

N° d'ordre :

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE &
POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR &
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITE DJILLALI LIABES
FACULTE DES SCIENCES
SIDI BEL ABBES**

***THESE
DE DOCTORAT EN SCIENCES***

Présentée par

Mme CHIALI CHARIF Khadidja

Spécialité : Environnement

Option : Pathologie des Ecosystèmes Terrestres

Intitulé

***Contribution à une étude des incendies de forêts
dans le massif de Télagh
(Algérie occidentale)***

Devant l'honorable jury composé de :

President: Mr METERFI Baroudi(M.C.A , UDL/ SBA)
Examineurs : Mme BOUCHENEFA Nadia.....(M.C.A, Univ.Tiaret)
Mme DJERBAOUI Malika.....(M.C.A,Univ.Tiaret)
Mr BACHIR-BOUIADJRA S.E.....(M.C.A UDL/SBA)
Directeur de thèse : Mr HELLAL Benchabane.....(Professeur, UDL/Tiaret)

Année 2017-2018

TABLE DES MATIERE

| | |
|--------------------|---|
| Résume | |
| Liste des tableaux | |
| Liste des figures | |
| Introduction | 1 |

CHAPITRE I :

ANALYSE SYNTHETIQUE DES INCENDIES EN ALGERIE

| | |
|---|----|
| 1- Quelques aspects quantitatifs des incendies | 7 |
| 1.1- Les principales menaces | 7 |
| 1.2- Les facteurs de dégradation | 8 |
| 2- Constat sur les incendies | 9 |
| 2.1- Les causes | 9 |
| 2.2- Le nombre de foyer | 11 |
| 2.3- Superficie brûlée | 12 |
| 2.4- Nombre de foyer annuellement | 12 |
| 2.5- Fréquence annuelle des incendies | 13 |
| 2.6- Fréquence des incendies selon les jours de la semaine | 14 |
| 2.7- Fréquence des horaires des incendies | 14 |
| 2.8- Relation entre superficie brûlée et nombre de foyer | 15 |
| 2.9- Répartition des incendies selon leur superficie | 16 |
| 2.10- Répartition par catégorie de causes | 16 |
| 3- Analyse des actions entreprises | 18 |
| 3.1- Dans le monde | 18 |
| 3.1.1- Importance des données climatiques | 19 |
| 3.1.2- Description de la végétation | 19 |
| 3.1.3- Occupation du sol | 20 |
| 3.1.4- Identification des causes issue du retour d'expérience | 20 |
| 3.1.5- Banque de données et analyse temporelle des données | 20 |
| 3.1.6- Délimitation des massifs à risque | 21 |
| 3.2- En Algérie | 21 |

CHAPITRE II :

ETAT DES CONNAISSANCE SUR LES INCENDIES

| | |
|---|----|
| 1- Eléments de pyrologie | 24 |
| 1.1- Qu'est-ce qu'un feu de forêt ? | 24 |
| 1.1.1- Comment se manifeste-t-il ? | 25 |
| 1.1.2- Quels sont les combustibles d'un feu de forêt ? | 26 |
| 1.2- L'origine des feux de forêt | 26 |
| 1.2.1- Quels sont les facteurs de prédisposition ? | 26 |
| 1.2.2- Le processus de formation et d'évolution | 27 |
| 1.3- Naissance et propagation d'un incendie | 28 |
| 1.4- Influence de l'action de l'homme | 29 |
| 1.4.1- L'origine anthropique | 29 |
| 1.4.2- Origines des incendies | 29 |
| 1.5- Les différents types de feux de forêt | 30 |
| 1.6- Les facteurs naturels de propagation | 31 |
| 1.6.1- Structure et composition de la végétation | 31 |
| 1.6.2- Le vent | 31 |
| 1.6.3- Le relief | 32 |
| 1.7- Les conséquences des incendies | 32 |
| 1.7.1- Conséquences sur l'homme, les biens et les activités | 32 |

| | |
|---|----|
| 1.7.2- Conséquences sur le milieu naturel | 32 |
| 1.8- Les dynamiques végétales | 33 |
| 1.8.1- La strate arbustive | 33 |
| 1.8.2- La strate herbacée | 34 |
| 1.9. Les acteurs et leurs actions | 35 |
| 1.9.1. Les forestiers : gestionnaires de la forêt | 35 |
| 1.9.2. 1Analyse des modèles existants | 38 |

CHAPITRE III : METHODOLOGIE

| | |
|--|----|
| 1- Identification des causes à l'origine des incendies de forêts | 40 |
| 2-Prédisposition des formations forestières aux incendies | 42 |
| 2.1- Etat des lieux | 42 |
| 2.2- Analyse de la stratégie de lutte contre les feux de forêts | 43 |
| 3-Identification des dangers et des risques au niveau des écosystèmes forestiers | 44 |
| 3.1- Les causes majeures | 44 |
| 3.2- La prévention des risques | 45 |
| 3.3- Paramètres à prendre en charge | 45 |
| 4-Identification des causes et des indicateurs de vulnérabilité | 46 |
| 4.1- Identification des causes majeures | 46 |
| 4.2- Analyse des causes | 47 |
| 4.3-Matrice d'évaluation des dangers et des risques | 47 |
| 4.4-Matrice des vulnérabilités | 47 |
| 5-Importance du zonage homo-écologique pour une cartographie de la vulnérabilité | 48 |
| 5.1- Zonage homo-écologique | 48 |
| 5.2- Cartographie de la vulnérabilité | 49 |
| 6-Eléments de gestion préventive du risque incendie | 49 |
| 6.1- Eléments d'élaboration d'un plan de gestion du risque incendie | 49 |
| 6.2- Typologie et causes des incendies | 49 |
| 6.2.1- L'état de la végétation | 50 |
| 6.2.2- Les formations les plus touchées | 50 |
| 6.2.3- Fréquence mensuelle des incendies | 50 |
| 6.2.4- Fréquence horaire des incendies | 50 |
| 6.2.5- Type d'essence | 51 |
| 6.3- Causes des incendies | 51 |
| 6.3.1- Gestion du risque | 51 |
| 6.4- Techniques de gestion préventive du risque incendie | 52 |
| 6.4.1- La diminution des causes | 52 |
| 6.4.2- Risque incendie et aménagement | 52 |
| 6.5- Présentation de la nouvelle méthodologie prédictive | 53 |
| 6.5.1- Importance de la prévision | 53 |
| 6.5.2- La prévention | 54 |
| 6.6- Action sur la végétation | 55 |
| 6.6.1- Les débroussailllements et des opérations sylvicoles adaptées | 55 |
| 6.6.2- Sylviculture préventive | 56 |
| 6.6.3- Le sylvopastoralisme | 58 |
| 6.6.4- Élaboration d'un plan d'aménagement | 59 |
| 6.6.5- Aménagement du territoire | 59 |
| 7- Axes de la méthode cartographique du risque incendie | 59 |
| 7.1- Analyse du risque | 59 |

| | |
|--|----|
| 7.1.1- Les facteurs de risque | 60 |
| 7.1.2- L'évaluation spatiale du risque d'incendie | 61 |
| 7.1.3- Méthodes d'évaluation spatiale du risque | 62 |
| 7.2- Apport de la télédétection et des SIG | 64 |
| 7.2.1- La télédétection satellitaire | 64 |
| 7.2.2- Apport des SIG | 64 |
| 7.2.3- Prévision de la propagation du feu | 65 |
| 7.3- Importance de la délimitation des massifs à risque | 65 |
| 8- Apport des Systèmes d'Information Géographiques dans la protection des forêts contre l'incendie | 66 |
| 8.1- Fondements du SIG | 66 |
| 8.1.1- Définitions et caractères | 67 |
| 8.1.2- Conception | 67 |
| 8.1.3- Fonctions | 68 |
| 8.1.4-Analyse spatiale | 70 |
| 8.1.5 - Stockage et gestion des données | 70 |
| 8.1.6-La base de données géographique | 70 |
| 8.1.7-Modélisation des données géographiques | 71 |
| 8.1.8- Application des SIG a la recherche environnementale | 71 |
| 8.1.9- Application à la zone d'étude | 72 |
| 8.2- Elaboration de la carte des risques | 73 |
| 9-Présentation de la zone d'étude | 73 |
| 9.1- Caractéristiques écologiques du massif de Telagh | 73 |
| 9.2-Constitution du massif forestier | 73 |
| 9.2.1-Caracteristiques du foret de Touazizne | 73 |
| 9.2.1.1-Groupement du pin d'Alep pur | 74 |
| 9.2.1.2-Groupement de pin d'Alep et thuya | 74 |
| 9.2.1.3-Groupement du Pinus halepensis et Quercus rotundifolia | 75 |
| 10- Cartographie de l'occupation du sol | 76 |
| 10.1- Approche méthodologique | 78 |
| 10.2- Résultats utilisables | 79 |
| 10.3- Modèle de l'indice de combustibilité (IC) | 79 |
| 10.4- L'indice topo-morphologique (IM) | 81 |
| 10.5- Exposition | 82 |
| 10.6- Topo morphologie | 83 |
| 10.7- La cartographie du risque du feu | 85 |
| 10.8- Incendies de forêt et systèmes sociaux | 86 |

CHAPITRE IV : LES OUTILS DE PREVENTION ET DE LUTTE

| | |
|---|----|
| 1- Etat des connaissances et adaptation à la zone d'étude | 89 |
| 1.1-La gestion du danger et du risque | 89 |
| 1.2- Le brulage dirigé | 89 |
| 1.2.1- La conduite du feu | 90 |
| 1.2.2- Buts de cette technique | 90 |
| Conclusion générale | 93 |
| Référence bibliographiques | 95 |
| Annexes | |

Liste des Tableaux

| N° | Titre de tableau | Page |
|-----------|---|-------------|
| 01 | Aperçu sur les incendies entre 1967 et 2012 | 07 |
| 02 | Origine des incendies | 30 |
| 03 | Importance des incendies de forêts par catégories de causes en Algérie période (1986 - 2010). | 40 |
| 04 | Matrice des dangers et risques | 47 |
| 05 | Matrice de vulnérabilité | 48 |
| 06 | Relevés phytoécologiques moyens du Pinetum halepensis avant et après incendie | 74 |
| 07 | Relevés phytoécologique du Pinetum halepensis avec <i>Tetraclinis articulata</i> avant et après incendie. | 74 |
| 08 | relevés phytoécologiques moyens du Pinetum halepensis avec <i>Quercus rotundifolia</i> avant et après incendie. | 75 |
| 09 | Tableau Indice de combustibilité | 81 |
| 10 | Classe des pentes | 82 |
| 11 | Classe des expositions | 83 |
| 12 | Topo-morphologie | 84 |
| 13 | Indice Topo-morphologique | 85 |
| 14 | Classes de l'Indice de Risque de feu (IR) | 87 |

Liste des Figures

| N° | Titre defigure | Page |
|-----------|--|-----------|
| 01 | Surface annuelle brûlée en région méditerranéenne (Dupuy, 2012) | 01 |
| 02 | Nombre d'incendie par wilaya selon Arfa (2008) | 11 |
| 03 | Superficie brûlée selon Arfa (2008) | 12 |
| 04 | Nombre d'incendie de forêt par année selon Arfa (2008) | 12 |
| 05 | Fréquence annuelle des incendies selon Arfa (2008) | 13 |
| 06 | Répartition des foyers par jour de la semaine | 14 |
| 07 | Horaire de déclenchement des incendies | 14 |
| 08 | Relation superficie brûlée et nombre de foyer | 15 |
| 09 | Répartition des incendies selon leur superficie | 16 |
| 10 | Répartition par catégorie de causes | 16 |
| 11 | Identification des causes des incendies et leur fréquence | 20 |
| 12 | Conditions de déclenchement d'un feu de forêt (Triangle de feu). | 25 |
| 13 | Production de sève brute et élaborée | 37 |
| 14 | Modèles existants | 38 |
| 15 | Modèles de coupures anti-incendies (<i>Source : réseau coupure de combustible, 1999</i>) | 57 |
| 16 | Un exemple de SIG et des procédures d'analyse (Lillesand ,2000). | 68 |
| 17 | Schéma d'un SIG (Gilliot, 2000). | 69 |
| 18 | Carte d'occupation du sol | 76 |
| 19 | Indice de végétation normalisé (NDVI) de la formation forestière | 77 |
| 20 | Carte du biovolume de la formation forestière | 80 |
| 21 | Indice de combustibilité (IC) | 81 |
| 22 | Classe des pentes | 82 |
| 23 | Classe des expositions | 83 |
| 24 | Carte Topo-morphologique | 84 |
| 25 | Indice Topo-morphologique | 85 |
| 26 | Incendies de forêt et systèmes sociaux | 86 |
| 27 | Carte de l'Indice de Risque de feu (IR) | 87 |
| 28 | Les principaux modes de conduite du feu (adapté de Clopez 2003) | 91 |

LISTE DES ABREVIATIONS

DFCI : Détecteur de fumée a chambre d ionisation

CTGREF : Centre technique du génierural, des eaux et des forets

NOAA: National oceanic and atmospheric administration

SGBD :Système de gestion de base de données

BNEF : Bureau national d'études forestières

WWF : Word wrestihg fédération

PPR : Plan de prévention des risques.

IFM : Indice foret météo.

PPDR : Projet de proximité de développement rural.

MNT : Modèlenumérique de terrain.

PNDA : Plan national de développement agricole.

TPE : Tranché par feu.

GIEC : Groupe d experts intergouvernementaux sur l évolution du climat.

Résumé

Les feux de forêts détruisent annuellement en moyenne 35 000 hectares malgré les plans de lutte mis en place mobilisant des moyens humains, matériels et financiers importants. Les causes de ces incendies sont imputées à la rubrique inconnue alors que dans le bassin méditerranéen elles sont dues essentiellement à des causes de malveillance ou d'imprudence. En Algérie il y a lieu d'imputer ces incendies à des activités humaines (malveillance, volontaire, social) avec un taux qui dépasse les 65%.

La lutte intégrée contre ce fléau ne peut se faire qu'à travers une nouvelle approche axée sur le volet humain en priorité. Le but de cette thèse est de répondre à ce fléau par une approche prenant en charge le territoire à travers le flux de besoins tout en intégrant l'aspect social. L'exploitation des écosystèmes forestiers est devenue un droit pour la population riveraine qu'il faut prendre en charge.

Cette prise en charge repose sur les éléments suivants :

- Utilisation de relevé phytoécologique pour un diagnostic de l'espace forestier.
- Renseignement sur l'espace par le biais de plusieurs cartes.
- Synthèse sur 2 matrices prenant en charge les aléas et la vulnérabilité au risque d'incendie
- Elaboration d'une carte de prévention et prédiction des incendies

L'utilisation de cette nouvelle approche a permis d'élaborer des cartes tests, sur la forêt de Touazizine (Telagh-Algérie occidentale)

Mots clés : incendies -diagnostic-matrices -prévention- Forêt de Touazizine- Telagh-Algérie

Summary

Forest fires destroy annually on average 35 000 hectares in spite of set up plans to fight mobilizing average human beings, materials and important financiers. The causes of these fires are imputed to the unknown column while in the Mediterranean Basin they are essentially due to causes of hostility or carelessness. In Algeria there is good reason to impute these fires to human activities (hostility, voluntary, social) with a rate which exceeds the 65 %.

The fight integrated against this plague can do only through a new approach centred on the human shutter first and foremost. The purpose of this thesis is to answer this plague by an approach taking care of the territory through the flow of needs while integrating the social aspect. The exploitation of the forest ecosystems became a law for the waterside population of which it is necessary to take care.

This care bases on the following elements:

- Use aspect phytoecologycol for diagnosis of the forest space.
- Piece of information for the space with maps .
- Synthesis on 2 matrices taking care of hazards and of the vulnerability at the risk sets on fire
- Elaboration of a map of prevention and prediction of the fires

The use of this new approach allowed to develop test maps, of the forest of Touazizine (western Telagh-Algérie)

Keywords: fire-diagnostic-matrices -prevention - forest of Touazizine -Telagh-Algeria

خلاصة

تدمر حرائق الغابات سنوياً 35 ألف هكتار في المتوسط على الرغم من الخطط الموضوعية سواء كانت بشرية، مادية ومالية لمكافحة هذه الحرائق. تنسب أسباب هذه الحرائق إلى ظروف غير معروفة، بينما في حوض البحر الأبيض المتوسط يرجع السبب الرئيسي في ذلك إلى أسباب اللامرعاة و اللامبالاة . في الجزائر ، من الضروري ربط هذه الحرائق بالنشاط البشري (اللامرعاة، التطوعي، الاجتماعي) بمعدل يتجاوز 65%. ولا يمكن الكفاح المتكامل ضد هذا الظاهرة إلا من خلال نهج جديد يركز على الجانب الإنساني كأولوية. الهدف من هذه الرسالة هو الاستجابة لهذه الآفة من خلال نهج يأخذ في الاعتبار الإقليم من خلال تدفق الاحتياجات مع دمج الجانب الاجتماعي. لقد أصبح استغلال النظم الإيكولوجية للغابات حقاً في أن يتولى السكان المحليون المسؤولية. يعتمد هذا الدعم على ما يلي:

- استخدام المصفوفات المتعلقة بالجانب phytoecological لمنطقة الغابات.
- المعلومات وضع خريطة.
- تركيب بشأن مصفوفتين تدعمان المخاطر والتعرض لمخاطر الحريق.
- وضع خريطة للوقاية من الحرائق والتنبؤ بها.

وقد مكن استخدام هذا النهج الجديد من تطوير بطاقتي اختبار ، ؛ غابة توزيعازين (تلاغ - غرب الجزائر).

مفتاح الكلمات : الحرائق- التشخيص- المصفوفات- الوقاية -غابة توزيعازين. تلاغ - الجزائر

Introduction

A la différence des autres régions du Monde, le feu se déclare rarement de façon naturelle dans la région méditerranéenne. En outre, l'unique cause naturelle des incendies de forêt, la foudre, y est peu fréquente 1 à 5 % des cas, selon Lehouerou (1987), voire 4 à 7 % Peyres, (2001). L'absence de phénomène climatique comme les orages secs ou « lightnings » en est probablement la cause Alexandrian & Esnault, (1998). Par contre, les causes d'incendies révèlent un fort impact des actions anthropiques, tant par négligence qu'intentionnellement.

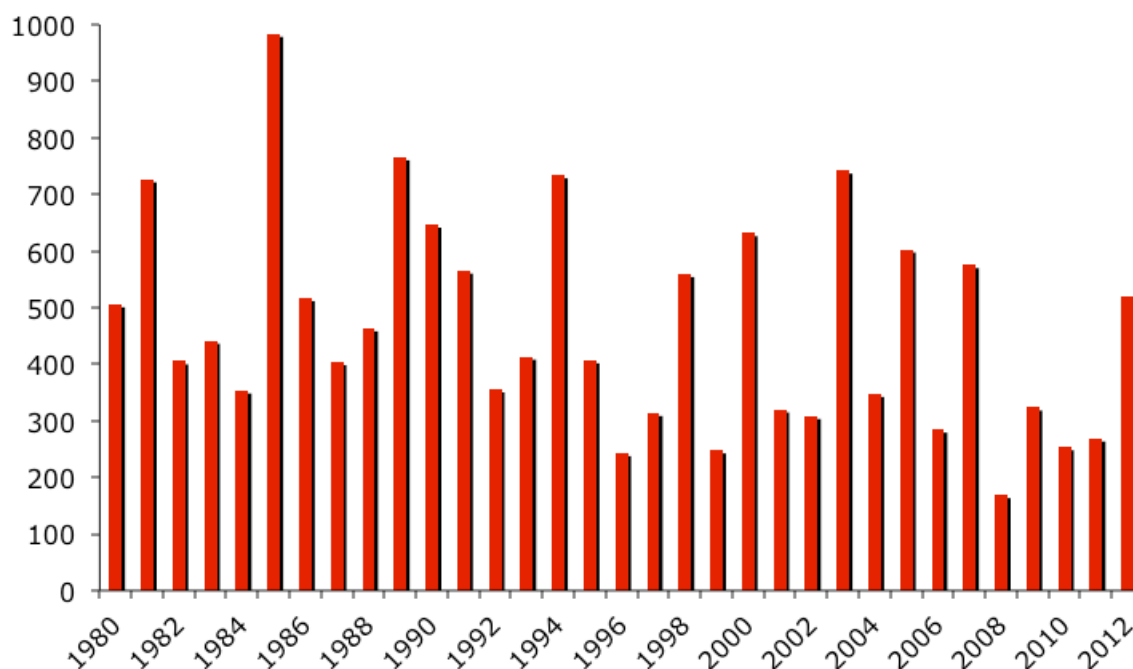


Figure 1 : Surface annuelle brûlée en région méditerranéenne (DUPUY, 2012)

Les écosystèmes et les habitats des régions méditerranéennes françaises sont soumis à différentes perturbations (incendies, urbanisation, abandon du territoire et de certaines pratiques, débroussaillage) pouvant les dégrader ou modifier leur dynamique. Les incendies sont considérés en écologie comme l'une des perturbations les plus importantes et traumatisantes. Les écosystèmes méditerranéens sont particulièrement sensibles du fait de conditions favorisant les feux : sécheresses climatiques répétées, vents forts et fréquents, accumulation de biomasse combustible résultant des plantations forestières, de l'abandon des zones rurales et de la faible exploitation de la forêt (Di castri, 1981).

Les incendies de forêts constituent un danger permanent qui menace ces écosystèmes comme le montre une étude de la FAO (2007) qui fait ressortir qu'au niveau mondial, chaque année, 350 millions d'hectares d'espaces naturels sont détruits par des feux, soit 9% de la superficie totale des forêts et des zones non forestières (steppe, brousse, savane, parcours).

Pour le Bassin Méditerranéen les incendies de forêts constituent une menace permanente surtout en période estivale ; plus de 55 000 incendies parcourent en moyenne chaque année de 500 000 à 700 000 ha de forêt méditerranéenne, causant des dommages

écologiques et économiques énormes, ainsi que des pertes de vies humaines (VELEZ, 1999 ; DIMITRAKOPOULOS & MITSOPOULOS, 2006 IN MADDOU.2016). Le caractère fort irrégulier des incendies, les écarts en surface détruite étant très variables, entre années humides et années très sèches et ventées. Leur fréquence a atteint une ampleur catastrophique surtout dans la partie nord du bassin méditerranéen, par suites d'incendies criminels et de l'accroissement de la fréquentation touristique dans des massifs forestiers autrefois difficilement accessibles. (RAMADE, 1997). Alexandrian et Esnault (1998) constatent un fort accroissement du nombre annuel moyen d'incendies de forêts, à partir du début des années 70. Il faut indiquer qu'il ne subsiste déjà plus que 17 % de la couverture de la forêt originelle de la Méditerranée, tandis que les feux à eux seuls en détruisent 1 % en moyenne par an (WWF, 2001), avec une grande variabilité d'un pays à l'autre.

Quézel et Médail (2003) affirment que la majorité des formations forestières sclérophylles méditerranéennes est parcourue en moyenne par un feu tous les 25 ans. Un accroissement de la fréquence des incendies, associé à une aridification du climat (GIEC 2007) et réduisant le temps entre deux feux à moins de 20 ans (VENNETIER *et al.*2008), pourrait potentiellement affecter l'équilibre préexistant et conduire ces écosystèmes dans un état instable dont les fonctions et les services ne seraient plus assurés correctement.

En Algérie les forêts, les reboisements, les maquis et les garrigues occupent une superficie d'environ 4 100 000 ha, néanmoins chaque année environ 36 000 ha sont parcourus par les incendies. La forêt algérienne est directement liée au climat méditerranéen qui caractérise tout le nord de l'Algérie. Ces forêts sont hétérogènes et inégalement réparties en fonction de la distribution des méso-climats, de l'orographie et de l'action anthropique. Les caractères du milieu confèrent à la forêt une vulnérabilité et une fragilité accentuées par une exploitation qui dure depuis quelques millénaires. Les forêts climaciques sont assez réduites, de grandes superficies sont remplacées par des formations de dégradation telles que les maquis, les garrigues, les broussailles et les pelouses. La dégradation ancienne de la forêt a entraîné un déséquilibre important entre les superficies existantes et les superficies potentielles C'est le facteur de dégradation le plus ravageur de la forêt. Il détruit en moyenne, dans l'espace de quelques mois seulement (juin à septembre) plus de 36 000 ha de formations ligneuses par an.(MATE, 2003)

La moyenne des différents programmes de reboisement depuis 1963 qui est de 26 000 ha/an ne peut équilibrer ces pertes, même si le taux de réussite de ces actions est de 100%, ce qui n'est malheureusement pas le cas

Durant les deux dernières décennies allant de 1985 à 2006, nous avons enregistré une superficie totale brûlée de 779 872,11 ha pour 32 354 foyers d'incendies. La superficie moyenne par foyer est de 24,10 ha. La forêt demeure la formation végétale la plus touchée par les feux avec 60,6% de la superficie totale brûlée (ARFA, 2008).

Ce sont les forêts de pin d'Alep et de chêne liège qui payent le plus lourd tribut face aux incendies. Entre 1985 et 2006, ce sont près de 222 204,72 ha de pinède et 163 420,55 ha de subéraies qui ont brûlé soit 49,45%.

L'accessibilité de la forêt est vitale en matière de lutte contre les incendies, en effet, une intervention rapide en cas de déclaration d'un sinistre permettra de limiter les dégâts occasionnés, les normes sont de 1 km de piste pour 100 ha. En Algérie, la longueur totale des pistes forestières est de 33 372,92 km dont 60,65% sont praticables. Seules quelques forêts en sont équipées suffisamment et seulement 11 wilayas répondent aux normes de 1 km de piste pour 100 ha de forêt. Les normes établies pour la forêt algérienne sont de 5 ha de tranchée pare-feu pour 100 ha de forêt. En Algérie, le volume total des tranchées pare-feu est de 30 668,59 ha dont 20,11% seulement sont aménagées.

Les incendies sont une préoccupation majeure des gestionnaires de l'espace naturel en région méditerranéenne. Des grands incendies se sont développés ces dernières années à proximité des zones urbaines (Etoile, Estaque) ou dans des massifs touristiques (Alpilles), générant de vives préoccupations des populations et des collectivités, et un soucis de reconstituer le cadre de vie ainsi affecté. L'augmentation des moyens de lutte et le reboisement ne peuvent être les seules réponses : ces grands incendies se développent généralement dans des périodes de mistral très violent qui interdit l'extinction rapide des incendies quels que soient les moyens de lutte engagés, et les milieux méditerranéens se prêtent généralement mal aux plantations. Par ailleurs, le feu est parfois perçu comme un facteur écologique intégré par le Fonctionnement des écosystèmes et dont l'impact peut être nuancé. La compréhension de la dynamique post-incendie des écosystèmes aide à optimiser les opérations de réhabilitation. (VENNETIER, 2001).

Compte tenu de l'importance de la connaissance des causes pour la définition des politiques adéquates de prévention, les résultats obtenus, sont loin d'être satisfaisants. On voit bien que les efforts consentis pour la détermination des véritables origines restent insignifiants devant l'importance des dégâts occasionnés.

Pour Leone (1990), la sous-évaluation des causes peut aboutir à un diagnostic incomplet du phénomène, surtout lors du choix des mesures préventives et disciplinaires qui peuvent s'avérer inadéquates, sinon néfastes à la réalité du terrain. Il est de ce fait primordial d'accorder dorénavant une attention toute particulière aux mesures de prévention, car décider du choix de ces mesures sans élucider les causes est un non-sens. Velez (1999) souligne, d'ailleurs, que l'orientation de la politique de prévention d'une manière efficace passe inéluctablement par une meilleure connaissance des causes de feu. Cette recherche des causes des incendies doit être systématisée et scientifiquement étayée.

En effet, la résorption de certaines causes d'incendie passe par une identification et une appréciation précise des situations, des personnes et des groupes d'activités générateurs de

risque. Il est ainsi plus facile de cibler les personnes et de faire passer un message d'information ou de responsabilisation.

L'analyse des causes d'incendies et de leur importance relative, en Algérie met en évidence l'insuffisance des résultats acquis en matière d'identification des sources de dépôts de feux. Ceci montre les efforts qui doivent être entrepris pour cerner au mieux les causes des incendies de forêts et réduire au minimum leurs effets. Une recherche plus active des causes aurait certainement un effet de prévention marqué.

L'une des causes de la fréquence des incendies en Algérie est la marginalisation et de la répression de la population riveraine, celle-ci se manifeste souvent par des mises à feu des forêts. Le conflit permanent entre le forestier et le riverain date de la colonisation et rend celui-ci indifférent à la protection des forêts contre les incendies. Ne bénéficiant d'aucun apport de cet écosystème, les riverains se vengent parfois en allumant volontairement des incendies. Une autre politique intégrant certains droits de jouissance pourrait réconcilier le riverain avec le forestier et l'écosystème en général ; il suffit pour s'en convaincre de regarder l'exemple du Maroc, ou même de la Tunisie. La définition de politique adéquate passe nécessairement par une meilleure connaissance des causes qui permettront de mieux appréhender la prévention.

Pour Leone (1990), la sous-évaluation des causes peut aboutir à un diagnostic incomplet du phénomène, surtout lors du choix des mesures préventives et disciplinaires qui peuvent s'avérer inadéquates, sinon néfastes à la réalité du terrain. Il est de ce fait primordial d'accorder dorénavant une attention toute particulière aux mesures de prévention, car décider du choix de ces mesures sans élucider les causes est un non-sens. Velez (1999) souligne, d'ailleurs, que l'orientation de la politique de prévention d'une manière efficace passe inéluctablement par une meilleure connaissance des causes de feu. Cette recherche des causes des incendies doit être systématisée et scientifiquement étayée.

En effet, la résorption de certaines causes d'incendie passe par une identification et une appréciation précise des situations, des personnes et des groupes d'activités générateurs de risque. Il est ainsi plus facile de cibler les personnes et de faire passer un message d'information ou de responsabilisation.

L'analyse des causes d'incendies et de leur importance relative, en Algérie met en évidence l'insuffisance des résultats acquis en matière d'identification des sources de dépôts de feux. Ceci montre les efforts qui doivent être entrepris pour cerner au mieux les causes des incendies de forêts et réduire au minimum leurs effets. Une recherche plus active des causes aurait certainement un effet de prévention marqué.

Les incendies peuvent être une menace, un danger pour :

- La vie et la santé humaine
- Les biens matériels (habitat, infrastructures)

- La production forestière
- Le patrimoine naturel, le paysage
- La pérennité des écosystèmes terrestres
- L'équilibre des cycles biogéochimiques

Ce qui amène à vouloir en contrôler les impacts

Leviers d'action :

- Politique d'aménagement du territoire
- Education, sensibilisation des populations
- Changements de pratiques agricoles ou forestières
- Gestion des forêts et milieux naturels
- Mesures de prévention spécifiques (ouvrages de protection, débroussaillage, matériaux et modes de construction de l'habitat)

Gestion forestière

Faut-il favoriser la fermeture du couvert ? Ou fragmenter le paysage ?

Ou favoriser certaines espèces ?

Quelle proportion de la surface traiter préventivement ?

Quels peuplements faut-il protéger en priorité (vulnérabilité) ?

Cartes d'aléa : les méthodes existantes sont-elles pertinentes ?

Ces cartes sont une base essentielle de gestion du risque

Produire des connaissances et des méthodes pour évaluer et réduire le risque

Les questions s'adressent aux sciences humaines autant qu'aux sciences de la nature.

A toutes ces questions et observations, cette thèse essaiera d'y répondre à travers une stratégie permettant de minimiser le risque incendie ; cette stratégie reposera sur la démarche suivante :

Introduction

Problématique

Analyse des incendies en Algérie

Présentation de la thèse

Chapitre I : Etat des connaissances sur les incendies de forêts

1. Notions de pyrologie
2. Caractérisation des incendies
3. Moyens de prévention et de lutte

Chapitre II : Caractérisation écologique de la zone d'étude

4. Aspects géographiques
5. Aspects climatiques
6. Aspects édaphiques
7. Aspects humains

Chapitre III : Evaluation de l'impact des incendies sur les forêts du massif de Telagh

- 1. Inventaire des incendies par forêt domaniale**
- 2. Cartographie et choix de la zone d'étude**
- 3. Travaux de restauration entrepris**
- 4. Bilan floristique**
- 5. Identification des risques**

Chapitre IV : Etude du comportement de la végétation

- 1. Choix de sites représentatifs**
- 2. Suivi de la dynamique**
- 3. Type de structure dominante**
- 4. Identification des typologies**

Conclusion

CHAPITRE I : ANALYSE SYNTHETIQUE DES INCENDIES EN ALGERIE

1- Quelques aspects quantitatifs des incendies

1.1- Les principales menaces

Au même titre que les forêts méditerranéennes, les écosystèmes forestiers algériens sont menacés par plusieurs facteurs naturels et anthropiques : leur composition floristique où dominent les résineux, une sylviculture inadaptée, une période de sécheresse longue accentuée par les changements climatiques, des pressions anthropozoogènes, des populations rurales qui pratiquent l'élevage et ne disposent pas de terre.

Les incendies constituent une des conséquences les plus graves de cette situation et qui nécessite une prise en charge pour une protection durable.

