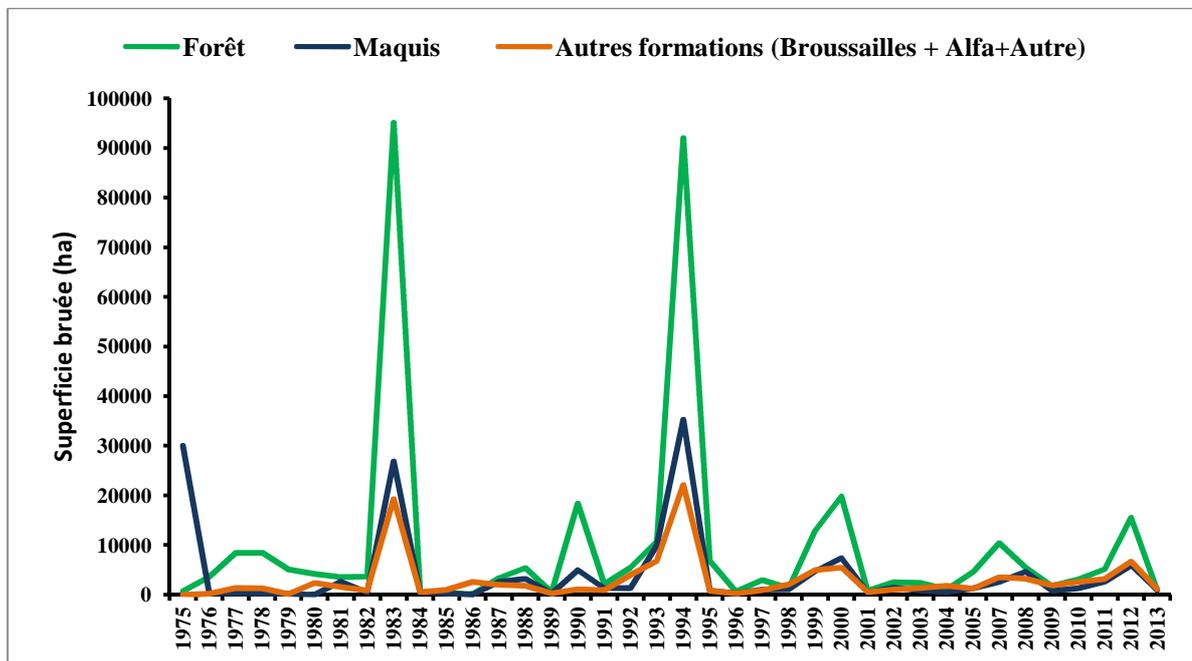


Figure.44- Evolution annuelle des superficies parcourues par le feu suivant la formation végétale (Période 1975-2013)

En examinant la situation des incendies suivant le type de formation végétale par wilaya, on constate que la formation la plus incendiée c'est la forêt avec une superficie de 84452,24ha pour la wilaya de Skikda, 70679 ha pour la wilaya de Jijel, 68657,77ha pour Bejaia, 48483,23ha pour la wilaya de Annaba, 35443,46 ha pour la wilaya d'El Taref et 12771,81 ha pour la wilaya de Souk Ahras.

Ces résultats nous apparaissent logiques puisque la forêt fournit une quantité abondante de combustible, et assure sa continuité, combiné aux conditions favorables au déclenchement des feux tel que les températures élevées, précipitations quasi absentes, teneur très faible en humidité du combustible surtout dans la saison des feux, végétation stressées du point de vue thermique et hydrique, sans oublier la topographie du milieu qui est plus accidentée au Nord (Skikda, Jijel, Bejaia), tout ces conditions sont très propices au déclenchement et à la propagation des incendies facilement dans les forêts et rendent la lutte anti-incendie très délicate.

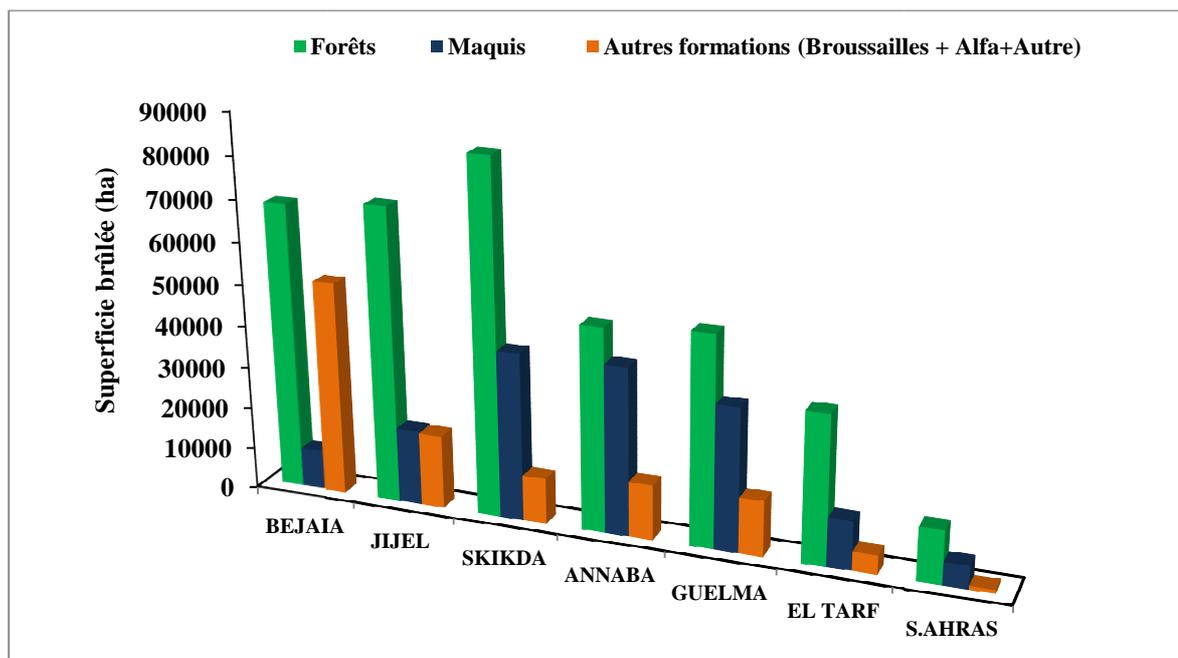


Figure.45- Evolution annuelle des superficies incendiées suivant la formation végétale par wilaya (Période 1975-2013)

D'après la figure 45 les broussailles sont la formation la plus touchées par les incendie ; 51211,66 ha pour la wilaya de Bejaia, ce la est due probablement à l'abondance de cette formation dans le paysage de Bejaia et sa fragilité devant les feux.

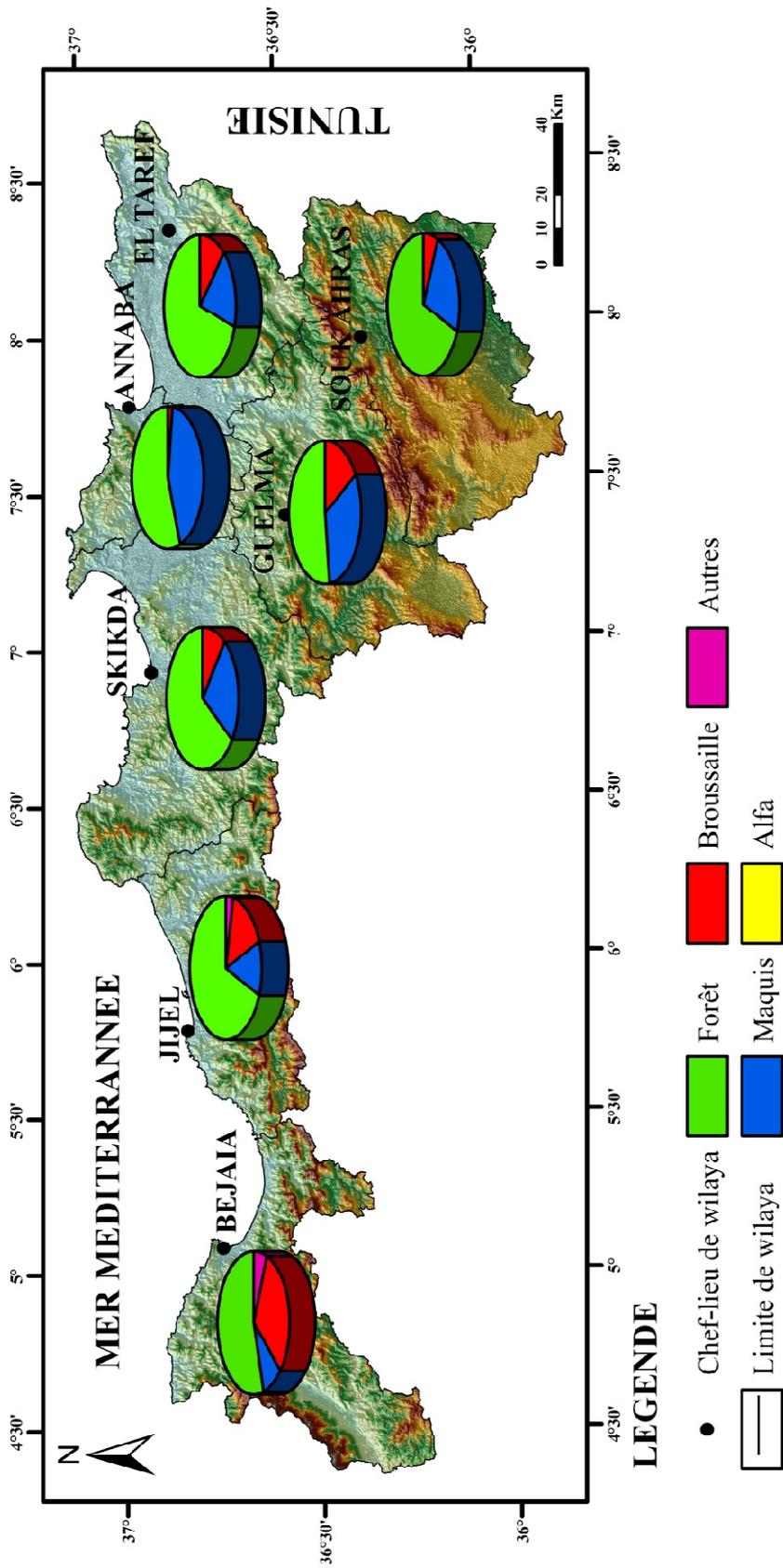


Figure.46- Répartition annuelle des superficies incendiées suivant la formation végétale par wilaya (Période 1975-2013)

II.2.4. Importance des superficies parcourues par le feu selon les essences forestières (Période 1975-2013)

Durant cette période (1975-2013), les formations feuillues sont les plus endommagées par rapport aux formations résineuses; dans les formations feuillues, le chêne-liège représente l'essence la plus touchée par les feux des forêts avec une superficie incendiées de 126412,88 ha (48%), dans les formations résineuses, le Pin d'Alep présente 16125,51 ha (6%) des superficies parcourues par le feu (figure 46)

Les autres essences totalisent 15% avec une superficie commune de 40152 ha dont 16202,2 ha pour le Pin maritime, 2279,23 ha pour le chêne vert, 6956,91 ha pour le chêne zèen, 245,7 ha pour le Cèdre, 14467,923 ha pour l'Eucalyptus et l'olivier.

D'après ces résultats on constate que le chêne liège est la formation végétale la plus vulnérable à cause de l'abondance du sous bois composé d'essences secondaires inflammables –au premier rang desquelles- se range la bruyère arborescente, et permet une progression rapide du feu. En Afrique du Nord, de manière plus globale, les boisements les plus sensibles et les plus vulnérables sont ceux du chêne-liège et du pin d'Alep (Boudy, 1948).

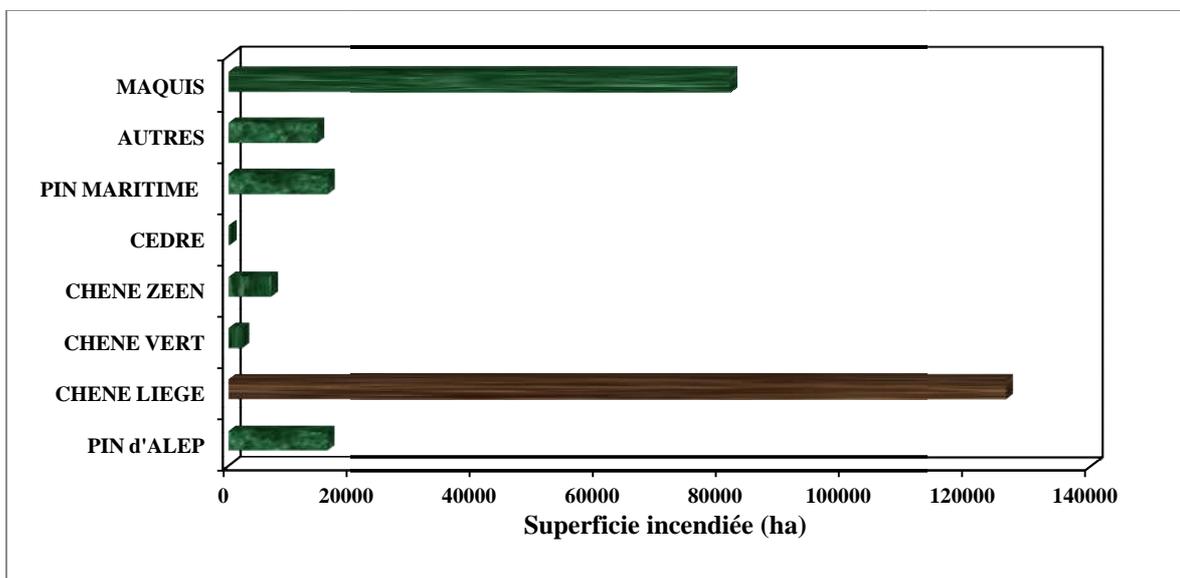


Figure.47- Importance des superficies parcourues par le feu selon les essences forestières dans les subéraies du Nord Est algérien (Période 1975-2013)

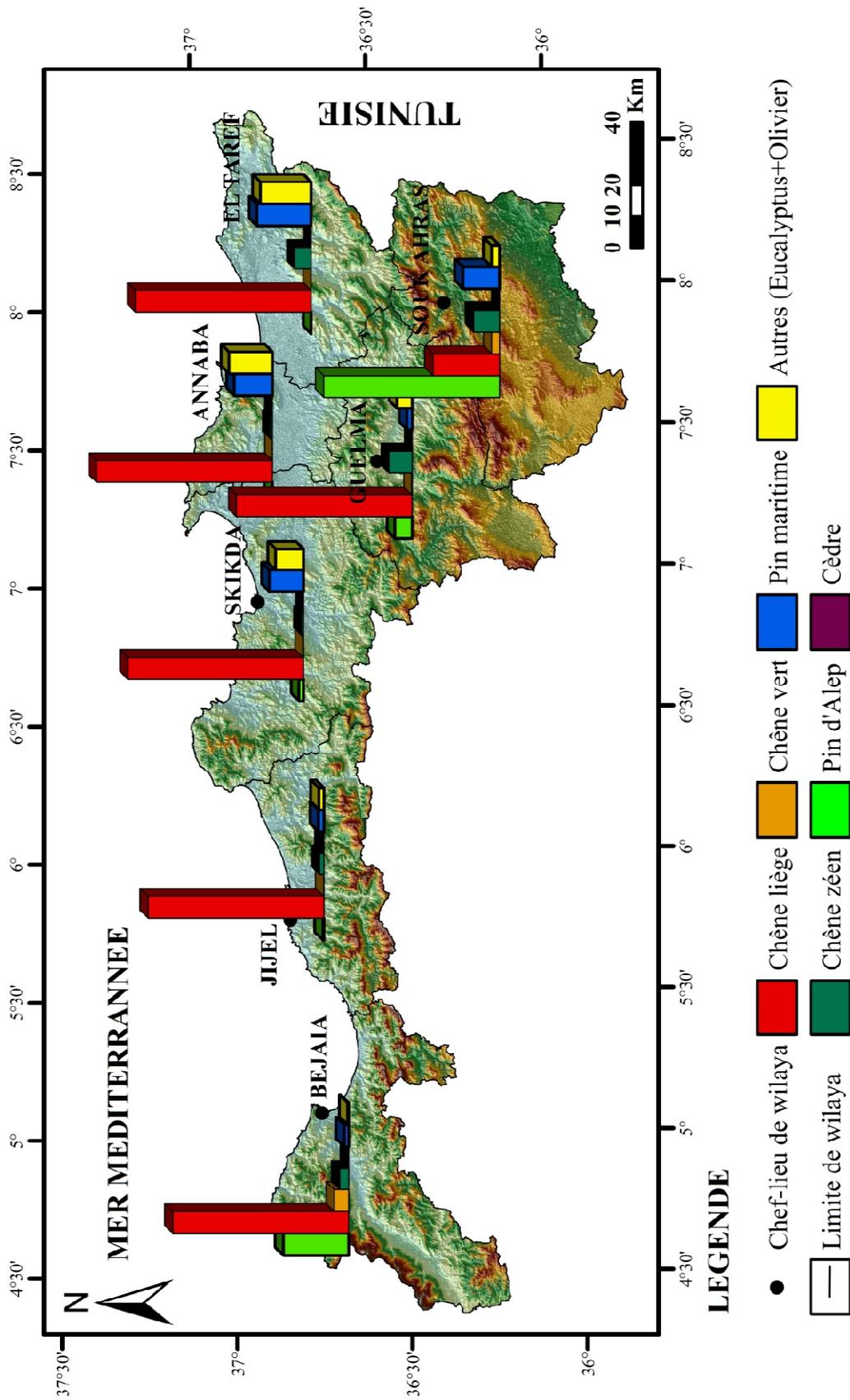


Figure.48- Répartition des superficies incendiées selon les essences forestières par wilaya (Période 1975-2013)

II.2.5. Répartition mensuelle des nombres de feux et des superficies incendiées (période 1975-2013)

La fréquence mensuelle des incendies durant cette période (1975-2013) évolue durant une période de cinq mois: juin, juillet, août, septembre, octobre. Cette période des incendies coïncide avec la saison sèche où le climat est plus chaud et sec

Le mois estival qui a enregistré le plus grand nombre d'incendies (50%) et la plus grande surface incendiée (63%) est le mois d'août (tableau14, figure47). Ce bilan très lourd du mois d'août est la conséquence, du moins en grande partie, des conditions climatiques très favorables à l'occurrence et à la propagation des incendies, soit 31 hectares par feu en moyenne (sécheresse prolongée et cumulée, sirocco fréquent et asséchant), sans compter l'afflux massif des vacanciers, les déplacements fréquents sur les routes et Le grand nombre des négligences.

C'est également le cas du mois de juillet, qui enregistre 20% du nombre total des feux, parcourant une surface équivalente à 15 % du total de la période de 38 ans, avec un feu moyen de 18 hectares.

Tableau.14- Répartition mensuelle des nombres de feux et des superficies incendiées (période 1975-2013)

Mois	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Total
Nombre total de feux	772	3480	8598	3318	901	17069
Moyenne annuelle du nombre de feux	26,62	120	296,48	114,41	31,07	588,59
Nombre de feux en %	5	20	50	20	5	100%
Surface totale brûlée (hectares)	5050,57	63468,06	270193,57	67024,63	20439,24	426176,08
Moyenne annuelle de la surface brûlée (ha)	174,16	2188,55	9317,02	2311,19	704,8	14695,73
Superficie brûlée %	1	15	63	16	5	100%
Feu moyen	7	18	31	20	22	25

Le mois de septembre coïncide, dès les premières pluies, avec la préparation des champs au semis, qui se fait à l'aide du feu (écobuage, essartage). L'importance du nombre de feux (20 %) et des surfaces incendiées (16%) durant ce mois s'expliquerait ainsi par l'imprudence lors de ces travaux agricoles (**Meddour-Sahar, 2008**).

Par ailleurs, les incendies ne sont pas rares en octobre (20439,24 ha incendiés en 38 ans), il faut très souvent attendre les pluies automnales pour voir le danger diminuer.

Or, ces pluies ces dernières années se font de plus en plus tardives. En tout cas, les feux du mois d'octobre (5 % en nombre) sont principalement des incendies volontaires allumés dans les terrains broussailleux dans le but de régénérer les parcours (feux pastoraux), et partant, la propagation accidentelle de l'incendie vers la forêt limitrophe (avec un feu moyen de 22 hectares) (figure48)

Enfin, le mois de juin a enregistré un nombre de feu (5 % du total), avec une surface brûlée de 1% du total. C'est le mois qui présente le moins d'incendies, vu que l'effet cumulatif de la sécheresse n'a pas encore sévi et que l'influence humaine est moindre, puisque ce mois correspond à une période hors vacances. Par ailleurs, le mois de juin est toujours moins chaud que le mois de septembre et octobre en Algérie (Seltzer, 1946).

