

République Algérienne Démocratique Et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université MENTOURI de CONSTANTINE

Faculté des Sciences
Département des Sciences de la Nature
& de la Vie



جامعة منتوري قسنطينة

كلية العلوم

قسم علوم الطبيعة والحياة

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme
de Magistère en Ecologie et Environnement

Option : Ecologie Végétale

Bilan des incendies de forêts dans



L'Est algérien

Cas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras

Présenté par :

Melle. ZOUAIDIA Hanene

Devant les membres du jury :

Président : Mr. RAHMOUNE C.

Professeur

Univ. Constantine

Examineur : Mr. ALATOU D.

Professeur

Univ. Constantine

Examineur : Mr. BOUKERZAZA H.

Professeur

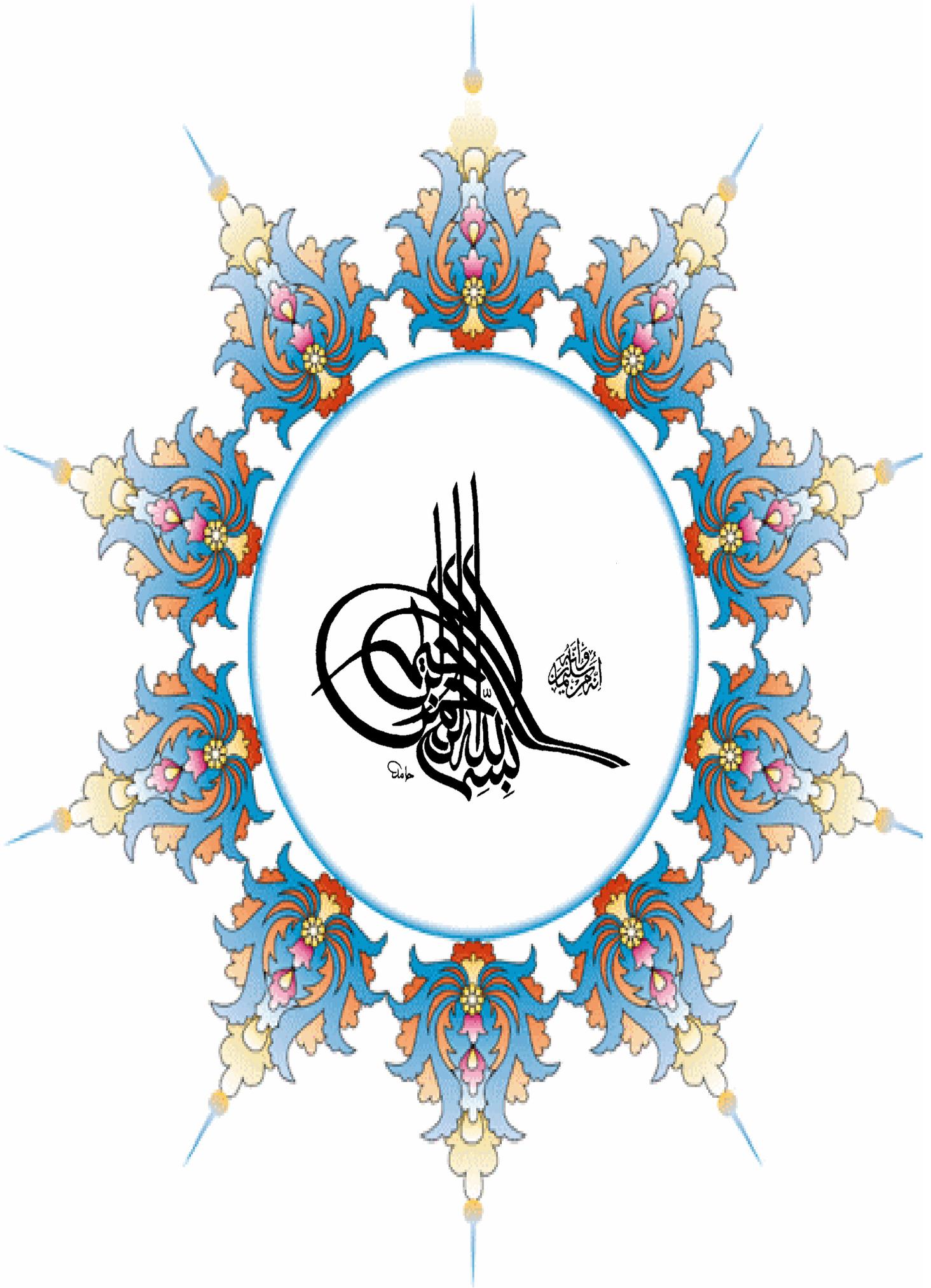
Univ. Constantine

Rapporteur : Mr. BENDERRADJI M.H.

Maître de Conférence

Univ. Constantine

Promotion : 2006





édicaces

À une personne très chère, qui par son amour, son affection et son indulgence, a su m'inculquer les notions de courage, de bonté et de modestie ;

À celle qui m'a aidée et encouragée, aussi bien dans Les moments difficiles que dans le temps de faste ;

À celle qui a toujours été pour moi, synonyme de confiance, d'aide et de compréhension ;

*À ma chère "MAMAN " je dédie cet humble travail ;
Qu'elle trouve ici, toute ma gratitude, mon plus grand respect et ma reconnaissance inestimable.*

Je lui souhaite une très longue vie

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, mes remerciements les plus respectueux vont à :

- *Mr. Benderradji pour avoir dirigé ce mémoire*
- *Mr. Rahmoun pour l'honneur qu'il me fait de présider le Jury*
- *Mr. Alatou pour sa gentillesse d'avoir accepté d'examiner ce travail*
- *Mr. Boukerzaza pour sa modestie d'avoir accepté d'examiner ce travail*

Mes remerciements les plus profonds sont adressés à :

- *Mrs Ferihi et Essalhi T. pour leur aide précieuse depuis le début de ce travail.*

Je tiens à remercier vivement

- *Mr. Idir B. (Secrétaire Général de la wilaya de Guelma) pour son immense gentillesse*
- *Mon ami Saïdi M. pour son aide et soutien continuels pendant la réalisation de ce travail*
- *Ma collègue de travail Melle. Abdaoui D. pour l'aide qu'elle m'a apportée*

Mes remerciements les plus vifs vont aussi à :

- *Mr. Arfa pour son aide et sa gentillesse*
- *Tarek pour le joli décor qu'il a exécuté*
- *Mon amie Maria d'être toujours présente à mon appel*
- *Mr. Belwattar (Conservateur des Forêts de Mila)*
- *Mr. Mabrouk (Conservateur des Forêts de Souk-Ahras)*
- *Mr. Saâd (Direction Générale des Forêts- Alger)*

Sommaire

Sommaire

Introduction	01
Chapitre I : Présentation de la région d'étude	03
I.1. Présentation de la wilaya de Mila	03
I.1.1. Localisation géographique.....	03
I.1.2. Relief et Géologie.....	03
I.1.2.1. Relief.....	03
I.1.2.2. Géologie.....	03
I.1.3. Réseau hydrographique.....	05
I.1.4. Climat.....	05
I.1.5. Couverture forestière.....	06
I.2. Présentation de la wilaya de Constantine	06
I.2.1. Localisation géographique.....	06
I.2.2. Relief et Géologie.....	06
I.2.2.1. Relief.....	06
I.2.2.2. Géologie.....	09
I.2.2.3. Géomorphologie.....	09
I.2.3. Climat.....	10
I.2.4. Couverture forestière.....	10
I.3. Présentation de la wilaya de Guelma	12
I.3.1. Localisation géographique	12
I.3.2. Relief et Géologie	12
I.3.2.1. Relief	12
I.3.2.2. Géologie	12
I.3.3. Réseau hydrographique	13
I.3.3.1. Hydrogéologie.....	13
I.3.3.2. Principaux oueds.....	14
I.3.4. Climat.....	15
I.3.5. Couverture Forestière.....	15

I.4. Présentation de la wilaya de Souk-Ahras	17
I.4.1. Localisation géographique	17
I.4.2. Relief et Géologie	17
I.4.3. Réseau hydrographique	18
I.4.4. Climat	18
I.4.5. Couverture forestière	19
I.5. Synthèse climatique	21
I.5.1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN	21
I.5.2. Situation des wilayas dans le climagramme d'EMBERGER	23
I.5.2.1. Détermination d'étages bioclimatiques des différentes régions d'étude.....	23
I.5.2.2. Calcul du quotient pluvio thermique d'EMBERGER	24
Chapitre II : Notions de Pyrologie forestière	26
II.1. Définitions	26
II.1.1. Pyrologie forestière	26
II.1.2. Définition du feu	26
II.1.3. Feux de forêts	26
II. 2. La combustion	26
II.2.1. Définition de la combustion.....	26
II.2.2. Les types de combustion.....	26
II.2.3. Les éléments indispensables à la combustion.....	27
II.2. 4. Les phases du processus de combustion.....	28
II.2.4.1. La phase de réchauffement.....	29
II.2.4.2. La phase d'ignition.....	29
II.2.4.3. La phase de carbonisation.....	29
II.2.4.4. La phase de combustion totale.....	29
II.3. Modes de propagation de la combustion	31
II.3.1. La propagation par transmission de chaleur.....	31
II.3.1.1. Mode de propagation par convection.....	31
II.3.1.2. Par radiation ou par rayonnement	31
II.3.1.3. Par conduction.....	32

II.3.2. La propagation par déplacement des substances en combustion.....	32
II.3.2.1. Par les gaz.....	32
II.3.2.2. Par les liquides.....	32
II.3.2.3. Par les solides.....	33
II.4. Conditions de propagation des incendies de forêts	33
II.4.1. Les combustibles.....	33
II.4.1.1. La nature des combustibles.....	33
II.4.1.2. La grosseur des combustibles.....	34
II.4.1.3. La disposition des combustibles.....	34
II.4.1.4. La quantité des combustibles.....	34
II.4.1.5. La distribution des combustibles.....	34
II.4.1.6. La teneur en humidité.....	35
II.4.1.7. La siccité du combustible.....	35
II.4.2. Les facteurs atmosphériques.....	36
II.4.2.1. Les précipitations.....	36
II.4.2.2. L'humidité relative	36
II.4.2.3. Le vent	36
II.4.2.4. La température.....	37
II.4.2.5. Action de la température, Vent et humidité.....	37
II.4.3. La topographie.....	38
II.4.3.1. L'inclinaison de la pente.....	38
II.4.3.2. Effet combiné de la pente et du vent.....	39
II.4.3.3. Exposition des pentes.....	39
II.4.3.4. Elévation du terrain.....	40
II.4.4. Les saisons.....	40
II.5. Formes et parties d'un feu de forêt.....	41
II.5.1. Formes des feux de forêts.....	41
II.5.2. Différentes parties d'un feu de forêt.....	41
II.6. Catégories des feux de forêts.....	43

II.6.1. Feux de surface.....	43
II.6.2. Feux de cimes.....	44
II.6.3. Feux de profondeur ou feux de sol.....	45
II.7. Mécanisme du feu de forêt.....	46
II.7.1. Description du milieu combustible	46
II.7.2. Importance de la teneur en eau du combustible	47
II.7.3. La division du combustible.....	47
II.7.4. La propagation du feu.....	48
II.7.4.1. Description des mécanismes de propagation.....	48
II.7.4.2. Les jeux du vent et du relief et le mécanisme de propagation.....	50
II.8. Notions d'Inflammabilité et de Combustibilité	50
II.8.1. L'inflammabilité	50
II.8.2. La combustibilité	50

Chapitre III : Bilan des incendies de forêts dans le Nord-Est algérien

Cas des wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras

(Période 1990-2004).....

III.1. Bilan des incendies de forêts en Algérie.....	52
III.1.1. Bilan des incendies de forêts en Algérie (Période 1980-2004)	52
III.1.2. les formations végétales incendiées en Algérie (Période 1980-2004).....	54
III.1.3. Répartition des incendies de forêts par catégories de causes en Algérie (Période 1990-2004).....	55
III.2. Bilan des incendies de forêts dans le Nord-Est Algérien ;	
Cas des wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras	
(Période 1990-2004)	56
III.2.1. Répartition des incendies de forêts suivant les formations végétales.....	56
III.2.2. Répartition des incendies de forêts suivant les wilayas.....	57
III.2.3. Répartition des incendies de forêts par essence.....	58
III.2.4. Répartition annuelle des incendies de forêts.....	59
III.2.5. Répartition mensuelle des incendies de forêts.....	61
III.2.6. Répartition des incendies de forêts suivant les tranches horaires.....	62
III.2.7. Répartition des foyers d'incendies de forêts par classe de superficie.....	63

III.2.8. Répartition des incendies de forêts suivant les jours de semaine.....	64
III.3. Influence du climat sur les incendies de forêts dans le Nord-Est algérien	65
III.3.1. Relation entre les incendies de forêts et les précipitations	66
III.3.2 Relation entre les incendies de forêts et les températures maximales	
absolues	68
III.3.3 Relation des incendies de forêts avec l'humidité relative de l'air.....	69
III.3.4. Relation entre les incendies de forêts et la vitesse des vents.....	71
Chapitre IV : Causes, Conséquences et Remèdes des incendies de forêt.....	73
IV.1. Causes des incendies de forêts	73
IV.2. Conséquences des incendies de forêts.....	74
IV.2.1. Conséquences des incendies de forêts sur l'écosystème forestier	
algérien	75
IV.2.1.1. Impact des incendies de forêts sur la végétation et les animaux en forêt.....	75
IV.2.1.2. Impact des incendies de forêts sur le sol forestier.....	76
IV.2.1.3. Impact des incendies sur la microfaune et la microflore.....	76
IV.2.1.4. Conséquences hydrologiques des incendies de forêts	77
IV.2.2. Conséquences des incendies de forêts sur l'homme	77
IV.2.3. Conséquences sur les sites et les paysages.....	77
IV.3. Remèdes des incendies de forêts	81
IV.3.1. Gestion des incendies de forêts.....	81
IV.3.1.1. Activité de prévention des feux de forêts.....	81
IV.3.1.1.1. Evaluation des risques de feux.....	82
IV.3.1.1.2. Surveillance du couvert végétal	84
IV.3.1.1.3. Aménagement et sylviculture pour une meilleure prévention	84
IV.3.1.1.4. Sensibilisation du public	88
IV.3.1.2. Activité de lutte des incendies de forêts.....	89
IV.3.1.2.1. Principe de lutte contre les feux de forêts	90
IV.3.1.2.2. Moyens de base pour combattre les incendies de forêts	90
IV.3.1.2.3. Etapes de développement et de combat d'un incendie	93
IV.3.1.2.3.1. Phases de développement d'un incendie de forêt	93

IV.3.1.2.3.2. Phases du combat.....	93
IV.3.1.2.3.3. Méthodes pour contenir et maîtriser les feux de forêts.....	94
IV.3.1.2.4. Techniques d'extinction des incendies de forêts	94
IV.3.1.3. Autres moyens de gestion des incendies de forêts	97
IV.3.1.3.1. L'emploi de l'informatique avancée	97
IV.3.1.3.2. Système de gestion spatiale	97
IV.3.1.3.3. Méthode canadienne de l'indice Forêt-Météo	97
IV.3.1.3.4. Méthode canadienne de prévision du comportement des incendies de forêts.....	98
IV.3.1.3.5. Prévision de la fréquence des incendies	98
IV.3.1.3.6. Modèles de dispersion de la stabilité atmosphérique	98
IV.3.1.3.7. Système de détection des incendies	98
IV.3.2. Dispositif de protection des forêts contre l'incendie en Algérie	99
IV.3.2.1. Prévention des incendies de forêts en Algérie	99
IV.3.2.1.1. L'information et la sensibilisation du public	100
IV.3.2.1.2. La prévision	100
IV.3.2.1.2.1. Le dispositif de protection	101
IV.3.2.1.2.2. Surveillance, Détection et Alerte	101
IV.3.2.1.2.3. La lutte active	103
IV.3.2.1.2.4. Mesures à prendre après un incendie de forêt	104
IV.3.2.1.2.5. Bilans de campagnes.....	105
IV.3.2.2. Propositions d'amélioration en la stratégie de lutte contre les feux de forêts dans la région d'étude	105
Conclusion	108
Références bibliographiques	110
Résumés	118
Liste des tableaux	121
Liste des photos	123
Liste des figures	125
Glossaire	126

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'un des plus grands problèmes que connaît l'humanité dans les temps modernes, est indubitablement celui de la pollution de l'environnement et de la détérioration substantielle de la qualité de la vie. Par ailleurs, l'élément naturel, qui est sujet à plus de dégradations, demeure le milieu forestier qui subit d'énormes pertes aussi bien sur le plan floristique que faunistique. Cette richesse naturelle comporte un équilibre fragile qui, une fois rompu, demande d'énormes moyens pour son rétablissement.

En Algérie, la déforestation ne cesse de s'accroître, en fonction de la composition des massifs forestiers en essences très combustibles, du climat sec, de la sécheresse qui sévit sur de longues périodes et de l'activité anthropique des populations riveraines, notamment ces dernières années où le chômage touche de larges franges d'entre elles. Tous ces facteurs mettent à rude épreuve les 4,1 millions d'hectares de forêts, de maquis et de broussailles qui ne représentent qu'un taux de boisement de 16,4% en ne considérant que le Nord du pays, et seulement 1,7% si l'on prend en ligne de compte tout le territoire national. Dans les deux cas, cette couverture forestière est nettement insuffisante en comparaison au taux de 25% mondialement admis. Chaque année, cette superficie déjà insuffisante perd une moyenne de 30.000 ha ; ce qui est nettement important pour un pays comme l'Algérie qui se situe dans une zone à climat désertique pour une large frange de son territoire.

Cependant, le facteur de dégradation le plus redoutable de la forêt algérienne et méditerranéenne est sans conteste l'incendie qui bénéficie de ces conditions physiques et naturelles favorables à son éclosion et sa propagation. On estime que pendant la seule période correspondant à la guerre de libération, la fréquence des incendies de forêts ne cesse de s'accroître (MADOUI, 2002). Ces derniers s'accompagnent le plus souvent d'une dégradation sévère de l'écosystème forestier dans toute sa dimension biologique.

Compte tenu de l'ampleur de ce fléau et dans le but de protéger le patrimoine naturel, le présent travail cherchera avant tout à mieux comprendre le comportement de ce phénomène impressionnant et parfois dévastateur qui est l'incendie de forêt. Il s'applique à découvrir les causes et à développer des moyens toujours efficaces de prévention, de détection et de lutte.

Nous avons choisi comme zone d'étude les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras représentant une partie du Nord-Est algérien. Cette région qui renferme une richesse et une biodiversité exceptionnelle, entre autre la forêt qui s'étend de Guelma à Souk-Ahras suscite notre intérêt quant à l'importance des superficies incendiées.

L'originalité de notre travail réside dans l'étude de l'évolution des incendies de forêts dans le Nord-Est algérien (Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras) sur une période de quinze (15) ans (1990-2004). La première étape a été consacrée à la recherche et au rassemblement du maximum d'informations et de données concernant les incendies auprès de la conservation des forêts pour chacune des quatre wilayas. Les données qui seront sous forme de bilans annuels constituent une base de données.

En ce qui concerne les données météorologiques, elles sont obtenues au niveau de l'office national de météorologie (ONM) de Constantine.

La deuxième étape consiste à exploiter et interpréter les résultats à partir de la base de données, puis réaliser des représentations graphiques et cartographiques

Dans ce mémoire ; une présentation des caractéristiques générales de la région d'étude sera étudiée dans une première partie. Des notions et des définitions générales concernant tout feu de forêt seront étudiées dans une deuxième partie. Un bilan d'analyse des données relatives aux feux, concernant les surfaces brûlées, le nombre annuel des feux, les causes, les types de formations brûlées, l'influence du climat, etc., sera examiné dans une troisième partie. Enfin, les causes des feux de forêts, leurs impacts sur l'environnement ainsi que les solutions possibles pour les combattre seront vues dans une quatrième et dernière partie.

Chapitre I: *Présentation de la région d'étude*

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

Notre région d'étude se situe au Nord-Est algérien. Elle regroupe quatre wilayas à savoir : Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras. Elle s'étend sur une superficie totale de **13.824,23 km²**.

I.1. Présentation de la wilaya de Mila :

I.1.1. Localisation géographique :

La wilaya de Mila se situe au Nord-Est de l'Algérie, elle occupe une superficie totale de **3.480,54 Km²** soit **0,14%** de la superficie du pays. Elle est limitée:

- Au Nord par la wilaya de Jijel ;
- Au Nord-Est par la wilaya de Skikda ;
- A l'Est par la wilaya de Constantine ;
- A l'Ouest par la wilaya de Sétif ;
- Au Sud par la wilaya d'Oum el Bouaghi (Fig. 01).

La wilaya de Mila fait partie du bassin versant de l'Oued El Kébir-Enja. Ce dernier se localisant dans la chaîne Tellienne orientale, couvre une superficie de **216.000** hectares et représente une région intermédiaire entre le domaine Tellien à très forte influence méditerranéenne au Nord et un domaine à très forte influence continentale au Sud.

I.1.2. Relief et Géologie :

I.1.2.1. Relief :

Prenant une grande partie du bassin versant, la région se caractérise par un espace géographique très diversifié avec un relief complexe et irrégulier et profondément disséqué par un réseau hydrographique dense. Une certaine polarité donc biogéographique se greffe à cette complexité du relief : du Sud vers le Nord on passe vers un domaine méditerranéen marqué par des espèces caractéristiques (chêne liège, chêne zeen, bruyère).

Cependant, on distingue trois espaces différents dans la région : un espace montagneux, un espace de piedmonts et de collines et un espace de hautes plaines.

• **L'espace montagneux** : formé d'une succession de massifs montagneux (massifs Telliens) et caractérisé essentiellement par un relief accidenté et des sols érodés. Concernant la configuration du relief, on distingue deux grandes unités géomorphologiques :

- Les hauts piedmonts au centre Ouest avec une pente allant de **12,5** à **25%**.
- Montagne pour le reste de la région et dont la pente est généralement supérieure à **25%**.

• **L'espace de piedmonts et de collines** : constituant la région centrale du piedmont Sud

Tellien, l'espace de piedmonts et de collines présente des altitudes très élevées comprise entre **500** et **800** m. Il est composé par :

- Les plaines intra montagneuses dont l'altitude moyenne est de **400** m.
- Les collines et les piedmonts situés dans la partie Est de la wilaya et qui sont limités au Nord par la région montagneuse. Au Sud, ils forment la limite des hautes plaines. Il s'agit de collines présentant un relief montagneux très désordonné.
- La région des hauts piedmonts qui forment au Nord-Ouest le prolongement des reliefs Telliens, concerne la dépression de Ferdjioua et Oued Enja.
- La dépression de Mila formée par un ensemble de basses collines (de **500** à **600** mètres d'altitude) et de massifs isolés (massif de Ahmed Rachedi).

• **L'espace Sud des hautes plaines :**

Dans cette région Sud de la wilaya, dont l'altitude moyenne est généralement comprise entre **800** et **900** m émergent des massifs montagneux isolés tels que :

Kef Lebiod 1.408 m,	Kef Isserame 1.726 m,
Djebel Tariolet 1.285 m,	Djebel Gherour 1.271 m,
Djebel Grouz 1.187 m,	Djebel Lehman 1.237 m,
Djebel Méziout 1.127 m,	Djebel Tarkia 1.066 m.

Les deux unités géomorphologiques (plaines et glacés) occupent la majorité de la surface de l'espace avec une faible pente comprise entre **0** et **3%** (plaines) et une pente comprise entre **3** et **12%** (bas piedmonts).

I.1.2.2. Géologie :

La géologie de la région est étroitement liée à celle du bassin versant de l'Oued El Kébir-Enja dont elle fait partie. Ce dernier comprend un certain nombre de régions géographiques correspondant à autant de régions litho-satrtégiques et tectoniques.

Au Nord de l'Oued El kébir-Enja, se dresse une chaîne orientée sublongitudinalement et configurant la limite septentrionale du bassin versant. Cette chaîne domine l'Oued El Kébir-Enja par le biais d'un versant unique complexe singulier à bien des titres, il est du moins dans sa partie supérieure, le lieu privilégié d'une régénération spontanée de la forêts de chêne liège et de chêne zeen et le domaine d'extension de la nappe numidienne « gréso-argileuse ». Ces deux singularités de cette région étant d'ailleurs interdépendantes.

Au Sud, un paysage de collines aussi complexe que morcelé marque l'extension considérable de la nappe « Djémila » rompue par la prédominance de quelques massifs montagneux (massif du Sud de Ahmad Rachedi, Djebel Ouakissene, Djebel Boucharef) rapportés à la nappe péri Tellienne sous-jacente et la prédominance de quelques autres (Djebel Moul el Djadiène

et Djebel Sénatour) rapportés à l'unité Tellienne supérieure à matériel éboué définitif. De là, on peut voir que le facteur géologique de part son empreinte très marquée dans le milieu physique, a une influence directe sur les autres éléments constitutifs du milieu. Ainsi l'ossature structurale et les formations le composant sont le plus souvent déterminantes sur divers plans : à savoir le dispositif hydrographique, la vulnérabilité du milieu à l'érosion, la répartition géographique des espèces végétales et l'évolution pédogénétique.

I.1.3. Réseau hydrographique :

De part la géographie (structure accidentée et morcelée des massifs Telliens du Nord), la région Nord de la wilaya est parcourue par un réseau hydrographique dense constitué de petits cours d'eau alimentant d'importants Oueds :

- Oued Enja ;
- Oued el Kébir ;
- Oued el Rhumel.

Oued el Rhumel qui traverse la région des hautes plaines (d'Est en Ouest) dispose d'importants affluents :

- Oued Méhari ;
- Oued Tajenamet ;
- Oued Athmania.

I.1.4. Climat :

Le climat de la wilaya est de type méditerranéen, il est globalement caractérisé par deux saisons nettement distinctes :

- L'une humide et pluvieuse s'étendant de novembre à avril.
- L'autre chaude et sèche allant de mai à octobre.

Le régime pluviométrique est caractérisé par une irrégularité intra et interannuelle, souvent la torrencialité des averses. La concentration des pluies est sur une part assez courte de l'année. Mais de manière générale, les précipitations décroissent du Nord au Sud de la région.

- L'espace Nord appartient à l'étage bioclimatique sub-humide. C'est la partie bien arrosée et caractérisée par un niveau de précipitations variant de **600** à **700** mm/an.
- L'espace de piedmonts et de collines est caractérisé par un climat favorable avec des précipitations qui varient entre **400** et **600** mm/an. Mais compte tenu des altitudes élevées, la gelée est généralement importante en hiver. Cet espace appartient à l'étage bioclimatique sub-humide.

- L'espace Sud des hautes plaines se caractérise par une pluviométrie annuelle moyenne de **350** mm, bien répartie sur l'ensemble de l'année à l'exception de la période estivale qui s'étale de juin à septembre.

I.1.5. Couverture forestière :

La wilaya de Mila s'étendant sur une superficie de **340.684** ha, est dotée d'une superficie forestière de **33.670** ha soit un taux de **9,80%** (Fig. 01) et qui se répartissent selon les domaines suivants :

- Forêts naturelles représentant **6.762** ha soit **20, 08%** ; dont l'espèce dominante est le chêne liège.
- Les reboisements avec une superficie de **18.493** ha soit **54,92%** ; les principales essences sont le pin d'Alep et le cyprès.
- Les maquis représentent une superficie de **8.415** ha soit **25%** (maquis de chêne vert et genévrier).

I.2. Présentation de la wilaya de Constantine :

I.2.1. Localisation géographique :

La wilaya de Constantine se localise au Nord-Est du pays. Elle est située par **36°24'** de latitude Nord et **34° 8'** de longitude Est, entre **534** et **644** mètres d'altitude sur le plateau incliné d'un rocher, traversée par un ravin profond au fond duquel coule Oued Rhumel et environnée de toutes parts par les montagnes.

La wilaya de Constantine s'étend sur une superficie de **2.297,20** Km², elle ne représente que **0,09%** de l'ensemble de la superficie du territoire national. Elle est limitée :

- Au Nord par la wilaya de Skikda ;
- A l'Est par la wilaya de Guelma ;
- A l'Ouest par la wilaya de Mila ;
- Au Sud par la wilaya d'Oum El-Bouaghi (Fig. 02).

I.2.2. Relief et Géologie :

I.2.2.1. Relief :

Le relief de la région fait partie de l'Atlas Tellien, il est peu accidenté et se caractérise par trois grands ensembles qui sont :

- l'ensemble Tellien ;
- l'ensemble des bassins intérieurs ;
- l'ensemble des hautes plaines.

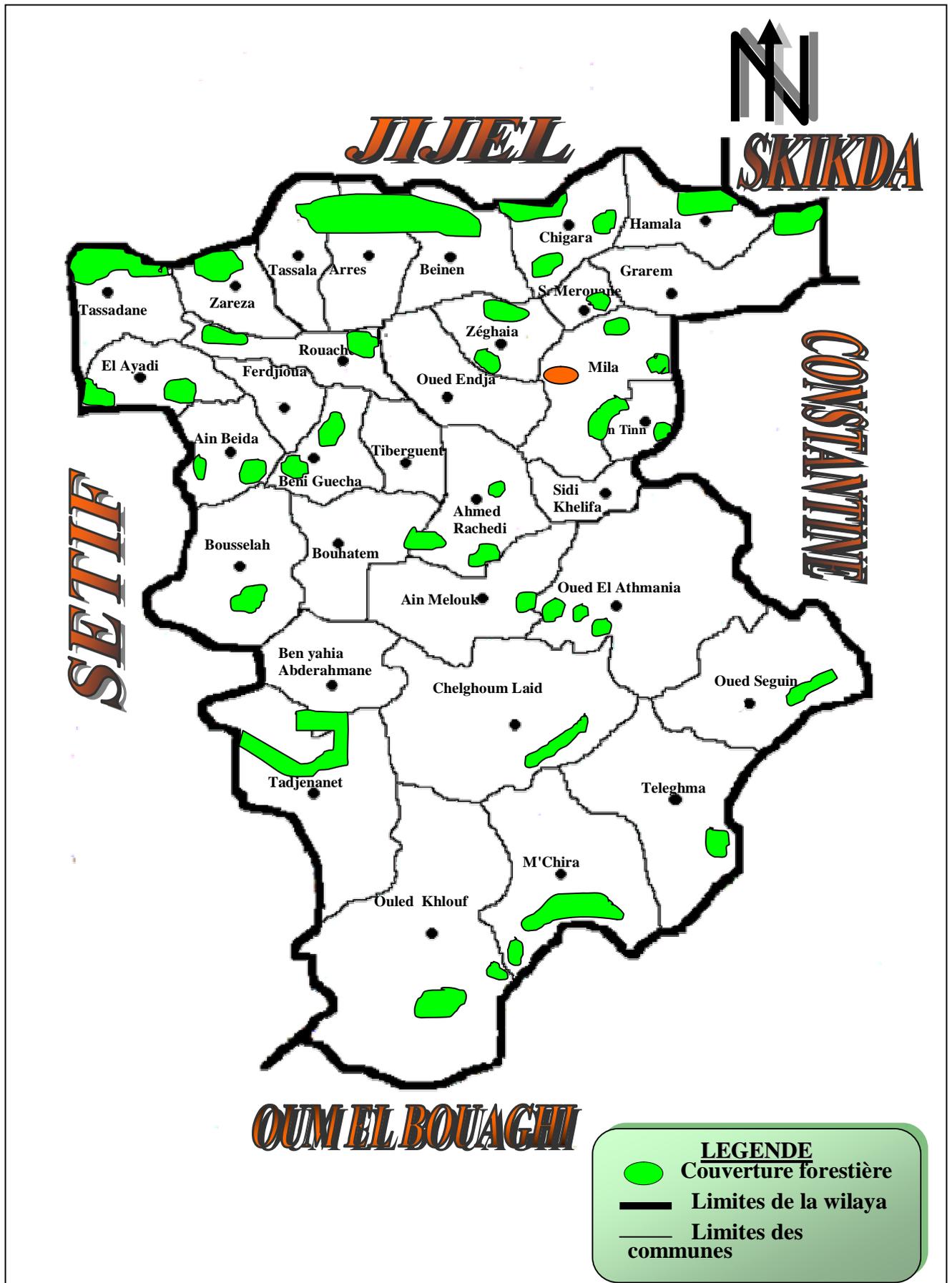


Fig. 01 : Carte de la couverture forestière de la wilaya de Mila

L'aspect structural du relief est caractérisé par une mosaïque d'affleurement de roches variées composées pour l'essentiel de roches tendres (formations argileuses et récentes) et de roches dures (gréseuses).

✓ **L'ensemble Tellien :**

Cet ensemble s'étend sur la plus grande partie de la wilaya qui comprend les massifs intérieurs ou monts de Constantine. Le relief heurté et compact se laisse difficilement traverser par les oueds qui ont dû parfois creuser des gorges étroites. Cette chaîne Tellienne s'abaisse vers l'Est, recouverte par des dépôts miocène à l'Ouest de Constantine et par les grés de Numidie à l'Est.

Par ailleurs, elle est pénétrée par des chaînons calcaires qui annoncent l'influence atlassique. Ces formations Telliennes prennent des directions d'ensembles, Sud-Ouest/Nord-Est, et sont marquées principalement par les Djebels : Chettaba, Djebel-Ouahch, Oum-Settas et Sidi-Driss à l'extrême Nord de la wilaya qui culmine à **1.364** m d'altitude.

✓ **L'ensemble des bassins intérieurs :**

Cet ensemble est composé de glacis qui encadrent presque tous les milieux naturels du Constantinois composés de plusieurs niveaux étagés ou emboîtés et plus ou moins encroûtés. Ces formes de relief sont caractéristiques du bassin néogène de Constantine. Ce dernier en forme d'une grande dépression mio-pliocène, s'étend de Ferdjioua à l'Ouest jusqu'à Zighoud Youcef à l'Est. Elle est limitée par les hautes plaines du Sud.

Il s'agit de basses collines situées entre **500** et **600** m d'altitude taillées dans un matériau détritique tendre et où un réseau de ravins denses donne au relief un aspect très disséqué. Les dépôts continentaux accumulés dans cette dépression sont composés d'argiles où affleurent parfois des niveaux conglomératiques. Les formations superficielles généralement marneuses sont caractérisées par une géomorphologie irrégulière.

Les vallées du Rhumel et de Boumerzoug qui entrecourent le bassin de Constantine, se rétrécissent dans des endroits limités mais qui prennent une largeur plus ou moins importante située entre **200** et **300** m. Ces deux importants oueds qui drainent le grand bassin du Kébir-Rhumel, semblent encore en phase de constitution puisqu'une telle largeur n'est pas suffisante pour une stabilité et une régulation dynamique de l'énergie du relief notamment en berges. Ces bassins se composent essentiellement des marnes et des conglomérats du miocène et du mio-pliocène, donc des dépôts récents qui sont souvent sous l'action des oueds Rhumel et Boumerzoug.

✓ **L'ensemble des hautes plaines :**

L'ensemble des hautes plaines est situé au Sud-Est de la wilaya, entre les chaînes intérieures de l'Atlas Tellien et de l'Atlas Saharien. Ces hautes plaines qui constituent d'immenses étendues plates à peine ondulées, correspondent à une aire de structure beaucoup plus calme. Ce sont des plaines plio-quaternaires encadrées par les massifs calcaires crétacés, dont l'altitude moyenne varie entre **600** et **800** m.

Il apparaît que les régions des hautes plaines présentent un niveau de pente ne dépassant pas les **3%**. Les montagnes représentent une part importante de la superficie de la wilaya avec **37.161** ha soit **16,67%** dont les pentes varient entre **12,5** et **25%** mais les piedmonts représentent l'essentiel de la superficie avec **111.423** ha.

I.2.2.2. Géologie :

Selon plusieurs études menées au niveau de la région particulièrement celles de BNEDER, les caractères dominants du sol se présentent comme suit :

• Les terrains Crétacés :

Ils se distinguent par la formation du marno-calcaire et de marnes très étendus en surface à travers le territoire national. Ils constituent les principaux groupes montagneux de l'Algérie et se rencontrent dans la wilaya de Constantine :

- Au massif Grouz ;
- Au massif Chettaba ;
- Au massif Felten ;
- Au massif d'Oum Setta.

• Les terrains tertiaires :

Ils se manifestent par les dépôts de travertins, de calcaires travertinaux, de limons et d'argiles dans les régions Ouest et Nord-Ouest de Constantine (2^{ème} période : le miocène).

Dans la région Sud-Ouest et Sud-Est, les dépôts sont constitués de grès, de sables, de marnes et de calcaire lacustre travertinaux. Ceux ci marquent les grandes modifications du relief qu'avait subi la région à la fin de l'ère tertiaire.

• Les terrains quaternaires :

Ces terrains se composent essentiellement des vallées de Boumerzoug et de Rhumel.

I.2.2.3. Géomorphologie :

La région de Constantine est connue par sa morphogénèse complexe, accentuée par l'oscillation des altitudes et des dénivellations.

Le regroupement de Constantine est formé par un ensemble de montagnes peu élevées à crête d'altitude faible (ex. rocher de Constantine), d'orientation Sud-Ouest, Nord-Est.

Ces moyennes montagnes se présentent comme une série de chaînons calcaires plus ou moins parallèles, séparés par des dépressions intramontagnardes souvent occupées par une vallée (vallée de Rhumel, oued Boumerzoug).

Par cela, le compartimentage du relief apparaît comme une mosaïque d'affleurement de roches variées (marnes, calcaires, grès, argiles).

Les roches dures arment les masses montagneuses tandis que les bassins sont creusés dans les affleurements de roches tendres. C'est ainsi que se témoigne la structure complexe.

Cela n'empêche qu'on peut distinguer trois régions assez homogènes de la wilaya avec :

- La partie septentrionale caractérisée par une topographie présentant de fortes pentes ;
- La partie médiane caractérisée par une configuration accidentée ;
- La partie méridionale constituée par un relief relativement plat à paysage varié.

I.2.3. Climat :

Le climat de la région est généralement semi-aride, il présente des amplitudes thermiques très variées surtout au Sud de la région. Dans les hautes plaines, la continentalité y est assez forte.

La direction générale des vents domine au Nord-Ouest, n'empêche qu'il souffle dans toutes les autres directions. Le sirocco souffle plus de **30** jours pendant toute l'année.

Les températures sont marquées par des variations saisonnières et journalières. Loin d'être désertique, la wilaya ne reçoit presque nulle part moins de **250** mm d'eau par an.

Cependant, les pluies sont très irrégulières et ne sont pas réparties de façon homogène sur toute la durée de la période pluvieuse : automne, hiver, printemps. Les séquences pluvieuses courtes et séparées alternant avec les séquences sèches. En période estivale, les précipitations sont insignifiantes pour ne pas dire nulles. Par contre en période hivernale, on observe le maximum de précipitations (**40%** environ).

Pour la gelée, la durée moyenne est environ plus de **50** jours par an.

I.2.4. Couverture forestière :

A l'instar du pays, la wilaya de Constantine est dans l'ensemble peu forestière (Fig. 02) ; la forêt occupe près de **8%** de la superficie totale de la wilaya soit **17.858** ha.

En ce qui concerne les espèces dominantes, on relève : le pin d'Alep, l'eucalyptus et le chêne liège.

Les superficies recouvertes par ces espèces se répartissent comme suit :

- Pin d'Alep : **13.880** ha
- Chêne liège : **1.139** ha
- Autres essences : **850** ha
- Eucalyptus : **1.989** ha

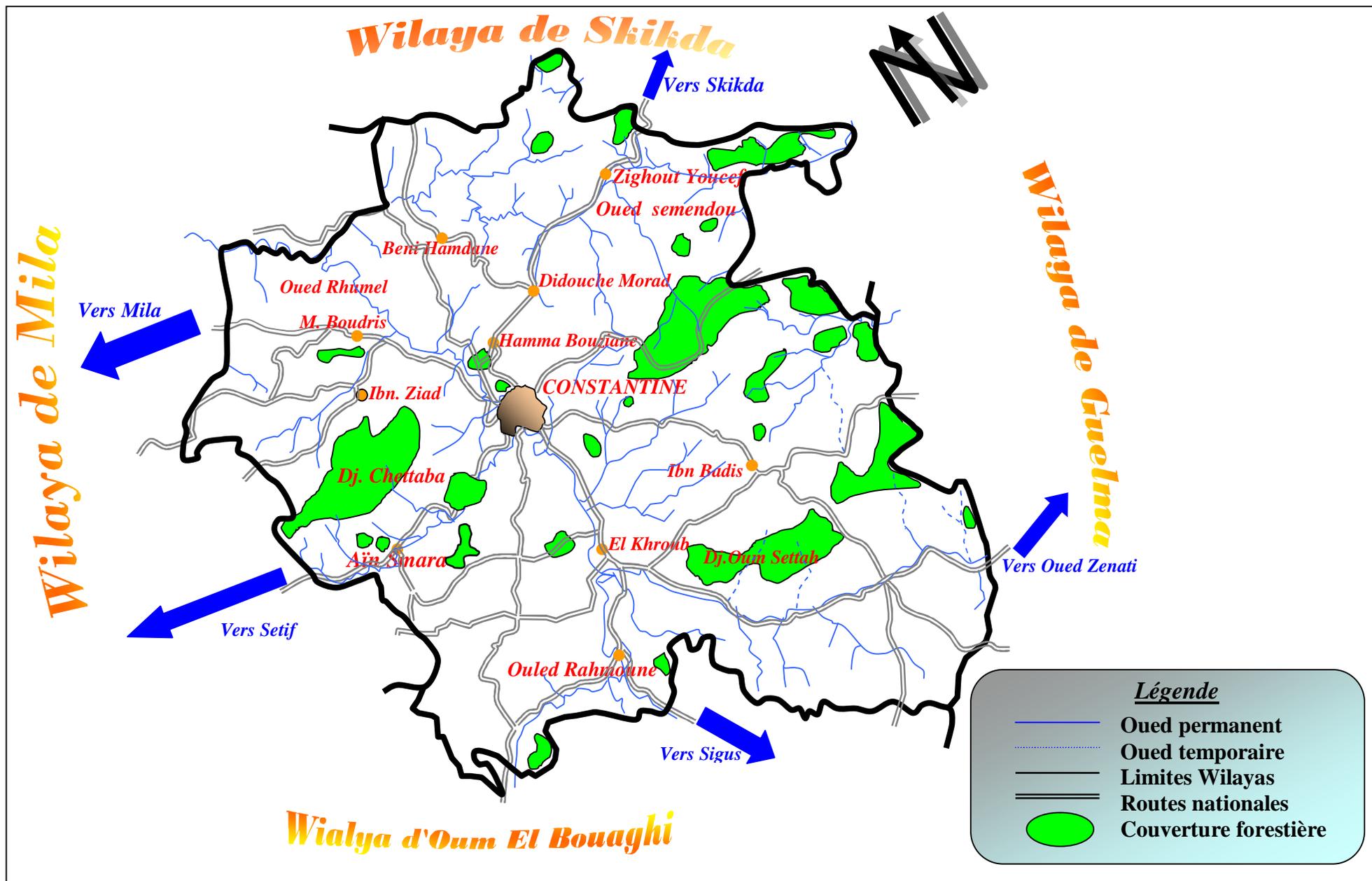


Fig. 02 : Carte de la couverture forestière de la wilaya de Constantine

I.3. Présentation de la wilaya de Guelma :

I.3.1. Localisation géographique :

La wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de **3.686,84** km². Elle se situe au Nord-Est du pays. Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les hauts plateaux et le Sud. Elle est limitrophe aux wilayate de :

- Annaba, au Nord ;
- El Taref, au Nord-Est ;
- Oum el Bouaghi, au Sud ;
- Constantine, à l'Ouest ;
- Skikda au Nord-Ouest.