Borsali et al. (2014) soulignent : « Au rythme actuel de destruction du patrimoine végétal par les incendies, dans un siècle au plus la couverture végétale forestière sera anéantie. Annuellement les feux de forêts détruisent en moyenne près de 2 % de la surface forestière nationale alors que les reboisements ne sont que de l'ordre de 1% soit une perte de l'ordre de 15.000 hectares par an, en supposant que tous les reboisements réussissent mais ce n'est malheureusement pas le cas ».

Les statistiques de la période 1985-2010 donnent une superficie totale incendiée de l'ordre de 780 000 ha pour un nombre total de 32 000 foyers soit une moyenne par foyer de près de 25 000 ha. Cette situation fait des formations forestières de l'Algérie un des espaces les plus menacés qui doit bénéficier impérativement de mesures de protection afin de leur assurer la pérennité de leur rôles tant dans la diversité biologique que sur les aspects socioéconomiques.

Durant la période (1962-2012), 1415 foyers de feux brûlent annuellement, soit une moyenne de 30 000 ha ; soit une perte cumulée estimée à 1.693.443ha un chiffre assez interrogatoire comparé à la superficie totale forestière qui n'est que de 4 millions d'hectares (tableau1).

Tableau 1 : Aperçu sur les incendies entre 1967 et 2012

| Période | Nombre de foyers | Superficie incendiée par foyer | Superficie incendiée |
|-----------|------------------|--------------------------------|----------------------|
| 1967-1989 | 686 | 42 | 28812 |
| 1990-2000 | 167 | 26 | 4342 |
| 2008-2012 | 3241 | 10 | 32410 |

DGF, 2012

Deux causes principales sont à l'origine des incendies de grande ampleur que connaissent nos forêts :

- le climat, c'est durant les années particulièrement sèches (1983) que les incendies ont été les plus dévastateurs ;
- la deuxième cause est liée au trouble social, en particulier lors des guerres et des révoltes, en raison notamment, de la conjoncture sécuritaire difficile qu'a traversé l'Algérie durant la décennie 1990-2000. C'est l'année 1994 qui a été la plus destructrice pour la forêt algérienne avec une superficie de 271 598 ha soit 6,6% de la superficie forestière totale. Entre 1881 et 2006, 4 834 874 ha, soit 118% du domaine forestier algérien à brûlé en 126 ans. (DGF, 2012).

1.2- Les facteurs de dégradation

La cause la plus prépondérante induisant une destruction progressive des couverts forestiers est d'origine anthropique, quelquefois naturels et ce malgré la réalisation d'importants programmes forestiers. La forêt algérienne a perdu 1 815 000 ha entre 1850 à 1955 et 1 215 000 ha entre 1955 à 1997 et plus de 710 000 ha entre 1998 et 2015 (DGF, 2004 et Benabdeli, 2013). Durant les deux dernières décennies allant de 1985 à 2006, nous avons enregistré une superficie totale brûlée de 975000 ha pour 42 000 foyers d'incendies. La superficie moyenne par foyer est de 28 ha.

Les facteurs ayant contribué à cette situation sont :

- **Les incendies** : de 1985 à 1994, 920 000 ha de couverts forestiers ont brûlé, dont 477 629 ha en 10 ans. Malgré les capacités de régénération de la forêt, les incendies représentent un véritable fléau auquel très peu d'espèces peuvent résister.

- **Le surpâturage** : la forêt sert de parcours permanent pendant la saison des neiges pour les éleveurs du Nord. Elle est aussi terres de transhumance pour les troupeaux steppiques. On dénombre en forêt 960 000 bovins, 600 000 caprins et 4,2 millions d'ovins. Des études montrent que la charge pastorale est au moins quatre fois supérieure aux capacités d'équilibre.

- **Les coupes de bois** : suite à la hausse des prix du bois, les coupes illicites de bois de chauffage, de bois d'œuvre pour la construction et de bois d'ébénisterie sont en augmentation. Ces coupes touchent les arbres ayant les meilleures caractéristiques phénotypiques et génétiques et éliminent les meilleurs porteurs de graines.

- **Le tourisme** : le tourisme et les usages récréatifs qui nécessitent l'aménagement de voies de circulations, de stations... augmentent les risques d'incendies et affectent les zones boisées.

- **Les défrichements** : les populations montagnardes, privées de surfaces agricoles et marginalisées procèdent à des labours à la lisière des forêts. Ces pratiques, outre qu'elles ont un effet désastreux sur les sols, provoquent des antagonismes permanents entre les riverains et l'administration forestière guidée par un souci de protection des forêts.

- **L'érosion** : outre les pertes en sol, l'érosion entraîne une perte d'alimentation des nappes phréatiques, par conséquent des ressources en eau et l'envasement des barrages.

La stratégie adoptée reposant sur des actions très classiques, aléatoires et traditionnelles axée essentiellement sur la mobilisation de moyens destinés à empêcher la naissance du feu et sa propagation n'ont pas pu diminuer de son impact. Les actions préconisées comme l'ouverture de tranchée coupe feu, l'ouverture de pistes d'accessibilité, l'élagage de résineux sans espacement entre les cimes se caractérisent par une absence de règles de conduite sylvicoles appropriées.

La fluctuation des superficies incendiées appelle également à une meilleure vigilance puisque la superficie des forêts brûlées par année en Algérie oscille entre 20 000 ha et plus de 50 000 ha avec un chiffre exceptionnel de 271 000 ha en 1994. (DGF, 2012). L'analyse de la superficie incendiée annuellement plaide pour une autre approche axée sur l'identification des dangers et de leurs risques, de la détection et de l'alerte et surtout sur la rapidité d'intervention. A ce sujet Meddour (2008) précise que la superficie moyenne brûlée par incendie fluctue entre 10.55 ha et 42.5 ha ; plus de 5400 foyers ont été enregistrés en 2012. Les surfaces parcourues par le feu représentent sensiblement 1 % des boisements actuels du pays compte tenu d'une surface forestière totale de 4.1 millions d'ha (Meddour, 2008).

En revanche, la fréquence des mises à feux n'a cessé d'augmenter à travers le temps, avec un nombre annuel de feux 3,6 fois plus élevé par rapport à la période coloniale, dépassant pour les 3 dernières années 2 000 feux/an. (DGF,2004)

Entre 1881 et 2006, 4 834 874 ha, soit 118% du domaine forestier algérien à brûlé en 126 ans Les pertes économiques dans le secteur forestier générées par les incendies de forêt en Algérie entre 1985 et 2006 se chiffrent à plus de 113 milliards de dinars algériens. Cette évaluation financière ne prend en compte que la valeur marchande des produits perdus (bois, liège, broussailles, alfa, arboriculture...) sans tenir compte des dépenses annuelles pour la lutte contre les incendies de forêt (matériels, véhicules, main-d'œuvre...). De plus il faut ajouter à cela une perte à long terme de la biodiversité et de l'équilibre des écosystèmes forestiers, qui reste très difficile à chiffrer. Surtout si on sait que le reboisement et l'entretien d'un hectare coûte en moyenne 80.000 DA. L'une des conséquences indirectes des incendies est l'érosion des sols et l'envasement des barrages qui représentent une perte économique importante. Donc, ces chiffres sont bien en dessous de la réalité, mais, ils permettent d'avoir au moins une idée de l'impact économique des incendies sur la forêt algérienne (Arfa, 2008).

Les facteurs sociaux et humains qui concourent à la dégradation de la forêt sont entre autres la forte présence humaine autour et à l'intérieur des massifs forestiers, la pauvreté et le chômage qui conduisent les habitants à commettre des délits forestiers pour pouvoir subvenir à leurs besoins primaires (coupe et vente illicites de bois, fabrication de charbon pour les rôtisseries à partir du chêne vert, défrichements pour l'extension des parcelles de céréales, surpâturage,...), la présence des carrières d'extraction de pierres et des stations de concassage à l'intérieur des massifs, les constructions illicites d'immeubles à usage d'habitation ou d'élevage, les incendies liés aux activités agricoles, aux actes criminels et à la lutte anti-terroriste,... Ces différents facteurs, dans une combinaison qui se retrouve dans la majorité des régions du pays, ont fragilisé davantage l'écosystème forestier et réduit l'étendue du couvert végétal.

De tous les facteurs de dégradation de la forêt algérienne, les incendies sont les plus dévastateurs. Ils détruisent en moyenne, en l'espace de quelques mois seulement (juin à octobre), plus de 36 000 ha de formations ligneuses par an. La moyenne des différents programmes de reboisement depuis 1963 qui est de 26 000 ha/an ne peut équilibrer ces pertes, même si le taux de réussite de ces actions est de 100 %, ce qui n'est malheureusement pas le cas.(BENABDELI,1996)

2- Constat sur les incendies

Parmi tous les travaux entrepris dans ce volet, ceux de Arfa (2008) sont les plus précis et bien documentés ; leur exploitation permet de mieux appréhender ce phénomène. L'analyse des données fournis par Madoui (2013) sur une période de 134 ans confirment que les incendies en Algérie ont toujours constitué un danger.

2.1- Les causes

Medoui dans sa thèse en 2013 souligne : « La répartition des causes d'incendies en Algérie pour la période 1979 au 1982 (Secrétariat d'Etat aux Forêts, in REBAI, 1986), montre l'importance des causes d'origine inconnue qui était de 58%, suivie par les causes volontaires

(les incendiaires) avec 26% et enfin les causes involontaires (négligence) avec 16% pour l'année 1982. Nous pouvons déjà remarquer l'apparition des causes volontaires dont BOUDY ne mentionnaient pas en 1952. Peut-on avancer que le fait de brûler volontairement la forêt est un phénomène récent en Algérie? VELEZ (1999) note bien l'accroissement, dans la région méditerranéenne, du nombre d'incendies allumés volontairement dans le simple but de détruire ».

L'analyse des données des incendies et de leur évolution temporelle pendant une longue période de 134 ans font apparaître plusieurs éléments. Pendant la période de 1863 à 2009 (sans les années 1864, 1866-1872, 1875, 1950 et 1962 pour lesquelles nous manquons des données), le feu a brûlé un cumul de 5 171 840 ha de forêt algérienne avec une moyenne de 38 596 ha par an. Durant cette période, 44 ans sur 134, les superficies brûlées ont dépassé la moyenne annuelle brûlée, et 19 ans sur 134 ont brûlé le double de cette moyenne. En outre, ces données montrent que le feu a brûlé de façon presque périodique de grandes surfaces à chaque dix ans. Il montre également que les années 1865, 1881, 1892, 1894, 1902, 1913, 1919, 1956, 1957, 1958, 1983 et 1994 ont été catastrophiques pour les forêts algériennes et chaque période correspond à une situation politique et / ou sociale exceptionnelle. Durant ces années, le feu a brûlé plus de 100 000 ha par an et durant trois années sur 12, le feu a brûlé plus de 200 000 ha. Il correspond aux années 1956, 1983 et 1994. Si les années de 1956 et 1994 ont été attribués à l'instabilité politique de l'Algérie, l'année 1983 a été caractérisée essentiellement par des conditions météorologiques extrêmes et constitue l'année la plus sèche depuis 1962. Les conditions météorologiques extrêmes sont responsables des grands feux et de leur sévérité (MADOUI *et al.*, 2010).

2.2- Le nombre de foyer

Le nombre d'incendies par an fluctue entre 100 et 2500 avec une moyenne de l'ordre de 1500 sur une période de 50 ans (1956-2006) comme le confirme la figure suivante.

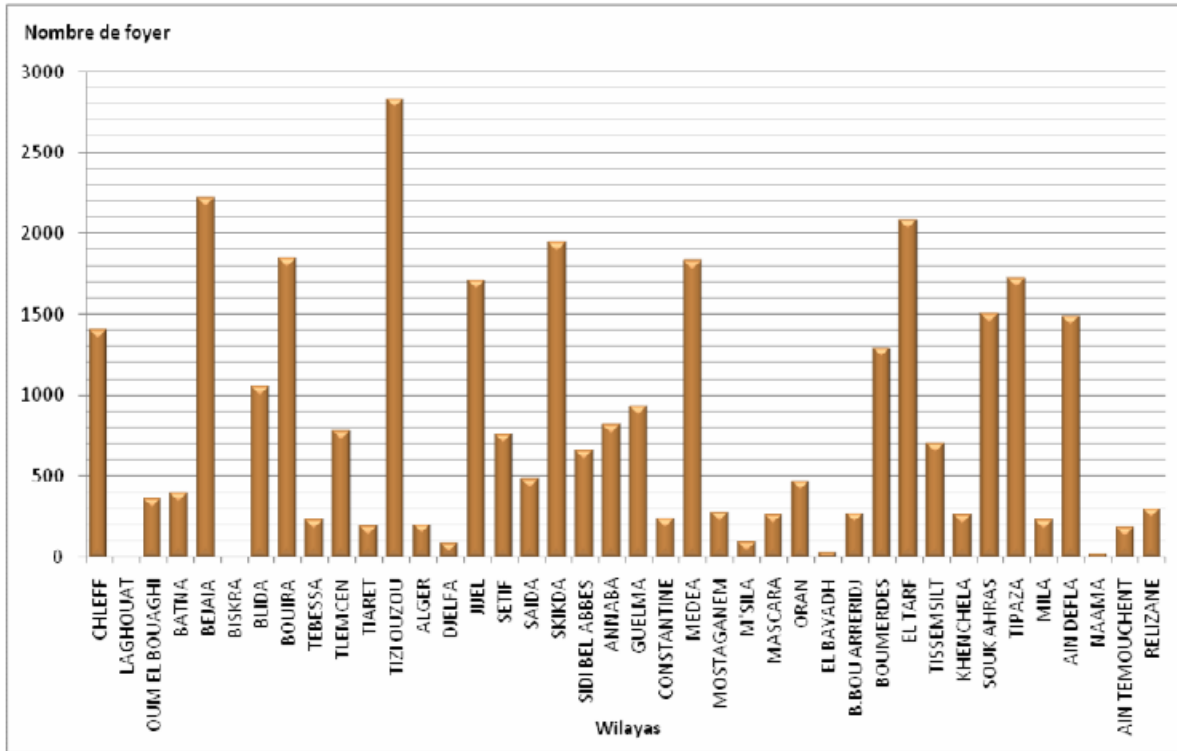


Figure 2 : Nombre d'incendie par wilaya selon Arfa (2008)

2.3- Superficie brûlée

La superficie brûlée varie entre 1000 et 85 000 ha durant cette période avec une nette dominance de la tranche supérieure à 30 000 ha ; qui est généralement retenue comme moyenne alors qu'il y a lieu de noter des pics dans certaines wilayates qui dépassent les 40 000 ha.

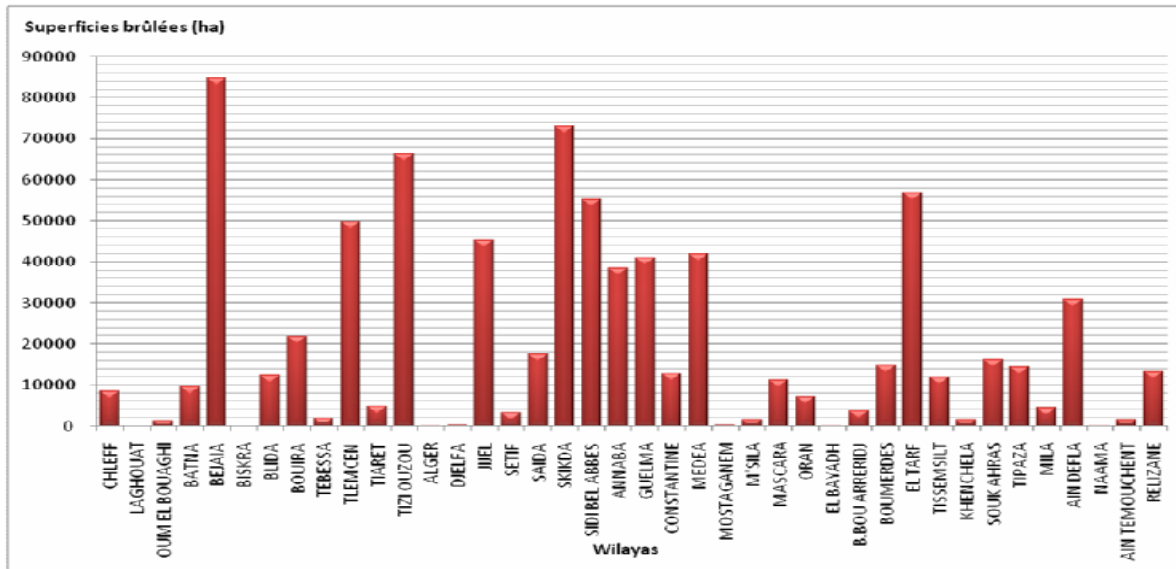


Figure 3 : Superficie brûlée selon Arfa (2008)

2.4- Nombre de foyer annuelment

Sur une période de 20 ans on note que le nombre de foyer le plus bas est de 500 et le plus élevé de 2300 d'une façon irrégulière mais caractérisée par des phases de 3 à 4 ans en cycles comme le synthétise le graph qui suit..

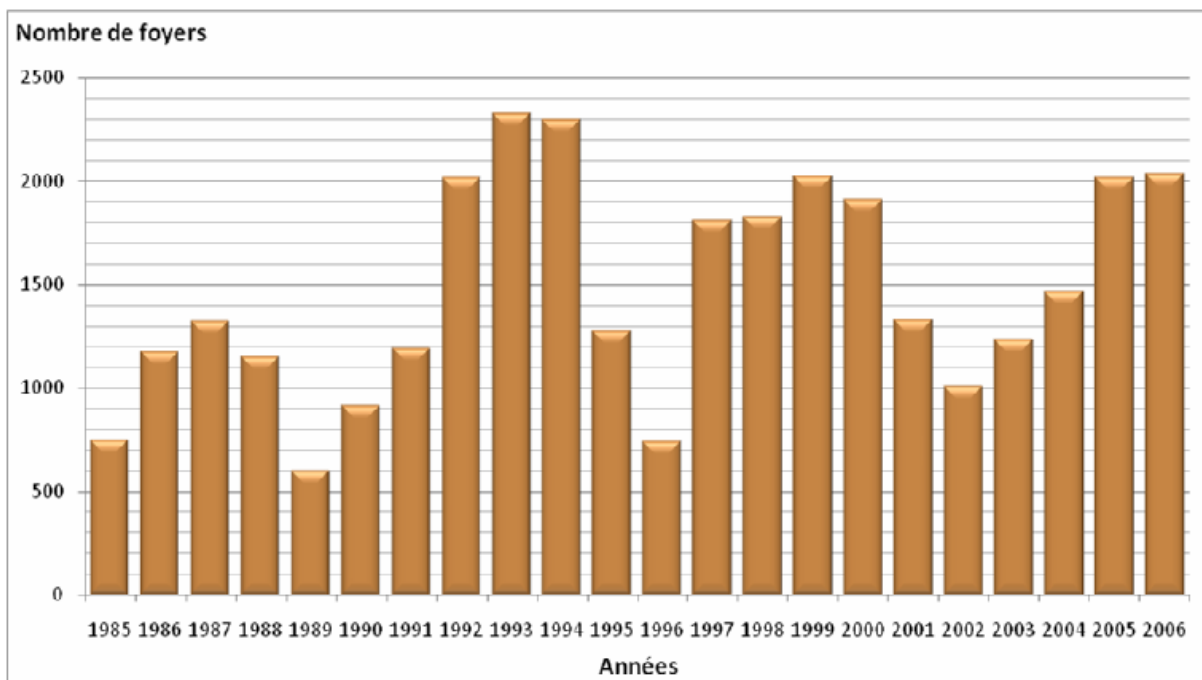


Figure 4: Nombre d'incendie de forêt par année selon Arfa (2008)

2.5- Fréquence annuelle des incendies

C'est un autre indicateur permettant de cibler la provenance de ce fléau dans le temps ; il y a lieu de noter que la fréquence dominante reste en dessous de la barre des 50 000 ha, exception faite de 3 années à savoir 1993, 1994 et 2000.

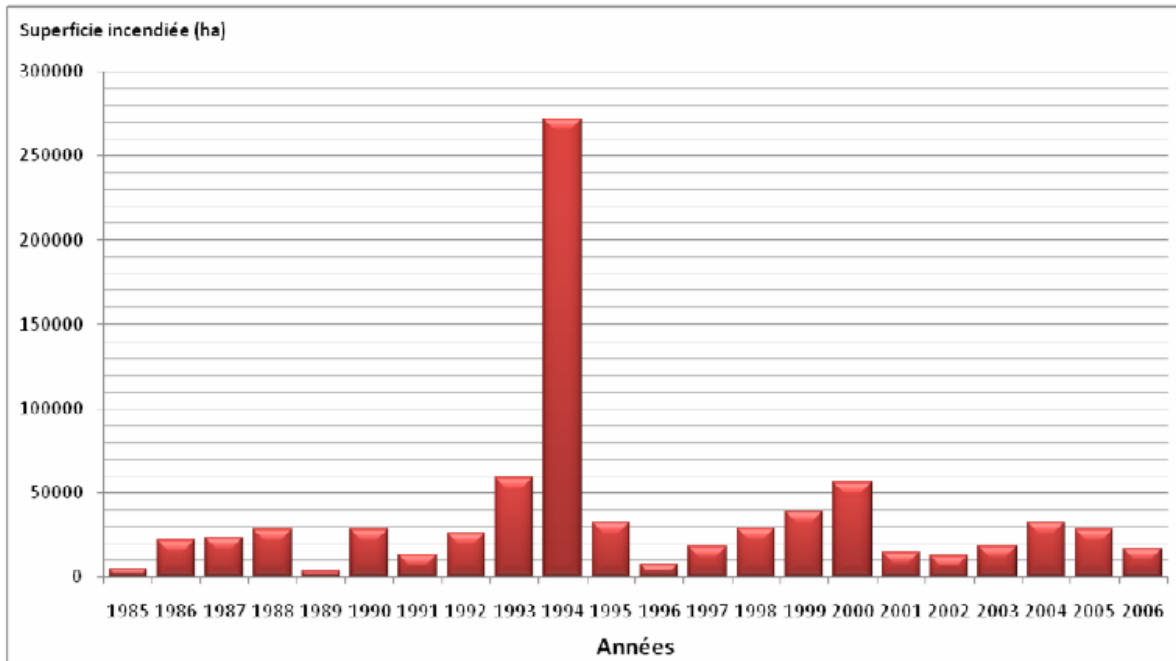


Figure 5: Fréquence annuelle des incendies selon Arfa (2008)

2.6- Fréquence des incendies selon les jours de la semaine

Une autre indication importante pour comprendre le déroulement de ce phénomène et qui renseigne que les incendies surviennent au courant de tous les jours de la semaine, ce qui exclue la corrélation généralement faite entre les jours de repos et le déclenchement des incendies.

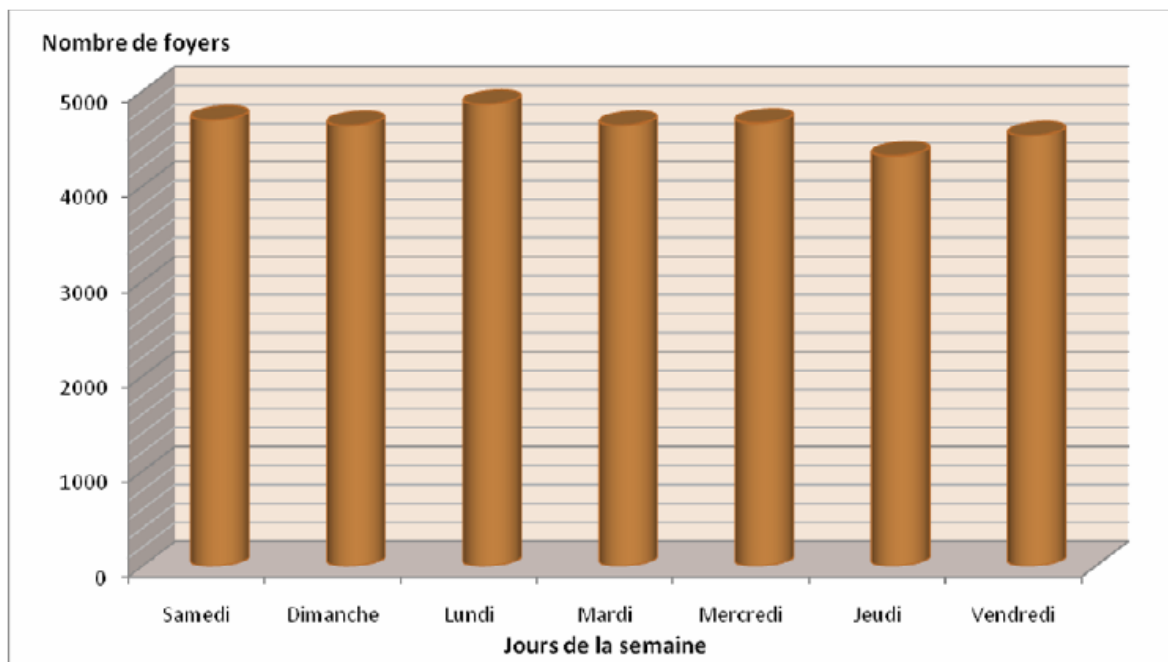


Figure 6: Répartition des foyers par jour de la semaine

2.7- Fréquence des horaires des incendies

C'est un autre indicateur de première importance pour maîtriser le déroulement de ce fléau qui survient généralement entre 10h et 18 h avec un pic dans la plage entre 12 h et 16 h.

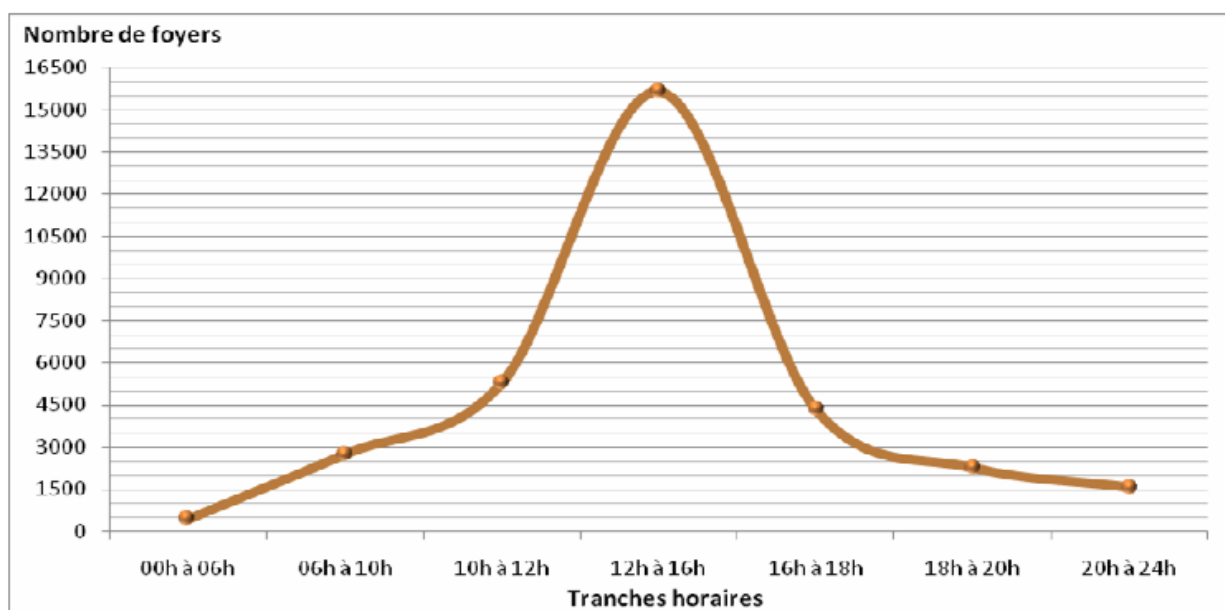


Figure 7: Horaire de déclenchement des incendies

2.8- Relation entre superficie brûlée et nombre de foyer

Il y a une assez bonne corrélation entre le nombre de foyers et les superficies incendiées ce qui confirme que les interventions ne sont pas efficaces car lentes et sans stratégie.

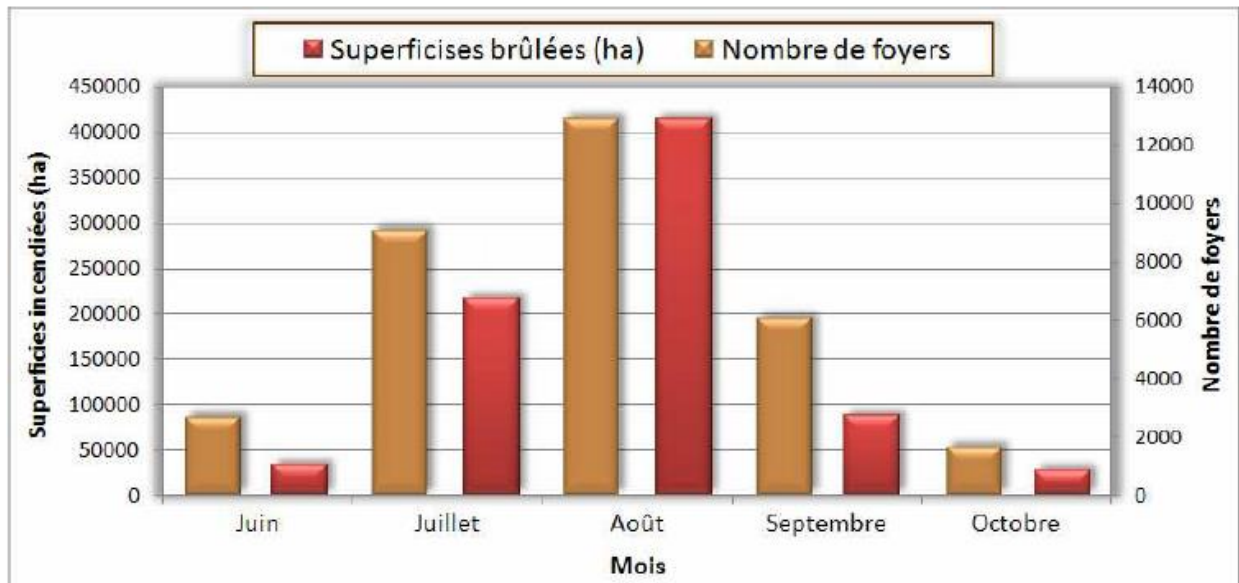


Figure 8: Relation superficie brûlée et nombre de foyer

2.9- Répartition des incendies selon leur superficie

Plus de 75% des incendies ont moins de 10 ha ce qui est bon signe mais entre 10 et 100 ha c'est 25% et 5% entre 100 et 500 ha

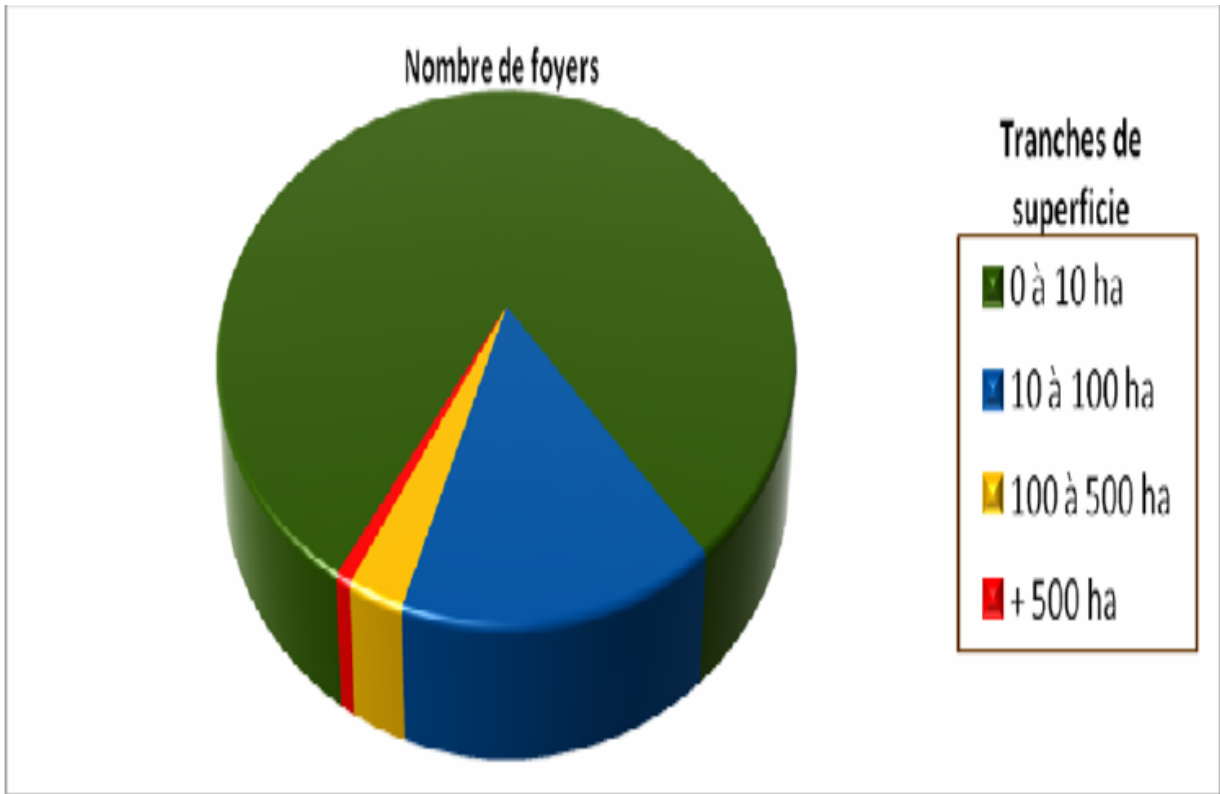


Figure 9 : Répartition des incendies selon leur superficie

2.10- Répartition par catégorie de causes

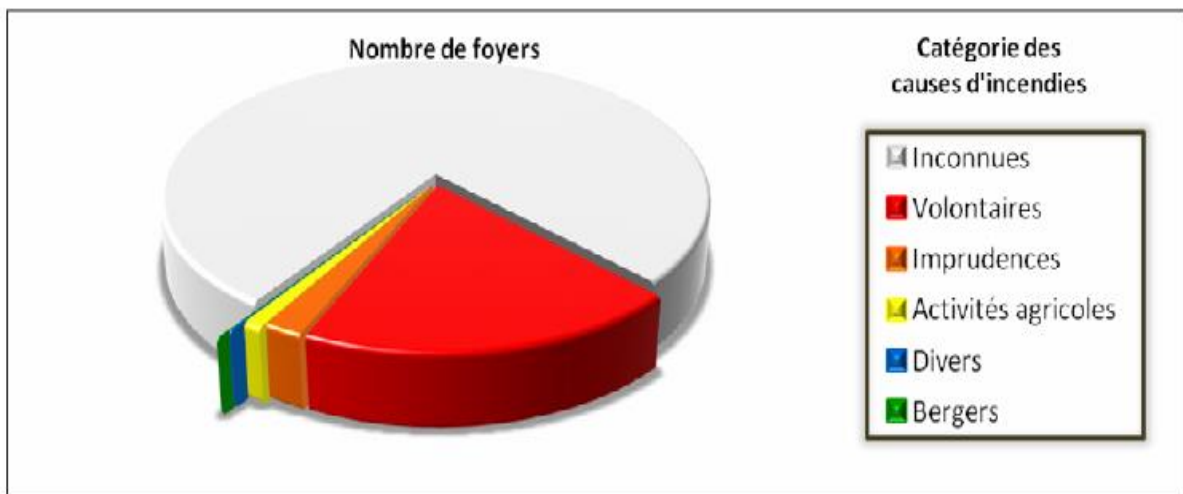


Figure 10 : Répartition par catégorie de causes

A ce sujet Arfa (2008) note : « Les causes des incendies étant d'origine humaine, aucun programme d'aménagement ne peut aboutir aux résultats escomptés, sans la prise de conscience du citoyen de la valeur écologique de la forêt. Devant cet état de fait, nous devons poursuivre les actions de développement tout en donnant une attention particulière à la prévention et à la sensibilisation eu égard au manque de moyens pour l'intervention. Il s'avère donc nécessaire, pour le succès des plans d'aménagement et de lutte contre les incendies de forêt, de développer une approche intégrée et participative de tous les acteurs concernés et d'essayer de répondre aux attentes des populations locales et de satisfaire leurs besoins prioritaires. D'où l'intérêt de concilier les besoins du développement et les impératifs de protection de l'environnement ».