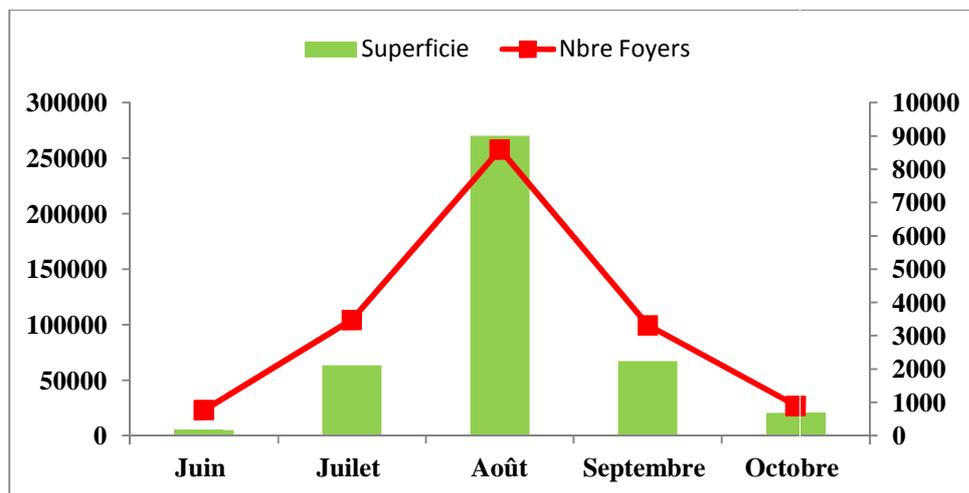


Figure.49 -L'évolution mensuelle des nombres de feux et des superficies brûlées dans les subéraies du Nord Est algérien (période 1975-2013)

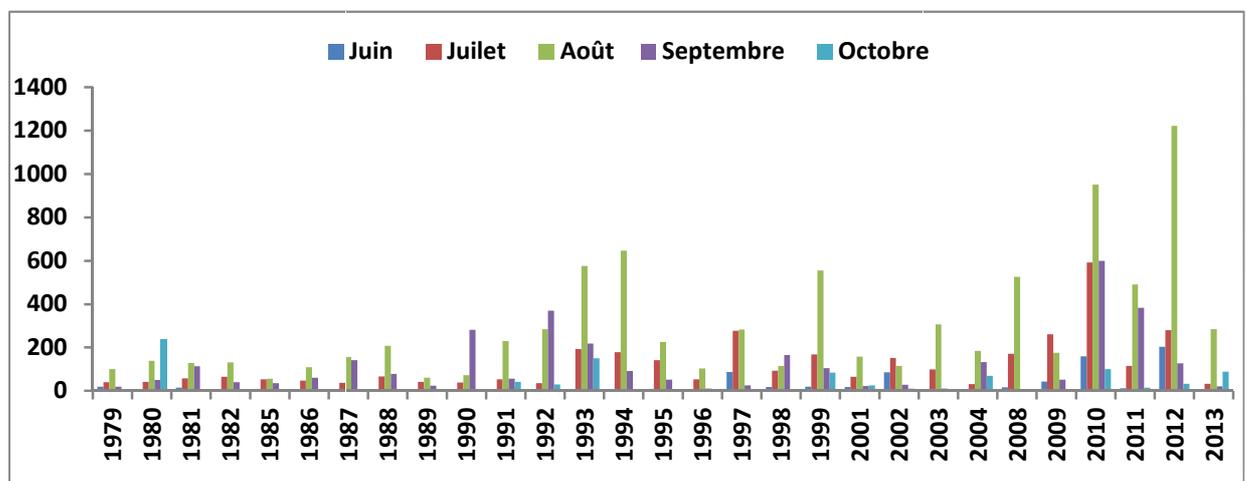


Figure.50- L'évolution mensuelle des nombres de feux dans les subéraies du Nord Est algérien (Période 1975-2013)

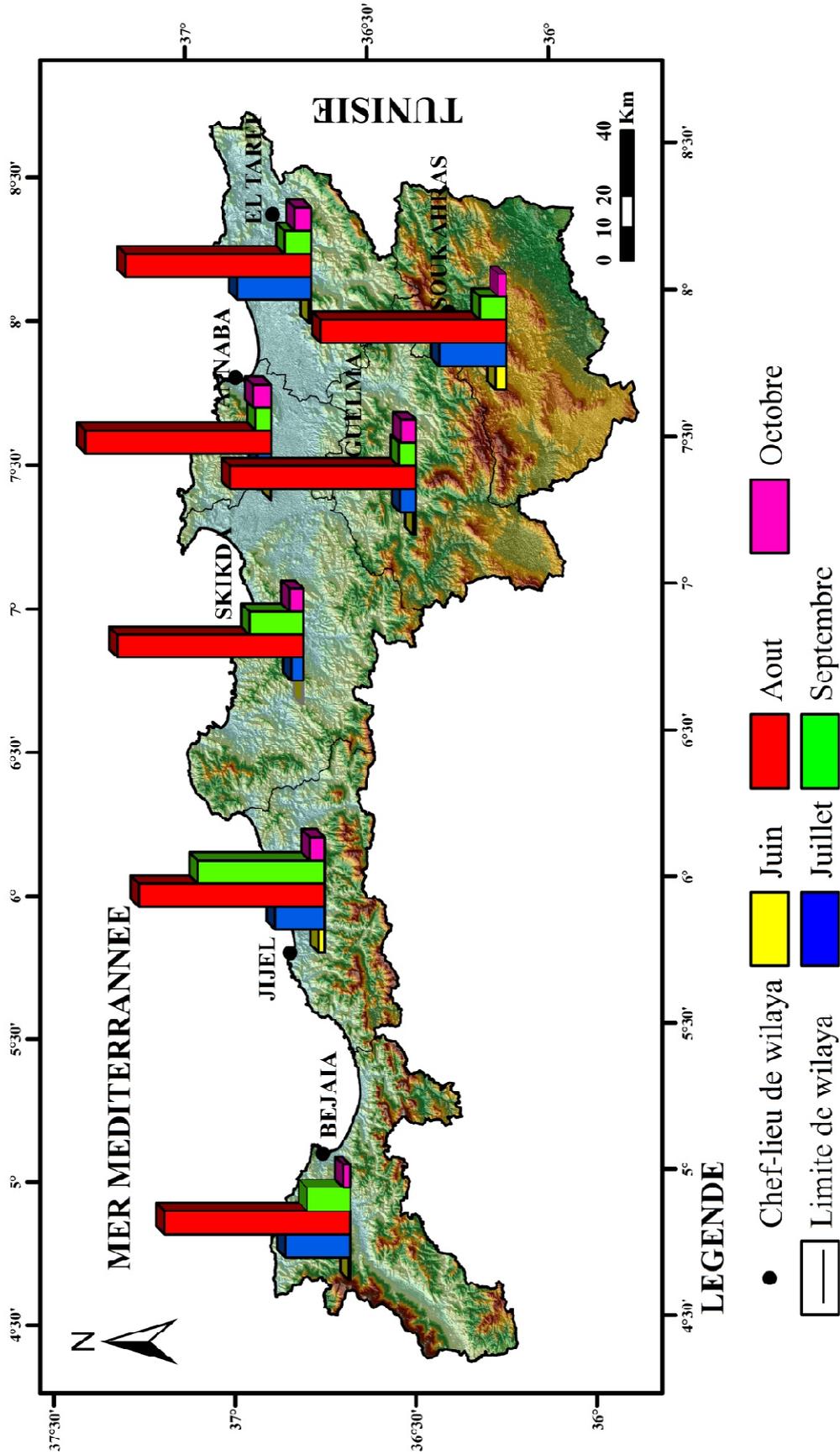


Figure.51- La répartition mensuelle des superficies brûlées par wilaya dans les subéraies du Nord Est algérien (Période 1975-2013)

II.2.6. Répartition des incendies suivant l'importance de la superficie (période 1975-2013) (Taille des feux)

Une méthode d'évaluation de l'efficacité et de la rapidité d'intervention sur les départs de feux, du moins indirectement, est le classement des feux en fonction de leur taille. Par ailleurs, un indicateur global de détérioration de l'espace naturel qui peut être pris en compte est cette même surface parcourue par le feu exprimée en hectares. Celle-ci correspond à l'étendue de terrain sur laquelle se développe l'incendie ; on distingue ainsi une échelle de gravité à 4 niveaux : faible (0- 10 hectares), moyen (10-100 hectares), élevé (100-500 hectares) et très élevé (plus de 500 hectares) (**Lampin et Jappiot 2002**).

On constate qu'une majorité des feux (soit 72.88 %) est maîtrisée avant que la surface brûlée n'atteigne ou ne dépasse 10 hectares par feu. Cependant, 16.54 % des incendies échappent à la première intervention et affectent des superficies plus vastes, de 10 _a 100 hectares, et un taux cumulé de 2.96 % des feux touche des superficies plus vastes (> 100 hectares). Enfin, les feux dramatiques (> 500 hectares) représentent 7.63 % du total (soit 1166 feux). (tableau15).

Tableau.15- Répartition des foyers selon l'importance de leur superficie dans les subéraies du Nord Est algérien (période 1975-2013)

Répartition des foyers selon l'importance de leur superficie (ha)																	
	0-1	1-5	5-10	10-50	50-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000	1000-1500	1500-2000	≥20000
Nb de feux	3493	5780	1831	2077	433	256	90	38	33	18	16	11	8	13	28	11	1091
%	22,92	37,93	12,02	13,63	2,91	1,68	0,59	0,25	0,22	0,12	0,11	0,07	0,05	0,09	0,18	0,07	7,16

Partie II.

Chapitre III.

Les causes des feux de forêts

III.1. Les causes des feux de forêts dans les subéraies du Nord Est algérien (période 1975-2013)

En général, la détermination des causes des feux de forêts et les investigations en matière de recherche des causes et des auteurs des incendies s'avèrent une tâche toujours difficile à déterminer.

Pour les experts en pyrologie et les forestiers, il existe deux catégories de causes des incendies des subéraies:

- les causes structurelles qui incluent les conditions permanentes, écologiques; et;
- les causes immédiates ou momentanées qui se réfèrent aux activités humaines, qui de façon plus ou moins directe provoquent des incendies concrets.

Les statistiques sur les causes d'incendie de forêt ont montré que la grande majorité des causes a pour responsable l'homme: population urbaine, touristes, fumeurs inconscients, vengeance et surtout conflits sociaux d'intérêts.

Les enquêtes des forestiers et ceux des services de sécurité n'aboutissant que rarement; bien que certains indices, telle que la déclaration de plusieurs incendies en même temps, laisse penser à des actes volontaires dans la plupart des cas.

S'agissant des subéraies du Nord Est algérien ; l'analyse du bilan des incendies durant la période 1975-2013 montre que la part des incendies d'origine inconnue est de 69 %, sur le total des incendies déclarés. Les incendies intentionnels, difficilement identifiables, représentent un taux important (16 %) pour le nombre de feux, bien que ce chiffre soit loin de la réalité, toutes les causes de cette nature n'étant pas déclarées.

Les incendies involontaires (accidents, imprudences) regroupent diverses causes (régénération des parcours, incinérations des chaumes, chercheurs de miel sauvage, bergers, échappement de véhicules, fumeurs, etc.) et ne représentent que 3 % de l'ensemble des feux identifiés.

Il convient de souligner que les chercheurs de miel sauvage peuvent mettre en péril les massifs forestiers, car la méthode traditionnelle et artisanale qu'ils utilisent consiste en la fumigation de l'essaim d'abeilles découvert dans un arbre, en mettant en flammes la base du tronc de l'arbre (**Delacre et Tarrrier, 2000**). Un tel feu dégénère assez souvent en incendie de forêt plus ou moins incontrôlable.

Enfin, l'unique cause naturelle des incendies de forêt, la foudre, reste très rare et occulte en Algérie. Elle n'apparaît même pas dans les statistiques précitées, même dans les régions montagneuses, à cause sans doute de la rareté des orages d'été. Ce qui est également le cas au Maroc, mais pas en Tunisie (**Colin et al, 2001 ; Ben Jamaa et Abdelmoula, 2004 ; Abdelmoula, 2005**).

D'une façon générale, les causes avancées par les services des forêts en Algérie, et même ailleurs, sont spécialement les conditions climatiques, à savoir la faible hygrométrie et la sécheresse persistante, qui ont marqué ces dernières années (**Meddour-Sahar, 2008**).

L'explication de l'origine du feu de forêt par le seul fait climatique ne doit, néanmoins, pas être le seul argument à invoquer. Il faut répéter que, quelle que soit l'intensité de la sécheresse ou la force du vent, il n'y a pas d'incendie s'il n'y a pas de mise à feu par accident, négligence ou volonté criminelle.

Il ne faut pas confondre la cause d'ignition (mise à feu), avec les facteurs aggravants, sécheresse, sirocco, embroussaillement, qui sont des causes structurelles (**Favre, 1992**). C'est pourquoi l'analyse doit s'atteler à cerner les différentes causes et à les quantifier afin d'orienter efficacement les moyens de prévention.

L'importance de la connaissance des causes n'est plus à démontrer, puisque connaître les origines potentielles des incendies, permet d'agir directement sur le risque.

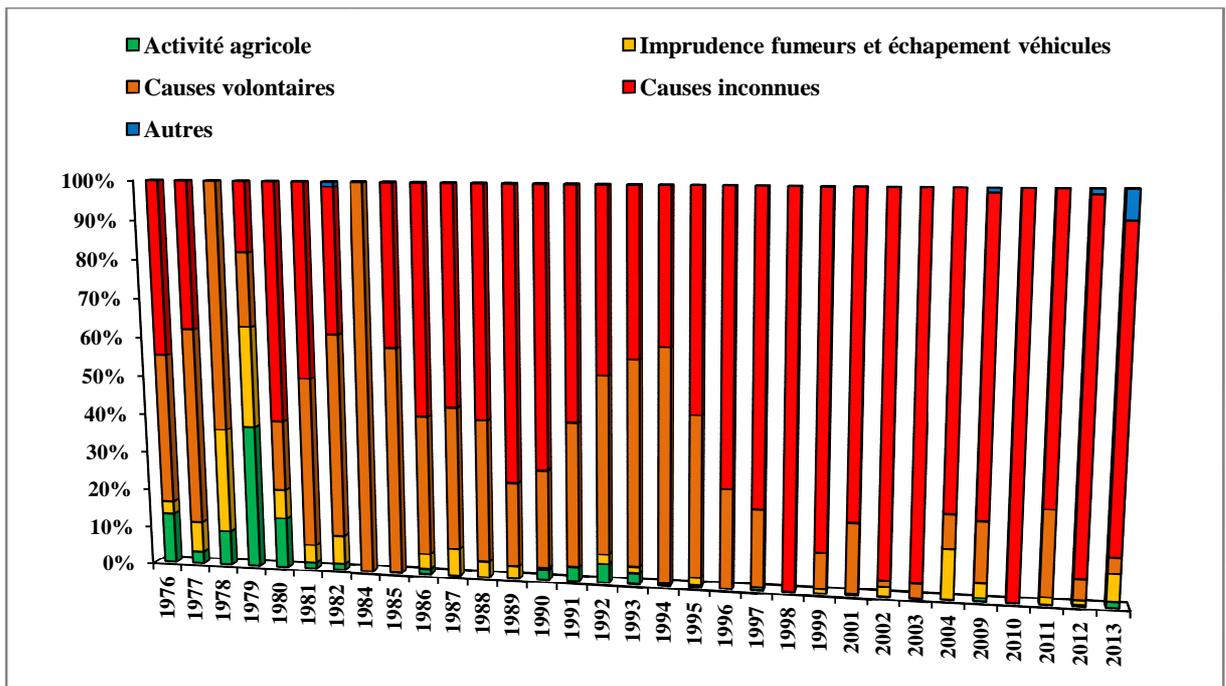


Figure.52-Répartition des incendies de forêts par catégories de causes dans les forêts du Nord Est algérien (Période 1975-2013-Source: DGF « Direction Générale des Forêts »)

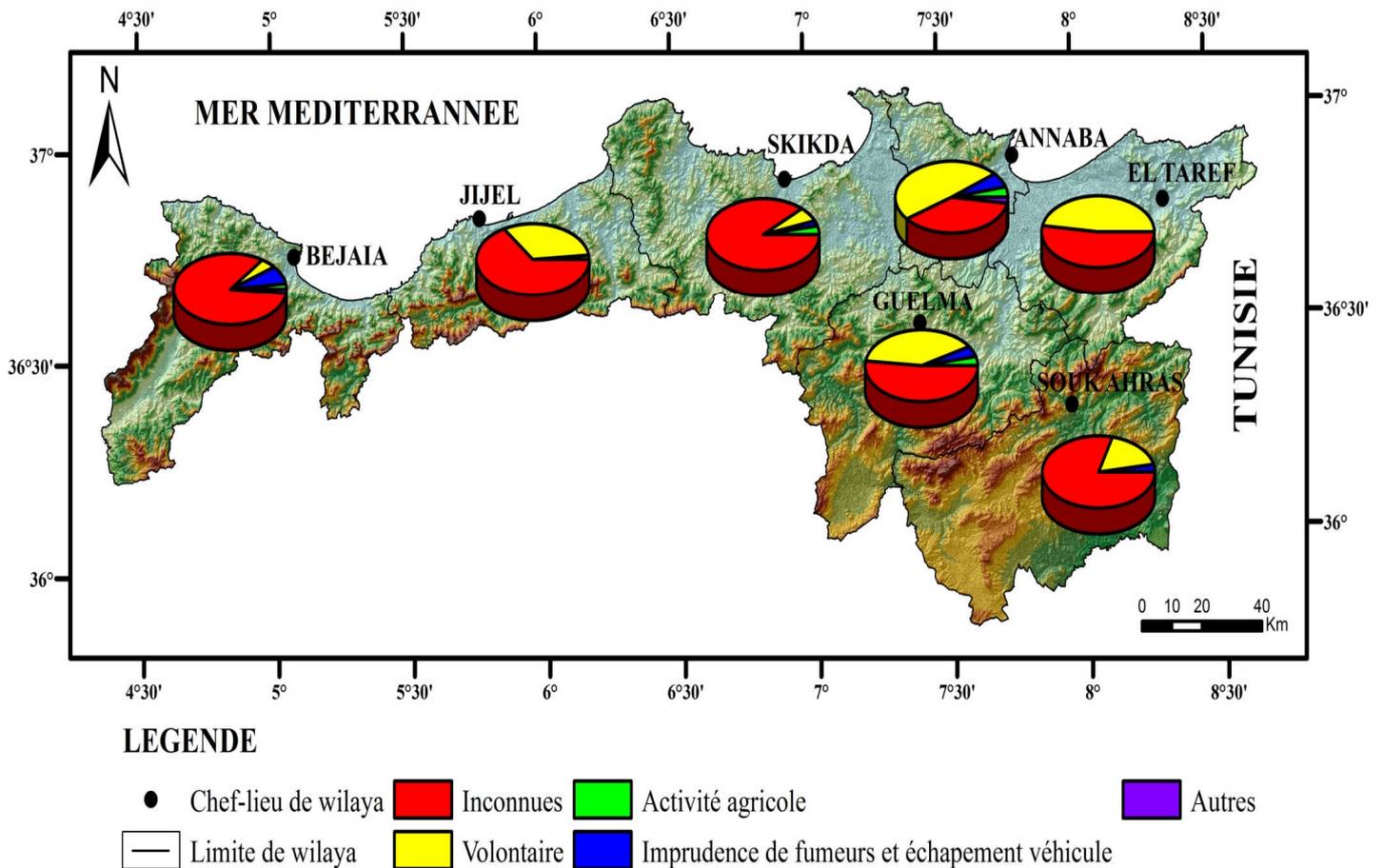


Figure.53- Répartition des incendies de forêts par catégories de causes dans les forêts du Nord Est algérien (Période 1975-2013)

III.1.1. Les causes structurelles

Pour les causes structurelles, on peut citer :

III.1.1.1. Les conditions climatiques de la région (Nord Est algérien) : le climat des forêts du Nord Est algérien est un climat méditerranéen contrasté et qui influence le comportement des peuplements, caractérisé par une sécheresse prolongée, accompagnée de hautes températures en été et de vent chaud (Sirocco).

Ce climat est caractérisé par :

- une absence de précipitations durant des périodes supérieures, des fois à quatre mois.
- une température de l'air supérieure à 35°C sous abri et 45°C en plein découvert à ras du sol.
- une humidité atmosphérique inférieure à 30%, modifiant non seulement l'état hydrique des végétaux morts et de leurs débits (feuilles ou aiguilles, brindilles, morceaux d'écorce), mais également celui des végétaux vivants.

III.1.1.1.1. Feux de forêts – températures- précipitations

Les incendies de forêt dans le Bassin Méditerranéen dépendent pour une bonne part des conditions climatiques dominantes. Des étés prolongés (s'étendant de juin à octobre et parfois plus longtemps), avec une absence éventuelle de pluie et des températures diurnes moyennes bien supérieures à 30 °C réduisent la teneur en eau de la litière forestière à moins de 5 % (Dimitrakopoulos & Mitsopoulos, 2006). Dans ces conditions, même une légère augmentation de chaleur (éclair, étincelle, allumette, mégot de cigarette) peut suffire à déclencher un incendie violent.

En règle générale, les conditions climatiques de l'année en cours et de celle qui précède sont déterminantes, aussi bien les précipitations qui jouent un rôle décisif dans le bilan hydrique des sols et donc du végétal, que les températures qui règlent la production de biomasse, l'évapotranspiration et rendent le végétal plus ou moins inflammable et combustible (tableau16)

Tableau.16- Influence des facteurs climatiques sur les conditions du feu
(Alexander & al, 1996)

Facteurs climatiques	Influences sur les conditions du feu
Précipitations	Rôle décisif dans le bilan hydrique des sols et du végétal
Température de l'air	Augmentation de la température des combustibles, diminution de la teneur en eau et réduction de l'humidité atmosphérique lorsque la température de l'air augmente.
Humidité atmosphérique	Réduction de la teneur en eau des combustibles si l'air est sec
Vitesse du vent	Accélération du dessèchement des combustibles, fléchissement de la colonne de convection, transport de matières enflammées en avant de l'incendie (sautes de feu), accélération de la propagation de l'incendie
Direction du vent	Vent dirigeant l'incendie vers des zones à propagation illimitée (boisement d'un seul tenant)
Saisons	Au printemps, dessèchement des combustibles de surface ; en été, augmentation des combustibles secs et abaissement de la nappe phréatique

Notre étude a porté sur les **18732** incendies constatés pendant la période de 38 ans (1975-2013) où nous avons pu réunir les renseignements météorologiques et pyrologiques les plus précis et les plus complets.

En se fondant sur les histogrammes des figures ci-dessous ci dessus, nous remarquons qu'il y'a une relation étroite entre le nombre des incendies, les précipitations moyennes et les températures maximales. Ainsi, on constate qu'une augmentation des précipitations s'accompagne toujours d'une diminution du nombre de foyers d'incendies de forêts et vis versa.

En effet, le mois d'Août et Juillet sont les plus critiques du point de vue feux forêt où on a enregistré un minimum de pluviométrie et un maximum de température pour toutes les wilayas.

Ceci confirme d'avantage l'influence directe des précipitations sur le phénomène des feux de forêts et qui se comprend au niveau du processus de combustion. Ainsi, plus les précipitations sont abondantes, plus le taux d'humidité des combustibles augmente et donc moindre est la fréquence des feux (mois de Juin et Octobre) (figure54). Au contraire, si les précipitations sont moins abondantes, les combustibles sont moins humides ce qui favorise donc l'éclosion des feux.

Contrairement à l'effet des précipitations, l'augmentation des températures est favorable aux incendies de forêts, et une diminution de celle-ci entraîne également une diminution du nombre de départs de feux (figure54).

Donc, il y a une relation universellement positive entre l'incidence des feux et l'augmentation des températures. Ce ci peut s'expliquer par le fait que la température est la source de chaleur essentielle pour l'air et la végétation. Toute fois, la température à un rôle très important dans le sens où elle indique la condition du passage de la chaleur d'une substance à une autre, c'est également un facteur qui affecte la disponibilité de l'énergie (**Halimi, 1980**). Par ailleurs, elle favorise l'évaporation et le dessèchement des combustibles et donc les rend plus vulnérables au risque d'incendie.