I.3.2. Relief et Géologie :

I.3.2.1. Relief :

La géographie de la wilaya se caractérise par un relief diversifié dont on retient essentiellement une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse. Ce relief se décompose comme suit :

- **Montagnes** : elles constituent **37,87%** dont les principales sont :
 - Mahouna avec une altitude de **1.411** m.
 - Haoura : **1.292** m d'altitude.
 - Taya : **1.208** m d'altitude.
 - D'Bagh : **1.060** m d'altitude.
- **Plaines et plateaux** : Ils constituent **27,22%** de la superficie de la wilaya.
- **Collines et Piémonts** : qui constituent **26,29%** de la superficie totale, plus autres types de relief constituant **8,67%**.

I.3.2.2. Géologie :

L'analyse du territoire de la wilaya fait ressortir quatre ensembles ou régions à savoir :

- La région de Guelma ;
- La région de Bouchegouf ;
- La région de Oued Zénati ;
- La région de Tamlouka.

• **Région de Guelma :**

La région de Guelma englobe toute la partie médiane du Nord vers le Sud du territoire de la wilaya. Elle est organisée en auréole tout autour de la plaine centrale constituée de terrasses alluviales qui s'étalent le long de l'oued (la vallée de la seybouse). C'est la région la plus étendue du territoire de la wilaya. Elle se caractérise aussi par une importante couverture forestière au Nord et à l'Est. Par contre, la partie Sud souffre de dégradations répétées d'où une absence de couverture forestière fournie en dépit du caractère montagneux de cette sous région, et d'où une grande vulnérabilité à l'érosion.

• **Région de Bouchegouf :**

Elle se caractérise par un relief fortement montagneux (près de **75%**). Cette région est traversée par l'oued Seybouse dont les berges constituent les prolongements de la plaine de Guelma. Ses montagnes sont couvertes de massifs forestiers, notamment les forêts de Beni Salah et de Aïn Ben Beïda (une partie de Haouara à l'Ouest). Son paysage se caractérise par de longs versants réguliers à pentes moyennes et quelques hautes surfaces à pentes plus faibles, outre quelques plaines moins importantes que celle de Guelma.

• **Région de Oued Zénati :**

La région de Oued Zénati chevauche un relief montagneux plus ou moins disséqué. Le paysage dominant est de loin celui des hautes surfaces montagnardes et les longs versants dispersés dans un ensemble de montagnes dont la couverture forestière est moins importante que celle de la région de Guelma.

Les sols qui s'y localisent sont en grande partie des sols bruns calcaires parfois profonds.

• **Région de Tamlouka :**

La région de Tamlouka fait partie de la région des hautes plaines dont l'altitude moyenne est supérieure à **800** mètres avec cependant des pentes faibles. La partie Sud de la wilaya est occupée par un vaste paysage de hautes plaines traversées par l'Oued M'gaisba, caractérisée par des bas fonds et des glacis alluviaux.

Au Nord, des paysages de glacis assez étendus se raccordent à la plaine.

I.3.3. Réseau hydrographique :

I.3.3.1. Hydrogéologie :

Le territoire de la wilaya de Guelma comporte globalement quatre zones (sous bassins versants) hydrogéologiques distincts :

o Zone des plaines de Guelma et Bouchegouf (moyenne et basse Seybouse) :

Les nappes captives du champ de Guelma s'étendent sur près de **40** Km le long de la vallée de la Seybouse et sont alimentées par les infiltrations et les ruissellements qui déversent dans l'Oued Seybouse. Elles constituent les plus importantes nappes de la wilaya.

Au niveau de la nappe de Bouchegouf, les alluvions paraissent moins perméables que ceux de la plaine de Guelma. Elle peut contenir une nappe alluviale moins importante.

o Zones des Djebels au Nord et Nord-Ouest :

Elle s'étend sur toute la partie Nord de la région du territoire de la wilaya. Elle regroupe toute la partie de l'Oued Zénati et la partie Nord de la région de Guelma. En dehors de la plaine, une grande partie de cette région est constituée d'argiles rouges numidiennes sur lesquelles reposent des grès peu perméables. Cette zone connaît une faible perméabilité en dépit d'une pluviométrie relativement importante.

Cependant, sur les calcaires crétacés inférieurs des Djebels Débagh et Taya, l'infiltration est probablement importante dans l'ensemble et malgré une importante pluviométrie, notamment dans sa partie Nord, la région a des potentialités en eaux souterraines assez faibles.

o La zone des plaines et des collines de Tamlouka :

Il est à remarquer pour cette région que les structures synclinales du crétacé supérieur peuvent contenir des nappes actives par des infiltrations sur les calcaires qui n'ont pas une bonne perméabilité quand ils sont profonds. Des nappes phréatiques s'établissent dans les formations quaternaires reposant sur des argiles miocènes. Elles sont drainées par les différents affluents de l'oued Charef, mais une partie de leurs eaux s'évapore dans les régions marécageuses.

o La zone des Djebels surplombant les oueds Sédrata et Héliá :

Cette région s'étend sur les parties Nord de la région de Tamlouka et Sud de la région de Guelma et Bouchegouf. Sa partie Sud est certainement la mieux fournie en eau. Elle se caractérise par la présence des hautes dalles calcaires du crétacé supérieur qui sont perchées sur des marnes. Des sources assez importantes jalonnent à leur contact. Sur l'autre partie de la zone (la plus étendue), les dalles calcaires sont plus redressées et fractionnées et des sources parfois relativement importante jaillissent des calcaires en contact des marnes.

I.3.3.2. Principaux oueds :

Les principaux Oueds dans la région de la wilaya sont :

- **Oued Seybouse** : il prend sa source à Medjez Amar (point de rencontre entre oued Charef et oued Bouhamdane). Il traverse la plaine de Guelma-Bouchegouf sur plus de **45** Km du Sud au Nord. Son apport total est estimé à **408** millions m³/an.

- **Oued Bouhamdane** : il prend sa source dans la commune de Bouhamdane à l'Ouest de la wilaya. Son apport est de **96 millions m³/an**.
- **Oued Mellah** : provenant du Sud-Est, ce court d'eau enregistre un apport total de **151 millions m³/an**.
- **Oued Charef** : Prend sa source au Sud de la wilaya et son apport est estimé à **107 millions m³/an**.

I.3.4. Climat :

Le territoire de la wilaya se caractérise par un climat doux et pluvieux en hiver et chaud en été. La température qui varie de **4°C** en hiver à **35,4°C** en été est en moyenne de **17,3°C**.

Quant à la pluviométrie, on enregistre **654 mm/an** à la station de Guelma. Cette pluviométrie varie de **400** à **500 mm/an** au Sud jusqu'à près de **1.000 mm/an** au Nord. Près de **57%** de cette pluviométrie est enregistrée pendant la saison humide allant de octobre à mai.

Pour ce qui est de l'enneigement, on enregistre **12,7 j/an** et s'il neige sur les principaux sommets, les risques sur les plaines sont minimes.

Le nombre de gelées blanches est de l'ordre de **11 j/an** à la station de Guelma.

Par ailleurs, on relève **2,2 j/an** de grêle. Mais on enregistre **36,2 j/an** de Sirocco. Ce climat dont jouit la wilaya est assez favorable à l'activité agricole et à l'élevage.

I.3.5. Couverture Forestière:

La Wilaya de Guelma comprend une superficie de couverture forestière de **105.395 ha**, soit un taux de **28,59%** de la superficie totale de la wilaya à un paysage discontinu et hétérogène, confiné discontinuellement dans les massifs répartis d'Ouest en Est. Les grands espaces de terrains sont à vocation forestière dans la partie Sud-Est (Fig. 03). Selon la densité, les forêts se répartissent comme suit :

- ◆ Forêts denses : **19.459 ha**
- ◆ Forêts claires : **10.491 ha**
- ◆ Maquis et broussailles + parcours : **57.402 ha**
- ◆ Reboisements : **3.589 ha**
- ◆ Vides : **14.457 ha**.

Le taux de reboisement est de **10 %** dénotant un effort considérable de reforestation du territoire.

Les principales forêts sont :

- ◆ Forêts de Béni Salah : réserve nationale en liège (**12.745 ha**).
- ◆ Forêt de la Mahouna : d'une vocation récréative s'étalant sur **1.035 ha**.

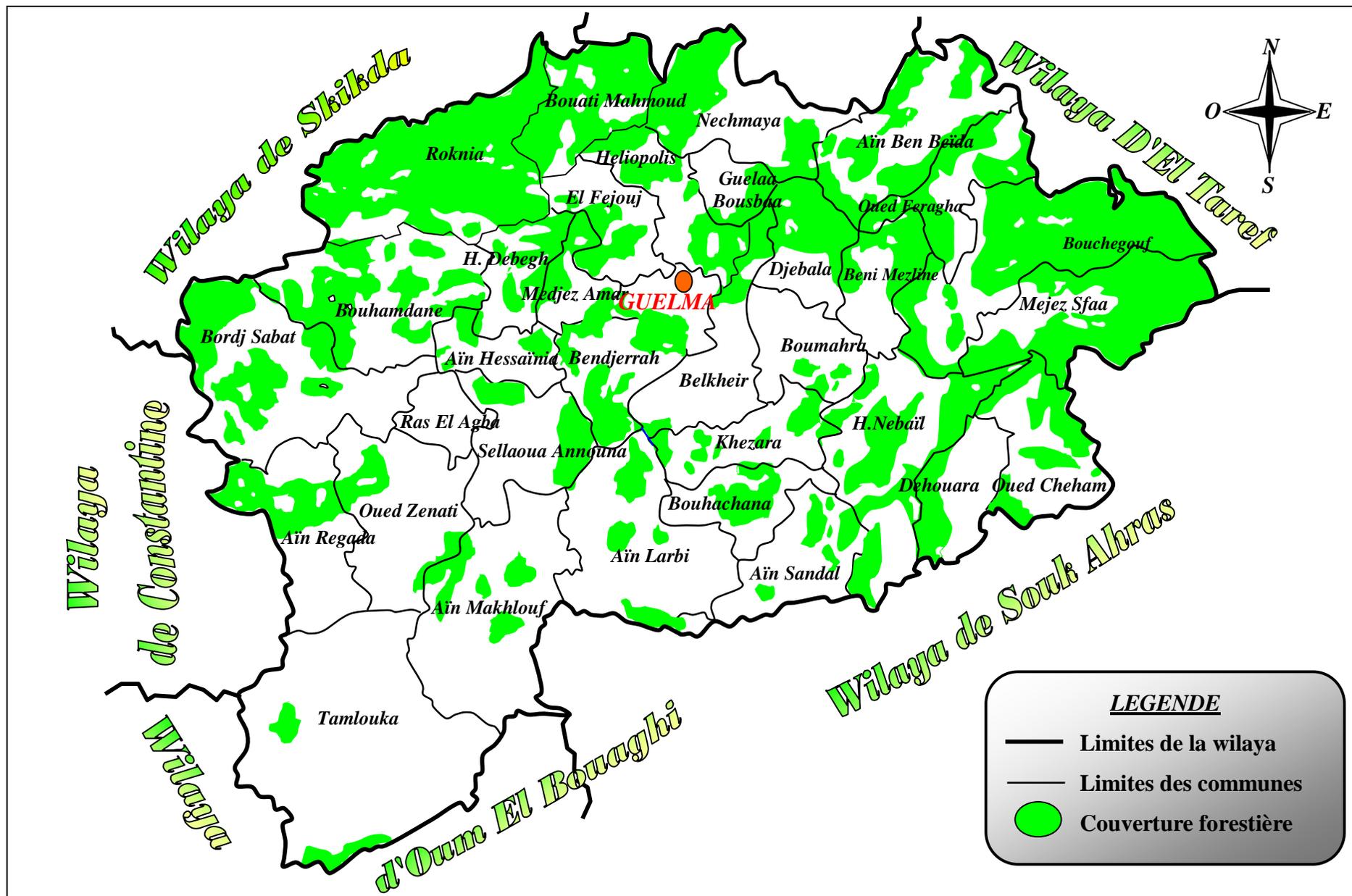


Fig. 03 : Carte de la couverture forestière de la wilaya de Guelma

- ◆ Forêt de Houara : avec une superficie de **2.374** ha.
- ◆ Forêt dense Beni Medjalel à Bouhamdane : **3.506** ha.

Les principales essences sont le chêne liège (localisé dans Beni Salah, Houara, Djellaba, Mahouna), l'eucalyptus, le pin d'Alep, le pin maritime, le chêne zeen et le cyprès. Ces dernières se répartissent selon la superficie comme suit :

- ◆ Chêne liège : **21.884** ha.
- ◆ Eucalyptus : **2.657** ha.
- ◆ Pin d'Alep : **2.915** ha.
- ◆ Chêne zeen : **2.753** ha
- ◆ Cyprès : **1.517** ha.
- ◆ Pin maritime : **1.410** ha.

Les principales productions sont le chêne liège et le chêne zeen, avec un volume de production de **1.500** stères. Pour le bois, l'eucalyptus et le pin d'Alep avec **29.358** m³ environ.

I.4. Présentation de la wilaya de Souk-Ahras :

I.4.1. Localisation géographique :

La wilaya de Souk-Ahras est localisée au Nord-Est algérien. Elle est installée aux portes de l'Algérie en un passage naturel entre la Tunisie et le reste du pays.

Elle est limitée :

- Au Nord-Est par la wilaya d'el Taref ;
- Au Nord-Ouest par la wilaya de Guelma ;
- Au Sud par la wilaya de Tébessa ;
- Au Sud-Ouest par la wilaya d'Oum-El-Bouaghi ;
- A l'Est par la Tunisie.

La wilaya de Souk-Ahras s'étendant sur une superficie de **4.359,65** km², ne représente que **0,18%** de l'ensemble du territoire national. Elle est située à **77** Km de la wilaya de Guelma, à **100** Km de Annaba, à **134** Km de Tébessa et à **50** Km de la frontière Tunisienne.

I.4.2. Relief et Géologie :

La wilaya de Souk-Ahras se distingue par deux caractéristiques essentielles :

- Le Nord à caractère montagneux faisant partie de l'Atlas Tellien.
- Le Sud faisant partie des hautes plaines.

Selon la classification des pentes et du climat dominant, la wilaya de Souk-Ahras se caractérise par trois régions :

- a) **Région Nord-Est** : région montagneuse présentant des pentes très rudes variant de **15%** à plus de **20%** et faisant partie de la chaîne Tellienne, et qui constitue le patrimoine forestier.
- b) **Région Sud-Ouest** : région médiane constituée de piedmonts. Cette région est le prolongement des hauts plateaux, elle est caractérisée par de plaines agricoles et de pâturage.
- c) **Région Sud** : les terres sont de vastes étendues caractérisées par un relief plat, le sol est dégradé et de faible profondeur aggravé par une exposition aux divers aléas climatiques de faibles pluviométries, c'est l'espace des hauts plateaux.

I.4.3. Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique couvre pratiquement toute la Wilaya ; la rareté de l'eau s'explique essentiellement par des conditions climatiques dont les précipitations sont nettement insuffisantes d'une part et le manque de moyens et d'infrastructures de récupération rationnelles et de stockage d'autre part.

Trois grands oueds sillonnent la wilaya avec des débits irréguliers vu les conditions climatiques :

- **Oued Mellegue** : d'une superficie de **1.442 Km²** avec un débit moyen de **210** million de m³/an.
- **Oued Medjerda** : d'une superficie de **1.377 Km²** avec un débit moyen de **400** million de m³/an.
- **Oued Echaref** : d'une superficie de **1.040 Km²** avec un débit moyen de **99** million de m³/an.

I.4.4. Climat :

Située sur les hauteurs de l'Atlas Tellien, la wilaya est exposée aux influences climatologiques méditerranéennes au Nord d'une part, et désertiques au Sud d'autre part.

Le climat est caractérisé par un été chaud et sec de **25** à **35°C** en juillet et août, et un hiver froid et humide de **1** à **15°C** en janvier. La moyenne des précipitations est de **650** mm/an au Nord qui sont réparties d'une manière régulière aux mois de mars, avril, et des pluies orageuses aux mois d'août et septembre. Cela entraîne de grosses quantités d'eau qui peuvent tomber en une seule journée et des quantités (indéfinies) au cours d'un mois.

Au Sud, les hautes plaines sont caractérisées par un climat continental avec une pluviométrie variant entre **350** et **600** mm/an.

Par ailleurs, on relève un certain nombre de jours de gelée blanche qui augmente du littoral vers l'intérieur. La moyenne de la gelée est de **23** jours/an au Nord et **47** jours/an au Sud.

En hiver, les vents dominants sont ceux du Nord-Ouest et de l'Ouest chargés de pluies. En automne, les vents soufflants en direction de l'intérieur ont un rôle adoucissant de la température élevée de la région. Au printemps, la direction des vents est Nord-Ouest. Le sirocco est un vent secondaire toujours régulier soufflant du Sud-Ouest pendant quelques jours au cours de certains mois dont les plus importants sont : juin, juillet, août et septembre. Il souffle environ **20** jours/an.

I.4.5. Couverture forestière :

A l'instar du pays, la wilaya de Souk-Ahras détient un patrimoine forestier très important. La superficie forestière est estimée à **97.280** hectares soit un taux de **23%** de la superficie totale de la wilaya (Fig. 04).

Les principales espèces sont le pin d'Alep, l'eucalyptus, le chêne liège, le chêne zeen et autres espèces.

Les superficies recouvertes par ces espèces se répartissent comme suit :

- Pin d'Alep avec **33.569** ha soit **34,50%** de la superficie totale de la wilaya ;
- Eucalyptus avec **29.779** ha soit **30,61%** ;
- Chêne liège avec **12.535** ha soit **12,88%** ;
- Chêne Zeen avec **4.837** ha soit **4,97%** ;
- Autres essences avec **16.560** ha soit **17,04%**.

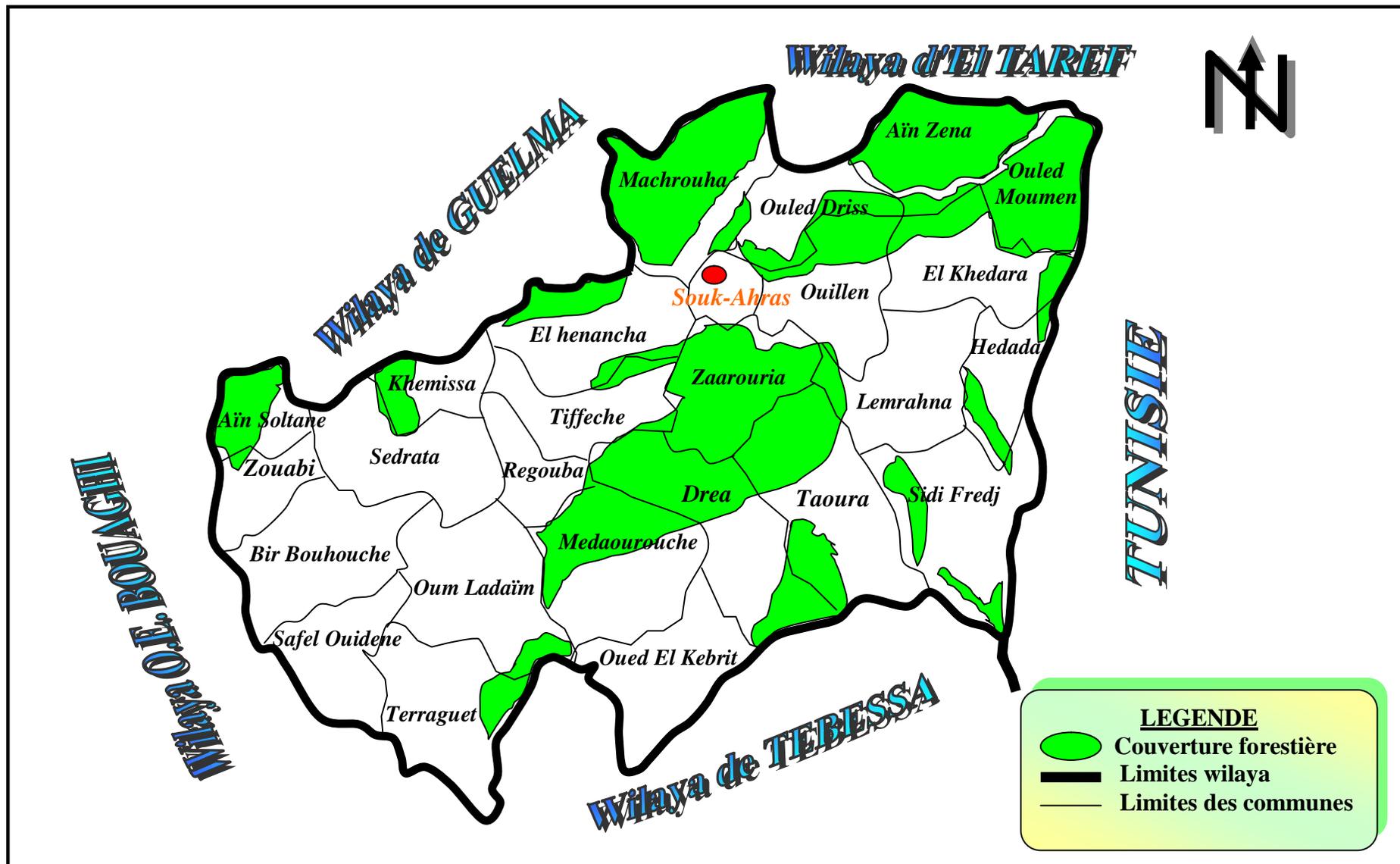


Fig. 04 : Carte de la couverture forestière de la wilaya de Souk-Ahras

I.5. Synthèse climatique :

Dans le but de visualiser davantage les caractéristiques bioclimatiques permettant de classer les différentes stations d'étude dans le contexte climatique global, le calcul d'indices climatiques est important.

I.5.1. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN :

Exprimé en courbes juxtaposées, le diagramme met en relation $T=2P$.

A partir des données concernant les précipitations mensuelles moyennes (P) ainsi que celle de températures (T) durant la période de (1978-2004) pour la wilaya de Constantine (Tableau 01), et de (1986-2004) pour les wilaya de Guelma et de Souk-Ahras (Tableaux 02, 03), nous avons réalisé le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN pour chacune des trois stations (Constantine, Guelma et Souk-Ahras) et qui nous ont permis de distinguer :

Pour la wilaya de Constantine (Fig.05) :

- Une saison sèche qui s'étend de Mai jusqu'à Septembre;
- Une saison humide qui s'étend d'Octobre jusqu'à Avril.

Tableau 01 : Températures moyennes mensuelles (°C) ; précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station de Constantine (Période 1978-2004)

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T (°C)	6,6	7,7	9,9	12,3	17	22,2	25,3	25,6	21,3	16,8	11,2	7,8
P (mm)	73,6	58,0	55,5	56,6	41,6	18,9	6,4	10,2	36,1	39,1	57,0	84,8

Source : Office National de Météorologie de Constantine

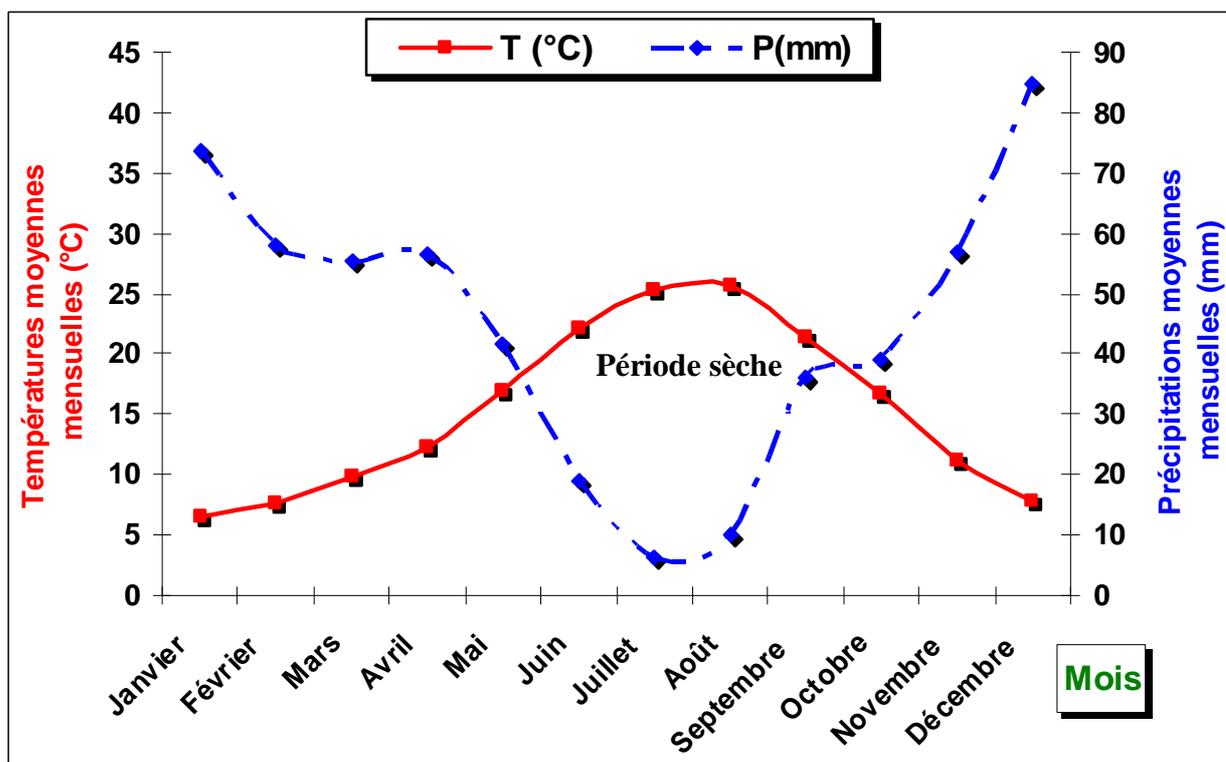


Fig. 05 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de Constantine (Période 1978-2004)

Pour la wilaya de Guelma (Fig.06):

- Une période sèche qui s'étend du mois de Mai jusqu'à pratiquement la première quinzaine du mois d'Octobre.
- Une période humide qui s'étend dès la deuxième quinzaine du mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril

Tableau 02 : Températures moyennes mensuelles (°C) ; précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station de Guelma (Période 1986-2004)

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jul.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T (°C)	9,6	10,1	12,3	14,3	18,9	23,5	26,7	27,6	23,9	19,9	14,3	10,9
P (mm)	93,3	60,8	52,6	64,6	53,4	19,6	3,5	13,6	38,9	42,2	79,5	88,3

Source : Office National de Météorologie de Constantine

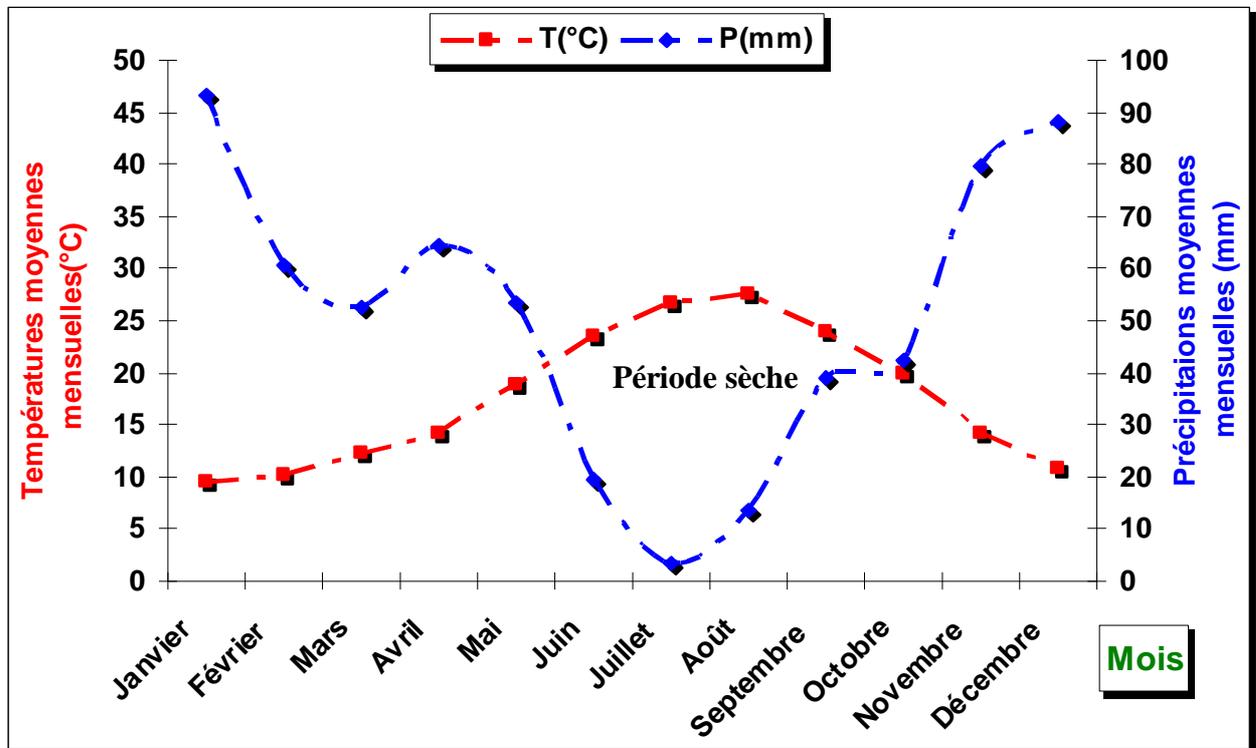


Fig. 06 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la station de Guelma (Période 1986-2004)

Pour la wilaya de Souk-Ahras (Fig.07) :

- La saison sèche s'étend de Juin à Septembre ;
- La saison humide s'étend du mois d'Octobre à Mai.

Tableau 03 : Températures moyennes mensuelles (°C) ; précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station de Souk-ahras (Période de 1986-2004)

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jul.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T (°C)	7,2	7,9	10,2	12,3	17,2	22	25,3	25,9	21,8	17,6	11,8	8,4
P (mm)	101,80	72,80	61,70	68,80	56,10	44,30	37,30	43,40	49,40	35,60	67,10	97,00

Source : Office National de Météorologie de Constantine

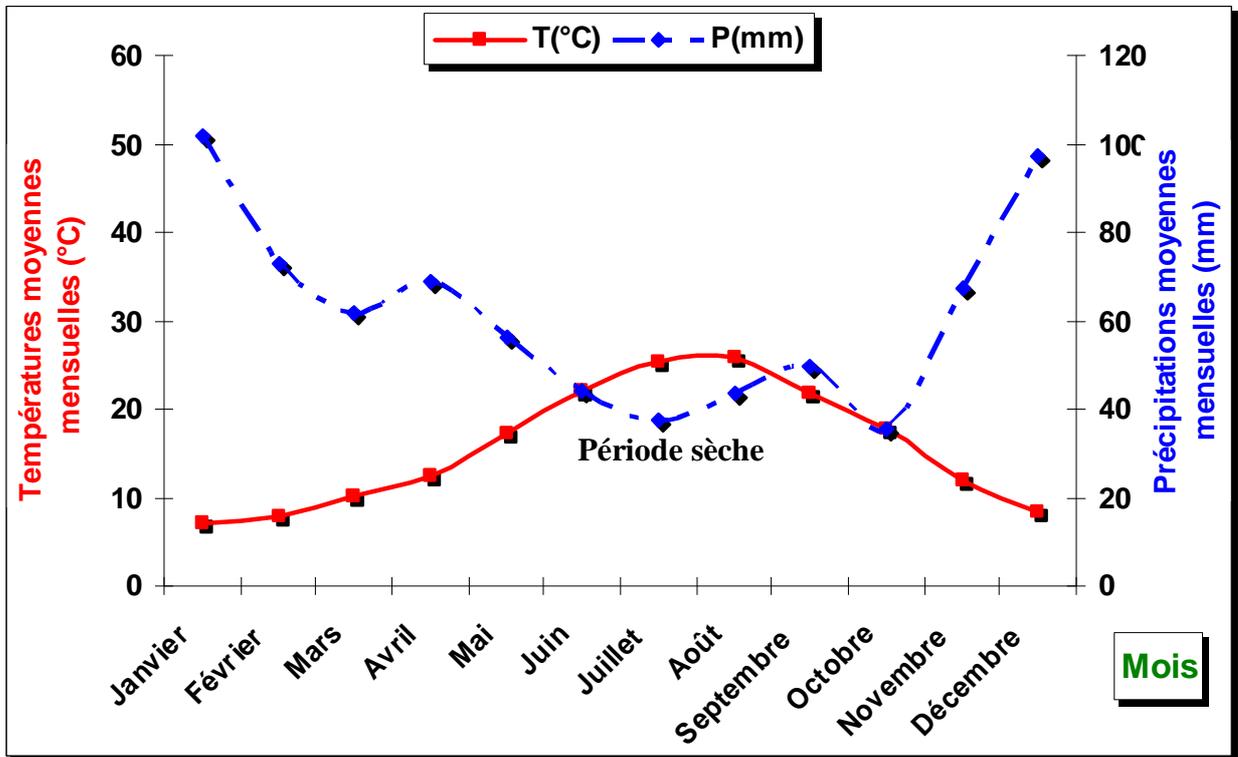


Fig. 07 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la station de Souk-Ahras (Période 1986-2004)

I.5.2. Situation des wilayas dans le climagramme d'EMBERGER :

I.5.2.1. Détermination d'étages bioclimatiques des différentes régions d'études :

Notre région d'étude se situe au Nord-Est algérien appartenant au bassin méditerranéen.

Selon QUEZEL (1978), cette région appartient au domaine méditerranéen, appelé aussi domaine méditerranéen Nord Africain.

Pour le bassin méditerranéen, à partir d'un coefficient pluvio-thermique d'EMBERGER [indice d'aridité perfectionné par la prise en compte de l'amplitude thermique annuelle]. EMBERGER a classé toutes les stations météorologiques suivant deux coordonnées : d'une part les valeurs de ce coefficient et d'autre part la moyenne des températures du mois le plus froid (EMBERGER, 1930,1955), et montre que le bassin méditerranéen dans son ensemble peut être subdivisé en cinq étages bioclimatiques : aride, semi aride, sub-humide, humide et per-humide :

- Aride (P compris entre 100 et 400 mm)

- Semi-aride (**P** entre **400** et **600** mm)
- Sub-humide (**P** entre **600** et **800** mm)
- Humide (**P** entre **800** et **1200** mm)
- Per-humide (**P** > **1200** mm) (QUEZEL, 2000).

EMBERGER a réalisé un climagramme où l'on retrouve l'ensemble de ces étages associés chacun à la température moyenne minimale du mois le plus froid et le coefficient pluvi-thermique correspondant. Ce climagramme permet de caractériser le climat d'une région et de la classer dans un étage bioclimatique.

Selon EMBERGER (1936), l'étage bioclimatique correspond à l'étage de végétation et les diverses structures de végétation qui correspondent à des critères écologiques spécifiques, notamment en fonction des étages altitudinaux de végétation et de types bioclimatiques (QUEZEL et *al.*, 1990), peuvent être représentés sur le climagramme (QUEZEL, 2000).

I.5.2.2. Calcul du quotient pluvio thermique d'EMBERGER

Le calcul du quotient pluvio thermique " Q_2 " d'EMBERGER est nécessaire pour déterminer l'étage bioclimatique de chaque région. Pour cela nous prenons en considération les paramètres ci-dessous :

P : Précipitations annuelles en mm ;

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré de Kelvin (°K) ;

m : Moyenne des minima du mois le plus froid en degré de Kelvin (°K).

La formule utilisée pour le calcul est la suivante :

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

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 04 : Données concernant le calcul du quotient pluviothermique d'EMBERGER :

Stations	M (°K)	m (°K)	P (mm)	Q2	m (°C)	Période
Constantine	314,1	275	531,5	46,15	2,0	1978-2003
Guelma	311	278	599,7	61,71	5,0	1986-2003
Souk-Ahras	314,1	274,4	724,3	62,00	1,4	1986-2003

Remarque : Nous n'avons pas pu calculer les indices climatiques pour la wilaya de Mila à cause du manque de données.

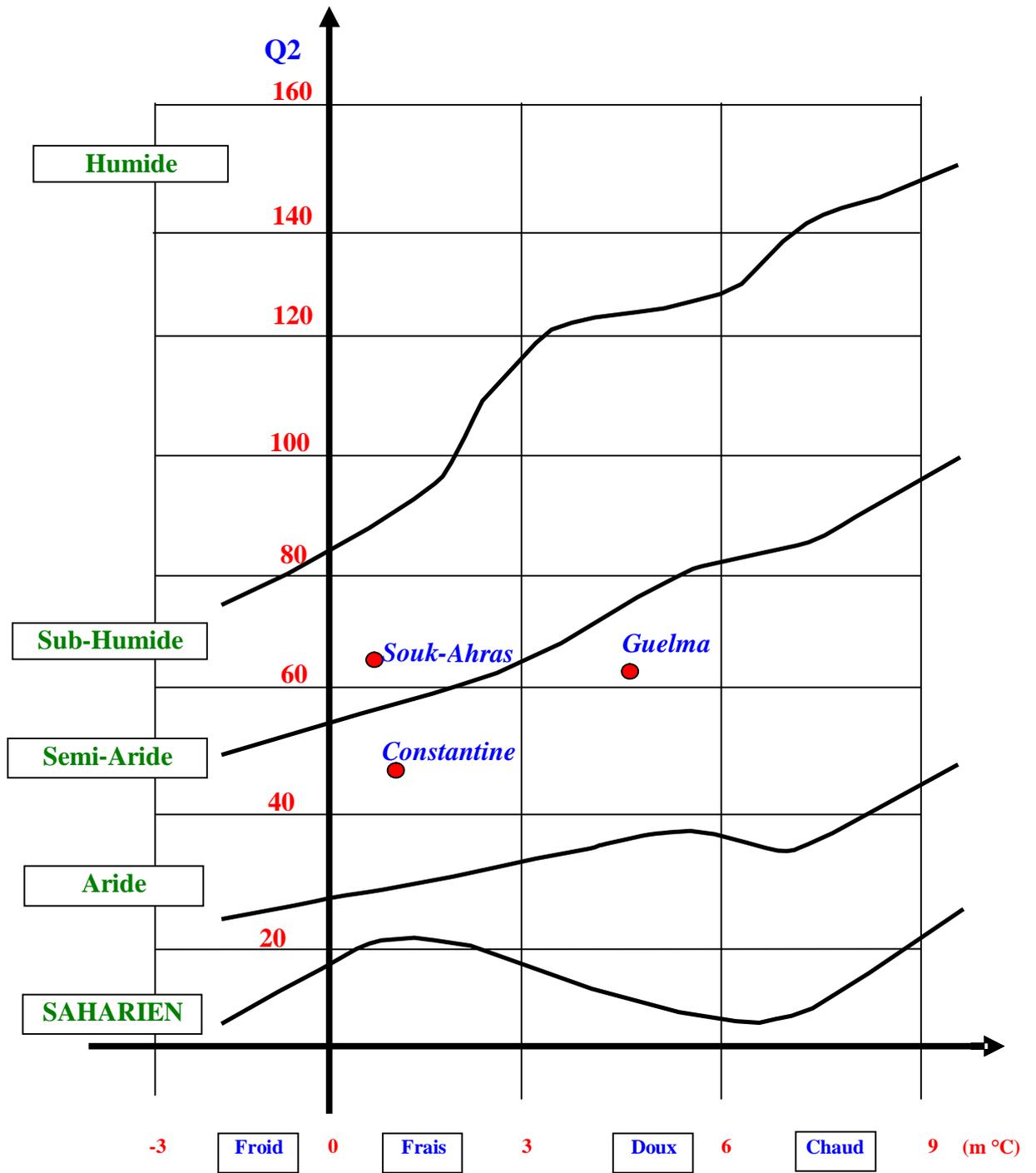


Fig. 08 : Situation des stations d'étude dans le climagramme D'EMBERGER (1955).

Chapitre II:

Notions de Pyrologie Forestière

Chapitre II : Notions de Pyrologie forestière

II.1. Définitions :

II.1.1. Pyrologie forestière :

La pyrologie forestière constitue une science dont l'objet principal est l'étude des feux de forêts et de leurs propriétés. Elle explique, entre autre chose, le phénomène de la combustion, décrit les caractéristiques propres aux incendies de forêts et étudie les facteurs qui influencent leur origine et leur développement (M.T.F., 1973).

II.1.2. Définition du feu :

Le feu est une réaction exothermique qui donne un dégagement de chaleur, de lumière et habituellement des flammes qui se produisent lorsque quelque chose brûle. Pour brûler, tout feu a besoin d'un gaz appelé oxygène. Lorsque l'herbe et le bois sont secs, la moindre étincelle peut dégénérer un incendie. C'est ainsi que chaque été d'immenses étendues de forêts sont détruites par les incendies (CHARMAN & DELCOIGNE, 1994). Ces derniers, sont le résultat de la combustion des matériaux ligneux qui composent la plus grande partie de la végétation forestière.