On peut citer parmi les origines des feux les plus fréquentes VELEZ, (1999) :

- Les bergers causent souvent des incendies en brûlant les forêts et les maquis, pour favoriser la repousse d'une nouvelle végétation herbacée pour les animaux au pâturage. Quand ils le font, sans prendre les précautions indispensables, alors que les risques climatiques sont élevés, les incendies de forêts sont pratiquement inévitables. Dans le passé, on a imputé aux pasteurs presque tous les incendies de forêts (feux pastoraux) qui se sont produits dans la région méditerranéenne, mais cela semble exagéré.
- Les paysans utilisent aussi le feu afin d'éliminer les chaumes et de repousser la forêt pour faire place à l'agriculture. Malgré les risques évidents, on peut souvent voir des agriculteurs mettre le feu à des résidus agricoles, même quand de grands incendies échappant à tout contrôle font rage dans la même zone.
- Les populations urbaines de la région méditerranéenne sont particulièrement insensibles au danger des incendies et à leurs conséquences potentiellement dangereuses. Malgré des campagnes de propagande préventive continues, de nombreux citoyens ne considèrent pas les feux de forêts comme une menace, même au cœur de l'été. L'inconscience des fumeurs et des touristes qui font du feu pour cuire leurs aliments est la source d'un grand nombre d'incendies.
- Une cause de plus en plus importante est le brûlage de grandes quantités de déchets solides, laissés par les touristes ou produits par les autres utilisations des forêts à des fins récréatives. L'élimination des ordures, généralement par brûlage, est souvent effectuée sans prendre les précautions nécessaires, et le risque d'incendie est grand. Les zones touristiques le long des côtes européennes de la Méditerranée sont souvent le théâtre d'incendies dus au brûlage des ordures.
- Un nombre croissant d'incendies est allumé non à des fins utilitaires, mais par malveillance dans le seul but de détruire, spécialement en Méditerranée occidentale. Ces incendies peuvent être allumés pour diverses raisons, y compris la vengeance privée et les conflits que soulèvent le droit de propriété, les droits de chasse et même les politiques forestières gouvernementales, dans le cas par exemple, où le reboisement est exécuté au détriment de terres de pâture traditionnelle ou quand des zones, qui étaient auparavant ouvertes à tous, sont déclarées « aires protégées ou parcs nationaux ».
- Les incendies destructeurs, particulièrement dans la partie européenne de la région méditerranéenne, ont aussi pour but d'essayer de modifier la classification de l'utilisation des terres. Par exemple, dans certaines parties de l'Italie et de la Grèce, de vastes zones forestières ont été détruites par des promoteurs immobiliers peu scrupuleux.

Les grands incendies fréquents ces dernières années, alliés à l'irrégularité des précipitations, peuvent aggraver le risque de dégradation irréversible des espaces boisés, tout au moins localement. Ce risque est présent dans la partie nord de la région méditerranéenne, en particulier dans la Péninsule ibérique, et apparaît dans tout le Maghreb également.

3- Analyse des actions entreprises

3.1- Dans le monde

En Europe le contenu du plan de lutte contre les feux de forêts est institué par décret et est composé de trois pièces :

- **le rapport de présentation** qui comporte un bilan descriptif des incendies intervenus depuis au moins les sept dernières années ainsi qu'une analyse de leurs principales causes
- **le document d'orientation** qui fait un diagnostic de la situation établissant un bilan complet des actions conduites au cours d'une période s'étalant sur 15 à 20 ans. Ce diagnostic comporte une évaluation de la stratégie en matière de prévention et de prévision, en cohérence avec celle de la lutte. le document d'orientation est composé de Fiches Actions précisant pour la durée du plan les points suivants :
 - les objectifs prioritaires à atteindre en matière de diminution des causes principales de feux, ainsi qu'en matière d'amélioration des systèmes de prévention, de surveillance et de lutte,
 - la description des actions envisagées pour atteindre les objectifs,
 - la nature des opérations de débroussaillage,
 - les territoires sur lesquels des PPR doivent être prioritairement élaborés,
 - les structures ou organismes associés à la mise en œuvre des actions, ainsi que les modalités de leur coordination,
 - les critères ou indicateurs nécessaires au suivi de la mise en œuvre du plan et à son évaluation.
- **les documents graphiques** indispensables pour simplifier la compréhension comme des cartes et des graphes lisibles et compréhensibles.
 - délimitent, par massif forestier, les territoires exposés à un risque d'incendie fort, moyen ou faible, ainsi que les territoires qui génèrent un tel risque.
 - indiquent les aménagements et équipements préventifs existants, ceux dont la création ou la modification est déjà programmée ainsi que ceux qui sont susceptibles d'être créés,
 - identifient également les zones qui sont situées à moins de deux cents mètres de terrains en nature de bois, forêts, landes, maquis, garrigue, plantations et reboisements,
 - localisent les territoires sur lesquels des plans de prévention des risques naturels prévisibles doivent être prioritairement élaborés.

Tous ces documents doivent être élaborés de la manière suivante :

- ils s'appuient sur les documents antérieurs (plan de protection antérieur, atlas des risques feux de forêts), ainsi que sur d'autres documents de cadrage (Schéma Départemental d'Analyse et de Couverture des Risques,...)
- ils résultent de travaux réalisés à la fois par un prestataire extérieur et par les groupes de travail thématiques constitués des personnels des différents services concernés, en particulier pour les « fiches-actions »,
- ils ont été validés par les membres de la commission consultative départementale de sécurité et d'accessibilité.

Pour le suivi, un groupe de pilotage est institué et comprend :

Un groupe de pilotage spécifique a été formé pour assurer le suivi technique de ce travail.

Il était constitué de :

- la Chambre d'Agriculture,
- la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt,
- la Direction Départementale de l'Équipement,
- la Police Nationale,
- l'Association des Maires du département,
- le Centre Régional de la Propriété Forestière,
- le Conseil Général,
- le Groupement de Gendarmerie,
- le Service Départemental d'Incendie et de Secours,
- le Service Interministériel de Protection et de Défense Civile de la Préfecture,
- l'Office National des Forêts,
- le Syndicat des Propriétaires Forestiers. (FAO, 2007)

3.1.1- Importance des données climatiques

Le climat de la région est essentiel et doit être très bien analysé notamment en matière :

- de pluviométrie dans toutes ses composantes et variables,
- de durée d'ensoleillement,
- l'amplitude moyenne des températures quotidiennes et leur contraste
- les gelées
- l'influence de la mer
- la force du vent

3.1.2- Description de la végétation

C'est un volet très important puisqu'il renseigne sur le taux de recouvrement, la densité, la structure et la composition de la végétation. Une cartographie identifiant les zones homogènes par type de végétation est l'élément déterminant pour élaborer un plan de prévention et de lutte contre les incendies.

3.1.3- Occupation du sol

Cet élément renseigne sur les dangers et les risques et permet de localiser les zones à risque en fonction de l'occupation du sol et l'état de la végétation ainsi que des travaux localisés dans le temps et dans l'espace.

3.1.4- Identification des causes issue du retour d'expérience

Une identification des causes des incendies et de leur fréquence permet d'affiner la gestion des dangers et d'évaluer avec plus de précision les risques de départ de feux. Calculé sur au moins 25 ans, les causes des incendies peuvent être classées et identifiées dans le but de mieux les maîtriser dans un but d'abord préventif puis curatif éventuellement.

C'est un volet très important comme le montre le graphe qui suit :

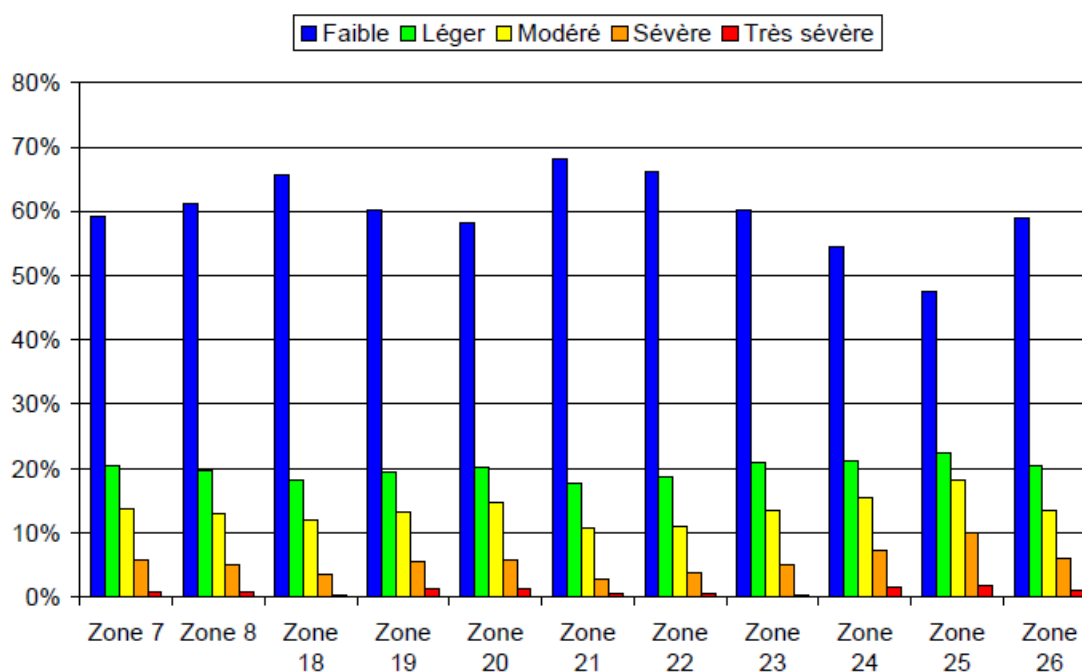


Figure 11 : Identification des causes des incendies et leur fréquence.(ANONYME)

Il indique la proportion de chaque niveau de danger et constitue un référentiel intéressant et surtout utile. Par zone il est possible de connaître si le risque est faible, léger, modéré, sévère ou très sévère et à chaque type de risque des mesures adéquates sont prises ou prévues.

3.1.5- Banque de données et analyse temporelle des données

Au plan « temporel », seules les données collectées sur une longue période peuvent être utilisées pour fournir des éléments objectifs pour caler les périodes d'interdiction de l'usage du feu dans les arrêtés préfectoraux. Pour chacun des 15 plus grands feux, de ces 10 dernières années (feux de taille supérieure ou égale à 10 ha), est affectée une valeur de l'IFM du jour de leur déclenchement. Ce rapprochement a été réalisé de façon manuelle par comparaison de la carte des limites de zones météo avec la carte des limites de communes. Cette analyse est

limitée aux feux de plus de 10 ha et n'a pas été étendue à l'ensemble des feux pour des raisons à la fois théoriques (il n'a pas été jugé utile d'ajouter dans la carte d'aléa un indicateur supplémentaire qui soit corrélé avec un des indicateurs déjà pris en compte, le nombre de feux) et matérielles (il n'est pas possible de rapprocher simplement le fichier des feux avec celui des données météo, les limites des zones météo ne coïncidant pas avec celles des communes). Il y a bien une corrélation entre valeur de l'IFM et nombre de grands feux. Le risque Modéré, Sévère ou Très Sévère 1 jour sur 5 en moyenne : mais c'est là que se produisent 9/10ème des grands feux (feux de plus de 10ha) L'analyse montre que ces grands feux se sont propagés essentiellement au cours de journées de danger « Léger », « Modéré » et « Sévère » (peu de journées de danger extrêmes : « Faible » ou « Très Sévère »).

3.1.6- Délimitation des massifs à risque

La délimitation des massifs à risque a été réalisée en se basant sur les principes suivants :

- les secteurs d'aléa faible ou très faible peuvent être logiquement exclus de l'application
- de l'article L321-6 du code forestier (couleurs bleues sur la carte de l'aléa),
- les secteurs d'aléa moyen (couleur verte) correspondent à la limite entre « massifs à risque » et « massifs à risque faible » ; ils devront donc être inclus ou exclus selon le contexte, notamment les enjeux menacés,
- une première sélection « automatique » a été réalisée en regroupant les secteurs d'aléa moyen à très élevé (couleurs vert, jaune et rouge) appartenant à la même unité forestière (premier « lissage »),
- la sélection a été validée par le groupe de travail « à dire d'expert », en fonction de la connaissance du terrain de ses membres,
- les limites définitives des « massifs à risque » ont été établies après un second « lissage », en s'appuyant sur des limites communales, afin de faciliter la tâche ultérieure des gestionnaires et de tous ceux qui auront à mettre en application la réglementation.(ANONYME)

3.2- En Algérie

Malgré un retour d'expérience assez diversifié en matière de lutte contre les incendies dans le bassin méditerranéen, en Algérie, les actions entreprises en matière de lutte contre ce fléau sont très classiques comme le souligne Benabdeli (1996) : « Au rythme actuel de destruction du patrimoine végétal par les incendies, dans un siècle au plus la couverture végétale forestière sera anéantie. Annuellement les feux de forêts détruisent en moyenne près de 2 % de la surface forestière nationale alors que les reboisements ne sont que de l'ordre de 1% soit une perte de l'ordre de 15.000 hectares par an, en supposant que tous les reboisements réussissent mais ce n'est malheureusement pas le cas ».

Généralement, au niveau de l'ensemble des espaces forestiers les conservations des forêts préparent le Plan de lutte contre les incendies de forêts, appelé 'Plan Feu', à partir du mois de mars de chaque année. Le document élaboré est transmis à plusieurs institutions et

structures dont la wilaya, la Protection civile, les APC, les daïras, la Sonelgaz, les Travaux Publics,...) pour que chacune d'entre elles initie les actions de prévention dépendant de son secteur. Les principales recommandations sont la réalisation de travaux de nettoyage de la végétation sèche au niveau des servitudes, le débroussaillage en dessous des lignes électriques et aux abords immédiats des routes avant le 30 juin de chaque année. Des Comités de coordination de commune, de daïra et de wilaya sont installés pour veiller à la mise en application des mesures de prévention. Les conservations des forêts installent des postes de vigie avec un recrutement de saisonniers dès le mois de juin pour surveiller les départs de feu avec quelques fois la réalisation d'une carte de risque des incendies en utilisant la géomatique. Cette structure en charge de la gestion des forêts initient toutes les opérations d'installation d'infrastructures permettant une prévention plus efficace et une intervention plus performante (ouverture et aménagement de pistes forestières, construction de postes de vigie et de maisons forestières, aménagement de tranchées pare-feu, captage de sources). Dans la stratégie d'intégration intersectorielle, les projets de proximité de développement rural (PPDR) et le Projet d'emploi rural sont destinés aussi à améliorer le niveau de vie des populations de l'arrière-pays montagneux et steppique de façon à préserver les espaces forestiers des dégradations directement liées à la pauvreté et au chômage. Le bilan annuel remet en cause les objectifs fixés puisque les incendies détruisent chaque année plus de 35 000 ha en moyenne.

Dans le domaine de la prévention, les quelques actions classiques, souvent inefficaces, entreprises se résument comme suit :

- ouverture de pistes et réaménagement
- ouverture et réaménagement de tranchée coupe-feu
- installation de postes de vigie
- recrutement de saisonniers
- l'aménagement de points d'eau
- la mobilisation de moyens matériels

Comme solution durable à ce fléau, seul le reboisement a été retenu comme la principale action entreprise dans les programmes de reconstitution du patrimoine forestier dégradé. D'après les sources de la Direction Générale des Forêts, ce sont 972 500 ha de reboisement qui ont été réalisés à base de pin d'Alep, d'Eucalyptus, ou d'acacia. Les bilans font état de 40% de réussite, ce qui ne couvre aucunement les pertes subies annuellement.

Toutes ces opérations n'ont pu diminuer les dégâts causés par les incendies ; cependant d'autres opérations ont montré leur efficacité comme les actions sylvicoles par dépressage, les techniques de feux courants et les parcours contrôlés en forêt, sont autant de moyens pour soustraire au feu de nombreux écosystèmes. Ces particularités sont essentiellement liées aux profondes modifications survenues dans l'utilisation par l'homme des écosystèmes forestiers et en premier lieu à leur sous-utilisations voir à leur abandon.

De telles actions doivent être fondées sur un plan de prévention des risques d'incendies ou tout simplement des cartes de sensibilité aux feux, le sylviculteur en normalisant ses interventions, joue un rôle déterminant dans la lutte préventive. Une lecture du bilan de la direction des forêts, ne peut refléter les efforts consentis

Chapitre II : ETAT DES CONNAISSANCE SUR LES INCENDIES

1- Eléments de pyrologie

En Algérie, les incendies ont ravagé entre 2000 et 2008, 150 000 ha. On enregistre plus de 50 000 hectares brûlés pendant l'année 2012 (DGF, 2012) . Selon la DGF(2004), 18 wilayas ont été touchées par ces incendies, notamment Tizi-Ouzou, Bejaia, Jijel, Sidi Bel Abbés, Médéa, Chlef, Tlemcen et Ain Defla.

Le besoin de recherche dans ce domaine est grand, si l'on veut comprendre et prédire la propagation des feux qui restent complexes et imprévisibles. Différents modèles sont utilisés dans l'étude des feux de forêt, ils sont classiquement regroupés en modèles statistiques, empiriques et physiques. La modélisation statistique semble être la plus appropriée dans la prédiction des grands feux de forêts. Elle peut contribuer à aider les opérationnels dans la lutte contre les incendies.

Plusieurs travaux de spécialistes ont été consultés pour faire la synthèse qui suit en matière de pyrologie et incendies de forêts comme Dagorne et al. (1994), Dupuy (1997), Mariel et al., (1997), Monge (2010),

1.1-Qu'est ce qu'un feu de forêt ?

Les feux de forêt sont des sinistres qui se déclarent dans une formation naturelle qui peut être de type forestière (forêt de feuillus, de conifères ou mixtes), subforestière (maquis, garrigues ou landes) ou encore de type herbacée (prairies, pelouses, ...) BENABDELI, 2013. L'emploi du terme « feux de forêts » désigne, le plus souvent, le type de feu tel que défini dans la base de données Prométhée : c'est à dire les feux de forêts, de landes, de maquis ou de garrigues ayant menacé un massif forestier d'au moins un hectare d'un seul tenant. Cette définition n'inclut pas les feux dans des massifs de moins de 1ha (les feux de boisements linéaires, les feux d'herbes, les feux agricoles, les dépôts d'ordures, etc. BARBERO & al, 1989. Les feux se produisent généralement pendant l'été mais plus d'un tiers ont lieu en dehors de cette période. La sécheresse de la végétation et de l'atmosphère accompagnée d'une faible teneur en eau des sols sont favorables aux incendies y compris en hiver.

1.1.1- Comment se manifeste-t-il ?

Pour qu'un incendie se déclare et se propage, trois éléments doivent être présents : un combustible (la végétation), un gaz comburant (l'oxygène de l'air) et une source d'inflammation (flamme, matériau incandescent).

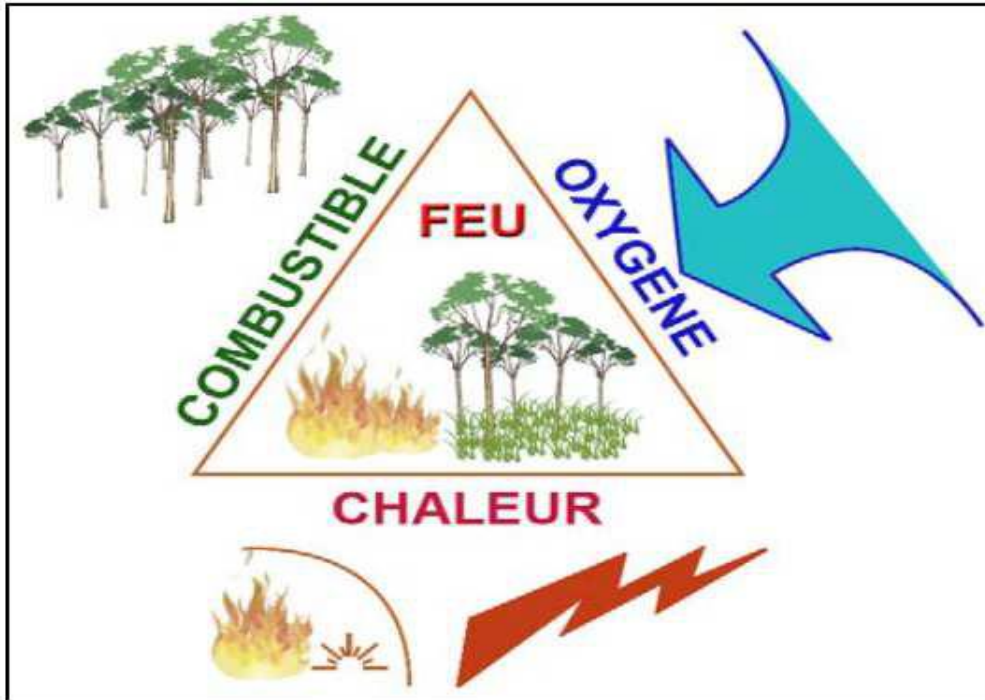


Figure 12 : Conditions de déclenchement d'un feu de forêt (Triangle de feu).

- Le combustible : Toute substance susceptible de brûler, c'est-à-dire pouvant être partiellement ou totalement détruite par le feu, est considérée comme combustible. Les solides et les liquides ne brûlent pas en tant que tels. Ce sont les gaz et les vapeurs qu'ils émettent qui brûlent. L'aptitude d'un combustible à s'enflammer et à entrer en combustion dépend de la teneur en eau, de la température du combustible mais aussi de son type et de sa densité.
- Le comburant (l'oxygène de l'air) : Est le corps qui provoque et entretient la combustion du combustible. Le plus souvent, le comburant est constitué par l'oxygène présent dans l'air ambiant, la réaction de combustion est alors une oxydation. Mais il existe de multiples autres comburants (Halogènes, soufre et phosphore). Lorsque l'oxygène est le comburant, sa concentration diminue très rapidement dans l'atmosphère (par phénomène de consommation oxydative) et expose les victimes au risque. Dans la pratique, l'oxygène peut se trouver soit à l'état pur, soit en mélange avec d'autres gaz, soit lors de la décomposition de certains produits chimiques. Dans la plupart des cas, le comburant est l'oxygène de l'air ambiant (environ 21 % d'oxygène contre 79 % d'azote). Pour que l'air soit un comburant efficace, il faut qu'il contienne plus de 15 % d'oxygène. L'importance du vent est ici fondamentale, car c'est lui qui établit un courant d'air froid qui alimente la combustion en oxygène .
- La mise à feu (flamme, étincelle...) : Le combustible, pour s'enflammer, doit être porté à une température suffisante pour activer la réaction chimique de combustion. Très souvent l'homme est à l'origine des feux de forêt par imprudence, accident ou malveillance (travaux agricoles et forestiers, mégots, barbecues et dépôts d'ordures)(BARBERO & al,1989).

1.1.2- Quels sont les combustibles d'un feu de forêt ?

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

Les incendies concernent les Forêts sont des formations végétales dominées par des arbres et des arbustes, d'essences forestières, d'âges divers et de densité variable. Ainsi que les formations sub-forestières se distinguent par deux types de végétations. Les formations issues de dégradation des forêts comme les maquis et les matorrals clairs ou denses, bas, haut, arboré ; ouverts ou fermés ainsi que les garrigues composées de petits arbustes sont incendiées fréquemment.

1.2- L'origine des feux de forêt :

Un feu de forêt est une combustion qui se développe sans contrôle, dans le temps et dans l'espace. Différents facteurs de prédisposition, d'éclosion et de propagation concourent à la manifestation de ce phénomène.

1.2.1- Quels sont les facteurs de prédisposition ?

- **Le type de végétation et le climat :** La probabilité qu'un feu parte et se propage dans un milieu forestier n'est jamais nulle. Cependant, les caractéristiques de la végétation et le climat peuvent créer des conditions favorables au développement des incendies. Certaines formations végétales, comme les landes, le maquis et la garrigue, sont plus sujets que d'autres au feu. Cette prédisposition s'explique par les différences dans la composition des plantes (principalement la teneur en eau), mais aussi par les conditions climatiques auxquelles elles sont soumises. La période de l'année la plus propice aux feux de forêt est sans nul doute l'été (température de l'air élevée, absence de précipitations, épisodes de vent). Les effets conjugués de la sécheresse, d'une faible teneur en eau des sols et parfois de la présence d'une population touristique peu sensibilisée au danger, peuvent en effet favoriser l'éclosion d'incendies. Dans les zones les plus propices, des conditions météorologiques particulières (année de sécheresse) peuvent également engendrer, en toute période de l'année, des situations favorables aux départs de feux. Ces conditions de prédisposition ne sont pas constantes dans le temps. Elles évoluent, par exemple, en fonction de l'état de la végétation qui est le résultat à la fois de sa dynamique naturelle, de la foresterie qui lui est appliquée et des passages éventuels du feu.
- **L'occupation du sol :** De nombreux facteurs anthropiques contribuent dans une certaine mesure au développement des incendies de forêt. C'est le fait des activités humaines : loisirs, production, certaines infrastructures de transport (routes, voies ferrées) qui peuvent être à l'origine de l'éclosion et de la propagation des feux. De même, l'évolution de l'occupation du sol influe notablement sur le risque d'incendie de

forêt en raison du développement de l'interface forêt/habitat et de l'absence de zone tampon que constituent les espaces cultivés.

1.2.2- Le processus de formation et d'évolution

C'est un processus assez complexe faisant appel à plusieurs facteurs et paramètres souvent difficile à maîtriser. Des travaux de recherche sont faits et d'autres sont en cours depuis longtemps sans pour autant déboucher à des méthodes précises et généralisables.

- **L'éclosion des incendies :** Plusieurs conditions doivent être résumées pour qu'il y ait éclosion d'un incendie, ils peuvent être d'origines naturelles ou humaines.
- **Les conditions naturelles d'éclosion des incendies :** L'incendie de forêt est un phénomène physico-chimique. Il s'accompagne d'une émission d'énergie calorifique et peut être décomposé en trois phases : l'évaporation de l'eau contenue dans le combustible, l'émission de gaz inflammables par pyrolyse et l'inflammation. Rappelons que pour qu'il y ait inflammation et combustion, il faut que les trois éléments – chaleur, oxygène et combustible – se conjuguent en proportions convenables. L'inflammabilité des végétaux rend compte de la facilité avec laquelle ils peuvent s'enflammer quand ils sont exposés à une source de chaleur. Elle est habituellement mesurée à l'aide d'un épi radiateur : le calcul du délai et de la fréquence d'inflammation permet de déterminer une note d'inflammabilité pour chaque espèce. A titre d'exemple, elle est faible pour l'arbousier et forte pour le chêne vert et le pin d'Alep. L'inflammabilité peut également être mesurée en prenant en compte certains facteurs naturels, plus particulièrement, la teneur en eau, la composition chimique des végétaux ainsi que les paramètres météorologiques. Il est important de noter qu'il existe de nombreuses et complexes interactions entre les facteurs physiques du milieu naturel et les caractéristiques biologiques des combustibles. Il est donc très difficile de faire la part de chaque paramètre dans le déclenchement des incendies.
- **La teneur en eau :** Plusieurs études ont montré que la teneur en eau des combustibles végétaux exerce une influence considérable sur l'inflammation et par conséquent le développement des feux. L'eau doit être chauffée jusqu'au point d'ébullition et ensuite vaporisée avant que les combustibles atteignent leur température d'inflammation. Elle augmente donc la quantité de chaleur nécessaire à la pyrolyse et à l'inflammation, réduisant ainsi la vitesse de combustion. Par définition la température d'inflammation est la température minimale à laquelle doit être porté un mélange inflammable d'air et de gaz combustible. Pour que la combustion puisse s'amorcer et se propager dans le cas des feux de forêts, cette température varie entre 260° et 570° C. La teneur en eau des végétaux est fonction des conditions climatiques du moment ainsi que celles des jours et des semaines précédents. Certains types de combustibles sont plus sensibles à la forte variabilité de la teneur en eau comme le bois mort et les végétaux fins (herbacés).
- **La composition chimique :** Le principal composé combustible des végétaux est le carbone. L'inflammabilité des espèces végétales varie selon leur teneur en essences

volatiles ou en résines. Pour certaines espèces la présence de cire et de résine ralentiraient leur vitesse de dessèchement et donc leur inflammation. Il existe également une relation inverse entre l'inflammabilité et la teneur en phosphore des végétaux.

- **Les paramètres météorologiques :** Les paramètres météorologiques tels que les précipitations, la température ambiante, l'humidité de l'air, le vent et l'ensoleillement constituent des facteurs naturels d'éclosions de feux de forêts. Les précipitations jouent un rôle prédominant dans la teneur en eau des végétaux, leurs effets varient de façon significative en fonction de leur durée, de leur périodicité et de leur quantité ainsi que du type de combustible. A titre d'exemple, une petite quantité d'eau suffit pour ralentir l'inflammabilité des graminées mais cet effet ne dure pas, il peut être rendu caduc par 2 ou 3 heures d'ensoleillement, il faut de fortes pluies pour réduire l'inflammabilité de combustibles plus importants tels que les grosses branches tombées à terre. L'effet bénéfique de fortes précipitations hivernales peut être annulé par un printemps et un été long et sec. La température et l'humidité de l'air ont une action directe sur l'inflammabilité du combustible. Le vent lui, augmente les probabilités de mises à feu involontaires (arcs électriques des lignes à haute tension, transport d'éléments incandescents à partir de dépôts d'ordures ou de barbecues, etc.).
- **Les étages de la végétation :** En fonction de la distribution verticale de la matière végétale, on distingue quatre strates, ayant chacune des caractéristiques propres de combustion.
 - La litière : très inflammable, elle est à l'origine d'un grand nombre de départs de feux, difficiles à détecter, car se consumant lentement.
 - La strate herbacée : d'une grande inflammabilité, le vent peut propager le feu sur de grandes superficies.
 - La strate des ligneux bas (maquis, garrigue) : d'inflammabilité moyenne, elle transmet rapidement le feu aux strates supérieures.
 - La strate des ligneux hauts : rarement à l'origine d'un feu, permet cependant la propagation des flammes lorsqu'elle est atteinte ; ce sont les feux de cimes.