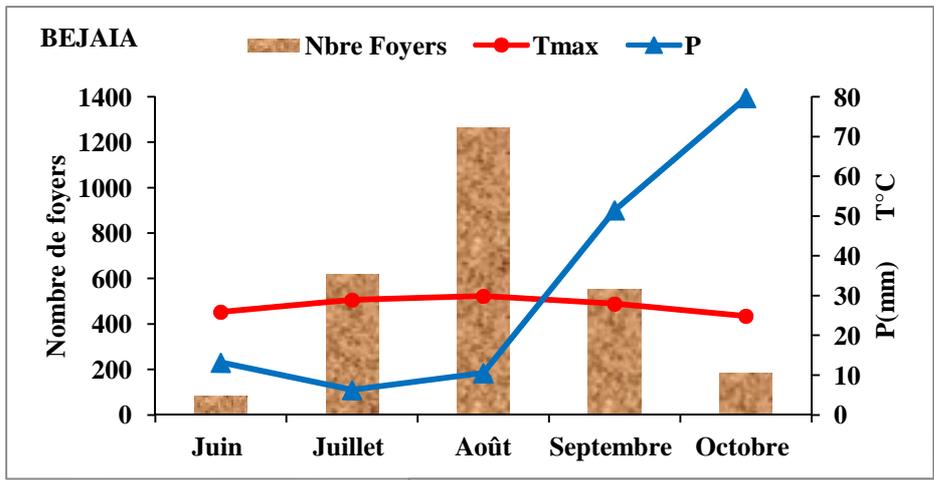


Figure.54a- Relation- feux de forêts- précipitations moyennes-températures maximales dans la wilaya de Béjaïa (période 1971-2012)

Figure.54b- Relation- feux de forêts- précipitations moyennes-températures maximales dans la wilaya de Jijel (période 1971-2012)

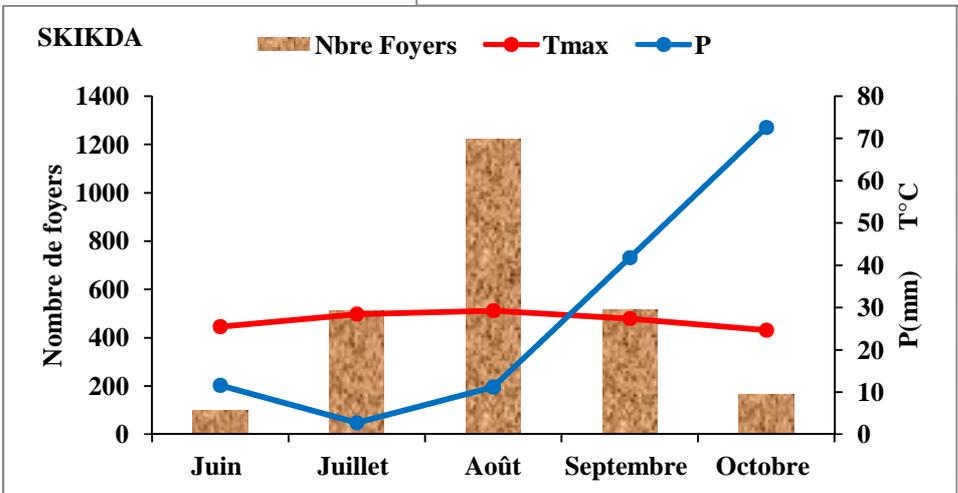
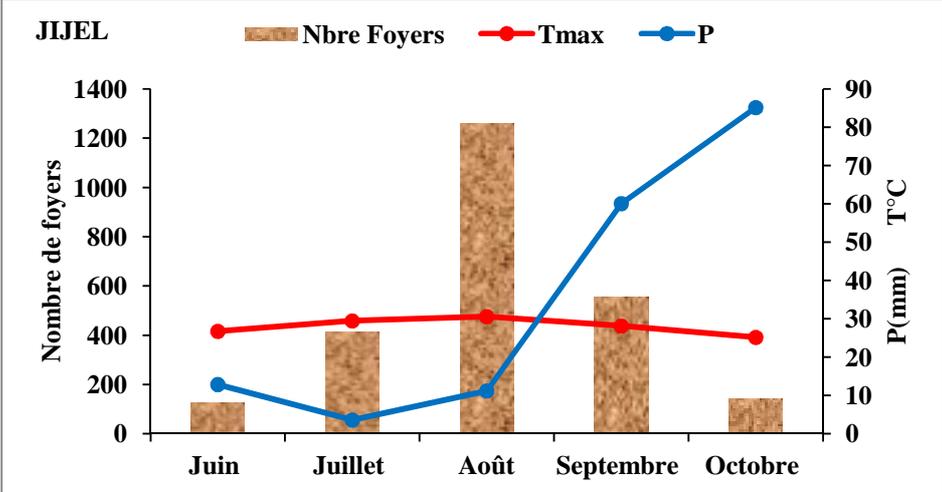
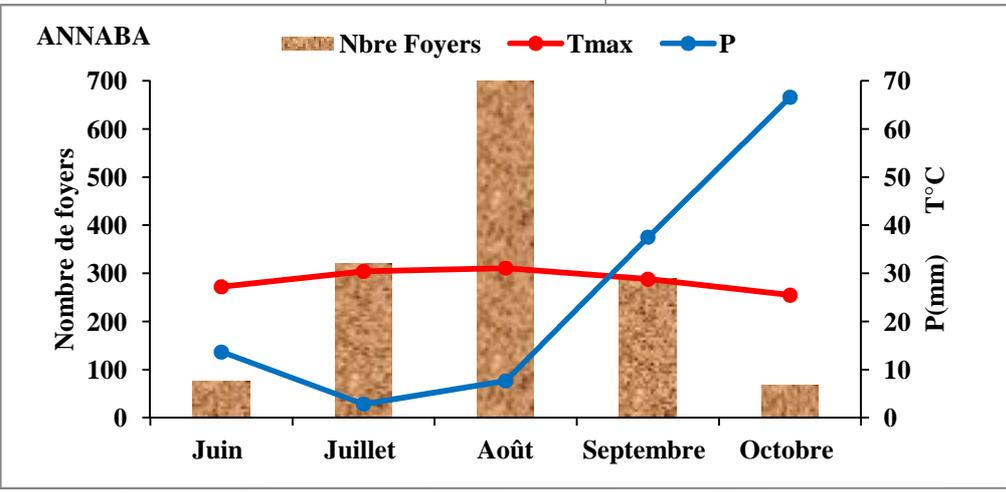


Figure.54c- Relation- feux de forêts- précipitations moyennes-températures maximales dans la wilaya de Skikda (période 1971-2012)

Figure.54d- Relation- feux de forêts- précipitations moyennes-températures maximales dans la wilaya de Annaba (période 1971-2012)



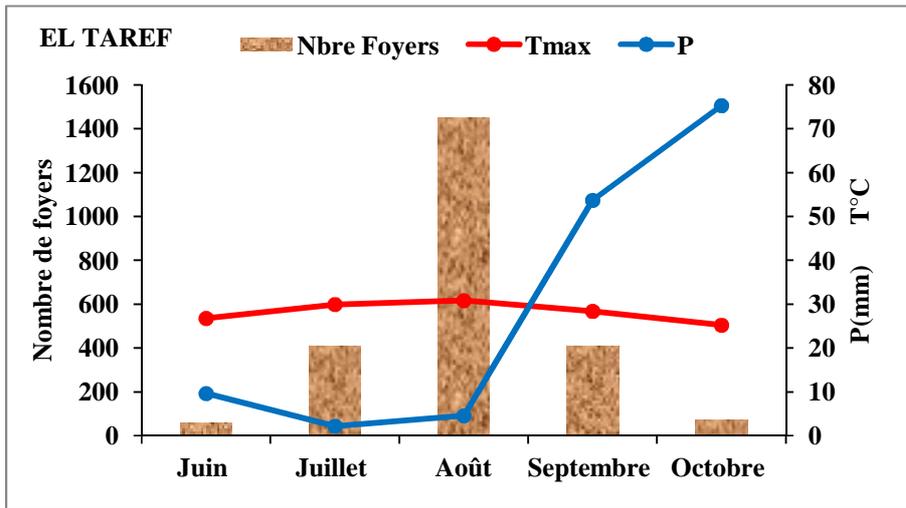


Figure.54e- Relation- feux de forêts- précipitations moyennes- températures maximales dans la wilaya de El Taref (période 1971-2012)

Figure.54f- Relation- feux de forêts- précipitations moyennes- températures maximales dans la wilaya de Souk Ahras (période 1971-2012)

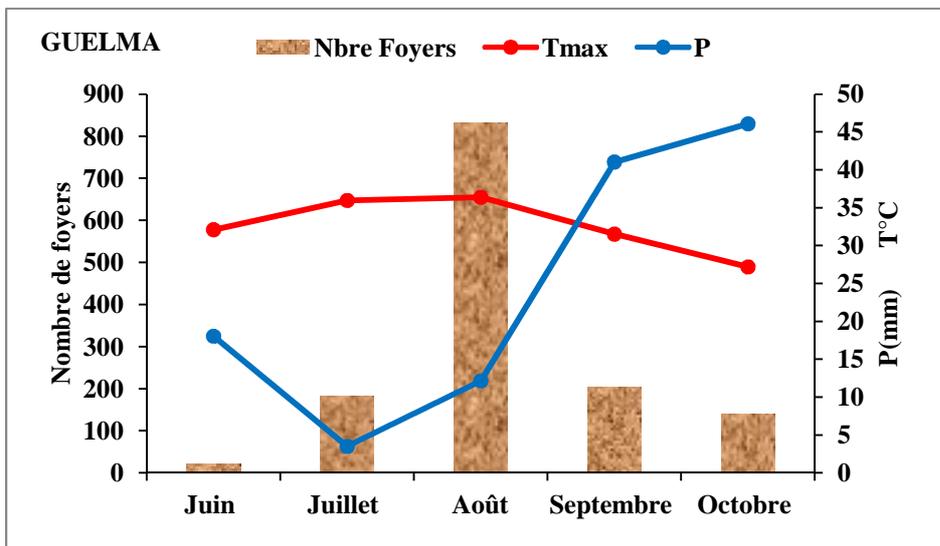
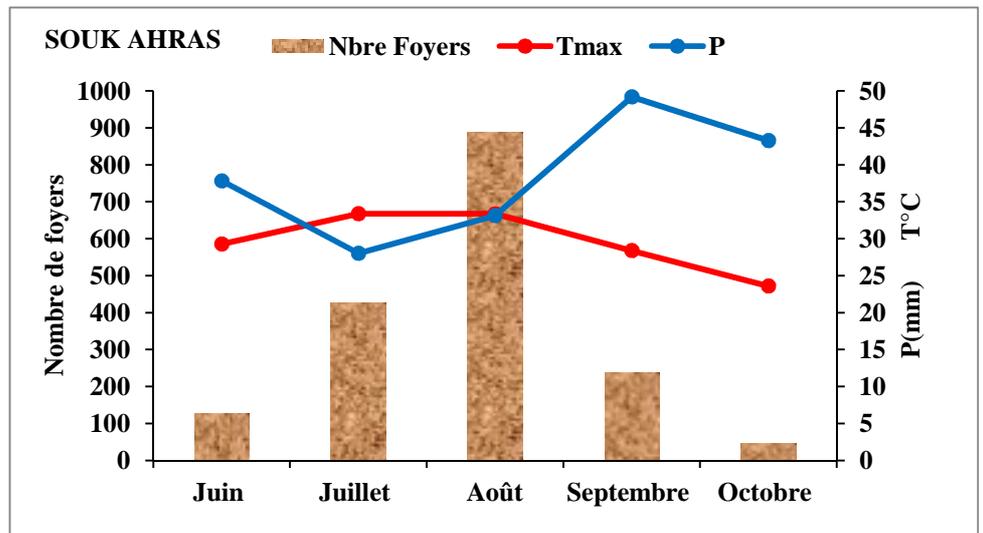


Figure.54j- Relation- feux de forêts- précipitations moyennes- températures maximales dans la wilaya de Guelma (période 1971-2012)

Figure.54 (a,b,c,d,e,f,j)- Relation- feux de forêts- précipitations moyennes- températures maximales dans les wilayas de l'Est algérien (période 1971-2012)

III.I.1.1.2. Feux de forêts – Vents

Avec la chaleur et le manque d'eau, le vent est un autre facteur climatique important. Les vents estivaux de terre, caractérisés par une grande violence et un fort pouvoir desséchant, tel que le sirocco au Maghreb, font tomber l'humidité atmosphérique à moins de 30 % et contribuent à propager les incendies en transportant des étincelles et surtout des brandons sur de grandes distances. Par ailleurs, l'action du vent accélère l'évapotranspiration, accentue l'aptitude des végétaux à s'enflammer et facilite la propagation du feu (Quezel & Medail, 2003). Mais son influence préalable à l'incendie, comme élément causal, est faible.

D'après la figure 55 nous remarquons que les variations du nombre de foyers ne suivent pas les variations du vent, le vent n'agit pas directement sur le phénomène de l'ignition, car il faut une source qui déclenche le feu (chaleur, flamme,..). Le vent influe sur la combustion par l'enrichissement de l'air par l'oxygène et le changement de la voie des gaz enflammés (Chandler et al, 1983).

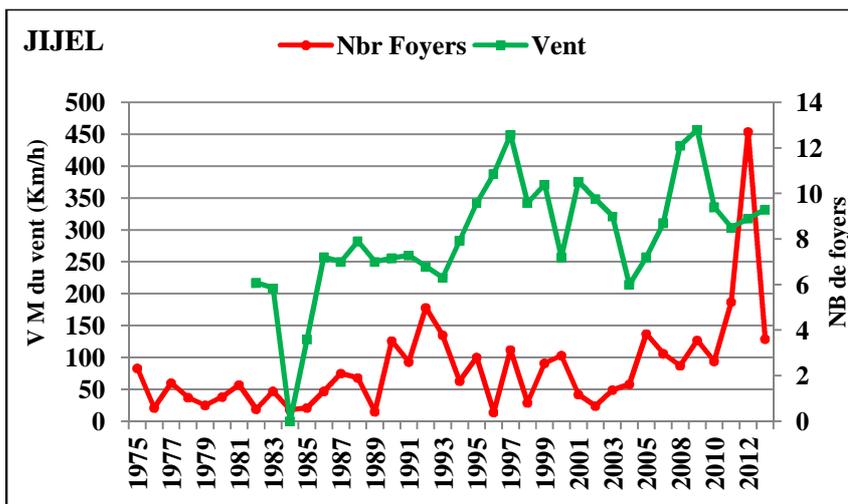


Figure.55a- Relation feux de forêts- vitesse moyenne du vent dans la wilaya de Jijel (période 1975-2012)

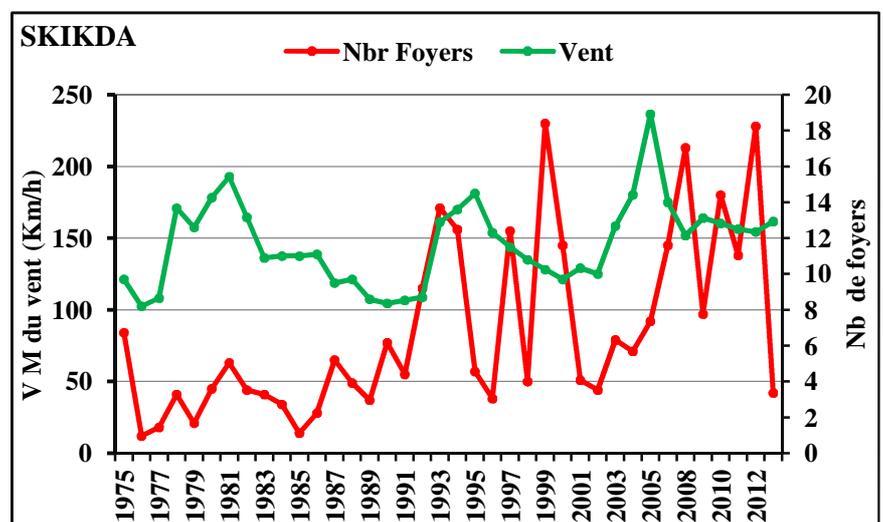


Figure.55b- Relation feux de forêts- vitesse moyenne du vent dans la wilaya de Skikda (période 1975-2012)

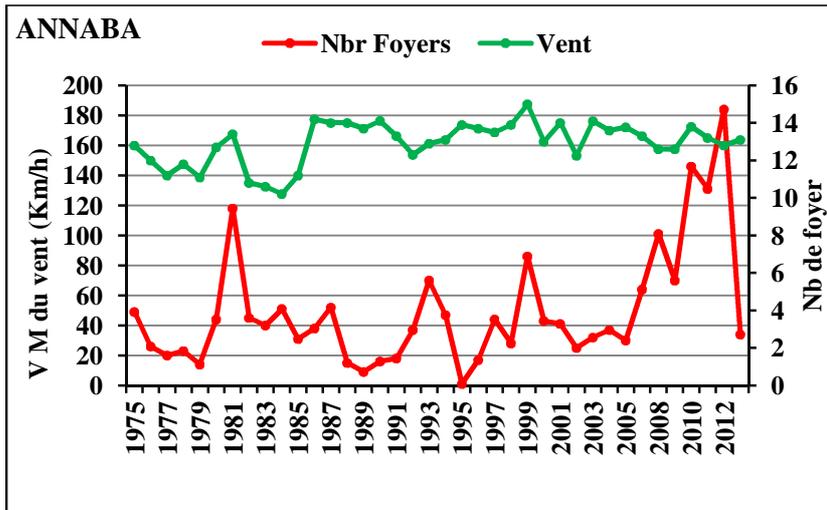


Figure.55c- Relation feux de forêts- vitesse moyenne du vent dans la wilaya de Annaba (période 1975-2012)

Figure.55d- Relation feux de forêts- vitesse moyenne du vent dans la wilaya de Béjaia période 1975-2012)

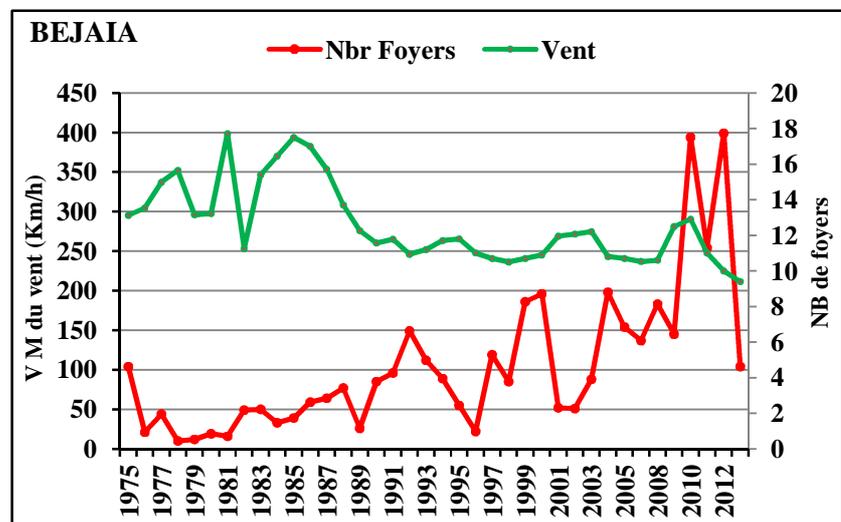


Figure.55 (a,b,c,d)-Relation feux de forêts- vitesse moyenne du vent dans les wilayas de l'Est algérien (période 1975-2012)

III.I.1.2. La haute inflammabilité de la plupart des espèces forestières qui forment le cortège floristique de la subéraie

L'inflammabilité d'un végétal, c'est la facilité avec laquelle il s'enflamme après une exposition à un rayonnement calorifique constant. La mesure du temps d'inflammabilité qui s'étale entre la présentation d'un échantillon végétal à la source de chaleur et l'apparition des premières flammes permettent de classer les différentes espèces végétales et leurs formes « nanifiées » par ordre d'inflammabilité. Le tableau ci-dessous montre que la bruyère arborescente présente la plus importante inflammabilité suivie par le chêne-liège.

Tableau.17 -Inflammabilité du chêne-liège et des principales espèces du maquis
(D'après Delabraze et Valette, 1974)

Essence forestière	Inflammabilité des gaz (temps en second)	Inflammabilité matière sèche (temps en second)
Chêne liège (<i>Quercus suber</i> L)	44	61
Bruyère arborescente (<i>Erica arborea</i> L)	41	59
Ciste de montpellier (<i>Cistus monspeliensis</i> L)	62	75
Arbousier (<i>Arbutus unedo</i>)	71	87
Ciste à feuille de sauge (<i>Cistus salviifolius</i>)	74	83

- **La grande accumulation de combustible ligneux en forêt.** La combustibilité précise la facilité avec laquelle un végétal brûle en dégageant une énergie suffisante pour consumer et entraîner l'inflammation des végétaux voisins. Les formations forestières de chêne-liège sont formées par un puissant sous-bois d'essences secondaires inflammables, en premier rang desquelles se rangent la bruyère arborescente et l'arbousier, qui offrent un aliment exceptionnel à sa propagation; les rendant plus exposés aux ravages du feu. Ce sous-bois, généralement très dense, constitue en été, notamment à l'époque où souffle le « Sirocco », un des éléments majeurs de propagation du feu. Les incendies s'y développent avec une effrayante rapidité ravageant parfois, en quelques heures, des milliers d'hectares.
- **La grande concentration de population en forêt.** Les fortes densités, souvent supérieures à 100 personnes au km², dans les aires du chêne-liège, sont inconscientes des dangers des incendies sur l'écosystème forestier. En Algérie le dynamisme démographique a été contenu, en particulier dans les villages forestiers. La demande de vivres et d'énergie (bois de feu) a augmenté à tel point qu'elle a réduit dangereusement les superficies forestières. En outre, les feux de forêt sont considérés par les habitants comme une menace directe à leurs conditions d'existence. L'incidence du feu reste à un niveau relativement constant.

III.1.2. Les causes immédiates ou momentanées

Contrairement aux autres parties du pays, où un pourcentage élevé de feux est d'origine naturelle (essentiellement la foudre), les subéraies du Nord Est algérien caractérisent par la prévalence de feux provoqués par l'homme. Les causes naturelles ne représentent qu'un faible pourcentage, probablement à cause de l'absence de phénomènes climatiques comme les tempêtes sèches. Le nombre d'incendies dans les forêts de chêne-liège, dont les causes sont inconnues, est bien supérieur à celui des incendies dont les causes sont connues. Les causes connues représentent 31% seulement des incendies répertoriés chaque année, et 69% sont déclarés inconnues. Les causes d'incendie dont on connaît l'origine sont classées en trois catégories :

- les incendies accidentels;
- les incendies par imprudence;
- les incendies intentionnels.

- **Les causes accidentelles**

Elles regroupent tous les feux déclenchés sans participation humaine, tels que les feux déclenchés par la foudre, une ligne de haute tension, l'échappement d'un tracteur ou les dépôts d'ordure. Ces incendies sont peu nombreux. Pour la foudre, elle apparaît principalement au mois de juillet et août.

- **Les incendies par imprudence**

Ils sont les plus fréquents parmi les causes connues et on peut considérer que les feux dont l'origine est connue sont généralement dues aux imprudences humaines (jets de mégot de cigarettes, récolte de miel, etc.) et sont liés aux activités agricoles et forestières. Les parties en cause sont principalement les résidents permanents (et rarement les touristes de passage). Parmi les incendies causés par imprudence, on peut citer :

- Récolte de miel
- Charbonnières
- Chauffages
- Préparation de thé
- Jet de mégots de cigarette
- Incinération de chaumes

- **Les incendies intentionnels**

Ces incendies sont peu identifiables, cependant on peut énumérer leurs motivations en tenant compte des informations contenues dans les rapports de déclaration d'incendie, ainsi que des investigations des responsables des lieux incendiés :

- Incendies provoqués par vengeance (délinquant pénalisé, ou ouvrier renvoyé d'un chantier, etc.).
- Incendies provoqués pour chasser les animaux qui produisent des dommages dans le bétail et les cultures.
- Incendies provoqués pour différend avec l'administration forestière (récupération de terrain privé reboisé).
- Incendies provoqués par pyromane.
- Incendies provoqués pour obtenir une rémunération pour le travail d'extinction de l'incendie et dans la restauration postérieure des aires incendiées.

Une autre cause, non moins importante de développement des incendies est la culture sur brûlis notamment pour les arachides, l'extension des vides labourables (clairières réservées à l'agriculture) et la mise à nu par le feu des terres à vocation forestière pour des cultures spéculatives. Cette pratique a été favorisée par des textes permettant l'accès à la propriété foncière par la mise en valeur des terres. Pratique, conçue à l'origine pour le Sahara et qui a été étendue illégalement à l'ensemble du territoire national.

Partie II

Chapitre IV.

Impact des incendies sur la production du liège

IV.1. L'impact des incendies sur la production du liège en Algérie (période 1963-2012)

Le liège est un produit de l'arbre du même nom, le chêne-liège.

Tout fléau ou sinistre de quelle que nature qu'il soit (incendies; maladies, insectes) détruisant le chêne porterait indirectement préjudice à la production du liège.

La production du liège peut-être également affectée par atteinte directe à la matière ou au produit "liège" même (parasites, champignons, insectes, etc.).

La figure 56 illustre la production de liège en Algérie durant la période 1963– 2012

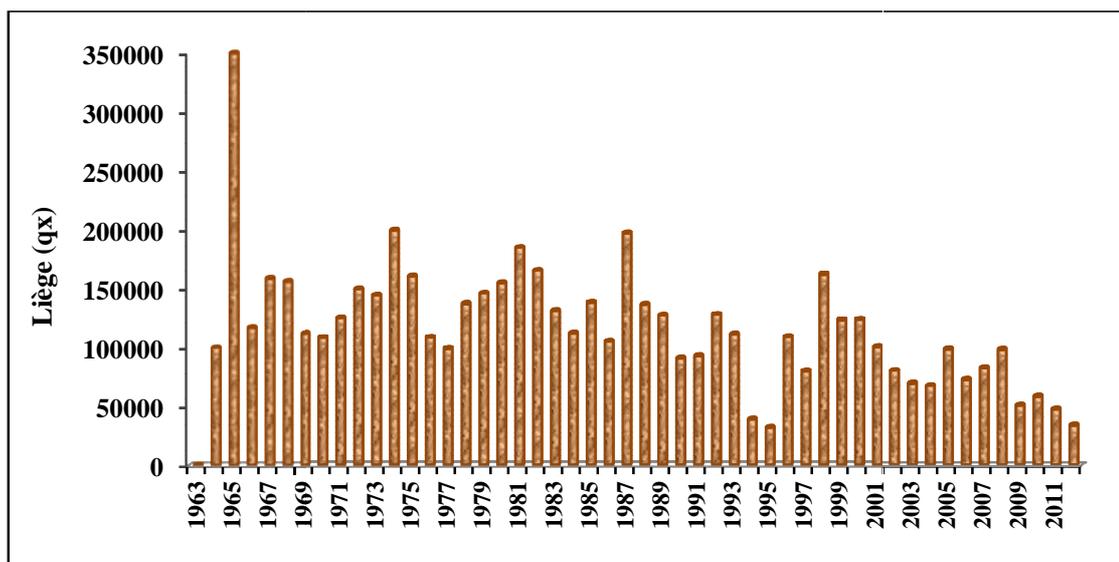


Figure.56- Histogrammes illustrant la production du liège (qx) en Algérie (Période 1963-2012)

La figure 57 donne la relation entre la superficie de forêt incendiée et la production de liège (exprimée en quintaux).