II.1.3. Feux de forêts :

On parle d'un incendie de forêt lorsque le feu concerne une surface minimale d'un hectare et qu'une partie au moins des étages arbustifs et / ou arborés (parties hautes) est détruites.

II. 2. La combustion :

II.2.1. Définition de la combustion :

Par combustion, on entend l'ensemble des phénomènes qui accompagnent la combinaison chimique ou l'union rapide de l'oxygène de l'air avec le carbone contenu dans les combustibles. Ces derniers sont définis comme étant des corps ayant la propriété de brûler, c'est-à-dire des substances qui peuvent être détruites par le feu comme le bois, la tourbe, le charbon, la paille, le papier, etc.

II.2.2. Les types de combustion :

On distingue en général trois types de combustions différentes :

§ La combustion des gaz : lorsqu'il s'agit lors d'un incendie que des gaz qui brûlent que ce soit des gaz de distillation provenant des corps chauffés à l'état solide ou des vapeurs de liquides inflammables. Le mélange «gaz-combustible » avec l'oxygène de l'air est inflammable à deux conditions :

- Que l'énergie d'activation soit suffisamment élevée.
- Que la concentration du mélange soit comprise entre certaines limites (ARFA, 2003).
- **La combustion des liquides** : ce cas de combustion est très rare, on le rencontre dans les cas où les liquides qui brûlent dégagent des vapeurs facilement inflammables.
- **La combustion des solides** : où on distingue trois types, dont la vitesse est déterminante :
 - **La combustion vive** : se caractérisant par un fort dégagement de lumière et de chaleur (ou énergie calorifique) où il y a émission de flammes. Un feu de champs en constitue un exemple.
 - **La combustion lente** : se distingue par une faible production de chaleur et de lumière avec absence quelque fois de flammes importantes, comme dans le cas d'un feu de charbon de bois.
 - **La combustion spontanée.**

II.2.3. Les éléments indispensables à la combustion :

Pour s'exercer, la combustion exige la présence en proportion convenable de trois éléments à savoir : des combustibles, de l'oxygène et de la chaleur. Ces trois éléments de la combustion sont réunis pour représenter schématiquement ce qu'on appelle le triangle de feu (Fig. 09). Ils sont toujours présents pour déclencher le feu et la soustraction de l'un de ces éléments entraîne l'extinction immédiate du feu. La sensibilité de la forêt au feu s'explique essentiellement par la présence dans ce milieu, d'air en abondance et des combustibles particulièrement vulnérables. Donc, avec une source de chaleur suffisante l'inflammation et la combustion peuvent se produire.

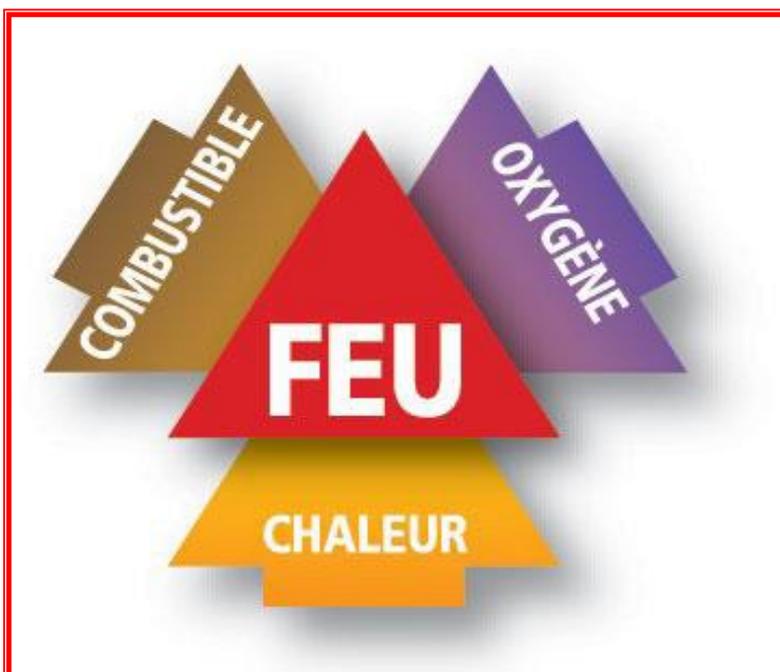


Fig. 09 : Triangle du feu

Décrivant maintenant chacun des trois éléments de la combustion et dont les caractéristiques conditionnent la violence d'un incendie.

a- Les combustibles :

Un élément combustible est un corps qui a la particularité de brûler, c'est-à-dire qui peut prendre le feu le plus facilement. Tous les éléments qui constituent la forêt à partir du sol végétal jusqu'à la cime des arbres sont des matériaux combustibles.

Généralement, c'est à la surface du sol que se trouvent les matériaux les plus inflammables tels que l'herbe, les feuilles mortes et les déchets de coupe. Il faut noter que les combustibles contiennent non seulement une composition organique mais aussi minérale.

a-1. Composition organique :

Les végétaux ligneux contiennent environ **30%** de la lignine, **50%** de cellulose, et une faible proportion de substances volatiles parfois très combustibles (huiles essentielles, terpènes, résines).

Les molécules organiques des végétaux sont celles qui subissent la pyrolyse et dont la décomposition exothermique fournit de l'énergie qui entretient la propagation du feu (FREDERIC, 1992).

a-2. La composition minérale :

Les éléments minéraux représentent environ de **1 à 4%** de la masse anhydre (matière qui reste lorsque la combustion est totale).

Plus la particule est riche en éléments minéraux, plus la chaleur de la combustion est faible.

b- L'oxygène de l'air :

L'oxygène, ce gaz incolore qui constitue approximativement **21%** du volume total des gaz de l'atmosphère, constitue un élément tellement indispensable à l'entretien d'un feu, que même le combustible le plus inflammable ne saurait brûler rapidement sans un apport suffisant. Un manque d'oxygène se traduit habituellement par une combustion lente sans formation de flammes.

c- La chaleur :

C'est la source de l'énergie nécessaire pour amorcer le phénomène de la combustion. Une fois les matériaux sont en ignition, on observe un grand dégagement de chaleur et une forte élévation de température.

II.2. 4. Les phases du processus de combustion :

L'étude attentive des phases du processus de combustion du bois, aidera à mieux comprendre ce qui se passe effectivement lorsqu'un feu est en activité.

On distingue quatre phases de combustion :

II.2.4.1. La phase de réchauffement :

C'est la première phase du processus de combustion, elle regroupe les phénomènes observés lorsque des combustibles subissent pour la première fois l'influence d'une source de chaleur intense.

On peut remarquer que les combustibles se réchauffent, se dessèchent lorsque la température atteint **25°C** environs, l'eau emprisonnée dans le bois s'évapore. Ils se distillent partiellement quand les acides, les résines et autres liquides commencent à se transformer en gaz puis finalement s'enflamment lorsque le point d'inflammation est atteint.

Le point d'inflammation est la température à laquelle les combustibles s'enflamment ou prennent feu.

II.2.4.2. La phase d'ignition :

Au cours de cette deuxième phase, la distillation des substances gazeuses se poursuit, mais elle s'accompagne maintenant de leur combustion ou oxydation.

La formation de flammes jaunes rouges au dessus des combustibles provient de la combustion des gaz distillés. Cette réaction produit également de la vapeur d'eau ainsi que de l'oxyde de carbone (CO₂).

Le point de passage entre la première phase et la deuxième phase se fait au moment de l'ignition de ces gaz.

Lorsque la combustion est incomplète, certaines substances distillées se condensent sans avoir été brûlées et demeurent en suspension au dessus du feu : particules solides et fines gouttelettes. Ce phénomène de condensation est à l'origine de la fumée qui se dégage de la plupart des feux. Dans certaines conditions, la présence de vapeur d'eau donne à la fumée une couleur blanchâtre.

II.2.4.3. La phase de carbonisation :

C'est la phase où l'on observe la fumée résultante de l'émission des substances gazeuses et volatiles par la décomposition des substances ligneuses.

Cette phase est dite d'extension.

II.2.4.4. La phase de combustion totale :

A cette dernière phase du processus de combustion, on voit brûler les résidus du carbone ou charbon de bois produit lors de la troisième phase. Il ne reste sous forme de cendre qu'une petite quantité de matériaux non combustibles.

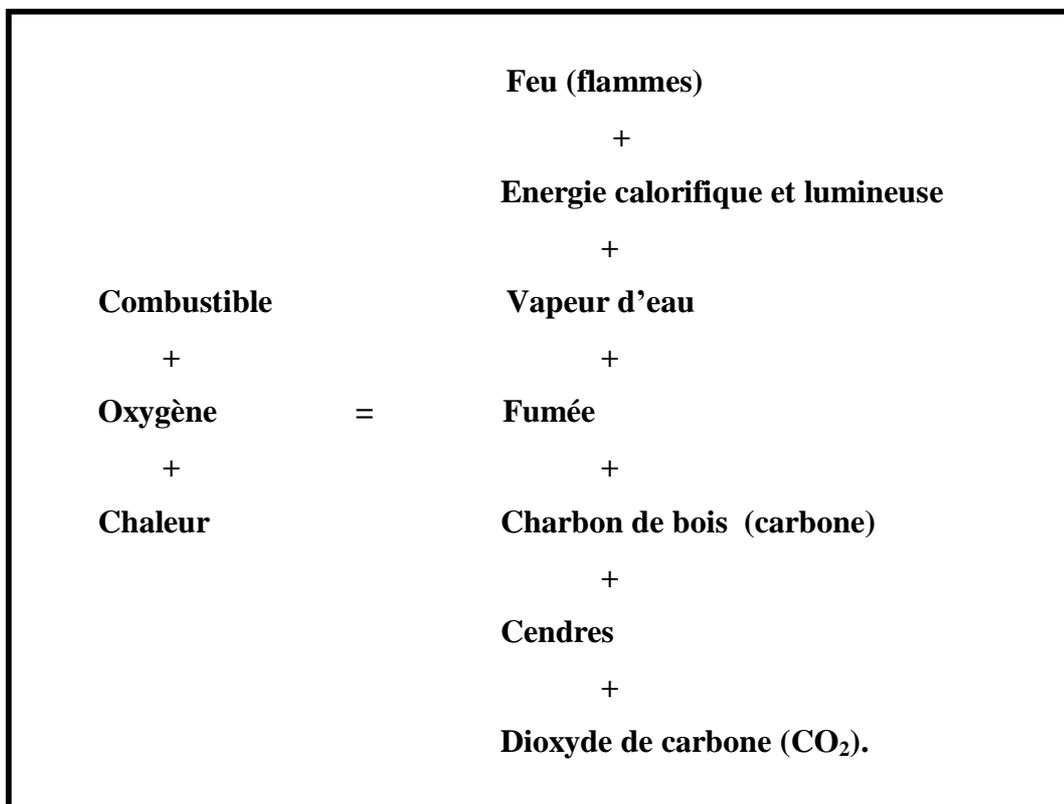
Si la réaction est complète, le principal produit de cette phase est le dioxyde de carbone et aucun dégagement d'eau n'est observé car ce dernier phénomène se produit essentiellement lors des phases précédentes de la combustion. Du monoxyde de carbone (CO) se forme également comme produit intermédiaire, mais il brûle aussi à son tour à l'état gazeux pour former du dioxyde de carbone (CO₂). Les petites flammes bleuâtres qui apparaissent à la surface des combustibles en ignition témoignent de cette deuxième oxydation.

Même si les trois phases du processus de combustion chevauchent l'une sur l'autre, elles peuvent être facilement observées dans un feu de forêt en progression.

On aperçoit d'abord la zone où les feuilles et les herbes se tordent et se dessèchent au fur et à mesure qu'elles sont préchauffées par le feu ; ensuite apparaît la zone de flammes formées par les gaz en combustion. Finalement, lorsque les flammes ont disparu, on distingue moins nettement une dernière zone, soit celle où brûle le charbon de bois. Par contre si les combustibles forestiers sont très humides, cette dernière zone pourrait ne pas exister.

La surface brûlée présenterait alors une teinte noire plutôt que grisâtre due au fait que la majorité des matériaux à l'état de charbon ainsi que ceux couvrant le sol n'auraient pas complètement brûlé.

De façon schématique, le processus de combustion peut se résumer par l'équation suivante :



II.3. Modes de propagation de la combustion :

Il est important de connaître les moyens par lesquels se propage la combustion, car ils expliquent dans une large mesure le développement des incendies forestiers. En général, la combustion peut se propager de deux façons différentes : par transmission de chaleur ou bien par déplacement des substances en combustion.

II.3.1. La propagation par transmission de chaleur :

La chaleur émise par un corps en combustion se transmet de trois façons, à savoir par convection, par radiation et par conduction. La combustion ne peut se poursuivre s'il n'y a pas transport de chaleur par l'un ou l'autre de ces moyens.

II.3.1.1. Mode de propagation par convection :

La propagation de chaleur par convection est réalisée sous forme d'une masse d'air chaud qui tend à monter verticalement à cause de son poids plus léger que l'air frais. L'air réchauffé par le feu s'élève et est remplacé par l'air froid environnant. On assiste alors à la création d'une colonne de convection au dessus du feu où s'accumule la plus grande chaleur dégagée par la combustion.

La chaleur propagée par convection constitue avec le vent le principal mode de diffusion des feux de cimes. En effet, dans son ascension, la chaleur dessèche et réchauffe les combustibles placés sur son passage et les enflamme si elle est suffisamment intense.

La propagation de chaleur par convection est souvent affectée par le vent qui dévie la colonne de convection. Ainsi, lorsque le feu remonte une pente forte ou lorsqu'un vent violent maintient cette colonne près du sol, elle contribue à dessécher la végétation parfois assez loin en avant du feu et accélère ainsi sa propagation. Cette colonne de convection transporte des matières en ignition, des brandons (ex. rameaux feuillés de l'année), qui peuvent retomber plusieurs centaines de mètres en avant du feu et donner l'impression que celui-ci saute.

II.3.1.2. Par radiation ou par rayonnement :

La chaleur transmise par radiation se propage sous forme d'énergie rayonnante, c'est à dire radialement en ligne droite et dans toutes les directions sans l'aide d'un moyen matériel. Celle-ci augmente rapidement avec la température de l'objet en ignition.

Le rayonnement est extrêmement intense à proximité immédiate du feu. A une distance égale à cinq ou dix fois la hauteur des flammes, il n'est plus intense.

Les matériaux situés au voisinage du foyer d'un incendie reçoivent donc moins de chaleur que les combustibles placés à un pied du brasier.

A part les matériaux situés au-dessus du foyer et qui subissent l'influence de la colonne verticale de l'air chaud, seuls les combustibles placés suffisamment près du feu peuvent ainsi être chauffés jusqu'à leur point d'inflammation et brûler.

La quantité de chaleur dégagée par un incendie peut parfois être tellement considérable que la chaleur rayonnante suffit à elle seule à augmenter au point d'inflammation la température des combustibles séparés du feu par la largeur d'un sentier ou d'un chemin forestier.

La chaleur transmise par radiation commence toujours par dessécher les combustibles avant de les faire enflammer. La chaleur alors dégagée est d'autant plus intense que la combustion se fait plus rapidement.

C'est surtout le rayonnement à courte distance qui cause le dessèchement et l'élévation de la température du combustible en avant du front de feu et assure la progression de celui-ci à une vitesse qui reste toujours faible en l'absence du vent.

II.3.1.3. Par conduction :

Ce troisième mode de transmission de l'énergie calorifique se caractérise par la propagation du feu à travers les combustibles eux-mêmes.

Comme les matériaux forestiers sont de mauvais conducteurs de chaleur, la propagation du feu s'effectue lentement en général par conduction. Les effets de la combustion sont alors moins visibles et les personnes chargées de combattre un incendie risquent d'éprouver une fausse sécurité à cause de l'absence de flammes.

L'exemple des feux de profondeur démontre bien que la lutte contre les feux qui se propagent par conduction cause de nombreuses difficultés.

II.3.2. La propagation par déplacement des substances en combustion :

Le déplacement des matériaux en combustion peut s'effectuer de différentes manières selon la nature du matériel ou de la substance.

II.3.2.1. Par les gaz :

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

II.3.2.2. Par les liquides :

Le transfert le plus direct est de plus en plus limité, les cuvettes de rétention permettent d'éviter ce problème.

II.3.2.3. Par les solides :

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

II.4. Conditions de propagation des incendies de forêts :

Le comportement ou la propagation d'un incendie est régi par un certain nombre de facteurs dont les influences s'opposent ou s'additionnent. Parmi ces facteurs on note : les combustibles, les éléments atmosphériques, la topographie et les saisons.

II.4.1. Les combustibles :

Les combustibles constituent l'un des éléments nécessaires à la propagation d'un incendie. Ces matériaux interviennent par leur nature, leur grosseur, leur disposition, leur quantité, leur distribution ainsi que leur teneur en humidité.

Toutes les composantes du milieu forestier depuis l'humus, la végétation herbacée et les arbustes jusqu'aux arbres les plus grands, sont autant de combustibles inflammables en puissance qui conditionnent le développement d'un feu de forêt.

II.4.1.1. La nature des combustibles :

On distingue trois types de combustibles au point de vue de leur combustibilité : les combustibles critiques, les matières à combustion lente et les matériaux verts.

- **Les combustibles critiques** : ce sont les matériaux qui dans des conditions normales, sont susceptibles de s'enflammer facilement et de brûler rapidement. Ce sont principalement les feuilles mortes, les aiguilles, les brindilles, les écorces et l'herbe sèche qui jonchent la surface du sol.

Ces matières s'assèchent très vite et forment un milieu idéal pour la naissance d'un feu de forêt. Elles brûlent rapidement et dégagent par conséquent beaucoup de chaleur (M.T.F., 1973).

- **Les matières à combustion lente** : regroupent les autres corps ligneux morts qui ne peuvent pas brûler rapidement à cause de leur structure, de leur dimension, de leur disposition et de leur exposition.

Elles peuvent comprendre : l'humus, les branches, les souches, etc. Elles brûlent lentement et sont rarement consumées en entier par le feu mais conservent longtemps la chaleur.

- **Les matériaux verts** : ils désignent les matières ligneuses vivantes. Ils regroupent les arbres, le sous-bois, la végétation herbacée, etc. Ces matériaux sont normalement humides et considérés comme non inflammables. Ils retardent souvent l'incendie au lieu de le propager.

Mais quand ils sont desséchés par un brasier intense, les combustibles verts brûlent alors rapidement et avec violence.

II.4.1.2. La grosseur des combustibles :

La grosseur des combustibles affecte grandement l'intensité de la combustion. Si les combustibles sont gros, la surface exposée à la chaleur pour une même quantité de matériaux est moindre que s'ils étaient petits.

Plus la surface exposée à la chaleur est grande, plus l'humidité s'évapore rapidement, donc les petits combustibles s'enflamment et brûlent plus rapidement. La quantité de chaleur développée est plus élevée et le feu se propage plus vite.

II.4.1.3. La disposition des combustibles :

La répartition des combustibles influence le taux d'évaporation de l'humidité qu'ils contiennent ainsi que la morphologie et la vitesse de propagation des incendies. Il faut tenir compte de la disposition horizontale et la disposition verticale.

- **La disposition horizontale des combustibles** influe sur les taux de progression et sur l'intensité du feu.

Les combustibles épars brûlent lentement puisque la chaleur se communique difficilement d'un morceau à l'autre. Par contre si les combustibles sont rapprochés, ils brûlent avec une grande intensité et la chaleur dégagée accélère le taux de progression de l'incendie.

- **La disposition verticale** affecte également le taux de progression du feu et détermine même la nature de l'incendie.

Si les combustibles sont distribués de façon continue à partir du sol jusqu'à la tête des arbres, il y a risque très élevé de voir se développer un feu de cimes. La densité et la continuité des peuplements en futaies constituent avec le vent les deux principaux facteurs qui conditionnent le maintien d'un feu de cimes.

Lorsqu'il existe une séparation assez marquée entre les combustibles de surface et la tête des arbres, la possibilité de développement d'un feu de cimes est réduite.

II.4.1.4. La quantité de combustibles :

Quand la quantité des combustibles est grande, l'intensité de la chaleur dégagée par un foyer d'incendie est plus élevée et un feu est toujours plus difficile à contrôler quand la quantité des combustibles est grande.

II.4.1.5. La distribution de combustibles :

La distribution des combustibles réfère à la répartition sur le territoire des différentes

essences forestières, ainsi qu'à celle des barrières naturelles ou artificielles qui peuvent constituer un obstacle à la propagation d'un incendie.

Suivant les saisons, le feu se propage plus rapidement dans certaines essences que dans d'autres. Par exemple, après un développement complet des feuilles, un peuplement de feuilles peut constituer un obstacle naturel pour contrôler un incendie. Par contre au printemps ou à l'automne, ce même peuplement peut aider à la propagation de l'incendie puisqu'il y a accumulation au sol de feuilles mortes.

D'autre part, un peuplement de résineux peut constituer une barrière naturelle durant les premiers jours après une précipitation importante ; mais en période de sécheresse, il constitue un champ de progression.

II.4.1.6. La teneur en humidité :

La quantité d'humidité contenue dans les combustibles joue un rôle important dans le comportement d'un incendie parce que ceux-ci ne peuvent s'enflammer tant qu'ils ne sont pas secs. L'humidité contenue dans les combustibles forestiers provient du sol, de la pluie ou bien de l'atmosphère.

Plus un matériau est humide, plus grande est la quantité de chaleur requise pour évaporer l'eau qu'il renferme et le chauffer jusqu'à son point d'inflammation. Et là, il faut donc rappeler qu'il faut tenir compte de la siccité du combustible. En effet, une diminution de celle-ci engendre toujours une activité moins sévère du feu.

On comprend donc mieux pourquoi les matériaux humides sont difficiles à allumer, brûlent lentement et dégagent relativement peu de chaleur.

II.4.1.7. La siccité du combustible :

Dans nos régions méditerranéennes, l'accroissement de la température s'accompagne souvent d'une baisse notable de l'humidité de l'air ambiant en période estivale. Le combustible végétal mort que constitue la litière est directement concerné par ce phénomène. Le risque de feu de végétation est donc grandissant au cours de la période estivale.

En effet, la température étant élevée et l'humidité de l'air étant faible, la siccité de la litière va alors être à son maximum, ce qui favorisera l'éclosion puis la propagation au cours de juillet et août. Ces facteurs favorables à l'éclosion et à la propagation du feu (température élevée, faible humidité de l'air, vent souvent violent) s'allient en été aux caractéristiques de la topographie accidentée de la zone méditerranéenne pour accélérer la propagation du feu et rendre encore plus difficiles les interventions des équipes de lutte (FREDERIC, 1992).

II.4.2. Les facteurs atmosphériques :

Les facteurs atmosphériques qui influencent le comportement des incendies sont à savoir : les précipitations, l'humidité relative de l'atmosphère, la température et le vent.

Ces facteurs sont susceptibles à un point quelconque de modifier le comportement des incendies.

II.4.2.1. Les précipitations :

Les précipitations exercent un effet direct sur la teneur en humidité des combustibles. Elles constituent par cela une aide précieuse pour l'extinction des incendies puisqu'elles font disparaître les dangers du feu, en plus de refroidir et d'humidifier les corps en ignition.

II.4.2.2. L'humidité relative :

Les modifications que connaît la teneur en humidité relative, exercent des effets importants sur les matériaux combustibles. Si le contenu de l'air en humidité est élevé, les combustibles s'humidifient et deviennent difficilement inflammables. Par contre, si l'air est sec, le taux d'évaporation de l'humidité des combustibles sera plus élevé ce qui augmentera l'inflammabilité de la forêt.

L'état hydrique des formations végétales qui constituent le couvert végétal, en relation avec le niveau des réserves en eau des sols, est évidemment le premier facteur de risque pour les incendies de forêts sous l'angle de l'influence des facteurs climatiques (SEGUIN, 1990).

II.4.2.3. Le vent :

Le vent est sûrement le facteur atmosphérique le plus affectant d'un incendie de forêt. Ses effets sont très variés selon trois facteurs : la vitesse, la circulation et l'orientation.

Si la circulation est continue, l'évaporation de l'humidité des combustibles est accélérée et ceci augmentera les risques de prendre le feu.

De plus, le vent alimente le feu en oxygène puisque ce dernier est un élément indispensable à la combustion.

L'air se renouvelle en même temps que se produit la combustion mais de façon plus ou moins rapide. Le vent transporte même à distance des étincelles et des corps enflammés, accélérant ainsi la propagation de l'incendie (sautes de feu).

Si la vitesse du vent est accélérée, la vitesse de propagation du feu est accélérée à son tour. Si le vent souffle fort, la colonne de convection peut être déviée et agit sur les combustibles placés en avant du feu en les desséchant et les chauffant.

Par son orientation, le vent peut être à l'origine de la direction générale du feu. Il fait incliner la flamme, ce qui va modifier les caractéristiques du front : si le vent pousse le front de

feu, les flammes vont être penchées vers l'avant. Par conséquent, elles vont chauffer plus efficacement le combustible en avant du front et la progression du feu sera plus rapide.

Si le vent freine le front du feu, les flammes vont être penchées en arrière et par conséquent elles vont chauffer le combustible déjà brûlé situé à l'arrière du front, la combustion à l'avant du front sera alors beaucoup moins active et la vitesse de propagation s'en trouvera diminuée (FREDERIC, 1992).

Par ailleurs, il est important de connaître les caractéristiques des vents dominants d'une région forestière car le vent peut dans certaines circonstances être un auxiliaire précieux en dirigeant le feu vers une barrière naturelle ou artificielle qui peut arrêter la propagation du feu.

II.4.2.4. La température :

La température de l'air varie tout au long de la journée en fonction de l'intensité de l'insolation. Elle exerce un effet soit indirect en dominant l'humidité relative de l'atmosphère et par conséquent en dominant celle des combustibles, soit direct par le réchauffement ou le refroidissement des matériaux.

Autrement, plus la température ambiante est élevée, plus la température du combustible végétal mort ou vivant l'est, et moins la chaleur nécessaire à son inflammation est importante (TRABAUD, 1989).

II.4.2.5. Action de la température, Vent et humidité :

L'action combinée du vent, de l'humidité relative et de la température sur les combustibles forestiers s'exerce par ailleurs de façon cyclique au cours d'une journée. Durant la nuit, une température plus basse, un niveau d'humidité plus élevé et des vents plus faibles ou nuls contribuent à ralentir la propagation d'un incendie.

Au contraire, durant le jour des conditions inverses de vents, d'humidité et de température accélèrent le dessèchement des combustibles et activent la combustion.

La variation des conditions de température, d'humidité relative et de vents au cours d'une même journée est connue sous l'expression de cycle journalier de brûlage (Fig. 10). Ce cycle distingue quatre périodes au cours de la journée à partir des critères météorologiques :

A. De 08^h 00 à 13^h 00 ; intensité croissante :

Cette période est marquée par l'intensification de la combustion et par le développement des conditions atmosphériques favorables à la propagation de l'incendie.

B. De 13^h 00 à 18^h 00 ; intensité maximale :

Durant cette période, l'influence des facteurs atmosphériques est à son maximum et la lutte contre l'incendie est difficile à mener.

C. De 18^h 00 à 04^h 00 ; intensité décroissante :

Au cours de cette période, les combustibles absorbent l'humidité de l'atmosphère et les conditions favorables à la lutte contre l'incendie s'intensifient.

D. De 04^h 00 à 08^h 00 ; l'intensité est minimale :

Durant cette période, le développement de l'incendie est très faible et un travail efficace d'extinction peut être accompli avec moins d'effort.

La connaissance du cycle de brûlage est essentielle pour planifier convenablement les opérations de lutte contre les incendies forestiers. Ainsi, le feu doit être maîtrisé avant la période d'intensité maximale du lendemain ; soit avant 13 heures.

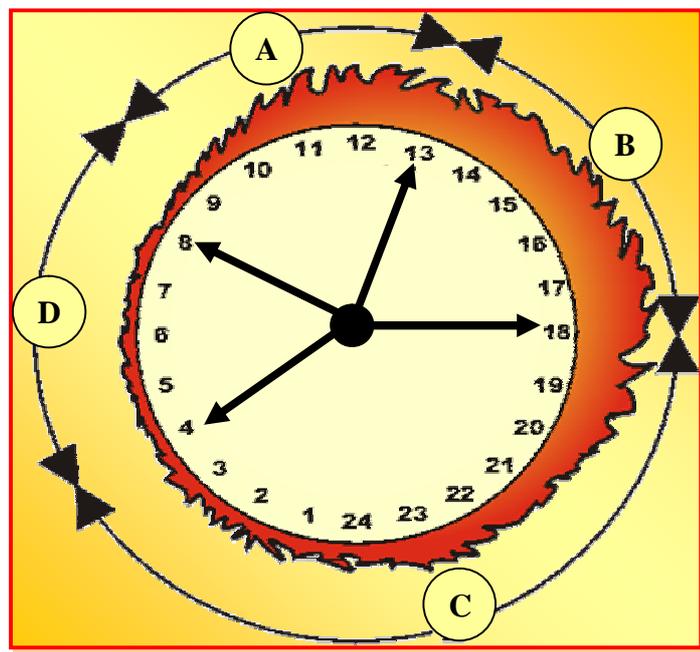


Fig. 10 : Cycle journalier d'un feu de forêt

II.4.3. La topographie :

La topographie joue elle aussi un rôle de premier plan dans le comportement des feux de forêts en influençant la morphologie et la vitesse de propagation des incendies.

En général, l'influence de la topographie varie suivant l'inclinaison des pentes, leur exposition et aussi selon l'élévation du terrain. Contrairement aux agents atmosphériques, la topographie est un facteur constant dont il est possible de déterminer et surtout de prévoir l'influence.

II.4.3.1. L'inclinaison de la pente :

L'inclinaison des pentes agit sur la colonne de convection. Plus la pente est abrupte, plus la colonne de convection 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 donc se propage plus vite et brûle avec plus de violence vers le haut des pentes abruptes que sur les terrains plats.

Aussi, quand la pente est très escarpée, les particules incandescentes peuvent basculer vers le bas et entraîner de nouveaux incendies.

Dans le cas des feux descendants, la position des flammes par rapport au support est comparable à celle qu'elle occupe lorsque le vent freine la progression du front de feu (FREDERIC, 1992).

Dans les autres cas des pentes en général, la vitesse de propagation s'accroît quand la pente s'accroît et les feux brûlent plus rapidement dans les pentes accentuées.

II.4.3.2. Effet combiné de la pente et du vent :

L'effet de la pente peut être comparé à celui du vent. De plus, l'angle d'inclinaison du front de flammes par rapport au sol, détermine pour une charge donnée une grande partie de la puissance du feu (FREDERIC, 1992).

En pente donc, le vent va compléter ou réduire l'effet de la pente selon qu'il souffle dans le même sens que se propage le feu ou dans le sens inverse (DELAVEAUD, 1981).

Le feu est alors dit ascendant (Fig.11) lorsqu'il brûle d'autant plus rapidement que la pente est forte, car l'efficacité des transferts thermiques par rayonnement et convection est accrue.

Dans le cas contraire : le feu est descendant (Fig.12) lorsque sa vitesse est considérablement ralentie. Mais le risque qu'il saute d'une pente à l'autre est très important ; on parle alors de « saute de feu ».

II.4.3.3. Exposition des pentes :

L'exposition des matériaux combustibles aux vents et au soleil accélère grandement leur vitesse de dessèchement. On a constaté que le feu prend naissance et se propage plus vite sur les expositions Sud-Ouest qu'il ne le fait sur les terrains exposés au Nord ou à l'Est.

Notons aussi que l'intensité du rayonnement solaire dépend pour sa part de l'angle d'horaire du soleil, de sa déclinaison, de la latitude, de l'inclinaison de la pente, de la nébulosité et de la densité du couvert des arbres de la forêt.

Donc, la durée de l'insolation joue aussi un rôle important dans la propagation des feux de forêts au cours de la journée (M.T.F., 1973).

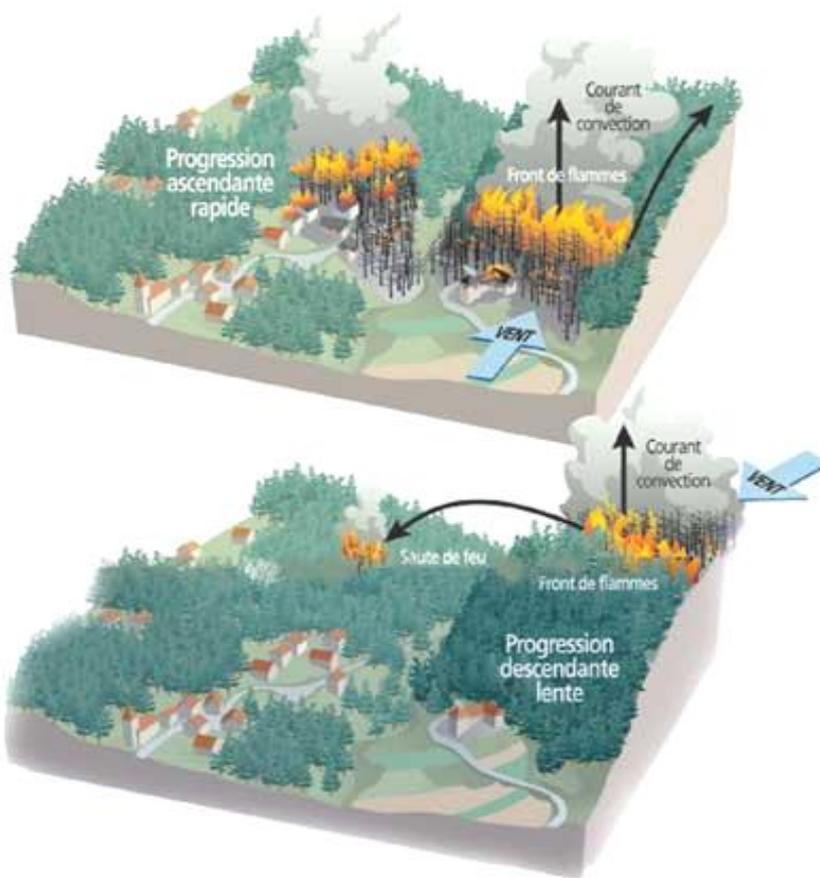


Fig. 11 : Feu ascendant

Fig. 12 : Feu descendant

II.4.3.4. Elévation du terrain :

L'élévation du terrain influe sur la composition de la végétation, sa teneur en humidité et son exposition aux vents. Plus le terrain est élevé, plus les combustibles sont exposés au soleil et aux vents intenses, donc plus ils sont secs et les feux brûlent alors plus rapidement.

II.4.4. Les saisons :

Le comportement des incendies forestiers varie considérablement tout au long de l'année suivant les caractéristiques de chaque saison.

D'une saison à une autre, on peut observer une certaine modification des conditions générales des combustibles et aussi de l'ensemble des facteurs atmosphériques.

- Au printemps, la végétation et la feuillaison ne sont pas encore bien développées, les combustibles qui sont à la surface du sol sont à peu près desséchés, au contraire de ceux qui sont en profondeur peuvent être encore saturés en eau. Donc, le printemps constitue une période propice au développement des feux de surface.

- En automne, la chute des feuilles constitue un facteur favorable au développement des feux de surface.

- En été, on assiste généralement aux différentes catégories des feux de forêts. Il constitue la période la plus favorable aux incendies de forêts qui interviennent avec violence.

II.5. Formes et parties d'un feu de forêt :

Il est important de connaître les formes et les parties d'un feu de forêt. Ceci permettra d'étudier et de bien déterminer les moyens de lutte contre les incendies de forêts.

II.5.1. Formes des feux de forêts :

La forme d'un feu de forêt varie en fonction de la direction et de l'intensité du vent, de la topographie et de la nature des combustibles.

Sur un terrain plat, par temps calme et dans un peuplement homogène, le feu prend une forme **circulaire** (Fig. 13 a) et progresse dans toutes les directions.

Dans les mêmes conditions de terrain et de végétation mais subissant l'action du vent, le feu prend la forme d'**une ellipse allongée** (Fig. 13 b) mais progresse dans la direction contraire d'où souffle le vent.

Le feu prend une forme **irrégulière** (Fig. 13 c) en montagne et dans les pentes.

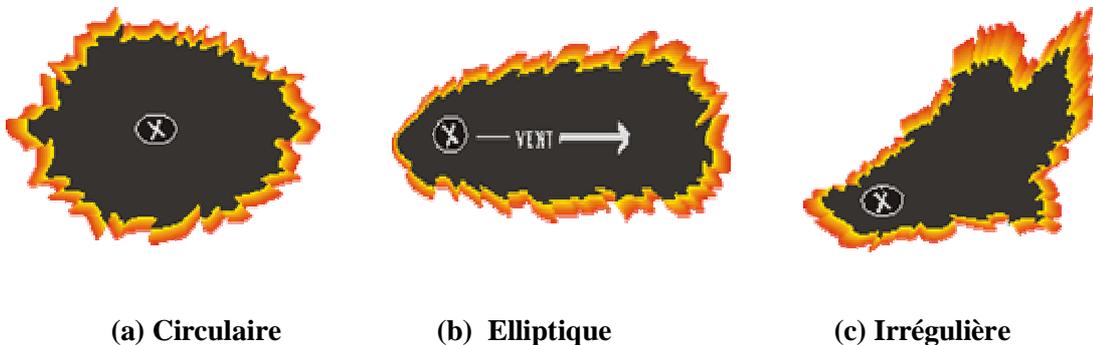


Fig. 13 : Les formes des feux de forêts

II.5.2. Différentes parties d'un feu de forêt :

Il est nécessaire de savoir et d'identifier chacune des parties d'un feu de forêt (Fig. 14) qui sont les suivantes :

- **Bordure d'un feu** : elle désigne la ligne normalement irrégulière et jusqu'où le feu a brûlé à un moment donné.
- **Périmètre d'un feu** : il identifie la longueur de la bordure du feu.
- **Foyer** : masse de matière en complète ignition où se propage l'incendie.
- **Fumée** : située sur la bordure du feu ou à l'intérieur de celle-ci. Ce terme est utilisé pour désigner tout foyer qui n'a pas été éteint et qui produit de la fumée.

- **Tête** : partie de la bordure d'un incendie où la vitesse de propagation est la plus grande. La tête ou front est toujours située du côté opposé à la direction d'où souffle le vent.
- **Arrière** : partie de la bordure d'un incendie qui est exposée au côté où la propagation du feu est la plus rapide. Le feu s'y développe lentement et avec plus d'intensité.
- **Flancs** : parties de la bordure d'un incendie situées entre la tête et l'arrière. On les appelle aussi côtés de l'incendie. On regarde vers la tête de l'incendie, on peut distinguer le flanc gauche et le flanc droit.
- **Doigts** : parties de la bordure de l'incendie qui se développent en langues de feu longues et étroites, s'avancant en saillie du corps principal.
- **Baies** : parties de la bordure d'un incendie qui se développent plus lentement à cause de la présence de combustibles ou de pentes défavorables.
- **Feu disséminé** : feu allumé à l'extrémité de la bordure du foyer principal d'un incendie par des étincelles ou tisons transportés par le vent ou les courants d'air.

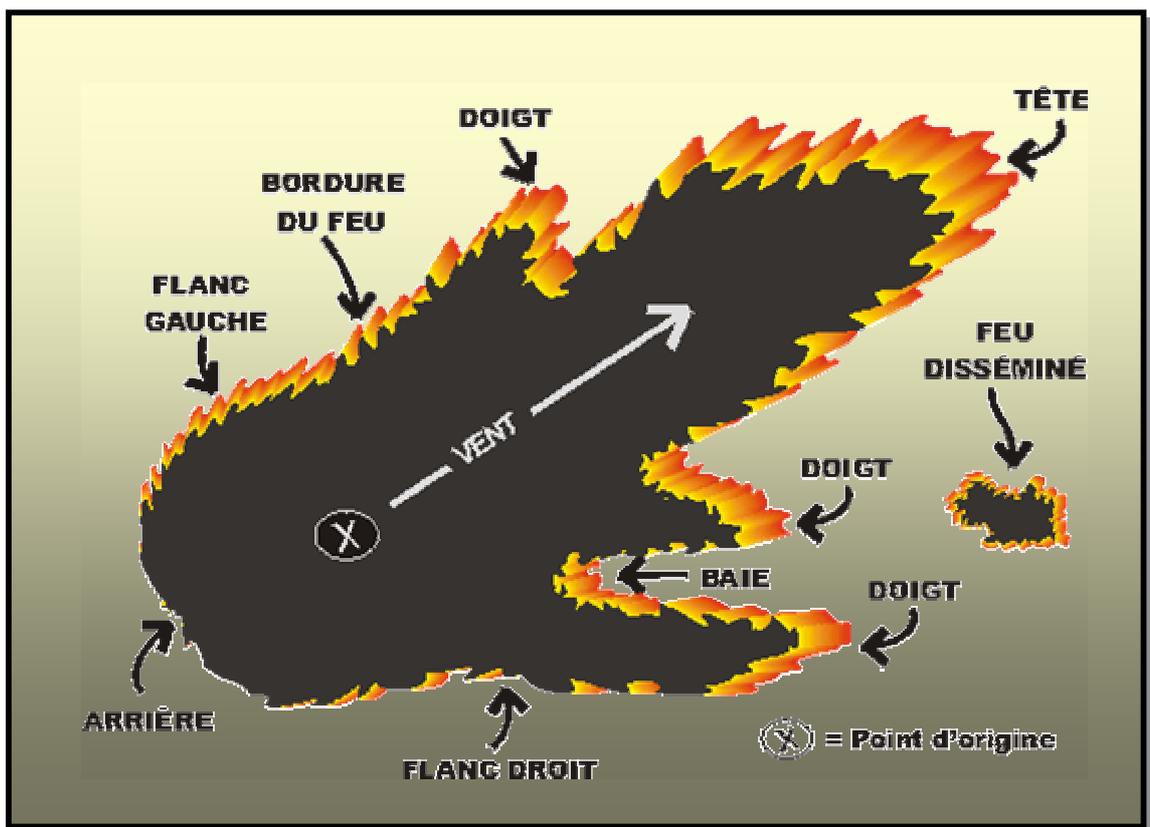


Fig. 14 : Différentes parties d'un feu de forêt

II.6. Catégories des feux de forêts :

Il existe trois catégories d'incendies de forêts : feux de surface qui sont les plus courants ; feux de cimes et feux de profondeur. Ces divers types de feux peuvent se combiner et apparaître simultanément.

Ils sont définis par la combinaison d'un certain nombre de facteurs qui conditionnent leur comportement.