1.3- Naissance et propagation d'un incendie

La végétation généralement peut être représentée comme la combinaison des trois strates principales : la strate herbacée, la strate arbustive et la strate arborée. La strate arbustive est toujours en contact avec la strate herbacée, elle n'est en général jamais en contact avec la strate arborée (hauteur inférieure à la hauteur des premières branches) (DUPUY, 2000). Les feux prennent naissance au sol, surtout au niveau de la litière, puis se développent dans la strate herbacée et se propagent dans les autres strates supérieures. La configuration de la structure de végétation est un facteur déterminant dans l'étude de ce phénomène ; la présence de deux strates contiguës comme la strate herbacée et la strate arbustive permet de mieux propager le feu qu'une formation végétale composée d'une seule strate ou de deux strates non contiguës. Mais la propagation du feu dépend également de la nature du combustible : le type d'essence

et de formation végétale, une strate uniquement arbustive de feuillus ne brûle pas de la même façon qu'une formation avec deux strates dont l'une est résineuse.

1.4- Influence de l'action de l'homme

Les pressions de l'homme et surtout de son troupeau sur la végétation sont un autre facteur de propagation à prendre en charge. Le troupeau agit durablement sur la strate herbacée par son action de pâturage et prépare le départ des feux de forêt surtout quand elle devient sèche. Par contre si le troupeau est bien conduit, il va réduire la quantité d'herbe au sol qui est une biomasse combustible facilement et donc éviter l'accumulation d'herbe sèche avant l'été. Mais le troupeau n'a pas que des actions positives, il agit également négativement sur la strate arbustive en pâturant les jeunes pousses, en piétinant la régénération naturelle. L'impact dénommé le taux d'abroustissement peut varier de 2 à 50% et dépend fortement de l'espèce arbustive et de sa palatabilité, de la gestion pastorale et du type d'animal (ETIENNE, 1996). La quantité de combustible sera moindre, le coefficient de propagation du feu sera alors plus faible. Ainsi à tout endroit où l'herbe est présente, le troupeau va avoir une action bénéfique pour la prévention des incendies, si la gestion du berger garantit raclage correct de l'herbe.

1.4.1- L'origine anthropique

Les causes humaines représentent l'essentiel des origines des incendies de forêts. Globalement, pour l'ensemble des pays du Bassin Méditerranéen, on retrouve des causes involontaires et des causes volontaires. Leur répartition dépend étroitement du contexte social, économique, politique et législatif de chaque pays.

1.4.2- Origines des incendies

Généralement l'origine des incendies est diverse mais certains facteurs y contribuent fortement comme :

- **Travaux agricoles :** En forêt : récolte du miel par fumage, défrichements. En périphérie : feu pastoral, incinération de végétaux
- **Travaux forestiers :** Carbonisation (charbonnières), brûlage des rémanents après éclaircie
- **Défrichement :** mise en valeur,
- **Travaux industriels et artisanaux :** Brûlage de déchets, étincelles..
- **Touristes :** Pique-nique, mégots
- **Chasseurs :** Battue, campement
- **Habitations :** Feu de jardin, barbecue, contact d'une ligne électrique à haute tension avec la végétation

Tableau 2: Origine des incendies.

| Origines des incendies | Exemples |
|--|---|
| Travaux agricoles | En forêt : récolte du miel par fumage, défrichements. En périphérie : feu pastoral, incinération de végétaux |
| Travaux forestiers | Carbonisation (charbonnières), brûlage des rémanents après éclaircie |
| Travaux industriels et artisanaux | Brûlage de déchets, étincelles.. |
| Touristes | Pique-nique, mégots |
| Chasseurs | Battue, campement |
| Habitations | Feu de jardin, barbecue, contact d'une ligne électrique à haute tension avec la végétation |

(Baara, 2014)

1.5- Les différents types de feux de forêt

Tout feu se signale d'abord par une fumée. Celle-ci peut être grise et diffuse, s'il s'agit d'un foyer moyen. Elle peut être aussi noire et moutonnante, dans ce cas, un feu à fort potentiel de développement pouvant se propager par sautes. Enfin, noire et rousse, avec des flammes, elle caractérise une combustion intense, absorbant tout l'oxygène de l'air. Une fois éclos, un feu peut prendre différentes formes, chacune étant conditionnée par les caractéristiques de la végétation et les conditions climatiques, principalement la force et la direction du vent.

- **Les feux de sol :** Peu virulents, ils brûlent la matière organique contenue dans la litière, l'humus ou les tourbières. La combustion des végétaux est lente. Ce type de feu nécessite beaucoup d'eau pour obtenir son extinction complète, le feu couve en profondeur. Cette combustion est souvent incomplète produisant du monoxyde de carbone, gaz toxique, incolore et inodore.
- **Les feux de surface :** Ils brûlent les strates basses de la végétation, c'est-à-dire la partie supérieure de la litière: la strate herbacée et les ligneux bas. La propagation de ce type de feu peut être rapide lorsqu'il se développe librement, et si les conditions y sont favorables (vent, relief).
- **Les feux de cimes :** Ils brûlent la partie supérieure des arbres (ligneux hauts) et forment une couronne de feu. Ils libèrent en général de grandes quantités d'énergie et leur vitesse de propagation est très élevée. Ils sont d'autant plus intenses et difficiles à contrôler quand le vent est fort et le combustible sec

- **Les feux avec projection des brandons** : La propagation résulte de la projection de brandons, débris végétaux enflammés ou incandescents soulevés par le panache thermique et transportés par le vent. Certains d'entre eux peuvent parcourir des distances de plusieurs centaines de mètres, voire plusieurs kilomètres, en avant du front. Ils sont alors susceptibles, si leur potentiel énergétique est suffisant, d'allumer un foyer secondaire. Le feu semble alors progresser par sautes. Ce mode de propagation est souvent associé à des feux de cimes intenses.

1.6- Les facteurs naturels de propagation

1.6.1- Structure et composition de la végétation

La végétation est caractérisée par sa combustibilité qui représente son aptitude à propager le feu en se consumant. Elle traduit donc sa façon de se consumer, en libérant des quantités de chaleur plus ou moins importantes. La combustibilité est corrélée à la quantité de biomasse combustible (donc à la structure des peuplements) et à sa composition. Elle permet d'évaluer la part du risque lié à la puissance atteinte par le feu. Elle peut être calculée approximativement en multipliant la biomasse végétale combustible par son pouvoir calorifique. (Il existe des cartes MNT : Modèle Numérique du Terrain). La structure du combustible correspond à sa distribution horizontale et verticale dans l'espace. Elle est le résultat, à la fois, de sa dynamique naturelle et de l'action de l'homme (exploitation forestière, débroussaillage). Elle peut être décrite à partir des taux de recouvrement des différentes strates. Il est important de noter les continuités, ou discontinuités, entre les strates verticales qui conditionnent le type de feu et par conséquent sa vitesse, sa puissance et son intensité. Il est tout aussi important de prendre en compte les coupures dans la continuité horizontale de la végétation qui peuvent ralentir le feu et permettre aux moyens de lutte de se positionner pour préparer une attaque du front de feu.

1.6.2- Le vent

Il joue un rôle majeur dans la propagation du feu. Il agit à plusieurs niveaux, en renouvelant l'oxygène de l'air, en modifiant la direction de propagation du feu, en réduisant l'angle entre les flammes et le sol, en rabattant les flammes sur la végétation et en favorisant le transport de particules incandescentes en avant du front de flammes. La vitesse de propagation d'un incendie est étroitement corrélée à la vitesse du vent. Celle-ci conditionne donc l'ampleur de l'incendie. La direction du vent joue également un rôle important dans la propagation du feu ; elle conditionne la forme finale du feu par rapport au point d'éclosion (évaluation des zones menacées par un feu éclos en un point donné, en fonction de la direction du vent).

On suppose que le vent est constant. Or le vent varie d'une zone à l'autre et en fonction du temps. Il est souvent imprévisible par les opérationnels. Il dépend de la topologie du terrain et des conditions climatiques globales et locales. Le vent moyen (calculé à 10 mètres d'une végétation) est différent du vent local (à l'intérieure de la végétation), le vent qui parcourt une

zone ce n'est pas le vent qui est dans une surface rugueuse (le vent local peut varier d'une zone à l'autre) et aussi il peut varier en fonction du temps ce qui crée des rafales de vent.

1.6.3- Le relief

La pente conditionne l'inclinaison des flammes par rapport au sol et ainsi leur vitesse de propagation. L'exposition a également un rôle indirect sur la progression du feu, car elle conditionne le type de végétation, l'influence des vents et l'ensoleillement. Généralement, les versants sud et sud-ouest présentent les conditions les plus favorables pour une inflammation rapide et pour la propagation des flammes.

1.7- Les conséquences des incendies

Les incendies de forêts ont des conséquences aussi bien sur les vies humaines que sur l'environnement et les biens.

1.7.1- Conséquences sur l'homme, les biens et les activités

Les incendies de forêt sont aussi meurtriers que la plupart des autres catastrophes naturelles. Ils peuvent cependant provoquer la mort d'hommes, notamment parmi les combattants du feu qui payent parfois un lourd tribut en protégeant les forêts et les populations exposées aux incendies. Les lieux très fréquentés sont menacés par les incendies de forêt, qu'ils s'agissent de zones d'activités, de zones urbaines, de zones de tourisme et de loisirs ou de zones agricoles. Ces divers lieux présentent une vulnérabilité variable selon l'heure de la journée et la période de l'année. A titre d'exemple, une école primaire est moins sensible durant les grandes vacances que dans le courant de l'année. Les dégâts matériels, en revanche, restent identiques. Des équipements divers tels que les poteaux électriques et téléphoniques, les clôtures, les panneaux, sont aussi endommagés ou détruits par le feu. Les réseaux de communication sont coupés, engendrant des perturbations économiques et sociales importantes.

1.7.2- Conséquences sur le milieu naturel

Les méthodes économiques actuelles ne permettent pas de quantifier facilement et clairement les conséquences des incendies sur le milieu naturel. On peut cependant les évaluer indirectement.

- Conséquences sur les écosystèmes forestiers : Elles sont très variables selon l'intensité du feu et la richesse biologique présente. Les pertes forestières les plus importantes sont enregistrées dans les jeunes futaies de pins maritimes dans les Landes, les peuplements de pin d'Alep et les taillis de chênes. Lorsque les bois peuvent être exploités après le sinistre, leur valeur marchande est considérablement réduite. A la perte financière immédiate, il faut évidemment ajouter la perte de valeur d'avenir, en général bien plus importante et très difficile à évaluer, compte tenu de la longueur des périodes en jeu. Par ailleurs, la survie des communautés végétales est variable selon les espèces concernées et l'intensité du feu. Un état des lieux est indispensable pour estimer les chances d'une reprise naturelle de la végétation (rejet de souche des

feuillus, production de semences pour les résineux) et pour envisager, après un diagnostic de site, une diversification de l'occupation du sol.

- **Conséquences sur la faune** : Le bilan sur la faune est très variable selon le type d'incendies et selon les espèces concernées. Les oiseaux échappent assez bien au feu mais ils sont quelques fois victimes des gaz toxiques. Leur mortalité dépend d'un certain nombre de facteurs tels que la période de l'année, les espèces, l'intensité du feu, etc. Le grand gibier est aussi le plus souvent épargné. En revanche, les reptiles, hérissons, etc. échappent difficilement aux flammes.
- **Conséquences sur les sols** : Au niveau du sol le passage d'un incendie peut entraîner une perte en éléments minéraux, en particulier l'azote. Ces pertes sont en partie compensées par les apports liés au matériel végétal qui a brûlé. La destruction de la couverture végétale est également à l'origine de l'augmentation des risques d'érosion et d'inondation due au ruissellement. Le risque d'érosion est particulièrement élevé sur les sols siliceux (minéralisation rapide de la matière organique) et dépend étroitement du régime des précipitations post incendies.
- **Conséquences sur les paysages** : Les conséquences des incendies sur les paysages sont difficiles à évaluer. Leur évaluation fait appel à des critères subjectifs liés à la perception personnelle. Un incendie engendre un impact brutal sur le paysage en provoquant la disparition de la végétation, la substitution de paysages. Cette destruction est perçue à la fois à travers des arbres qui représentent un patrimoine long à reconstituer et à travers la perte d'usage qui en résulte.

1.8- Les dynamiques végétales

1.8.1- La strate arbustive

La strate arbustive apparaît comme un élément essentiel à prendre en compte pour la prévention des incendies de forêt car c'est une strate à phytovolume combustible élevé. De plus, elle fait la jointure entre la strate basse et la strate haute et autorise donc une propagation verticale du feu. Ce rôle prépondérant de la strate arbustive dans la prévention des incendies de forêt est très visible : en effet, le contrôle de l'embroussaillage représente une part importante des travaux d'aménagement (ARMAND , ETIENNE, 1993).

La modélisation de la dynamique d'embroussaillage s'est appuyée sur les données accumulées pendant quinze ans, lors du suivi scientifique d'une exploitation d'élevage à but sylvopastoral. Le phytovolume aérien permet de suivre l'encombrement de l'espace par les broussailles en combinant leur croissance en hauteur et en recouvrement. Cependant il traduit assez mal le risque de propagation du feu et la quantité d'énergie potentielle susceptible d'être libérée lors d'un incendie, ce que fait bien la phytomasse arbustive (ARMAND , ETIENNE, 1993).

La vitesse d'embroussaillage est variable suivant l'espèce considérée mais également suivant les techniques appliquées (ETIENNE, 2002). Les variations dans la vitesse d'embroussaillage provoquées par l'itinéraire technique peuvent facilement s'observer.

En effet, le pâturage est plus faible lors d'une combinaison débroussaillage et pâturage que lors d'un débroussaillage seul. De même, dans le cas d'une fertilisation, la vitesse d'embroussaillage est nettement réduite. Ceci s'explique par l'action de broutage et de piétinement du troupeau qui réduit la croissance des arbustes. Le troupeau permet ainsi une maîtrise partielle de la dynamique d'embroussaillage (ETIENNE, 2002). Lorsque la parcelle est fertilisée puis semée, l'attrait pour le troupeau est plus grand, le pâturage est donc plus important et a plus d'impact sur la croissance des arbustes.

1.8.2. La strate herbacée

Nous avons vu que la présence d'un troupeau influence la croissance des arbustes et joue sur la propagation des incendies. Or, pour qu'un troupeau puisse pâturer, il faut qu'il y ait de l'herbe à manger. La forêt est alors considérée comme productrice d'une ressource alimentaire pour le troupeau.

Sous le climat méditerranéen, nous pouvons distinguer dans une année, deux ou trois périodes de pousse de l'herbe : en automne, au printemps et parfois en hiver. L'été est tellement chaud et sec que l'herbe se dessèche et se dégrade : au début de l'automne nous pouvons donc considérer que la quantité d'herbe en forêt est nulle. J'ai choisi de retenir trois périodes de croissance de l'herbe car, pour évaluer celle-ci, je me suis basée sur des documents présentant des résultats de mesures au cours de trois saisons.

Durant ces périodes, seuls quelques jours sont favorables à la croissance de l'herbe ; ce sont les jours efficaces. Ceux-ci répondent à des critères de température et d'humidité et sont en nombre variable suivant les saisons. La croissance de l'herbe est donc soumise à une saisonnalité.

Le climat va avoir une grande influence sur la croissance de l'herbe car il détermine le début et la fin des saisons, et l'efficacité d'un jour donné. Le climat étant un paramètre annuel, la croissance de l'herbe va être également soumise à une variabilité interannuelle (ETIENNE, 2002).

Cependant nous avons vu qu'un des avantages de l'herbe est que, lorsqu'elle est combinée à des arbustes, elle permet un contrôle de ceux-ci par le troupeau. Or, l'observation de graphiques de productivité annuelle de sur semis montre des fluctuations régulières en dents de scie, liées à l'embroussaillage progressif de la coupure. La recolonisation de la coupure par la broussaille agit sur la production d'herbe par effet de concurrence pour l'eau et la lumière (ARMAND, ETIENNE, 1993).

Nous pouvons alors également nous poser la question de l'influence des arbres sur la croissance de l'herbe. Le couvert arboré a un effet d'ombre constant sur la production pastorale mais aussi des effets saisonniers (ARMAND, ETIENNE, 1993). Ceux-ci sont dus à la réduction des écarts de température et d'humidité provoquée par ce couvert. De façon générale, la production annuelle de l'herbe est plus élevée sous les arbres mais présente de fortes variations saisonnières. L'effet du couvert arboré est fortement marqué en hiver et en début de printemps avec une importante augmentation de la production fourragère. En effet, il atténue l'effet du gel et permet donc un allongement de la pousse d'automne et de celle de

printemps. Il retarde l'effet de la sécheresse et provoque un dessèchement moins rapide du fourrage disponible à l'arrivée de l'été (ARMAND , ETIENNE, 1993)

1.9. Les acteurs et leurs actions

1.9.1. Les forestiers : gestionnaires de la forêt

Il est impossible d'établir un modèle d'aide à la prévention des incendies de forêt sans faire intervenir l'acteur principal de la gestion forestière : le forestier. Ce terme désignera au sens large tout type de personne prenant la décision et effectuant des travaux d'entretien ou d'aménagement forestiers.

Tous les forestiers n'agissent pas avec les mêmes objectifs, par exemple un premier peut vouloir protéger la forêt contre le risque d'incendie, un autre faire de la forêt un espace de production, et un dernier améliorer la biodiversité. De toute manière, quel que soit son objectif, le forestier aura à sa disposition une palette de travaux dans laquelle il pourra puiser pour atteindre son but. Ces travaux vont modifier une ou plusieurs des trois strates de végétation que j'ai évoquées précédemment : la strate herbacée, la strate arbustive ou la strate arborée.

Les travaux concernant la strate arbustive visent toujours à réduire celle-ci car elle pose un problème dans la gestion du risque d'incendie et n'est pas souhaitable dans les forêts de production. Il existe différentes techniques de réduction du phytovolume arbustif, pour n'en citer que quelques-unes : les débroussailllements manuels ou mécaniques, l'emploi de phytocides ou le brûlage dirigé (ARMAND , ETIENNE, 1993).

Les actions concernant la strate arborée peuvent se faire dans un but de réduction de celle-ci : il s'agit alors d'une éclaircie soit pour garder les plus beaux arbres avec un objectif de production de bois, soit pour mettre en place une parcelle sylvopastorale.

Enfin, il est possible d'agir sur la strate herbacée par des méthodes de sur semis, souvent associée à une fertilisation afin d'accroître la productivité de l'espèce semée (ARMAND , ETIENNE, 1993). Ceci ne se fait que dans le cas d'un aménagement sylvopastoral. Le but du sur semis est de favoriser l'ingestion des ligneuses par les animaux.

Ces actions sur les trois strates de végétation devront être intégrées au modèle, sans pour autant que nous soyons obligés de détailler le type de technique employée. Nous ne retiendrons que les actions qui modifient la structure de végétation. Ainsi, l'agent forestier aura à sa disposition trois actions d'aménagement forestier : semer, débroussailler et reboiser.

Les travaux forestiers sont réalisés par des gestionnaires forestiers à la demande d'un maître d'ouvrage, celui-ci finançant les travaux effectués. Des aides ou subventions existent pour les travaux d'aménagement forestiers, qu'elles soient européennes, nationales ou locales. Dans le modèle, nous considérons que celui qui commande et effectue les travaux représente une seule et même personne. C'est donc au forestier que revient de payer les travaux. Ses actions sont cependant soumises au jugement d'une personne extérieure, que nous avons nommée « gouvernement » dans le modèle. Il évalue l'état de la forêt et décide de verser ou non des

primes. De même, après un incendie, une prime est accordée au forestier pour restaurer la zone incendiée.

La sensibilité au feu d'un végétal dépend notamment de sa teneur en eau. Celle-ci résulte du bilan entre deux mécanismes : la montée de sève et la photosynthèse d'une part, la transpiration d'autre part.

L'état de la végétation est un facteur de risque. Le nombre de départs de feu est lié en partie au degré de sécheresse des végétaux. Sur le terrain, les forestiers effectuent régulièrement des tests sur des échantillons représentatifs des espèces dominantes pour déterminer la teneur en eau des végétaux. L'état de la végétation est davantage influencé par la sécheresse superficielle du sol que par l'état des nappes phréatiques.

Plusieurs facteurs favorisent les départs et la propagation des feux de forêts :

- des conditions climatiques propices à l'éclosion et à la propagation des incendies;
- l'importance des espaces naturels à protéger ;
- des difficultés d'accessibilité liées au relief ;
- le nombre des mises à feu liées le plus souvent à des actes volontaires qui reste élevé malgré leur réduction observée lors des derniers étés (CHEVROU, 2001).

Le retour d'expérience de ces dernières années montre que l'action des moyens de lutte est pénalisée par le nombre élevé des départs de feu simultanés, qui ne permet pas d'appliquer, avec la même efficacité que sur le continent, la stratégie de mobilisation préventive et d'attaque rapide des feux naissants.

La réduction du nombre de départs de feu constitue un préalable à la politique de protection de la forêt contre l'incendie en Corse. Elle passe par une prise de conscience de la population, et ne peut reposer sur les seuls services chargés de la lutte. Elle implique donc une mobilisation de tous : population locale, touristes, mais aussi élus, services de police et de gendarmerie, forestiers sous l'impulsion du corps préfectoral et des parquets.

Pour lutter contre ces pratiques incendiaires, parfois à l'origine d'incendies dramatiques, les services de police et de gendarmerie seront particulièrement mobilisés cet été à la recherche et à l'interpellation de leurs auteurs. Les préfets inviteront les maires à porter plainte systématiquement pour tout incendie se déclarant sur leur commune. L'État les soutiendra dans cette démarche.

Le régime de feu, caractérisé par une intensité et une fréquence d'incendie, joue un rôle essentiel dans la diversité, la dynamique et la stabilité des écosystèmes méditerranéens (TRABAUD et PRODON, 2002). La topographie, le climat, ainsi que la composition et l'accumulation de biomasse combustible propre à chaque écosystème influencent le régime d'incendie. L'interaction entre la dynamique successionnelle et les perturbations par les incendies génère ainsi des végétations en « mosaïque mouvante » (TRABAUD et LEPART, 1980) dans lesquelles de nombreuses espèces peuvent se retrouver à des stades évolutifs différents, avec des dynamiques démographiques et de croissance variables.

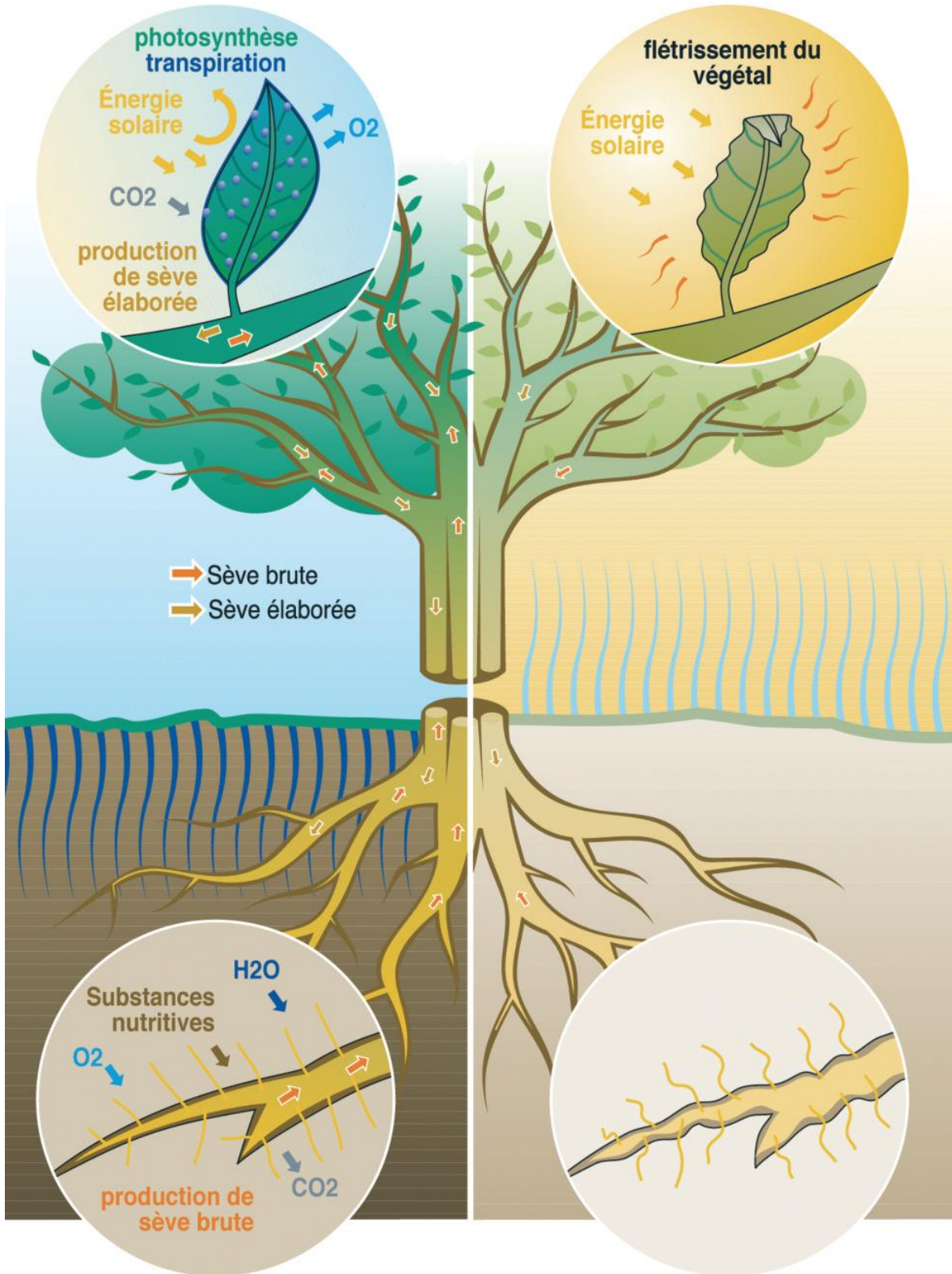


Figure 13 : Production de sève brute et élaborée (SPRUGEL, 1991)

1.9.2 1Analyse des modèles existants

Modèle australien (Grassland)

Paramètres d'entrée :

- Vitesse du vent **U**
- Teneur en eau **M**
- Pourcentage Sec/Vert **C**

$$\text{Formulation : } V = (a+b \cdot (U - 5)d) \cdot f(M) \cdot g(C)$$

(CHENEY et al 1998, 480 observations)

Modèle portugais (Shrubland)

Paramètres d'entrée :

- Vitesse du vent **U**
- Hauteur de végétation **H**
- Teneur en eau **Mv**

$$\text{Formulation : } V = a \cdot U^b \cdot H^c \cdot \exp(-d \cdot Mv)$$

(FERNANDES, 2000, 29 observations)

Vitesse du feu (m/s) en fonction du vent (m/s) en milieux ouverts (« **Grassland** » et « **Shrubland** »)

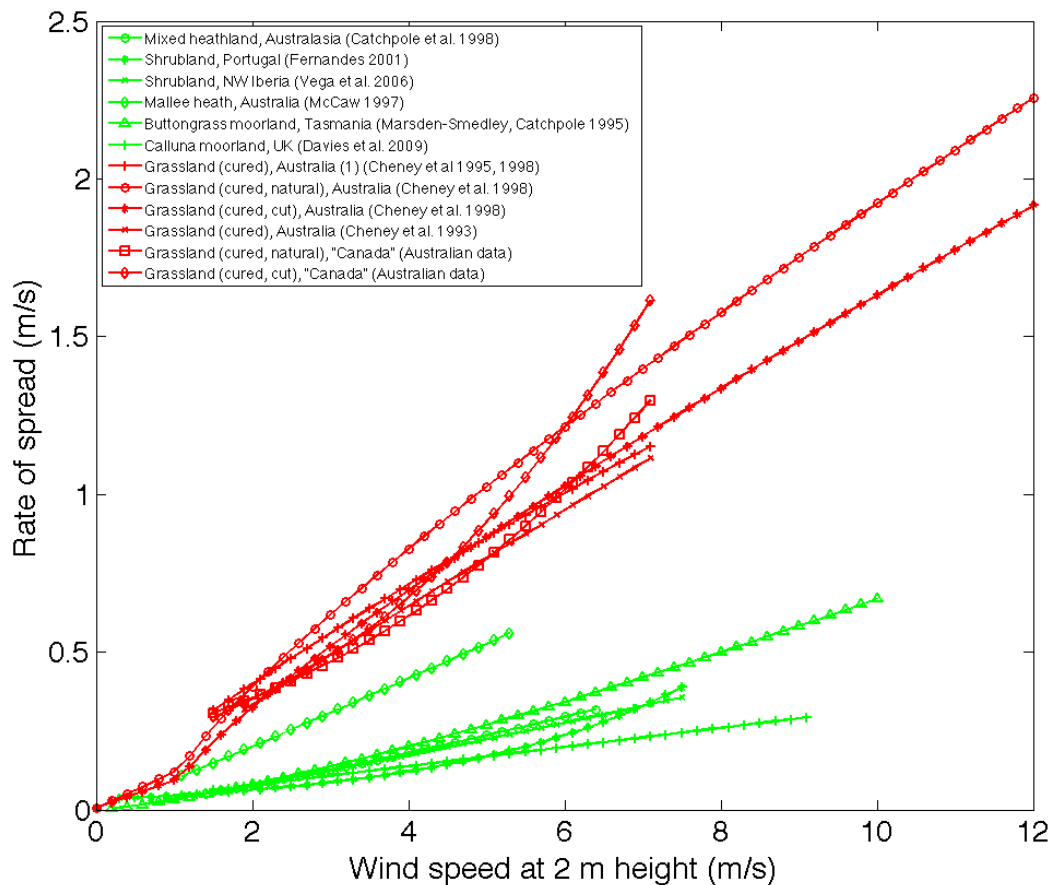


Figure 14 : Modèles existants(CHENEY& al, 1998)

Pour chaque modèle, le vent explique 50 à 80 % de la variance observée (hors topographie)

Le teneur en eau du combustible mort :

De 10 à 25%

Lois ~linéaires au-dessus d'un seuil de vent

Les modèles de Rothermel (« semi-empiriques »)

Vitesse du feu de surface : modèle de Rothermel (1972)

• Etabli sur une série d'expériences de laboratoire dans des litières et couches de combustibles artificiels de propriétés uniformes:

1- sans vent ni pente : $V = V_0$ (combustible)

2- avec vent et pente : $V = V_0 (1 + \text{effet vent} + \text{effet pente})$

• Prédit aussi la puissance du feu P

• La couche de combustible est décrite par ses propriétés physiques importantes (hauteur, densité, teneur en eau, surface spécifique,...).

• Le modèle permet *toujours* de réaliser une prédiction si le combustible est physiquement décrit et assimilé à une couche uniforme.

Vitesse du feu de cime : modèle de Rothermel (1991)

Rothermel observe une corrélation entre la vitesse de 7 feux de cimes (incendies) et la vitesse prédite par le modèle de 1972 dans un type de combustible particulier (litières et rémanents d'exploitation). (VALETTE, 1993)

Méthodologie

Apport de la prévention active à la gestion du risque incendie

« La conservation des forêts et de la végétation forestière du bassin méditerranéen constitue un problème complexe du fait de l'hétérogénéité des situations et des multiples usages et pressions anthropiques pratiqués par les diverses entités culturelles de la Méditerranée depuis des millénaires. La situation actuelle est qualifiée de dramatique dans les pays du Maghreb et seuls des programmes ambitieux de gestion écologique intégrée permettront de sauver les lambeaux de forêts qui subsistent, ou de préserver quelques zones qui sont encore restées miraculeusement à l'abri de ces destructions » (Quézel & Médail, 2003). Face à cette situation l'Algérie n'est pas mieux lotie ; les formations forestières occupent une superficie d'environ 4 200 000 ha où la forêt au sens strict ne couvre que 1 million d'ha au plus ; le reste n'est que des reboisements, matorrals, maquis et garrigues.

L'état des formations forestières à un stade de dégradation avancé découle d'une pression exercée essentiellement par les troupeaux et les incendies ; deux fléaux complémentaires à impacts destructeurs. Sur une période de 40 ans (2010-1970), les incendies détruisent annuellement en moyenne 38 000 ha ; chiffre assez important au regard de la superficie moyenne reboisée et réussie qui ne dépasse pas les 25 000 ha pour la même période (Benabdeli, 2014m). Cette situation ne peut s'expliquer que par une composition floristique et une structure particulière façonnée directement par le climat méditerranéen, les pressions anthropiques et les techniques de gestion inadaptées. Tous ces caractères confèrent à la forêt une vulnérabilité et une fragilité accentuées par une exploitation qui dure depuis quelques millénaires. Mais c'est les incendies qui ravagent annuellement d'autant plus que les opérations de reboisement sont un échec avéré et cette combinaison se traduit par une érosion du capital forestier.