Dans tous les cas de figure, il y a une corrélation directe mais inverse entre la baisse de production et tout ce qui porte atteinte à l'arbre que ce soit dans son anatomie, sa physiologie ou son environnement.

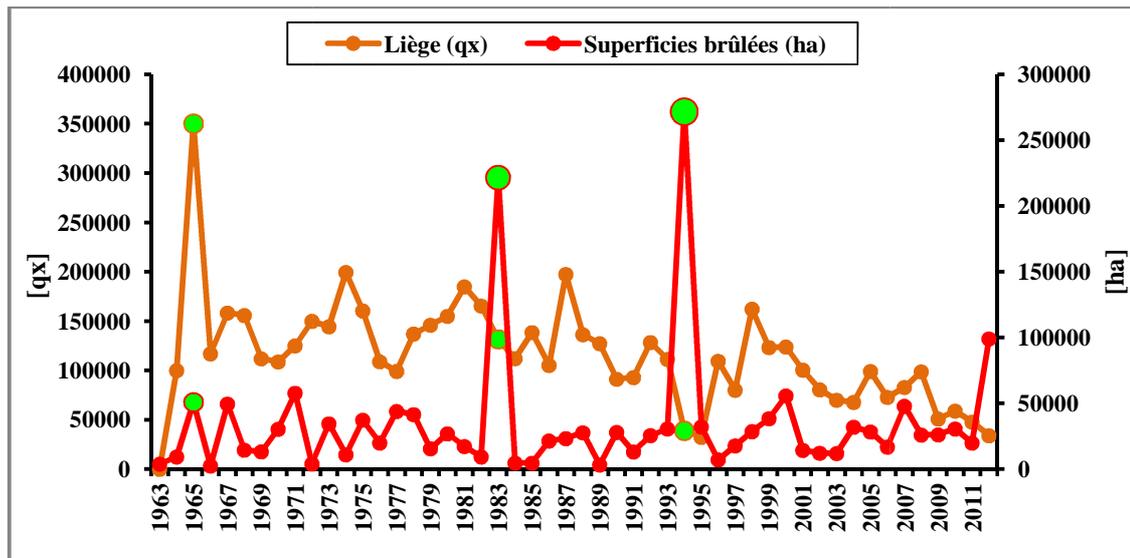


Figure.57 - Relation entre superficie de chêne-liège incendié et volume de liège (qx) en Algérie (période 1963-2012)

IV.2. L'impact des incendies sur la production du liège dans les subéraies du Nord Est algérien (période 1995-2012)

Les histogrammes de la figure 58 illustrent la production du liège dans les subéraies du Nord Est algérien durant la période 1995-2012, Il est à noter que la production du liège est différente d'une année à l'autre, avec un maximum dans l'année 1998 (140796 quintaux) et un minimum dans l'année 2012 avec 28655,39 quintaux.

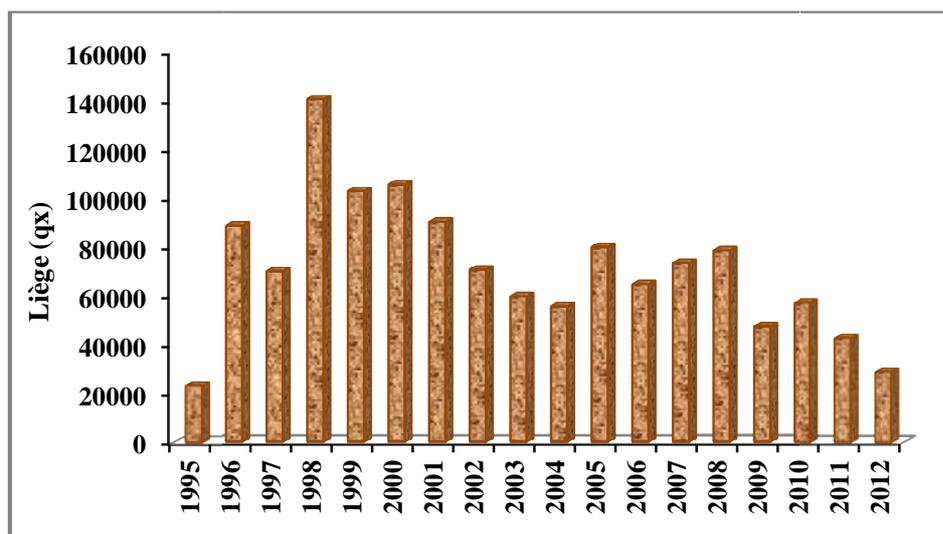


Figure.58- Histogrammes illustrant la production du liège (qx) dans les subéraies du Nord Est algérien (Période 1995-2012) (Source: Direction Générale des Forêts)

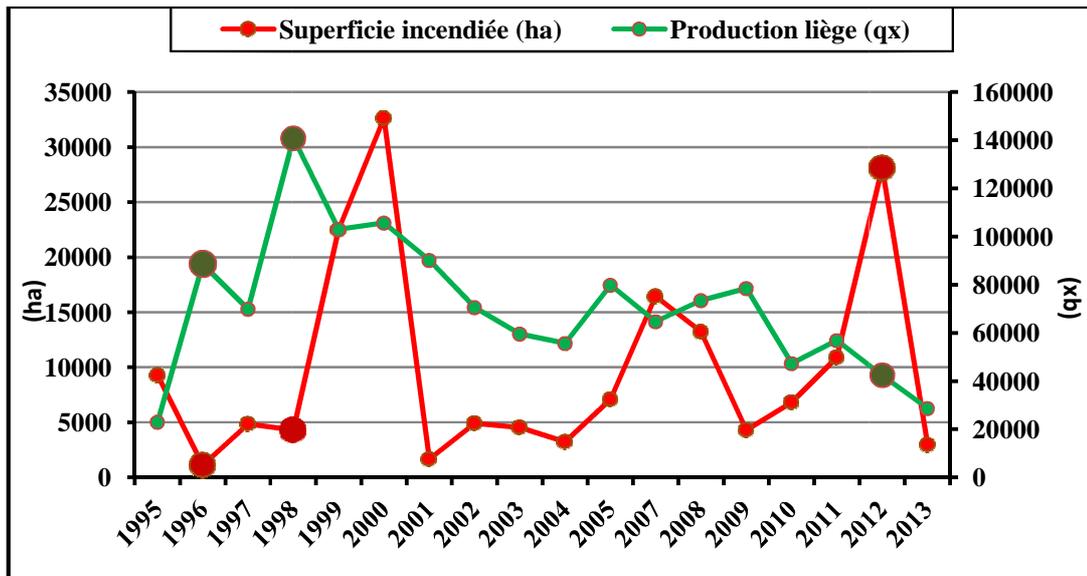


Figure.59- Relation entre la superficie incendiée et le volume de liège (qx) (Forêts du Nord Est algérien (période 1995-2012))

D'après la figure 59 on constate qu'il y'a une corrélation directe mais inverse entre la baisse de production du liège et la superficie incendiée ainsi que le nombre de feu, surtout dans les années 1996, 1998 et 2012.

Durant cette période, on constate qu'il y'a une baisse de production dans les wilayas suivante : Guelma, Béjaia et Souk Ahrass. (tableau 18).

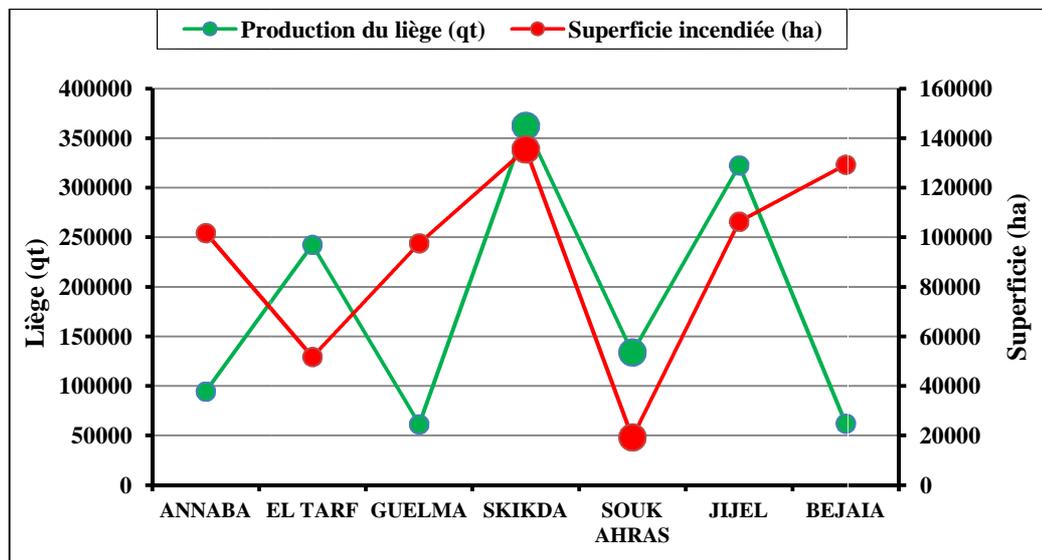


Figure.60- Relation entre la superficie incendiée et le volume de liège (qx) par wilaya (période (1995-2007))

Tableau.18- La répartition de la superficie incendiée et le volume de liège (qx) par wilaya (période 1995-2012)

Wilayas	Production du liège (qt)	Superficie incendiée (ha)
ANNABA	94430,08	101721,49
EL TARF	242425,89	51745,078
GUELMA	61310,73	97629,56
SIKIKDA	362404,56	135420,86
SOUK AHRAS	133612,39	19165,96
JIJEL	322567,64	106318,96
BEJAIA	62155,01	129314,13
TOTAL	1278906,3	641316,044

Les incendies de forêts ont des dégâts directs très importants. En effet, le liège subit une triple dépréciation du fait de l'incendie **Abric (1974)** :

- la forêt incendiée ne donnera pas de liège « bouchonnable » durant toute une révolution. Cette perte sur la qualité de liège se répètera donc pendant 12 ans, temps de révolution (généralement admis pour la formation d'un liège « marchand » de 25 mm d'épaisseur.
- La dépréciation du liège flambé peut être estimée à 15 % de la valeur du liège « blanc ». Car celui qui reste du liège est le « liège noir » qui a une valeur très faible (**Plaisance, 1974**).
- La perte cumulée peut être atteindre les 50 % de la valeur du liège « blanc » sur pied.

Le revenu de la population usagère des forêts, basé sur l'élevage des animaux, diminue considérablement, car le maquis et pâturage sont brûlés. En plus, la forêt incendiée ne peut être démasclée, induisant donc des pertes d'emplois générés pendant la campagne de récolte de liège, soit 6 mois de travail.

La forêt de chêne-liège incendiée est soumise brutalement à un déséquilibre biologique. Les composantes faunistiques et floristiques de la subéraie vont évidemment subir l'agression des incendies. Le sol est lui aussi entièrement carbonisé en surface (disparition de l'humus et les éléments minéraux sont subitement mobilisés ; d'où l'augmentation des risques d'érosion des sols et tarissement des eaux.

IV.3. L'impact des incendies sur le chêne liège: perturbation du système d'exploitation

L'incendie, s'il est important, perturbe considérablement le règlement d'exploitation de la forêt.

En Algérie, ce sont les grandes forêts de chêne liège, qui ont toujours subi les pertes les plus considérables et le feu y est d'autant plus à redouter que la mise en valeur des massifs est plus avancée (**Boudy, 1952**).

La faible épaisseur du liège de reproduction ne suffit pas en effet à protéger les parties vives du tronc contre l'action destructive du feu et pendant un certain nombre d'années après la récolte les arbres restent exposés au dépérissement et par conséquent portent atteinte à la production (**Dubois, 1990**).

IV.3.1. Evaluation des dommages

Les dommages causés par les incendies sur le chêne-liège et par ricochet sur la production du liège varient selon:

- le cycle végétatif des peuplements (âge); le tableau 19 montre que les stades juvéniles (1 et 4 ans) sont plus sensible aux incendies et le taux de mortalité varie entre 50 et 100%. Les peuplements adultes semblent plus résistants aux effets du feu probablement par leur capacité et leur vigueur de croissance en matière de couche de liège protectrice.
- l'état des peuplements (démasclage): les dommages seront considérables, si les arbres sont démasclés depuis peu de temps. Ils seront condamnés à périr et par voie de conséquence la production sera fortement affectée voire totalement détruite.
- l'organe végétatif atteint (houppier; feuille; racines; etc.) la plupart des arbres ne sont pas morts si leur partie aérienne et les racines sont encore vivantes, de sorte que par le recépage on pourra sauver le peuplement et du coup la production.

Tableau.19- Mortalité du chêne-liège selon l'âge

L'âge	1an	2ans	3ans	4ans	6ans	9ans	12ans
%	100	90	70	50	35	10	2

IV.3.2. Impact des feux sur le chêne liège suivant l'épaisseur du liège

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

Les cellules de la «mère», situées sous le liège, meurent lorsqu'elles sont exposées à une température supérieure à 55-60°C. Les dégâts dépendront donc de la chaleur dégagée par l'incendie, ainsi que de l'épaisseur du liège qui est fonction du temps qui le sépare du dernier écorçage. La probabilité de survie de l'arbre dépend de la superficie de «mère» détruite.

Pour évaluer les dégâts sur la «mère», il faut observer l'épaisseur d'écorce non brûlée. S'il y a une épaisseur de liège de plus de 8-10 mm, il n'y aura probablement aucun dégât. Si au contraire, le liège s'est presque totalement consumé, s'entr'ouvert ou se détache du tronc, le cambium est mort (**Miles et al., 1998**).

Dans ce cas, il est possible d'observer également des changements de couleur au niveau du feuillage et une odeur fermentée.

Les zones de «mère» touchées cesseront de produire du liège, et si elles sont importantes (plus de 100 cm²), l'arbre ne pourra pas les refermer facilement. Ces blessures peuvent être enduites de pâte cicatrisante du type de celles utilisées en jardinage, bien que leur efficacité soit douteuse. Si la superficie blessée est très vaste, plus de 40% de la circonférence, il faut envisager la solution de couper l'arbre afin de reconstituer une nouvelle zone de production à base d'un ou plusieurs brins de cépée.

IV.3.3. L'impact des incendies sur les houppiers, feuilles et glands

Etant donné leur rapport superficie/volume élevé, ces organes absorbent très rapidement la chaleur, ils se dessèchent et s'enflamment avec beaucoup de facilité, ce qui fait que même avec des feux de faible intensité, ils roussiront ou se consumeront. Le pourcentage du houppier affecté est important vis-à-vis de la vitesse de récupération et des effets sur la croissance et les anomalies du liège. Les dégâts dépendront de l'intensité du feu, de la hauteur des flammes ainsi que de la hauteur et des dimensions du houppier.

La perte des bourgeons et des fruits supposera une fructification moindre et un développement plus faible des ramilles. La principale zone de fructification du chêne-liège se trouve dans la partie basse et périphérique du houppier, ce qui implique que même dans le cas de feux de faible intensité, une grande perte de production des glands est prévisible. D'un autre côté, les bourgeons dormants (sous l'écorce) intacts qui se trouvent en dessous de ceux qui ont été affectés se réactiveront, donnant lieu à des rejets plus ou moins importants en fonction des réserves disponibles dans l'arbre, ainsi que de son âge.

L'effet du feu est similaire à celui d'une taille ; il n'est donc pas recommandé de tailler les arbres brûlés, si ce n'est pour enlever les branches mortes. Les rejets et la fructification seront intenses pendant les années suivant l'incendie, mais cela dépendra de l'état des réserves de l'arbre et des précipitations hivernales.



Photo.1- Dégâts du Feu de forêts au niveau du tronc du chêne liège dans la subéraie de Ouled Attia (wilaya de skikda) (2012)

IV.3.4. L'impact des feux sur les racines

La chaleur qui parvient au sol lors d'un incendie oscille entre 8 et 20% de la chaleur totale générée en fonction du type de feu (litière ou superficiel) ainsi que des conditions qui règnent au niveau du sol proprement dit : matière organique et humidité. En premier lieu sont détruites les racines les plus fines, qui sont celles les plus efficaces pour l'absorption de l'eau et des nutriments, et comme le chêne-liège se verra obligé de les reconstituer, la croissance annuelle peut s'en retrouver diminuée. Quand le feu génère encore plus de chaleur par mètre carré, les racines plus grosses peuvent être détruites, et elles pourriront dans les années qui suivent. Cette perte de racines peut favoriser le déracinement de l'arbre les jours de vent fort. Sur les sols très minces (moins de 15 cm), les racines sont bien évidemment plus superficielles et il faut donc craindre des dégâts plus importants.

Néanmoins, 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.



Photo.2- Impact du feu de forêts sur les racines (massif de collo 2013)

IV.3.5. Chute des arbres

Les séquelles laissées par le feu à la base du tronc réduisent la section de ces derniers, si bien que cela puisse favoriser leur chute. Ces chutes sont très probables dans le cas d'arbres taillés en laissant des branches très horizontales ou déséquilibrées. On recommande de couper ou de réaliser une taille correcte si la section du tronc perdue est supérieure à 1/3 et que l'on se trouve en zone à risques pour les personnes ou les biens. **(Natividade, 1950)**

IV.3.6. L'impact des incendies sur le liège

Les dégâts sur le liège sont souvent importants, même avec des feux de faible intensité. Le liège de reproduction ne propage pas les flammes, ce qui fait que la superficie carbonisée sera celle qui a été directement exposée aux flammes. Les dégâts dépendront de la hauteur des flammes, de l'intensité du feu et de l'épaisseur du liège. Le liège mâle et les lièges des zones humides ont souvent des lichens qui sont très inflammables en été et qui peuvent parvenir à transmettre au houppier un feu à l'origine superficiel.

Par exemple, un feu de pâturage ne flambera que les planches inférieures orientées face au feu, endommageant entre 15 et 20% de la production totale de l'arbre.

Ces types de feux de faible intensité sont néanmoins capables de diminuer l'épaisseur du liège jusqu'à atteindre une épaisseur de 10 mm. Le cas extrême est celui où les rémanents de taille sont empilés au pied de l'arbre, brûlant ainsi profondément 100% du liège de reproduction.

La diminution de l'épaisseur implique un plus grand nombre de coups de hache et de blessures durant l'écorçage, voilà pourquoi il ne faudra pas réaliser de levée sur des lièges de moins de 25mm d'épaisseur. Les dégâts au niveau du houppier et des racines réduisent l'activité végétative dans son ensemble, ce qui fait que le liège « vient » moins bien. Ces deux facteurs font qu'une levée immédiate, durant les 2 ou 3 ans qui suivent le sinistre, serait très dangereuse.

IV.3.7. Le rôle de liège comme une couche protectrice

Le liège lorsqu'il est suffisamment épais, constitue pour le chêne une excellente enveloppe protectrice. Les arbres non démasclés souffriront donc moins que ceux mis en valeur. Seuls ceux de faibles dimensions, dont les cimes auront été particulièrement exposées aux flammes ou dont les fûts trop minces, malgré leur revêtement de liège mâle, n'auront pu résister à la dessiccation, n'échapperont pas à la mort. Quant aux producteurs, porteurs de liège de reproduction, les uns, plus ou moins récemment démasclés ou récoltés, périront, les autres mieux protégés, survivront. La table de mortalité mise en valeur par (**Lamey in Débierre, 1922**) illustre la mortalité des arbres de chêne-liège en fonction de leur âge de démasclage.

Tableau.19-La mortalité des arbres de chêne-liège en fonction de leur âge de démasclage
(D'après Lamey in Bébierre, 1922)

Âge des lièges de reproduction au moment de l'incendie	(%) de mortalité des arbres atteints
0 à 100 ans	100%
2 ans	90%
3 ans	70%
4 ans	50%
5 ans	25%
6 ans	15%
7ans	10%
8 ans	4%
9 ans et au-dessus	2%

IV.4. L'évaluation des dommages en liège

VI.4.1. Dans la futaie de chêne-liège

Les dommages causés à la récolte en liège ont pu être évalués d'après la formule:

$$D = 0,6 R$$

Où **D** représente l'expression des dommages
R = la valeur des récoltes totales retirées pendant neuf (9) ans.

A titre d'exemple, en partant de la probabilité d'une mortalité moyenne de 40% du matériel incendié et de 50% de flambage, on peut calculer très rapidement le dommage en liège ; tant comme perte de récolte que comme perte par flambage.

Les dommages varient d'ailleurs peu avec l'âge du liège et, avec une forêt traitée à 12 ans, le résultat est le même.

Si donc **S** est la surface incendiée.

r: le rendement moyen en liège à l'hectare.

P: le prix moyen du quintal.

Le dommage approximatif avec le traitement à 9 ans serait :

$$\mathbf{D = 5,4 \times S \times r \times p}$$

5,4 : rendement moyen annuel à l'hectare, soit multiplié par le nombre d'années **9**.

Avec un traitement à 12 ans, on aurait : **D = 7,2 × S × r × p (7,2 = 0,60 × 12)**.

Si au lieu de 40% la mortalité n'est plus que 30%, la formule devient : **D = 0,5 R**.

On résumé, la règle pratique à appliquer pour évaluer sommairement les dommages en liège est la suivante:

« Dans une forêt de chêne liège incendiée, les dommages pour perte de récolte et flambage de liège sont approximativement compris, selon l'intensité du feu et par suite mortalité, entre 0,50 et 0,60 de la récolte de liège totale que la partie incendiée pourrait produire en une période soit de 9, soit de 12 ans.

IV.4.2. Dans le taillis de chêne liège

Nous n'avons examiné ci-dessus que le cas des futaies démasclées. Mais il existe dans les massifs de la zone d'étude des taillis provenant de recépage ancien ou récents, ayant par suite de 1 à 40 ans et non démasclés, recouvrant des vastes surfaces (83843 ha).

Les principes d'après lesquels devront être calculés les dommages causés par les incendies sont différents de ceux analysés précédemment. Il n'y a plus en effet à tenir compte de récoltes de liège actuelles et tout se ramène, puisque les arbres ne sont démasclés, aux dommages en bois et liège mâle et au retard apporté dans les périodes futures de liège de reproduction.

Le liège mâle acquit depuis 25 ans une valeur ne faisant que croître et on estime qu'il peut être enlevé dès que le sujet a 25 à 30 cm de tour. A partir de 0,65 m à 0,70 m, c'est-à-dire quand les arbres ont de 25 à 30 ans, nous entrons dans la catégorie des massifs démasclés envisagés dans le cas précédent.

Le calcul des dommages causés au taillis peut être évalué comme suit :

en estimant 50 à 60 stères à l'hectare le volume du matériel à 40 ans, l'accroissement moyen à 1,5 stère/an et en tenant compte de ce que le liège mâle représente environ les dixièmes du volume de l'arbre, on obtiendra facilement le volume du taillis (bois et liège mâle) atteint par le feu et devant être recépé sans tarder. Il aura plus qu'à multiplier les trois dixièmes de ce volume par la valeur marchande du liège mâle.

Pour le bois, on considérera qu'il ne peut être pratiquement utilisé comme combustible qu'avec des arbres ayant 0,30 cm de tour, c'est-à-dire les dimensions minima prévues pour l'enlèvement du liège mâle et qu'il ne représente que les 6 à 7 dixièmes du volume de l'arbre : dans un taillis de 25 ans par exemple, le volume total sera de 30 stères environ dont 10 de liège mâle et 20 de bois.

D'autre part, le feu en provoquant le recépage des peuplements incendiés, entraîne dans la réalisation des récoltes futures de liège de reproduction un retard égal à l'âge des peuplements au moment de l'incendie, soit au maximum 3 récoltes.

Pour évaluer théoriquement le dommage correspondant, il faudrait faire appel à l'une des formules d'intérêts composés dont nous avons déjà parlé (celle dite de la superficie), mais les résultats de son application en faisant état de la valeur des récoltes pendant 100 ans, seraient pas trop éloignés de la réalité dans les pays tels que ceux de l'Afrique du Nord.

Dans la pratique, il faudra recourir à des procédés purement empiriques dont les résultats se rapprocheront plus de la réalité. On peut estimer en effet que la perte de revenu correspondant à un retard de 12 ans dans la récolte équivaldrait à la valeur d'une demi-récolte, pour un retard de 20 ans, à une récolte, pour un retard de 30 ans (ce qui est un maximum -âge du démasclage) à deux récoltes. Si le démasclage avait lieu à 25 ans au lieu de 30, la perte serait toute au plus d'une récolte et demie.