Essayons maintenant de connaître les caractéristiques de chaque catégorie de feu :

II.6.1. Feux de surface :

Les feux de surface sont les plus courants et presque tous les incendies de forêts débutent ainsi. Les feux d'herbes et de déchets de coupe en constituent deux exemples typiques.

Les feux de surface (Photo 01) se propagent généralement par radiation. Ils brûlent principalement la litière de la forêt composée de combustibles généralement très inflammables, la végétation herbacée, les arbustes et les broussailles ainsi que les débris éparpillés sur le parterre de la forêt. La majorité des feux de forêts causés par l'homme se déclarent à la surface du sol.

Un feu de surface peut aussi enflammer la cime des arbres en montant de branche en branche (Photo 02).



Photo 01 : Feu de surface (Réserve naturelle de Beni Salah, Guelma)



Photo 02 : Un feu de surface montant de branche en branche (Réserve naturelle de Beni Salah, Guelma)

II.6.2. Feux de cimes :

Les feux de cimes sont les feux localisés dans le faite des arbres où ils brûlent les feuilles, les aiguilles et certaines branches (Photo 03). Ils se développent d'une cime à l'autre, ou encore à partir de la surface du sol forestier lorsque la chaleur développée par le foyer est suffisamment intense et qu'elle vient en contact avec la cime des arbres.



Photo 03 : Feu de cimes

Les feux de cimes comptent parmi les feux de forêts qui progressent rapidement notamment dans les conditions les plus favorables de vent, de pentes et de continuité des combustibles.

On reconnaît **deux types particuliers de feux de cimes** :

Les feux de cimes dépendants, comme leur nom l'indique, lorsqu'ils dépendent d'un feu de surface et leur maintien dans la cime des arbres dépend également de la chaleur dégagée par ce feu de surface.

Dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsque le feu de cimes se propage indépendamment du feu de surface, on l'appelle **roulant**. Ceci se développe généralement dans la cime des arbres et sous l'action d'un vent intense.

II.6.3. Feux de profondeur ou feux de sol :

Les feux de profondeur brûlent sous la surface du sol et se développent à la suite d'un feu de surface. Ils sont rencontrés le plus souvent en période de sécheresse et après le développement de la végétation.

Les feux de profondeur (Photo 04) prennent naissance sur les matières organiques peu décomposées, sur la tourbe et l'humus qui ces derniers ne laissent pas l'air circuler. C'est pourquoi, ils se propagent lentement en raison du manque d'oxygène et de la transmission de la chaleur par conduction. Ils peuvent couvrir longtemps sous la surface du sol à l'abri des précipitations.

Les feux de profondeur sont très dangereux car il est possible qu'ils subsistent sans observer aucun dégagement de flammes et de fumée.

Il arrive que deux ou trois types de feux se manifestent en même temps.



Photo 04 : Feu de sol (Réserve naturelle de Beni Salah, Guelma)

II.7. Mécanisme du feu de forêt :

On a précédemment illustré que le feu de forêt pour apparaître et se propager, a besoin de trois éléments :

- Un combustible qui est la végétation forestière ;
- Un comburant qui peut être l'oxygène de l'air ;
- Un flux de chaleur pour porter le combustible à une température initiale suffisamment élevée.

Et on a expliqué les différents modes de propagation de la combustion et du développement des incendies. Maintenant parlant des mécanismes physiques de base expliquant la propagation des feux de forêts et de quelques notions importantes qui les caractérisent.

II.7.1. Description du milieu combustible :

La végétation forestière constitue l'élément essentiel du combustible. Elle se répartit en quatre strates (Fig.15):

- **La litière (1)** : souvent peu épaisse et discontinue. En région méditerranéenne, la litière est très inflammable. Elle est à l'origine d'un grand nombre de départs de feux.
- **La strate herbacée (2)** : ce sont les herbes qui sont souvent très inflammables.
- **Les ligneux bas (3)** : qui sont abondants en région méditerranéenne où ils constituent l'essentiel du maquis et de la garrigue. Ils sont d'inflammabilité moyenne mais transmettent rapidement le feu aux strates supérieures.
- **Les ligneux hauts (4)** : représentés essentiellement par grands arbres forestiers. Ils sont rarement à l'origine d'un feu. Cette strate permet la propagation des feux lorsqu'elle est atteinte.



- (1) : Litière
- (2) : Strate herbacée
- (3) : Strate arbustive (ligneux bas)
- (4) : Strate arborée (ligneux hauts)

Fig. 15: Différentes strates de la végétation

D'un point de vue physique, la végétation est vue comme un ensemble de particules solides réparties dans l'air ambiant. Les particules peuvent être classées en familles regroupant chacune des particules dont les propriétés physiques et chimiques sont similaires et donc peuvent présenter un comportement au feu également similaire.

La connaissance de la physique du combustible est importante car elle permet de déterminer comment le feu se propage et par conséquent établir des règles d'entretien de la végétation contre le feu.

Plusieurs paramètres sont importants à savoir la taille caractéristique (diamètre, épaisseur), densité du matériau, teneur en eau, division du combustible, etc.

La taille caractéristique de la particule par exemple permet d'estimer la surface qu'elle expose à l'air ambiant par unité de volume. Plus une particule est d'épaisseur ou diamètre faible, plus cette surface exposée par unité de volume de matière est élevée.

Ce paramètre appelé rapport surface volume de la particule est essentiel puisque tous les échanges en les particules et les gaz, mécanismes essentiels de la propagation du feu lui sont proportionnels (DUPUY, 2000), et donc on attachera beaucoup d'importance aux particules les plus fines puisqu'elle sont susceptibles de libérer beaucoup d'énergie thermique.

La densité des particules définie comme étant la masse de celles-ci présentes dans un volume unitaire à un point quelconque de la strate, constitue également un paramètre contrôlant la propagation de l'incendie.

On en déduit alors : connaissant la densité de la particule, le taux de présence volumique de chaque famille en chaque point de l'espace à nouveau, tous les échanges entre particules et gaz seront proportionnels à ce taux (DUPUY, 2000).

II.7.2. Importance de la teneur en eau du combustible :

La teneur en eau de la litière et des végétaux morts dépend uniquement des phénomènes physiques, échanges par capillarité avec le sol et équilibre de la vapeur d'eau dans l'atmosphère. En revanche, et pour assurer une bonne combustion, le combustible doit avoir perdu son eau complètement par évaporation puis avoir émis par pyrolyse des gaz inflammables. Or, la quantité de chaleur consommée par l'évaporation est très importante. Les végétaux riches en eau sont donc peu inflammables et peu combustibles.

II.7.3. La division du combustible :

Plus le combustible est finement divisé, plus sa surface de contact avec l'air est importante, le mélange combustible comburant plus intime devient donc plus inflammable. Les litières foisonnantes ou les herbes sèches brûlent beaucoup mieux que les litières très denses

et les plantes à feuilles très fines et nombreuses brûlent mieux que les plantes à grosses feuilles coriaces (M.T.F., 1973).

II.7.4. La propagation du feu :

Le schéma le plus général de propagation d'un incendie de forêt est le suivant : le feu commence à se développer au niveau de la litière, en restant très modéré et facile à éteindre, il prend de l'ampleur lorsqu'il atteint la strate des broussailles (Fig.16). La hauteur des flammes atteignant **1,5 à 3** fois la hauteur de la strate en combustion, le feu sera d'autant plus violent que la broussaille sera plus haute et plus dense. Le feu peut atteindre les cimes des ligneux hauts et les embraser si la broussaille est suffisamment dense ou si des branches basses des lichens ou des écoulements 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 embraser directement les cimes des arbres situés plus haut et le feu peut progresser de cime en cime. Egalement, la masse des houppiers denses d'un peuplement de pin pignon encombrée d'aiguilles sèches, peut se comporter comme une sorte de tapis de broussailles suspendu.

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 ».



Fig.16 : Propagation du feu dans les différentes strates de végétation

II.7.4.1. Description des mécanismes de propagation :

On considère un feu se propageant principalement dans la direction x à travers une strate de végétation.

Pour décrire les mécanismes de base, on peut "suivre" l'évolution d'un petit volume contenant du combustible au fur et à mesure qu'on l'approche du foyer, puis dans le foyer, et enfin derrière le foyer.

Loin en avant du foyer, le combustible reçoit de l'énergie par rayonnement, donc s'échauffe. Etant plus chaud que l'air ambiant, il perd une partie de cette énergie vers le milieu ambiant par convection et par rayonnement. Parvenu à une température de **100°C**, l'eau (libre) s'est complètement évaporée. Le combustible continue d'être échauffé. Au voisinage du front de feu, le combustible reçoit de l'énergie par rayonnement et aussi par des phénomènes convectifs complexes (gaz chauds issus du foyer). Sa température croit alors brutalement et lorsqu'elle dépasse environ **300°C**, une dégradation très rapide du matériau solide a lieu : c'est la pyrolyse qui libère des gaz combustibles. Ces gaz combustibles, en contact avec l'oxygène, sont alors enflammés par la moindre étincelle, et les réactions chimiques de combustion libèrent de l'énergie en quantité considérable qui permet d'entretenir l'ensemble du processus de propagation (transferts thermiques vers le combustible imbrûlé). La pyrolyse se poursuit au sein du foyer, une partie du matériau solide reste à l'état solide : ce sont les résidus charbonneux.

En arrière du front, là où l'oxygène est suffisamment présent, la combustion de ces résidus charbonneux a lieu (braises). Enfin, le matériau restant évolue vers l'état de cendre.

L'énergie libérée par la combustion des produits de pyrolyse provoque un réchauffement important du mélange gazeux dans le foyer (plus de **1000°C** juste au-dessus du foyer). Ces gaz se dilatent donc considérablement et leur densité devenant très inférieure à la densité de l'air ambiant, ils sont mis en mouvement par les forces de flottabilité (équivalent de la poussée d'Archimède). Ces gaz chauds ont donc un mouvement ascendant. Cette mise en mouvement s'accompagne d'une "aspiration" d'air "frais" dans le plan horizontal, notamment en avant du front de flamme qui conduit au refroidissement progressif des gaz chauds au fur et à mesure qu'ils s'élèvent. Cet apport d'air frais constitue surtout un apport d'oxygène indispensable à la combustion au sein du foyer. De plus, cette situation où les gaz chauds sont produits en dessous de l'air ambiant frais crée des instabilités dans les écoulements d'air et de gaz (les gaz frais descendent tandis que les gaz chauds montent). Ces écoulements deviennent turbulents à partir d'une certaine hauteur au-dessus du sol.

Ce qu'on dénomme couramment la flamme, est en fait la partie visible de ces gaz chauds. Suite à la pyrolyse, des particules très fines et très riches en carbone (suies) se forment dans le milieu gazeux. Ces particules qui sont à une température de l'ordre de celle des gaz, émettent une grande quantité d'énergie radiative et rayonnent dans un spectre qui va jusqu'aux longueurs d'onde du visible. Ces particules contribuent fortement au rayonnement de la flamme (DUPUY, 2000).

II.7.4.2. Les jeux du vent et du relief et le mécanisme de propagation :

En végétation homogène, en absence du vent et sur un terrain plat, le feu développe un front circulaire dont le rayon croît lentement à **100** mètres à l'heure environ.

S'il y a du vent, la forme du feu s'allonge en ellipse d'autant plus que le vent est fort.

Par fort vent, le feu prend la forme d'une poire qui s'avance rapidement (**1,5** à **3** Km/h sont des vitesses rarement dépassées).

En pratique, la végétation n'est jamais homogène et le vent jamais constant. Ainsi, le front de feu avance en général de manière saccadée : il a alternance de phases dites d'accalmie pendant lesquelles le feu progresse peu mais dessèche la végétation en avant du front et des 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 terrain accidenté, il faut y avoir plusieurs pointes de feu correspondant aux courants que le relief impose au vent. Les sautes de feux accélèrent la propagation.

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

II.8. Notions d'Inflammabilité et de Combustibilité :

Ces deux notions caractérisent le risque que présente la végétation vis-à-vis du feu.

II.8.1. L'inflammabilité :

Elle qualifie la facilité avec laquelle les éléments fins d'une espèce végétale donnée prennent feu. La matière végétale est toujours combustible.

Cependant, son inflammabilité fluctue avec sa teneur en eau. Elle est définie comme le temps écoulé jusqu'à l'émission de gaz inflammables sous l'action d'un foyer de chaleur constant. De cette inflammabilité dépendent les risques d'éclosion et de rapidité de développement des feux naissants. Le suivi de ces variations journalières fournit un indicateur précieux pour déterminer le niveau de risque journalier.

L'inflammabilité d'une formation végétale est celle de l'espèce la plus inflammable si elle y est représentée en proportion suffisante.

Les peuplements où les espèces du sous étage retiennent les éléments secs tombant des arbres sont très inflammables, par exemple des chênes kermès denses sous des pins d'Alep dont ils accrochent les aiguilles mortes.

II.8.2. La combustibilité :

La combustibilité est un concept en relation avec la progression du feu dans une structure

Végétale, c'est-à-dire que le feu devient un incendie par sa propagation qui est une fonction de la combustibilité.

Au sein d'une formation forestière, l'abondance d'une espèce à faible inflammabilité aura pour conséquence de réduire la combustibilité de la formation. Au contraire, la richesse en espèces fortement inflammables confère à la formation une plus grande combustibilité. Donc, la combustibilité d'une formation est sous la dépendance directe de l'inflammabilité des espèces, de la litière et du tapis herbacé qui assurent la continuité horizontale du combustible. Plus le couvert arboré est complet, plus longtemps est conservée l'humidité des strates basses.

Autrement, l'étude de la relation qui existe entre l'inflammabilité et la combustibilité permet de mettre en évidence des réactions spécifiques dont les différences sont susceptibles d'être prises en compte dans la gestion des peuplements forestiers méditerranéens.

La combustibilité peut être analysée par des modèles structurels, identifiables visuellement sur lesquels on peut prévoir le comportement du feu (VELEZ, 1990). Elle caractérise la puissance du feu qu'une formation végétale donnée veut alimenter. Elle dépend de la structure et des espèces dominantes de cette formation ainsi que de la saison. Dans la pratique, la combustibilité est utilisée pour évaluer le risque d'incendie.

Chapitre III :

*Bilan des incendies de forêts dans le Nord-Est algérien;
Cas des wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras*

(Période 1990-2004)

Chapitre III: Bilan des incendies de forêts dans le Nord-Est algérien

Cas des wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras

(Période 1990-2004)

III.1. Bilan des incendies de forêts en Algérie :

A l'instar de beaucoup de pays méditerranéens, l'Algérie enregistre saisonnièrement des incendies de forêts qui courent d'énormes dégâts au patrimoine forestier national déjà soumis à rude épreuve.

Ces sinistres coïncident invariablement avec l'été, saison caniculaire s'il en est, qui se distingue sous nos latitudes par une chaleur étouffante et une sécheresse prononcée qui peut se prolonger au delà du mois de septembre.

Ainsi, chaque année de grandes superficies forestières évaluées à des milliers d'hectares sont la proie des flammes, souvent par la faute de l'homme.

L'Algérie paye un lourd tribut considéré par les spécialistes comme la part du feu. Cette part, il faut le reconnaître, devient catastrophique au fil des années. **30.000** hectares au moins sont saccagés en moyenne annuellement et il est impossible de rester indifférent à cette éradication de la couverture végétale qui risque de menacer l'équilibre écologique du pays (MISSOUMI & *al.*, 2002).

III.1.1. Bilan des incendies de forêts en Algérie (Période 1980-2004) :

Sur la marge du bilan de ces 25 dernières années, nous avons enregistré une superficie parcourue par le feu de **1.009.714,42 ha**. La moyenne des superficies incendiées par année se chiffre à **40.388,58 ha**. Il faut noter que l'année 1994 est la plus affectée, la superficie parcourue par le feu est de l'ordre de **271.597,79 ha** soit **26,90%** du total de la période. Vient ensuite l'année 1983 dont la superficie parcourue par le feu est de **221.367 ha** soit un pourcentage de **21,92%**. En ce qui concerne le nombre de départs de feux, on enregistre un nombre total de **32.726** foyers d'incendies de forêts. La moyenne durant cette période y est de **1.309** foyers par an. On enregistre un maximum dans l'année 1994 qui est **2.292**. La superficie moyenne par incendie est de **30,85 ha**.

Par ailleurs, nous enregistrons une baisse dans les autres années (Tableau 05 et Fig. 17).

L'importance des incendies de forêts en Algérie trouve donc ses explications dans La nature de la végétation qui compose nos forêts, Le climat favorisé caractérisé par un été chaud et sec, un relief mouvementé et des sociétés à forte démographie et fortement rurales. Cet état est donc l'indice révélateur des grands risques.

Tableau 05 : Etat des incendies de forêts en Algérie (période 1980-2004)

Années	Nombre de foyers	Superficies brûlées (ha)	Superficies brûlées (%)
1980	730	26.944,61	2,67%
1981	1.380	21.820,47	2,16%
1982	638	9.381,77	0,93%
1983	990	221.367	21,92%
1984	562	4.731,84	0,47%
1985	747	4.668,3	0,46%
1986	1.170	21.537,75	2,13%
1987	1.321	23.298,36	2,31%
1988	1.146	27.757,82	2,75%
1989	595	3.236,66	0,32%
1990	911	28.046,53	2,78%
1991	1.189	13.176,15	1,30%
1992	2.014	25.620,03	2,54%
1993	2.322	58.680,64	5,81%
1994	2.292	271.597,79	26,90%
1995	1.274	32.157,44	3,18%
1996	737	7.301,75	0,72%
1997	1.809	17.830,71	1,77%
1998	1.826	28.576,68	2,83%
1999	2.018	37.438,53	3,71%
2000	1.910	55.781,6	5,52%
2001	1.327	14.333,38	1,42%
2002	998	11.030,46	1,09%
2003	1.233	11.722,78	1,16%
2004	1.587	31.675,37	3,14%
Totaux	32.726	1.009.714,42	100,00%

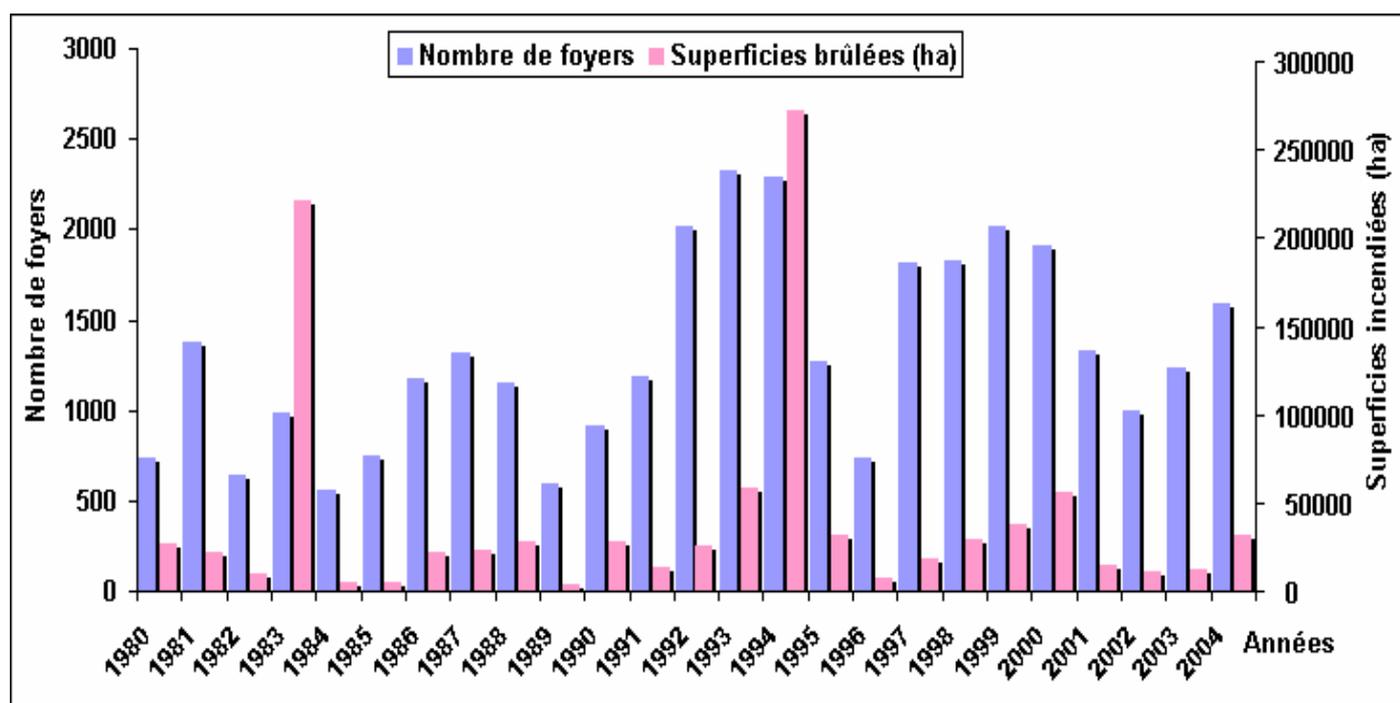


Fig. 17 : Etat des incendies de forêts en Algérie (Période 1980-2004)

III.1.2. Les formations végétales incendiées en Algérie (Période 1980-2004) :

L'examen du bilan chiffré de la période 1980-2004 fait ressortir que les plus grandes superficies parcourues par le feu sont les formations forestières. En effet, sur un total de **1.009.714,42 ha** incendié, la forêt totalise à elle seule **618.797,69 ha** soit un pourcentage de **61,29 %**. Vient ensuite la formation du maquis représentant **20,80 %** pour une superficie brûlée de **210.129,19 ha**. Les broussailles sont moyennement affectées avec une superficie de **177.092,63** soit **17,54 %**. Pour le reste des superficies incendiées, sont représentées par l'Alfa et autres essences dont les effets sont moins importants (Tableau 06 et Fig. 18).

Cette situation nous renseigne mieux sur la sensibilité de nos forêts composées d'espèces très inflammables (pin d'Alep, chêne liège, chêne vert, etc.) accompagnées d'un sous-bois souvent très dense et auquel s'ajoute une pelouse d'herbes sèche mélangée à des feuilles mortes (aiguilles de pin, etc.).

La forêt algérienne avec ses strates variables d'une région à une autre, combinée à la variabilité du climat est très exposée aux risques d'incendies. Il suffit parfois d'une moindre étincelle pour déclencher une véritable catastrophe.

Tableau 06: Répartition des superficies incendiées (ha) selon les formations végétales en Algérie (Période 1980-2004)

Formations végétales	Forêts	Maquis	Broussaille	Alfa	Autres	Total
Superficies incendiées (ha)	618.797,69	210.129,19	177.092,63	2.456,19	1.238,72	1.009.714,42
Superficies incendiées (%)	61,29%	20,80%	17,54%	0,24%	0,13%	100,00%

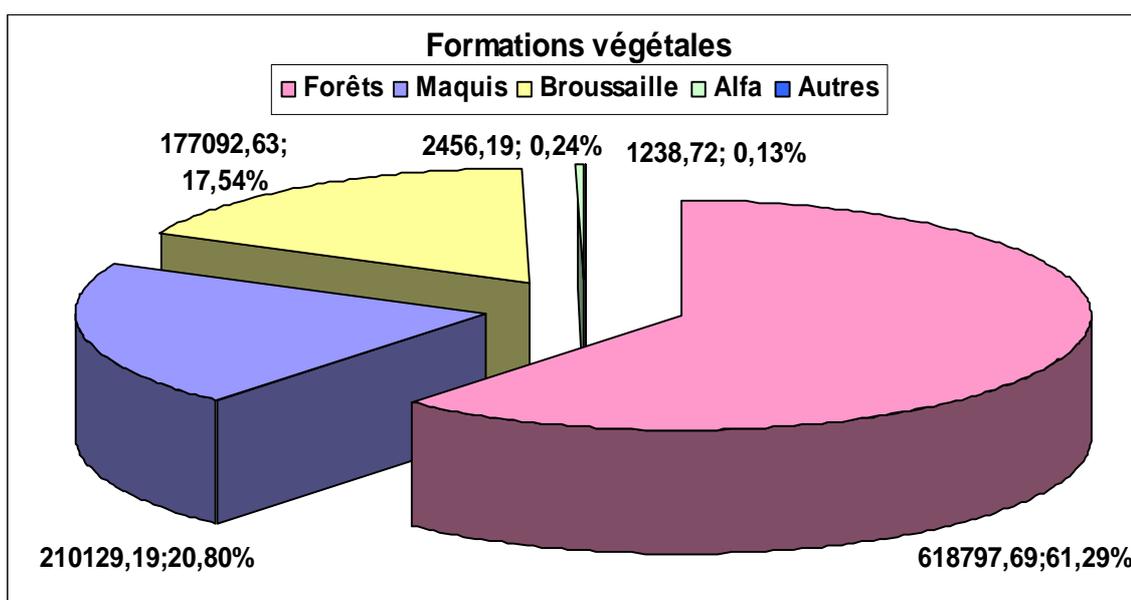


Fig. 18 : Répartition des superficies incendiées (ha) selon les formations végétales en Algérie (Période 1980-2004)

III.1.3. Répartition des incendies de forêts par catégories de causes en Algérie (Période 1990-2003) :

Le tableau et la figure suivants indiquent la répartition des incendies en fonction de quatre catégories de causes. Cette répartition laisse apparaître une nette prédominance des incendies de causes inconnues avec **16.650** foyers soit un pourcentage de **76,87%**. Les causes connues ne représentent que **5.010** foyers soit **23,13%** du total enregistré pendant cette période. Dans cette dernière fraction, on constate que **18,78%** sont attribués à des causes volontaires, **2,67%** à l'imprudence des promeneurs et des fumeurs et **1,68%** aux brûlis.

Tableau 07 : Classement des foyers d'incendies de forêts par catégories de causes en Algérie (Période 1990-2003)

Causes d'incendies	Imprudence	Brûlis	Volontaires	Inconnues	Total
Nombre de foyers	580	362	4.068	16.650	21.660
Pourcentage (%)	2,67%	1,68%	18,78%	76,87%	100,00%

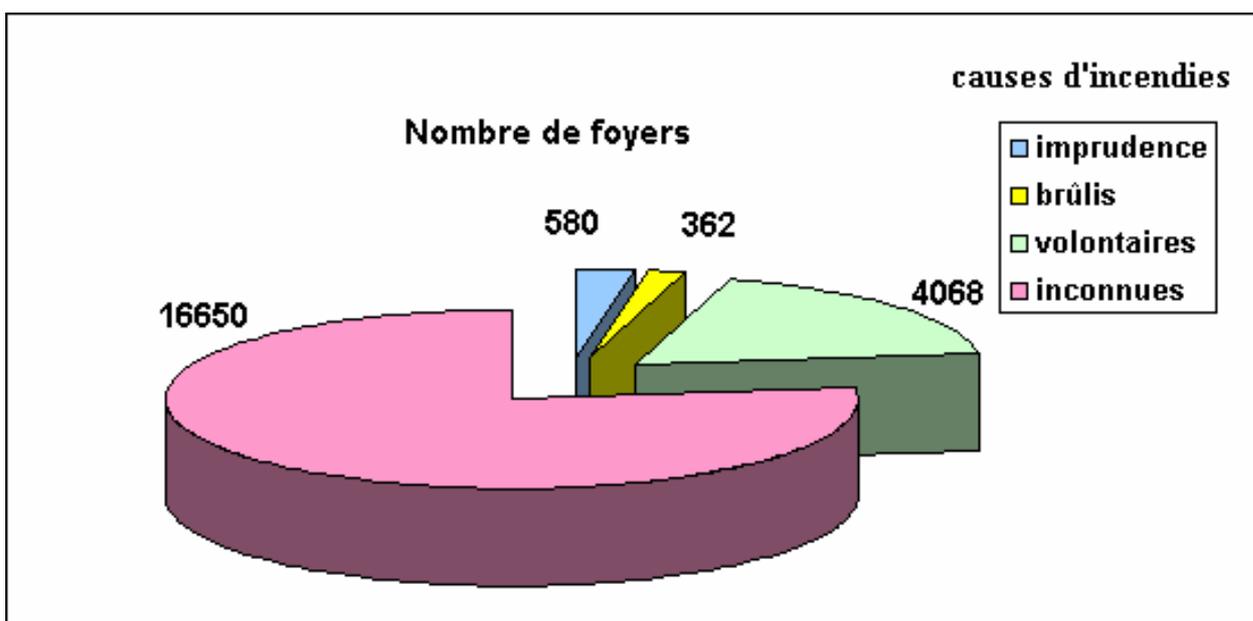


Fig. 19 : Classement des foyers d'incendies de forêts par catégories de causes en Algérie (Période 1990-2003)

Les investigations restent insuffisantes pour déterminer les véritables causes et identifier les auteurs d'incendies. Devant l'impunité, les auteurs d'incendies ont tendance à récidiver l'incinération à tout bout de champs et les mises à feu dans les formations forestières risquent de devenir une pratique courante, que ce soit par intérêt ou par plaisir.

La recherche et la constatation des délits en matière d'incendies reste le maillon faible du dispositif de lutte contre les incendies de forêts.

L'analyse statistique des causes par région tend en effet à prouver que les actions de sensibilisation ou de prévention à mener sont à définir et à moduler localement (VAN EFFENTERRE, 1990). Il est probable aussi qu'une meilleure prise en compte des différentes causes amènerait à des actions administratives ou réglementaires complémentaires aux arrêtés interdisant les activités de brûlage et des travaux forestiers en période de risque. Il serait donc indéniable quelque soit les efforts fait en matière d'équipement et de sensibilisation. Ceux-ci restent sans effets si les incendies de forêts d'origine volontaire demeurent impunis.

Alors, il appartient aux services de sécurité et au corps technique forestier de procéder à des enquêtes plus rigoureuses afin d'aboutir à des résultats plus significatifs.

On n'interdit pas la circulation des véhicules, des trains, des avions, sous prétexte que c'est extrêmement dangereux, on n'interdit pas les activités industrielles, ni les loisirs, ni les débroussaillages mécaniques et chimiques qui entraînent des blessures, voire quelques décès ; par contre, on exige plus ou moins fortement que les intéressés prennent des précautions ad hoc (CHEVROU, 1998).

III.2. Bilan des incendies de forêts dans le Nord-Est algérien ; cas des wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004) :

III.2.1. Répartition des incendies de forêts suivant les formations végétales :

Durant la période 1990-2004, nous avons enregistré une superficie totale brûlée de **62.999,11ha** pour **2.248** foyers d'incendies. La forêt est la formation végétale qui a été la plus touchée par les feux avec **35.960,93 ha** soit un taux de **57,08%** de la superficie totale incendiée durant cette période.

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).

Par ailleurs, le maquis est moyennement touché. Nous enregistrons en effet **16.918,5 ha** soit un pourcentage de **26,85 %** du total incendié puis en dernière position viennent les broussailles avec **10.119,68 ha** soit **16,07%** de la superficie globale incendiée (Tableau 08 et Fig. 20).

Tableau 08 : Les formations végétales incendiées dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004)

Formations végétales	Forêts	Maquis	Broussailles	Total
Nombre de foyers	1218	658	372	2248
Superficies incendiées (ha)	35960,93	16918,5	10119,68	62999,11
superficies incendiées (%)	57,08%	26,85%	16,07%	100,00%

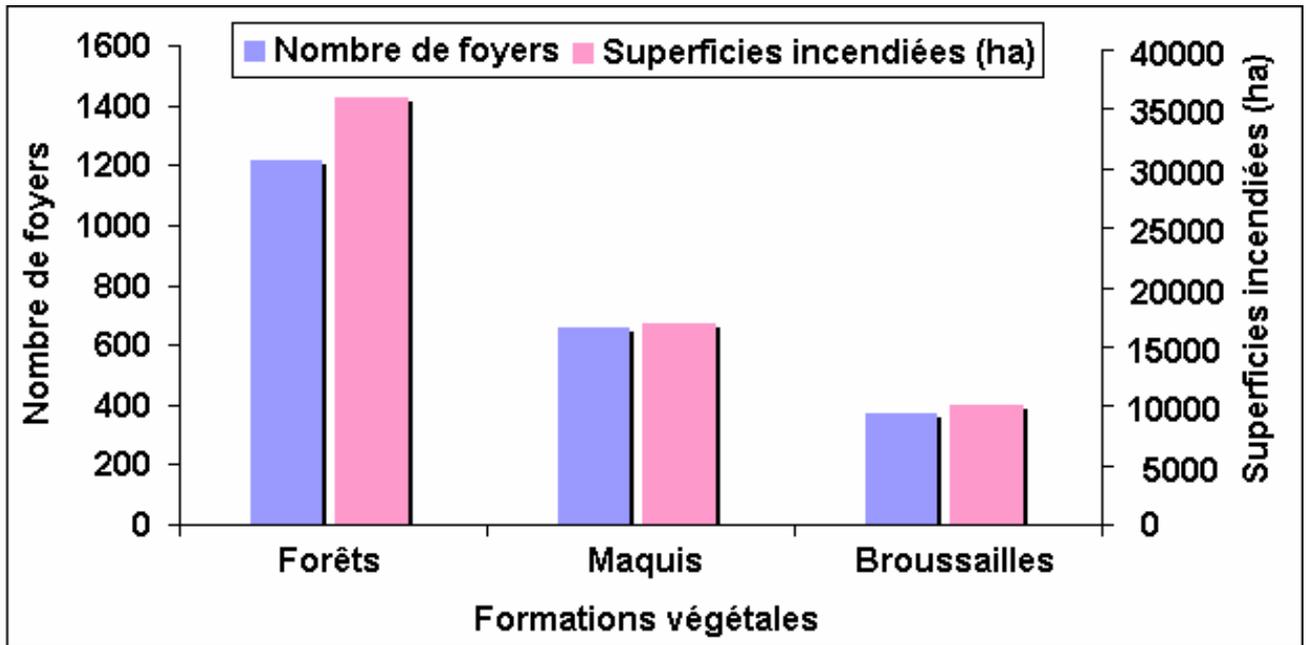


Fig. 20 : Les formations végétales incendiées dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004)

En effet, les feux de forêts sont le plus souvent le résultat de la combustion des matériaux combustibles qui composent la plus grande partie de la végétation forestière du sol jusqu'à la cime des arbres.

III.2.2. Répartition des incendies de forêts suivant les wilayas :

En examinant la situation des incendies par wilaya, on constate que les quatre wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras totalisent une superficie de **62.999,11 ha** pour **2.248** foyers d'incendies durant la période de 1990-2004.

Les wilayas de Mila et Constantine sont les moins touchées avec respectivement **2.679,95 ha** et **10.016,06 ha** représentant des pourcentages de **4,25%** et **15,91%** de la superficie totale brûlée (Tableau 09, Fig. 21).

La wilaya de Souk-Ahras est moyennement affectée en superficie avec **13.826,02 ha** soit un pourcentage de **21,94%** mais elle enregistre le plus grand nombre de foyers d'incendie (**1.202**) durant cette période.

Cependant, le phénomène atteint toute son ampleur dans la wilaya de Guelma où on enregistre **36.477,08 ha** soit **57,90%** du total de la superficie brûlée pour **722** foyers d'incendie. Cette situation trouve son explication par la formation d'une végétation très abondante suite à une importante pluviométrie en hiver et qui devient très inflammable en été.

Tableau 09 : Répartition des incendies de forêts par wilaya dans le Nord-Est algérien
(Période 1990-2004)

Wilayas	Nombre de foyers	Superficies brûlées (ha)	Superficies brûlées (%)
Mila	163	2.679,95	4,25%
Constantine	161	10.016,06	15,91%
Guelma	722	36.477,08	57,90%
Souk-Ahras	1.202	13.826,02	21,94%
Total	2.248	62.999,11	100,00%

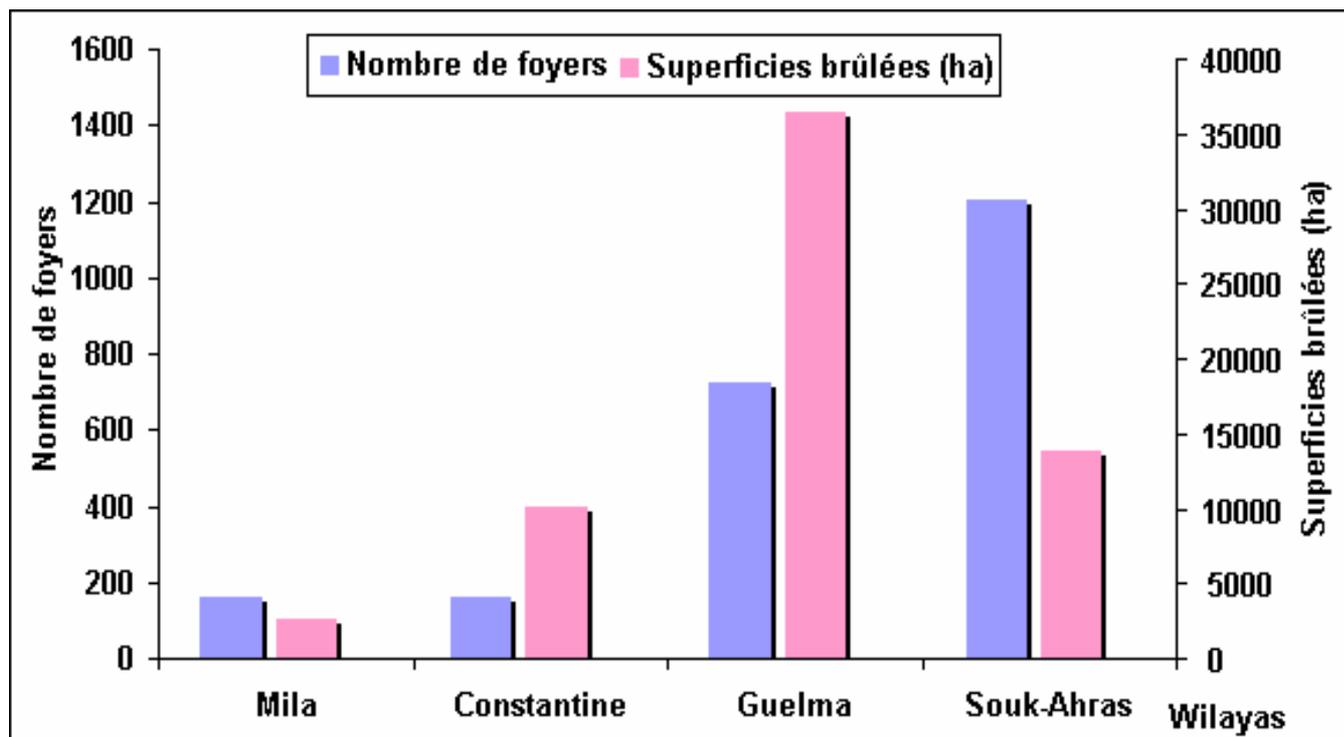


Fig. 21: Répartition des incendies de forêts par wilayas dans le Nord-Est algérien
(Période 1990-2004)

III.2.3. Répartition des incendies de forêts par essence :

Sur les **35.960,93 ha** de formations végétales forestières touchées par le feu durant la période de 1990-2004, il y a lieu de signaler particulièrement que le chêne liège demeure l'essence la plus affectée par le feu avec une superficie de **20.644,95 ha** soit un pourcentage de **32,77%** du total brûlé, puis vient le maquis avec **16.918,5 ha** soit un taux de **26,85%**, les broussailles en troisième position avec une superficie de **10.119,68 ha** soit un taux de **10,07%**.

Le pin d'Alep représente **12,85 %** soit une superficie de **8.098,51 ha** (Tableau 10 et Fig. 22). Sinon pour le reste des essences, elles sont peu touchées car les essences dominantes dans les forêts de la région d'étude sont le chêne liège et le pin d'Alep.

Tableau 10 : Les essences végétales brûlées dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004)

Essences	Chêne liège	Chêne zeen	Eucalyptus	Pin d'Alep	Cyprès	Chêne vert	Divers	Maquis	Broussailles	Total
Superficies brûlées (ha)	20644,95	3836,29	1834,77	8098,51	343,5	739,23	463,68	16918,5	10119,68	62999,11
Superficies brûlées (%)	32,77%	6,09%	2,91%	12,85%	0,55%	1,17%	0,74%	26,85%	16,07%	100,00%

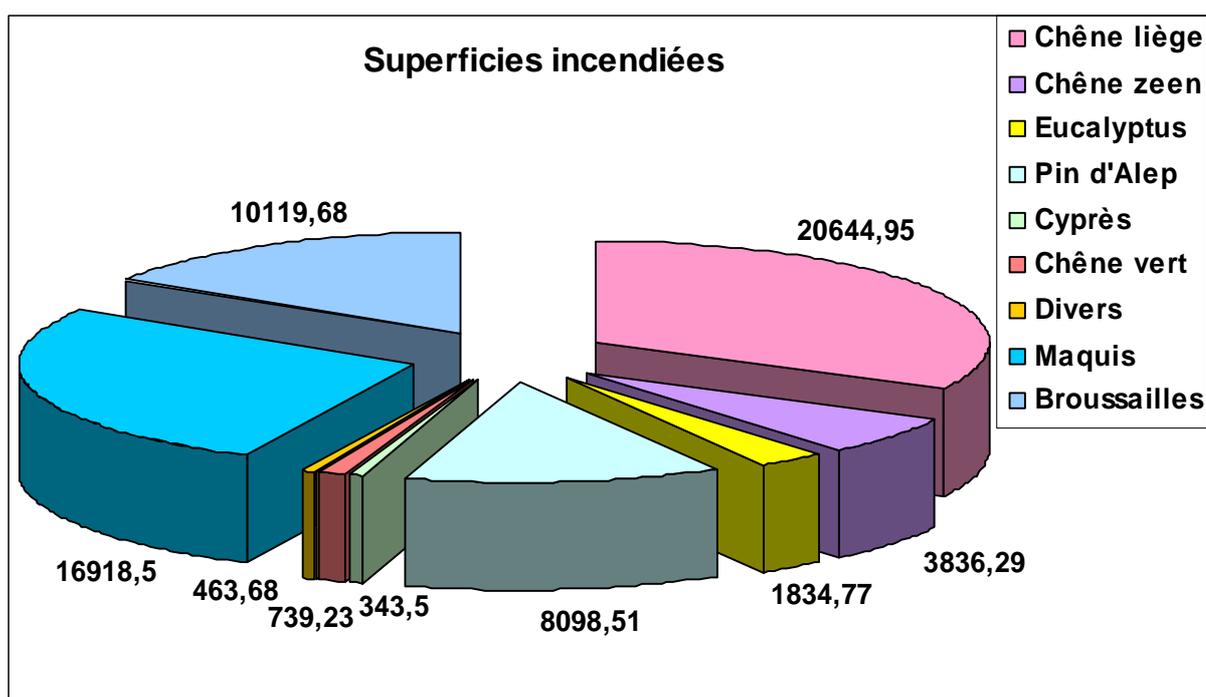


Fig. 22 : Les essences végétales brûlées dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004)

III.2.4. Répartition annuelle des incendies de forêts :

Le bilan de la période 1990-2004 fait ressortir une superficie totale parcourue par le feu de **62.999,11 ha** pour **2.248** foyers. En examinant individuellement la situation des incendies par année, on constate que le plus grand nombre de foyers d'incendies ont été enregistrés durant les trois années 1993, 1994 et 1999 avec respectivement **305**, **291** et **284** foyers d'incendies (Tableau 11). Ces derniers ont entraîné une perte fatale de la superficie du couvert végétal. En effet pour les trois années, on a enregistré **43.560,47 ha** soit **69,15%** du total brûlé. Mais l'année 1994 reste la plus dramatique, où la surface parcourue par les incendies a été de **21.541,23 ha** soit un taux de **34,19%** du total de la superficie brûlée (Fig. 23).