1- Identification des causes à l'origine des incendies de forêts

Sans une identification précise des causes des incendies, il est illusoire de prétendre mettre en place un plan de prévention et de lutte. Ce qui n'est pas le cas en Algérie puisque les statistiques confirment que plus de 75% des incendies sont d'origine inconnue (voir tableau 1). Comment prétendre prendre en charge ce fléau ? Il y a lieu également de noter que ces incendies de source inconnue représentent plus de 68% de la superficie détruite. Ces deux chiffres sont des valeurs déterminantes

Tableau3: Importance des incendies de forêts par catégories de causes en Algérie période (1986 - 2010).

| Catégories de causes | Nombre de feux | % | Superficie incendiée (ha) | % |
|----------------------|----------------|------|---------------------------|-------|
| Inconnues | 16 364 | 75.8 | 408 310 | 68.45 |
| Intentionnelle | 4 479 | 20.7 | 166 072 | 27.84 |
| Accidentelles | 232 | 1.07 | 12 527 | 2.10 |
| Imprudences | 503 | 2.33 | 9 475 | 1.59 |
| Totale | 21 578 | 100 | 59 6384 | 100 |

Source : D.G.F, 2012.

Les formations forestières algériennes sont très hétérogènes et inégalement réparties en fonction de la distribution des méso-climats, de l'orographie et surtout de l'action anthropique. A cela s'ajoute une absence de plan d'aménagement adapté et durable basé sur des techniques sylvicoles en corrélation avec les caractéristiques ethnoécologiques.

En dépit des moyens mis en place pour lutter contre ce fléau, les pertes restent importantes et justifient une nouvelle approche basée exclusivement sur la prévention et la gestion durable.

L'analyse des causes d'incendies et de leur importance constitue un référentiel déterminant pour toute stratégie de prise en charge préventive et curative ; met en évidence l'insuffisance des résultats acquis en matière d'identification des sources de départs de feux. Ce constat met en relief les carences des plans de prévention et de lutte contre les incendies de forêts. Il souligne également les efforts qui doivent être entrepris pour maîtriser les causes des incendies de forêts et réduire leurs effets.

L'exploitation des données relatives à ce sujet (Chonez, 1992 ; Favre, 1992 ; Leone, 1990 ; Benabdeli, 1996 ; 2010 ; Meddour, 2008 ; Rebai, 1982 ; Peyre, 2001 ; Alexandrian & Esnault, 1998 ; Alcaraz , 1982) permettent de tirer quelques conclusions, la part des incendies d'origine inconnue est en progression exponentielle et avoisine actuellement les 76 %, sur le total des incendies déclarés. Ce type de feux a parcouru près de 75% de la surface incendiée et doit être pris en considération dans toute politique de prévention. Quant aux incendies qualifiés d'involontaires, regroupant diverses causes (recherche de terrain de parcours, régénération des parcours, incinérations des chaumes, collecte de miel, bergers, échappement de véhicules, fumeurs, etc.), ils sont peu nombreux et ne représentent que 4 % de l'ensemble des feux identifiés et contribuent à seulement 3% de la surface brûlée cumulée.

La sous-évaluation des causes des incendies en Algérie ne permet que d'avoir un diagnostic incomplet de ce phénomène et surtout rend toutes les mesures préventives obsolètes, inadéquates et souvent même néfastes à la réalité du terrain. Pour Leone (1990), il est primordial d'accorder dorénavant une attention toute particulière aux mesures de prévention, car décider du choix de ces mesures sans élucider les causes est un non-sens. Velez (2001) précise que l'orientation de la politique de prévention d'une manière efficace passe inéluctablement par une meilleure connaissance des causes de feu. Cette recherche des causes des incendies doit être systématisée et scientifiquement étayée. Ce qui n'est pas le cas en Algérie d'où la nécessité de s'orienter vers une autre stratégie.

Dès les années 1900, plusieurs auteurs déjà cités soulignent que l'exclusion des riverains de la politique de développement des territoires forestiers constitue une erreur grave. Il en découle que les riverains ont toujours incendié les forêts pour se procurer du bois, du travail et des terres de pâturages. L'imprudence n'est pas à occulter dans la propagation de l'incendie (cuisson des aliments, charbonnier, passant jetant une allumette, etc.). Ces incendies prennent rarement une grande extension ; ils sont le plus souvent promptement éteints. Les incendies par malveillance sont les plus catastrophiques, puisque généralement ils se déclenchent par un jour de grand vent, la nuit ou l'après-midi) en vue d'une propagation rapide.

2-Prédisposition des formations forestières aux incendies

Il faut souligner comme le note Favre (1992) que, quel que soit l'intensité de la sécheresse ou la force du vent, la combustibilité des essences ou l'état d'embroussaillage d'un peuplement, il n'y a pas d'incendie s'il n'y a pas de mise à feu par accident, négligence ou volonté criminelle. Dans ce volet Barbero (1989) souligne « La connaissance de la structure de la végétation et donc de la densité des différentes espèces dans les formations végétales est capitale pour apprécier les risques d'inflammabilité. Plus l'architecture du tapis végétal et sa stratification est complexe et plus les risques de montée en puissance des feux sont aggravés ». Le même auteur ajoute : « Dans ces forêts appartenant au modèle expansionniste dominant souvent des espèces à stratégie « R » adaptées par sélection géographique et écologiques. Il s'agit de plantes aromatiques colonisant les sous-bois (genévriers, labiées, cistacées) dont les gommes, les résines du tronc, les hydrocarbures s'enflamment successivement et contribuent à l'embrasement général ». Benabdeli (1996) précise à ce sujet qu'il existe une liaison directe entre le risque départ, l'intensité du feu et les structures et architectures de la végétation, cette liaison est d'autant plus marquée qu'il s'agit d'écosystèmes dégradés où dominent les espèces résineuses.

« On remarque que la composition floristique et notamment la stratification des végétaux jouent un rôle prépondérant dans la propagation des incendies » soulignait Benabdeli (1983) sur les causes et les facteurs stimulant les incendies. Kadik (1983) ; Alcaraz (1982) et Benabdeli (1996) notent les principales espèces très fréquente dans les formations forestières. Ces dernières recèlent des espèces facilement inflammables au niveau des quatre strates (plantes annuelles, cistes, romarin, lavande, genet, alfa, doum).

2.1- Etat des lieux

Le secteur forestier en Algérie est confronté depuis les années 1965 à une recrudescence des incendies qui détruisent annuellement entre 35 000 et 48 000 ha, soit 12% de surfaces forestières. La forte présence humaine dans et à proximité de l'espace forestier confortée par les droits d'usage hérités de la période coloniale sont à l'origine de ces incendies et d'autres formes de dégradations (parcours, cueillette de plantes, coupe de bois de feu, défrichements à but agricole ou de construction illégale,...). Les pertes financières liées à la seule valeur commerciale du bois (et du liège), aux opérations de lutte et à la restauration de la végétation, sont estimées entre 26 et 31 millions de Dollars américains, soit 2 à 2,5 milliards de dinars algériens par an (DGF, 2004).

Au cours de ces dernières décennies, le rôle de la police forestière dont jouissaient les cadres des Conservations des Forêts des wilayas s'est vu amoindri par la réglementation d'abord puis par le peu d'intérêt accordé aux écosystèmes forestiers par la justice. Les amendes et les sanctions retenues contre les délinquants sont trop faibles par rapport à la nature des dégâts auxquels elles s'appliquent ; la récidive ou la consécration du fait accompli sont encouragées. Le forestier depuis les années 1980 a délaissé l'espace forestier et a occupé le milieu urbain, aucune maison forestière située à l'intérieur même des massifs et qui hébergeaient jadis les gardes forestiers chargés de la protection des massifs contre toutes sortes de délits n'est occupée. L'absence d'une véritable gestion sylvicole issue d'un plan d'aménagement est un

autre facteur déterminant qui favorise le déclenchement des feux de forêt. Cette dernière se limite lorsqu'elle existe à quelques coupes d'assainissement après incendies pour récolter du bois.

2.2-Analyse de la stratégie de lutte contre les feux de forêts

Chaque année, au point où s'est devenu une lourde routine, les Conservations des forêts préparent leur Plan de lutte contre les incendies de forêts. Il se résume à un document qui est adressé à plusieurs institutions et structures (wilaya, Protection civile, APC, daïras, Sonelgaz, Travaux Publics,...) pour que chacune d'entre elles initie les actions de prévention qui lui reviennent comme le débroussaillage au-dessous des lignes électriques et aux abords immédiats des routes avant le 30 juin de chaque année. Les Comités de coordination de commune, de daïra et de wilaya sont ensuite installés pour assurer la coordination des opérations de lutte contre les incendies.

Des actions de développement rural ont consacré une partie de leurs budgets aux travaux sylvicoles mais ne s'intégrant pas dans une stratégie globale de gestion forestière durable. Le Plan national de reboisement (qui fait partie du PNDA) se fixe comme objectif de reboiser plus de 1 200 000 ha d'ici 2020. En absence d'un schéma directeur intégré et participatif de tous les acteurs ce chiffre restera illusoire. Les opérations d'installation d'infrastructures permettant une prévention plus efficace et une intervention plus performante (ouverture et aménagement de pistes forestières, construction de postes de vigie et de maisons forestières, aménagement de tranchées pare-feu, captage de sources) ont montré leurs limites.

Les projets de proximité de développement rural et d'emploi rural n'ont eut aucun impact sur la diminution des incendies puisqu'ils n'ont pas pris en charge les préoccupations majeures des riverains (énergie, alimentation des troupeaux).

Les trois principales causes à l'origine de ces incendies sont l'absence de la participation des riverains dans la politique de défense des forêts contre les incendies alors qu'ils constituent le maillon fort de ce fléau. Pour preuve tous les projets de développement, les moyens humains, matériels et financiers mobilisés dans des plans de lutte ne sont pas arrivés à maîtriser ce fléau. A ce sujet Bendjefal (2015) souligne à juste titre : « Les résultats obtenus mettent en relief une absence de maturité dans la préparation et la concrétisation des projets de développement. La méconnaissance des territoires, ajoutée à une stratégie axée sur des structures non adaptées sont à l'origine de l'échec partiel du plan de renouveau rural ».

La deuxième cause est d'ordre organisationnel en introduisant la gestion participative qui reste un palier incontournable et doit constituer une alternative et une nouvelle méthode tendant, avec un minimum de rigueur et de sensibilisation, à ouvrir le champ de la concertation entre une administration forestière, agricole et la population rurale au fait des réalités sociales et des niveaux de dégradation des ressources. (Benabdeli, 2013).

La dernière cause est d'ordre purement technique, les forestiers n'ont pas su adapter les techniques d'aménagement des formations forestières à la réalité écologique et socioéconomique de ces territoires. A ce sujet Quezel (1976) note : « Les forestiers eux même leur (les forêts) ont trop souvent appliqué les techniques d'exploitation et de conservation

mises au point à propos des forêts européennes, techniques qui peuvent se révéler désastreuses en zone méditerranéenne ».

3- Identification des dangers et des risques au niveau des écosystèmes forestiers

3.1- Les causes majeures

Les facteurs sociaux et humains qui concourent à la dégradation de la forêt sont entre autres la forte présence humaine autour et à l'intérieur des massifs forestiers, la pauvreté et le chômage qui conduisent les habitants à commettre des délits forestiers pour pouvoir subvenir à leurs besoins primaires (coupe et vente illicites de bois, fabrication de charbon pour les rôtisseries à partir du chêne vert, défrichements pour l'extension des parcelles de céréales, surpâturage,), la présence des carrières d'extraction de pierres et des stations de concassage à l'intérieur des massifs, les constructions illicites d'immeubles à usage d'habitation ou d'élevage, les incendies liés aux activités agricoles, aux actes criminels et à la lutte anti-terroriste,... Ces différents facteurs, dans une combinaison qui se retrouve dans la majorité des régions du pays, ont fragilisé davantage l'écosystème forestier et réduit l'étendue du couvert végétal. En plus de la structure et de la composition, l'exclusion des riverains de tout programme de développement forestier constitue le facteur-risque le plus significatif. La population riveraine est à plus 95% rurale et pratique le petit élevage et est dépourvue de terre, les espaces de prélèvement de l'herbage reste les formations forestières. Ce volet social est important à noter puisque plus de 60% du cheptel ovin exploite à longueur d'année les écosystèmes forestiers. (Benabdeli, 2013 et 2014). Nous voici enfin aux prises avec des conditions générales, des contextes, qui bousculent tant nos territoires d'action que nos « cartes » de lecture. Ainsi, jadis, on pouvait séparer aisément risque « naturel », risque « technologique », risque « social ». Aujourd'hui, tout risque naturel est clairement remis dans le cadre de la responsabilité humaine directe (Lagadec, 2003). Devant la présence de l'Homme comme aléa et des formations forestières comme espace danger vulnérable, le concept de «risk management » qui est assez récent puisqu'il n'a fait son apparition que vers les années 1950 aux Etats-Unis. L'approche utilisant ce concept est double puisqu'elle doit permettre de préserver la pérennité et le dynamisme de l'écosystème tout en entraînant le système à surmonter les difficultés à venir en les anticipant et les prévoyant. Le « risk management » doit permettre à l'écosystème de continuer à fonctionner en cas de sinistre et de survivre même dans les cas non prévus. Le risque nul n'existant pas, toute politique de gestion des risques veillera essentiellement à le diminuer, l'amoindrir.

Pour aboutir à une bonne gestion des risques 4 étapes sont indispensables : l'identification des risques, leur évaluation, la mise en œuvre de mesures de mitigation et le financement.

Les principaux dangers source de risque d'incendie en milieu forestier se résument en trois aléas :

- l'environnement humain imposant une présence et des impacts sur l'écosystème forestier qui est la principale source de départ d'incendie.
- la structure et la composition de la végétation qui favorisent le départ et la propagation des incendies
- l'absence d'aménagement adéquat prenant en charge la population riveraine

Le risque en milieu forestier est le produit de l'aléa par la vulnérabilité par l'activité humaine. Le danger c'est la composition des formations forestières, leur localisation dans leur environnement et la vulnérabilité n'est que sa prédisposition à prendre feu sous l'effet des besoins de l'homme. Toutes les données relatives à ce sujet précisent que la situation dangereuse est induite à plus de 75% par la présence de l'Homme directement ou indirectement (facteur de risque) dans la zone de danger (objet du risque). (Lafarge.2006)

Répondre à la question : Qu'est-ce qu'un risque naturel ? Constitue une avancée intéressante dans le domaine de la gestion du risque incendie en milieu forestier. L'expression «risque naturel» s'utilise par opposition à celle de «risque technologique », mais elle n'implique pas que le risque soit la conséquence d'un phénomène exclusivement

3.2- La prévention des risques

La notion de prévention des risques a souvent semblé abstraite aux gestionnaires des forêts car difficilement appréhendable au vu des incertitudes et des facteurs naturels souvent mis en avant et difficiles à maîtriser. Mais face aux dégâts écologiques commis par les incendies de forêts et leur coût économique ; une approche managériale et moderne permettant de gérer ce fléau s'impose. La gestion des risques ne peut réussir que si les dangers sont identifiés et localisés : les évaluer, les anticiper, les contrôler et les financer devient facile. Dans l'espace forestier les dangers les plus probables sont liés à l'Homme et ses activités, le risque qui en découle est inhérent à toute entreprise humaine.

3.3- Paramètres à prendre en charge

La prévention des risques dans les écosystèmes forestiers s'articule autour des points suivants :

- **La description de l'écosystème forestier** : la composition et la structure permet d'évaluer la vulnérabilité et la fragilité d'une formation forestière. La prise en charge les impacts de l'environnement socioéconomique ainsi que le type d'occupation des sols sont des éléments déterminants dans la prévention. Le mode de gestion à travers une description de l'infrastructure de pénétration et de préservation renseignera sur la stratégie et le plan de lutte contre les incendies est un autre indicateur.
- **L'inventaire des dangers**, tous les risques potentiels découlent d'une présence de dangers ; ces derniers doivent être listés et cartographiés dans le temps et dans l'espace sous forme de scénarii. L'appel au retour d'expérience est indispensable pour mieux cerner ce volet.
- **L'identification des risques**, en ciblant les différents dangers potentiels il est possible d'identifier les risques avec leur degré de probabilité et leurs conséquences sur l'écosystème.
- **L'analyse du risque** comprend l'évaluation des scénarios selon leur probabilité et leur potentiel de dommages. Elle comprend également l'analyse des causes ou des dysfonctionnements. Les risques évalués sont transcrits dans la matrice et permettent d'élaborer un plan d'action.

- **La maîtrise du risque**, il s'agit d'introduire des mesures pour éviter ou réduire le risque grâce aux informations acquises.
- **Le contrôle du risque** consiste à appliquer correctement les mesures de maîtrise du risque. Le contrôle peut s'effectuer de deux manières: en tant qu'activité continue ou par contrôles périodiques. Le contrôle continu se fait en temps réel et peut donc réagir plus rapidement à des conditions qui évoluent.

4- Identification des causes et des indicateurs de vulnérabilité

La maîtrise des causes aide à sélectionner des indicateurs de vulnérabilité permet qui permettront dans un second temps d'élaborer une fiche de sensibilité et de prédisposition des différentes zones végétales au risque de départ d'incendie.

4.1- Identification des causes majeures

La naissance et la propagation des incendies sont dépendantes de la présence et de la réunion de cinq éléments fondamentaux :

- l'imprudence et la malveillance qui sont fonction du taux de fréquentation de la forêt et de l'intensité de l'activité des différents utilisateurs. Concernant la source de chaleur Rebai (1982) souligne : " Elle est produite par l'étincelle qui déclenche le feu; elle a une origine parfois accidentelle, mais elle est presque toujours provoquée par l'homme ",
- les causes biologiques qui accentuent ou atténuent les risques, ils sont fonction de la nature du sous-bois, des débris végétaux, de la teneur en humidité des végétaux, de la stratification de la végétation et des conditions météorologiques qui confèrent à ces paramètres divers degrés de danger et de risque d'inflammation. A ce sujet Trabaud (1974) propose la classification suivante des combustibles végétaux qui jouent un rôle déterminant dans les incendies de forêt : les espèces végétales dominantes (ont une action sur la dynamique du feu), la répartition spatiale de la végétation (détermine le type de feu et ses possibilités de propagation) et le biovolume (volume de matière végétale susceptible de brûler en cas d'incendie),
- les facteurs climatiques qui influent sur les risques d'incendie sont le déficit en eau et l'élévation de la température qui favorise l'éclosion des feux. Letreche-belarouci (1981) résume ces paramètres : "Les incendies de forêts sont dus dans leur quasi-totalité à l'inflammation des déchets végétaux du sous-bois. Pour que ces déchets s'enflamment ils doivent avoir atteint un certain degré de sécheresse ",
- le parcours par ses effets de piétinement et de broyage des débris organiques, de défoliation des espèces vivaces entraînant une dessiccation de la strate buissonnante la plus inflammable,
- les travaux forestiers entraînant la destruction totale de la végétation ligneuse et l'installation d'une strate herbacée dense se desséchant pendant l'été, période propice aux incendies.

4.2- Analyse des causes

Barbero (1989) précise que parmi les causes déterminantes il y a lieu de noter : « L'urbanisation de nombreux écosystèmes forestiers considérés par plusieurs décideurs responsables, il y a quelques années encore, comme un moyen de prévention révèle aujourd'hui ses dangers... Il y a donc de nouveaux risques au moment où l'on affiche une volonté de plus en plus grande d'ouvrir aux loisirs la forêt méditerranéenne ».

Les causes à l'origine des incendies sont réparties presque de la même manière en 1800 qu'en 1900 et se ventilaient comme suit : 8% à des accidents, 23% intentionnelles et d'intérêt, 32% à l'imprudence et 37% inconnues. Il y a lieu de noter que 70% des incendies ont pris naissance à l'intérieur des massifs forestiers et militent pour la révision à la baisse du pourcentage de causes inconnues au profit de celles intentionnelles. Ce facteur agressif et dégradant est énergiquement présent et le sera encore pour longtemps si le secteur forestier continue à faire du milieu forestier une zone interdite.

4.3-Matrice d'évaluation des dangers et des risques

L'identification des dangers pouvant être assimilés aux aléas constitue un élément déterminant dans la gestion du risque incendie de forêts. Une analyse de risque en découle en utilisant le retour d'expérience qui reste, malgré l'incertitude de la fiabilité des données, un moyen d'identifier les dangers induits par les applications et les systèmes de gestion des écosystèmes afin d'évaluer les risques et de définir des barrières de protection qui vont les réduire à des niveaux acceptables. Les méthodes de gestion des risques sont nombreuses et leurs approches peuvent être différentes ; il n'existe pas de bonne ou de mauvaise méthode de gestion des risques, l'essentiel est d'adapter la méthode au contexte.

L'élaboration d'une matrice de gestion des risques après avoir identifié les dangers permettra de cibler les dysfonctionnements du système en place.

Tableau 4 : Matrice des dangers et risques

| Risques Dangers | Défrichement | Incendie | Eradication | Destruction |
|----------------------------------|---------------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| Parcours | | | | |
| Coupes | | | | |
| Cueillette | | | | |
| Loisirs | | | | |
| Chasse | | | | |
| Chômage | | | | |
| Commerce | | | | |

4.4- Matrice des vulnérabilités

La maîtrise des vulnérabilités constitue la phase principale de gestion du risque incendie. L'identification est la phase la plus délicate, elle conditionne la qualité du travail puisque la

connaissance des vulnérabilités réduit l'aléa en permettant de traiter les dangers. La vulnérabilité non détectable est toujours la plus redoutable puisque par définition aucun moyen n'a été mis en place pour y faire face quand elle survient. Pour mener à bien sa tâche, le gestionnaire des risques dispose d'un certain nombre d'outils, la méthode dite des « centres de risques » est intéressante à appliquer à l'écosystème forêt. L'approche des « *check-lists* » est traditionnelle mais permet de cibler les aléas permettant ainsi de cerner les vulnérabilités. Une exploitation des statistiques des délits enregistrés donne des informations intéressantes permettant de mieux cibler les vulnérabilités. Les vulnérabilités peuvent être classées dans un tableau à double entrée sur la base de la fréquence et de la gravité. Si l'on simplifie la réalité en ne retenant que deux qualifications « faible, moyen ou forte » pour chacun des trois paramètres, le monde des risques est ainsi découpé en 6 catégories. Louisot (2004) note : « Les seuils entre « fort » et « faible » sont à définir pour chaque organisation en fonction de sa solidité financière, de sa situation de trésorerie, de l'évolution de ses résultats courants et d'autres facteurs subjectifs ».

La matrice élémentaire des vulnérabilités peut se récapituler comme suit :

Tableau 5 : Matrice de vulnérabilité

| Causes \ Vulnérabilité | Faible | Moyenne | Forte |
|---|--------|---------|-------|
| Pénétrabilité, densité par hectare | | | |
| Proximité d'habitations | | | |
| Importance de l'élevage | | | |
| Superficie | | | |
| Type de formation forestière | | | |
| Strate herbacée | | | |
| Espèces intéressantes (glands, fruits, | | | |
| Diamètre moyen de la strate arborescente | | | |

5- Importance du zonage homo-écologique pour une cartographie de la vulnérabilité

La stratégie de prévention des incendies de forêts ne peut donner des résultats appréciables que si les écosystèmes forestiers subissent un zonage homo-écologique ; ce dernier permet de délimiter des zones homogènes écologiquement donc ayant les mêmes caractéristiques du point de vue composition et structure. Ce découpage réalisé, les matrices de dangers-risques et de vulnérabilité renseignées, il est recommandé de réaliser une cartographie de vulnérabilité avec des indicateurs comme les causes, le degré de vulnérabilité et les conséquences.

5.1- Zonage homo-écologique

L'utilisation de la carte des peuplements ou des images satellites à haute résolution permettent de matérialiser des zones ayant les mêmes caractéristiques tant écologiques que sylvicoles. Ce

zonage permet d'élaborer des fiches descriptives renseignant sur les principales caractéristiques de la formation forestière à travers une typologie des peuplements.

5.2- Cartographie de la vulnérabilité

Le diagnostic des zones homo-écologiques permet de renseigner les deux matrices élémentaires qui contribuent à évaluer la vulnérabilité et les sources principales. Une fois les matrices des dangers, des risques et de la vulnérabilité établie et les causes majeures identifiées, un plan de prévention par zone est réalisé puis corrélé avec celui des autres zones pour arrêter le plan de prévention définitif.

6- Eléments de gestion préventive du risque incendie

Le constat relatif aux incendies de forêts en Algérie et dans le massif forestier de Télagh justifie de favoriser l'approche préventive qui semble être la meilleure approche en matière de stratégie de gestion durable de ce phénomène.

Les statistiques même si elles sont faussées pour diverses raisons constituent un référentiel à prendre en considération ; les causes dues aux activités humaines restent prépondérantes et ne peuvent être prises en charge qu'à travers une nouvelle approche favorisant le pré-aménagement souligne Benabdeli (2014).

6.1- Eléments d'élaboration d'un plan de gestion du risque incendie

Le plan de gestion préventif des incendies de forêts en Algérie nécessite la mise en place d'une stratégie devant s'articuler autour des éléments suivants :

- Maîtrise de la pyrologie forestière à travers le processus de combustion ; les caractéristiques des incendies de forêt et les facteurs qui influencent leur origine et leur développement.
- La composition floristique de la végétation et sa structure
- La localisation de la forêt par rapport aux divers centres d'intérêts et d'activités
- L'historique des feux de forêts dans la zone
- Les diverses méthodes utilisées et leur utilité

La prévention des incendies reste le meilleur moyen de défense des forêts contre le feu

6.2- Typologie et causes des incendies

Les causes des feux sont diverses et ne sont pas toujours identifiables. Les statistiques disponibles sur les feux en région méditerranéenne portent sur 100 000 cas recensés (source : banque de données Prométhée, www.promethee.com). Auparavant, l'origine des feux n'était connue que dans 20 % des cas. Une action a été conduite afin de mieux préciser la classification des causes d'incendies de forêts permettant d'élucider les deux tiers des incendies. Les imprudences et les accidents de toutes sortes, dont certains peuvent avoir des conséquences catastrophiques, constituent une part très significative du nombre des feux : en moyenne, plus de 50 %. Elles se produisent à l'occasion d'activités de loisirs, lors de travaux d'entretien agricoles ou forestiers...

Certaines installations (dépôt d'ordures, lignes électriques...) mal protégées sont également à l'origine de feux importants. Une part non négligeable concerne les actes de malveillance, sources de 39 % des incendies sur les dix dernières années.

6.2.1- L'état de la végétation

L'état de la végétation est un facteur de risque puisqu'il est corrélé au nombre de départs de feu ; il est lié en partie au degré de sécheresse des végétaux. Sur le terrain, il est important d'effectuer régulièrement des tests sur des échantillons représentatifs des espèces dominantes pour déterminer la teneur en eau des végétaux. L'état de la végétation est davantage influencé par la sécheresse superficielle du sol que par l'état des nappes phréatiques. Dans la région de Télagh l'état de la végétation est un facteur déterminant dans la prévention du risque incendie puisque l'espèce dominante reste le pin d'Alep accompagné par une strate buissonnante composée d'espèces à très faible humidité comme le romarin, l'alfa, le genêt, le calycotome, etc..

6.2.2- Les formations les plus touchées

Durant les deux dernières décennies allant de 1985 à 2006, il a été enregistré une superficie totale brûlée en Algérie de 779 872,11 ha pour 32 354 foyers d'incendies. La superficie moyenne par foyer étant de 24,10 ha. Mais cet indicateur est de très faible impact puisque de grands incendies sont déclarés annuellement. Dans le massif forestier de Télagh sur cette même période il a été enregistré 36700ha soit une moyenne annuelle de 1466ha.

La forêt demeure la formation végétale la plus touchée par les feux avec 60% de la superficie totale brûlée mais ces dernières années c'est surtout les formations basses claires qui sont convoitées pour une mise en valeur après incendies. Cet état de fait renseigne sur le fait que la forêt reste la formation végétale qui subit le plus de pression. Par ailleurs, l'importance des superficies incendiées obéit à la forte densité de la végétation. En effet, plus la quantité de combustible est importante, plus le degré d'ignition s'élève, plus l'intervention pour l'extinction devient difficile, surtout que la majorité de nos massifs forestiers se situe sur des terrains marginaux difficiles d'accès et fortement pentus.

6.2.3- Fréquence mensuelle des incendies

La fréquence mensuelle des incendies au cours des 22 ans (1985-2006) se concentre durant une période de 5 mois qui débute au mois de juin et se termine au mois d'octobre, en dehors de celle-ci, les incendies sont quasi-inexistants. Ceci est dû aux faits que cette période coïncide avec la saison sèche favorisant ainsi le développement des incendies de forêt. C'est durant le mois le plus chaud et le plus sec de l'année (août) que l'on enregistre le plus grand nombre de foyers avec 12 903 départs de feux, même constatation concernant la superficie brûlée qui est de 413 974,83 ha, soit 53,08%.

6.2.4- Fréquence horaire des incendies

La fréquence horaire des incendies, évolue suivant une courbe en forme de cloche. Durant la tranche horaire comprise entre 10 et 18 heures, nous avons comptabilisé 25 300 départs de

feux soit 78,20% . Car, durant cette période de la journée, les conditions climatiques permettent l'éclosion et la propagation du feu. Cependant, en dehors de cette période, nous avons enregistré 7054 foyers d'incendie, soit 21,80%, malgré les conditions climatiques défavorables pour la naissance des incendies ; cet état de fait laisse supposer le caractère criminel et/ou volontaire d'un nombre important des incendies, que ce soit durant la période compatible pour l'éclosion des incendies ou en dehors de celle-ci.

6.2.5- Type d'essence

Ce sont les forêts de pin d'Alep et de chêne liège qui payent le plus lourd tribut face aux incendies. Entre 1985 et 2006, ce sont près de 222 204 ha de pinède et 163 420 ha de subéraies qui ont brûlé soit 49,45% .La majorité des forêts algériennes est constituée de pin d'Alep, une essence très combustible, ce qui explique donc l'importante superficie incendiée de celle-ci. En revanche pour le chêne liège cette superficie incendiée, est due au fait que, cette espèce est concentrée dans la région Est du pays où s'exerce une forte pression anthropique.

6.3- Causes des incendies

Sur les 32 354 incendies déclarés entre 1985 et 2006, seuls 7193 sont d'origine connue, soit 22,23%, dont 6200 d'origine volontaire. Par contre, 77,77% soit 25 161 départs de feux sont d'origine inconnue. Ceci démontre les efforts qui doivent être entrepris pour cerner au mieux les causes des incendies de forêt, afin de mieux les connaître et réduire leurs effets. Pour ce, la recherche des causes et des auteurs d'incendies est de toute première instance, mais pas aisée, compte tenu de l'étendue de la superficie à gérer et du manque de formation du personnel forestier en matière de police scientifique.(MATE,2003)

6.3.1- Gestion du risque

Cette méthode d'évaluation reposait sur l'agrégation additive de 4 critères

- l'inflammabilité et la combustibilité dues au peuplement (notée de 1 à 13),
- l'accessibilité et l'équipement en points d'eau du site (notés de 1 à 9),
- les facteurs aggravants liés à la présence d'infrastructures (notés de 0 à 3),
- la vulnérabilité du site (notée de 2 à 9).
- les types de peuplements selon leur composition
- les types de peuplements selon leur structure

La continuité végétale est un facteur aggravant, rendant possible le développement de grands incendies. La surface de chaque massif forestier (au sens d'une « unité de menace », disjointe des autres massifs) est un bon indicateur de cette menace potentielle, étant entendu que, dans le détail, d'autres paramètres devraient être pris en compte, comme la forme du massif, la direction des vents dangereux,...

Le critère « nombre de départs de feu par commune » est un bon indicateur de la pression de mise à feu. Il intègre indirectement la présence de sources potentielles de mise à feu (voies ferrées, réseau routier et autoroutier,...). Pour pouvoir comparer les communes de tailles

différentes entre elles, il a été ramené à une unité de surface (« nombre de feu par commune / an /100 km² »).

6.4- Techniques de gestion préventive du risque incendie

La gestion curative à travers la mise en place d'un plan anti-incendie a montré ses limites d'où la nécessité de recourir à une méthode préventive pouvant anticiper.

6.4.1- La diminution des causes

La priorité est donnée au traitement des causes accidentelles de départs de feu sur lesquelles il est possible d'agir. Ce sont les imprudences et les négligences liées aux loisirs, aux travaux en forêt, aux infrastructures mal protégées (décharges, lignes électriques, voies ferrées, etc.). La résorption de ces causes de départ des feux passe par trois actions :

- L'information et la sensibilisation ;
- La recherche des causes des feux ;
- Une action sur les interfaces habitat-forêt.