Si la récolte, au lieu d'être capitalisée au taux habituel de 3,5 à 5%, l'était à un taux plus élevé, en raison des dangers plus grands d'incendies, la perte serait forcément plus grande (une demi-récolte pour 8 ans de retard- une pour 14 ans -deux pour 23 ans- trois pour 30 ans).

Pour un bois de 1 à 3 ans, la perte est négligeable ; pour les âges intermédiaires entre ceux données ci-dessus, on interpolera. Pour les taillis de moins de 0,25 à 0,30 de tour (10 à 15 ans) la valeur du liège mâles et du bois n'entrera pas en ligne de compte et il n'y aurait à retenir que la perte due au retard de récolte tel qu'il a été estimé ci-dessus

IV.4.3. Les dégâts au niveau du liège

Lorsque les arbres démasclés ont été assez gravement atteints, sous l'action de la chaleur un décollement se produit entre le liber et l'aubier, la mortalité s'ensuit si le décollement intéresse toute la surface du tronc. Si une portion seulement de cette surface a été brûlée, le sujet peut survivre, mais le liège ne se formera évidemment, à nouveau, que sur la partie demeurée intacte, l'autre restant inerte. Lorsque l'action du feu a été moins prononcée il se produit souvent un simple décollement entre le liège de reproduction et le liber. Ce dernier n'est pas tué ; il continue à proliférer, mais avec une solution de continuité entre la nouvelle couche de liège et la précédente. En effet, la planche se présente sous forme de deux lames de liège non adhérentes et donne ce que l'on appelle un « liège doublé ». Ce doublement, bien que n'intéressant la plupart du temps qu'une portion seulement de la planche, déprécie considérablement les lièges ainsi constitués.

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

- la forêt incendiée ne donnera pas de liège «bouchonnable» durant toute une révolution. Cette perte sur la qualité de liège se répètera donc pendant 12 ans, temps de révolution (généralement admis pour la formation d'un liège « marchand » de 25 mm d'épaisseur;
- la dépréciation du liège flambé peut être estimée à 15% de la valeur du liège « blanc». Car;
- la perte cumulée peut atteindre les 50% de la valeur du liège « blanc » sur pied.

IV.5.3. Autres dégâts

Les dégâts directs: les dommages sur bois, tanins et liège mâle

Dans l'incendie d'une forêt mise en valeur, le liège de reproduction n'est pas le seul à subir des dommages plus au moins importants, mais aussi d'autres produits dont la valeur, considérée comme négligeable, il y a quelque années, a pris une réelle importance depuis la guerre ; il s'agit du bois, du liège mâle et du tanin.

Dans un peuplement dont les arbres ont au moins 0,70 cm de tour et plus généralement 1mètre, le bois a toujours une valeur marchande en tant que combustible, mais selon le degré d'intensité du feu, il reste plus ou moins utilisable (valeur de sauvetage).

Pour les arbres simplement flambés, il conserve à peu près intégralement sa valeur marchande. Pour ceux qui sont morts, elle devient nulle ou est réduite d'au moins 50%.

(Plaisance, 1974)

Afin de connaître le dommage, il conviendra donc d'apprécier quel est le pourcentage des sujets ainsi atteints et en évaluant de 120 à 150 stères en moyenne à l'hectare le matériel bois,

il sera facile d'estimer la perte en volume du combustible. En la multipliant par la valeur marchande du moment, on aura l'importance de cette catégorie de dommages.

Si par exemple, dans un incendie grave, la mortalité atteint 40 %, on peut évaluer à 25 %, c'est-à-dire à 30 stères, la perte réelle en combustible (une partie de l'arbre mort pouvant encore être utilisée). Si la mortalité est moindre, on réduira la perte en interpolant.

Dans les massifs du Nord Est algérien, l'évaluation des pertes de produits causées par les incendies durant les années 2001 et 2002 montre que la quantité de bois perdue est de 35077, 20880 respectivement, où les incendies couvrent une grande superficie de 6563,57 ha.

La valeur des pertes a été évaluée selon la quantité incendiée et les types de bois (29 088 815.00DA).

On constate que le bois de chauffage est le produit le plus perdu avec une valeur de 17 168 511,00 DA. Dans notre zone d'étude la perte en liège mâle a été estimée en 2001 et 2002 à 2525 qx et en valeur à 4837980,00DA.

La perte en tanin ne devra entrer en ligne de compte que si l'arbre arrivé à sa dernière récolte devait être abattu (forêt à régénérer). On la calculera alors aisément d'après le rendement probable en tanin de l'arbre.

En définitive, pour avoir le dommage total, on devra additionner :

- 1- la valeur des récoltes de liège de reproduction perdues;
- 2- celle du liège mâle et du bois inutilisables dans le commerce et;
- 3- le coût du recépage consécutif à l'incendie.

Tableau.20- Evaluation des pertes en liège par les incendies dans les massifs du Nord Est algérien (Année 2001, 2002)**Année 2001**

WILAYA	BOIS D'ŒUVRE		BOIS D'INDUSTRIE		BOIS CHAUFFAGE		LIEGE MALE		LIEGE DE REP,		ALFA		BROUSSAILLES		AUTRES		PERTES TOTALE ECONOMIQUE
	QUANT	Valeur financière	V.P	V.F	V.P	V.F	V.P	V.F	V.P	V.F	V.P	V.F	V.P	V.F	V.P	V.F	(DA)
BEJAIA	1000	2000000	1500	315000	2100	2100000	75	52500	500	750000	0	0	5000	60000	3300	330000	5607500,00
JJEL	12	24000	4257	1840190	942	4086601	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5950791,00
SKIKDA	1250	1912500	700	10760	4580	1190800	120	240000	600	4200000	0	0	300	150000	3008	580000	8284060,00
ANNABA	/	/	113	168750	15	3800	0	0	230	183600	0	0	5990	149750	24594	3689100	4195000,00
GUELMA	/	/			331	52960	341	767000			0	0	167	2492200	0	0	5210160,00
EL TARSF	2040	496128	340	416160	1700	217600	20	80000	2174	10432800	0	0	35898	1120000	5000	362000	13405088,00
SOUK AHRAS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
TOTAL	4302	4432628	6910	2750860	9668	7651761	556	1139500	3504	15566400	0	0	47355	3971950	35902	4961100	42652599,00

Année 2002

WILAYA	BOIS D'ŒUVRE		BOIS D'INDUSTRIE		BOIS CHAUFFAGE		LIEGE MALE		LIEGE DE REP,		ALFA		BROUSSAILLES		AUTRES		PERTES TOTALE ECONOMIQUE
	QUANT.	Valeur financière	V.P	V.F	V.P	V.F	V.P	V.F	V.P	V.F	V.P	V.F	V.P	V.F	V.P	V.F	(DA)
BEJAIA	0	0	0	0	500	1632000	0	0	770	1813284	0	0	0	0	0	0	3473584,00
JJEL	0	0	0	0	15806	3730310	5	10000	1277	1622815	0	0	13850	16622000	530	1189500	23174625,00
SKIKDA	1977	3024810	1892	26006,04	8052	2093520	250	500000	1015	7150000	0	0	134,25	57125	2620	262800	13114261,04
ANNABA	0	0	0	0	960	140750	600	480	0	0	0	0	7300	221850	450	0	497080,00
GUELMA	0	0	100	100000	2250	360000	614	820000	2010	10050000	0	0	205	378	11000	1010000	12340378,00
EL TARSF	500	500000	550	440000	2000	520000	500	2000000	5000	24000000	0	0	818	24480000	100	27000	51967000,00
SOUK AHRAS	410	646000	80	20800	5957	1040170	184	368000	528	316900	5	250000	11947	582930	5950	652000	3676700,00
TOTAL	2887	4170810	2622	566006,04	29568	9516750	1969	3698480	10600	44952999	5	250000	34254,25	41964283	20650	3141300	108243628,04

Conclusion

En examinant de plus près les dommages causés par les feux de forêts, on constate que toute atteinte à l'arbre se répercute négativement sur la production du liège. Dans le contexte de ce travail nous avons exposé uniquement l'impact des feux des forêts sur le chêne liège. Il faut savoir que l'arbre n'est pas à l'abri d'autres fléaux qui peuvent également porter préjudice à la production du liège; tels que les maladies, les insectes (voir d'autres fléaux schématisés en annexes).

L'analyse de l'impact des feux de forêt montre qu'il existe une forte corrélation négative entre la production, le nombre de départ de feux, et les superficies brûlées.

Toutefois, les dégâts causés par le feu varient selon l'intensité des feux, l'organe végétatif atteint (houppier, feuille, racines, liège), le cycle végétatif (âge), l'état des peuplements (arbres démasclés ou non). C'est pourquoi il ne faudra pas réaliser de levée sur des lièges de moins de 25 mm d'épaisseur. Les dégâts au niveau du houppier et des racines réduisent l'activité végétative dans son ensemble, ce qui fait que le liège « vient » moins bien. Ces deux facteurs font qu'une levée immédiate, durant les 2 ou 3 ans qui suivent le sinistre, serait très dangereuse.

Les pertes varient également en fonction des parties atteinte par le feu: pour les arbres incendiés dans leur partie aérienne, mais non dans leur partie souterraine, on perdra non seulement la prochaine récolte, mais toutes les suivantes jusqu'à ce que les sujets de remplacement commencent à se produire du liège commercial, c'est-à-dire pendant 35 à 40 ans. Pour les arbres simplement flambés, on perd une récolte saine

PARTIE III

**METHODOLOGIE DE GESTION DES SUBERAIES
APRES INCENDIE
~ESSAI DE REHABILITATION~**

Partie III

Chapitre I.

Vulnérabilité du chêne liège aux incendies

I.1.Introduction

Le liège protège les cellules de la couche mère et donc du cambium ce qui permet à l'arbre de rejeter après le feu.

Le cambium possède des cellules capables de se différencier sous l'effet d'un stress (= le feu) pour former des bourgeons éplicormiques, qui vont se réveiller une fois la dormance apicale levée par l'incendie.

Une 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.

Mais attention, un feu n'est jamais sans conséquence pour une subéraie...

Tableau.20- Résistance des arbres pour un feu d'intensité moyenne (**Amandier, 2004**)

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

I.2. Conséquences du feu pour le chêne-liège

- Un taux de survie de 50 % est atteint quand les arbres ont un diamètre à la base de 7 cm (**Dubois, 1990**).

Jeunes sujets jamais exploités \Rightarrow Bonnes chances de survie.



Photo.3- Jeunes sujets de chêne liège (11ans) jamais exploités

Vieux sujets \Rightarrow Faibles chances de survie
 Les blessures occasionnées au fur et à mesure des écorçages successifs sont autant de **portes d'entrée (carie)** pour le feu à l'intérieur de l'arbre.



Photo.4- Vieux sujets de chêne liège brûlés

Arbres en production (liège femelle) \Rightarrow Dépend de l'épaisseur du liège au moment du feu et de la qualité des levées précédentes.

Une épaisseur de liège de 1,3 cm assure dans 50 % des cas la survie du cambium (Dubois, 1990).



Photo.5- Arbre brûlé reprend la régénération

I.3 .Le phénomène de mortalité différée

Concerne les chênes-lièges récemment exploités : émission de rejets aériens après le feu, puis mort de l'arbre dans les 2 ans.

Tableau.21-Mortalité des arbres de chêne-liège en fonction de leur âge de démasclage (**Lamey, 1893**)

Âge des lièges de reproduction	Mortalité des arbres atteints
1an	100%
2ans	90%
3ans	70%
4ans	50%
5ans	25%
6ans	15%
7ans	10%
8ans	4%
9ans	2%

Les arbres exploités et menacés de mortalité différée montrent leur difficulté à réagir par la production de rejets sur des axes dont le rôle n'était plus photosynthétique, notamment des rejets de souche. (DUBOIS, 1990).

- Il est important de prendre en compte ce phénomène pour garantir le succès d'un éventuel recépage.

I.4. Evaluation de la survie des chênes-lièges

Echelle présentée par Louis AMANDIER (CRPF PACA) lors du colloque (Le chêne-liège face au feu » (Vivexpo 2004) :

- **1er degré :**

Les feuilles sont seulement roussies \Rightarrow Bonnes chances de survie si le tronc est normalement protégé; sinon, à recéper pour bénéficier des capacités de l'arbre à rejeter de souche.



Photo.6-Arbre brûlé (1^{er} degré) (Amandier, 2004)

- 2^{ème} degré :

Brindilles non calcinées au sommet du houppier \Rightarrow Survie possible grâce à la production de rejets aérien.



Photo.7-Arbre brûlé (2^{ème} degré) (Amandier, 2004)

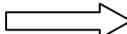
- 3^{ème} degré :

Arbres carbonisés, sol "nettoyé" \Rightarrow Faibles chances de reprises : recéper.



Photo.8-Arbre brûlé (3^{ème} degré) (Amandier, 2004)

- **4^{ème} degré :**

Liège carbonisé, découvrant complètement le bois 

Recéper pour bénéficier des capacités de l'arbre à rejeter de souche.



Photo.9-Arbre brûlé (4^{ème} degré) (Amandier, 2004)

- **Evolution possible d'une subéraie après incendie**

Tableau.22- Résumé des critères d'aide à la décision concernant les arbres incendiés
(Source : Amandier, 2004)

Energie reçue = violence du feu Brûlure du houppier	Tronc protégé par un liège assez épais	Tronc découvert par récolte récente ou blessures
Premier degré	CONSERVER	RECEPER
Deuxième degré	CONSERVER	RECEPER
Troisième degré	RECEPER	RECEPER
Quatrième degré	RECEPER	RECEPER

I.5. Conséquences de l'incendie sur la structure des subéraies

L'incendie réduit la densité globale des peuplements et il les régularise en détruisant préférentiellement les plus petits et les plus gros arbres.

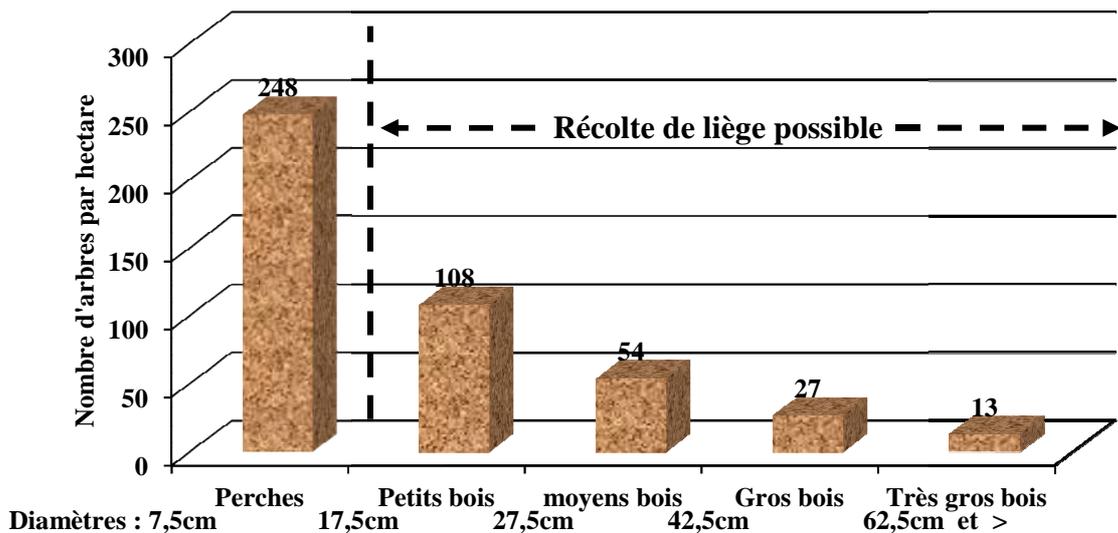


Figure.61-Futaie jardinée de chêne-liège : répartition théorique des effectifs

I.6. Conséquences du feu sur la régénération naturelle

La régénération naturelle est affectée :

- Les jeunes semis brûlés vont rejeter, mais ils auront du mal à s'imposer dans le maquis qui va lui aussi rejeter vigoureusement.
A plus de 5 cm de profondeur dans le sol, la température ne dépasse généralement pas 50 °C (Dubois, 1990)
- Si les semenciers ne sont pas détruits, il faudra attendre une dizaine d'années avant une nouvelle fructification.
- Les travaux de démaquisage, par les blessures des racines superficielles des chênes-lièges, vont favoriser le drageonnement

I.7. Impact des incendies sur la végétation

- Les feux répétés conduisent à des peuplements de chêne-liège clairs qui favorisent le développement du maquis, augmentant ainsi le risque d'incendies futurs (Schaffhauser, 2009).
- L'absence de feu durant 200 ans permet une spectaculaire remontée biologique, marquée par la reconstitution d'un humus épais et une modification de la structure et de la composition végétale.
- Une fréquence moyenne d'incendie (1 feu tous les 25 à 50 ans) permet une bonne résilience de l'écosystème, mais à un niveau faible de potentialités restant en limite de rupture. Le stock de matière organique est limité aux premiers cm du sol.

- Avec 2 feux tous les 50 ans, la végétation est souvent un maquis haut dominé par la bruyère arborescente (**Schaffhauser, 2009**).
- La conjonction des feux et de la sécheresse amplifie les effets néfastes de l'un sur l'autre : les sites les plus souvent brûlés sont les plus touchés par la sécheresse.
- La reconstitution de la fertilité et de la dynamique du milieu par des apports de composts semble une voie prometteuse pour les zones que l'excès de feu et de sécheresse a conduit à une situation de dégradation.
- Avec des fréquences d'incendies plus élevées, de nombreux paramètres chimiques et biologiques sont durablement altérés (cycle de l'Azote et le stockage du Carbone). Elles possèdent par contre un grand potentiel de stockage de Carbone en cas de non-brûlage pendant plus d'un siècle; la lutte contre les incendies peut ainsi contribuer à la lutte contre l'effet de serre.
- Seuil critique pour la subéraie : 4 feux en 50 ans.
- Pour le gestionnaire, les subéraies à protéger prioritairement sont :
 - **Les zones déjà très souvent brûlées** où un feu supplémentaire pourrait dépasser les capacités de résistance de l'écosystème et compromettre sa reconstitution.
 - **Les forêts les plus anciennes (150 à 200 ans)** car rares et morcelées, et contenant des espèces spécifiques qui risqueraient de disparaître localement. De plus elles ont perdues en partie leur résistance et leur résilience structurelles (peu de pyrophiles).
 - **Les forêts qui ont atteint 50 ans ou un peu plus**, car assez rares et fragmentées.
 - **Les forêts n'ayant pas brûlé depuis quelques dizaines d'années** et présentant une densité suffisante de chêne-liège, ou un maquis dense d'arbousier ou de bruyères, seraient beaucoup moins prioritaires car beaucoup plus à même de résister à un incendie et de s'en remettre.

Partie III

Chapitre II.

Méthodologie de gestion des subéraies après incendie

-Essaie de réhabilitation-

II.1. Méthode d'étude

Notre étude vise à évaluer le taux de mortalité des arbres de chêne liège après le passage d'un incendie et de déterminer les différents degrés d'incendie (Selon Louis Amandier) pour déterminer le mode de traitement sylvicole approprié.

II.2. Choix du site:

Afin de mieux évaluer l'évolution d'une subéraie après incendie et son mode de traitement un site a pris en considération :

- **Le massif de Collo** (wilaya de Skikda) : Superficie : 76 012 ha.
 - Forêts: 55 248 ha (81% de Chêne liège), (11% Chêne liège+Pin maritime), (3% Chêne liège+ Chêne Zéen) (5% Pin maritime)
 - Maquis (Clair, dense): 8 210 Ha (10%)
 - Maquis arborés (Clair, dense): 12 554 Ha (15%)

Où huit (08) stations ont été choisies.

Tableau.23- Présentation des caractéristiques générales des stations d'étude (massif de Collo, Wilaya de Skikda)

N° de la station	Nom de la station	Commune	Cordonnées		Surface de Chêne liège de la forêt en 2012 (ha)
			X	Y	
01	Aimoune série VI parcelle 65.66	Ouled Attia	264052,974	4094911,81	75
02	Beni Said série XII parcelle 55.59	Collo	280694.959	4101390.07	60
03	Ras El Oued Série III parcelle 28.29	Zitouna	271917.514	4095539.21	130
04	Djebel El Ghoufi Série III parcelle 32.33	Zitouna	271398.133	4094345.72	90
05	Bni Makled Série VII parcelle 38.39	Ouled Attia	268052.299	4091895.23	120
06	Hallem série VII parcelle 103.104.105.106	Oued Z'hor	257154.401 257077.006	4084756.04 4084374.39	200
07	El Ghirane série II parcelle 45	Béni Zid	274645.668	4087774.10	79
08	El Hafer série VI parcelle 54	Ouled Attia	264715.428	4097075.29	60

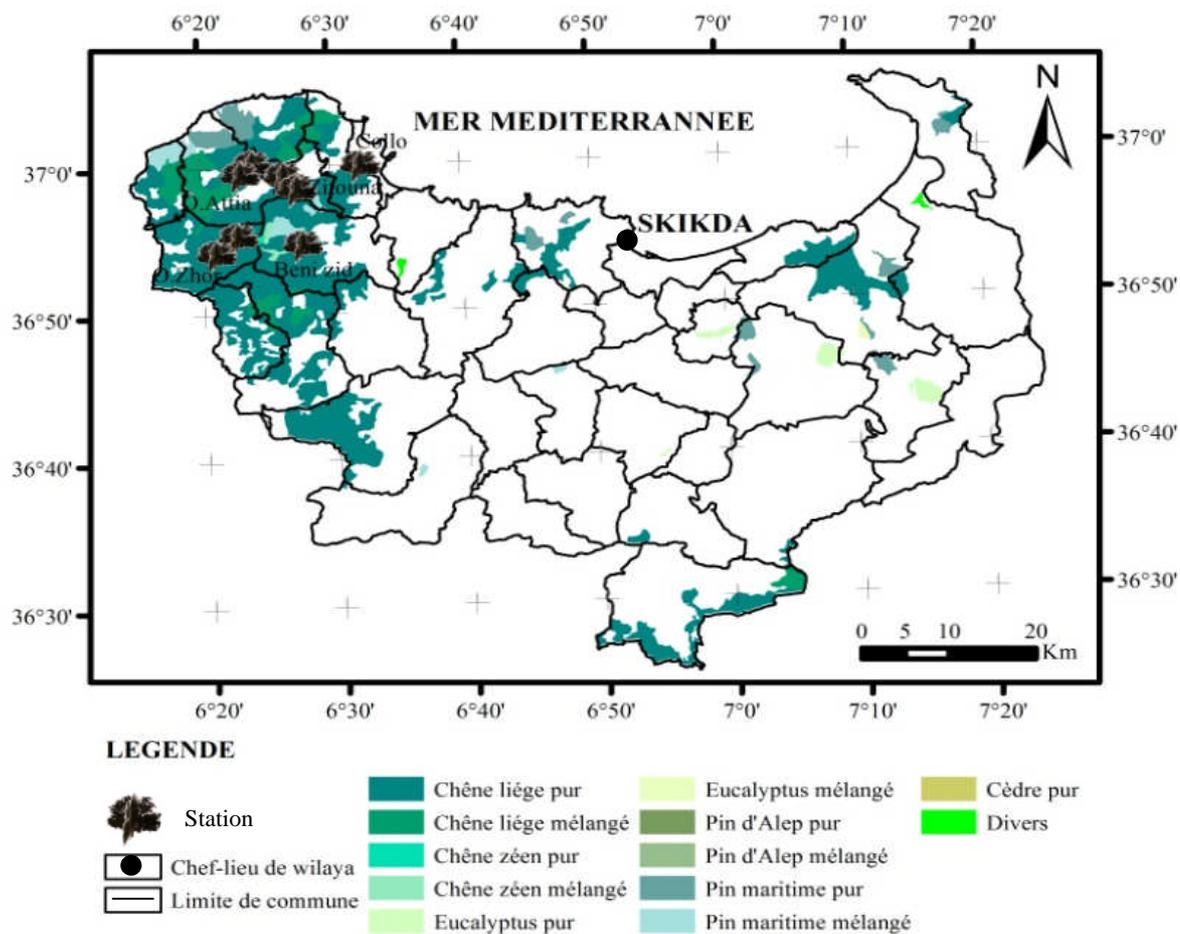


Figure.62– Répartition des stations d'étude dans le massif de Collo-Wilaya de Skikda-

II.3. Echantillonnage

Nous avons utilisé un échantillonnage aléatoire de façon à couvrir l'ensemble de la superficie incendiée pour avoir des informations objectives et plus ou moins rapprocher à la réalité en terrain.