Par ailleurs, il faut noter que le nombre de foyers a sensiblement diminué depuis 1999 par rapport aux années précédentes avec une tendance à la baisse de la superficie parcourue par

le feu. Ce résultat positif pourrait être mis au crédit des actions de protection engagées et la présence de moyens d'intervention plus importants.

Tableau 11 : Fréquence annuelle des incendies de forêts dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004)

Années	Nombre de foyers	Superficies brûlées (ha)	Superficies brûlées (%)
1990	45	2.046,5	3,25%
1991	67	1196	1,90%
1992	159	2.863,52	4,55%
1993	305	9.024,59	14,33%
1994	291	21.541,23	34,19%
1995	213	3.108,7	4,93%
1996	100	1.508,07	2,39%
1997	201	2.059	3,27%
1998	178	2.309,7	3,67%
1999	284	12.994,65	20,62%
2000	115	1.643,77	2,61%
2001	71	619,19	0,98%
2002	87	718,93	1,14%
2003	70	498,51	0,79%
2004	62	866,75	1,38%
TOTAL	2.248	62.999,11	100,00%

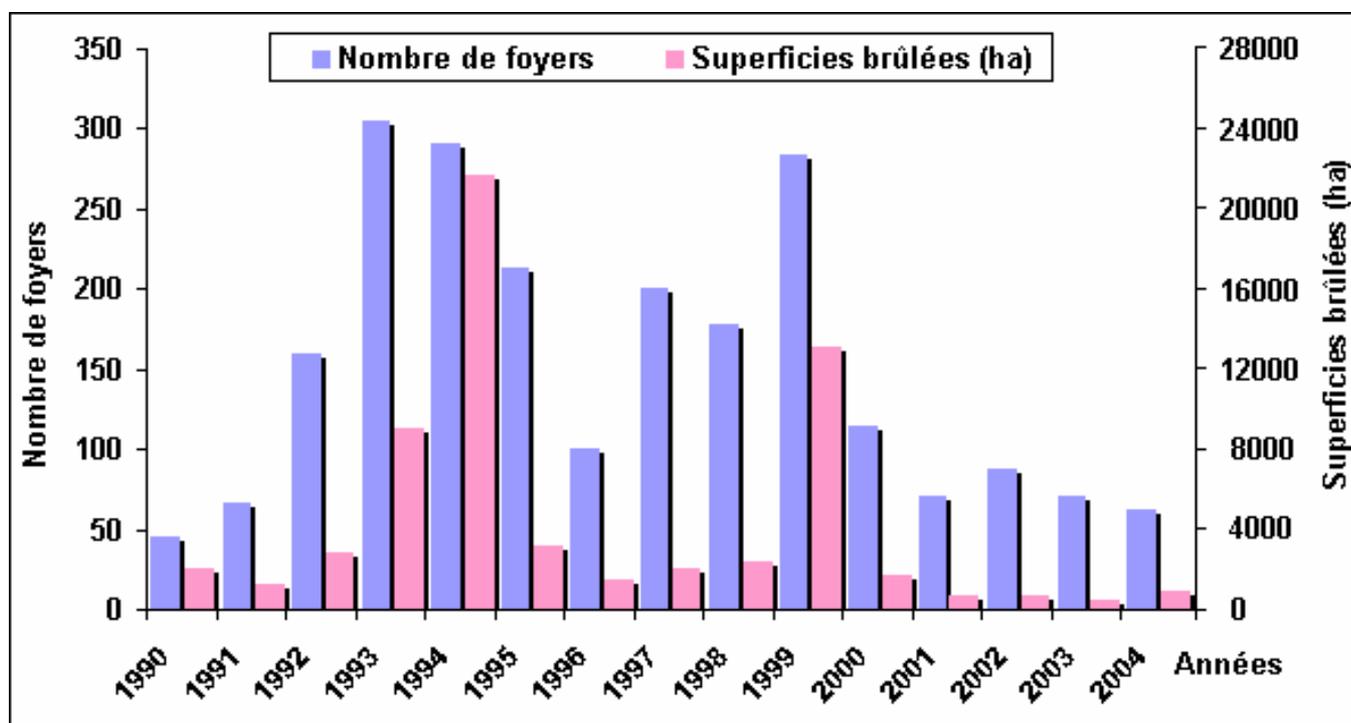


Fig. 23 : Fréquence annuelle des incendies de forêts dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004)

III.2.5. Répartition mensuelle des incendies de forêts:

En fonction des conditions météorologiques, la fréquence et l'ampleur des incendies sont différentes d'un mois à l'autre et d'une année à l'autre.

Toute fois, durant la période 1990-2004, il a été constaté que le mois d'août était le plus critique **56,41%** des incendies se sont déclarés pendant cette période (1990-2004) et ont parcourus **73,06%** de la superficie totale incendiée soit **46.028,32 ha**.

Ensuite, vient le mois de juillet où on a enregistré les **22,11%** de foyers avec une superficie de **6.292,19 ha** soit un pourcentage de **9,99%** du total de la superficie incendiée. De même que pendant le mois de septembre pendant lequel il y a eu **13,83%** des incendies et **9,25%** de la superficie brûlée (Tableau 12). Les mois d'octobre et de juin viennent loin derrière avec respectivement **4,54%** et **3,11%** du total des foyers. Pour les autres mois de l'année, on n'enregistre aucun foyer (Fig. 24).

Ceci peut être expliqué essentiellement par la conjonction des facteurs météorologiques saisonniers qui sont favorables aux incendies (vents violents et chauds, sécheresse excessive, etc.) durant la période la plus chaude de l'année et aussi à certains comportements humains en relation avec l'accroissement parallèle de la pression touristique durant cette période de vacances.

Tableau 12 : Fréquence mensuelle des incendies de forêts dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004)

Mois	Nombre de foyers	Superficies incendiées (ha)	Superficies incendiées (%)
Janvier	0	0,00	0,00%
Février	0	0,00	0,00%
Mars	0	0,00	0,00%
Avril	0	0,00	0,00%
Mai	0	0,00	0,00%
Juin	70	583,11	0,93%
Juillet	497	6.292,19	9,99%
Août	1.268	46.028,32	73,06%
Septembre	311	5.825,04	9,25%
Octobre	102	4.270,45	6,78%
Novembre	0	0,00	0,00%
Décembre	0	0,00	0,00%
TOTAL	2.248	62.999,11	100,00%

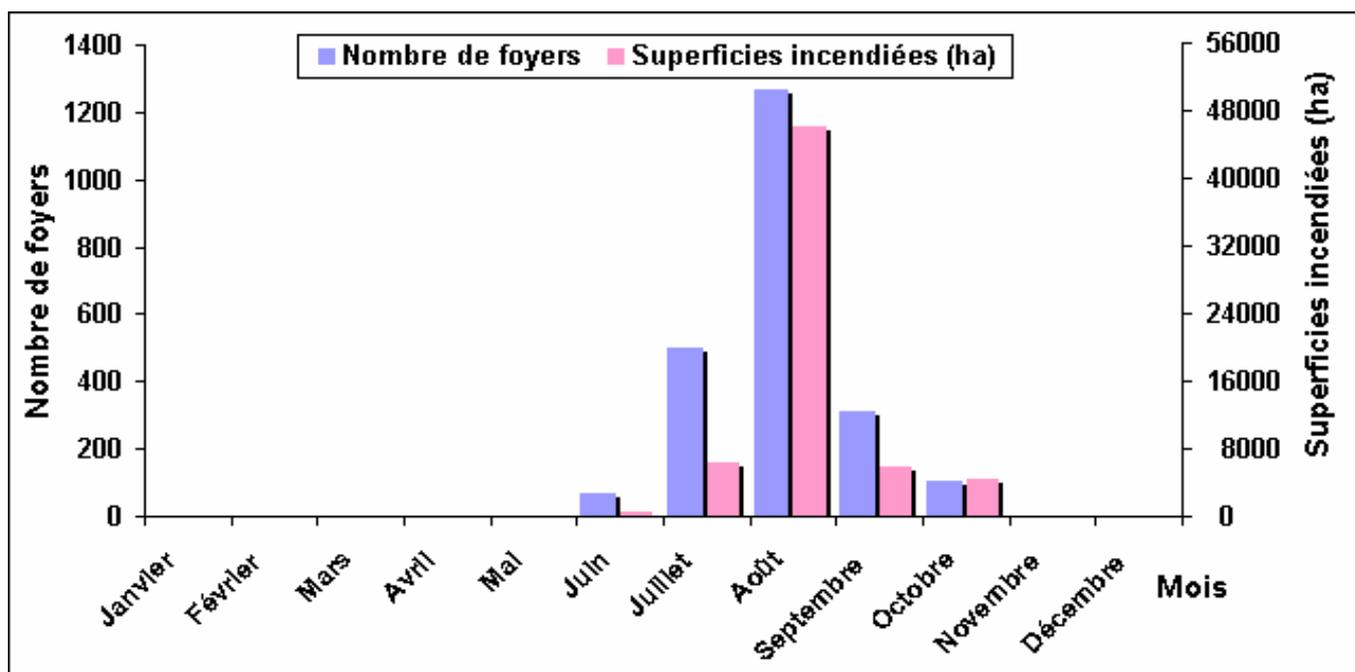


Fig. 24 : Fréquence mensuelle des incendies de forêts dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004)

III.2.6. Répartition des incendies de forêts suivant les tranches horaires :

Lorsqu'on dénombre les incendies de forêts en fonction de l'horaire de déclaration, on constate un nombre très élevé d'incendies qui ont eu lieu entre six heures (06h) et vingt heures (20h). Ce nombre est de **2.147** ce qui représente **96,71%** du nombre total d'incendies déclarés durant la période de 1990-2004. Pendant la nuit, un minimum de **74** foyers d'incendies seulement sont comptabilisés soit un taux de **3,29%**.

En cet état de cause, on peut conclure que si les incendies déclarés le jour sont attribués à l'imprudence et à la malveillance de l'homme pendant son activité quotidienne, ceux qui s'éclatent la nuit ne peuvent être que volontaires dans une grande proportion.

Tableau 13: Fréquence horaire des foyers d'incendies de forêts dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004)

Tranches horaires	0h à 06h	06h à 10h	10h à 12h	12h à 16h	16h à 18h	18h à 20h	20h à 00h	Total
Nombre de foyers	13	131	485	1.259	201	98	61	2.248
Pourcentage (%)	0,58%	5,83%	21,57%	56,01%	8,94%	4,36%	2,71%	100,00%

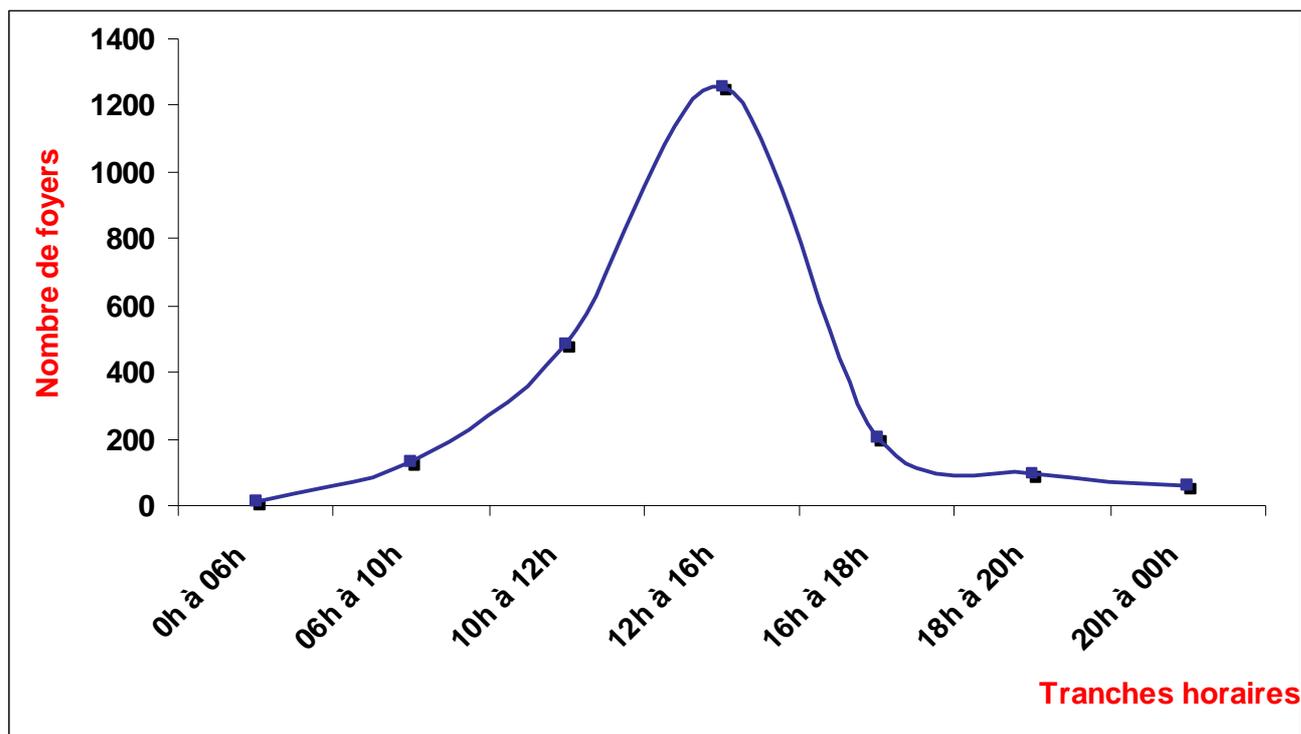


Fig. 25 : Fréquence horaire des foyers d'incendies de forêts dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004)

Pendant la journée, une grande concentration des incendies de forêts est signalée entre **12 h** et **16 h** avec **1.259** foyers soit **56,01%** du nombre total (Tableau 13), avec une fréquence assez soutenue entre **10h** et **12h** (**485** foyers soit **21,57%**), puis une régression en fin de journée (Fig. 25). Cette répartition est probablement liée à une plus grande inflammabilité de végétaux après l'évaporation des condensations nocturnes favorisées par les conditions météorologiques journalières.

III.2.7. Répartition des foyers d'incendies par classe de superficie :

Le Tableau 14 portant classement des foyers d'incendies par ordre de superficies brûlées durant la période d'étude 1990-2004 ; le nombre d'incendies n'ayant pas atteint les **10 hectares** s'élève à **1.521** foyers soit **67,66 %**. Pour les autres classes, on enregistre un nombre peu élevé de **482** foyers entre **10ha** et **50ha** soit **21,44%** du total (Fig. 26). Puis le nombre diminue progressivement avec l'augmentation de la superficie. Ceci renseigne à peu près sur l'efficacité de l'intervention.

En outre, il faut reconnaître pour une parfaite signification du phénomène constaté, que ces superficies incendiées ont été le plus souvent le fait de nombreux feux de faible et de moyenne importance, plutôt que d'un ou plusieurs incendies de grande importance.

Cependant, les conditions météorologiques, la nature de l'essence, la structure de

la végétation et le relief déterminent la vulnérabilité de nos forêts. Etant par ailleurs convaincu que l'ampleur d'un incendie dépend aussi essentiellement de la rapidité de son extinction et cela expliquera pourquoi une forte proportion des incendies déclarés ne dépassent pas les **10** hectares.

Il n'est pas douteux que des progrès sensibles ont été réalisés partout dans la prévention des incendies et dans la stratégie et la tactique de lutte : les délais d'intervention ont été réduits, les incendies sont éteints plutôt. Néanmoins, face à un incendie de forte puissance se déplaçant dans une végétation dense, il a été observé dans tous les pays qu'aucun moyen de lutte ne permet de le contrôler (BENOIT de COIGNAC, 1996).

Tableau 14 : Classement des foyers d'incendies de forêts par ordre d'importance de superficies brûlées dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004)

Tranches de superficies	0 à 10 ha	10 à 50 ha	50 à 100 ha	100 à 600 ha	+ de 600	Total
Nombre de foyers	1.521	482	113	107	25	2.248
Pourcentage (%)	67,66%	21,44%	5,03%	4,76%	1,11%	100,00%

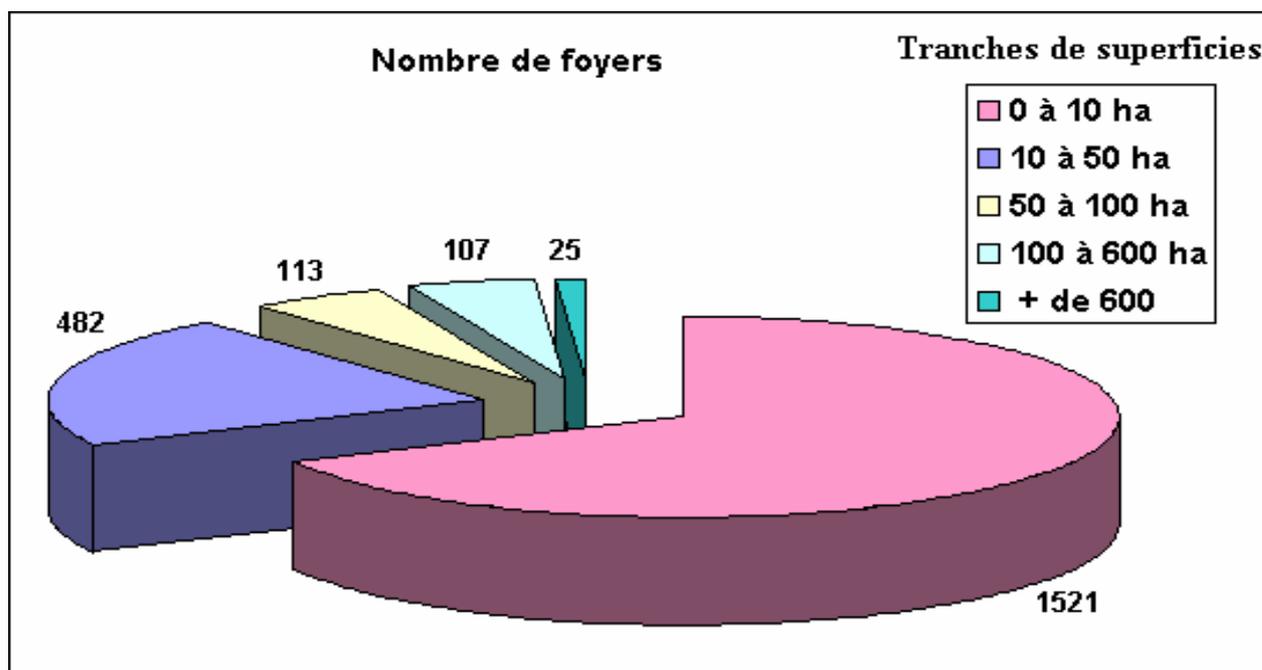


Fig. 26: Classement des foyers d'incendies de forêts par ordre d'importance de superficies brûlées dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004)

III.2.8. Répartition des incendies de forêts suivant les jours de semaine :

Si on examine le Tableau (15) et la Figure (27) portant la fréquence des incendies de forêts pendant les jours de semaine, on constate une uniformité presque totale du nombre d'incendie du samedi au vendredi. Tout au moins, les plus grands nombres d'incendies

correspondent

au week-end. Pour le reste de jours, on relève une légère augmentation le lundi sinon aucune autre distinction importante n'apparaît.

Tableau 15 : Fréquence des incendies de forêts pendant les jours de la semaine dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004)

Jours de semaine	Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Total
Nombre de foyers	274	269	391	246	288	389	391	2.248
Pourcentage (%)	12,19%	11,97%	17,39%	10,94%	12,81%	17,30%	17,40%	100,00%

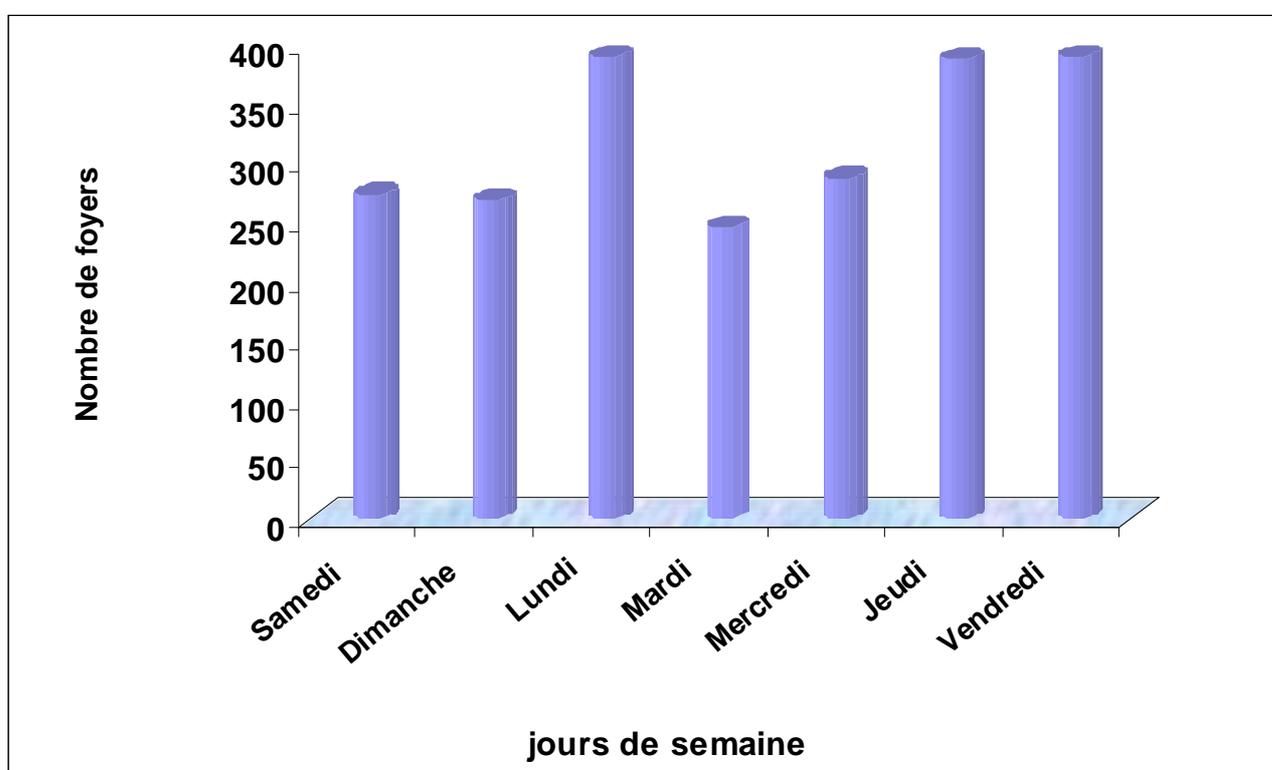


Fig. 27 : Fréquence des incendies de forêts pendant les jours de la semaine dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004)

III.3. Influence du climat sur les incendies de forêts dans le Nord-Est algérien :

Le climat joue un rôle fondamental dans tout milieu naturel. Cependant, l'étude des facteurs climatiques à savoir la température, les précipitations, les vents, etc. et de leur influence représente une étape indispensable pour la compréhension des phénomènes écologiques d'un écosystème.

En effet, il existe une relation très étroite entre le comportement du feu et les conditions climatiques tout au long de l'année.

Durant les quatre saisons de l'année, les incendies peuvent éclater en forêt. Toutefois, leurs incidences sur la végétation sont différentes pendant la saison estivale par rapport à l'automne, l'hiver ou le printemps. Dès les premières pluies d'automne et jusqu'à la fin du printemps, les feux en forêt sont moins vifs, peu animés, ralentis par la présence de combustibles trop humides pour faciliter l'inflammabilité. Donc, c'est pratiquement la sécheresse estivale qui prépare le matériel combustible et c'est la longue période de chaleur qui rend nos forêts sensibles à l'incendie.

En raison des rapports étroits qui existent entre les incendies de forêts et le climat, la superficie totale des forêts brûlées chaque année varie beaucoup d'une année à l'autre en fonction des conditions météorologiques (O.C.D.E., 1985).

Dans ce contexte, nous essayerons de suivre la relation entre la fréquence des feux de forêts et quelques éléments climatiques durant la période sèche de l'année (Mai à Octobre) ainsi que la variation de ces fréquences au cours des années de notre période d'étude (1990-2004).

Cette étude concerne seulement les wilayas de Constantine, Guelma et Souk-Ahras.

La wilaya de Mila a été exclue de cette étude en raison du manque de données climatiques.

III.3.1. Relation entre les incendies de forêts et les précipitations :

Tableau 16 : Relation entre les précipitations et le nombre de foyers d'incendies de forêts dans les wilayas de Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004)

Années	Nombre de foyers	Précipitation (mm) de Mai à Octobre	Précipitation (%) de Mai à Octobre
1990	45	968,0	10,60%
1991	59	894,8	9,80%
1992	145	1.070,9	11,73%
1993	293	579,2	6,34%
1994	277	319,0	3,49%
1995	191	307,3	3,37%
1996	88	586,9	6,43%
1997	191	546,7	5,99%
1998	158	669,1	7,33%
1999	262	370,9	4,06%
2000	108	714,4	7,82%
2001	63	483,3	5,29%
2002	86	456,5	5,00%
2003	68	463,5	5,08%
2004	51	700,9	7,68%
Total	2.085	9.131,4	100,00%

En se fondant sur les données du tableau ci dessus, nous remarquons qu'il y'a une relation étroite entre les précipitations et le nombre des incendies. 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, l'année 1994 est la plus critique du point de vue feux forêt où on a enregistré un minimum de pluviométrie par rapport aux autres années (3,49% de la pluviométrie totale dans quinze années). Par contre, l'année 1990 par exemple, est favorisée par des précipitations importantes (10,60% soit 968 mm) et parallèlement par un minimum du nombre de foyers d'incendies de forêts (45 foyers seulement) (Fig. 28).

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.

Au contraire, si les précipitations sont moins abondantes, les combustibles sont moins humides ce qui favorise donc l'éclosion des feux.

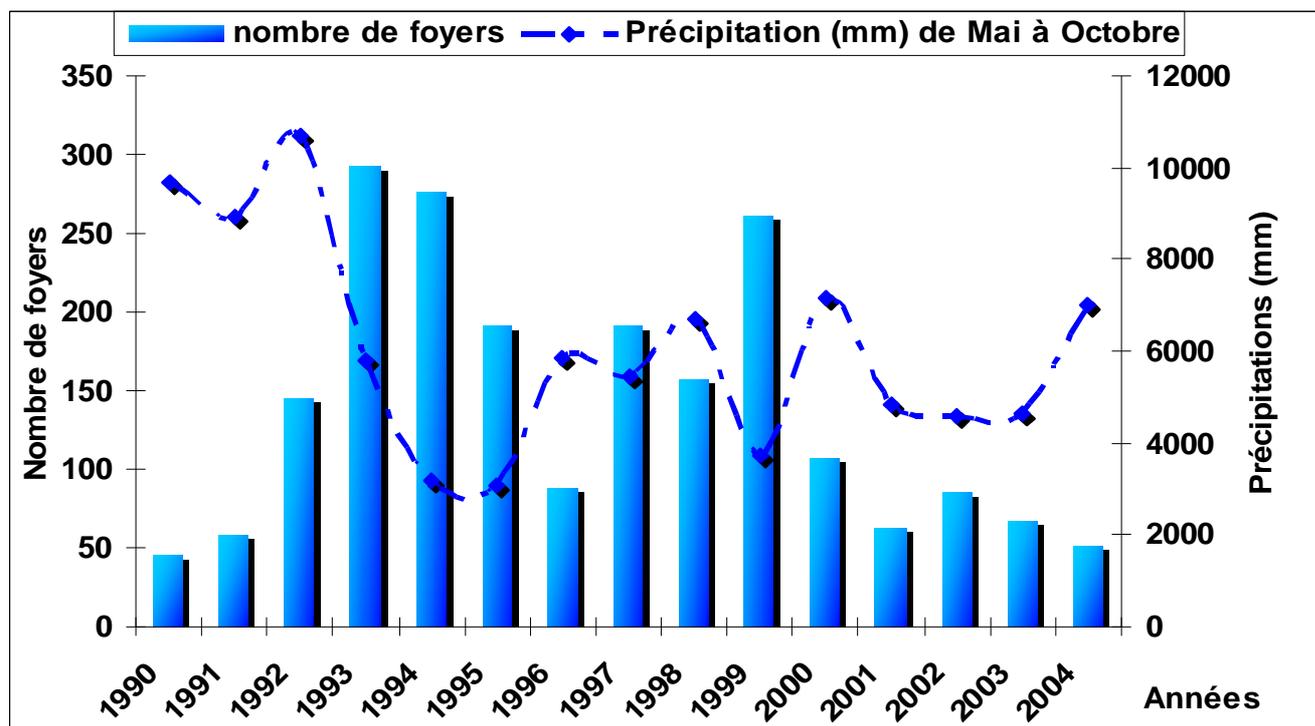


Fig. 28 : Relation entre les précipitations et le nombre de foyers d'incendies de forêts dans les wilayas de Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004)

III.3.2 Relation entre les incendies de forêts et les températures maximales absolues :

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 (Tableau 17 et Fig. 29).

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 a 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.

Tableau 17 : Relation entre les températures maximales absolues et le nombre de foyers d'incendies de forêts dans les wilayas de Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2003)

Années	Nombre de foyers	Températures maximales absolues (°C) (de mai à octobre)
1990	45	37,1
1991	59	36,1
1992	145	35,6
1993	293	38,7
1994	277	38,7
1995	191	38,5
1996	88	36,3
1997	191	38,5
1998	158	38,5
1999	262	39,7
2000	108	37,7
2001	63	38,6
2002	86	39,3
2003	68	39,8

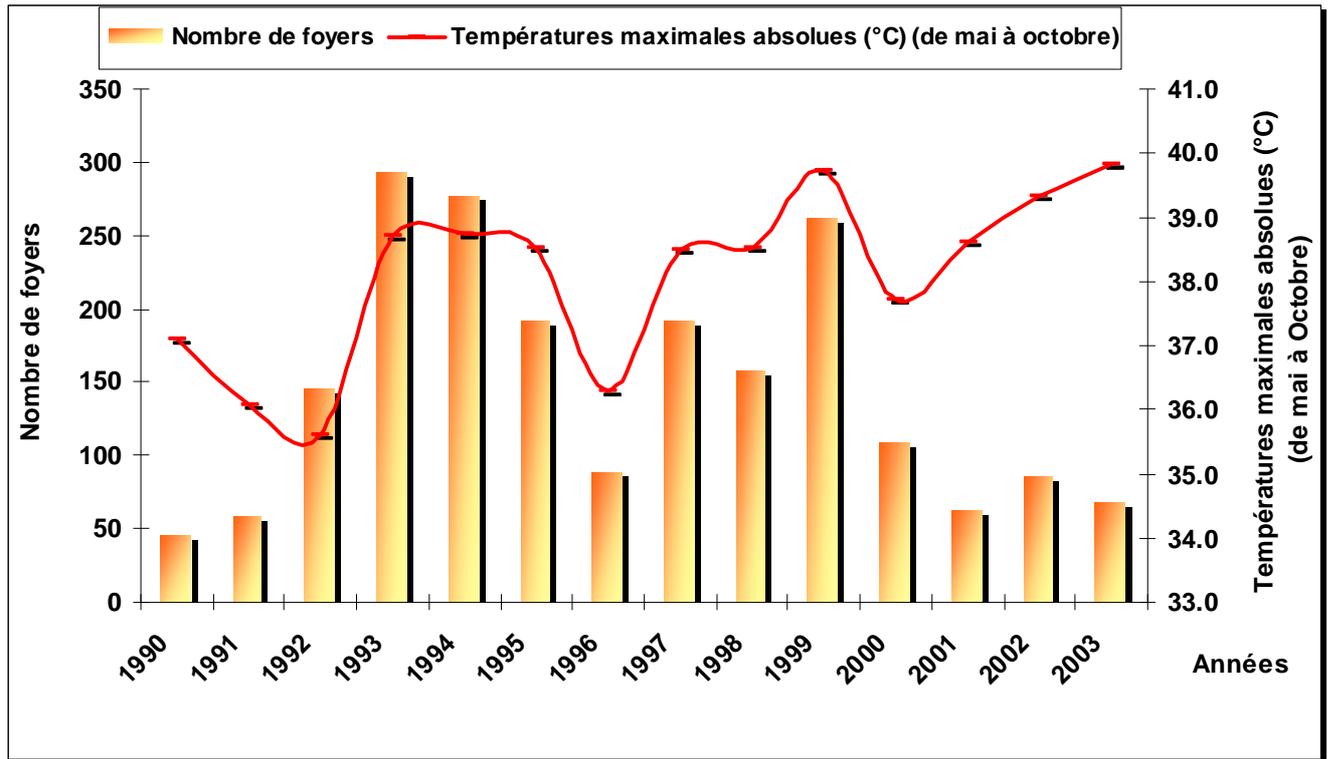


Fig. 29 : Relation entre les températures maximales absolues et le nombre de foyers d'incendies de forêts dans les wilayas de Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2003)

III.3.3. Relation des incendies de forêts avec l'humidité relative de l'air :

L'état de l'humidité de l'air influence également les incendies de forêts. Cette influence est indirecte et peut s'expliquer au niveau des combustibles dont l'humidité est dépendante de l'humidité de l'air.

Ainsi, LAYEC (1989) a montré que la teneur en eau du combustible forestier mort suit celle de l'air avec d'autant moins d'inertie que les débris végétaux sont fins et divisés. Par contre, les végétaux vivants herbacés ou ligneux mettent en œuvre des régulations physiologiques différenciées pour éviter la sécheresse. Ce processus s'amorce lorsque la matière végétale est exposée à la chaleur (VALETTE, 1990), et donc lorsque l'humidité de l'air est moins élevée.

En effet, durant notre période d'étude, nous remarquons qu'une diminution de l'humidité de l'air entraîne une augmentation du nombre de feux (Tableau 18 et Fig. 30).

Par exemple, pour l'année 1994, on enregistre le taux de l'humidité le moins élevé durant toute la période mais le nombre de foyers d'incendies est le plus élevé.

Tableau 18 : Relation entre l'humidité relative moyenne (%) et le nombre de foyers d'incendies de forêts dans les wilayas de Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2003)

Années	Nombre de foyers	Humidité relative moyenne en (%) de Mai à Octobre
1990	45	62
1991	59	64
1992	145	64
1993	293	60
1994	277	56
1995	191	61
1996	88	65
1997	191	60
1998	158	63
1999	262	56
2000	108	60
2001	63	59
2002	86	57
2003	68	58

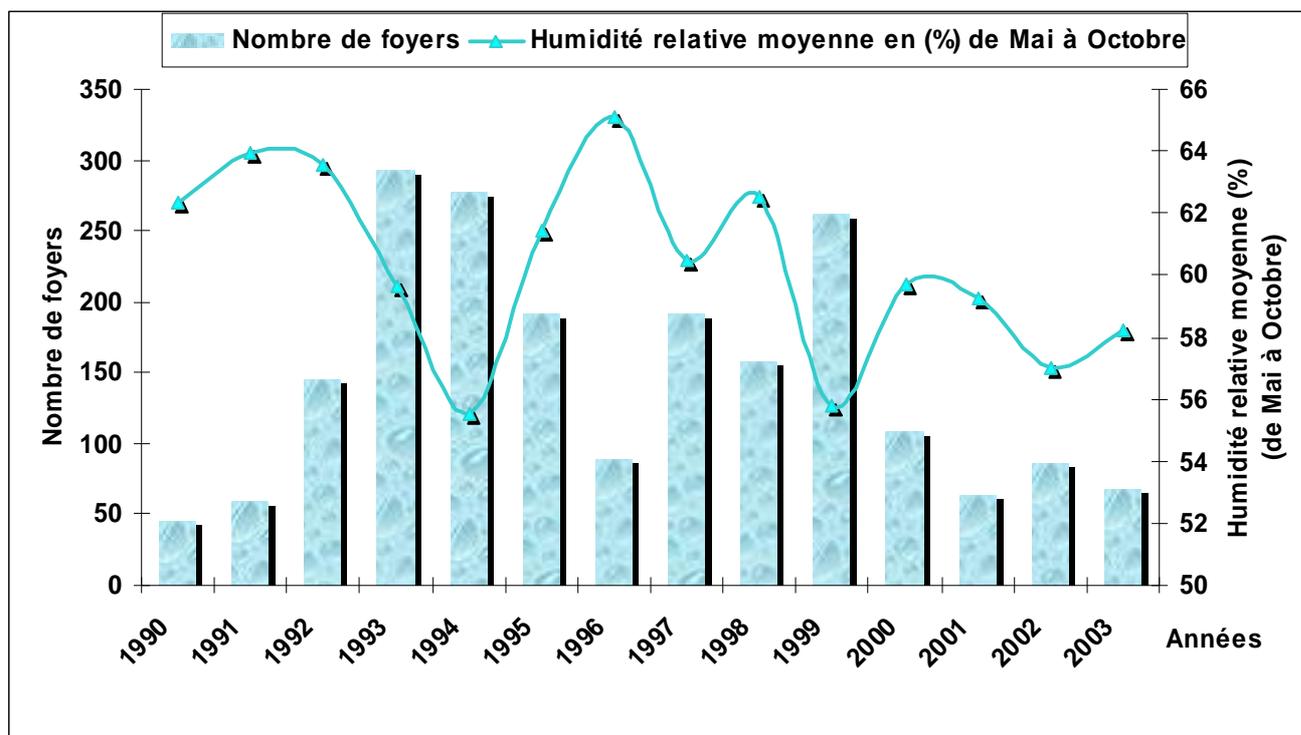


Fig. 30 : Relation entre l'humidité relative moyenne (%) et le nombre de foyers d'incendies de forêts dans les wilayas de Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2003)

III.3.4. Relation entre les incendies de forêts et la vitesse des vents :

Le vent est considéré comme un facteur aggravant la sévérité des incendies et ceci en agissant sur le processus de la combustibilité. Ainsi plus le vent souffle, plus les combustibles sont plus secs et donc la combustion est plus rapide.

Même si on peut constater que le vent lorsqu'il souffle dans la direction de la propagation du feu est un facteur aggravant du phénomène, il peut se produire dans certaines conditions que son accroissement ne produise plus d'effet perceptible sur la vitesse de propagation au delà d'un certain seuil de vent (DUPUY, 2000).

Cependant, il faut tenir compte non seulement de la vitesse du vent mais également de sa direction. Ainsi, si le vent pousse le front du feu dans le sens par rapport au front des flammes, les deux phénomènes agissent dans le même sens et la progression du feu sera plus rapide.

Par contre si le vent freine le front du feu, les deux phénomènes agissent dans des sens opposés et la vitesse de propagation va se diminuer.

Par ailleurs, l'action du vent doit être dans certaines conditions comparée à celle de la pente.

Le tableau 19 et la figure 31 montrent la relation entre la vitesse moyenne des vents et le nombre de foyers d'incendies de forêts dans notre région d'étude durant la période (1990-2003).

Tableau 19 : Relation entre la vitesse moyenne des vents et le nombre de foyers d'incendies dans les wilayas de Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2003)

Années	Nombre de foyers	Vitesse moyenne des vents (m/s)
1990	45	2,4
1991	59	2,3
1992	145	2,3
1993	293	2,4
1994	277	2,1
1995	191	2,2
1996	88	2,4
1997	191	2,5
1998	158	2,4
1999	262	2,6
2000	108	2,4
2001	63	2,1
2002	86	2,4
2003	68	2,3

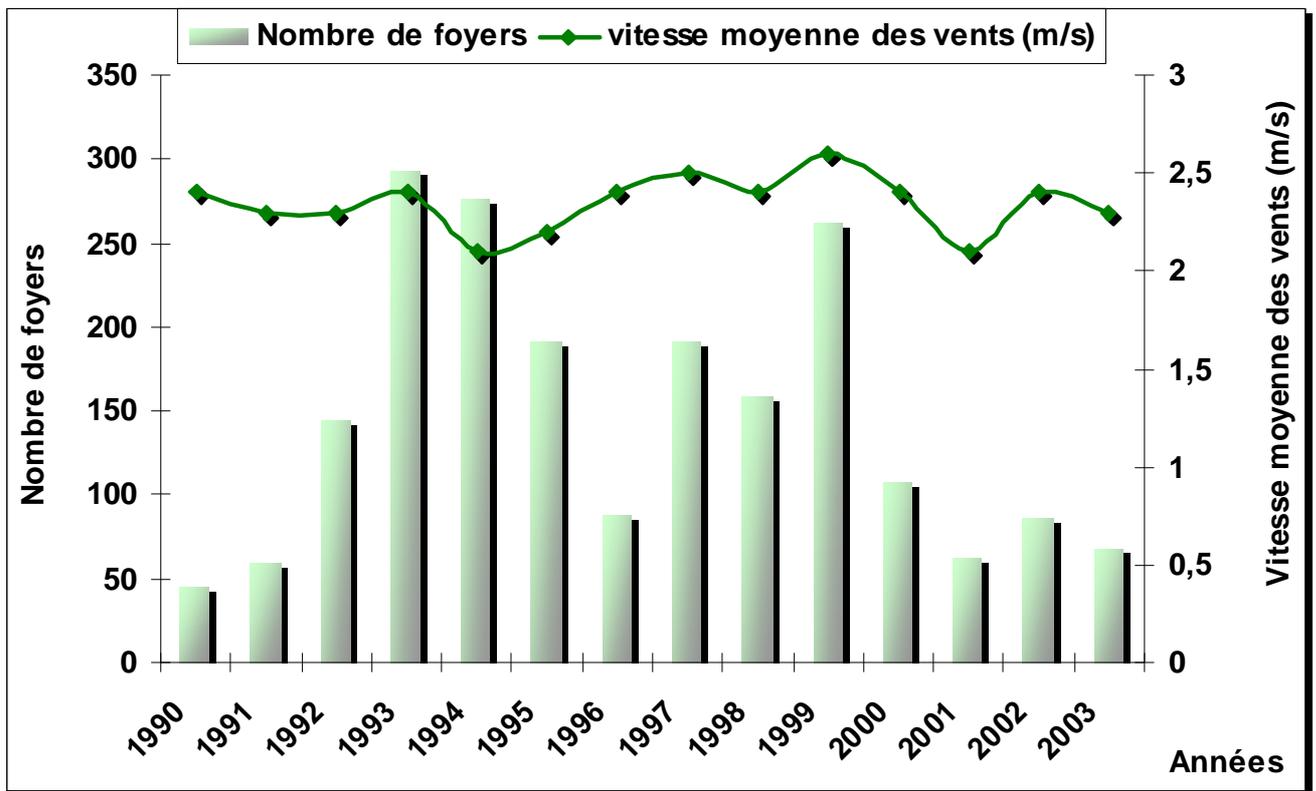


Fig. 31 : Relation entre la vitesse moyenne des vents et le nombre de foyers d'incendies de forêts dans les wilayas de Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2003)

Le vent est un élément moteur principal de l'incendie. Quand il est violent, l'incendie peut devenir « inarrêtable ».