6.4.2- Risque incendie et aménagement

Elle privilégie deux types d'actions :

- Travailler sur les interfaces entre la forêt et les zones urbanisées. Une attention particulière est portée sur ces zones. En effet, c'est là que démarre la majorité des feux du fait de la présence des activités humaines, sources potentielles de mises à feu. Dans les zones à grand risque, il est donc nécessaire d'assurer la maîtrise de l'urbanisation en limitant les nouvelles constructions. La gestion de ces interfaces a pour objectif de diminuer le nombre d'éclosions et de réduire la vulnérabilité des zones exposées.
- Créer des coupures vertes. En parallèle, ces coupures sont réalisées par le maintien des interfaces agriculture-forêt permettant une structuration du territoire en massifs forestiers cloisonnés afin de réduire la montée en puissance des incendies. Des efforts importants portent sur la gestion de ces coupures vertes par le pastoralisme ou l'agriculture.
- **Une sylviculture anti-incendie :** En Algérie, nous avons besoin d'une sylviculture axée davantage sur la protection que sur la production. Elle doit nécessairement prévoir des normes propres à améliorer l'autoprotection des peuplements forestiers contre le feu. Il est évident que le milieu forestier est composé de matières organiques combustibles et que cette caractéristique ne peut être modifiée par aucune mesure anti-incendie. Toutefois, l'incendie c'est un feu qui se déplace et se propage parmi les éléments combustibles. Les mesures préventives auront pour objectif de gêner la propagation du feu dans le milieu ambiant. Pour cela, il faut tenir compte de la résistance au feu des essences forestières et de ce qui freine la propagation d'un incendie dans la végétation forestière. La résistance à la propagation d'un incendie dépend de la structure du couvert végétal. Cela signifie que la résistance à la propagation des incendies peut se ramener à une question de continuité horizontale et verticale des combustibles. Les discontinuités rendront plus difficile la propagation du

feu, limiteront les dégâts et faciliteront l'extinction de l'incendie. Un autre facteur dont il faut tenir compte est le vent. La futaie freine plus le vent que le maquis, et ce dernier le freine plus que les pâturages. Dans les zones de crête, où le vent change, et dans les talwegs, où il s'engouffre, un couvert arboré peut être un obstacle important à l'incendie, car il réduit la vitesse du vent. Bien sûr, on ne peut pas résoudre le problème des incendies en remplaçant certaines essences par d'autres, car pratiquement toutes brûlent dans les conditions difficiles des étés méditerranéens. Si les interventions portant sur la végétation ne peuvent pas s'appuyer sur la résistance intrinsèque des essences, il faut s'efforcer de gêner la propagation du feu en créant des discontinuités, en évitant les grandes plantations mono-spécifiques et en créant des différences d'inflammabilité qui «déconcertent» le feu. Dans tous les endroits où l'humidité est suffisante, notamment dans les talwegs, il faut planter des essences qui valorisent bien cette humidité. L'objectif serait donc de créer des «mosaïques» d'essences, en y intégrant des activités qui soient source de discontinuité telles que routes, coupe-feu, cultures, zones récréatives, etc. En outre, l'exploitation forestière devrait s'efforcer de maintenir la densité des peuplements, de façon à limiter la croissance du sous-bois. Il faudrait que les versants orientés vers les vents dominants soient couverts d'une végétation haute, qui puisse les freiner : les coupe-feu seraient ouverts sous le vent, et loin des crêtes.

- **Les moyens de lutte :** L'aménagement forestier est l'un des moyens le plus adéquat pour lutter contre les incendies de forêt. Les plans d'aménagement intègrent toutes les infrastructures nécessaires en matière de défense des forêts contre les incendies comme l'ouverture et l'entretien de pistes, l'ouverture et l'entretien de T.P.F. (Tranchées Par -Feu); l'installation de poste de vigie ; La réalisation et l'aménagement de points d'eau ; une surveillance des massifs forestiers par des brigades mobiles et les gardes forestiers doit être prévue particulièrement en été.

6.5- Présentation de la nouvelle méthodologie prédictive

Face aux causes d'incendies dont plus de 75% sont imputées aux activités humaines, seule une approche prédictive permettra de diminuer ce risque.

6.5.1- Importance de la prévision

La prévision est définie comme l'ensemble des actions réalisées au préalable et visant à empêcher que les feux ne se développent ainsi qu'à limiter les conséquences des incendies.

Les trois principaux types de mesures de prévision sont :

- Celles qui consistent à élaborer une cartographie des dangers d'éclosion des incendies à travers une maîtrise des peuplements
- Celles qui préparent la limitation du phénomène de façon active, au moyen de la lutte, en maîtrisant les éclosions au stade initial et en limitant l'extension des incendies qui n'ont pas pu être éteints au stade initial.
- Les mesures qui visent à agir sur le phénomène de façon passive, en réduisant la puissance naturelle du feu, par une action préalable sur la végétation.

En pratique, ces trois approches sont étroitement liées puisque la réduction de la puissance naturelle du feu facilite le travail des équipes de lutte et leur permet d'agir dans de meilleures conditions de sécurité.

- **Maîtriser les éclosions au stade initial** : En matière de lutte contre les incendies, le temps est une composante essentielle, surtout lorsque les conditions climatiques sont critiques. La rapidité d'intervention sur un feu naissant conditionne l'évolution de ce feu. Un feu facilement maîtrisable initialement peut dégénérer en un incendie catastrophique si les délais d'intervention sont trop longs. Le seuil d'intervention au-delà duquel l'incendie devient difficilement maîtrisable dépend bien entendu des spécificités de chaque pays, notamment du point de vue de la végétation, du climat, de la topographie et des moyens de lutte disponibles. La réduction des délais d'intervention repose sur quelques principes comme la mise en place d'un réseau de surveillance permettant de détecter rapidement tout départ de feu. Cette surveillance peut avoir également un rôle dissuasif et répressif et limiter ainsi le nombre de départs de feu. La mise en place d'un dispositif de première intervention : mobilisation préventive sur le terrain par pré positionnement des moyens de lutte permettant une intervention rapide (ex : guet armé terrestre ou aérien, équipes de lutte stationnées en forêt). La création d'équipements (routes, pistes). Une bonne connaissance du terrain (accès, estimation de la propagation du feu...), complétée par une signalisation efficace sur le terrain et une cartographie à jour. La centralisation de l'information relative à la surveillance et à la lutte pour coordonner toutes les opérations.
- **Limiter l'extension des incendies** : L'échec de l'attaque initiale ouvre la voie aux développements de l'incendie qui peut alors devenir catastrophique. Les actions de prévision doivent permettre aux équipes de lutte d'attaquer l'incendie dans les meilleures conditions d'efficacité et de sécurité par une définition de stratégies de lutte adaptées, mise en place et organisation des moyens humains et matériels correspondants et la réalisation d'équipements de terrain : routes, pistes, zones préparées pour la lutte, points d'eau.

6.5.2- La prévention

La définition de la prévention adoptée dans cet ouvrage est "l'ensemble des actions visant à empêcher tout départ de feu". Les actions de prévention comprennent :

- La recherche des causes d'incendies.
- L'information et la sensibilisation du public : les origines des incendies étant principalement liées aux activités humaines, il est nécessaire d'informer et de sensibiliser les différentes catégories de la population qui peuvent générer des incendies, telles que les travailleurs agricoles ou forestiers, les industriels et les artisans, les habitants locaux et les touristes...
- La mise hors risque des installations susceptibles de provoquer des départs de feu (lignes électriques, voies de circulation, dépôts d'ordures...).
- La dissuasion : surveillance dissuasive, définition d'un cadre législatif dissuasif et répressif.
- La réglementation de l'accès en forêt.

Les actions d'information et de sensibilisation ont pour objectif de développer chez les citoyens une prise de conscience du risque d'incendie et une meilleure connaissance des comportements à risque. Il est nécessaire de bien cibler les interlocuteurs et de bien choisir les moyens et actions à mettre en œuvre. Un cadre législatif à la fois préventif et répressif est le complément indispensable des actions précédentes. Suivant les risques d'incendie existants et les ressources économiques disponibles pour financer les interventions de prévention et la lutte, différentes stratégies peuvent être adoptées :

- Éviter tout départ de feu et protéger toute zone menacée par le feu.
- Développer la stratégie du “minimum acceptable”, traduisant l'impossibilité technique et financière de protéger l'ensemble du territoire contre l'incendie.

6.6- Action sur la végétation

Les techniques proposées dans cette partie sont en grande partie extraites des documents du Centre Interrégional de Coordination Opérationnelle de la Sécurité Civile (France)

6.6.1- Les débroussailllements et des opérations sylvicoles adaptées

Ils permettent de limiter la puissance naturelle du feu et de réduire les dommages causés par les feux. La puissance d'un feu est étroitement liée à la quantité de phytomasse combustible. Sa propagation dépend en partie de la continuité spatiale entre les végétaux. Le débroussaillage est l'élimination de la strate basse de la végétation, c'est-à-dire celle qui est la plus propice à la propagation du feu. Il permet de limiter la puissance et la propagation d'un feu, en réduisant la biomasse combustible et en créant des discontinuités spatiales, horizontales et verticales. Le débroussaillage joue un rôle particulièrement important dans l'aide à la lutte, notamment en permettant la création de zones de lutte privilégiées, telles que les coupures de combustibles qui cloisonnent la forêt.

- Interfaces forêt / zones agricoles : Les activités agricoles en périphérie de zones forestières constituent une source potentielle de départ de feu (écobuage, brûlis...). Il faut donc, pour limiter le risque de propagation vers la forêt, réduire la biomasse combustible en périphérie des massifs boisés.
- Débroussaillage autour des habitations : Les habitations en forêt représentent un double risque ; elles constituent des sources potentielles de départs de feu (feux pour la cuisson des aliments, barbecue, brûlage des rémanents des débroussailllements, feux de jardin...). Lorsqu'un feu se déclare dans un massif forestier, elles peuvent être directement menacées. Pour protéger les habitations, il est nécessaire de débroussailler leurs alentours. Cette consigne s'applique également aux zones industrielles, très sensibles aux incendies, ainsi qu'aux zones de loisir (camping, aires de pique-nique...). La dissémination des habitations en forêt constitue un problème important, même lorsque le débroussaillage est effectué correctement. Elle entraîne en effet la dispersion des moyens de lutte dont la priorité est de protéger les vies et les biens, aux dépens des zones forestières. De plus, les voies de desserte de ces habitations sont souvent des impasses et l'entrée et la sortie peuvent être coupée par le feu.

6.6.2- Sylviculture préventive

Elle vise à contrarier la progression du feu et à limiter les dommages causés aux arbres en agissant sur la structure des arbres afin d'empêcher la propagation. L'objectif de la sylviculture préventive est d'obtenir une composition et une structure des peuplements permettant de contrarier la progression du feu et de limiter sa puissance ; de limiter les dommages causés aux arbres par le passage du feu. Ces deux objectifs sont étroitement liés. Toutes les mesures visant à réduire la puissance du feu tendent à limiter les dommages occasionnés aux arbres. Si le feu reste courant et ne passe pas en cime, les houppiers seront moins touchés et les chances de survie d'un plus grand nombre d'arbres du peuplement seront alors augmentées. Les études sur la sylviculture préventive dans les peuplements méditerranéens sont peu nombreuses. Les travaux sylvicoles se heurtent à la faible rentabilité des peuplements et dépendent fortement : des moyens financiers que l'on peut investir, du revenu et des produits que l'on peut tirer de la forêt. Les actions à engager peuvent être des coupures de combustible pour créer une discontinuité dans le couvert végétal, pour diminuer la puissance du feu et permettre l'attaque de l'incendie par les moyens de lutte. Les coupures de combustible sont donc pourvues d'équipements destinés aux opérations de lutte (pistes, points d'eau).

Ces infrastructures sont généralement valorisées par des activités pastorales ou agricoles. Les coupures arborées et agroforesterie sur une largeur minimale de 100 m, elles ont pour but de limiter la propagation du feu par réduction des contacts entre les végétaux en créant des discontinuités horizontales (mise à distance des arbres par éclaircies, élimination du sous-étage par débroussaillage) et des discontinuités verticales (suppression de l'interface houppier/sous-bois par élagage et débroussaillage). La couverture arborée étant faible, la reprise de la végétation est rapide et les entretiens doivent donc être réguliers.

Les coupures agricoles créent des discontinuités spatiales peut également reposer sur l'occupation du sol par certaines cultures agricoles (ex : vignes, vergers, oliveraies...) qui, si elles sont régulièrement entretenues, constituent des obstacles pour le feu.

- Les caractéristiques du peuplement : La structure (existence de discontinuités verticales ou horizontales), la densité du couvert, directement et par son action sur la végétation des strates inférieures et la composition en essences ont un effet sur sa sensibilité au feu. Ainsi la typologie des peuplements est une action préventive puisqu'elle permet de prévoir les actions sylvicoles à engager pour enrayer la naissance et la propagation des incendies.



Figure 15: Modèles de coupures anti-incendie (Source : *réseau coupure de combustible, 1999 in Clément, 2004*)

- Absence de continuité entre le sol et les houppiers : La présence d'une strate arborée unique, isolée du sol, sans étages intermédiaires, évite la propagation du feu du sol vers la cime des arbres. Les sujets dominés ou malades, ainsi que les branches basses des arbres, peuvent être éliminés par éclaircie et élagage.
- Mosaïque de peuplements différents : Une mosaïque de parquets (1 à 5 ha) d'âges et d'essences différents, en créant des ruptures à l'intérieur du massif forestier, semble la structure la plus adaptée pour limiter la sensibilité du peuplement au passage du feu. Ces parquets doivent posséder une profondeur suffisante afin que le feu puisse perdre de la puissance en y pénétrant. Cette taille minimale est fonction de la topographie et du peuplement. En revanche, les taillis avec leurs cépées denses et les futaies jardinées qui multiplient les strates de végétation sont des formations qui favorisent la propagation du feu. Afin de diminuer les risques de propagation du feu, un taillis vigoureux peut être converti en futaie sur souches : pour chaque cépée, on ne conserve à la fin qu'un à deux brins. Cette conversion nécessite cependant des interventions fréquentes et progressives (réduction à 3 ou 4 puis 2 ou 3 puis 1 ou 2 brins) pour limiter la repousse des rejets et des gourmands.

- **Densité du couvert :** Un couvert forestier dense et sombre contrarie la progression du feu dans les strates basses par la limitation de la dessiccation de la végétation et accélération de la dégradation de la matière organique, en raison de l'augmentation de l'humidité de l'air dans le sous-bois. La réduction de la biomasse arbustive et l'élagage naturel, en raison de la diminution du rayonnement photosynthétique sous le couvert favorise la progression du feu dans les houppiers. La création et le maintien d'un couvert dense permettent de limiter la puissance des feux courants mais augmentent le risque de feux de cimes. Pour éviter le développement d'un feu total, un couvert dense doit donc absolument être accompagné d'un sous-bois propre. Un couvert dense est obtenu par le choix d'espèces méditerranéennes possédant un feuillage dense. En fait, la qualité du feuillage d'une essence dépend de la richesse du sol sur laquelle elle pousse. Le pin d'Alep, dont le feuillage est généralement clair, présente un feuillage dense qui couvre bien le sol lorsqu'il est installé dans une station riche. Le pin pignon possède généralement un feuillage bien fourni mais il exige des stations riches.
- Une sylviculture dynamique avec des éclaircies suffisamment fortes, le couvert se refermant par développement et jonction des houppiers. Un couvert dense ne doit pas être synonyme de peuplement serré et mal éclairci et de forte densité avec de nombreux arbres dominés et dépérissants. Une éclaircie vigoureuse présente l'inconvénient d'ouvrir temporairement le couvert, ce qui stimule le développement des strates basses. Cette opération doit être accompagnée d'un débroussaillage.
- **La diversité des espèces :** Le mélange d'essences permet de réduire la sensibilité d'un massif au feu. Il faut choisir des espèces qui possèdent les mêmes caractéristiques de croissance, afin d'éviter la formation de plusieurs strates arborescentes créant une continuité verticale. Les essences à croissance juvénile forte assurent une reconstitution rapide du couvert donc limitent le développement de la végétation au sol. Elles sont en outre très compétitives par rapport à la végétation arbustive. Les essences moins inflammables et moins combustibles doivent être privilégiées lors des interventions sylvicoles dans les peuplements existants, lors des débroussaillages manuels ainsi que lors des reboisements. Les essences résistant au passage du feu sont les peuplements composés d'arbres à écorce suffisamment épaisse résisteront mieux à des feux courants qui n'auront qu'une intensité faible ou moyenne. Le chêne liège est particulièrement résistant, sauf lorsqu'il a été démasclé récemment.

6.6.3- Le sylvopastoralisme

L'utilisation de la forêt comme lieu de parcours pour le détail. Dans de nombreux pays, c'est une technique couramment utilisée par les populations locales. Cependant, s'il n'est pas contrôlé, le pâturage devient l'ennemi de la forêt, par abrutissement de la régénération, frottements sur les troncs... En revanche, cette activité, si elle est bien gérée, peut être d'une grande efficacité dans l'entretien des zones forestières. On parle alors de pâturage contrôlé car les zones de pacage et de parcours sont bien définies et délimitées. Le sylvopastoralisme introduit dans un objectif DFCI ne peut réussir que si les espaces forestiers à entretenir sont

bien intégrés dans l'ensemble des ressources pastorales dont dispose l'éleveur. Il faut donc partir d'une étude fine du système d'élevage de l'éleveur pour y intégrer éventuellement l'entretien des zones débroussaillées, et non partir d'une définition a priori des zones à entretenir en espérant que l'éleveur accepte de lourdes contraintes modifiant et perturbant son système d'élevage préexistant. Ce moyen permet de maîtriser de la végétation, de gérer la ressource existante, de revaloriser l'élevage et les milieux abandonnés et le maintien d'une activité humaine en forêt. Les inconvénients qui en découlent sont une nécessité de protéger la régénération contre les abroutissements.(CMAGREF,2004)

6.6.4- Élaboration d'un plan d'aménagement

Une analyse de la zone d'étude permettra d'élaboration d'un plan d'aménagement qui nécessite une bonne connaissance du milieu par l'analyse de ses composantes, tant écologiques (climat, relief, types de végétation...) que socio-économiques (usages de la forêt, occupation du sol...). L'étude des feux antérieurs permet d'appréhender les risques d'incendie pesant sur la forêt par le passé. Une extrapolation au risque actuel nécessite cependant de prendre en compte les évolutions des milieux naturel et humain et doit être menée avec prudence. La réflexion sur des scénarios d'incendies compte tenu du retour d'expérience permet de définir les principales causes probables d'éclosion et les modalités de propagation du feu.

6.6.5- Aménagement du territoire

C'est un volet déterminant dans la prévention des risques d'incendies, la réalisation d'un ensemble d'actions et d'infrastructures de lutte, de prévision et de prévention aboutit inévitablement à un échec si aucune réflexion préalable sur son organisation n'a été menée. Le plan d'aménagement du territoire est un document qui, sur une zone forestière donnée doit définir les actions et les équipements à réaliser, en fonction des stratégies de lutte et des besoins des utilisateurs et les planifie dans le temps. Il doit assurer leur cohérence, entre eux et avec l'aménagement général du territoire. Le plan d'aménagement du territoire est fondé sur l'analyse des différentes composantes du milieu naturel (climat, relief, végétation) et humain (occupations et installations humaines, attitudes, comportements, usages).

7- Axes de la méthode cartographique du risque incendie

La méthode cartographique reste une approche pratique permettant de délimiter des zones selon le risque et la sensibilité. Cette partie est extraite en partie des travaux du CTGREF (1974, 1975, 1978 et 1979).

7.1- Analyse du risque

Si un incendie de forêt a de fortes probabilités de se déclarer ou de se propager en un lieu donné, on dit alors que l'aléa feu de forêt est élevé. S'il peut causer des dommages sur certains biens (enjeux) du territoire concerné (habitations, équipements, patrimoine) on parle alors de vulnérabilité de ces enjeux. Cet aspect ne sera pas abordé dans ce chapitre. Il faut noter que la forêt, en tant que vecteur et victime du feu, participe à la fois à l'aléa et à la

vulnérabilité. C'est le cas également pour les activités humaines qui sont sources de départs de feu et sont également vulnérables face au phénomène. En règle générale, les disciplines qui traitent des risques (inondations, séismes, accidents technologiques majeurs, ...) appellent risque le produit de la probabilité d'apparition du phénomène (aléa) par une valeur de dommage (vulnérabilité). Toutefois, un usage usuel en matière de feux de forêts fait que l'on nomme risque le seul aléa. Il faut distinguer les notions d'évaluation et de prévision du risque :

- Évaluer un risque, c'est chercher à le connaître, sans savoir quand le phénomène se produira.
- Prévoir un risque, c'est chercher à déterminer les périodes pendant lesquelles le phénomène peut se produire.

Le risque d'incendie varie dans le temps en fonction des conditions météorologiques et des conditions des végétaux. On parle de prévision temporelle du risque. Le risque d'incendie n'est pas homogène sur l'ensemble du territoire. Son intensité dépend des conditions du milieu naturel et de l'occupation du territoire. On parle d'évaluation spatiale du risque. Il faut cependant remarquer que :

- Le risque temporel n'est pas forcément uniforme sur l'ensemble d'un territoire donné. Celui-ci peut alors être découpé en zones à chacune desquelles on attribue un niveau de risque temporel.
- Le risque spatial est analysé à une date bien définie, et peut évoluer dans le temps (implantation de nouvelles activités humaines, évolution de la végétation...).

Certaines méthodes d'évaluation spatiale du risque utilisent des modèles de propagation.

Ces modèles sont également utilisés pour la formation des personnels responsables de la lutte. Des recherches sont en cours pour les rendre opérationnels en temps réel pour la lutte et permettre ainsi de prévoir le comportement de l'incendie pour positionner des moyens de lutte à des endroits stratégiques.

7.1.1- Les facteurs de risque

- Les facteurs climatiques : La contribution des stations météorologiques est indispensable puisqu'elles permettent des observations quotidiennes qui fournissent les paramètres météorologiques nécessaires à la prévision de l'état de la litière et de la vitesse du vent. Les données intéressantes sont la quantité d'eau tombée lors de la dernière pluie, nombre de jours sans pluie depuis la dernière pluie, température maximale de l'air du jour de la prévision, direction et vitesse du vent. La prévision des conditions de vent avec possibilités de simuler le déplacement des masses d'air dans les terrains complexes. En effet, si l'orographie et les caractéristiques météorologiques des zones à fort risque d'incendie sont connues, il est possible de mobiliser les moyens vers une zone déterminée.
- L'inflammabilité de la végétation : des prélèvements peuvent être effectués sur le terrain et complétés par des mesures en laboratoire pour évaluer l'inflammabilité de la litière et des végétaux ou leur teneur en eau

- La réserve en eau du sol : Il s'agit ici d'une méthode de calcul basée sur les données météorologiques. La réserve en eau du sol correspond à la quantité d'eau disponible dans le sol pour les plantes. Elle est exprimée en millimètres d'eau. Plus elle est faible, plus la plante est en état de stress hydrique, et plus le risque d'incendie est élevé. Le calcul de la réserve en eau du sol permet d'approcher l'état hydrique de la végétation pendant l'été. Cependant, il peut exister un décalage entre l'état de la végétation et l'eau contenue dans le sol. La réserve en eau est parfois utilisée comme paramètre d'entrée dans les modèles d'évaluation du risque.
- L'estimation du risque : Estimé quotidiennement, le risque météorologique peut être exprimé qualitativement. la présence du Chergui, vent d'est sec et chaud, induit un risque d'incendie plus élevé. Il est indiqué dans un bulletin quotidien transmis par fax de la Météorologie Nationale vers la Sécurité Civile et les Eaux et Forêts. Le risque gagne en précision quand il est exprimé sous la forme d'indices, à partir de données météorologiques prévues la veille ou mesurées le jour même. Des prévisions à plus long terme sont aussi possibles. Il existe de nombreuses méthodes de calcul qui donnent soit un indice numérique soit directement un niveau d'alerte qui augmente avec les conditions à risque. Le plus souvent l'indice numérique est également traduit, pour des raisons pratiques, sur une échelle de danger possédant 3 à 6 niveaux.

7.1.2- L'évaluation spatiale du risque d'incendie

Elle nécessite de connaître la variation spatiale des facteurs qui contribuent à l'éclosion et à la propagation des incendies et la façon dont ils y contribuent. Généralement, la contribution au risque de chaque facteur du milieu est traduite par un indice de risque intermédiaire. Un indice de risque global peut ensuite être construit à partir des indices intermédiaires correspondant aux différents facteurs.

Le risque d'incendie est d'autant plus élevé que l'on se trouve en présence de facteurs favorisant l'éclosion et la propagation d'un feu. Il s'agit alors de déterminer les facteurs qui interviennent dans le risque et d'évaluer comment, quand et où ces facteurs se combinent.

On peut distinguer les facteurs de déclenchement des incendies, qui sont généralement d'origine anthropique et les facteurs du milieu naturel qui déterminent des conditions favorables à l'éclosion et à la propagation des incendies.

La contribution de ces facteurs au risque peut être estimée à partir de l'observation de phénomènes passés et de l'expérience des personnels de terrain, ou encore de données expérimentales.

- Les facteurs anthropiques : Un indice de risque peut correspondre simplement à la présence d'activités (ruchers, pastoralisme par exemple) ou d'équipements tels que les routes, les voies de chemin de fer, les lignes électriques, les habitations... ou bien prendre en compte l'éloignement par rapport à ces installations. Ces facteurs peuvent être cartographiés par exemple à partir de l'interprétation de photographies aériennes, ou par recensement sur le terrain.
- La végétation : C'est un facteur important à double titre : par son inflammabilité et sa combustibilité. L'inflammabilité des végétaux joue un rôle indirect sur la mise à feu.

L'inflammabilité d'un végétal est déterminée par sa teneur en eau, en relation avec les paramètres climatiques (température de l'air, humidité, vent), ainsi que par sa composition chimique en relation avec le type d'essence. La structure (distribution verticale et horizontale) et la composition de la végétation déterminent sa combustibilité et conditionnent la puissance atteinte par le feu lors de sa propagation. La cartographie peut être réalisée à partir de relevés sur le terrain et suivis d'une interprétation de photographies aériennes ou d'images satellitaires. Comme les indices de végétation fournis par le satellite NOAA-AVHRR. Le plus répandu est le NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), indice corrélé avec la surface foliaire et la biomasse. Les zones à risque correspondent à celles où l'on observe une baisse importante du NDVI dans le temps. Cet indice est calculé à partir des canaux Rouge (R) et Proche Infra Rouge (PIR) : $NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$.

- Le relief joue également un rôle à double titre : la pente modifie l'inclinaison des flammes par rapport au sol, ce qui favorise les transferts thermiques vers la végétation située en amont ; l'exposition détermine des versants chauds ou frais, et donc une végétation plus ou moins combustible. Elle individualise également des zones exposées au vent. Le relief peut être élaboré sous la forme d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT). Celui-ci peut être constitué à partir de la numérisation des courbes de niveaux et des points cotés ; des couples stéréoscopiques d'images satellitaires. Le MNT, calculé par ordinateur, fournit un maillage régulier de l'espace qui donne altitude, pente et exposition. (Belhadj, 2003)

7.1.3- Méthodes d'évaluation spatiale du risque

Certaines méthodes distinguent le risque d'éclosion et le risque de propagation, d'autres ne considèrent qu'un seul risque qui intègre ces 2 composantes. L'élaboration de la carte finale de risque passe en général par plusieurs étapes :

- Définition et analyse des paramètres influençant l'éclosion et la propagation d'un feu.
- Constitution d'un indice de risque traduisant la contribution d'un ou plusieurs paramètres au risque d'incendie.
- Estimation du niveau de risque : les résultats obtenus à partir des indices de risque sont classifiés en niveaux de risque. Ces seuils sont généralement définis à dire d'experts.
- Cartographie du risque : l'indice est cartographié avec une précision qui dépend de celle des données de départ.

L'évaluation du niveau de risque peut être réalisée selon deux approches :

- A dire d'experts. On recueille l'avis de personnes compétentes dans le domaine des feux de forêts (forestiers, pompiers, scientifiques ...). L'expert intervient en apportant ses connaissances issues de sa pratique et du retour d'expérience de la prévention et de la lutte contre les incendies de forêts. Il évalue les impacts possibles d'un feu. Il indique les niveaux possibles de risque. Cette dernière étape repose principalement sur une analyse historique. Cette approche présente l'avantage d'être mise en œuvre rapidement et avec peu de moyens. Néanmoins, elle ne permet pas d'identifier

formellement le raisonnement suivi par les experts pour apprécier en définitive les niveaux de risque.

- Recours à des modèles mathématiques. C'est le cas dans beaucoup d'études aujourd'hui. Le risque est réduit en un jeu d'équations ou de formules dans lesquelles ne figurent que quelques paramètres. Si l'on souhaite réaliser des simulations, le modèle doit être associé à des bases de données géographiques et l'usage d'un SIG est indispensable. Cette méthode présente l'avantage d'être applicable à d'autres sites d'étude et d'assurer la continuité géographique.
- Analyse de la variabilité spatiale du risque écloison : Différentes méthodes sont développées ; la plus simple consiste à cartographier les points d'éclosion des feux passés sur une période déterminée. A partir de la connaissance des causes de mise à feu, il est possible de reporter sur une carte les éléments liés à l'activité humaine qui sont le plus souvent à l'origine des incendies. Ces éléments peuvent être pondérés en fonction de leur contribution au risque dans le passé.
- Analyse de la variabilité spatiale du risque propagation : Les modèles utilisés peuvent être classés en 2 grands types : les modèles de propagation : ils permettent de simuler le parcours des incendies. Les départs de feu sont simulés soit de façon aléatoire, soit sous la forme d'une grille d'allumage régulière, soit en choisissant des zones privilégiées connues historiquement (bords de route). Les modèles fondés sur la combinaison de couches de données. Ces couches sont en général combinées par une expression algébrique. Ces modèles utilisent les fonctions classiques des SIG. Il est possible d'affecter un coefficient aux paramètres pris en compte afin de les hiérarchiser. Ces méthodes nécessitent pour certaines phases d'avoir recours à un expert.
- Les données historiques : Elles sont utilisées de plusieurs façons ; pour caler les modèles précédents en choisissant un feu passé comme événement de référence. Egalement elles sont exploitées pour valider les résultats de l'évaluation du risque à partir d'études statistiques sur les feux passés. Noter alors qu'il ne faut pas utiliser les mêmes données historiques pour définir le risque et le valider. Pour caractériser la zone étudiée, si aucun modèle n'est utilisé ou si peu de données sont disponibles. Les observations faites sur les feux du passé permettent de caractériser qualitativement des zones qui ont connu régulièrement des grands feux. Cependant, il est nécessaire d'extrapoler les données du passé sur la structure présente et future de l'espace. Par exemple, des peuplements séparés autrefois peuvent avoir été regroupés par extension naturelle de la végétation. De même, des feux éclos en bordure de village correspondraient aujourd'hui au centre du bourg, alors que les feux aujourd'hui partiront près des maisons nouvelles au contact avec la végétation. Inversement, une zone peut être exposée à un risque élevé alors qu'aucun feu n'a été recensé. (Dagorne et al, 1994)

7.2- Apport de la télédétection et des SIG

Ces deux outils, selon le degré de résolution pour le premier constitue un atout en matière d'élaboration et d'actualisation d'une cartographie en un temps record.

7.2.1- La télédétection satellitaire

La télédétection satellitaire permet d'acquérir des données globales et répétitives sur la surface terrestre et donc sur la végétation. Cette acquisition se fait dans un ensemble de bandes spectrales, qui seules (moyen infrarouge, infrarouge thermique, hyperfréquences) ou combinées (par exemple indices de végétation construits à partir des bandes visible et proche infrarouge) donnent des informations sur le contenu en eau de la végétation ou sur son stress hydrique. Son emploi est cependant actuellement limité, car les résultats encourageants obtenus doivent faire l'objet d'un effort de validation. De plus, il est difficile d'obtenir des données quotidiennes en raison des couvertures nuageuses fréquentes. Les recherches s'orientent aujourd'hui vers l'utilisation de données radar. Pour choisir le satellite à utiliser, il faut faire un compromis entre :

- La résolution au sol, c'est-à-dire la taille de la plus petite surface au sol qui peut être détectée par le satellite (pixel). Ex : 20m x 20m pour SPOT en multi spectral, 1km x 1km pour NOAA
- Le temps de retour, c'est-à-dire l'intervalle de temps entre 2 passages du satellite au-dessus du même point. Ex : tous les jours pour NOAA - Les canaux de longueur d'onde. C'est le canal Infra Rouge Thermique qui permet d'évaluer la température de surface de la végétation, et donc le stress hydrique.

7.2.2- Apport des SIG

Le SIG est un outil puissant qui permet non seulement de gérer des données géographiques ainsi que les données descriptives qui y sont attachées, mais aussi de réaliser leur analyse spatiale. Il permet d'identifier des relations spatiales entre cartes.

- Capacités et fonctions des SIG : le stockage de grandes quantités d'informations. La rapidité des calculs, les mises à jour facilitées, les calculs de nouvelles variables (distance à la route la plus proche, distance au point d'eau ...), la sélection et le croisement de données...) et l'intégration de données satellitaires.