II.4. Stations : la forêt de Collo (Wilaya de Skikda) :

- **La superficie mensuelle incendiée dans les stations choisies (Année 2012) (subéraies de Collo) :**

Durant l'année Sur le total des 112.5 ha de subéraies incendiés; on constate que le mois d'Aoûts a connu les superficies les plus importantes (94.5 ha) (tableau24).

Tableau.24- Superficie mensuelle incendiée dans les stations choisies (Massif de Collo) (Année 2012)

Superficie mensuelle incendiée (ha)					
Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Total
04	07	94.5	07	00	112.5

Tableau.25- synoptique de récupération des subéraies incendiées en été 2012 dans le massif de Collo, Wilaya de Skikda

N° de la station	Nom de Stations	Surface Chêne liège brûlée en 2012 (ha)	Nombre d'arbre	Arbres rejetés	Arbres morts	Dernière date d'exploitation du liège avant incendie
01	Aimoune série VI parcelle 65.66	4	100	98	2	2007
02	Beni Said série XII parcelle 55.59	7	100	25	75	2010
03	Ras El Oued Série III parcelle 28.29	27	100	70	30	2008
04	Série III parcelle 32.33	7	100	60	40	2003
05	Bni Makled Série VII parcelle 38.39	10	100	90	10	2003
06	Hallem série VII parcelle 103.104.105.106	49	100	80	20	2009
07	El Ghirane série II parcelle 45	3.5	100	85	15	2005
08	El Hafer série VI parcelle 54	7	100	90	10	2004

II.5. Discussions et analyse:

Le chêne liège est considéré comme l'essence la plus résistante au feu de forêts. La dernière année de récolte est le facteur limitant dans la survie des arbres. Le liège protège le système racinaire du feu ce qui augmente la chance de survie du Chêne liège.

Pour nos stations, la dernière année d'exploitation varie d'une station à une autre (2003, 2004, 2005, 2007, 2008 et 2009), donc le temps du passage du feu en fonction de la dernière année de démasclage se varié d'une station à une autre, c'est à dire :

Station 01 : incendiée après 5 ans de la dernière année de démasclage.

Station 02 : incendiée après 2 ans de la dernière année de démasclage.

Station 03 : incendiée après 4 ans de la dernière année de démasclage.

Station 04 et 05: incendiées après 9 ans de la dernière année de démasclage.

Station 06: incendiées après 3 ans de la dernière année de démasclage.

Station 07: incendiées après 7 ans de la dernière année de démasclage.

Station 08 : incendiées après 8 ans de la dernière année de démasclage.

Comme première analyse nous avons constaté que la plupart des arbres des stations ont reconstitués leur feuillage à l'exception, et ce après 3 mois du passage du feu.

II.5.1. Evolution de la survie du chêne liège

Le liège lorsqu'il est suffisamment épais, constitue pour le chêne une excellente enveloppe protectrice. Les arbres non démasclés souffriront donc moins que ceux mis en valeur. Seuls ceux de faibles dimensions, dont les cimes auront été particulièrement exposées aux flammes ou dont les fûts trop minces, malgré leur revêtement de liège mâle, n'auront pu résister à la dessiccation, n'échapperont pas à la mort.

Les porteurs de liège de reproduction, plus ou moins récemment démasclés ou récoltés, périront, les autres mieux protégés, survivront. La table de mortalité mis en valeur par (**Lamey, 1893**) illustre la mortalité des arbres de chêne-liège en fonction de leur âge de démasclage. (Voir tableau 25)

Station N°1

Nous avons constaté que sur la totalité des arbres incendiés (100 arbres), 98 arbres ont repris la régénération, et 02 sont morts.

Age de lièges de reproduction au moment de l'incendie est 5ans, dans ce cas et selon (**Lamey, 1893**) le taux de mortalité est de 25 %.

Station N°2

L'examen sur terrain des arbres de cette station montre 25 arbres rejetés et 75 arbres mort, ce qui implique selon Lamey un taux de mortalité de 90%. Ceci est dû essentiellement à la faible épaisseur du liège de reproduction, qui a déjà été récolté 2 ans auparavant.

D'autre part il est à noter que la station Béni Said est caractérisée par un sous bois très dense favorisant ainsi la propagation du feu.

Station N°03

L'observation directe sur terrain après 4 ans d'exploitation, démontre qu'après un passage de feu 70 arbres ont pu se régénérer; cela correspond à un taux de survie de 50%.

Selon Louis Amandier les vieux sujets ont de faible chance de survies, cas de cette station.

Station N°4

Pour cette station on a dénombré 40 arbres morts, et selon Lamey le taux de mortalité est de 2%.

Station N° 05

Nous avons recensé 90 arbres rejetés, avec un taux de mortalité de 2 % seulement (**Lamey 1893**).

Ce faible pourcentage est lié à l'épaisse couche du liège (dernière récolte du liège en 2003) qui a permis la protection de l'arbre contre l'incendie.

Station N°6

A l'opposé des stations précédentes, la station N°6 a montré une régénération à 80% et pourtant elle devra avoir un taux de mortalité de 70% (âge liège =3 ans) ; cela s'explique par la présence de jeunes sujets qui ont une forte chance de survies. (Photo11)

Station N°7

La dernière année de récolte du liège (2005) a favorisé la régénération (85 arbres régénérés), ce qui correspond à un taux de mortalité de 10% (**Lamey.1893**).

Station N°8

On a enregistré 90 arbres rejetés avec un taux de mortalité est de 4% (dernière récolte du liège en 2004), donc l'âge du liège était d'une grande importance dans la protection de l'arbre lors du passage des feux.

II.5.2. Evaluation des degrés d'incendie

Avant de proposer le mode de traitement sylvicole pour chaque station nous allons évaluer le degré d'incendie pour chaque station et ce selon l'échelle présentée par Louis Amandier lors du colloque le chêne "**le chêne liège face au feu**" (Vivespo 2004).

En rappel que le liège protège les cellules de la couche mère et donc du cambium ce qui permet à l'arbre de rejeter après le feu. Malgré ça le feu cause des dégâts dans une subéraie et ce après plusieurs passages.

- Les conséquences du feu sur les arbres vont dépendre de l'intensité de celui-ci. A l'aide d'un diagnostic simple, il est facile de déterminer la violence du feu subi par les arbres. Une échelle a été élaborée à partir d'observations faites sur le terrain.

Station N°1

Le feuillage des arbres est visible, roussi avec encore quelques feuilles encore vertes.

→ Bonnes chances de survie si le tronc est normalement protégé ; sinon, à recéper pour bénéficier des capacités de l'arbre à rejeter de souche.

➤ **Brulures au 1^{er} degré.**

Station N°2

La violence du feu a provoqué l'éclatement du liège.

Le liège est carbonisé, découvrant complètement le bois (Photo 14,16).

➤ **Brulure au 4^{ème} degré**

Station N°3

Les feuilles sont complètement brûlées, les brindilles non calcinées au sommet du houppier

Survie possible grâce à la production de rejets aériens

➤ **Brulure au 2^{ème} degré.**

Station N° 04

Le feuillage est absent, mais de nombreux rameaux fins sont encore visibles, le liège est encore noir sur toute sa surface. Les rameaux fins sont peu atteints.

➤ **Brulure au 2^{ème} degré.**

Station N° 05

Les feuilles sont seulement roussies,

→ Bonnes chances de survie si le tronc est normalement protégé ; (photo15).

➤ **Brulure au 1^{er} degré.**

Station N°06

Les feuilles sont complètement brûlées, les brindilles non calcinées au sommet du houppier (photo11, 12).

- **Brulure au 2^{ème} degré.**

Station N°07

Les feuilles sont complètement brûlées les brindilles non calcinées au sommet du houppier, comme la station précédente

- **Brulure au 2^{ème} degré.**

Station N°08

Bonnes chances de survie, le tronc est normalement protégé.

- **Brulure au 1^{ème} degré**



Photo.10- Subéraie de Hallem (série VII parcelle 103.104.105.106)
Incendiée en 2012

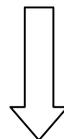




Photo.11- Brindilles non calcinées au sommet du houppier avec de rejets aériens (Année 2012) (Subéraie de Hallem) (station 6)



Photo.12- La reprise végétative (photographie en Février 2013)(Subéraie de Hallem)(station6)



Photo.13- La régénération naturelle de la station (bonne survie) (photographie en Avril 2014) (Subéraie de Hallem, massif de Collo)



Photo.14- Cet arbre avait émis des rejets à partir des réserves contenues dans les branches mais le tronc brûlé (liber) n'a pu ré-alimenter la souche en sève descendante. (4émé degré) (Station 02, subéraie de Beni Said, massif de Collo) (Photographie en 2014).



Photo.15-Subéraie de Beni Makled (station 5), les feuilles sont seulement roussies (photographie en 2013) (2^{ème} degré)



Photo.16-Le maquis n'est pas éliminé par le feu. Il va rejeter vigoureusement et limiter ou compromettre la régénération du Chêne-liège en l'absence d'interventions du sylviculteur (Station 02, subéraie de Beni Said, massif de Collo) (Photographie en printemps 2013).

II.5.3. Evolution de notre forêt après le passage de l'incendie

Après passage de feu (année 2012), l'examen des stations montre que dans la plupart des subéraies incendiés se reconstituent et se régénérer, une quantité importante de drageons et de rejets s'installe. (tableau26).

Cette régénération naturelle doit être utilisée et accompagnée afin de préparer le renouvellement des peuplements et de rajeunir les subéraies dépérissantes de Collo.

II.5.4. Mode de traitement sylvicole (travaux de reconstitution) à appliquer pour chaque station

Ces travaux ont pour objet la rénovation des subéraies. Il s'agit de restaurer les parcelles en intervenant sur l'aspect sanitaire et sylvicole. La sécurisation des parcelles doit être réalisée afin de redonner un accès aux propriétés. Ces interventions auront un impact direct sur les paysages. A moyen terme, l'objectif est de reconstituer un peuplement équilibré, exploitable et capable de s'autoprotéger contre le prochain feu.

Tableau.26 - Mode de traitement sylvicole à appliquer pour chaque station

N° de la station	Nom de Stations	Travaux de récupération envisagés			Mesures de protection des rejets préconisées
		Nature des travaux	Surface traitée	Date d'intervention	
01	Aimoune série VI parcelle 65.66	Repeuplement et assainissement	60	2014	Repeuplement parcelle : 65-64
02	Beni Said série XII parcelle 55.59	Recepage	/	/	Mis en défend et aide à la régénération
03	Ras El Oued Série III parcelle 28.29	Assainissement	100	2015	Mis en défend et aide à la régénération
04	Série III parcelle 32.33	Assainissement et nettoyage	/	2014	Mis en défend et aide à la régénération
05	Bni Makled Série VII parcelle 38.39	Assainissement et nettoyage	/	/	Mis en défend et aide à la régénération
06	Hallem série VII parcelle 103.104.105.106	Aide à la régénération et nettoyage	100	2014	Mis en défend et aide à la régénération
07	El Ghirane série II parcelle 45	Assainissement	50	2013	Mis en défend Programme 2014
08	El Hafer série VI parcelle 54	Assainissement et nettoyage	/	/	Mis en défend et aide à la régénération

Station N° 01

Dans cette station, les arbres ont une bonne chance de survivre, le liège n'a pas brûlé sur toute sa hauteur. Les arbres reconstituent leur houppier. Pour restaurer cette subéraie il faut assurer une opération d'assainissement, afin d'éviter l'infestation des maladies.

Station N°2

Le feu n'était pas trop intense mais les arbres de cette station ont été récemment démasclés (en 2010). Les troncs dénudés n'ont plus protégé et le cambium est très probablement brûlé. Dans ce cas il faut les recéper pour bénéficier des capacités de l'arbre à rejeter de souche.

Station N°03

Pour cette station nous avons un très bon rejet et une reconstitution du feuillage aussi reprise de croissance normale de l'arbre, donc il faut assainir et nettoyer la station.

Station N°04

On remarque un bon rejet de souche avec une reconstitution du feuillage, donc évité de receper mais il faut faire un assainissement et nettoyage des arbres morts.

Station N° 05

Il ya un très bon rejet donc bonne chance de survie, on évite de recéper, mais une opération d'assainissement et de nettoyage des arbres mort est obligatoire, dans l'immédiat pour éviter l'infestation par les maladies.

Station N° 6

La reprise des arbres est très importante, il ne faut pas receper, on doit surtout faire un assainissement et un nettoyage dans la station.

Station N° 7

Le pourcentage de survie est très important grâce à la production de rejets aériens. Il ne faut pas recéper mais faire un nettoyage.

Station N° 8

Il ya un très bon rejet donc bonne chance de survie, on évite de recéper, mais une opération d'assainissement et de nettoyage des arbres mort est obligatoire, dans l'immédiat pour éviter l'infestation par les maladies.

Après l'application des modes de traitement sylvicole on passera à l'opération de repeuplement (plantation de chêne liège) (tableau26) pour aider la forêt à se reconstituer et assurer une densité normale prouvant atteindre 600 tiges/ ha et ce pour assurer une production de liège et sa durabilité, sachant que le liège est l'unique produit forestier en Algérie source du devis.

Conclusion

Nous pouvons conclure que le chêne liège est une espèce très résistante aux incendies de forêts de son liège protecteur qui limite la mortalité des arbres.

Croire le chêne liège invulnérable serait une grave erreur et que la subéraie pourrait s'en remettre sans intervention de l'homme en serait une autre. Donc aider la forêt à se reconstituer et reprendre son rôle de reproduction et de protection après un incendie, devient un acte primordiale et obligatoire, que se soit par un mode traitement sylvicole ou de plantation afin d'assurer la durabilité de la production du liège, sachant que ce produit fini est exporter vers plusieurs pays au monde grâce à son intérêt économique important.

L'examen de l'évolution de la survie des subéraies après passage d'incendie a révélé selon la station d'observation pris en considération dans la forêt de Collo, que le taux de mortalité des arbres est en fonction de leur âge de démasclage donc de l'écorce liège.

D'autre part lors de la récupération de nos parcelles parcourues par les incendies on a aborder des thématiques de type économique et de type sylvicoles, et le choix de l'intervention a été de telle façon à viser à la restauration de la couche arborescente à l'aide de tailles culturales effectuées tout de suite après le passage de l'incendie, avec pour objectif prioritaire la sauvegarde du bois et des productions futures.

CONCLUSION

GENERALE

CONCLUSION

A la lumière de cette étude, nous pouvons dire que le feu a joué un rôle primordial dans l'état actuel de l'écosystème forestier méditerranéen algérien. Il a ainsi contribué à modeler son paysage tout au long de l'histoire de la région méditerranéenne.

L'exploitation et l'analyse des données sur les feux de forêt enregistrés durant la période 1975-2013 au niveau des massifs du Nord Est algérien, et leur impact sur la production du liège ont abouti au constat suivant:

- La zone d'étude, pour la période d'étude 1975-2013, est très touchée par les feux de forêt puisqu'elle enregistre un cumul de 18732 feux, qui ont détruit une superficie forestière totale de 635471,55 hectares, soit une moyenne annuelle de 506 feux et 16723 hectares de surface brûlée.
- La fréquence des incendies par région par rapport à l'ensemble des wilayas, varie d'une wilaya à l'autre. Le nombre d'incendie le plus important a eu lieu dans la wilaya de Skikda avec un taux de 17% du total enregistré soit une superficie de 135420,86 ha. Le taux le plus faible est détenu par la wilaya d'El Taref (19165,96 ha = 2.99%).
- Pour l'ensemble de la région, la formation végétale la plus incendiée c'est la forêt avec une moyenne de 9714,18 hectares par an, suivi par les maquis et les broussailles.
- Le chêne liège demeure l'essence la plus affectée en comparaison avec les autres essences (Pin maritime, Chêne vert, Chêne zéen, Cèdre, Eucalyptus) avec une superficie de 126412,88 ha (48%).
- Sur le plan temporel, les résultats révèlent que le mois estival qui a enregistré le plus grand nombre d'incendies (50 % du total) et la plus grande surface incendiée (63 %) est sans conteste le mois d'août.
- La majorité des feux (soit 72.88 %) est maîtrisée avant que la surface brûlée n'atteigne ou ne dépasse 10 hectares par feu.

Pour **Leone (1990)**, la sous-évaluation des causes peut aboutir à un diagnostic incomplet du phénomène, surtout lors du choix des mesures préventives et disciplinaires qui peuvent s'avérer inadéquates, sinon néfastes à la réalité du terrain.

L'analyse des causes d'incendies et de leur importance relative, dans les subéraies de l'Est algérien (période 1975-2013), met en évidence l'insuffisance des résultats acquis en matière d'identification des sources de départs de feux. Ceci montre les efforts qui doivent être entrepris pour cerner au mieux les causes des incendies de forêts et réduire au minimum leurs effets. Une recherche plus active des causes aurait certainement un effet de prévention marqué.

Les causes imputées à ces déclenchements sont diverses parmi lesquelles: le facteur climatique, qui, avec ses quatre mois de sécheresse intégrale, est la cause profonde de tous les sinistres.

La composition botanique de la forêt a également une grande influence sur l'essor des incendies.

En dehors des ces facteurs naturels, la majorité des incendies ont pour cause l'insouciance ou la cupidité des gens, en quête de parcours plus étendus et plus riches. En effet, le facteur humain a joué et joue un rôle prépondérant dans l'origine et la fréquence des incendies.

Il résulte des rapports des diverses commissions que 3% des sinistres sont imputés à l'imprudence des fumeurs, chasseurs, ouvriers, à l'insouciance des bergers et des charbonniers, chasseurs de miel, touristes, etc. 16% reviennent à des faits intentionnels provenant de l'intérêt ou de la malveillance pure. 65 à 70% à des causes restant indéterminées (mais pouvant logiquement se rattacher aux cas précédents).

L'analyse de l'origine de la gravité des mises à feu met en évidence certaines spécificités de cette région et en particulier les relations entre le pastoralisme et les incendies. Ces wilayas, disposant d'un patrimoine subéricole important, sont fortement touchées par les incendies de forêt, ce qui peut s'expliquer par le fait que la région du Nord-Est du pays est la plus chargée en effectif de bétail et que la pression de l'activité anthropique y est très importante (**DGF, 2002**).

En examinant de plus près les dommages causés par les feux de forêts, on constate que toute atteinte à l'arbre se répercute négativement sur la production du liège.

L'observation sur terrain, montre bien que les forêts de chêne-liège du Nord Est algérien sont dans un état sanitaire assez médiocre. Des facteurs "structurels" tels que le vieillissement des peuplements, l'abandon de la gestion et de la régénération, la recrudescence des récoltes, les sécheresses répétées et les attaques virulentes des xylophages pour expliquer cette situation préoccupante.

D'après le suivi des parcelles des subéraies de Collo après le passage du feu, on constate que

- le chêne-liège et la subéraie ont un comportement particulièrement exceptionnel. Excellent isolant thermique naturel, le liège protège les parties vitales de l'arbre lors du passage du feu. Le liège est carbonisé, mais la vie est sagement protégée.
- le chêne-liège est une essence possédant un important pouvoir de récupération. Aussi, avant de décider de couper un arbre faut-il s'assurer de sa viabilité future. Il est préférable d'attendre le printemps et même le deuxième automne suivants pour évaluer l'état sanitaire de chaque arbre.
- Suite à l'évaluation des dommages causés par le feu, il s'agit d'effectuer l'intervention de récupération qui doit être réalisée en suivant les orientations dictées par des choix de type sylvicole ou économique.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdelmoula K. 2005.** Evaluation de l'efficacité des réseaux de coupures de combustible sur la réduction du risque d'incendie _a l'échelle du massif forestier. Thèse de docteur en sciences, université de Provence (Aix-Marseille I) France. www.eufirelab.org/toolbox2/library/get_reference.php
- Abric E.F. 1974.** Pertes dues au passage du feu et dépréciation des bois brûlés.
- Ait Mouhoub D. 1998.** Contribution à l'étude de la sécheresse sur le littoral algérien par le biais de traitement des données pluviométriques et la simulation. Thèse de Magister, Ecole nationale polytechnique d'Alger, 128 p.
- Alexandrian D., 1996.** *Coastal Forest Reconstruction and Protection Project - Republic of Alexandria*.
- Alexandrian.D.2008.** Les statistiques "feux de forêt" de ces trente dernières années. de 1978 a nos jours, la forêt méditerranéenne en chiffres. forêt méditerranéenne t. xxix, n° 4, décembre 2008 ,16p.
- Amandier L et Rodolphe VIDAL, 2007** Etude des causes du dépérissement des subéraies varoises de 2003 à 2005, forêt méditerranéenne t. XXVIII, n° 1, mars 2007
- Amandier L. 2004.** Le comportement du Chêne-liège après l'incendie : conséquences sur la régénération naturelle des suberaies. Centre Régional de la Propriété Forestière de Provence-Alpes-Côte d'Azur. VIVexpo 2004 : Le chêne-liège face au feu.
- Antonin Rousset.1858** "De l'exploitation et de l'aménagement des forêts de chênes-lièges en Algérie", Revue des Eaux et Forêts (REF), octobre, novembre et décembre 1858, pp. 253- 264, 297-308 et 341-353 (p. 353).
- APCOR.2008.** <http://www.apcor.pt/> L'Association Portugaise du Liège
- Bekdouche F.2010.** Evolution après feu de l'écosystème subéraie de Kabylie (Nord Algérie).thèse de d'Octorat d'Etat. Faculté des sciences biologiques et agronomiques.Univ de Tizi Ouzou.
- Belaifa Bennaja. 2007.** Etude de l'ecologie et le regénération du chêne lièg dans la Numidie orientale. Thèse de doctorat d'état, univ. Annaba.14p.
- Ben Jamaa MEH. Abdelmoula K.2004.** Les feux de forêts dans la subéraie tunisienne. Colloque Vivexpo « Le chêne-liège face au feu », Perpignan. www.vivexpo.org
- Benabid A. 2000.** Flore et écosystème du Maroc : évaluation et préservation de la biodiversité. Ibis Press, Paris, 357 p.
- Bneder (Bureau national des études du développement rural).2009.** Plan national de développement forestier (PNDF). Rapport de synthèse nationale. Alger : Bneder.

- Boudy P.1948.** Economie forestière nord-africaine. Milieu physique et humain. Tome I. Paris : Larousse.
- Boudy. P. 1952.** Guide du forestier en Afrique du Nord. La maison rustique (Paris), p 418,419,420.
- Bourlier M.1893.** “L’exploitation des forêts de chêne-liège”, *REF*, juillet 1893, pp. 309-310 (p. 310).
- Chandler Y. Cheney P. Thomas P. Trabaud L. & Williams. D. 1983.** Fire in forestry – Volume I. John Wiley & Sons. New York. 450 p.
- Chevalier H. 2002.** Suberaie et biodiversité : enjeux et gestion [en ligne]. Vivexpo : biennale du liège et de la forêt méditerranéenne. Colloque biodiversité et paysage, 21 mai 2002, Vivès, (Perpignan). [Consulté en août 2005]. www.vivexpo.org/foire/images/chevallier.pdf.
- Chronique forestière.1866.** *REF*, février 1866, p. 62-63 (p. 62).
- Countryman C.M. 1972.** The fire environment concept, USDA forest service, Pacific Southwest Forest & Range Experiment Station, Berkeley CA, 12 p.
- Croatia.* Banque mondiale, Washington. 93 p.
- Débievre F. 1922.** Le chêne-liège en Tunisie. Imp. Centrale Tunis : 55p.
- Delabraze P. et Valette J C. 1974.** Inflammabilité et combustibilité de la végétation forestière méditerranéenne. *Rev. Frest. Franç.*, N° Spécial : Les incendies des forêts : pp 171-177.
- Delacre J.Tarrier M. 2000.** Le Maroc, un royaume de biodiversité. Paris : éditions Ibis Press
- Colin PY, Jappiot M, Mariel A, Cabaret C, Veillon S, Brocchiero F, 2001. Protection des forêts contre l’incendie : fiches techniques pour les pays du Bassin méditerranéen. Rome ; Aix-en-Provence: FAO ; Cemagref. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/Y2747f/>.
- Dimitrakopoulos A.P. & Mitsopoulos I.D. 2006.** Global forest resources assessment 2005. Report on fires in the Mediterranean Region. Working paper FM/8/E, Forestry Department, FAO. Rome, 43 p.
- Direction Générale des Forêts (DGF). 2002.** Bilan décennal des incendies de forêts en Algérie.(1992-2001). Alger : DGF.
- Direction Générale des Forêts (DGF). 2012.** Bilan décennal des incendies de forêts en Algérie.(1963-2013). Alger : DGF.
- Dubois C. 1990.** Comportement du chêne-liège après incendie, mémoire E.N.I.T.E.F., Université Paris VI, Laboratoire Arago, Banyuls-sur-Mer, 97 p.
- Epailly. 1847.** Sur l’organisation du service forestier de l’Algérie”, *Le Moniteur des Eaux et Forêts*, mai 1847, pp. 200-203 (p. 203).