Le vent peut aussi provoquer un phénomène fréquemment à l'origine des incendies les plus meurtriers. Lorsqu'il dépasse une certaine intensité, il est capable de changer quelques braises se consumant dans l'humus de la lisière d'un incendie apparemment éteint, en une flamme équivalente à une mise à feu provoquée par l'homme. Les sinistres les plus importants sont souvent dus à des reprises d'incendies mal éteints (CERUTTI, 1990).

Chapitre IV:
Causes, Conséquences et Remèdes
des Incendies de Forêts

Chapitre IV : Causes, Conséquences et Remèdes des incendies de forêts

Elément essentiel de l'équilibre physique et biologique du milieu naturel, potentialités économiques, facteur de détente et de loisirs, véritables poumons de nos cités en voies de pollution ; la forêt est indispensable à la vie de toute la société. Son rôle en matière de protection contre l'érosion et la désertification dans l'environnement n'est plus à démontrer.

Importante cause de destruction de ce milieu naturel, les incendies de forêts constituent aujourd'hui un véritable fléau. Il n'est pas nécessaire de rappeler en détail l'importance des dommages causés par les feux de forêts dans le monde.

Ils ont largement débordé les seules forêts, causant des pertes humaines, menaçant des agglomérations et les voies de communication, détruisant les cultures, compromettant le tourisme, dégradant les paysages, et créant des conditions favorables à l'érosion et à la désertification. Cela sans compter le manque à gagner à l'économie par la perte d'importantes quantités de produits ligneux.

Les peuplements formant la forêt méditerranéenne présentent une forte inflammabilité. Ces spécificités favorisées par un climat sec en été sont les principales causes des bilans catastrophiques et font des espèces méditerranéennes la forêt la plus inflammable au monde.

L'Algérie dont le patrimoine forestier est étalé le long de 250 kilomètres le long de la côte, est l'un des pays les plus touchés par l'élément destructeur qu'est le feu.

IV.1. Causes des incendies de forêts :

Les causes et auteurs des incendies de forêts ont de tout temps été très difficiles à identifier bien que certains indices permettent de penser qu'ils sont dus à des actes volontaires dans la plus part des cas. On voit s'accroître chaque année le nombre d'incendies allumés volontairement, non dans le but utilitaire mais dans la simple intention de détruire.

Cependant, dans le cas de nos sites étudiés, sont en général les conditions climatiques favorables (simultanéité de sécheresse, de vents forts, de hautes températures) dans ces régions, à la naissance et au développement des feux et la faible résistance au feu des principales essences forestières et des espèces végétales constituant leur sous-bois. La foudre en est la cause d'un faible pourcentage.

Additivement aux conditions naturelles, les actions humaines, tant par négligence qu'intentionnellement accentuent la destruction du couvert végétal.

Ainsi, les populations rurales (particulièrement celles riveraines des massifs forestiers) sont le plus souvent occultées ou sous estimées et semblent être à l'origine de nombreux sinistres. Ces populations montrent une faible connaissance du danger des incendies et de leurs

conséquences négatives. Les agriculteurs par exemple, semblent ne pas se rendre compte qu'un brûlage mené sans les précautions voulues peut donner lieu à un incendie.

Ce relâchement de la morale publique paraît être plus important en été au moment des vacances avec les promeneurs, les touristes, les campeurs, les chasseurs, sans oublier les braconniers et les chercheurs de miel.

Les incendies volontaires sont généralement les plus importants parce que l'homme qui en est à l'origine choisit le site le plus inflammable à l'intérieur d'un peuplement et à un moment de forte température. Des pyromanes exceptionnellement et parfois des personnes qui veulent se venger de la société, mettent à profit les conditions météorologiques propices pour déclencher ces vastes incendies.

Dans certaines régions, les brûlis agricoles et pastoraux dont le but initial est d'éliminer les résidus, peuvent se propager jusqu'à la forêt. Ce ci est suivi dans la plus part des cas d'une volonté de faire reculer la forêt pour finalement occuper le terrain.

On peut aussi rencontrer les feux provoqués pour des raisons économiques et politiques : pour faire baisser le prix du bois par exemple, des feux provoqués par vengeance aux conflits relatifs aux droits à la chasse, à la propriété des forêts ou encore à la politique forestière. Dans d'autres régions, les feux sont allumés pour éloigner les animaux nuisibles.

Autre que causes volontaires ou involontaires, les feux résultent d'autres causes diverses parfois même inconnues. Parmi celles qui sont connues, les sources de braises, d'étincelles, et de brandons qui sont par exemple : les braises des mégots de cigarettes des promeneurs aussi bien que ceux des occupants des véhicules sur les voies de circulation (ALEXANDRIAN, 1995), les étincelles venant des véhicules et des trains (échappement, freins, frottement divers) ; on peut voir de nombreux feux sur la terre plein-central des autoroutes (FAVRE, 1992).

Il faut aussi évoquer l'incinération des chaumes, les étincelles des engins et des outils utilisés sur les chantiers dans l'espace naturel pour les travaux agricoles et forestiers, ou au voisinage de cet espace dans des chantiers industriels (soudure par exemple).

Enfin, il serait difficile de faire une liste complète des diverses sources de feux, on ne les connaît sans doute pas toutes.

IV.2. Conséquences des incendies de forêts :

Tous les ans, les incendies ravagent les forêts algériennes avec des conséquences pour l'environnement à cause de la destruction de la végétation, la réduction de la biodiversité, l'augmentation des phénomènes d'érosion des sols (avec l'accumulation des sédiments dans les cours d'eau qui provoque des inondations pendant les saisons de pluie), etc.

Plusieurs questions sont posées après un incendie de forêt : Quelle serait la réaction de l'écosystème ? Dans quelle dynamique globale se situe la végétation ? La société peut-elle supporter de voir cet espace tel quel ? (HELTIER, 2000).

Ces interrogations sont d'autant plus fortes que les incendies ont été dévastateurs, qu'ils ont touchés des formations forestières aux usages multiples ou qu'ils ont détruits des reboisements artificiels toujours coûteux à mettre en place et à entretenir (G.I.S., 2000).

IV.2.1. Conséquences des incendies de forêts sur l'écosystème forestier

algérien :

La forêt algérienne d'origine formée de peuplements denses et sombres aux sous-bois riche où régnait une certaine fraîcheur, était peu sensible aux feux. Ceux-ci, avec la surexploitation et le pâturage ont fait évoluer la forêt d'origine vers une forêt de plus en plus sensible aux feux. La déforestation, le changement d'espèces dominantes, l'apparition de sous étages combustibles sont des principales conséquences.

Une forêt croissante qui couvrait alors une grande partie du territoire a fait l'objet d'incendies criminels. Ce phénomène d'agression permanente à notre patrimoine forestier a conduit à sa régression dans des proportions alarmantes et la couverture boisée protectrice a été ainsi progressivement et dangereusement réduite.

Cette situation ajoutée aux facteurs naturels peu favorables (saison chaude et sèche marquée par un climat irrégulier avec des pluies torrentielles, relief accidenté, roches tendres) a accéléré le phénomène d'érosion des sols partout dans le pays. Ces facteurs négatifs ne pouvaient aboutir dans de nombreuses régions qu'à réunir des sols et finalement à la désertification et perturbant complètement l'équilibre écologique.

IV.2.1.1. Impact des incendies de forêts sur la végétation et les animaux en

forêt :

L'impact du feu est hétérogène non seulement dans son action sur des écosystèmes différents, mais également dans l'espace et dans le temps au cours d'un même épisode.

Si les incendies ne sont pas fréquents, la végétation cicatrise après incendie, c'est à dire que ce sont les espèces qui existaient avant le feu qui se réinstallent après son passage (TRABAUD, 2000).

Cependant, le feu répété détruit ou élimine les individus les moins résistants réduisant ainsi la compétition potentielle et contribuant à la disparition des espèces. En effet, lorsque l'incendie devient trop fréquent, les forêts n'ont plus le temps de régénérer et sont tout d'abord remplacées par des formations végétales dégradées : boisement ouverts puis formations de type

arbustif. Progressivement, s'installe une succession régressive d'écosystèmes pouvant atteindre le stade ultime de pelouses squelettiques, dépourvues de végétation ligneuse et laissant le sol à nu par renouvellement systématique du feu.

Par ailleurs, le feu associé à l'action du climat et aux formes topographiques a modelé la plus part des communautés végétales. Celles ci après le passage des incendies tendent dans la plus part du temps vers une dynamique régressive ou une dégradation complète de la végétation (G.I.S., 2000). L'incendie dégrade les peuplements et après plusieurs passages les essences principales disparaissent. Aux forêts succèdent les maquis et les garrigues, puis les pelouses qui précèdent la mise à nu définitive de la roche (CHANTRAND & MOLINIER, 1984).

En outre, les incendies par la destruction de la végétation contribuent à la désertification du milieu rural et à la perte de la valeur économique des sous produits de bois.

Rappelant que la forêt méditerranéenne abrite une grande diversité biologique qu'il importe de retrouver après un incendie de forêt puis de conserver (GROGNOU, 2000). La perte d'animaux sauvages et domestiques peut réduire la valeur de cette diversité.

IV.2.1.2. Impact des incendies de forêts sur le sol forestier :

Quelque soit le feu, ce sont les couches superficielles du sol les plus riches en matière organique et nutriments et les plus actives biologiquement qui sont les plus exposées à l'échauffement.

Cependant, l'amplitude des impacts dépend de l'intensité du feu et de sa durée qui varient selon la quantité et les caractéristiques du combustible et selon les conditions météorologiques et topographiques.

En provoquant des pertes dans l'atmosphère au cours de la combustion de la végétation et des litières et en apportant au sol des cendres riches en élément minéralisés, les feux agissent directement sur le capital d'éléments minéraux d'un milieu et bouleversement de leur répartition. Ils agissent également sur le sol en l'échauffant, ensuite par changement des caractéristiques du sol, le feu modifie indirectement son activité biologique et le processus de minéralisation de la matière organique (GUILLON, 1990).

IV.2.1.3. Impact des incendies sur la microfaune et la microflore :

Les animaux du sol et la microflore sont les moteurs du fonctionnement du sol forestier. Ils sont obligatoirement touchés par le passage des incendies au moins ceux des couches superficielles du sol.

Ainsi, les répercussions sont surtout sur l'activité biologique du sol qui joue un rôle essentiel dans la décomposition de la matière organique, la fixation de l'azote et les processus de recyclage des éléments minéraux.

IV.2.1.4. Conséquences hydrologiques des incendies de forêts :

Les forêts permettent une meilleure utilisation des réserves en eau du sol par les systèmes racinaires et une forte interception de l'eau par la surface foliaire.

Après un feu, le couvert végétal disparaît dans la plus part du temps, le sol est couvert de cendres et de charbon de bois, il n'y a donc plus d'interception des précipitations par les houppiers et l'énergie des gouttes d'eau n'est pas brisée par les cimes. Enfin, il n'y a plus d'humus pour jouer un rôle d'éponge (COMBES, 1990). Les précipitations sont donc beaucoup plus agressives sur un sol qui n'est plus protégé et le danger de reprise d'érosion est très élevé. En effet, pendant les premières années de reprise végétale, une érosion hydrique importante et des crues impulsionnelles provoquées par le ruissellement sur les versants mis à nu par un incendie peuvent avoir lieu lors de violentes pluies (MARTIN & ALLEE, 2000).

IV.2.2. Conséquences des incendies de forêts sur l'homme :

Les incendies de forêts causent également la destruction de biens (maisons, patrimoine) et même la mort de personnes. Les conséquences peuvent être localement très sévères : pertes totales pour le propriétaire de forêts, graves blessures en cas de chute de pierres et d'avalanches et aussi destruction des habitats dans la périphérie des terrains incendiés sans oublier les traumatismes que peuvent subir les populations condamnées pendant plusieurs années à vivre dans un décor entièrement calciné.

IV.2.3. Conséquences sur les sites et les paysages :

De tous les accidents qui menacent la forêt, le plus terrible et le plus fréquent est le feu. Celui ci représente une importante cause de destruction tant des écosystèmes climaciques ou de ceux caractérisant les formations végétales ligneuses dégradées (maquis, garrigue, matorrals, etc.). Il peut cependant provoquer des modifications en éliminant la végétation et la matière organique du sol et rendre accessible les forêts et les terres boisées. Ainsi, le paysage est marqué pour plusieurs années (CHANTRAND & MOLINIER, 1984).

Les photos ci-dessous montrent l'impact d'un feu de végétation sur une forêt dense de chêne liège au niveau de la réserve naturelle de Beni Salah (Guelma, 1994).



Photo 05 : Début du déclenchement de l'incendie



Photo 06 : Propagation du feu dans la forêt



Photo 07 : Le feu de surface se développe pour devenir un feu de cimes



Photo 08 : Vue de la réserve en plein feu



Photo 09 : Etat de la subéraie après le passage du feu



Photo 10 : La forêt en régénération après l'incendie

IV.3. Remèdes des incendies de forêts :

Chaque année, des milliers d'hectares de forêts, de garrigues, de landes et de maquis sont parcourus par les incendies de forêts dont les causes sont pour l'essentiel liées aux activités humaines.

Conscient de cet état de choses, de nombreux efforts ont été réalisés depuis une vingtaine d'années pour réduire les feux de végétation dont l'importance et la répétition sont considérées comme un véritable fléau dans le monde. Ils ont essentiellement consisté à élaborer une politique préventive dans de nombreux pays en particuliers les pays méditerranéens et ont installé des dispositifs permettant l'extinction rapide des feux naissants.

Ainsi, ces dernières années, une part relative des surfaces brûlées par les incendies moyens diminue, tandis que celle des grands incendies augmente et en raison de ces derniers peu nombreux mais particulièrement dévastateurs, la surface totale incendiée ne diminue pas sensiblement malgré les efforts consentis (DELABRAZE & *al.*, 1991).

Mais pourquoi le nombre des incendies augmente-t-il ? Qui est responsable ? La nature ? La population ? Serait-il possible de réduire le nombre des incendies de forêts ? Et si c'est possible, que faut-il donc faire ?

La stratégie de lutte contre les incendies de forêts a fortement changé au cours du temps. Ce changement a eu pour conséquence des opérations de prévention et d'extinction organisées en fonction des caractéristiques de la forêt et du comportement prévisible du feu (BOVIO, 2000).

IV.3.1. Gestion des incendies de forêts :

Pour la gestion des incendies de forêts, il est nécessaire de définir les modalités de prévention, d'extinction et de reconstitution de la forêt endommagée par le feu en différenciant les milieux forestiers suivant leurs exigences en matière de protection.

La protection des forêts contre les incendies nécessite le maintien d'une législation souple et efficace capable de faire face rapidement à des situations d'urgence. Le premier objectif d'une telle organisation consiste à empêcher les mises à feu, à découvrir et à éteindre les feux de forêts avant qu'ils n'atteignent des proportions trop considérables.

Deux activités sont essentielles pour la gestion d'un feu de forêt : la prévention et la lutte.

IV.3.1.1. Activité de prévention des feux de forêts :

La prévention des incendies de forêts consiste avant tout à rechercher et à analyser les causes des incendies et à mettre au point les méthodes d'application propres à les éliminer.

Elle se fonde sur une double action, à savoir une action sur la structure de la forêt proprement dite et une action sur les risques dus au fait de l'homme.

Le problème de la prévention des incendies de forêts dans la plus part des pays méditerranéens est un problème essentiellement social car l'homme y a un rôle majeur (BENOIT de COIGNAC & BONNIER, 2000)

La politique de prévention doit comprendre quatre types d'actions principales :

- Connaître le risque et les causes des feux ;
- Surveiller les forêts pour détecter les départs de feux et intervenir rapidement ;
- Equiper, aménager et entretenir l'espace ;
- Informer la population (résidents, touristes et travailleurs professionnels des chantiers forestiers et agricoles) des risques d'éclosion des feux de forêts et faire appel à leur sens civique.

IV.3.1.1.1. Evaluation des risques de feux :

Le risque d'incendie de forêt est défini comme une combinaison de l'aléa du feu de forêt et de la vulnérabilité des biens exposés à cet aléa. L'aléa se définit comme la probabilité d'éclosion et la probabilité d'incendie (JAPPIOT, 2000).

L'évaluation du risque est une importante composante d'un programme de prévention. Le premier pas à accomplir à cet égard est l'enregistrement, l'analyse et l'identification des causes d'incendies passés.

Si l'on connaît pas les causes exactes (responsables, lieu et date et dans la mesure du possible motif de l'incendie), on ne pourra justifier et affecter de manière appropriée les crédits nécessaires aux activités de prévention (BILGILI & BASKENT, 1997). C'est pourquoi dans le monde entier, les services d'incendie ont constitués des bases de données nationales contenant des informations très détaillées sur les causes des feux (bilans annuels des incendies).

A. L'identification des causes d'incendies :

Pour identifier les causes d'un incendie, il faut suivre un procédé comportant les phases décrites ci-dessous :

◆ Circonstance de l'incendie :

On doit noter les renseignements suivants :

- La date et l'heure du déclenchement ;
- L'endroit où le feu a été détecté ;
- Les personnes qui étaient dans la forêt lors de l'incendie ;
- Les personnes qui habitent près de la zone incendiée ;

- Les véhicules aperçus dans la zone ;
- La direction du vent lorsque le feu a été détecté ;
- Les témoins de déclenchement du feu s'ils existent et leurs déclarations.

◆ **Origine de l'incendie :**

Pour déterminer le point d'origine de l'incendie, il faut tenir compte de ces faits :

Vent : en tenant compte du vent lorsque le feu a été détecté, on pourra déterminer dans quelle direction se trouvait l'origine du feu.

Pente : le feu monte vers le haut de la pente, cet effet combiné à celui du vent est aussi à considérer.

Combustibles : le feu progresse plus vite sur les combustibles secs. Dans le lieu d'origine de l'incendie, la végétation possède une humidité naturelle et brûle d'une façon incomplète.

◆ **Recherche de traces :**

La foudre : il est fréquemment de trouver des témoins qui ont vu tomber la foudre. On constate qu'il y a des arbres ou des poteaux cassés ou de la terre remuée.

Dispositifs incendiaires : ils sont très variés fabriqués avec des allumettes, cigarettes, cordes, mèches, bidons d'essence, etc. Même si on ne les trouve pas, les conditions de l'endroit (isolé, éloigné) et la faible probabilité d'activités humaines normales ainsi que l'heure de déclenchement (la nuit par exemple) sont toutes des traces pour conclure à l'intentionnalité de la mise à feu.

Brûlage agricoles ou de berges : près des zones cultivées ou fréquentes par les troupeaux, il est facile également d'identifier des brûlages atteignant les forêts et venant de ces zones.

L'utilisation des machines peut également produire des feux. On trouvera des particules métalliques sur le lieu d'origine du feu.

Verres cassés : la mise à feu par effet de concentration des rayons de soleil au travers d'un verre est une cause peu probable mais pas impossible. C'est une raison pour exiger la propreté de la forêt.

Feux d'artifices : identifier les fêtes dans les villages proches. Des déchets en papiers ou des petites parachutes en plastique peuvent être trouvés.

B. Cartographie du risque d'incendie de forêt :

La prévention du risque d'incendie de forêt est devenu un objectif prioritaire. Pour cela, des études de faisabilité doivent être réalisées sur les régions concernées et qui doivent permettre d'asseoir une stratégie de prévention axée sur l'apport des techniques modernes d'observation et d'analyse de l'espace: télédétection satellitaire et système d'information géographique (S.I.G.).

Ce dernier par exemple, permet l'évaluation et la cartographie de l'indice de probabilité d'incendie. C'est un outil puissant d'analyse spatiale qui permet de gérer un grand nombre d'informations, de les traiter de manière simultanée, de réaliser certains calculs automatiques et de restituer les résultats sous forme cartographique (JAPPIOT, 2000).

L'objectif principal est :

§ D'expérimenter les capacités d'information géographique pour mieux définir et localiser les zones forestières à risque d'incendie ;

§ De simuler la propagation du feu en prenant en compte la nature de la végétation, la direction et la force du vent, l'importance et l'orientation de la pente, etc.

Les documents cartographiques réalisés sous le S.I.G. constitueront un outil de négociation et d'aide à la décision en matière de définition de politique de prévention et de lutte contre les incendies de forêts (MISSOUMI & *al.*, 2001).

IV.3.1.1.2. Surveillance du couvert végétal :

L'objectif est de détecter au plutôt les départs de feux de façon à pouvoir intervenir le plus rapidement possible sur les feux naissants, dans un délai inférieur à dix minutes (ARFA, 2003).

Le développement récent des techniques de télédétection, en particulier satellitaire permet de disposer de moyens d'observation réguliers bien adoptés à la surveillance du couvert végétal et utilisables en particulier pour traduire les variations spatiales à l'échelle régionale considérée.

IV.3.1.1.3. Aménagement et sylviculture pour une meilleure prévention :

Empêcher les feux de forêts, est l'objectif numéro un de prévention. Dans un sens plus large, elle consiste aussi à éviter que les petits feux ne se transforment en catastrophes.

Pour de nombreux chercheurs, la prévention repose avant tout sur un aménagement global de la forêt prenant en compte toutes les activités dont elle est la source (DELABRAZE & *al.*, 1991).

De nouvelles méthodes d'aménagement de la forêt sont aujourd'hui expérimentées : reboisement à l'aide d'espèces réduisant les risques (sylviculture anti-incendie), débroussaillage par brûlage et pâturage contrôlés, coupures agricoles, équipement des massifs forestiers, etc.

A. Coupures de combustibles :

C'est une technique d'aménagement préventif contre les sautes de feux, utilisée pour limiter les éclosions de foyers secondaires et pour cela, la litière et le tapis végétal doivent être éliminés au maximum en agissant sur la charge en combustible du sous étage (Fig. 32).

Les coupures de combustibles qui doivent éviter l'étalement du front de flammes sont nécessairement orientées dans le sens du vent dangereux (DELABRAZE, 1990 a).

Ces coupures doivent donc répondre au triple projet de limiter l'extension des grands incendies, de provoquer un fractionnement et une baisse sensible de la puissance du front de la flamme, et enfin d'offrir aux moyens de lutte un terrain favorable à leur déploiement (GUITON, 2000).

La méthode classique est celle du débroussaillage manuel ou mécanique. Toute fois, il existe des techniques nouvelles aussi efficaces telles que l'emploi des substances phytocides ralentissant le développement des herbacées et des buissons ou le pâturage intensif contrôlé.

La destruction sélective, parfois spécifique des groupes d'espèces dangereuses ou indésirables sur ces coupes laissent le territoire libre à des plantes assurant une couverture du sol moins inflammable. Par exemple, l'élimination de la quasi-généralité de la végétation à l'exception des arbres tout en conservant le sol en place (DELABRAZE, 1990 b).

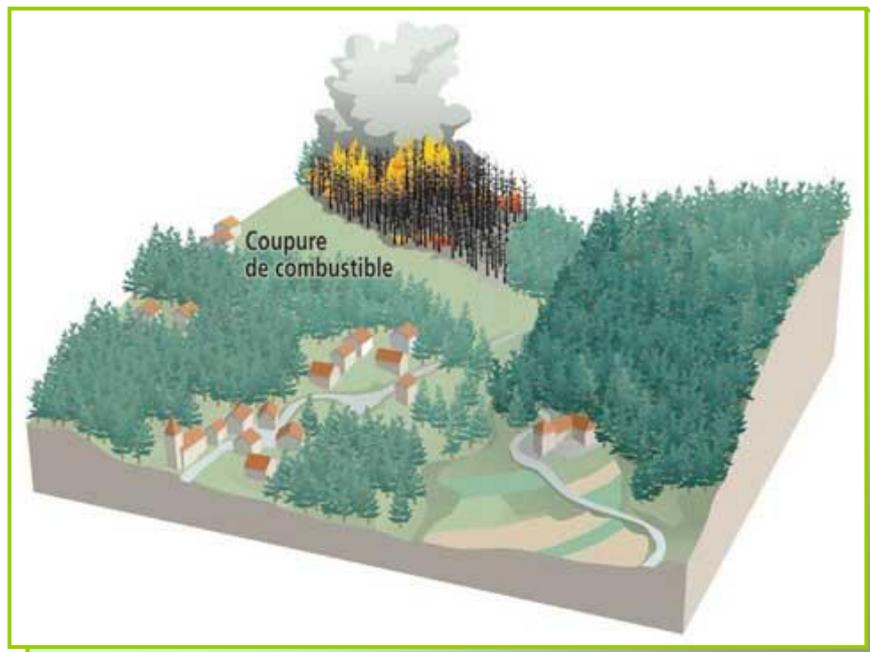


Fig. 32 : Coupe de combustible

B. Les débroussailllements :

Diminuer les risques d'éclosion du feu et le développement initial rapide du sinistre, assurer la sécurité des intervenants sur les feux et celle des biens, sont les objectifs principaux fixés aux débroussailllements (DELABRAZE, 1990 c).

Le débroussaillage représente la mesure de prévention la plus courante et la plus efficace pour prévenir les incendies ou lutter contre leur propagation et leur intensité (MOLLINIER, 2003).

Il consiste à couper et à éliminer les broussailles et arbres morts dominés, à réduire la densité des arbres et à élaguer certains d'entre eux ainsi qu'à éliminer les rémanents de coupes dans

le but d'empêcher le feu de se propager sur de vastes étendues et d'empêcher les flammes d'atteindre les cimes des arbres.

Plusieurs types d'intervention distingués : les débroussailllements manuels par emploi d'outils mécaniques, mécaniques par emploi de moyens lourds et plus rapides, l'emploi des substances phytocides, brûlage dirigé, pâturage contrôlé, etc.

L'élevage pastoral en forêt ou sylvo-pastoralisme peut jouer aussi un grand rôle dans la prévention des incendies par l'entretien des massifs forestiers. L'objectif est de faire consommer la strate herbacée avant l'été afin d'éviter les départs de feux dus à l'accumulation d'herbe sèche. L'impact des animaux s'exerce à la fois par la consommation des végétaux et par leur piétinement.

Cependant, la capacité du troupeau à racler le tapis herbacé à la fin du printemps exige un effort d'adaptation du calendrier du pâturage et de la conduite des animaux (I.E.C., 1990).

On peut intervenir aussi de façon plus massive en introduisant des bandes de sécurité, pâturage arboré où la sylviculture s'efface devant les impératifs de la protection. Le pâturage peut ainsi de manière tangible et efficace contribuer à la sauvegarde des peuplements forestiers (CHALLOT, 1990).

C. Différents emplois du feu pour combattre l'incendie :

Le feu peut être dans certaines conditions un outil précieux pour la protection des forêts contre l'incendie. Mais en raison du danger qu'il présente, sa mise en œuvre ne doit être que très strictement contrôlée et exécutée par un personnel qualifié, sous réserve d'avoir obtenu les autorisations nécessaires.

Trois techniques sont à décrire : le contre feu, le feu tactique et le brûlage dirigé.

- **Le contre feu** : le contre feu est une méthode de lutte d'un emploi très délicat qui n'est plus utilisé depuis qu'on dispose de nombreux moyens de lutte moderne.

Le principe du contre feu est d'allumer un feu en avant du front des flammes d'un incendie suffisamment près de celui-ci pour que l'effet de convection (aspiration provoquée par l'ascension des flammes et des gaz chauds) se fasse sentir.

Lorsque les deux fronts se rencontrent, il y a extinction instantanée sans doute par déficit d'oxygène. Le contre feu est en principe d'autant plus efficace que l'incendie est plus violent.

- **Le feu tactique** : cette technique parfois nommée de façon abusive «Contre feu », a pour but de créer une coupure de combustible pour stopper la progression de l'incendie. En général, on l'utilise pour élargir une coupure de combustible préexistante, lorsqu'on craint que cette coupure soit insuffisante pour permettre la lutte et l'arrêt de l'incendie.

• **Le brûlage dirigé** : Les brûlages dirigés apparaissent de plus en plus comme l'aboutissement d'un processus d'analyse logique, processus qui prend en compte la lutte contre l'incendie, la protection des boisements, les besoins des pasteurs comme des autres utilisateurs et gestionnaires de l'espace « montagnard » (LAMBERT & PARMAN, 1990). C'est une technique qui fait appel à un feu contrôlé, allumé dans des conditions déterminées en vue de l'un des objectifs suivants :

- Soit la destruction des rémanents d'une coupe rase pour pouvoir ensuite replanter ou faire disparaître le danger d'incendie qui représente des volumes importants de rémanents.
- Soit la réouverture d'un pâturage envahi par des refus ou des végétaux ligneux à la suite d'une période d'abandon ou de sous pâturage.
- Soit la destruction des parasites (champignons, insectes) ou l'élimination d'essences indésirables dans une régénération (objectifs fréquents en Amérique du Nord).
- Soit la création ou l'entretien d'une coupure de combustible par destruction des strates de végétaux herbacés secs et ligneux bas avec préservation de la strate arborée.

Pour employer sans danger le brûlage dirigé, il est indispensable de bien connaître le risque de voir le feu s'échapper au contrôle, ainsi que les effets du feu sur l'écosystème.

La réalisation s'appuie en fait sur deux tâches complémentaires : la conduite du feu et la surveillance des lisières pendant et surtout après le passage du front de flamme (LAMBERT & PARMAN, 1990).

Aussi avant d'entreprendre un brûlage, il convient d'analyser un certain nombre de facteurs qui déterminent la possibilité, le comportement et les conséquences du feu, notamment les conditions locales de météorologie, de la topographie et de la composition de la végétation ainsi que la nature et l'état de la couverture morte et de la litière. Malgré l'éventualité qu'un feu dirigé puisse échapper à ses auteurs, il convient de poursuivre ces opérations utiles car il semble que ce soit le seul moyen de traiter à faible coût les surfaces immenses qui en ont besoin.

Une mise à feu volontaire doit s'accompagner d'un contrôle permanent du feu : d'une part de ses fumées et ses gaz toxiques pour éviter qu'ils n'atteignent les voies (réduction de la visibilité) et les personnes (intoxication possible) ; et d'autre part, de sa progression en vue de maîtriser s'il sort des limites qui lui sont affectées.

Ce n'est pas toujours le cas et les incidents peuvent résulter de diverses circonstances : les conditions météorologiques et leur variations ont été mal appréciées, l'état de la végétation a été mal estimé, les auteurs de la mise à feu avaient une compétence insuffisante, les moyens de contrôle et de maîtrise du feu étaient insuffisants (CHEVROU, 1998).

D. La sylviculture préventive :

On peut définir la sylviculture préventive comme l'ensemble des règles à inclure dans la sylviculture générale dont la finalité est la réduction de la combustibilité des structures végétales en forêt pour accroître la résistance à la propagation du feu (VELEZ, 1990).

Deux contraintes majeures en zone méditerranéenne sont à prendre en considération : les conditions du milieu difficiles non modifiables (condition météorologiques : sécheresse, vent, température) et un risque d'incendie toujours présent.

Face à ces deux contraintes, de nombreux chercheurs tendent à faire diminuer le risque d'incendie par une sylviculture adaptée aux conditions du milieu mais avec un choix plus judicieux d'essences.

On entend parler aujourd'hui de peuplements auto-défensifs ou résistant à l'incendie. Un peuplement à couvert dense n'est jamais totalement incombustible par grande sécheresse et fort mistral. Mais il formera à l'âge adulte un couvert haut et fermé, il éliminera ainsi les risques de propagation du feu, il facilitera la lutte et il pourra être moins touché par le feu (BOISSEAU, 1990).

Il est essentiel de pouvoir suivre l'inflammabilité d'une zone de végétation dans le temps au cours d'une saison par exemple et selon la situation climatique de la région. Cela facilitera l'about à l'amélioration génétique des essences de reboisement et aidera à l'élaboration de modèles spécifiques de gestion des peuplements de la région.

Cependant, le choix de l'essence à reboiser doit répondre aux critères suivants :

- Adaptation aux facteurs climatiques et édaphiques ;
- Cimes développées contrôlant par le couvert végétal la végétation basse ;
- Accessoirement, production de bois (qualité et quantité) (FERRANDES, 1990).

En matière d'aménagement, par un maillage du territoire et une diversification des paysages obtenus par la constitution de la forêt en « mosaïque », c'est-à-dire constituée par des formations végétales différentes et par un réseau de coupures de combustibles dans lesquelles le volume et la masse sont réduits au maximum pour limiter l'avancée du feu et rompre la continuité, réduira sans doute l'emprise des grands incendies par le dégagement de l'énergie et la taille des flammes. Mais la diversification doit toujours respecter le paysage et le caractère de la zone d'intervention, ainsi que les habitats de la vie sylvestre (faune et flore) (DELABRAZE & *al.*, 1991).

IV.3.1.1.4. Sensibilisation du public :

Chaque année, des milliers d'hectares sont ravagés par le feu. Cette destruction de la forêt

constitue un désastre écologique car l'équilibre naturel est perturbé. Or, ce phénomène est lié à la présence de l'homme soit indirectement par son indifférence, soit directement du fait des mises à feu volontaires (crime) ou involontaires (conscience). Le risque est alors associé à l'allumage et sa diminution dépend d'un surcroît de sensibilisation et d'une éducation du grand public.

L'éducation et la mise en vigueur des lois sont les mesures efficaces de prévention lorsque les incendies sont le fruit de l'ignorance, de la négligence ou de la malveillance.

Cependant, dans bien des cas les feux sont causés par simple inadvertance ou par accident. Ces causes ne peuvent être éliminées qu'en modifiant les risques d'inflammation ou le combustible.

En ce qui concerne l'action sur le grand public, les moyens de communication peuvent tirer parti des compétences d'experts en publicité par le biais des médias ou faire appel aux émissions radiophoniques locales, à la télévision, aux journaux et revues, aux programmes d'éducation scolaire, aux affiches et aux contacts personnels.

D'autres mesures recourent largement à des représentations symboliques facilement identifiables.

Il est indubitable que la tentative la plus réussie de mettre le public en garde contre les feux de forêts a été le « smokey bear », symbole de prévention conçu aux Etats-Unis et représentant un ours (MORRISON, 1976). Son succès a été à l'origine d'une véritable explosion de symboles utilisant des animaux pour promouvoir la prévention des incendies. C'est ainsi que l'Australie a choisi un koala, l'Espagne un lapin, la France un hérisson, le Chili un coyote, la Russie un élan, la Mozambique une antilope et la Turquie un écureuil (TORUL et BILGILI, 2002).

IV.3.1.2. Activité de lutte des incendies de forêts :

Les opérations de lutte contre les feux de forêts ne peuvent être conduites au hasard. L'étude des notions de base de pyrologie forestière, ainsi que celle des principes de base de la combustion effectuée dans le deuxième chapitre permet de dégager les principales méthodes qui régissent le ralentissement ou l'arrêt du processus de combustion et les techniques utilisées pour combattre les feux de forêts.

La lutte contre les incendies comporte toutes les activités liées à la maîtrise et à l'extinction du feu, de sa découverte jusqu'à son élimination totale.

Cependant, une bonne planification de la lutte exige des informations détaillées sur les facteurs environnementaux influençant le comportement du feu, des ressources à affecter

à son élimination et des modèles bien conçus de prédiction de son évolution (BILGILI & BASKENT, 1997).

IV.3.1.2.1. Principe de lutte contre les feux de forêts :

Dans le deuxième chapitre, nous avons étudié le phénomène de la combustion en présentant ses trois composantes sous forme du célèbre triangle de feux. Il a été montré que l'absence de l'un des trois éléments formant les côtés du triangle soit le combustible, l'oxygène ou la chaleur rend impossible que la réaction se développe. Comme la combustion constitue une réaction en chaîne qui se maintient grâce à ces trois éléments indispensables, le simple fait d'enlever ou d'affaiblir un des côtés du triangle interrompt ou amortit le processus en cours. Donc, le principe de lutte consiste à vaincre « le triangle de feu » (Fig. 33) à partir des opérations qui visent à briser ou à affaiblir directement ou indirectement le ou les côtés les plus vulnérables de ce triangle, afin de réduire la vitesse de combustion ou l'intensité de l'incendie (M.T.F., 1973).

A chacun des trois éléments nécessaires à la combustion correspondent un principe et des moyens spécifiques susceptibles de contrecarrer le rôle que jouent ces facteurs dans la réaction.

Pour comprendre comment on peut réussir à arrêter le processus de combustion, il est nécessaire d'analyser ces trois éléments, d'énoncer les principes de lutte permettant d'influencer chacun d'eux, d'identifier les techniques requises pour appliquer ces principes et enfin de définir les opérations à réaliser.

IV.3.1.2.2. Moyens de base pour combattre les incendies de forêts :

La lutte contre les incendies de forêts est basée sur trois principes fondamentaux qui définissent chacun un type d'intervention particulier (tableau 20) ; l'élimination de l'air, la réduction de la chaleur et l'action sur les combustibles se traduisent respectivement par les différents moyens d'étouffement, de refroidissement et de neutralisation.

A. Etouffement :

Cette technique a pour objectif d'éteindre un incendie en privant le feu de l'oxygène nécessaire à la combustion. Cet objectif peut être atteint par l'application de terre minérale, de produits chimiques ou par battage.

La technique d'étouffement peut être le plus souvent appliquée au cours des premiers instants de la lutte en vue de retarder la progression du feu. Elle est très difficile à utiliser sur grande échelle à cause du volume de travail qu'elle nécessite. De plus, l'application de terre risque souvent de remplacer une combustion vive par une combustion lente au lieu d'éteindre le brasier.

B. Le refroidissement :

La technique de refroidissement agit sur la combustion en réduisant la chaleur au-dessous du point de l'inflammabilité. Ce ci peut être réalisé par application d'eau ou de terre minérale humide sur les matériaux en ignition. L'eau refroidit le feu en absorbant une partie de la chaleur nécessaire au maintien de la combustion.

La technique de refroidissement est l'une des plus utilisées dans la lutte contre les feux de forêts. Elle peut être employée à n'importe quelle étape du combat et constitue généralement le premier objectif de l'arrosage du feu.

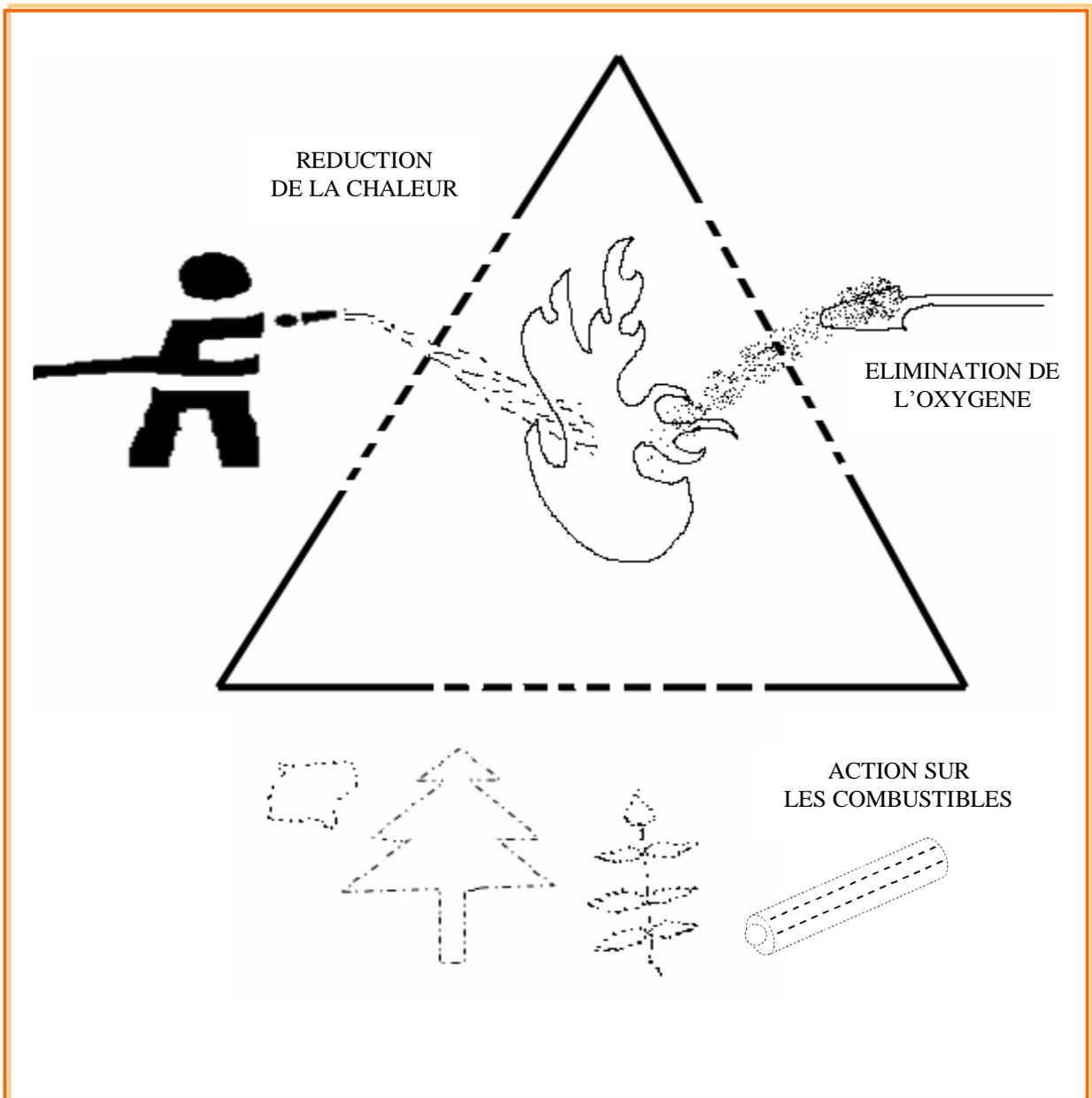


Fig. 33 : Principes de lutte contre le feu de forêt

C. Neutralisation des combustibles :

La neutralisation des combustibles vise à priver le feu des matériaux nécessaires à sa propagation. Cet objectif peut être atteint de deux façons : d'une part en réalisant une séparation complète entre les combustibles enflammés et les combustibles intacts, et d'autre part en augmentant la résistance au feu des combustibles pour qu'il leur soit impossible de s'enflammer.