De nombreuses méthodes de cartographie du risque utilisent les SIG comme outils de stockage, de gestion et de traitement de l'information géographique. La démarche suivie est généralement la suivante :

- Acquisition des données spatiales et attributaires.
- Gestion des données.
- Manipulation et analyse des données (croisements, indices de risque).
- Restitution cartographique des résultats issus des traitements.
- Les zones d'influence ou "zones tampon" : Certains logiciels de SIG offrent la possibilité de cartographier des zones d'influence ("buffer" en anglais) de part et d'autre des linéaires

tels que les routes, les voies ferrées ou les lignes électriques. Cela peut être utilisé pour définir et cartographier automatiquement des surfaces où le potentiel d'éclosion est plus élevé. La cartographie des surfaces qui bordent le réseau routier sur une profondeur de 50 m constitue une donnée capitale pour le plan de lutte. La superposition des cartes est une opération qui consiste à déterminer quels éléments géographiques existent au même endroit. Un croisement de plusieurs cartes vecteur aboutit à un nombre important de polygones de plus en plus petits. La nature des cartes raster autorise des croisements nombreux et rapides. Elle permet, par exemple de combiner plusieurs indices de risque intermédiaires à partir d'une formule mathématique.(Faleh et al, 2012)

7.2.3- Prévision de la propagation du feu

La simulation des feux de forêt, c'est-à-dire la prévision au cours du temps du développement du front de feu et du contour de la zone incendiée, ainsi que des caractéristiques du feu (puissance, longueur des flammes), a pour objectif d'améliorer les actions de prévision et de lutte :

- Utilisation pour certaines méthodes d'évaluation spatiale du risque.
- Implantation des équipements (pistes, coupures de combustible, points d'eau...).
- Formation des personnels.
- Mobilisation préventive.
- Aide aux responsables de la lutte, en temps réel, pour les choix stratégiques. L'évaluation de la surface à l'attaque et la prédiction de l'évolution du front de flamme sont des données importantes pour le déploiement des forces de lutte.

La prévision de la propagation du feu utilise des modèles locaux et des systèmes de prédiction.

L'objectif opérationnel des modèles de feu, c'est-à-dire l'utilisation en temps réel dans un cadre tactique, n'est pas encore atteinte. En effet, compte tenu de la complexité du phénomène feu de forêt, due aux interactions entre les différents facteurs du milieu naturel et entre le feu et ces facteurs, et compte tenu de la puissance actuelle des ordinateurs, les temps de calcul sont aujourd'hui beaucoup trop longs. La simulation est un outil d'aide à la prise de décision humaine. En aucun cas elle ne peut remplacer celle-ci .(Missoumi et al, 2002)

7.3- Importance de la délimitation des massifs à risque

La délimitation des massifs à risque est l'objectif principal recherché pour la mise en place d'un plan de prévention et de lutte ; elle a été réalisée en se basant sur les principes suivants :

- les secteurs d'aléa faible ou très faible peuvent être logiquement exclus de l'approche car le risque est très faible ou faible
- les secteurs d'aléa moyen correspondent à la limite entre « massifs à risque » et « massifs à risque faible » ; ils devront donc être inclus ou exclus selon le contexte, notamment les enjeux menacés,
- une première sélection « automatique » a été réalisée en regroupant les secteurs d'aléa moyen à très élevé appartenant à la même unité forestière (premier « lissage »),

- la sélection sera validée par un groupe de travail « expert », en fonction de la connaissance du terrain de ses membres,
- les limites définitives des « massifs à risque » seront établies après un second « lissage », en s'appuyant sur des limites communales, afin de faciliter la tâche ultérieure des gestionnaires et de tous ceux qui auront à mettre en application la réglementation.

8- Apport des Systèmes d'Information Géographiques dans la protection des forêts contre l'incendie

Chaque année, 35.000 à 40.000 ha du paysage méditerranéen sont réduits en cendres, ce qui correspond à plus de 3000 départs de feux par an, du fait d'un climat particulièrement favorable (longue sécheresse), elle est dans son ensemble peu productive, peu équipée et peu entretenue donc peu protégée (Lopez, 1996). Les incendies en forêts méditerranéennes sont des perturbations historiquement ancrées dans la dynamique naturelle des écosystèmes.

La forêt Algérienne couvre à peine 1 790 000 hectares soit, moins de 1%. En annexant toutes les autres formations forestières régressives et dont l'évolution semble incertaine, comme le maquis, la broussaille et les nappes alfatières, cela ne fait que 3 879 000 hectares qui ne représentent que près de 2%, néanmoins chaque année environ 48000 ha sont parcourus par les incendies.

Les principales causes de cette régression peuvent être résumées comme suit : l'accroissement démographique, l'exploitation abusive dans un but stratégique et économique, le pâturage intensif et les incendies. Les incendies de forêt perturbent toute étude, car ils détruisent des surfaces importantes et réduisent en cendres annuellement un volume considérable de matière ligneuse que le forestier n'a pu retirer de sa forêt à temps (Missoumi. et al, 2002).

L'incendie de forêts constitue le facteur de dégradation le plus redoutable de la forêt Algérienne. Il pèse lourdement sur l'environnement et l'économie locale. Les méthodes classiques généralement utilisées pour la prévention et la lutte contre les incendies demandent du temps au vu de la complexité et de la diversité des écosystèmes forestiers.

8.1- Fondements du SIG

L'évolution et la diffusion des SIG dans la science et l'aménagement du territoire est à mettre en lien avec les développements de la technologie informatique, de la conscience environnementale et des nouvelles approches scientifiques transdisciplinaires, intégratives. Depuis les années 70, et plus particulièrement depuis le sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992, a lieu une prise de conscience des problèmes environnementaux à toutes les échelles. Le développement des SIG est étroitement lié à celui de l'informatique (Mariel, 1995) distinguent trois périodes principales :

- Fin des années 1950 – milieu des années 1970 : début de l'informatique, premières applications de cartographie automatique,
- Milieu des années 1970 - début des années 1980 : diffusion des outils de cartographie automatique / SIG dans les organismes d'État (armée, cadastre, services topographiques, ...),

- Depuis les années quatre-vingts : croissance du marché des logiciels, développements des applications sur PC, mise en réseau (bases de données distribuées, applications sur Internet).

Un système d'information géographique (SIG) permet de gérer des données alphanumériques spatialement localisées. Ses usages couvrent les activités géométriques de traitement et diffusion de l'information géographique.

Le SIG, dans son acception courante, le terme fait référence aux outils logiciels. Cependant, le concept englobe l'ensemble constitué par les logiciels, les données, le matériel et les savoir-faire liés à l'utilisation de ces derniers. On peut aussi parler de système d'information à référence spatiale (SIRS) pour les données et leur structuration.

Le rôle du système d'information est de proposer une représentation plus ou moins réaliste de l'environnement spatial en se basant sur des primitives géographiques telles que des points, des arcs, des polygones (vecteurs) ou des maillages (raster). À ces primitives sont associées des informations qualitatives telles que la nature (route, voie ferrée, forêt...) ou toute autre information contextuelle.

8.1.1- Définitions et caractères

Le terme de « SIG » est lui-même soumis à fluctuation : Geographic Information System aux USA, Geographical Information System en Europe, Système d'Information à Référence Spatiale au Canada, Georelational Information System en terminologie technologique et Système d'Information Géographique en France. Une constante est, ceci dit, présente dans tous ces systèmes : Le SIG traite d'informations localisées et apporte une dimension géométrique aux SI classiques. C'est donc un système de gestion et d'aide à la décision (Gilliot, 2009). Selon la société française de photogrammétrie et de la télédétection (1989) il est définie comme étant un système informatique permettant d'analyser de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, de combiner, d'élaborer et de représenter des informations localisées géographiquement contribuant à la gestion de l'espace. Un SIG est par conséquent constitué d'une base de données mais, à la différence d'un fichier « classique », non repérable géographiquement, la base de données d'un SIG comporte une dimension spatiale et la possibilité de l'exploiter à l'aide d'un logiciel adapté.

8.1.2- Conception

La conception des SIG a été premièrement mise en œuvre par Dr Roger Tomlinson et son équipe en 1962, afin d'établir un système d'information géographique du Canada (CGIS), le premier SIG du monde (Trabaud, 1980). Dans les années 1970, une tentative d'application d'un tel système a été entreprise aux Etats-Unis. Depuis 1980, grâce au développement des techniques informatiques, les SIG ont évolué et ont été utilisés dans de nombreux domaines de recherches, tels que la cartographie, la gestion de territoire, la surveillance d'occupation des sols et l'analyse du changement de l'environnement (pollution, catastrophes naturelles, etc.), les analyses géologiques, agricoles et démographiques. Ainsi que Longley *et al.* (1999) l'ont précisé à propos des SIG, un nouveau domaine de l'innovation et de l'application technologique change très rapidement.

8.1.3- Fonctions

Les SIG nous permettent d'établir les liens complexes entre ou, plutôt, de relier dans l'espace de multiples types d'informations issues de sources variées, comme la géographie, la géologie, la géomorphologie, la pédologie, la phytogéographie, la météorologie, l'analyse d'utilisation du sol, etc.

Les informations sont organisées en couches de données qui peuvent être superposées, mises en interaction ou isolées (figure16). Les données peuvent être organisées en raster (cellule de grille) ou en vecteur (polygone, polyligne et point).

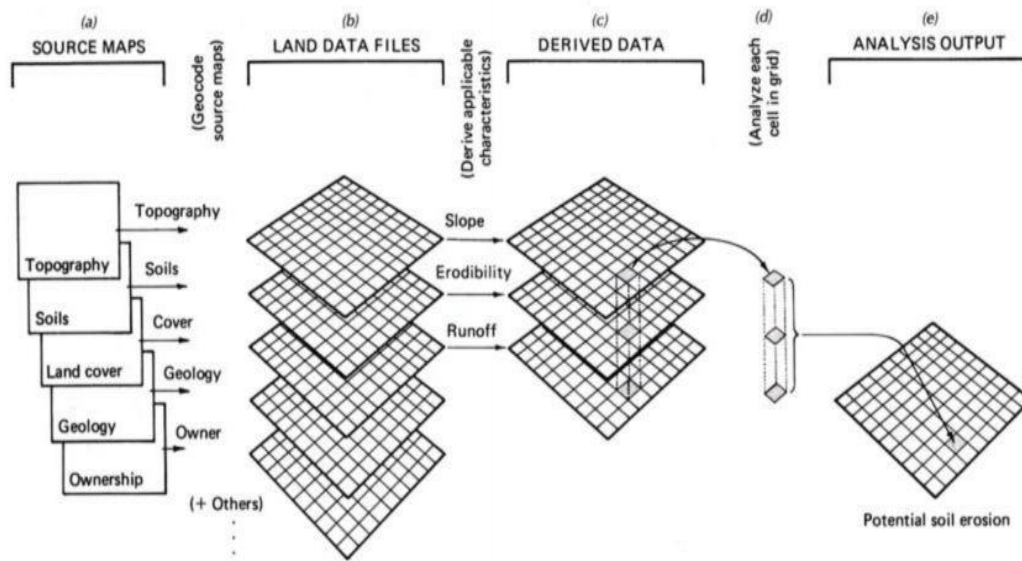


Figure 16 :Un exemple de SIG et des procédures d'analyse (Lillesand ,2000).

Le feed-back (retour d'information) de l'analyse peut être présenté sous forme de diagrammes, de tableaux et de statistiques synthétisant les données. C'est l'autre principe fondamental des SIG. Concrètement, les applications des SIG peuvent être :

- Organisations et gestion des données : Les données sont des observations ou des mesures brutes, et de leur traitement, sortent des informations utiles aux décideurs. Ces dernières présentent une information et une utilité importante durant la conception d'une base de données. D'après (Gilliot, 2000) ; un système d'information fonctionne grâce à l'interaction de trois composantes : un ensemble d'outils matériels et logiciels qui supportent l'information et qui doit faciliter son exploitation ; un ensemble d'administrateurs, d'opérateurs et d'utilisateurs qui agissent sur le système en définissant, vérifiant ou demandant de l'information et un ensemble de données dont les deux acteurs précédents doivent garantir la validité.
- Choix d'un système de projection et de l'échelle :
- Échelle : Actuellement, les SIG permettent de créer des documents à des échelles variables. A cet effet, il est important de noter que dans le cas de superpositions de

plusieurs documents cartographiques de différentes échelles, cas le plus général, alors il est fort recommandé que l'échelle de restitution soit l'échelle la plus petite. Car, si l'utilisateur n'est pas vigilant ou n'a pas consulté les informations (Méta- données) concernant les données de la base, il peut effectuer des traitements et restituer des documents avec une précision supérieure aux données de départ.

- Système de projection : Le choix d'un système de projection est l'une des étapes fondamentales dans une étude où l'analyse spatiale et la cartographie tiendront une place prédominante. Cependant, Les données physiques et socio-économiques doivent être correctement géo référencées dans un système de projection national (Projection Lambert sud Algérie, Projection Lambert sud VIU) ou international (Universal transverse Mercator UTM). Car les SIG exigent que ces données soient dans un même système de référence pour qu'elles puissent être assemblées et/ou superposées. Sous un SIG il n'est pas possible de faire superposer sur une image des fichiers vectoriels, si ces derniers ne sont pas référencés dans le même système de projection que celui de l'image. Ainsi, la difficulté et les contraintes concernant la comparaison de documents thématiques créés dans différents systèmes de projection, ont pu être levées grâce aux fonctionnalités que proposent les SIG pour passer d'un système de projection à un autre.

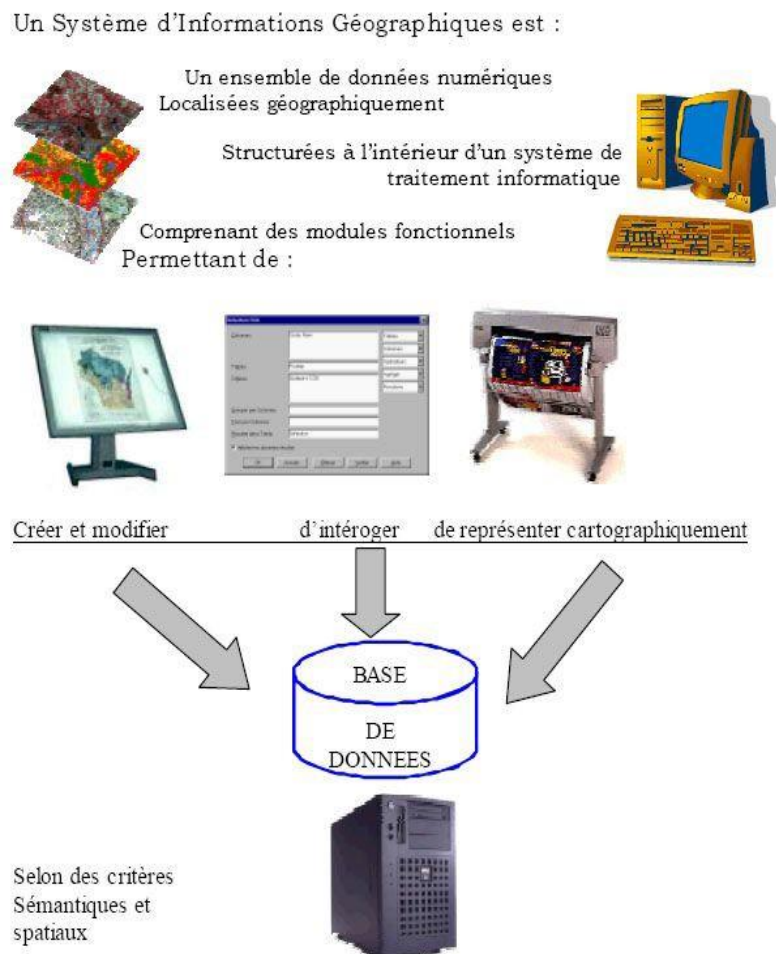


Figure 17: Schéma d'un SIG (Gilliot, 2000).

Toutefois, ces fonctionnalités doivent être manipulées avec une certaine rigueur, car un utilisateur non initié au domaine de la cartographie ne peut en aucun cas faire le bon choix sur les paramètres de projection (Datum, ellipsoïde de référence, etc.).

8.1.4-Analyse spatiale

L'analyse spatiale se compose de deux genres d'analyse : l'analyse de base et l'analyse avancée. L'analyse de base inclut la logique, l'arithmétique, les opérations statistiques, la classification, la création de zones d'amortisseur (*buffer*) pour les caractéristiques des intra couches et l'analyse en superposition (*overlay*) pour les caractéristiques des inter couches, ce qui nous permet de manipuler, de calculer les dispositifs spatiaux pertinents dans ou entre les couches thématiques. La zone-tampon définissant la proximité spatiale est créée grâce à la fonction de création d'amortisseur (*buffer*) autour du dispositif intéressé. L'analyse de couches en superposition peut être exécutée pour des données de vecteur et de raster (cellule de grille). L'analyse avancée ou modélisation spatiale, vise à résoudre des problèmes d'ordre spatial, par exemple déterminer géologiquement les endroits d'éboulement potentiel ou les sections d'érosion de sol ou le choix du meilleur emplacement pour une nouvelle école ou une usine. Exécuter la modélisation spatiale sur un sujet intéressant en s'appuyant sur une base de données disponible est l'une des fonctionnalités les plus utiles des SIG.

8.1.5 - Stockage et gestion des données

Un stockage et une gestion efficaces sont les fonctions premières des SIG. L'échelle des SIG peut s'étendre d'un niveau local, régional jusqu'à un niveau global et leurs contextes de gestion varient de l'environnement à la sociologie et de l'administration civile à l'économie. Ainsi que nous l'avons démontré plus haut, n'importe quel type de sources de données pertinentes telles que les cartes géologiques et géographiques, l'information d'utilisation du sol, les images spatiales, les données démographiques, socio- économiques, etc., peuvent être intégrées dans les SIG pour le stockage, la gestion ou d'autres analyses.

8.1.6-La base de données géographique

Les bases de données ont aujourd'hui pris une place essentielle dans les systèmes informatiques, tant du point de vue pratique que théorique. Ainsi, la plupart des systèmes, y compris les micros-systèmes d'informatique individuelle, offrent aujourd'hui un système de création de base de données (S.G.B.D). Une base de données peut être définie comme étant un ensemble structuré, exhaustif, et non redondant de données enregistrées sur des supports accessibles par ordinateur pour satisfaire simultanément plusieurs utilisateurs de façon sélective et en temps opportun (Aspinall, 1992) ; ou bien comme une collection informatique de données opérationnelles stockées qui servent les besoins de multiples utilisateurs dans un ou plusieurs organismes.

Plus simplement, une base de données est tout ensemble de connaissances classées sous forme de fichiers et consultables à partir de critères précis. Elle est une ressource intégrée pouvant être exploitée par tous ceux qui ont besoin de l'information qui s'y trouve.

Les différentes applications ont conduit à une très grande quantité de données. Historiquement, chaque nouvelle application engendrait ses propres fichiers et ses propres programmes. Un programme d'application était écrit pour accéder à plusieurs fichiers particuliers, chacun utilisant son propre format. La création d'une base de données va à l'encontre de cette façon de faire : cette dernière n'est pas orientée vers un seul programme comme l'étaient les fichiers particuliers. De plus, les progrès technologiques permettent de stocker des masses de données de plus en plus importantes, et les utilisateurs ont besoin d'une connaissance de plus en plus fine de leur activité.

La conception d'une telle base de données à référence spatiale pour l'étude du phénomène de l'érosion éolienne s'avère très importante pour gérer une masse colossale de données multi sources et multi-temporelles. Ce type de base de données présente les avantages suivants:

- Meilleure communication entre les différents utilisateurs potentiels ;
- Meilleure cohérence entre l'ensemble des données de la base ;
- Pérennité des données garantie ;
- Mise à jour des données.

8.1.7-Modélisation des données géographiques.

La modélisation des données est une étape fondamentale indispensable à toute tentative de gestion globale des ressources. Elle constitue le fondement du développement d'une base de données (BD) dont la vocation s'oriente vers l'exploitation, l'appréhension du problème, la gestion et la préservation de systèmes, qu'ils s'agissent de systèmes dits naturels ou humains tels qu'une entreprise, un milieu physique (Lambin, 1997). La modélisation permet de clarifier un environnement réel souvent complexe et confus en identifiant et en représentant les objets d'intérêt, tout en supprimant les détails inutiles.

8.1.8-- Application des SIG a la recherche environnementale

Selon Benoit de Coignac (1996), et Sur la base des fonctions présentées ci-dessus, les SIG ont été largement appliqués aux aspects suivants de la recherche pour l'environnement : Gestion, suivi et planification de l'environnement (Nicoullaud et al., 1992, Benhanifia, 2003) ; Cartographie (Vidal et Hubschman., 1992) ; Analyse et modélisation spatiales (Courel, 1985; Courel, 1988 ; Dubois et al., 1997 ; Haddouche, 2002) ; Evaluation du risque naturel (Brouchier, 1998 ; Wu et al., 2003).

Cependant, une grande partie de l'utilité des SIG réside dans leur efficacité pour la gestion et la mise en œuvre des données spatiales (Aspinall, 1992). La réflexion spatiale a pris peu de place dans la recherche écologique qui s'est plutôt orientée vers la compréhension des processus que vers l'analyse de mode. L'utilisation d'une analyse statistique spatiale avancée, intégrant d'une manière synthétique divers genres d'information spatiale, et permettant de traiter de nombreuses données spatiales à l'échelle régionale voire globale, pourrait être fort utile.

L'objectif final de l'application des SIG est de participer à la prise de décision des dirigeants, en s'appuyant sur une analyse synthétique. Par conséquent en intégrant la télédétection et les

données géographiques, les SIG constituent un outil puissant pour surveiller et modéliser l'environnement aride.

- Choix du logiciel :

Le logiciel Map Info offre la possibilité de travailler très facilement sur des entités vectoriels et rasters.

Il fournit une variété de fonctionnalités de visualisation et d'édition incluant parmi les :

- Ouvertures multiples de tables ;
- Gestion de l'affichage et de l'étiquetage des couches ;
- Création et modification d'analyses thématiques ;
- Manipulation des vues ;
- Recherche d'informations associées à une couche ;
- Gestion des unités et des projections ;

- Fonctionnalités du logiciel MAPINFO version 8.0 française :

Map Info Version 8.0 offre la possibilité de travailler très facilement sur des entités vectoriels et rasters. Il travail, comme toutes les versions, avec des couches et chaque couche contient les fichiers *.TAB, *.MAP, *.ID, *.DAT et *.IND. Pour ouvrir une couche, on sélectionne une table *.TAB. Pour travailler avec plusieurs couches, on doit ouvrir plusieurs tables et on peut ainsi combiner plusieurs couches différentes.

Après l'ouverture des couches, le style de représentation est standard. Pour différencier la représentation des couches, on choisit la couche, puis dans le menu contrôle des couches, on charge le style. On peut définir la couleur, la ligne et l'épaisseur. En plus, on a la possibilité d'ajouter des étiquettes aux noms d'objets. Après la fermeture des tables, toutes les informations de représentation sont perdues. Pour enregistrer ces informations, on doit enregistrer le document en *.WOR, ainsi le document contient les tables enregistrées et la représentation graphique définie.

Avec l'analyse thématique, on peut réaliser différentes représentations graphiques, par couleur, par tailles...etc.

8.1.9- Application à la zone d'étude

Afin de répondre aux objectifs tracés, une méthodologie bien précise (figure n°) qui permet vers la fin à l'étude de la détection des changements de l'occupation du sol après la réalisation de deux cartes d'occupation du sol de 1987 et 2011 qui nécessite une sélection d'images multi spectrales et multidates, une correction géométrique, radiométrique et même atmosphérique des images TM et ETM+.

Pour la réalisation et la conception de la carte des risques il a été fait appel à une forêt de faible superficie pour tester l'approche en utilisant des images satellites de 2015 au printemps afin de mieux cerner la végétation.

8.2- Elaboration de la carte des risques

L'objectif de ce travail est l'utilisation des SIG et de la télédétection pour l'application d'une méthode mise au point par (Dagorne Y. Duche et al, 1994) afin d'élaborer une carte de risque d'incendie de la formation forestière de Touazizine et située au nord de la commune de Telagh dans la commune de Touazizine . Cette forêt est assez représentative de l'ensemble des forêts du massif de Télagh notamment en matière d'aléas et de risque incendie. Sa proximité d'une agglomération et de terrains agricoles ainsi que de diverses activités humaines permet d'élaborer une carte des risques.

9-Présentation de la zone d étude :

9.1- Caractéristiques écologiques du massif de Telagh :

La zone d étude se situe au sud de la wilaya de Sidi Bel Abbès, l'altitude varie entre 600 et 1100 m ou domine les formations forestières. Le massif forestier de Telagh s'étend sur les monts de Dhaya et occupe 15% du territoire de la wilaya, soit 138 610 ha . Ils appartiennent à l'Atlas Tellien tabulaire avec des formations crétacées carbonatées caractéristiques du paysage de la zone. La région est marquée par une grande fluctuation interannuelle des précipitations qui se justifie par le rapport précipitations annuelles maximales et minimales des plus élevées (442mm/236mm). Le régime pluviométrique est du type HAPE. Les dernières décennies ont connu une diminution notable de la pluviosité annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante. (Borsali&al,2014)

9.2-Constitution du massif forestier :

Les principales forêts domaniales de la zone d étude représentent 87% de la superficie forestière totale de la wilaya et occupent une superficie de près de 124000 ha ou domine le pin d'Alep à 67000ha, le chêne vert à 12000ha, le thuya à 6000ha et les formations basses (matorrals et garrigue) à 35000ha. Les écosystèmes forestiers des monts de Dhaya appartiennent à la zone méditerranéenne et sont représentés par les types de végétation décrits par plusieurs auteurs dont (Kadid,1986) et Benabdeli, 1996 en ce qui concerne le Maghreb, plus spécialement :

- Le maquis thermophile à oléastre (*Olea europea var. oleaster*) et Pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*).
- Les forêts de conifères thermophile de pin d'Alep (*Pinus alepensis*), Thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata*) et Genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*).
- Les forêts sclérophylles de chênes à feuilles persistantes : Chênevert (*Quercus rotundifolia*).

9.2.1- Caractéristiques de la forêt de Touazizine

La forêt domaniale de Touazizine est délimitée par la latitude 38°40' et 38°55' et la longitude 0°37'W et 0°47'W, l'altitude oscille entre 750 et 1020m, le climat est du type semi-aride supérieur et le régime pluviométrique est de type HAPE avec une période sèche moyenne de 186 jours et un quotient pluviométrique d'Emberger de 33.6. L'exploitation des statistiques de la conservation des forêts ont permis de retenir l'année 2005 comme point de départ de l'évaluation du comportement des groupements forestiers puisque la zone a enregistré 1840 ha de végétation incendiée et les années 2010 et 2015 soit 5 et 10 ans après incendie, ces derniers

ont touché la forêt domaniale de Touazizine qui est composé de trois groupements végétaux : le Quercetum illicis , Pinetum halepensis, le Tetraclinum. Ces groupements ont également été identifiés par Alcaraz(1982), Kadi(1983), Latreche,1995 et Benabdeli(1996).

9.2.1.1-Groupement du pin d'Alep pur

Ce groupement occupe plus de 70% des forêts de la région et constitue un écosystème adapté aux conditions climatiques marquées par l'aridité. Il subit une forte pression anthropique (coupe, parcours et incendies) et reste soumis en permanence au risque d'incendie . son évolution régressive avec une nette dominance des formations basses dès qu'il est incendié comme le montre les observations suivantes

Tableau 6: Relevés phytocéologiques moyens du Pinetumhalepensis avant et après incendie

| Numéro des relevés | Référence | 2010 | 2015 |
|----------------------------|-----------|------|------|
| Strate arborescente | | | |
| Pinus halepensis | 3.3 | 1.1 | 1.1 |
| Strate arbustive | | | |
| Quercus rotondifolia | 2.1 | 2.2 | 3.2 |
| Pistacia lentiscus | 1.1 | 1.1 | 2.2 |
| Strate buissonnante | | | |
| Pinus halepensis | + | 2.2 | 3.2 |
| Quercus rotondifolia | + | 1.1 | 2.1 |
| Calycotom villosa | + | 2.1 | 2.1 |
| Quercus coccifera | 2.1 | 1.1 | 1.1 |
| Pistacia lentiscus | 1.1 | 2.2 | 2.2 |
| Phillyrea angustifolia | 1.1 | 2.1 | 2.1 |
| Stipa tenacissima | 2.1 | 1.1 | 1.1 |
| Genista quadriflora | 2.1 | 1.1 | 2.1 |
| Cistus villosus | 1.1 | 2.2 | 3.2 |
| Chamerops humilis | 1.2 | + | 1.1 |
| Nombre d'espèces | 11 | | |

9.2.1.2-Groupement de pin d'Alep et thuya

C'est un groupement localisé dans le versant sud, le thuya est faiblement représenté et forme très rarement des peuplements.

Tableau 7 : Relevés phytocéologique du Pinetum halepensis avec Tetraclinis articulata avant et après incendie.

| Numéro des relevés | Référence | 2010 | 2015 |
|----------------------------|-----------|------|------|
| Strate arborescente | | | |
| Pinus halepensis | 3.2 | + | + |
| Tetraclinis articulata | + | 1.1 | 2.1 |

| | | | |
|-------------------------------|-----|-----|-----|
| Strate arbustive | | | |
| <i>Tetraclinis articulata</i> | 2.1 | 1.1 | 2.2 |
| <i>Juniperus oxycedrus</i> | 2.1 | + | 1.1 |
| <i>Pistacia lentiscus</i> | 1.1 | 1.1 | 2.2 |
| <i>Phillyrea angustifolia</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| Strate buissonnante | | | |
| <i>Pinus halepensis</i> | + | 1.1 | 2.1 |
| <i>Tetraclinis articulata</i> | + | 1.1 | 2.1 |
| <i>Juniperus oxycedrus</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| <i>Pistacia lentiscus</i> | + | 1.1 | 2.1 |
| <i>Phillyrea angustifolia</i> | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| <i>Ampelodes maura</i> | + | + | 1.1 |
| <i>Stipa tenacissima</i> | 1.1 | + | + |
| <i>Calycotomesp</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| <i>Genista quadriflora</i> | 3.3 | 1.1 | 2.1 |
| <i>Cistus villosus</i> | + | 1.1 | 2.1 |
| <i>Chamerops humilis</i> | 2.2 | + | 1.1 |
| Nombre d especes | 12 | | |

9.2.1.3-Groupement du *Pinus halepensis* et *Quercus rotundifolia*

Le pin d'Alep et le chêne vert constituent un groupement intéressant écologiquement en étage semi-aride en matière de taux de recouvrement du sol.

Tableau8 : relevés phytocéologiques moyens du Pinetum halepensis avec *Quercus rotundifolia* avant et après incendie.

| Numéro des relevés | Référence | 2010 | 2015 |
|-------------------------------|-----------|------|------|
| Strate arborescente | | | |
| <i>Pinus halepensis</i> | 2.1 | . | . |
| <i>Quercus rotundifolia</i> | + | . | . |
| <i>Juniperus phoenicea</i> | 1.1 | + | + |
| Strate arbustive | | | |
| <i>Juniperu soxycedrus</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| <i>Quercus rotundifolia</i> | 2.1 | 2.1 | 3.1 |
| <i>Pinus halepensis</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| <i>Quercus coccifera</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| <i>Pistacia lentiscus</i> | 1.1 | 2.1 | 2.2 |
| Strate buissonnante | | | |
| <i>Genista cinerea</i> | + | 1.1 | 1.1 |
| <i>Phillyrea angustifolia</i> | + | + | 1.1 |
| <i>Stipa tenacissima</i> | 2.2 | + | + |

| | | | |
|----------------------------|-----|-----|-----|
| <i>Genista quadriflora</i> | + | . | |
| <i>Cistus villosus</i> | 1.1 | 2.2 | 3.2 |
| <i>Chamaerops humilis</i> | + | + | + |
| Nombre d especes | 12 | | |

10- Cartographie de l'occupation du sol

L'occupation du sol de la formation forêt de Touazizine reste dominée par une végétation ligneuse basse occupant plus de 75%.