- Eymard N.1844.** “De la culture du chêne-liège et de son exploitation dans le département du Var”, Annales forestières, mai 1844, pp. 245-263 (p. 254).
- Favre P. 1992.** Feux et forêts. Dossier « Les feux de forêt et la sécheresse en 1990 ». Forêt Méditerranéenne 13 : 31-40. www.foret-mediterraneenne.org/fr/catalogue.
- Font Quercus P. 1977.** Diccionario de Botánica. 6e éd. Ed. Labor, Barcelone, Espagne
- Gardin J. 2004.** Thèse de géographie sur l’Aménagement forestier en Khroumerie, du Protectorat à nos jours, La forêt et l’état en Khroumerie, Université de Paris X-Nanterre, thèse de doctorat de géographie, 2004, 549 p.
- Gouvernement du Québec. 1981.** Manuel de lutte contre les feux de forêt, Éditeur officiel du Québec,(QUE), 335 p.Groupe de travail sur les dangers d’incendie, (1992), Élaboration et structure de la Méthode canadienne de prévision du comportement des incendies de forêt, For. Can., Dir. Gén. Sciences et Dével. Durable, Rapp. Inf. ST-X-3F, 68 p.
- Guillemonat M. 1960,** A. Ann. Fac. Sci. Marseille 1960, 30, 43-54p
- Guyot C.1903.** Commentaire de la loi forestière Algérienne, promulguée le 21 mars 1903. Librairie J. Rothschild, Paris, 1904, 356 p. (p. 6 de l’introduction).
- Halimi A. (1980).** L’Atlas Blidéen, climat et étages végétaux. O.P.U. Alger ; 532p.
- Hélène Chevallier. 2002.** Suberaie et biodiversité : enjeux et gestion, VIVEXPO 2002 – Biodiversité et Paysage p
- José C.2004.** Secrétaire Général de la Confédération Européenne du Liège. Les conséquences des incendies de forêts sur l’économie de marché du liège et de ses produits. VIVexpo 2004 : Le chêne-liège face au feu
- Kacha S. 1990** .Aperçu sur le climat du nord d’Algérie à travers les précipitations et les températures. Thèse Ing. ONM, 40 p.
- Khelifi H. 2002.** Les formations forestières et pré forestières des montagnes d’Algérie : diversité et sensibilité. INA, département de Botanique.
- Lamey A. 1893.** Le chêne-liège - sa culture et son exploitation, Paris, Berger-Levrault éditeur, 1893, 289 p. (p. 46).
- Lampin C. et Jappiot M. 2002.** Un prototype d’échelle de mesure de l’intensité d’un incendie de forêt. Info DFCI. Bulletin du Centre de Documentation Forêt Méditerranéenne et Incendie 49 : 6-7. www.aix.cemagref.fr/htmlpub/documentation/DFCI49.pdf
- Lavauden L.1935.** “La propagande forestière en France”, REF, octobre 1935, pp. 879-890 (p. 885).
- Lefebvre.H.1882.** “Les incendies de forêts en 1881 dans l’arrondissement de Philippeville”, REF, février et avril 1882, pp. 49-70 et pp. 163-169 (p. 163).

- Lehouérou H.N. 1980.** L'impact de l'homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne. Forêt méditerranéenne, tome 2, n° 1, p. 31-44.
- Leone V.1990.** Causes socio-économiques des incendies de forêts dans la région de Bari (Pouilles, Italie). Revue forestière française, XLII, n° spécial, 332-336.
- Madoui A. 2000.** Forest fires in Algeria and case of domanical forest of Bou-Taleb. Inter. Forests Fires News, April, n° 22, ECE/FAO, Agriculture and Timber Division, Geneva, p.9-15.
- Madoui A. 2002.** Les incendies de forêt en Algérie Historique, bilan et analyse. Forêts méditerranéenne t. XXIII, n° 1, juin 2002, 23p.
- Marre A.1992.** The Oriental Tell of Algeria from Collo to Tunisia border, géomorphological study. vol 1, OPU Algeria pp 100–123
- Martin R.E. Anderson H.E. Boyer W.D. Dietrich J.H. Hirsh S.N. Von Johnson J et McNab W.H. 1979.** Effects of fire on fuels. A state-of-knowledge review, U.S. Dep. Agric., For. Serv., Gen. Tech. Rep. WO. pp 13-64.
- Meddour-Sahar O. 2008.** Contribution _a l'étude des feux de forêts en Algérie : approche statistique exploratoire et socio-économique dans la wilaya de Tizi Ouzou. Thèse de magister, INA El Harrach, Alger. <http://hpthese.ina.dz:8070/sdx/ina/ina/2008/meddour>.
- Medour O. Medour R et Derridj A.2008.** Analyse des feux de forêts en Algérie sur le temps long (1876-2007). Notes d'analyse du CIHEAM.n°39.1p.
- Miles Scott R. Haskins. Donald M. Ranken Darrel W. 1989.** Emergencyburn rehabilitation: cost, risk, and effectiveness. In: Berg, Neil H., tech. coord. Proceedings of the symposium on fire and watershed management, October 26-28, 1988, Sacramento, California. Gen. Tech. Rep. PSW-109. Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station: pp 97-102
- Missouni A. Mederbal K. & Benabdelli K. 2002.** Apport des systèmes d'information géographiques dans la prévention et la lutte contre les incendies de forêts : Exemple de la forêt de Kounteidat, Algérie. Forêt méditerranéenne, tome 23, n° 1, 11p.
- Mohamed Lahbib Ben jamaa1, Habib Abid & Mohamed Nouioui.** Impact de la gestion du liège sur l'économie rurale et les incendies des forêts en Tunisie Chargé de Recherches, Chef d'Unité de Gestion et de Valorisation des Ressources Forestières, INRGREF,B.P. N°10, 2080, Tunis, Tunisie.
- Natividade J.V. 1950.** Subericultura. Direcção Geral dos Serviços Florestais Aquícolas. Lisboa.1995.
- Niepcce.1865.** "Etudes forestières sur l'Algérie", REF, février 1865, pp. 81-91(p. 87).

- Ningre JM, 1996.** Les feux de forêts en France en 1996, des surfaces détruites exceptionnellement faibles. Forêt Méditerranéenne 17 : 321-2. www.foret-mediterraneenne.org/fr/catalogue.
- Ouelmouhoub S. 2003.** Contribution à l'étude des suberaies de la région d'El Kala : dynamique post - incendie des successions végétales et leur biodiversité. Thèse Magister INA Alger, 88 p + annexes.
- Pausas J G. 1997.** Resprouting of *Quercus suber* in North East Spain after fire. Journal of Vegetation Science, n. 8, p. 703-706.
- Plaisance G. 1974.** Conséquences des incendies. Rev. Frest. Franç., N° Spécial : Les incendies des forêts : pp 207-211.
- Pouyanne M** La propriété foncière en Algérie, Alger, imprimerie Adolphe Jourdan, 1898, 1120 p. (p. 789).
- Puyo J.I. 2005.** "Aux sources de la foresterie sociale ? Le cas des forêts marocaines sous le Protectorat français (1912-1956)", in Techniques et colonies, XVIe - XXe siècles, Llinares S. et Hrodej Ph. (dir.), Paris, Publications de la Société française d'histoire d'outre-mer, 2005, 274 p. (pp. 239-261).
- Quezel P. & Medail R. 2003.** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Ed. Elsevier S.A.S., Paris, 571 p.
- Ramade F.1997.** Conservation des écosystèmes méditerranéens : enjeux et prospective. Plan Bleu, fascicule n° 3 - Ed. Economica, PNUE, Paris. 189 p.
- Renaud Piazzetta – institut mediterraneen du liege,2004** Réhabilitation des suberaies incendiées : Quelles perspectives pour l'utilisation du liège brûlé en bouchonnerie ? VIVexpo 2004 : Le chêne-liège face au feu.
- Renaud Piazzetta. 2011.** La gestion des subéraies après incendie, rencontre méditerranéenne gestionnaires-industriels-chercheurs sur les suberaies et la qualité du liège Université de Jijel (Algérie) – 18 & 19 octobre 2011.p Institut Méditerranéen du Liège 23, route du Liège – F-66490 VIVÈS
- Robbins W., Weier, T. et Stocking, C. 1958.** Botany, an introduction to plant science. John Wiley, New York.
- Saccardy L. 1938.** "le chêne-liège et le liège en Algérie", Revue de Botanique appliquée et d'Agriculture tropicale, vol. XVIII, n° 204, 1938, pp.574-593 (p. 586).
- Sanberg D.V. Pierovich J.M. Fox D.G et Ross E.W. 1979.** Effects of fire on air. A state-of-knowledge review, U.S. Dep. Agric., For. Serv., Gen. Tech. Rep. WO-9. 40 p.
- Seigue A.1985** : La forêt circum-méditerranéenne et ses problèmes. Paris; Maison neuve, 350p.

- Seltzer P.1946.** Le climat de l'Algérie. Recueil des données météorologiques. Alger : Institut de météorologie et de physique du globe.
- Trabaud L. 1980.** Impact biologique et écologique des feux de végétation sur l'organisation, la structure et l'évolution de la végétation des zones des garrigues du bas Languedoc. Thèse Doctorat des sciences, USTL, Montpellier, 291 p.
- Trabaud L. 1983.** Evolution après incendies de la structure de quelque phytocénoses méditerranéennes du Bac Languedoc (Sud de la France).pp 44-45.
- Trabaud L. 1992.** Réponses des végétaux ligneux méditerranéens à l'action du feu, Pirineos, n.140, p. 89-107.
- Velez R. 1995.** Les feux de forêt en Espagne en 1994. Forêt Méditerranéenne, XVI, 2, 164-165. Les Notes d'analyse du C I H E A M.
- Wagner Van C.E. 1970.** On the value of temperature data in forest fire research, Dep. Fish. & For., Can. For. Serv., Petawawa For. Exp. Stn. Chalk River (ONT), Internal Rep. PS-20, 3 p.
- Wagner Van C.E. 1977.** Conditions for the start and spread of crown fire. Can. J. For. Res. pp 7-23-24.
- Wenger. K.F. 1984.** Fire management, dans Society of American Foresters, Forestry Handbook, 2ème ed., Wiley Interscience Publ. pp 235-245.

ANNEXES

Annexe I

I.1. Généralité sur le Chêne liège

I.1.1. Fiche technique

➤ **Classification :**

Nom commun : Chêne-liège.

Nom latin: Quercus suber L.

Nom vernaculaire: Bellout el feline - Lekcher

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous classe : Hamamelidae

Ordre : Fagales

Famille : Fagaceae

Genre : Quercus

Espèce : Quercus suber

➤ **Classification phylogénétique :**

Ordre : Fagales

Famille : Fagaceae

➤ **Caractères généraux :**

Catégorie : arbre

Port : étalé.

Ecorce : très épaisse, c'est le liège.

Feuillage : persistant, feuilles simples ovales, dessus luisant, dessus blanchâtre à bord lisse ou denté.

Floraison: printemps puis oblongs (glands).

Croissance : lente puis moyenne.

Hauteur : 8-15 m étalements identiques.

Plantation : automne, hiver ou printemps.

Multiplication : semis.

Sol : drainé, sec mais l'adulte supporte ensuite des hivers pluvieux, acide, neutre ou alcalin, supporte le calcaire mais préfère toutefois un terrain siliceux, pauvre et fertile.

Emplacement : soleil, mi-ombre.

Origine : originaire du Sud de l'Europe et de Nord de l'Afrique.

Entretien : supporte éventuellement la taille en hiver ou en printemps mais il n'y a rien d'obligatoire.

Longévité : 250 ans et plus.

I.1.2. Caractères dendrologiques et forestières du Chêne liège

Le Chêne-liège (*Quercus suber* L.) est un arbre du genre *Quercus* (le Chêne), famille des Fagacées (anciennement Cupulifères), exploité pour son écorce qui fournit le liège. Le nom spécifique *suber* est le nom du Chêne-liège.

- **Hauteur.** Un arbre adulte atteint dans la plupart des cas 10 à 15 mètres de hauteur (voire 25 m. exceptionnellement, le plus grand ayant atteint 43 m).
- **Âge.** Cet arbre, qui peut vivre 150 à 200 ans, voire 800 ans. L'âge limite naturel d'un Chêne-liège est compris entre 300 et 500 ans. Cependant, pour un arbre régulièrement écorcé, cette limite n'est plus que de 150 à 200 ans.
- **Houppier.** en peuplement, il est arrondi, étroit et haut. En situation isolée, l'arbre développe un port large et étalé.
- **Ecorce.** L'écorce épaisse et isolante, crevassée peut atteindre 25 cm d'épaisseur. Sur un arbre jamais écorcé, elle est de couleur grisâtre, très épaisse, peu dense et fortement crevassée. En terme de production, on l'appelle "liège mâle". Elle représente une bonne protection contre le feu et permet au Chêne de reprendre rapidement sa croissance après le passage d'un incendie. Dans le cas des arbres écorcés, le liège mâle est remplacé par le "liège de reproduction" ou "liège femelle", de couleur jaune, rouge puis noire. Cette nouvelle écorce est beaucoup plus régulière que la précédente, présentant des crevasses moins profondes et des caractéristiques dans l'ensemble plus homogènes.

- **Système racinaire.** Il est pivotant, car constitué d'une grosse racine principale qui sert de support à l'arbre, et de racines secondaires plus superficielles. Il permet l'approvisionnement en eau et en éléments minéraux, peut s'emmêler avec les racines des arbres voisins (échanges de substances nutritives) et s'associer avec le mycélium de certains champignons qui favoriseront la capture des minéraux.

- **Feuille.** Les feuilles, petites (de 3 à 5 cm), alternées, coriaces, ovales-oblongues, sont bordées de dents épineuses et cotonneuses sur leur face inférieure, et persistent sur l'arbre pendant deux à trois ans. Elles sont persistantes, coriaces et de couleur verte foncée. Glabres sur leur partie supérieure et quelque peu pubescente dessous, de forme ovale, légèrement dentées, elles ressemblent fortement à celles du Chêne vert. Leur taille varie de 3 à 6 cm en longueur et de 2 à 4 cm en largeur. Le pétiole peut atteindre 2 cm.

L' "automne" du Chêne-liège correspond à peu près à notre printemps. En effet, à cette période, les feuilles prennent une coloration jaunâtre, phénomène dû à l'apparition des nouvelles ébauches foliaires.

- **Fleur.** Les fleurs mâles, en grappes de 4 à 8 cm apparaissent sur les rameaux de l'année précédente. Les fleurs femelles poussent isolées ou en groupes de trois maximum sur les rameaux de l'année en cours. Leur cupule protectrice se retrouvera sur les futurs glands. Les fleurs jaunâtres s'épanouissent vers avril-mai, les fleurs mâles, en chatons, et femelles, minuscules, sont séparées sur le même pied.

- **Fruit.** Le gland est de couleur brune à maturité (automne), avec un pédoncule jusqu'à 4 cm de long. Sa taille varie de 2 à 5 cm en longueur et de 1 à 2 cm en largeur. La cupule est composée d'écailles légèrement arquées ou emmêlées sur la partie supérieure. Les glands oblongs, enveloppés sur la moitié de leur longueur par les cupules, sont réunis par deux sur des pédoncules courts et renflés.

- **Bois.** de valeur médiocre : feu, charbon, traverses de chemin de fer



Figure I- Les caractères botaniques de Chêne liège.

I.1.3. Caractères écologiques et biologiques (exigences écologiques) du Chêne liège

➤ Caractères écologiques.

Le Chêne-liège est une essence méditerranéo-atlantique. La répartition géographique de l'espèce est définie par ses exigences écologiques qui sont de quatre ordres : exigence en lumière, chaleur, humidité et refus des sols calcaires.

- ✓ **Bioclimat** : si on examine la répartition entre les étages climatiques et de la végétation, on voit que les 9/10 des forêts de Chêne sont en étage humide et subhumide. Quant à l'étage semi aride, il est déjà trop sec pour le Chêne qui s'occupe une surface très restreinte (**Boudy, 1952**).
- ✓ **Le Chêne-liège est une essence héliophile** : c'est à dire de pleine lumière et exigeant une forte insolation. La cohabitation avec d'autres essences à la cime peu compacte - tels que le pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.) ou le pin parasol (*Pinus pinea* L.) - est possible, mais c'est en peuplement pur, voire en lisière des parcelles qu'il se développera le mieux (fournissant alors par la même occasion une protection contre le vent grâce à la robustesse de son système racinaire) (**Aouiche, 2003**).
- ✓ **Le Chêne-liège est thermophile** : il pousse donc sous des climats tempérés (températures moyennes annuelles comprises entre 13°C et 16°C) à hivers doux car il craint les fortes gelées persistantes et a besoin d'une période de sécheresse en été pour prospérer (on peut observer des lésions irréversibles sur

les feuilles à partir de -5 °C). En France, cela limite sa distribution à une altitude de 700 mètres et en deçà du 44^{ème} parallèle. Mais il peut monter jusqu'à 1000 m dans les régions chaudes (Andalousie, Maghreb), voire 2000 m dans l'Atlas Marocain.

- ✓ **L'humidité est également un facteur limitant**, car bien qu'étant xérophile, le Chêne-liège 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.

Ces exigences varient néanmoins selon les particularités des stations qu'il colonise : exposition (nord/sud), topographie (sommet, fond de vallon), proximité de la mer.

Le dernier facteur n'est pas le moindre, il s'agit du sol. Le Chêne-liège est une espèce calcifuge stricte se plaisant sur tous les substrats siliceux et acides (schistes, grès, gneiss, granite), et craignant l'hydromorphie.

Il s'accommode de sols peu fertiles, superficiels ou lourds (riches en argiles), mais recherche plutôt des textures légères (sables), biens aérées et riches en matière organique. (**Belaifa Bennaja, 2007**)

➤ **Caractères biologiques**

- ✓ **Tempérament** d'une essence est ça façon de se comporter vis-à-vis des facteurs climatiques et des arbres qui l'entourent. Celui du Chêne n'est pas uniforme lorsqu'il est dans son aire de végétation la plus favorable il est robuste par contre ; lorsque les conditions de végétation sont moins favorables et qu'il approche de la limite de son aire, son tempérament est plutôt délicat. D'une façon générale, le chêne algérien a un tempérament plus robuste ce qui explique la régénération naturelle plus facile, une longévité plus grande et une plus grande facilité d'exploitation (**Boudy, 1952**).
- ✓ **L'association du chêne « *Quercetum subéris* »** Au faible altitude, elle est en concurrence avec: l'Oleo-lentiscum (sur un sol calcaire, superficiel, sec) et le Pin maritime (sur le littoral). Aux altitudes plus élevées, elle est en lutte continue avec le Chêne Zéen (sols profonds), s'élevant en altitude et sur les terrains calcaires argileux le Chêne vert l'emporte aussi sur lui.

La strate arborescente, est constituée par le chêne mélangé de :

- Chêne Zéen (*Quercus faginea*) - Chêne afarés (*Quercus afarés*)

La strate frutescente, est constituée par :

- Bruyère arborescente (*Erica arborea*) - Cytise à 3 fleurs (*Cytissus triflorus*)
- Genet à 3 pointes (*Genista tricuspidata*) -Calycotome épineux (*Calycotome spinosa*)
- Aubépine monogyne (*Crataegus monogyna*) -Ciste (*Cistus monspeliensis*)
- Lavande (*Lavandula stoechas*) - Philaria (*Phillyrea media*)
- Viorne lin (*Viburnum linares*)

Le cytise à 3 fleurs constitue une espèce caractéristique de l'association du chêne

- ✓ **Les essences principales concurrentes :** (*Quercus camariensis*, *Quercus faginea*, *Quercus ilex*, *Olea europea*, *Castanea sativa*)
- ✓ **Régénération:** comme toutes les essences des feuillus, le Chêne se régénère par voie sexuée grâce au semis naturels et par voie asexuée par rejets de souches ou drageonnement

Annexe II**II.1. Tableau.** Superficies des différents types de formation forestières de Chêne-liège dans l'Est Algérien

Wilaya	Maquis arboré dense	Maquis arboré clair	Vieille futaie dense	Vieille futaie claire	Jeune futaie dense	Jeune futaie claire	Reboisement	Autres	Total
El-Tarf	54047	4299	4409	14157	12211	15990	00	5594	110707
Souk-Ahras	1327	1536	2285	3343	1808	2319	00	1453	14071
Annaba	3577	1199	1684	813	00	645	166	17227	25311
Guelma	4884	246	754	4915	2903	1287	352	7865	23206
Skikda	17213	12084	17831	17514	2235	3059	00	16047	85983
Jijel	1537	2874	13239	21754	00	5178	00	40466	85048
Bejaïa	1258	00	00	3110	00	00	00	8138	12506
Total	83843	22238	40202	65606	19157	28478	518	96790	356832

Source. BNEDER(2009) « Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural »

Annexe III

- **Photos des feux de forêts déclarées au niveau des massifs de la zone d'étude**



Photo I-Feu de forêts dans la subéraie de l'Eddough (wilaya de Annba) (2003)



Photo II-Feu de forêts dans la subéraie de l'Eddough (Août 2007)

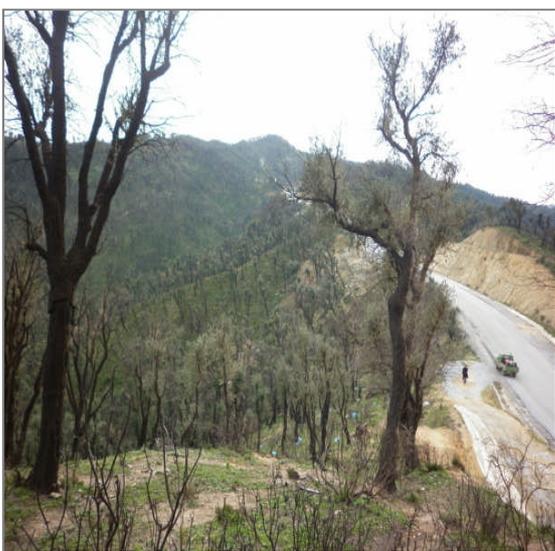


Photo III- Subéraie incendiée dans le massif de Collo (année 2012)



Photo IV-Feu de forêts dans la subéraie de Oued El Z'hor (wilaya de Skikda) (Année 2012)



Photo V- La régénération naturelle d'une subéraie incendiée (massif de Collo)(année 2014)

Annexe IV

- Cartes de situation des parcelles étudiées

Figure.1. Situation géographique des subéraies incendiées en 2012-site : Aimmoune

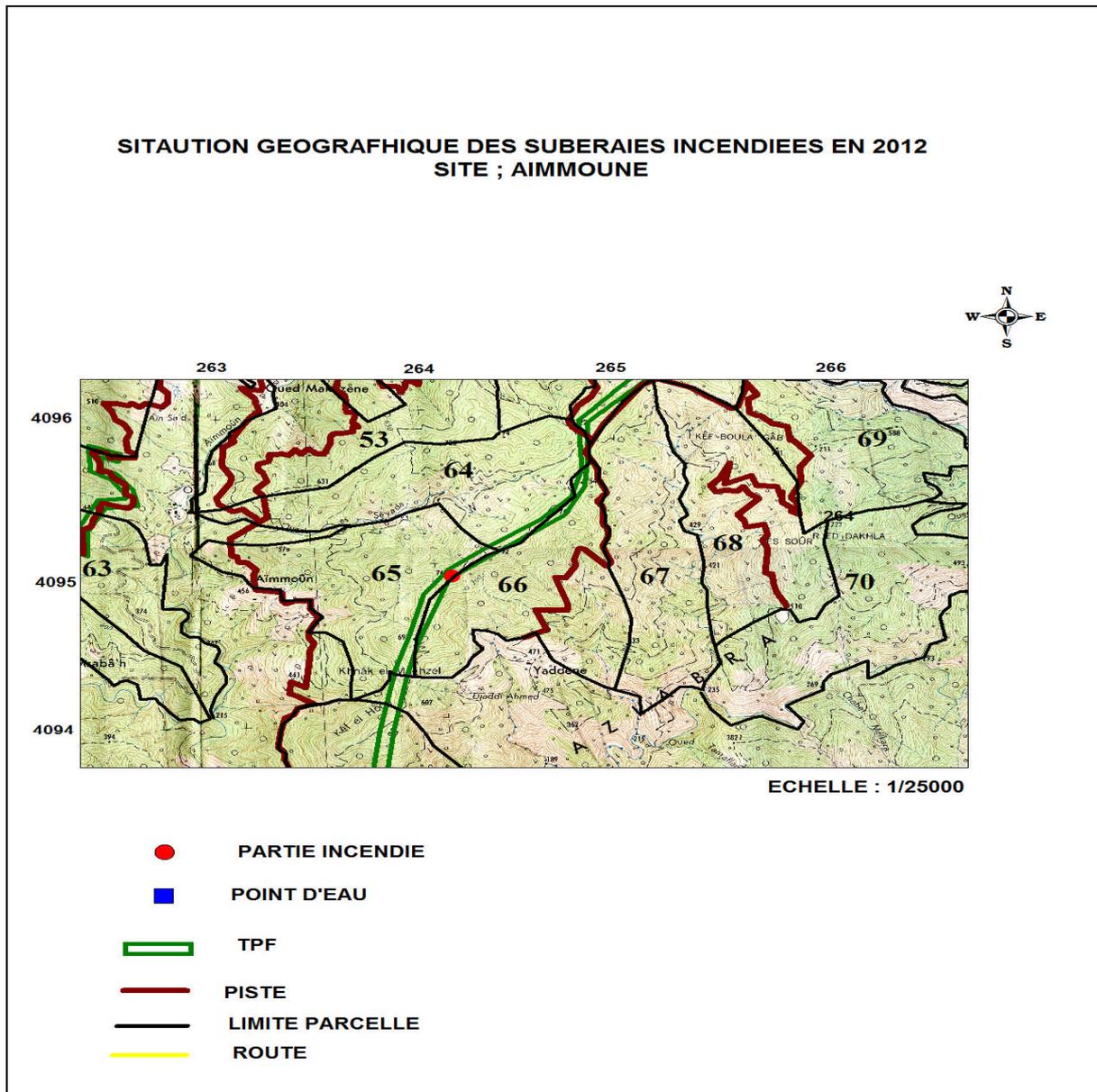


Figure.2. Situation géographique des suberaies incendiées en 2012-site: Beni Makled.