- L'accroissement de la résistance au feu des combustibles s'explique par le fait que l'eau pénètre les matières végétales et les rend inaptes à la combustion en augmentant leur teneur en humidité.

Pour combattre certains types d'incendie comme les feux de profondeur, on a souvent recours simultanément à deux modes d'intervention : l'application d'eau en surface permettant d'abord de réduire l'intensité de la chaleur en bordure du feu, ensuite la pénétration d'eau en profondeur qui contribue à augmenter la résistance des combustibles situés à proximité de l'incendie.

Le Tableau 20 regroupe l'essentiel de la théorie et la pratique du combat des feux, il illustre le fondement des méthodes de combat des feux de forêts.

Tableau 20 : la lutte contre le feu

Elément de la combustion	Principes de lutte contre le feu	Moyen de combat	Opérations
Oxygène	Elimination de l'air	Etouffement	-Battre le feu -Appliquer de la terre
Chaleur	Réduction de la chaleur	Refroidissement	-Arroser -Appliquer de la terre humide
Combustibles	Action sur les combustibles	Neutralisation	-Séparer les matériaux -Augmenter la résistance au feu par l'application d'eau

IV.3.1. 2. 3. Etapes de développement et de combat d'un incendie :

La lutte contre un feu de forêt ne peut pas être entreprise sans évaluer au préalable les caractéristiques de l'incendie et les conditions de son développement.

Il convient donc d'étudier les principes qui influencent le choix du ou des points stratégiques où seront appliquées en priorité les techniques de combat le long du périmètre de l'incendie. Ensuite, examiner comment se présentent les étapes de la lutte dans le temps et dans l'espace.

IV.3.1.2.3.1. Phases de développement d'un incendie de forêt :

Pour les fins du combat des incendies, quatre phases de développement ont été identifiées à partir des caractéristiques que peut présenter un feu de forêt : hors contrôle, contenu, maîtrisé et éteint.

- a) **Le feu est hors contrôle :** un feu de forêt est hors contrôle lorsqu'il brûle librement et à ce moment, sa bordure progresse sous l'action combinée des facteurs atmosphériques et topographiques.
- b) **Le feu est contenu :** cette phase de développement identifie un incendie dont la progression est arrêtée temporairement aux moyens de lignes de suppression établies sur l'ensemble de son périmètre.
- c) **Le feu est maîtrisé :** un incendie est dit « maîtrisé » lorsque sa propagation est arrêtée de façon définitive au moyen de lignes de suppression bien établies.

Le feu peut persister à l'intérieur d'un périmètre fixe, mais il n'est pas susceptible de se développer librement en raison des mesures adoptées ou des conditions environnantes. Il faut savoir en effet que la maîtrise d'un feu peut survenir en l'absence de toute intervention humaine.

- d) **Le feu est éteint :** cette phase du développement d'un incendie est la dernière puisqu'elle identifie une situation où nul signe de combustion (dégagement de chaleur, de lumière ou de fumée) ne peut être perçu.

IV.3.1.2.3.2. Phases du combat :

Trois étapes ou phases de combat : l'attaque initiale, la maîtrise et l'extinction distinctes et consécutives. Ces étapes sont basées sur les phases de développement des incendies et caractérisées par des objectifs et des opérations bien définis.

a) **L'attaque initiale :** cette étape a pour objectif de contenir l'incendie, c'est-à-dire de le maintenir dans certaines limites en l'empêchant de s'éteindre. Les opérations du combat tendent surtout à étouffer les flammes et à neutraliser les combustibles situés juste à l'extérieur du périmètre du feu ; l'utilisation d'avions citernes, de motopompes et d'outils manuels est particulièrement indiquée au cours de cette phase de la lutte.

b) Maîtrise de l'incendie : la maîtrise de l'incendie a pour objectif d'arrêter définitivement la propagation du feu, ce qui peut être réalisé en encerclant l'incendie de forêt par des lignes d'arrêt ou de suppression établies tout autour.

Une ligne de suppression identifie toute barrière naturelle ou artificielle à la propagation d'un incendie, ainsi que les travaux exécutés à la bordure d'un incendie dans le but de le maîtriser. La ligne d'arrêt représente par contre la partie de la ligne de suppression qui a été débroussaillée sur une faible largeur en vue de maîtriser un incendie.

La construction des lignes d'arrêt peut se faire à l'aide d'outils manuels, de machinerie lourde, d'avions citernes ou de motopompes, dépendant de la nature du sol et de la disponibilité de l'eau et de l'équipement. A cette phase, l'eau sert aussi à augmenter la résistance des combustibles de surface et de profondeur.

e) L'extinction : c'est la dernière phase du combat et elle a pour objectif de faire cesser complètement l'incendie. Elle regroupe les opérations de patrouille et d'extinctions finales réalisées aussitôt le feu est maîtrisé. Elle ne se termine que lorsque l'incendie est complètement éteint.

Le Tableau 21 illustre comment les trois étapes de combat se situent par rapport aux quatre phases de développement d'un incendie.

Cette procédure ne s'applique pas toujours dans un ordre chronologique, car c'est évidemment le stade de développement atteint par l'incendie qui indique l'intervention à réaliser.

IV.3.1.2.3.3. Méthodes pour contenir et maîtriser les feux de forêts :

Généralement, le combat au feu exige des efforts considérables qui sont surtout consacrés à la confection d'une ligne d'arrêt. Ces travaux consistent à appliquer les différentes techniques de base permettant de contenir et de maîtriser un incendie.

Deux principales méthodes : directe et indirecte, qui ne se distinguent l'une de l'autre qu'en fonction de la distance qui sépare leur lieu d'application de la bordure du feu.

Le Tableau 22 résume les caractéristiques des deux méthodes de combat des feux ainsi que leurs objectifs et l'énumération des opérations impliquées dans leur application.

IV.3.1.2.4. Techniques d'extinction des incendies :

Une fois que l'incendie a été maîtrisé, il n'est plus nécessaire de construire des lignes d'arrêt, on doit cependant intensifier les opérations de surveillance et procéder à l'extinction complète et définitive de l'incendie.

Il existe plusieurs techniques d'extinction de l'incendie, dont le but consiste à éteindre complètement les souches, billes ou autres combustibles en ignition compris à l'intérieur du

périmètre incendié, de manière à ce que le feu ne donne lieu à aucune reprise et ne vienne menacer la zone encore intacte entourant ce périmètre.

Pour effectuer les travaux d'extinction, on a recours à l'une ou à l'autre des trois techniques de lutte soit l'étouffement, le refroidissement et la neutralisation.

Dans la majorité des cas, l'extinction sera réalisée avec des outils manuels. Avec ces derniers, il est plus facile d'appliquer efficacement l'un des cinq moyens connus pour éteindre un foyer d'incendie : soit l'application d'eau ou de produits chimiques, l'épandage de terre minérale, le battage, le brûlage préventif et le déplacement des combustibles.

Tableau 21 : Les phases de développement et de combat d'un incendie forestier

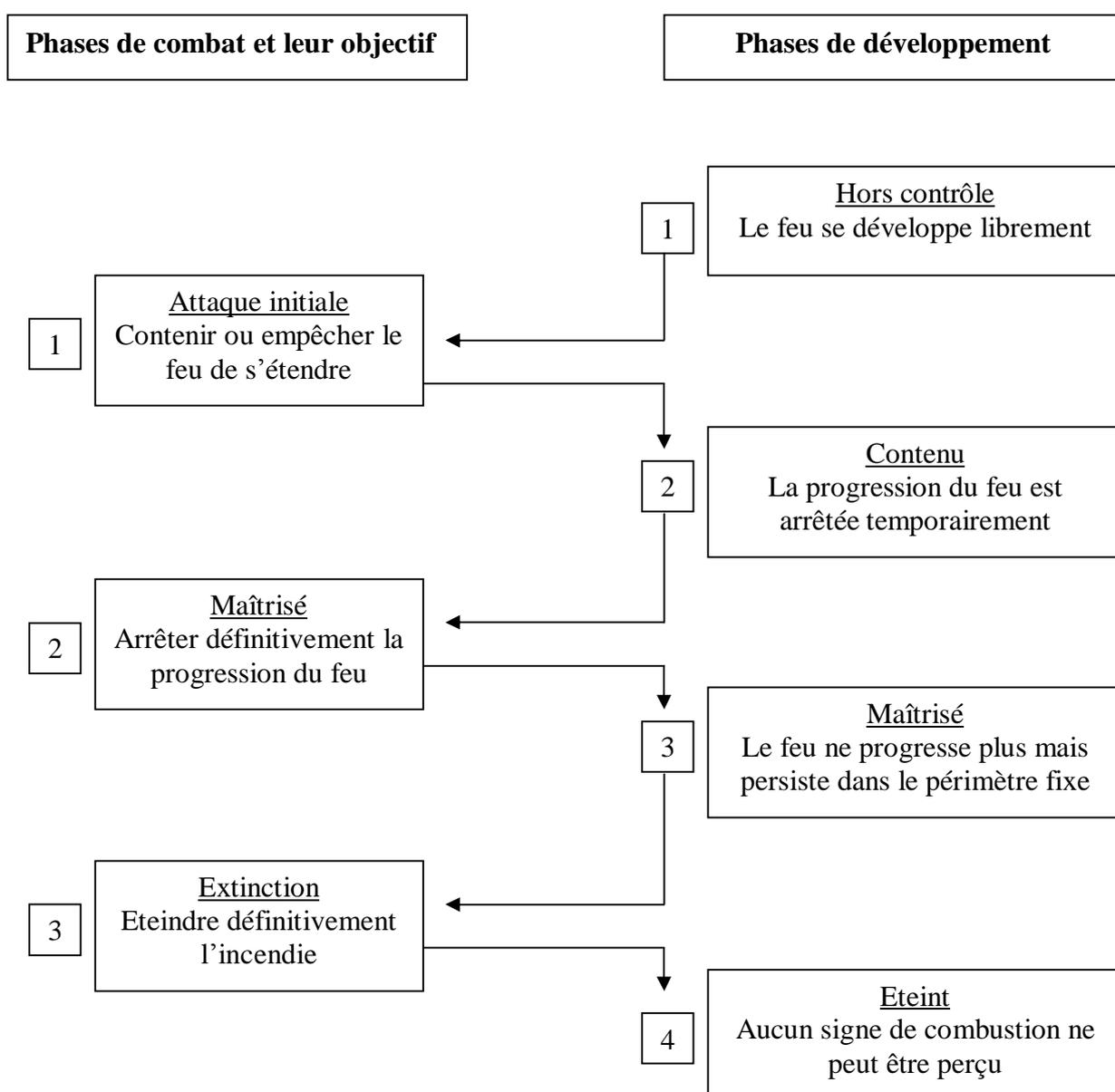
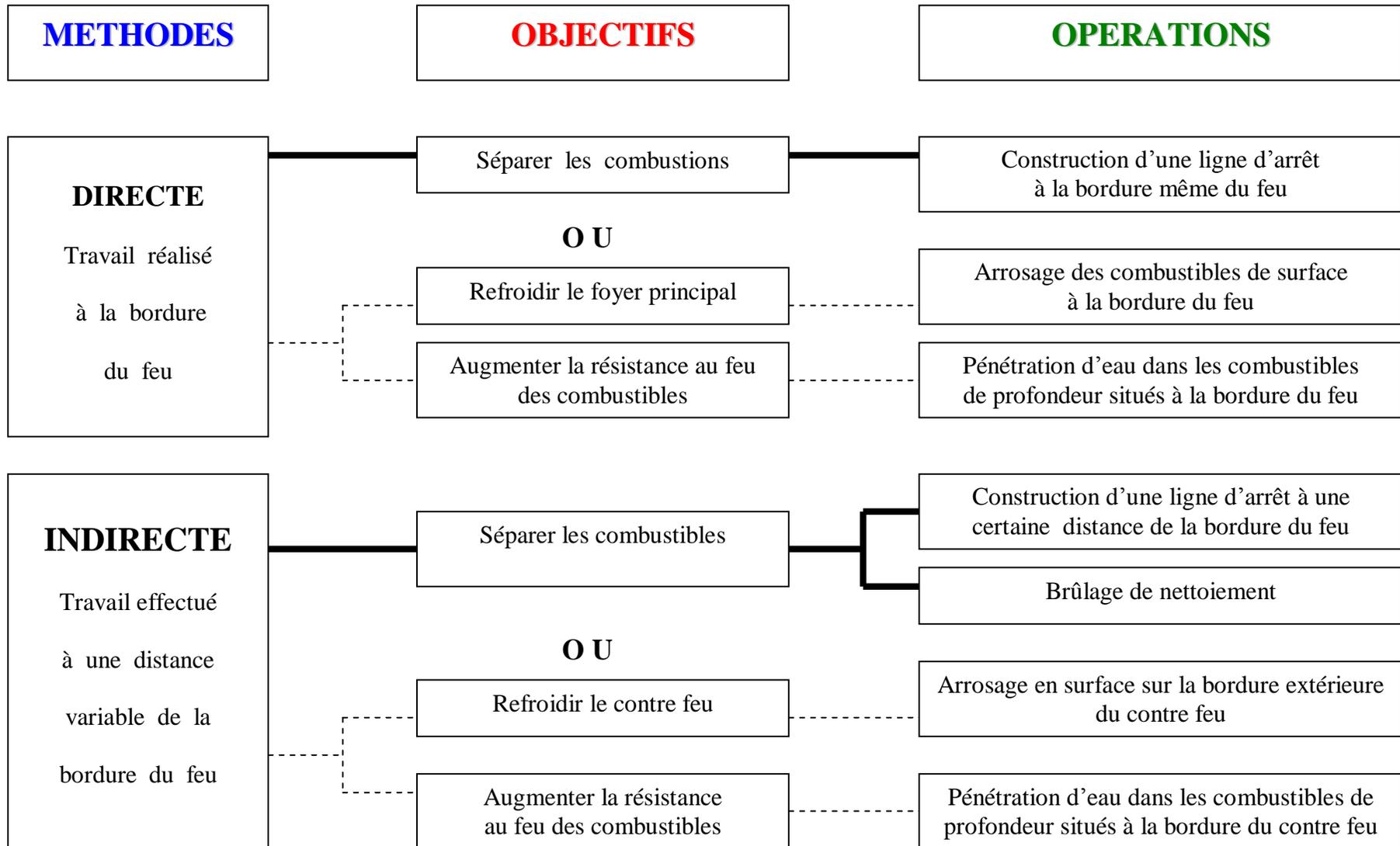


Tableau 22 : Méthodes de combat des feux de forêts



L'utilisation des moyens aériens tels que les hélicoptères Bombardiers d'eau (H.B.E.) permet d'étouffer tout départ de feu au plutôt, empêcher son développement et donner le temps aux moyens terrestres d'arriver avant que le sinistre ait pris une vigueur difficile à maîtriser. Parfois, l'addition des additifs chimiques dans l'eau à fin de renforcer son pouvoir extincteur, est l'une des directions d'investigation des spécialistes de lutte contre les feux d'espaces végétaux. Ces appareils dont la capacité d'emport est relativement importante, pourraient employés en nombre suffisant avec une logistique appropriée et compte tenu de la multiplicité des plans d'eau utilisables, quitter le domaine restreint de l'intervention sur feu naissant ou du traitement de lisières en fin d'incendie pour l'attaque des sinistres en pleine évolution (CZIKAN, 1990).

IV.3.1.3. Autres moyens de gestion des incendies de forêts :

IV.3.1.3.1. L'emploi de l'informatique avancée :

Dans le cadre de la gestion d'un parc forestier et sa protection, les méthodes de l'intelligence artificielle peuvent aider les gestionnaires à plusieurs niveaux :

- ✚ Mieux modéliser et structurer leurs connaissances ;
- ✚ Automatiser les procédures de mise à jour ;
- ✚ Suivre l'évolution de la situation et l'analyser en temps réel ;
- ✚ Présenter les informations pertinentes de la manière la plus efficace afin qu'ils puissent prendre leurs décisions dans les meilleures conditions (WYBO et CARREGA, 1990).

Au delà de cette gestion automatique chargée de faire gagner du temps et de l'efficacité, on pourra utiliser pour cette interactivité les développements effectués dans l'analyse et la compréhension des données à l'aide de logiciels intégrés, déterminer les fonctionnalités nécessaires et les modes de présentation les plus efficaces.

IV.3.1.3.2. Système de gestion spatiale :

Ce système est mis au point par le service canadien des forêts ; chef lieu de file dans la mise au point de systèmes d'information pour la gestion des feux de forêts sur plus de soixante quinze ans de recherches et dont les objectifs globaux sont de contribuer à :

- ☐ La protection des personnes et des biens contre les impacts des feux de végétation ;
- ☐ L'intégration du feu à la foresterie durable et à la gestion écosystémique.

Le SGSFF peut être utilisé à n'importe quelle échelle spatiale tant mondiale que locale.

IV.3.1.3.3. Méthode canadienne de l'indice Forêt-Météo :

L'un des éléments de base d'une prévention efficace des incendies de forêts en zone méditerranéenne, est la prédiction de tout ce qui touche à leur éclosion et à leur propagation.

Prévenus du danger, les moyens de lutte pourront intervenir plus rapidement et les feux prendront beaucoup moins d'ampleur. La pertinence et la précision d'un indice de risque météorologique sont donc parmi les outils de base de cette lutte. Lorsque la valeur de cet indice augmente, cela provoque la montée en puissance des moyens de lutte mis à titre préventif sur le terrain (SOL, 1990).

C'est une méthode qui permet d'évaluer le danger du feu potentiel relatif d'après les observations météorologiques. Les éléments de cet indice décrivent les effets de l'humidité, du combustible et du vent sur le potentiel d'allumage d'un incendie et sur le comportement probable du feu.

IV.3.1.3.4. Méthode canadienne de prévision du comportement des incendies de forêts :

Cette méthode permet d'établir des prévisions quantitatives sur le comportement potentiel du feu à partir des données sur les conditions météorologiques, la végétation et le relief. La vitesse de propagation et la quantité de combustible consommée font partie de ces mesures.

IV.3.1.3.5. Prévision de la fréquence des incendies :

Le SGSFF comporte des modèles permettant de prévoir la fréquence des feux de végétation allumés par l'homme et par la foudre. Il utilise des données historiques sur les feux et des données météorologiques ainsi que des données en temps réel sur la foudre pour établir des prévisions quotidiennes de la fréquence des feux de végétation.

IV.3.1.3.6. Modèles de dispersion de la stabilité atmosphérique :

Au nombre des outils offerts avec le SGSFF, figurent des modèles permettant de décrire et de prévoir la dispersion de la fumée et d'autres émissions dans l'atmosphère. Il est également possible de déterminer le potentiel des flambées explosives.

IV.3.1.3.7. Système de détection des incendies :

Des chercheurs en incendie ont étudiés la faisabilité d'un nouveau système de détection des incendies utilisant « la fibre optique ». Ce système permet la détection précoce des incendies dans des endroits difficiles d'accès ou d'accès restreint qui entraînent souvent des pertes matérielles considérables et des pertes de vie.

Le détecteur optique permet de mesurer la température de n'importe quel point le long d'un câble optique pouvant aller jusqu'à 100km de long. Il permet de détecter un incendie plutôt ou même détecter de très petits incendies. Le câble optique est robuste, souple et résilient et il peut être directement placé près ou à l'intérieur des parcelles à protéger, ce qui permet de localiser l'incendie et de déterminer son intensité avec précision.

IV.3.2. Dispositif de protection des forêts contre l'incendie en Algérie :

Les incendies de forêts constituent pour de nombreux pays dont l'Algérie, un véritable fléau national pour la solution duquel une parfaite organisation doit être mise en place.

La forêt algérienne, présentant de grandes similitudes avec les forêts du bassin méditerranéen, composée de formations végétales étroitement liées au climat est de nature très sensible aux feux. Ces derniers, par leur soudaineté, leur brutalité et leur multitude, ont non seulement ravagé des surfaces importantes mais également détruit des habitations, sérieusement menacé beaucoup d'espèces végétales et animales dont certaines présentent un statut de rareté.

En raison de toutes ces pertes parfois irremplaçables, l'Algérie comme tout pays préoccupé par les menaces de ce facteur de dégradation du patrimoine forestier a introduit un programme d'action et d'intervention en vue de répondre aux urgences qu'implique la dimension du problème des feux de forêts.

En effet, s'agissant d'une action collective destinée à combattre un fléau ou à en parer les effets, la lutte contre les incendies de forêts ne se conçoit pas sans un plan définissant des moyens avec toutes les conditions de leur intervention et de leur mise en œuvre.

L'un des facteurs déterminant de la lutte active proprement dite presque plus important que la somme des moyens mis en œuvre, est la rapidité avec laquelle la lutte est engagée : il s'agit de permettre aux moyens de parvenir à leur lieu d'emploi dans les plus brefs délais possibles à partir de la naissance d'un feu. Sur la base de ces principes, il s'agira de traduire dans les faits, les domaines de la prévention, la prévision, la lutte active et les actions à entreprendre après l'incendie.

IV.3.2.1. Prévention des incendies de forêts en Algérie :

La prévention des incendies utilise les différents moyens permettant d'éviter la naissance du feu et d'en limiter les conséquences, lorsque pour une raison ou une autre un incendie a lieu. Parmi ces moyens, ceux qui sont utilisés en Algérie on peut citer :

- L'information et la sensibilisation des citoyens ;
- La réglementation en matière de protection des forêts ;
- La conduite de travaux préventifs et la création d'une infrastructure forestière adéquate ;
- L'organisation d'un dispositif d'alerte et d'intervention rapides.

L'application de toutes ces mesures se traduirait sans aucun doute par des résultats positifs, à savoir la réduction du nombre d'incendie à travers le territoire national et la baisse de la superficie moyenne par incendie.

Mais l'information, le respect de la réglementation et la mise en place d'un dispositif de protection adéquat sont les meilleurs facteurs de prévention.

IV.3.2.1.1. L'information et la sensibilisation du public :

Les incendies dans le domaine forestier national ont des causes très diverses. Toute fois, l'homme reste le principal auteur (imprudence, malveillance ou volontaire). Rares sont les cas des feux dus à une cause naturelle (foudre).

Il est de ce fait utile de mener les actions visant à sensibiliser les citoyens afin de limiter le nombre de mises à feu. Tous les moyens doivent être mis en œuvre pour que les populations aussi bien rurales que citadines soient informées et mises en garde contre les dangers des incendies de forêts.

Les actions d'information et de sensibilisation doivent viser les adultes, citadins et ruraux particulièrement les enfants dans le but d'attirer leur attention sur les conséquences de ces actes et de leur indiquer les règles de conduite à suivre pour éviter les risques d'incendies.

Ces actions devraient être menées selon un programme d'information et de sensibilisation qui peut comprendre :

- L'installation de panneaux routiers ayant pour thème la protection des forêts et du milieu naturel.
- Un lancement d'appel à la prudence et au respect du milieu naturel par la radio, la télévision et la presse.
- Les missions d'information chargées d'assurer des contacts audio-visuels auprès des établissements scolaires : exposition de diaporamas par exemple, faire des concours de dessins sur la protection de la nature et mettre à la disposition des enseignants d'un matériel pédagogique lui permettant d'éduquer les enfants à respecter la nature et à veiller sur sa protection. Aussi en milieu scolaire, une action éducative peut être entreprise même pendant les vacances, il s'agit des excursions en forêts avec exposés et débats, affichages et distributions d'illustrés et dépliants etc.
- Organisation de journées d'étude et d'information, des conférences, par exemple des expositions à l'occasion de la journée de l'arbre ou bien la journée de l'environnement.
- Dresser des stands d'information au sein des foires organisées périodiquement à travers le pays, avec distribution d'autocollants, d'affichettes, de brochures, etc.

En somme, le programme d'information et d'éducation du public devrait permettre à la population une conviction qu'elle doit éviter tout acte susceptible de provoquer un incendie.

IV.3.2.1.2. La prévision :

IV.3.2.1.2.1. Le dispositif de protection :

Il s'agit de respecter scrupuleusement le plan de protection contre les incendies à tous les niveaux. Pour être efficace, ce plan doit tenir compte de tous les éléments susceptibles d'intervenir dans ce domaine et de fixer un objectif pour chacune des phases de prévention, prévision et lutte. Ainsi, ce plan judicieusement élaboré doit prévoir toutes les mesures et les différents moyens à mettre en œuvre pour la lutte contre les incendies. Il doit être complété par des cartes forestières (Fig. 24) du **1/10.000** au **1/20.000** avec notamment les renseignements suivants :

- Points d'eau et réserves avec leur capacité.
- Postes de vigie.
- Tracées des pistes et communications forestières.
- Délimitations des secteurs et lots de forêts.
- Incendies survenus antérieurement avec leurs dates et délimitation.
- Brigades forestières avec délimitation de leur champ d'action.
- Unités de secours.
- Index téléphonique de tous les organismes de la wilaya.

IV.3.2.1.2.2. Surveillance, Détection et Alerte :

La première mesure de prévision est la mise en place du dispositif de surveillance, de détection, d'alerte et de première intervention. Ce dispositif est composé essentiellement des postes de vigie, des brigades mobiles et montées des unités de secours, et de la surveillance aérienne.

a) Postes de vigie :

Dans les régions forestières, les postes de vigie sont établis en permanence pendant toute la période du premier (1^{er}) Juin au 31 Octobre. Ils sont installés et disposés de manière à couvrir à vue directe tout le territoire à surveiller.

En cas de sécheresse prolongée, ils devront être rétablis quelque soit l'époque de l'année, et pendant le temps jugé convenable.

Dans les postes de vigie, la surveillance doit être assurée en permanence de jour comme de nuit durant toute la période de la campagne. Chaque poste de vigie est pourvu d'au moins deux personnes se relayant à heure fixe ayant reçu toutes les consignes nécessaires. Ils sont munis d'émetteurs récepteurs portatifs et sont dotés de moyens de transport nécessaires à leur déplacement, ainsi que de moyens de fonctionnement.

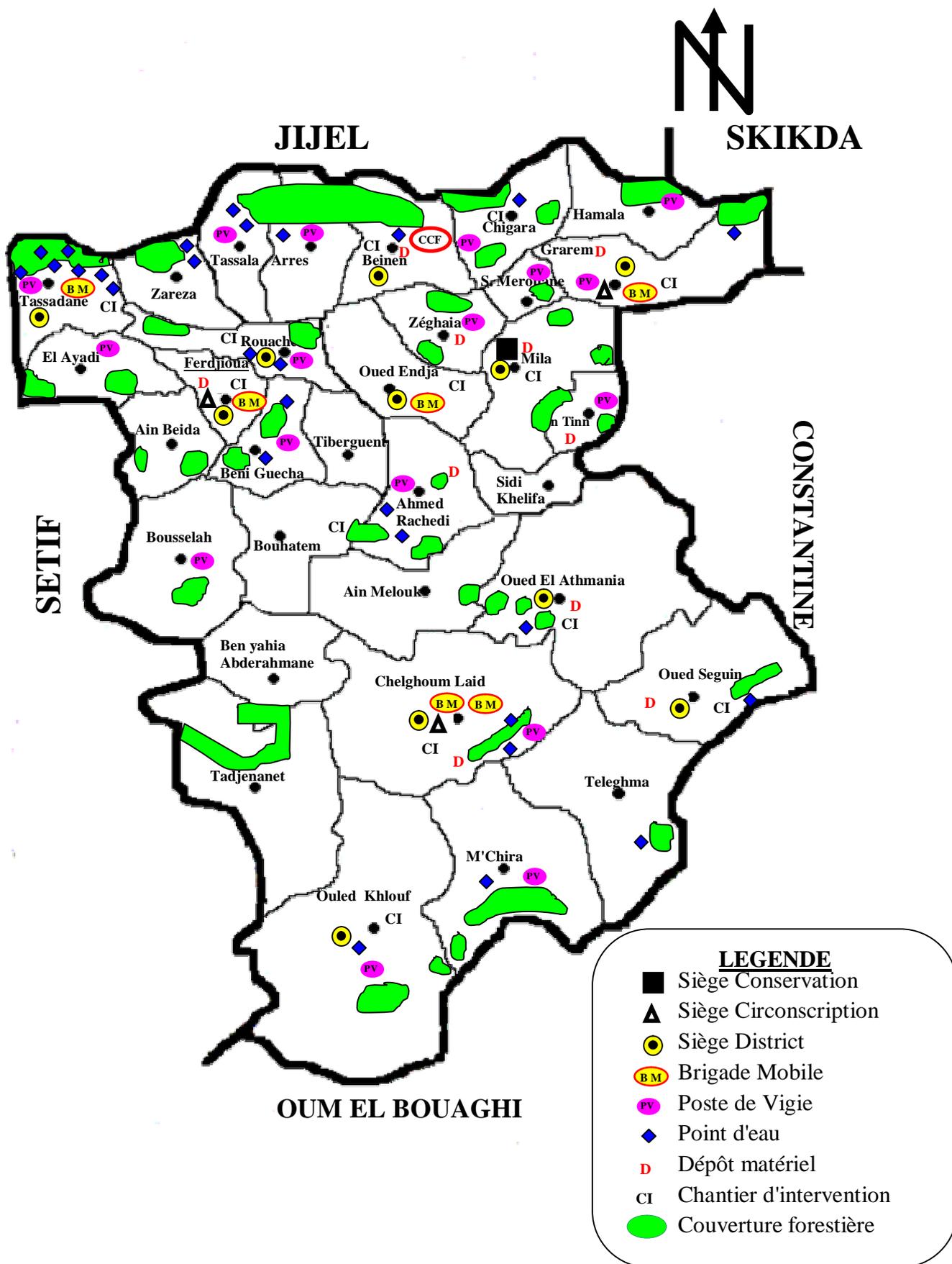


Fig. 34 : Carte du dispositif de lutte contre les incendies de forêts de la wilaya de Mila
(Compagne 2005)

b) Les brigades mobiles :

Les brigades mobiles sont constituées d'un chef de brigade, six agents et le chauffeur. Leur équipement outre le poste radio doit comprendre : des tronçonneuses, des haches à incendie, des pioches, des hachettes, des paires de jumelles, une carte de repérage de la région concernée, des serpes, de l'eau , etc.

Elles doivent rester en communication constante avec les postes de vigie environnants. Ce réseau de surveillance pour être efficace, doit transmettre les renseignements dès le début de l'incendie en donnant le maximum de précisions.

A la réception du premier message du poste de vigie, la brigade mobile la plus proche doit se rendre sur les lieux immédiatement pour la première intervention, puis informer dans les meilleurs délais les services de la protection civile et évaluer avec précision l'ampleur de l'incendie.

c) Moyens aériens :

Une surveillance aérienne doit être assurée durant toute la période sèche.

d) Cartographie forestière :

Les cartes forestières sont un outil indispensable de travail dans le cadre de la protection forestière. Ces cartes devront être mises à la disposition des organismes participant directement aux opérations de lutte. Elles viendront s'ajouter à celles qui seront établies à l'échelle régionale et nationale (carte de sensibilité et carte d'infrastructures).

Ces cartes devront aussi permettre de connaître avec précision les différents périmètres qui influent tels la nature et la densité du peuplement forestier, la topographie des terrains, l'occupation humaine, les voies d'accès, le réseau hydrographique, l'infrastructure en place, etc.

IV.3.2.1.2.3. La lutte active :

L'efficacité de la lutte dépend dans une large mesure d'une direction unique et efficace, compte tenu de son caractère technique complexe nécessitant une formation assez poussée. Il serait indispensable de confier la direction des secours aux personnes les plus aptes à diriger les opérations de lutte.

Cependant, une coordination et une collaboration étroites et constantes doivent régner entre les différents services appelés à lutter en commun contre le feu.

Le déclenchement du dispositif de secours et de lutte doit s'effectuer normalement dans les conditions suivantes :

- Le centre de secours de la protection civile alerté s'efforce d'obtenir les renseignements précis sur les lieux exacts du sinistre, le chemin le plus court pour y parvenir, la nature

du feu, et sur les dangers éventuels de propagation aux installations environnantes (populations, fermes, récoltes, etc.).

- Après avoir obtenu tous ces renseignements, on se dirige immédiatement sur les lieux après avoir prévenu le centre principal des secours de la protection civile pour joindre le lieu.
- A ce moment, le processus d'intervention est déclenché en essayant de s'organiser de manière à enrayer la progression du feu dans la direction dangereuse.

L'efficacité de l'intervention exige une unité de commandement à tous les échelons et une information rapide entre les moyens engagés.

La lutte contre les incendies de forêts, si elle se relève principalement des services forestiers et de ceux de la protection civile, demeure une préoccupation de tout le public. Ce dernier, doit être effectif à tous les stades de la protection de la forêt contre l'incendie, que ce soit au niveau de la prévention, de la surveillance, de l'alerte ou de l'intervention.

La photo suivante montre l'un des agents forestiers en intervention sur un foyer d'incendie.



Photo 11 : Intervention initiale des agents forestiers sur un feu de forêt

IV.3.2.1.2.4. Mesures à prendre après un incendie de forêt :

Après un incendie de forêt, une série de mesures d'ordre administratif et technique doivent être mises en œuvre. Ces mesures se rapportent principalement à l'estimation précise des superficies parcourues par le feu, du volume de bois incendié, de l'établissement de l'état d'assiette de coupe, de la mise à jour des documents de gestion et de l'instauration de la mise en

défense. L'estimation des superficies brûlées vise à préciser les superficies endommagées par le feu annoncées approximativement à l'occasion du premier message.

Au plan technique, l'amélioration des connaissances scientifiques qui conduit à être beaucoup plus sélectif et l'apparition des systèmes de gestion de données et de cartographie informatisées, permet de réaliser des analyses beaucoup plus poussées (NINGRE, 2000).

IV.3.2.1.2.5. Bilans des campagnes :

Chaque année, le service forestier doit élaborer un bilan de la campagne de lutte contre les incendies au sein duquel sont émises toutes les informations concernant cette campagne.

Ce document permet d'apprécier objectivement les causes du sinistre, l'étendue des dégâts et le déroulement détaillé des opérations. Il constitue la base de l'étude statistique du problème de la protection de la forêt contre l'incendie. Ainsi, c'est l'élément essentiel qui permettra aux services centraux de connaître sous tous ses aspects un incendie déterminé.

IV.3.2.2. Propositions d'amélioration en la stratégie de lutte contre les feux de forêts dans la région d'étude :

L'incendie de forêt constitue pour l'Algérie l'un des problèmes écologiques les plus graves. Il faudra donc des efforts des élites politiques, des organisateurs communautaires et des membres du secteur public et privé pour arriver à résoudre la question des feux de végétation.

L'action dans ce domaine devrait être fondée sur une approche globale qui intègre des disciplines qui peuvent rendre les forêts et les grands espaces plus sécuritaires.

Ces disciplines se basent avant tout sur :

- **L'éducation :** éduquer la population vivant dans des secteurs de forêts ou de prairies sur les précautions à prendre.
- **La gestion des combustibles :** garder les résidences sécuritaires en élaguant, en émondant ou en enlevant les arbres, les branches et les bois morts qui pourraient nourrir l'incendie.
- **La législation :** impliquer le développement (par exemple les mesures dans les secteurs adjacents aux forêts devraient obligatoirement posséder un système de gicleurs).
- **Le développement :** préparer des lignes de conduite pour les entrepreneurs et les contractants afin de rendre les lotissements plus sécuritaires.
- **La planification :** mettre en œuvre des restrictions ou des indications par exemple les routes, les entrées et les chemins devraient être assez larges pour laisser passer un camion de pompiers.

- **La formation :** la formation polyvalente des pompiers qui doivent travailler avec les ressources forestières de lutter contre les incendies.

Il faut également :

- Intensifier les recherches sur les causes des incendies de forêts ainsi que la diffusion et l'exploitation des résultats de ces recherches ;
- Encourager les campagnes de sensibilisation du public sur le danger que présentent les incendies de forêts ;
- Promouvoir la mise en place de stratégies intégrées de prévention, de surveillance et de lutte ;
- Encourager la réalisation de réseaux de communication intégrant l'échange de données météorologiques entre régions permettant de renforcer l'efficacité des mesures de lutte contre ce fléau.

Le site Web existant « changement climatique – Algérie » est maintenu et développé sur le réseau Internet. Il constitue un cadre d'échange régional, national et international (D.G.E., 2001).

- Elargir le domaine de la recherche portant sur des facteurs climatiques dans les risques d'incendies ;
- Recherche sur le développement de nouvelles techniques et systèmes de gestion et de lutte contre les feux de forêts ;
- Réalisation dans ce domaine des projets expérimentaux ainsi que l'échange d'expérience entre pays concernés ;
- Renforcement du système de veille et de vigilance dans les zones à haut risque principalement lorsque la température journalière est à son maximum (de 11 h à 16 h) (ONAGRI, 2004).

● **Propositions d'emploi de systèmes de prévention dans notre région d'étude :**

L'incendie de forêt est un risque contre lequel nous pouvons lutter mais nous ne pourrions jamais le stopper complètement, surtout que celui-ci se développe de façon différente selon les conditions climatiques, la topographie et le type de végétation. Ainsi, les moyens de prévention seront différents et doivent s'adapter au type de forêt et à la topographie et aux climats.

Dans nos régions étudiées, les forêts de la wilaya de Guelma et celles de Souk-Ahras sont composées essentiellement de peuplements denses de chêne liège et de pin avec un sous-bois aussi dense, sous un climat sec à doux et sur un terrain généralement montagneux. La prévention doit être donc basée sur le débroussaillage mécanique et nécessite une intervention rapide sur un départ d'incendie.

Par contre dans les régions de Mila et de Constantine, les ressources forestières sont moins denses, en plus que le pourcentage de la couverture forestière est peu élevé, poussant de façon anarchique sur un terrain généralement escarpé et subissant un climat sec où la prévention fait appel à des techniques telles que le brûlage dirigé.

Le problème reste les grands incendies contre lesquels nous ne pouvons agir car il sont le fait d'une conjonction de facteurs différents tels que le vent, la sécheresse, la fréquentation du public et autres. Dans ce contexte, nous proposons une méthode préventive qui prendra compte de plusieurs facteurs et en fonction desquels elle peut être appliquée au moment où l'on commence à enregistrer une élévation de la température. Il s'agit de nuages de vapeur d'eau qui peuvent être lancés sur la couverture forestière à fin de l'humidifier en but de retarder la combustion et d'empêcher l'éclosion du feu. L'eau doit être alors sous forme de brouillard car ce dernier absorbe facilement la chaleur (les gouttelettes d'eau ont une surface de contact importante).

Ce dispositif doit être déclenché en fonction de la variation des températures enregistrées, par exemple de 12h à 14 heures où la fréquence des incendies est maximale. Il permet de garder le sol et les combustibles à un taux d'humidité plus élevé.

Cette technique peut être aidée par l'installation de canalisations au sol reliées automatiquement à une ou plusieurs arrivées d'eau, de systèmes de pompage constitués de pompe puissante pouvant apporter de l'eau en grande quantité et haute pression en cas de feux intenses.

En outre, les quantités d'eau peuvent être également fournies sous forme de bassins qui seront réparties en fonction du type de la forêt (dense ou claire), de la nature de l'essence (inflammable ou non, voire degrés d'inflammabilité) et de la superficie de cette forêt sans oublier de prendre en compte la capacité hydraulique de chaque wilaya ou région. L'installation de ces bassins serait aussi efficace sur les lieux à grand risque. Ils doivent être placés près des chantiers d'intervention pour être facilement utilisables et que l'intervention soit plus rapide.

Par ailleurs, ce dispositif peut être aussi relié ou commandé électriquement par une station centrale qui transmet l'alarme au service incendie ou à la protection civile en vue de les alerter à temps en cas de dégât.

Un autre système consiste à faire des tranchées pare-feu très larges dont les bords sont imbibés d'eau ou de produits ralentissant la combustion et comme ça le feu ne doit pas se propager au delà de la zone isolée.

CONCLUSION

CONCLUSION

Pendant les quinze dernières années (1990-2004), les superficies parcourues par le feu sur l'ensemble de la région du Nord-Est algérien, regroupant les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras, ont été estimées à **62.999,11 ha** pour un nombre total de **2.248** foyers d'incendies. Ce résultat permet d'établir pour ces années une moyenne de **4.199,9 ha** par an.

Le nombre d'incendies le plus important a eu lieu dans la wilaya de Souk-Ahras (**1.202** foyers) avec un taux de **53,46%** du nombre total enregistré. Mais en superficies, la wilaya de Guelma reste la plus touchée où le feu a parcouru **36.477,08 ha** de formations végétales soit un pourcentage de **57,90%** du total incendié.

Pour l'ensemble de la région, la forêt demeure la formation la plus affectée en comparaison avec les autres types de formations végétales (Maquis, Garrigue).

Avec ces **62.999,11 ha** parcourus, le bilan de l'année 1994 figure parmi les plus lourds des quinze années. En effet, **291** foyers d'incendies ont brûlés une superficie de **21.541,23 ha** soit **34,19%** de l'ensemble de la période. Il n'en demeure pas moins que ces résultats s'inscrivent dans une tendance encourageante à la baisse des superficies brûlées observées dans les années qui suivent. Cette diminution témoigne de l'efficacité des mesures de prévention mises en œuvre.