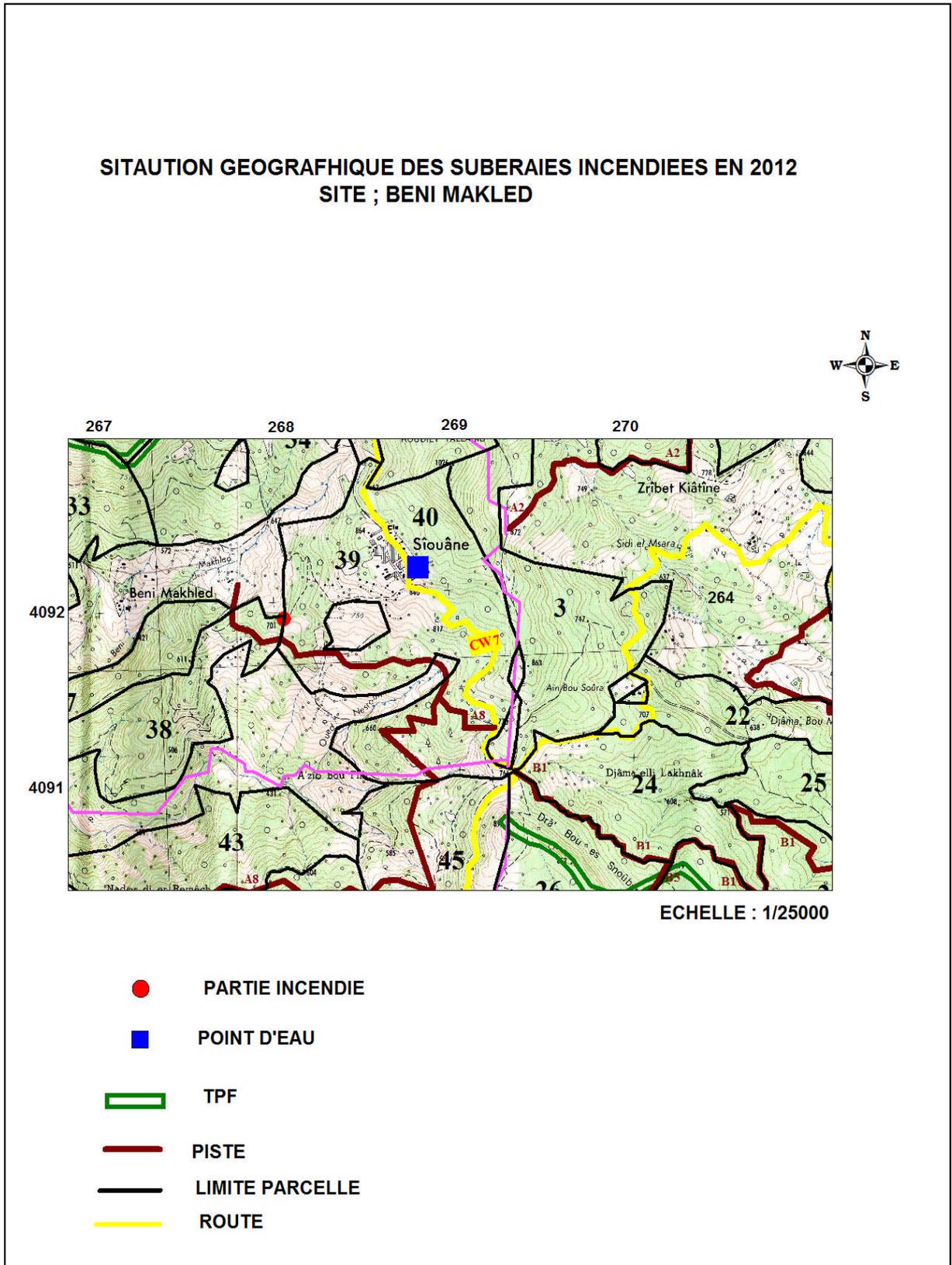


Figure.3. Situation géographique des suberaies incendiées en 2012-site : El Hafer

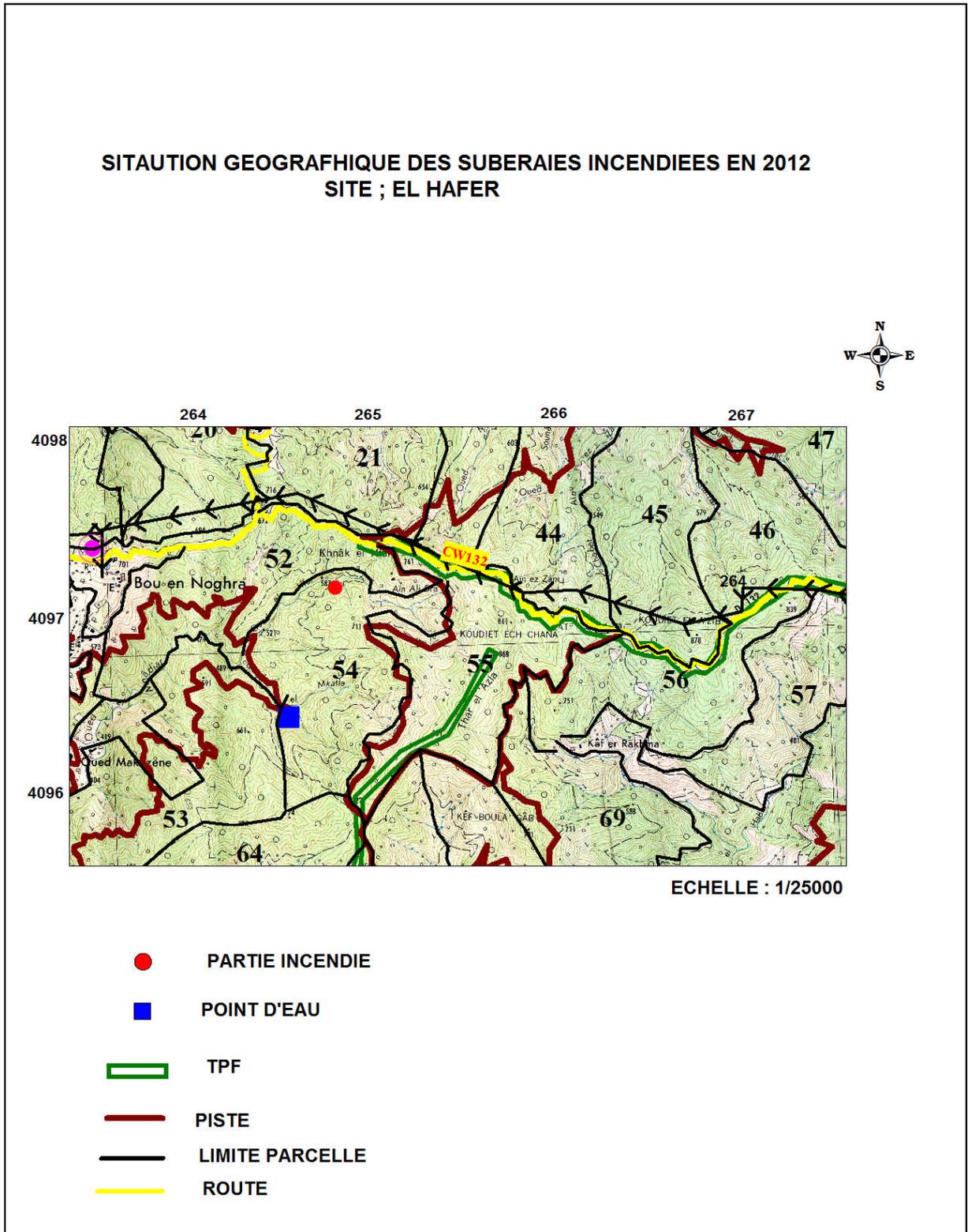


Figure.4. Situation géographique des suberaies incendiées en 2012-site : Hallem

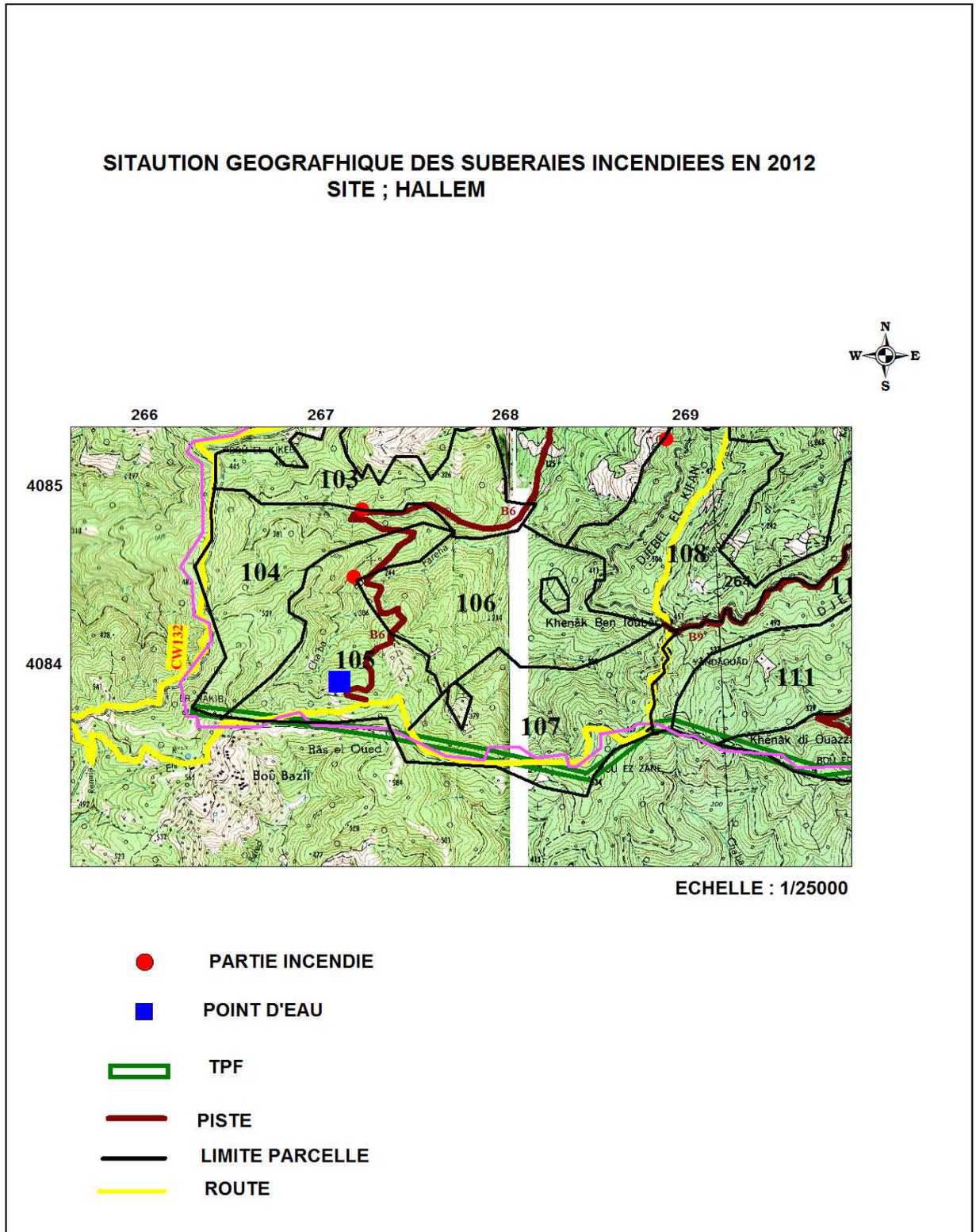


Figure.5. Situation géographique des suberaies incendiées en 2012-site : Ras el Oued

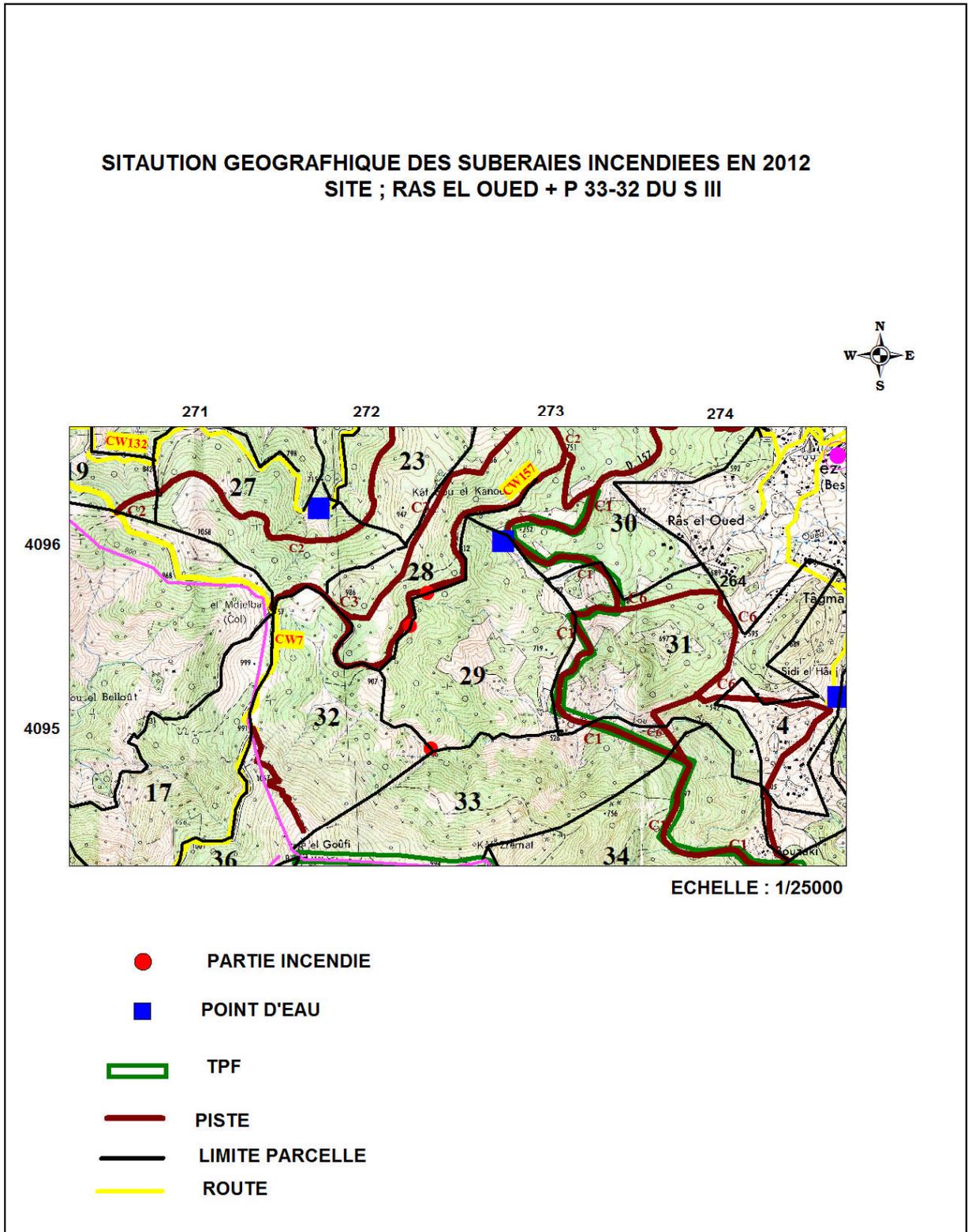
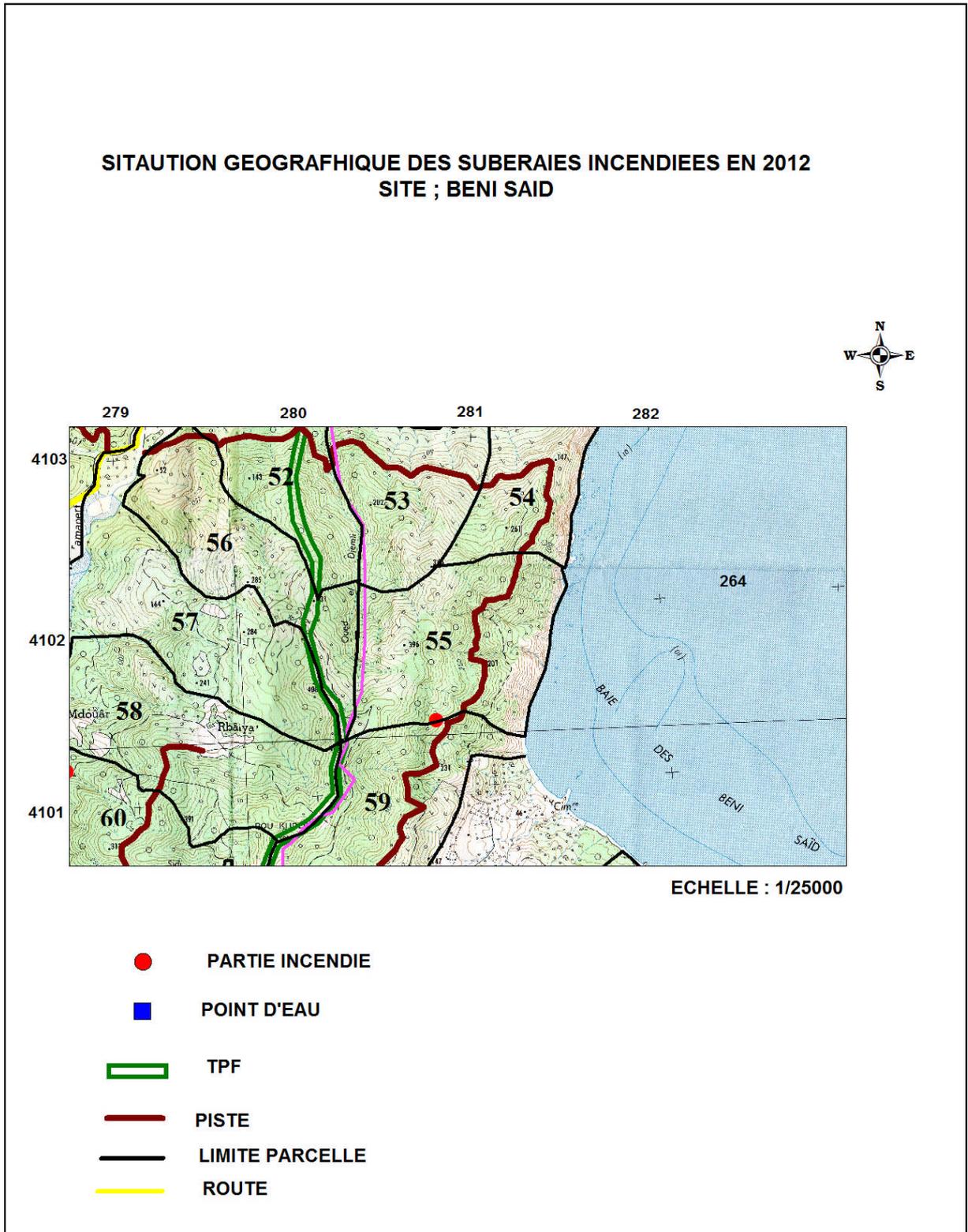


Figure.6. Situation géographique des subérais incendiées en 2012-site : B



Nom: BOUREGBI	Date de soutenance
Prénom: Iméne2014

Titre : Causes et conséquences des feux de forêts sur la production du liège dans les subéraies du Nord-Est algérien -Essai de valorisation et réhabilitation-

Résumé.

Le bilan des feux de forêts (période 1975-2013) établie sur les massifs du Nord-Est algérien, montre que le chêne liège demeure l'essence la plus affectée en comparaison avec les autres essences, avec une superficie de 126412,88 ha (48%). Cette région est très touchée par les feux de forêt puisqu'elle enregistre un cumul de 18732 feux, dégradant ainsi une superficie forestière totale de 635471,55 hectares.

Les causes imputées au déclenchement des feux sont diverses. Mais il semblerait que le facteur climat est la cause profonde de tous les sinistres. Le cortège floristique de la forêt a également une grande influence sur l'essor des incendies. Alors que 70 % des sinistres enregistrés ont pour origine le facteur humain. L'analyse de l'impact des feux de forêt montre qu'il existe une forte corrélation négative entre la production du liège, le nombre de départ de feux, et les superficies brûlées.

L'examen de l'évolution de la survie des subéraies après passage d'incendie a révélé selon la station d'observation pris en considération dans la forêt de Collo, que le taux de mortalité des arbres est en fonction de leur âge de démasclage donc de l'écorce liège.

D'autre part lors de la récupération de nos parcelles parcourues par les incendies on a abordé des thématiques de type économique et de type sylvicoles, et le choix de l'intervention a été de telle façon à viser à la restauration de la couche arborescente à l'aide de tailles culturales effectuées tout de suite après le passage de l'incendie, avec pour objectif prioritaire la sauvegarde du bois et des productions futures.

Mots-clés: Incendie, forêt, chêne liège ; liège ; massifs ; subéraies; restauration ; sauvegarde.

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

Rapporteur : M. BENDERRADJI Mohamed El-Habib : prof. Université Constantine «1»

Membres du jury :

Président : Mme BOUDOUR Leila, prof. Université Constantine «1 »

Examineur : M. ALATOU Djamel, prof. Université Constantine «1 »

Examineur : M. RAHMOUNE Chaâbane: prof. Université Constantine «1»