Les principaux incendies sont survenus lors du mois d'août où **56,41%** de foyers d'incendies ont parcourus **73,06%** du total des superficies brûlées.

Le poids des incendies supérieur à **100 ha** était de l'ordre de **137** foyers seulement durant toute la période. Ce nombre demeure toute fois sensiblement inférieur à celui des incendies inférieurs à **100 ha** et qui se chiffre à **2.116** foyers.

Concernant les horaires, la plus grande part des départs de feux a été dénombrée pendant la journée et plus spécialement entre 12h et 16h.

L'étude statistique durant cette longue période, permet de constater aussi que les paramètres climatiques locaux ou régionaux (températures, hygrométrie, vitesse des vents), constituent des éléments déterminant pour l'évaluation des dangers du feu. A cet effet, une collaboration avec l'office national de météorologie et la mise en place d'indice de risque tenant compte de ces paramètres permettra sûrement de mieux définir les conditions dans lesquelles le dispositif préventif doit être mis en place, ou bien d'éviter des départs de feux difficiles à maîtriser.

Or, ce phénomène est aussi lié à la présence de l'homme. Dans ce contexte, la nécessité de faire prendre conscience que la défense de la forêt est l'affaire de tous et que doit s'impliquer dans une action permanente et globale. Chacun devenant acteur dans ce combat.

Les forêts de même que les grands composants des écosystèmes, jouent un rôle majeur dans le maintien de l'équilibre écologique tant au niveau régional que local. Elle est indispensable à la vie sur terre. Les feux de forêts représentent un risque croissant qui traduit un déséquilibre dans la gestion de cet espace naturel. Ces risques sont de plus en plus délicats à gérer sur le plan administratif, technique ou stratégique. Dans cet état d'esprit, la mise en œuvre des progrès techniques a porté fruit dans de nombreux domaines que ce soit l'aménagement préventif ou l'action opérationnelle ou encore le choix stratégique d'opérations de surveillance et d'alerte.

En Algérie, les actions de protection des forêts ont connus des progrès appréciables, dans la mesure où nous constatons des améliorations dans la prise en charge du problème à tous les niveaux. En d'autres termes, nous pouvons affirmer que la volonté de préserver notre patrimoine forestier se manifeste de plus en plus à différents niveaux à travers le degré de mobilisation des moyens humains et matériels pour combattre certains incendies.

Par ailleurs, afin d'améliorer le dispositif de lutte national de protection des forêts contre les incendies et atteindre l'objectif fixé, à savoir la réduction du nombre d'incendies et de superficies brûlées annuellement, il appartient à tous les services et organismes concernés de poursuivre et de soutenir les efforts engagés en matière de prévention et d'intervention contre les incendies de forêts.

Cependant, la suppression ou au moins le contrôle de ce fléau passe nécessairement par une diminution substantielle du nombre de départs de feux. Celle-ci n'est possible que par une analyse poussée des causes de mises à feu, un traitement particulier adapté à chaque type d'origine, et surtout une prise de conscience profonde de toute la population de l'indispensable prudence et de la nécessaire vigilance. Cette dernière doit donc rester de mise et la politique de prévention s'avère plus indispensable que jamais.

Alors, il faut agir et faire en sorte de réduire fortement l'ampleur des incendies de forêts connus des autres catastrophes naturelles, il faut démontrer notre solidarité.

Références

Bibliographiques



Références bibliographiques :

- ALEXANDRIAN D. (1995)** Inventaire anti-incendie nécessaire sur la section courante des autoroutes. Options méditerranéennes. Série A, (2) : 121-131.
- ARFA A. (2003)** *Les incendies de forêts dans l'extrême Nord Est algérien ; cas des wilayas de Skikda, Annaba et Tarf, période 1990-2000.* Mémoire d'ingénieur d'état. Université Mentouri de Constantine ; 82p.
- BENOIT COIGNAC G. (de) (1996)** La prévention des grands incendies de forêts et les grands incendies. Forêt méditerranéenne. t.XII, (1): 62-65.
- BENOIT COIGNAC G. (de) & BONNIER J. (2000)** Le rôle des associations dans la définition d'un modèle de développement durable de la forêt méditerranéenne, pour la prévention des incendies en France. Forêt méditerranéenne. t. XXI, (4) : 559-562.
- BILGILI E. & BASKENT E.Z. (1997)** Fire management planning and geographic information system. Actes du IX^{ÈME} congrès forestier mondial, Antalaya, Turquie.
- BOISSEAU B. (1990)** Description du milieu, évaluation de ses potentialités forestières et choix des essences de reboisement en région méditerranéenne, leurs intérêts pour la PFCI. Espaces forestiers et incendies. Numéro spécial : 188-194.
- BOVIO G. (2000)** Les forces locales dans la lutte contre les incendies de forêts en Italie. Forêt méditerranéenne. t. XXI, (4) : 552-558.
- CERUTTI F. (1990)** La Corse, ile de feu. Espaces forestiers et incendies. Numéro spécial : 46-56.
- CHALLOT A. (1990)** Sylvopastoralisme, de quoi s'agit-t-il ? Rev. For. Fr. t.XLII, (Sp.) : 173-179.
- CHANTRAND L. & MOLINIER R. (1984)** La forêt méditerranéenne : Description, Rôle et Protection. Entente interdépartementale pour la protection de la forêt méditerranéenne contre l'incendie. Aubagne ; 31p.
- CHARMAN A. & DELCOIGNE C. (1994)** Le feu. Gamma. Ecole active ; 32p.
- CHEVROU R. (1998)** Prévention et lutte contre les grands incendies de forêts. Forêt méditerranéenne. t. XIX, (1) : 41-64.

- COMBES F. (1990)** Après le feu.....la boue. Espaces forestiers et incendies. Numéro spécial : 303-306.
- CZIKAN M. (1990)** Historique et tactique des aéronefs bombardiers d'eau de la sécurité civile française. Rev. For. Fr. t. XLII, (Sp.) : 286-289.
- DELABRAZE P. (1990 a)** Phytocides et nanifiants pour l'entretien des coupures de combustibles et de pare-feu en région méditerranéenne. Espaces forestiers et incendies Numéro spécial : 135-138.
- DELABRAZE P. (1990 b)** Quelques concepts sylvicoles et principes d'aménagement de prévention et de prévision du risque d'incendie. Espaces forestiers et incendies Numéro spécial : 182-187.
- DELABRAZE P. (1990 c)** Les débroussailllements. Espaces forestiers et incendies. Numéro spécial : 124-126.
- DELABRAZE P., HUBERT B., OSWALD H. & VALETTE J.C. (1991)** L'aménagement de la forêt pour une meilleure prévention. Supplément de recherche, (234) : 902-907.
- DELAVEAUD P. (1981)** *le feu, outil sylvicole ? Utilisation pratique des données de combustibilité.* Mémoire de troisième. ENITEF-INRA. Document interne PIF8105 ; 91p.
- D.G.E. (2001)** Elaboration de la stratégie et du plan d'action national des changements climatiques. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement. Direction générale de l'environnement. Projet national. ALG/98/G31. Alger ; 129p.
- DUPUY J.L. (2000)** Les apports possibles de la physique du feu à la conception et à l'entretien des coupures de combustibles. t. XXI, (4) : 497-510.
- EMBERGER L. (1930)** Sur une formule climatique applicable en géographie botanique. C.R.Acad.Sc. (191) : 389-390.
- EMBERGER L. (1936)** Remarque critique sous les étages de végétation dans les montagnes marocaines. Bull. Soc. Bot. Suisse ; 614-631.
- EMBERGER L. (1955)** Une classification biogéographique des climats. Nature. Monspl. Série Bot., (7) : 3-42.
- FAVRE P. (1992)** Feux et forêts. Forêt méditerranéenne. t. XIII, (1) : 31-40

- FERRANDES P. (1990)** Quelques essences exotiques pour la constitution de peuplements méditerranéens à couvert dense. *Espaces forestiers et incendies*. Numéro spécial : 195-201.
- FREDERIC J. (1992)** *Modélisation du comportement du feu, influence de la pente et de la charge d'une litière d'aiguilles de pin maritime*. Document PIF9205. Avignon ; 29p.
- G.I.S. (2000)** : Etat des connaissances sur l'impact des incendies de forêt ; mise en place de protocoles expérimentaux pour le suivi des incendies et la reconstitution des écosystèmes forestiers. Groupement d'intérêt scientifique « Incendies de forêts ». *Forêt méditerranéenne*. t.XXI, (3) : 342-352.
- GROGNOU A. (2000)** propositions d'étude et premières réhabilitations des terrains incendiés du massif de l'étoile. *t.XXI, (3) : 315-318*.
- GUILLON D. (1990)** Les effets des feux sur la richesse en éléments minéraux et sur l'activité biologique du sol. *Rev. For. Fr.* t.XLII, (Sp.) : 295-302.
- GUITON J. L. (2000)** Retours d'expériences sur les coupures soumises à l'incendie. *Forêt méditerranéenne*. t. XXI, (3) : 303-305.
- HALIMI A. (1980)** *L'Atlas Blidéen, climat et étages végétaux*. O.P.U. Alger ; 532p.
- HELTIER J.P. (2000)** les questions à se poser pour définir une stratégie de l'après feu. *Forêt méditerranéenne*. t.XXI, (3) : 301-302.
- I.E.C. (1990)** *Espaces forestiers, élevage et incendies*. INRA-Ecodéveloppement-CEPRAM. *Espaces forestiers et incendies*. Numéro spécial : 156-172
- JAPPIOT M. (2000)** Evaluation et cartographie du risque d'incendie de forêts à l'aide d'un SIG ; exemple d'un massif forestier du sud de la France. *Forêt méditerranéenne*. t.XXI, (1) : 99-103.
- KHELIFI H. (2002)** Les formations forestières et préforestières des montagnes d'Algérie ; diversité et sensibilité. Institut national agronomique. Dpt. Bot. ; 15p.
- LAMBERT B. & PARMAN V. (1990)** Les brûlages dirigés dans les Pyrénées orientales....De la régénération des pâturages d'altitude à la protection des forêts. *Espaces forestiers et incendies*. Numéro spécial : 141-154.

- LAYEC S. (1989)** *Des paramètres biologiques pour améliorer l'indice risque « feux de forêts »*. Mémoire de BTSA. INRA. Station de sylviculture méditerranéenne. Avignon ; 23p.
- MADOU A. (2002)** les incendies de forêts en Algérie. Historique, bilan et analyse. Forêt méditerranéenne. t. XXII, (1) : 23.
- MARTIN C. & ALLEE P. (2000)** Impact d'un incendie de forêt sur l'érosion hydrique dans le bassin versant du Rimband (massif des Maures, Var). Forêt méditerranéenne. t. XXI, (2) : 163-169.
- MASSON R. (1990)** La charte de la communication. Rev. for. Fr. t. XLII, (Sp.) : 248-251.
- MISSOUMI A., SAIDI A., DJILLALI A. & TRACHE A. (2001)** Apport des SIG dans la prévention et la lutte contre les incendies de forêts (exemple de la forêt domaniale de Kounteidat, Algérie). Géo observateur. (11) ; 10p.
- MISSOUMI A., MEDERBAL K. et BENABDELLI K. (2002)** Apport des systèmes d'informations géographiques dans la prévention et la lutte contre les incendies de forêts ; exemple de la forêt domaniale de Kounteidat, Algérie. Forêt méditerranéenne. t. XXIII, (1) : 11.
- MOLLINIER A. (2003)** Prévention des incendies de forêts. Dossier de presse. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et de la pêche et des affaires rurales. France ; 21p.
- MORRISSON E.E. (1976)** Guardian of the forest, a history of the Smokey Bear program. Vantage. New York ; 129p.
- M.T.F. (1973)** Manuel de lutte contre les feux de forêts. Ministère des terres et forêts. Pierre Lefebvre. Québec. Cannada. Inc. Sillery ; 437p.
- NINGRE J.M. (2000)** Que fait l'administration après les incendies ; comparaison de trois années dans les archives du service régional de la forêt et du bois de Provence. Alpes. Côte d'Azur. Forêt méditerranéenne. t. XXI, (3) : 296-298.
- O.C.D.E. (1985)** L'état de l'environnement 1985. Organisation de coopération et de développement économique. France ; 293p.
- ONAGRI (2004)** Les forêts et la prévention des incendies de l'été. Observation nationale de l'agriculture. Bulletin de l'ONAGRI. Tunis; (87): 4p.

- QUEZEL P. (1978)** Analysis of flora of Mediterranean and Saharan Africa. Ann. Missouri. Bot. Gard., 65. (2) : 479-534.
- QUEZEL P., BARBERO M., BONIN G. & LOISEL R. (1990)** Recent Plant Invasions in The Centro-Mediterranean Region. In Discri & al., "Biological Invasions". Kluwer Publ.: 51-60.
- QUEZEL P. (2000)** Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press. Paris ; 117p.
- SEGUIN B. (1990)** : La température de surface d'un couvert végétal et son état hydrique. Possibilité d'application à la surveillance des forêts par satellite. Rev. for. Fr. t. XIII, (Sp.) : 106-111.
- SOL B. (1990)** Estimation du risque météorologique d'incendies de forêts dans le Sud-Est de la France. Espaces forestiers et incendies. Numéro spécial : 263-271.
- TRABAUD L. (1989)** Les feux de forêts : mécanismes, comportement et environnement. France sélection éditeurs. Aubervilliers ; 278p.
- TRABAUD L. (2000)** Réaction du milieu après un incendie... réflexions d'un écologue. Forêt méditerranéenne. t. XXI, (3) : 299-300.
- TORUL M.A. & BILGILI E. (2002)** Incendies de forêts dans un environnement mondial : évolution des altitudes vis-à-vis du feu. Rev. For. Forêts et feu (6) :193-202.
- VALETTE J. C. (1990)** inflammabilités des espèces forestières méditerranéennes. Conséquences sur la combustibilité des formations forestières. Rev. For. Fr. t. XLII, (Sp.) : 76-92.
- VAN EFFENTERRE C. (1990)** Prévention des incendies de forêt. Statistique et politique. Les incendies de forêt en France. Rev. For. Fr. t. XLII, (Sp.) : 20-32.
- VELEZ R. (1990)** Une sylviculture préventive des incendies en Espagne. Espaces forestiers et incendies. Numéro spécial : 320-331.
- WYBO L. & CARREGA P. (1990)** Implication de l'informatique avancée à la prévention des incendies de forêts et à la gestion des espaces menacés. Rev. For. Fr. t. XLII, (Sp.) : 112-120.

Bilans et études au niveau des conservations :

◆ Direction générale des forêts (D.G.F.) :

- Bilan des incendies de forêts en Algérie (1990-2000).

- Bilan décennal des incendies de forêts en Algérie (1992-2001). Par : MAMMERRI D., (Avril 2002).
 - Bilan des incendies de forêts en Algérie (1980-2004).
 - Présentation de la forêt algérienne ; Bilan des incendies de forêts ; prises de vues et dispositif de protection des forêts. Fait par le secrétariat d'état aux forêts et aux reboisements. Novembre, 1979.
 - Bilans et analyses des incendies de forêts, 1981, 1982.
 - Bilan des incendies de forêts en Algérie, 1996.
- ◆ **Conservation des forêts de la wilaya de Mila :**
- Bilan des incendies de forêts de 1990 à 2004 au niveau de la wilaya.
 - Bilan des incendies de forêts de la wilaya de Mila (Période 1995-2004).
 - Fiche technique d'aménagement du bassin versant Beni-Haroun, Mila. Conservation des forêts de la wilaya de Mila.
 - Traitement du bassin versant de Hammam Beni-Haroun, 2003.
 - Etude sur la stratégie de développement rural durable de la wilaya de Mila. Décembre, 2004.
- ◆ **Conservation des forêts de la wilaya de Constantine :**
- Bilan des incendies de forêts de 1990 à 2004 au niveau de la wilaya et au niveau national.
 - Bilan des incendies de forêts de la wilaya de Constantine (Période 1990-2000).
 - Schéma directeur de développement agricole de la wilaya. Direction des services agricoles de la wilaya de Constantine. Janvier, 2002.
 - Annuaire statistique de la wilaya de Constantine. Mars, 1999.
 - Monographie de la wilaya de Constantine, 2000. Direction de la planification et de l'aménagement du territoire.
- ◆ **Conservation des forêts de la wilaya de Guelma :**
- Bilan des incendies de forêts de 1990 à 2004 au niveau de la wilaya.
 - Bilan des incendies de forêts de la wilaya de Guelma (Période 1990-2000).
 - Bilans des incendies de forêts de la wilaya de Guelma de 1994 à 2004.
 - La couverture végétale de la wilaya de Guelma. Mai, 2004.

- Situation socioéconomique de la wilaya, données arrêtées au 31/12/2002. Edition, 2003.

◆ **Conservation des forêts de la wilaya de Souk-Ahras :**

- Bilan des incendies de forêts de 1990 à 2004 au niveau de la wilaya.
- Bilan des incendies de forêts de la wilaya de Souk-Ahras (Période 1990-2000).
- Bilan des incendies de forêt de la wilaya de Souk-Ahras (Période 1995-2004).
- Monographie de la wilaya de Souk-Ahras, 2002. Direction de la planification et de l'aménagement du territoire.
- Annuaire statistique de la wilaya de Souk-Ahras, 2003.

◆ **Office National de Météorologie (ONM) ; direction de l'Est (Constantine) :**

- Bilan météorologique pour les wilayas de Constantine, Guelma et Souk-Ahras 1990 à 2003.
- Données Climatiques de la wilaya de Constantine (Période 1978-2004).
- Données Climatiques de la wilaya de Guelma (Période 1986-2004).
- Données Climatiques de la wilaya de Souk-Ahras (Période 1986-2004).

◆ **Autres :**

- Les feux de forêts en France 1977 et 1978. Direction de la sécurité civile, service des forêts.
- Les feux de forêts en France, 1979. Direction de la sécurité civile, service des forêts.
- Les feux de forêts en France 1980,1981. Direction générale de l'administration et du financement. Service central des enquêtes et des études statistiques.
- **Guides techniques du forestier méditerranéen :**
 - Protection des forêts contre l'incendie.
 - Inflammabilité et combustibilité.
 - Une méthode d'évaluation du risque.
- CD-ROM : Collection Microsoft Encarta (2006).
- CD-ROM : Global Monitoring for Environment and Security Service Element (GSE). Forest Monitoring by GAF AG, 2003

◆ **Références Internet :**

- www.prim.net/citoyen/definition_risque_majeur/21_3_risq_feux.html
- www.prim.net/actu/archives/feux_forets.html
- info.nature.free.fr/encyclo/feu_foret.html
- www.mnr.gov.on.ca/MRN/affmb/Fire/FireFund/threatf.html
- www.rtsq.qc.ca/multip/projets/nature/feux.htm
- <http://gafweb.gaf.de/gse/>
- www.risques-majeurs66.com/part2_005.php3
- www.notre-planete.info/actualites/actu_241.php
- www.cg34.fr/environnement_cadre/protection/foret/foret.html
- www.futura-sciences.com/comprendre/d/dossier391-3.php
- www.educnet.education.fr/espace/sating11.htm
- www.info.nature.free.fr/articles/feu_foret_1.html
- www.fire.cfs.nrcan.gc.ca/facts_f.php - 18k - 1 jan 2006
- www.panda.org : Copyright WWF 1986 – Fonds Mondial pour la Nature : Les forêts de méditerranée une nouvelle stratégie de conservation.
- www.planbleu.org : Plan bleu – Centre d'Activités Régionales : Environnement – Risques naturels et technologiques.

RESUMES

Résumé

Dans le monde entier, l'incidence des feux de forêts sur de nombreux aspects de notre vie quotidienne se fait de plus en plus apparente, notamment sur les flux de produits dont nous dépendons, sur la santé et la sécurité des communautés dans lesquelles nous vivons et surtout sur l'état et l'entretien des écosystèmes naturels.

L'originalité du présent travail réside dans l'étude de l'évolution des incendies de forêts dans le Nord-Est algérien regroupant les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras sur une période de quinze ans (1990-2004).

En effet, durant cette période, **2.248** foyers d'incendies ont parcourus **62.999,11ha** de formations végétales et ont occasionnés sans doute d'immenses pertes en bois, biens et parfois des vies humaines.

Bien que la fureur de cette catastrophe puisse faire peur, le feu de forêt restera toujours un problème auquel tout individu est confronté et doit y trouver une solution.

Mots clés : Nord-Est algérien, Forêt, Incendie, Forêt méditerranéenne.

Summary

All over the world, the incidence of forests-fires on numerous aspects of our everyday life go to be more and more conspicuous, mainly on the floodtide products which we depend, on the health and security of communities where we live, but especially on the state and maintenance of natural ecosystems.

The originality of present work resides in the study of forests-fires evolution in the algerian North-East, the region which round up states of Mila, Constantine, Guelma and Souk-Ahras ; on a period of fifteen years (1990–2004).

Indeed, during this period **2.248** fires-places get over **62.999,11** ha of vegetable formations and occasioned without doubt immense loss of wood, properties and sometimes human life.

Although the fury of this catastrophe can be frighten, the forest-fire will always remain a problem which whole individual is confronted and must find it a solution.

Keywords: Algerian North-East, Forest, Fire, Mediterranean Forest.

المخلص

في العالم بأسره، تأثير حرائق الغابات على عدد كبير من مجالات حياتنا اليومية يتظاهر شيئا فشيئا في تزايد مستمر، لاسيما على مستوى مستلزمات الحياة، على صحة و أمن المجتمعات السكانية التي نعيش فيها و خاصة على حالة و صيانة الأنظمة البيئية الطبيعية.

إن أصالة هذا العمل تكمن في دراسة تطور حرائق الغابات في منطقة الشمال الشرقي الجزائري و التي تضم ولايات كل من ميلة، قسنطينة، قالمة و سوق أهراس لمدة خمسة عشرة سنة (1990-2004).

في الواقع، طوال هذه المدة، 2.248 محروق ضربت مساحة ما يقدر بـ 62.999.11 هكتار من المؤلفات النباتية و أحدثت بدون شك خسائر فسيعة من الخشب ، الأملاك و في بعض الأحيان الحياة البشرية.

بالرغم من أن عنف هذه الكارثة يحدث هلعاً، فإن حرائق الغابات تبقى دائما مشكلة تواجه كل فرد منا و التي يجب أن نجد لها حلا.

الكلمات المفتاحية: الشمال الشرقي الجزائري، غابة، حريق، غابة متوسطة.

Liste des tableaux

Tableau 01 : Températures moyennes mensuelles (°C) ; précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station de Constantine (Période 1978-2004).....	21
Tableau 02 : Températures moyennes mensuelles (°C) ; précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station de Guelma (Période 1986-2004).....	22
Tableau 03 : Températures moyennes mensuelles (°C) ; précipitations moyennes mensuelles (mm) de la station de Souk-ahras (Période de 1986-2004).....	23
Tableau 04 : Données concernant le calcul du quotient pluviothermique d'Emberger	24
Tableau 05 : Etat des incendies de forêts en Algérie (période 1980-2004).....	53
Tableau 06: Répartition des superficies incendiées (ha) selon les formations végétales en Algérie (Période 1980-2004).....	54
Tableau 07 : Classement des foyers d'incendies par catégories de causes en Algérie (Période 1990-2003).....	55
Tableau 08 : Les formations végétales incendiées dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004).....	56
Tableau 09 : Répartition des incendies de forêts par wilaya dans le Nord-Est algérien (Période 1990-2004).....	58
Tableau 10 : Les essences végétales brûlées dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004).....	59
Tableau 11 : Fréquence annuelle des incendies de forêts dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004).....	60
Tableau 12 : Fréquence mensuelle des incendies de forêts dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004).....	61
Tableau 13: Fréquence horaire des foyers d'incendies de forêts dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004).....	62
Tableau 14 : Classement des foyers d'incendies par ordre d'importance de superficies brûlées dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004).....	64
Tableau 15 : Fréquence des incendies de forêts pendant les jours de la semaine dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004).....	65

Tableau 16 : Relation entre les précipitations et le nombre de foyers d'incendies de forêts dans les wilayas de Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004).....	66
Tableau 17 : Relation entre les températures maximales absolues et le nombre de foyers d'incendies de forêts dans les wilayas de Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2003).....	68
Tableau 18 : Relation entre l'humidité relative moyenne (%) et le nombre de foyers d'incendies de forêts dans les wilayas de Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2003).....	70
Tableau 19 : Relation entre la vitesse moyenne des vents et le nombre de foyers d'incendies dans les wilayas de Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2003).....	71
Tableau 20 : la lutte contre le feu.....	92
Tableau 21 : Les phases de développement et de combat d'un incendie forestier	95
Tableau 22 : Méthodes de combat des feux de forêts	96

Liste des figures

Fig. 01 : Carte de la couverture forestière de la wilaya de Mila	07
Fig. 02 : Carte de la couverture forestière de la wilaya de Constantine	11
Fig. 03 : Carte de la couverture forestière de la wilaya de Guelma	16
Fig. 04 : Carte de la couverture forestière de la wilaya de Souk-Ahras.....	20
Fig. 05 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de Constantine (Période 1978-2004).....	21
Fig. 06 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la station de Guelma (Période 1986-2004).....	22
Fig. 07 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la station de Souk-Ahras (Période 1986-2004).....	23
Fig. 08 : Situation des stations d'étude dans le climagramme D'EMBERGER (1955).....	25
Fig. 09 : Triangle du feu	27
Fig. 10 : Cycle journalier d'un feu de forêt.....	38
Fig. 11 : Feu ascendant	40
Fig. 12 : Feu descendant	40
Fig. 13 : Les formes des feux de forêts	41
Fig. 14 : Différentes parties d'un feu de forêts	42
Fig. 15 : Différentes strates de la végétation	46
Fig. 16 : Propagation du feu dans les différentes strates de végétation	48
Fig. 17 : Etat des incendies de forêts en Algérie (Période 1980-2004).....	53
Fig. 18 : Répartition des superficies incendiées (ha) selon les formations végétales en Algérie (Période 1980-2004).....	54
Fig. 19 : Classement des foyers d'incendies par catégories de causes en Algérie (Période 1990-2003).....	55
Fig. 20 : Les formations végétales incendiées dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004).....	57
Fig. 21 : Répartition des incendies de forêts par wilayas dans le Nord-Est algérien (Période 1990-2004).....	58
Fig. 22 : Les essences végétales brûlées dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004).....	59

Fig. 23 : Fréquence annuelle des incendies de forêts dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004).....	60
Fig. 24 : Fréquence mensuelle des incendies de forêts dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004).....	62
Fig. 25 : Fréquence horaire des foyers d'incendies de forêts dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004).....	63
Fig. 26: Classement des foyers d'incendies de forêts par ordre d'importance de superficies brûlées dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004).....	64
Fig. 27 : Fréquence des incendies de forêts pendant les jours de la semaine dans les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004).....	65
Fig. 28 : Relation entre les précipitations et le nombre de foyers d'incendies de forêts dans les wilayas de Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2004).....	67
Fig. 29 : Relation entre les températures maximales absolues et le nombre de foyers d'incendies de forêts dans les wilayas de Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2003).....	69
Fig. 30 : Relation entre l'humidité relative moyenne (%) et le nombre de foyers d'incendies de forêts dans les wilayas de Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2003).....	70
Fig. 31 : Relation entre la vitesse moyenne des vents et le nombre de foyers d'incendies de forêts dans les wilayas de Constantine, Guelma et Souk-Ahras (Période 1990-2003).....	72
Fig. 32 : Coupure de combustibles	85
Fig. 33 : Principes de lutte contre le feu de forêt	91
Fig. 34 : Carte du dispositif de lutte contre les incendies de forêts de la wilaya de Mila (Compagne 2005).....	102

Liste des photos

Photo 01 : Feu de surface (Réserve naturelle de Beni Salah, Guelma).....	43
Photo 02 : Un feu de surface montant de branche en branche (Réserve naturelle de Beni Salah, Guelma).....	44
Photo 03 : Feu de cimes.....	44
Photo 04 : Feu de sol (Réserve naturelle de Beni Salah, Guelma).....	45
Photo 05 : Début du déclenchement de l'incendie.....	78
Photo 06 : Propagation du feu dans la forêt.....	78
Photo 07 : Le feu de surface se développe pour devenir un feu de cimes.....	79
Photo 08 : Vue de la réserve en plein feu.....	79
Photo 09 : Etat de la subéraie après le passage du feu.....	80
Photo 10 : La forêt en régénération après l'incendie.....	80
Photo 11 : Intervention initiale des agents forestiers sur un feu de forêt.....	104

Glossaire

GLOSSAIRE DES TERMES EMPLOYES EN PROTECTION DES FORETS CONTRE LE FEU, UTILISES DANS CE MEMOIRE

A

Allumage : Action de mettre le feu à des combustibles dans un but défini.

Attaque : Opérations concrètes de lutte contre un incendie forestier.

B

Bordure de feu : Ligne souvent irrégulière jusqu'où le feu a brûlé à un moment donné.

Brasier : Incendie.

Brûlage dirigé : Brûlage effectué délibérément dans une étendue déterminée au préalable et dans des conditions prescrites pour des fins jugés utiles, on distingue trois sortes de brûlage dirigé :

- **Brûlage de nettoyage** : Feu allumé pour éliminer les matières **combustibles** non brûlées à l'intérieur de la **ligne de suppression**.
- **Brûlage préventif** : Brûlage effectué en vue de diminuer ou d'éliminer le **danger du feu**.
- **Contre-feu** : Brûlage effectué à partir de la bordure intérieure de la **ligne de suppression** en vue d'enrayer la progression de l'incendie par l'élimination du combustible.

Brûlage libre : Terme applicable à un feu ou à une partie du **périmètre du feu** où l'on n'intervient pas pour en retarder ou enrayer la progression.

C

Camion-citerne : Camion sur lequel est monté un réservoir et servant à transporter de l'eau.

Carte de détection aérienne : Carte montrant les différentes routes de patrouille qui doivent être suivies par les **avions de détection**.

Catégories du feu : Classification des feux selon le niveau où la combustion se produit.

- **Feu de cime** : feu localisé dans le faite des arbres où il brûle les aiguilles ou certaines branches. On reconnaît deux types de **feu de cime**.
- **Dépendant** : Lorsque le feu se maintient dans la cime des arbres en raison de la chaleur transportée par **convection** du **feu de surface**.

- **Roulant** : Lorsque dans une forêt dense, le feu se développe dans les cimes des arbres sous l'action d'un fort vent, indépendamment du **feu de surface**.
- **Feu de profondeur** : Feu qui consume les matières organiques sous la **litière**.
- **Feu de surface** : Feu qui brûle principalement la litière de la forêt.

Classe de superficie : Classement d'un incendie forestier dans un groupe déterminé selon la superficie brûlée.

Colonne de convection : Mouvement d'un air chaud ascendant créé au-dessus d'un incendie provoquant un appel croissant d'air frais à la base et où s'engouffre la plus grande partie des résidus légers de la **combustion**.

Combustible critique : Combustible qui se trouve dans un état excessivement inflammable.

Combustible de profondeur : Tourbe, racine ou autre matière située au-dessous de l'**humus**.

Combustible disponible : Quantité de matière ligneuse disponible pour la combustion sous les conditions existantes.

Combustible forestier : Toute matière organique vivante ou morte en milieu forestier qui pourrait prendre feu et brûler.

Combustible humus : Couche de matière organique en décomposition au-dessous de la **litière**.

Combustible léger : Léger débris (feuilles, petites branches) de matière forestière finement détachée.

Combustible lourd : Combustible de nature tourbeuse ou ligneuse à fort diamètre.

Combustion : Ensemble des phénomènes qui accompagnent la combinaison chimique sous l'influence de la chaleur, de l'oxygène de l'air avec le carbone contenu dans les combustibles.

Comportement du feu : Manière dont le feu s'allume, se développe et se propage selon un certain nombre de facteurs dont les influences s'opposent ou s'additionnent. Parmi ces facteurs, nous retrouvons les combustibles, les éléments atmosphériques, la géographie et les saisons.

Conduction : Propagation de la chaleur de proche en proche à travers les matériaux combustibles.

Contour du feu : Voir Périmètre du feu.

Contre-feu : Voir Brûlage dirigé.

Convection : Mouvement vertical de l'air d'origine thermique, l'air chaud tend à monter à cause de son poids plus léger que l'air frais.

Coupe-feu ou coupure de combustibles : Barrière préexistante, naturelle ou artificielle, qui aura pour effet d'enrayer ou de retarder la propagation d'un incendie. Syn. **Pare-feu**.

Cycle journalier de brûlage : Evolution de l'intensité d'un **feu de forêt** selon la période du jour.

D

Danger du feu : Probabilité qu'un **feu de forêt** prenne naissance et se développe en raison de l'état même de la forêt. Expression utilisée pour évaluer l'**inflammabilité des combustibles** et le comportement probable des **incendies forestiers**.

Détection : Action de découvrir, localiser et signaler les **foyers** d'incendies de forêts.

Disposition des combustibles : Relation qui existe entre tous les matériaux combustibles, tant sur le plan horizontal que sur le plan vertical.

Distribution des combustibles : Répartition sur le territoire de différentes essences forestières ainsi que des barrières naturelles ou artificielles qui peuvent constituer un obstacle à la propagation du feu.

Domages : La destruction ou la dépréciation de biens ou de richesses, causée par les incendies forestiers.

E

Eclosion : Naissance d'un nouveau foyer d'incendie.

Exposition : Direction vers laquelle une pente est orientée.

Extinction : Voir phases de combat.

F

Feu de forêt : Tout feu qui se propage librement en terrain forestier en consommant des matériaux naturels de la forêt. Syn. **incendie de forêt**.

Flambée explosive : Recrudescence subite de l'intensité ou de la **vitesse de propagation** d'un incendie.

Foyer : Masse de matière en complète **ignition** d'où se propage un incendie.

Fréquence des incendies : Nombre d'incendies qui ont pris naissance dans une région donnée au cours d'une période de temps donnée.

Front : Zone de transition entre deux **masses d'air**.

Front chaud : La bordure d'une masse d'air chaud qui avance.

Front froid : La bordure d'une masse d'air froid qui avance.

Fumée :

1- Groupes de particules solides extrêmement légères se dégageant des matières en **combustion**, dans le cas d'un **feu de forêt**, une partie importante de la masse de particules est composée de vapeur d'eau, ce qui rend la **fumée** davantage visible.

2- Terme souvent utilisé pour signaler un incendie réel ou présumé à son stade initial.

G

Gicleur : Partie de la **lance** d'une **pompe manuelle** produisant un jet d'eau concentré de diamètre régulier.

H

Humidité de l'air : Quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air.

Humidité relative : Pourcentage de saturation de l'air déterminé par la quantité d'humidité dans un volume d'air donné par rapport à la quantité totale que ce volume d'air pourrait contenir à la même température et à la même pression.

Humus : Matière organique en décomposition dans le sol.

I

Ignition : L'initiation de la phase exothermique de la réaction générale de pyrolyse et de combustion. Elle est suivie par la combustion vive (homogène) puis la combustion lente (hétérogène) sans flammes.

Impact du feu : Altération biophysiques de l'écosystème par l'incendie, immédiates et évidentes (roussissement des cimes, érosion du sol minéral, effet du feu en profondeur, taux de combustion).

Inadvertance : Manque momentané d'attention.

Incendiaire : Personne qui, intentionnellement et sans raison justifiable, met le feu à la forêt.

Indice Forêt-Météo (IFM) : Valeur numérique utilisée comme mesure météorologique du comportement de l'intensité des **incendies forestiers**.

Inflammabilité des combustibles : Facilité avec laquelle les matières combustibles s'enflamment et brûlent, sans égard à la quantité.

Intensité du feu : Expression numérique de la quantité de chaleur ou d'énergie déployée par le feu ; permet d'évaluer le **comportement du feu** en termes quantitatifs.

L

Lance : Dispositif monté à l'extrémité des tuyaux de refoulement pour former et diriger le jet d'eau.

Largage :

- 1- Matériel largué d'un aéronef.
- 2- Quantité de liquide déversée d'un aéronef en vol.
- 3- Désigne aussi ces opérations elles-mêmes.

Ligne d'arrêt : Partie d'une **ligne de suppression** mise en œuvre qui n'a pas été abandonnée pour une autre ligne sur un nouvel emplacement.

Ligne de suppression : Expression générale qui désigne toute barrière naturelle ou artificielle utilisée en vue de maîtriser un **incendie forestier**.

Litière : Couche supérieure de la couverture forestière morte de la forêt composée de légers débris organiques fraîchement tombés ou peu décomposés.

M

Maîtrise : Voir **Phases du combat**.

Masse d'air : Volume d'aire couvrant une large étendue et caractérisé par une température et une humidité à peu près uniformes.

Miocène : Période géologique de l'ère tertiaire, située entre l'oligocène et le pliocène, qui s'est terminée il y a cinq millions d'années.

Motopompe : Pompe généralement actionnée par un moteur à essence, et conçue spécialement pour l'intervention contre les **incendies forestiers**.

N

Néogène : Dernière partie de l'ère tertiaire, incluant le miocène et le pliocène.

O

Outils manuels : instruments légers couramment utilisés dans le combat des **incendies forestiers**.

P

Pare-feu : Voir **Coupe feu**.

Patrouiller :

- 1- Surveiller une **ligne de suppression** pour empêcher le feu de s'échapper.
- 2- Parcourir un trajet donné, afin de prévenir, détecter et combattre les **incendies forestiers**.

Périmètre du feu : Longueur totale de la bordure du feu. Syn. Contour du feu.

Phases du combat : Subdivision des opérations de lutte en trois étapes distinctes et consécutives basées sur les phases de développement d'un incendie.

Attaque initiale : Première intervention directe sur un feu qui brûle librement et dont l'objectif est de le contenir.

Maîtrise : Phase du combat ayant pour objectif d'arrêter définitivement la propagation du feu.

Extinction : Phase du combat ayant pour objectif de terminer le processus de **combustion**.

Plan d'attaque : Processus de planification suivant l'analyse de l'incendie et servant à préciser les détails de la stratégie selon les objectifs immédiats.

Pluies impulsionnelles : Pluies torrentielles poussées par le vent.

Point d'inflammation : Température à laquelle les matières combustibles s'enflamment.

Prévention : Mesures destinées à réduire le nombre de **feux de forêt** et les **dommages** qu'ils causent en diminuant le risque et le **danger de feu**.

Produit chimique retardateur : Voir **Retardant**.

Pyrologie forestière : Science dont l'objet principal est l'étude des **feux de forêt** et de leurs propriétés.

R

Radiation : Mode de propagation de l'énergie calorifique sous forme d'ondes du spectre électromagnétique.

Retardant : Substance qui, physiquement ou chimiquement réduit l'**inflammabilité des combustibles**. Syn. **Produit chimique retardateur**.

Risque du feu : Probabilité qu'un **feu de forêt** prenne naissance par suite de la présence de causes ou d'agents capables de mettre le feu.

S

Sinistre : Incendie caractérisé par la violence de son développement et l'étendue des **dommages** qu'il cause.

Stratégie : Façon de combiner l'action des moyens d'intervention disponibles en vue d'atteindre l'objectif global fixé dans le **plan d'attaque**.

Suppression : Tout le travail qui consiste à éteindre un incendie après sa **détection**.

T

Tactique : Choix de la méthode de combat de détermination du mode d'utilisation des moyens d'intervention en fonction des objectifs spécifiques aux différents secteurs sur un feu et en fonction aussi des conditions du moment.

Teneur en humidité : Quantité d'humidité contenue dans les matières combustibles, exprimée en pourcentage du poids mesuré après séchage au four.

Types de combustible : Association identifiable d'éléments combustibles qui présentent des caractéristiques distinctives.

V

Vitesse de propagation : Vitesse relative à laquelle un incendie accroît ses dimensions horizontales pouvant s'exprimer en taux d'accroissement du **périmètre du feu**, en taux d'avance du foyer de l'incendie ou en taux d'accroissement en superficie, selon l'usage auquel ces données sont destinées.

Nom : ZOUAIDIA Prénom : HANENE	Date de soutenance 09/05/2006												
<p><i>THEME</i></p> <p>Bilan des incendies de forêts dans l'Est algérien Cas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras</p>													
<p><i>RESUME</i></p> <p>Dans le monde entier, l'incidence des feux de forêts sur de nombreux aspects de notre vie quotidienne se fait de plus en plus apparente, notamment sur les flux de produits dont nous dépendons, sur la santé et la sécurité des communautés dans lesquelles nous vivons et surtout sur l'état et l'entretien des écosystèmes naturels.</p> <p>L'originalité du présent travail réside dans l'étude de l'évolution des incendies de forêts dans le Nord-Est algérien regroupant les wilayas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras sur une période de quinze ans (1990-2004).</p> <p>En effet, durant cette période, 2.248 foyers d'incendies ont parcourus 62.999,11ha de formations végétales et ont occasionnés sans doute d'immenses pertes en bois, biens et parfois des vies humaines.</p> <p>Bien que la fureur de cette catastrophe puisse faire peur, le feu de forêt restera toujours un problème auquel tout individu est confronté et doit y trouver une solution.</p>													
<p>Mots clés : Nord-Est algérien, Forêts, Incendie, Forêt méditerranéenne.</p>													
<p>Laboratoire de recherche : Développement et valorisation des ressources phytogénétiques</p>													
<p>Directeur de recherche : Mr BENDERRADJI M. H. Maître de conférence Univ. Constantine</p> <p>Membres du jury :</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">Président :</td> <td style="width: 33%;">Mr. RAHMOUNE C.</td> <td style="width: 33%;">Professeur</td> <td style="width: 33%;">Univ. Constantine</td> </tr> <tr> <td>Examineur :</td> <td>Mr. ALATOU D.</td> <td>Professeur</td> <td>Univ. Constantine</td> </tr> <tr> <td>Examineur :</td> <td>Mr. BOUKERZAZA H.</td> <td>Professeur</td> <td>Univ. Constantine</td> </tr> </table>		Président :	Mr. RAHMOUNE C.	Professeur	Univ. Constantine	Examineur :	Mr. ALATOU D.	Professeur	Univ. Constantine	Examineur :	Mr. BOUKERZAZA H.	Professeur	Univ. Constantine
Président :	Mr. RAHMOUNE C.	Professeur	Univ. Constantine										
Examineur :	Mr. ALATOU D.	Professeur	Univ. Constantine										
Examineur :	Mr. BOUKERZAZA H.	Professeur	Univ. Constantine										