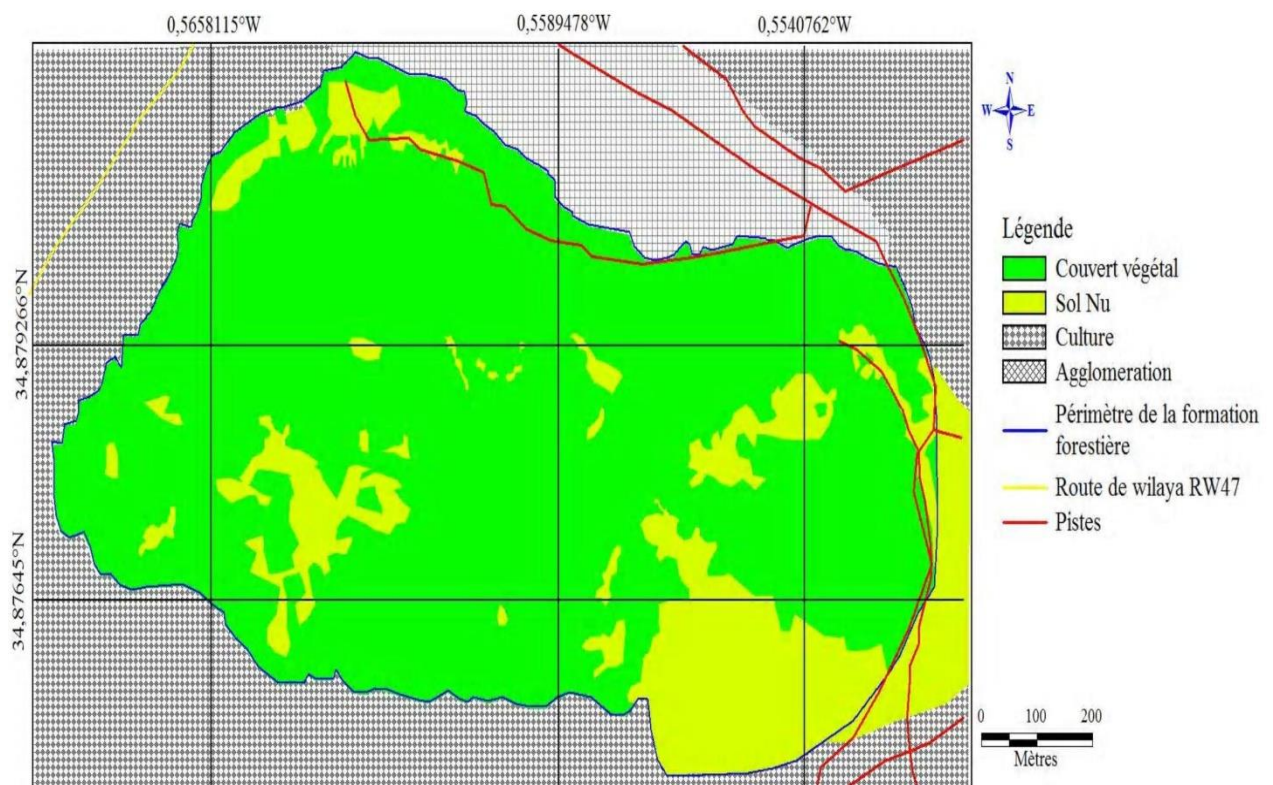


Figure 18 : Carte d'occupation du sol

En l'espace d'un siècle (1915 et 2015), sous l'effet du défrichage des terrains plat occupés par une vieille futaie claire au profit de l'agriculture ;. Actuellement les formations dominantes de la forêt de Touazizine sont le matorral moyen arboré sur 20% (26 ha), le matorral clair sur 55% (72 ha) et une garrigue sur 10% (14 ha) et des enclaves 15% (18 ha). C'est une formation végétale ouverte facilement pénétrable et prédisposée au départ des incendies de par la structure verticale et la composition où dominent les espèces facilement inflammables comme les pins, les cistes et la strate herbacée sèche dès le mois de mai.

L'ensemble floristique caractérisant la végétation forestière est dominé par les formations de forêts dense sèche et forêts claire qui occupent plus de 70%, et de sol nu et entourer entièrement par l'agriculture et au nord par une intense agglomération dont le bâti représente plus de 20 ha.

La carte de l'occupation du sol met en relief l'impact des formations résineuses augmentant les risques de déclenchement des incendies.

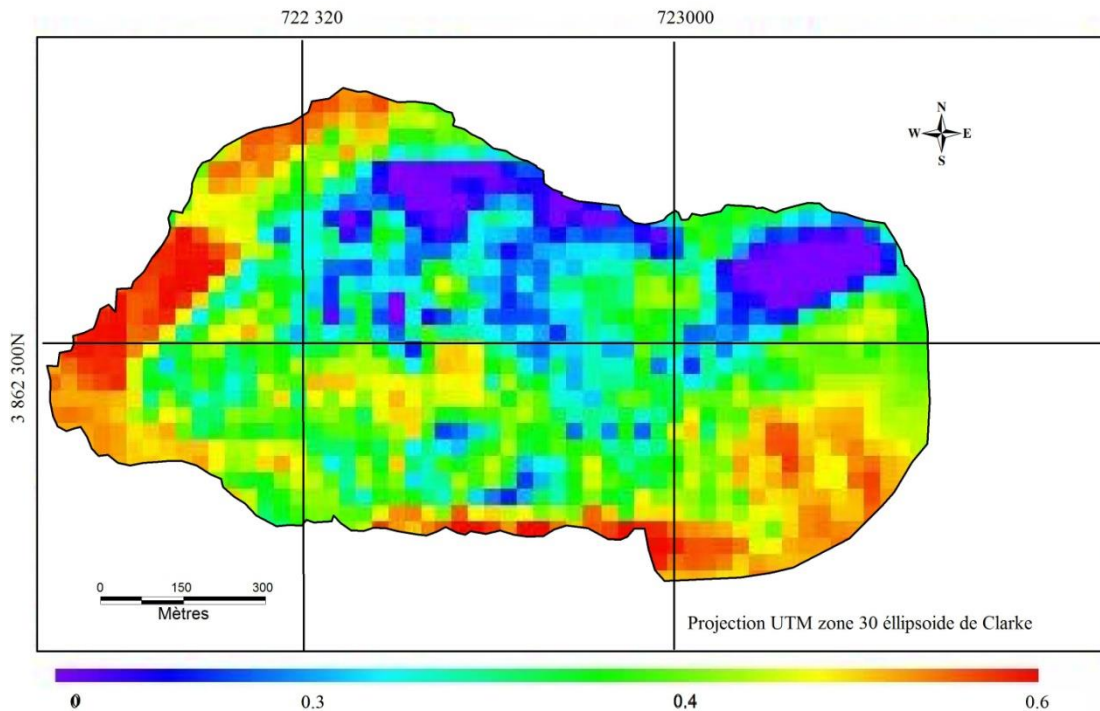


Figure 19 : Indice de végétation normalisé (NDVI) de la formation forestière

La mesure du NDVI est effectuée dans les canaux du visible (le rouge) et le proche-infrarouge, permettant de calculer NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) par équation suivant :

$$\text{NDVI} = \frac{\text{PIR} - \text{R}}{\text{PIR} + \text{R}}$$

Les caractéristiques d'un peuplement pouvant avoir un effet sur sa sensibilité au feu se sont; la structure (existence de discontinuités verticales ou horizontales), la densité du couvert végétal et la composition en essences.

L'indice de végétation est calculé pour l'obtention de la carte du biovolume qui représente le croisement entre la carte d'occupation du sol et l'indice de végétation.

La probabilité qu'un feu parte et se propage dans un peuplement forestier n'est jamais nulle. Cependant, les caractéristiques de la végétation et du climat peuvent créer des conditions favorables au développement des incendies.

L'intensité, la fréquence et l'importance de l'incendie sont en rapport avec le milieu physique et végétal qui se caractérise par les facteurs climatiques déterminants, la structure et la composition de la végétation. La naissance et la propagation des incendies sont dépendante de la présence et de la réunion des différentes conditions naturelles et des causes d'origine souvent humaines (Zaoui, 2013).

10.1- Approche méthodologique

L'établissement de la carte de risque d'incendie de la formation forestière fait appel à l'application d'un modèle mis en place par (Dagorne Y. Duche et al, 1994) et testés sur les massifs forestiers de la région méditerranéenne. Les mêmes auteurs ont mis au point un système plus synthétique d'évaluation des risques d'incendie, il est adapté au type de risque en Algérie.

Ce modèle fait intervenir les trois principaux facteurs pour l'évaluation du risque de feu de forêt à savoir: la topo-morphologie, le combustible et l'Homme qui constitue en même temps un facteur mais aussi l'enjeu présentant une certaine vulnérabilité. Le modèle repose sur la formule suivante:

$$IR = 5.IC + 2.IH + IM$$

IR: Indice de risque de feu de forêt

IC: Indice de combustibilité (facteur lié au combustible)

IH: Indice d'occupation humaine (facteur lié à l'activité humaine)

IM: Indice topo-morphologique (facteur lié à la topo-morphologie du terrain)

La caractérisation de cet indice est basée sur la variabilité spatiale du risque d'incendie dont la détermination est issue des paramètres physiques et humains intervenant dans le modèle choisi (Faleh, et al, 2012).

- **L'Indice de Combustibilité (IC)**

$$IC = 39 + 0,23 BV (E1 + E2 - 7,18)$$

BV: représente le biovolume de la formation végétale.

E1: représente les notes de combustibilité pour les ligneux hauts les plus dominantes.

E2: représente les notes de combustibilité pour les ligneux bas ou les herbacées les plus dominantes.

La végétation est caractérisée par sa combustibilité qui représente son aptitude à propager le feu en se consumant. Elle traduit donc sa façon de se consumer, en libérant des quantités de chaleur plus ou moins importantes. La combustibilité dépend de la structure et des espèces dominantes de la forêt. Elle est corrélée à la quantité de biomasse combustible (BV) lié à la structure du combustible et sa composition.

Pour évaluer l'indice IC nous utilisons une méthode proposée par (Mariel, 1995) pour estimer la gravité potentielle d'un feu démarrant dans un peuplement forestier déterminé. Cette méthode a consisté en la mise au point d'un modèle, empirique, basé sur l'expérience des sapeurs-pompier pour pondérer les termes d'une expression mathématique dont les paramètres proviennent d'une description normalisée de la végétation.

- **L'indice topo-morphologique (IM)**

Trois paramètres topographiques interviennent dans le modèle: la pente, l'exposition et l'altitude. Tous ces paramètres sont déduits à partir du modèle numérique de terrain (M.N.T) de la région. Cet indice est exprimé par la relation suivante:

$$IM = 3p + (m \cdot e)$$

p: la pente

m: la topo-morphologie

e: l'exposition

- **L'indice d'occupation humaine (IH)**

La présence de la population et de ses habitations près des forêts constituent l'enjeu dont l'importance détermine le degré de vulnérabilité du milieu. Il s'agit de la protection des vies humaines et des installations. Ainsi le paramètre anthropique est le principal terme dans le modèle de l'indice de l'activité humaine.

Cet indice dépend de l'occupation humaine de l'espace et de son activité. Pour décortiquer la composante activité humaine, nous avons proposé une démarche faisant intervenir deux aspects : source de départ de feu et enjeux.

- Le premier paramètre (IV) est basé sur l'impact anthropique sur le proche voisinage forestier sur une profondeur de 100 m. Nous supposons que l'être humain exerce une pression sur son proche voisinage forestier.

- Le deuxième paramètre (ID) tient compte les infrastructures routières (routes, pistes, sentiers). Cependant les éclosions d'incendie sont beaucoup plus fréquentes près des routes et des chemins de parcours des forêts. L'indice d'occupation humaine sera, alors, exprimé par la combinaison linéaire des deux indices soit:

$$IH = IV + 2ID$$

IV: indice de voisinage

ID: indice de présence humaine

10.2- Résultats utilisables

La maîtrise des différents indice calculés sur la forêt de Touazizine qui de par sa composition floristique, sa structure et sa localisation géographique, permet de les généraliser sur l'ensemble du massif forestier de Telagh quand les conditions sont assez proches.

10.3 Modèle de l'indice de combustibilité (IC)

Les principaux critères qui interviennent dans l'apparition d'un feu dans un espace végétal, sont la structure spatiale du combustible (recouvrement horizontal et stratification verticale) et la nature des espèces dominantes. Les espèces dominantes qui caractérisent les formations en raison de leur importance constitutive influent sur l'inflammabilité et la combustibilité des peuplements intrinsèques (Trabaud, 1983).

- **Cartographie du biovolume (BV)**

BV est calculé à partir du biovolume combustible par addition des pourcentages de recouvrement de chacune des strates biologiques à partir des relevés terrains.

E représente la combustibilité moyenne de chaque type de peuplement. Elle est égale à la somme de la note de combustibilité de l'essence prédominant et la moyenne des notes de combustibilité des espèces abondantes .

Il est important de noter, d'une part, que ce potentiel calorifique n'est qu'un risque « biologique » indépendant de toute action humaine, négative (mise à feu) ou positive (lutte) et, d'autre part, que la combustibilité d'une formation de végétation apparaît ici clairement comme dépendant avant tout des espèces qui la composent. Le biovolume intervient de façon différente suivant la valeur de E (relevé). Si cette valeur est inférieure à 7.18 (espèces peu combustibles ou à pouvoir calorifique par unité de biovolume faible), l'indice reste inférieur à 40. Dans le cas contraire, il sera d'autant plus élevé que le biovolume sera important (Belhadj-Aissa. et al, 2003).

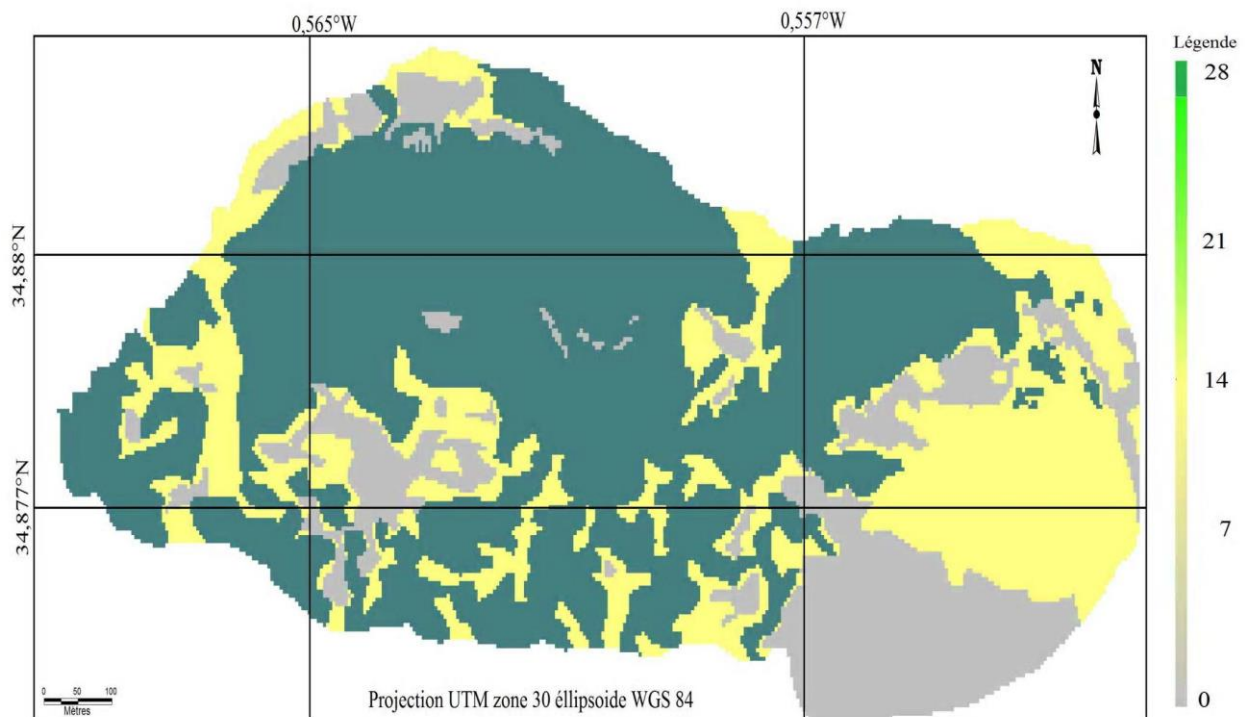


Figure20 : Carte du biovolume de la formation forestière

Dans le tableau des notes de combustibilité des principales espèces dominantes de la végétation méditerranéenne, établi par le *Cemagref*, ne figure pas une espèce algérienne qu'on retrouve dans la forêt étudiée. Il s'agit en l'occurrence du thuya, dont nous avons assimilé la note de combustibilité à celle du genévrier (Missoumi. et al, 2002).

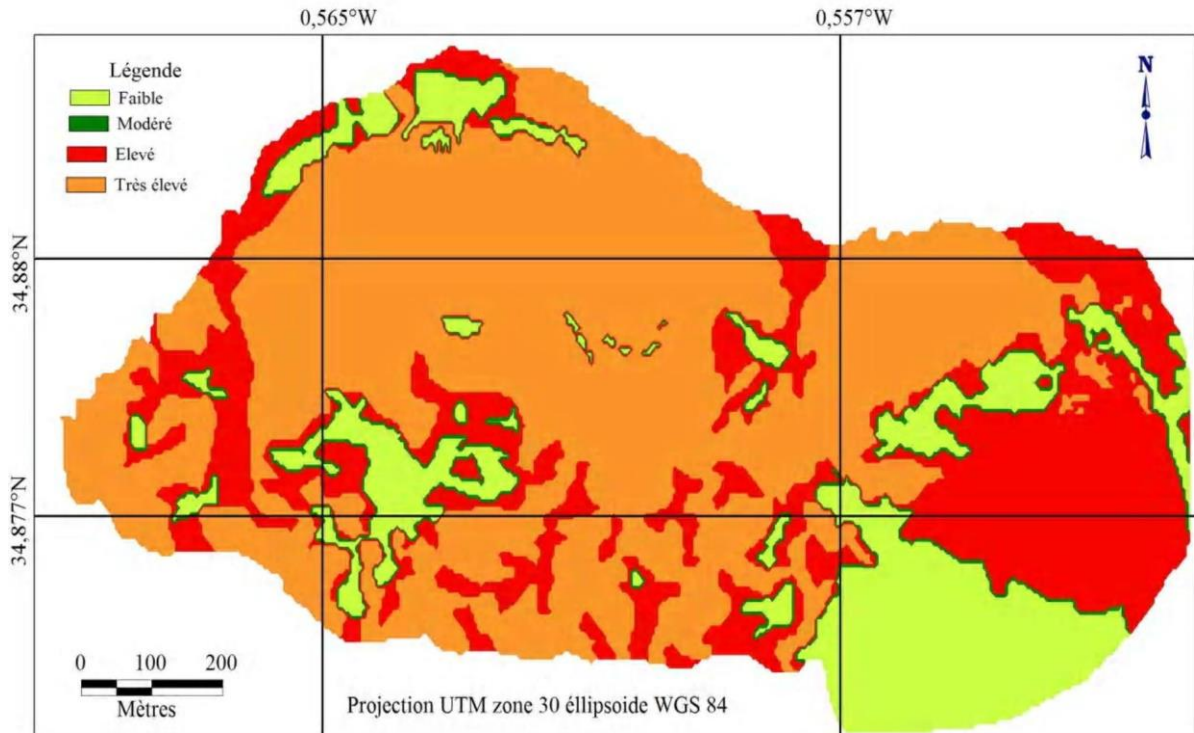


Figure21 : Indice de combustibilité (IC)

Tableau 9. Tableau Indice de combustibilité

| Classe de l'IC | Code | Note de risque | Superficie en ha | Pourcentage |
|----------------|------|----------------|------------------|-------------|
| IC<40 | 1 | Faible | 14,5 | 15,76 |
| 40≤ IC<50 | 2 | Modéré | 3 | 3,26 |
| 50≤ IC<60 | 3 | Elevé | 24,5 | 26,63 |
| IC≥60 | 4 | Très élevé | 50 | 54,35 |

10.4- L'indice topo-morphologique (IM)

C'est un paramètre important à prendre en considération puisqu'il influe sur la rapidité d'intervention, sur les moyens à mobiliser et sur le développement de l'incendie.

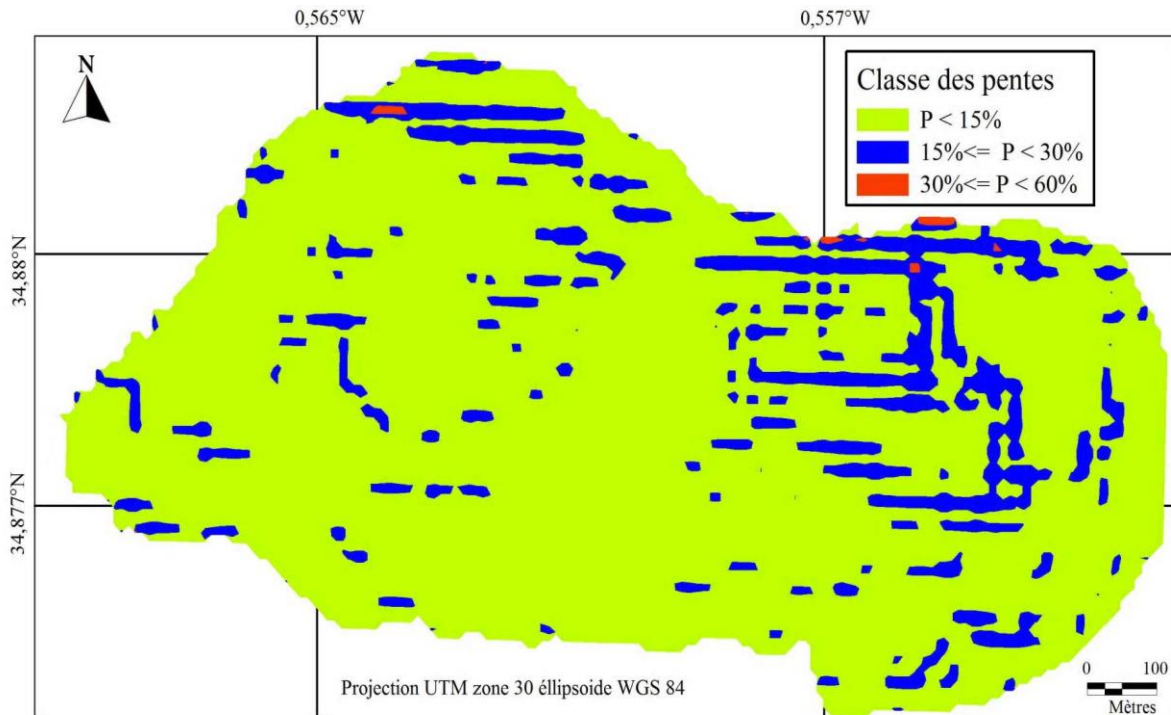


Figure 22 : Classe des pentes

Tableau 10 : Classe des pentes

| Classe des pentes | Code | Superficie en ha | Pourcentage |
|----------------------|------|------------------|-------------|
| $P < 15\%$ | 1 | 80 | 86.96 |
| $15\% \leq P < 30\%$ | 2 | 11.75 | 12.77 |
| $30\% \leq P < 60\%$ | 3 | 0.25 | 0.27 |
| $P \geq 60\%$ | 4 | 0 | 0 |

10.5- L exposition :

L'exposition joue également un rôle appréciable dans la gestion du risque incendie dans son volet prévention. L'exposition sud et sud-est constitue des paramètres entravant la propagation des incendies ou du moins les retardant.

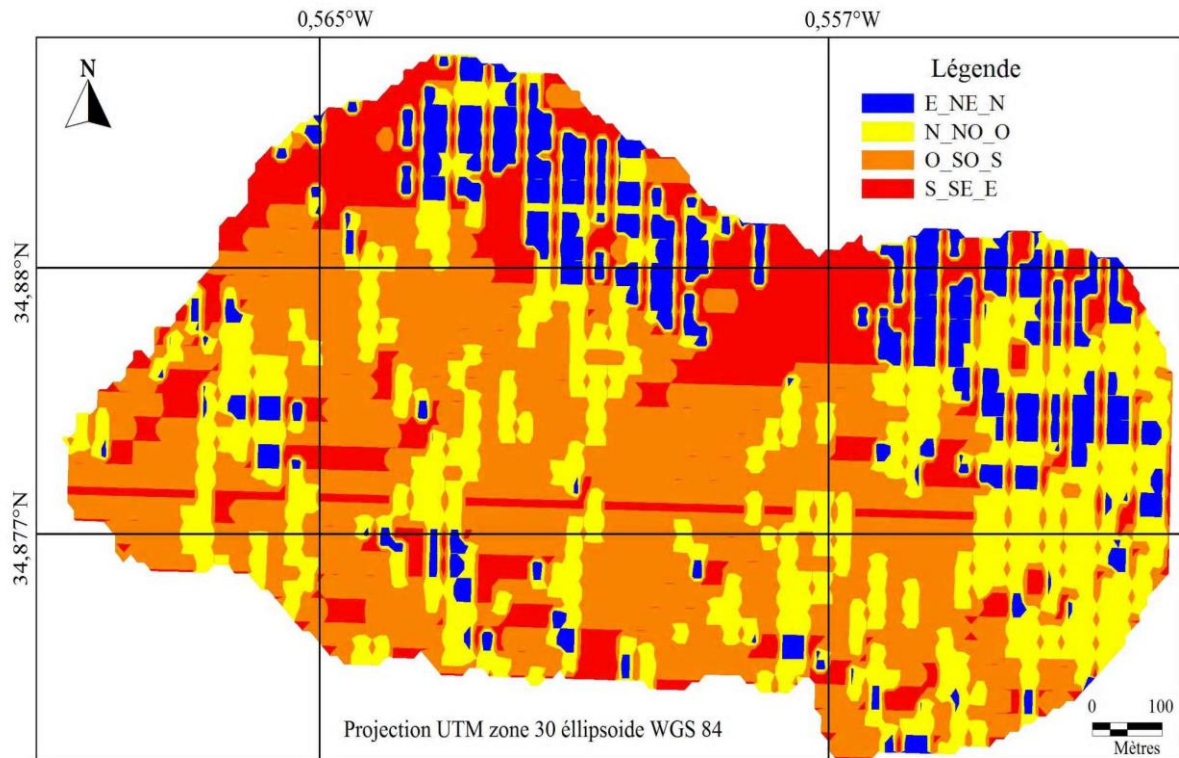


Figure 23 :Classe des expositions

Tableau11 : Classe des expositions

| Orientation | Code | Superficie en hectare | Pourcentage (%) |
|-------------|------|-----------------------|-----------------|
| S_SE_E | 3 | 15.35 | 16.68 |
| O_SO_S | 2 | 41.15 | 44.73 |
| N_NO_O | 1 | 26.33 | 28.62 |
| E_NE_N | 0 | 9.17 | 9.97 |

10.6-Topomorphologie :

La topo-morphologie est un autre paramètre agissant dans l'élaboration d'une carte des risques. Dans la forêt de Touazizine ce paramètre ne semble pas significatif puisque c'est une zone assez plate. Cependant il y a présence de pente supérieure à 12.5% ce qui permet d'en prendre acte lors de la généralisation de ce modèle.

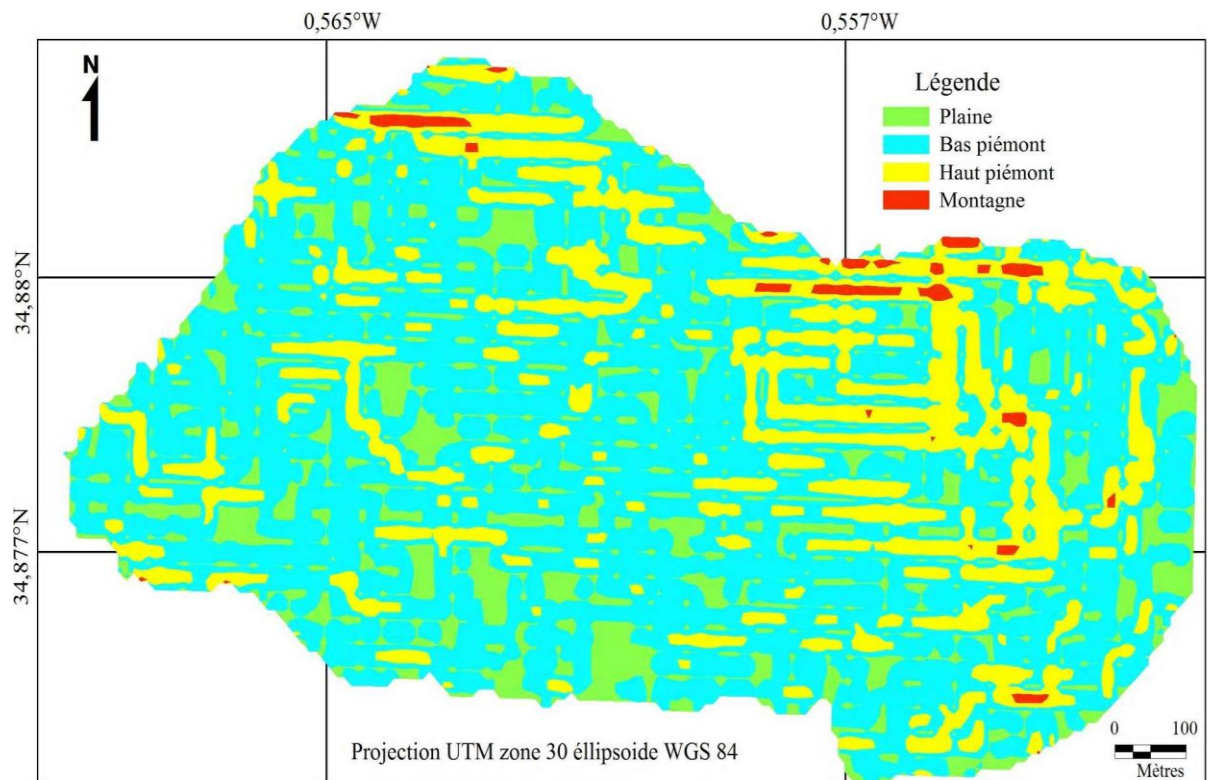


Figure 24 : Carte Topo-morphologique

Tableau 12: Topo-morphologie

| Classes de pentes | Topographie | Code | Superficie en ha | Pourcentage |
|-------------------------|--------------|------|------------------|-------------|
| $P < 3\%$ | Plaine | 1 | 13.7 | 14.9 |
| $3\% \leq P < 12,5\%$ | Bas piémont | 2 | 58.1 | 63.15 |
| $12,5\% \leq P \leq 25$ | Haut piémont | 3 | 19.25 | 20.92 |
| $P > 25\%$ | Montagne | 4 | 0.95 | 1.03 |

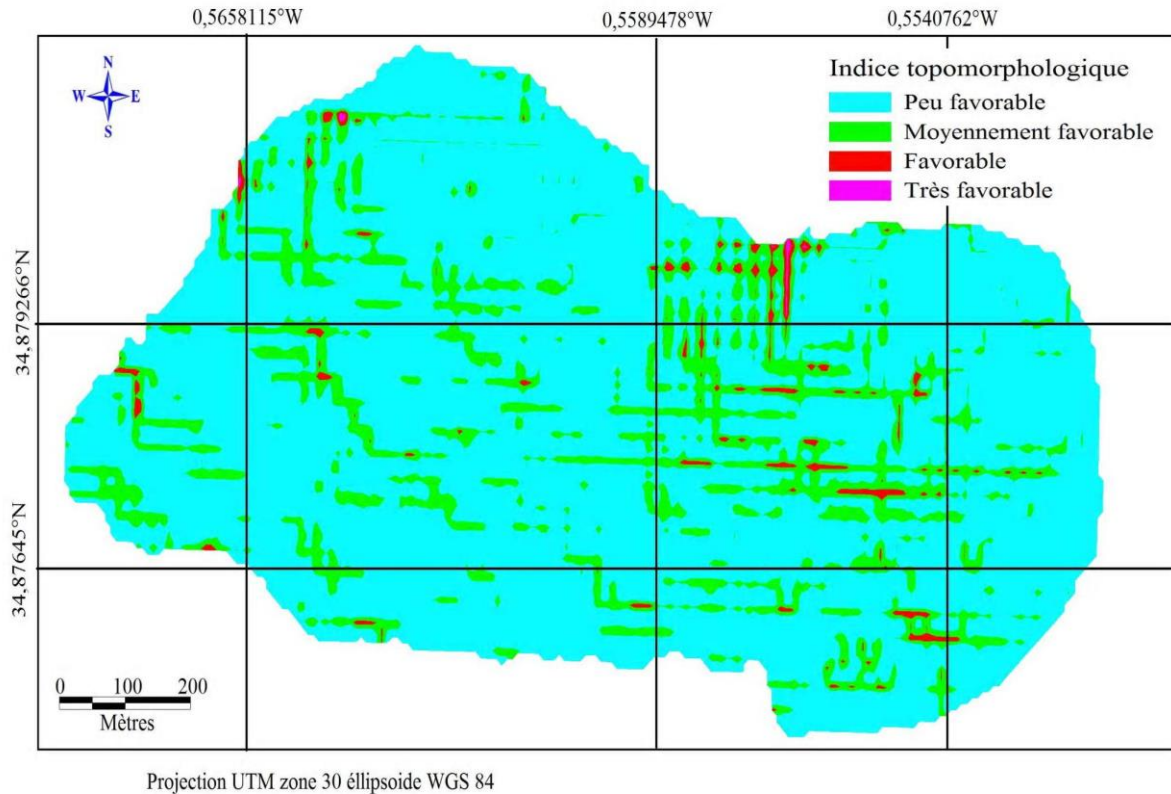


Figure 25 : Indice Topo-morphologique

Tableau 13 : Indice Topo-morphologique

| L'indice topo-morphologique | Signification | Code | Superficie en ha | Pourcentage |
|-----------------------------|-----------------------|------|------------------|-------------|
| IM<9 | Peu favorable | 1 | 75.75 | 82.34 |
| 9<IM<14 | Moyennement favorable | 2 | 14.65 | 15.92 |
| 14<IM<19 | Favorable | 3 | 1.25 | 1.36 |
| IM>19 | Très favorable | 4 | 0.35 | 0.38 |

10.7- La cartographie du risque feu

La cartographie de l'Indice de Risque de Feu (IRF) est la finalité de la méthode mais ce résultat ne peut donner des résultats sur terrain que s'il est intégré dans son territoire avec toutes ses composantes. A ce sujet Vilain (2014) précise : « Le feu pâtit de sa place à l'interface entre nature et culture. Les références à la nature en danger (symptôme culturel récent) à cause de ses méfaits sont légion tout autant que ceux qui représentent la culture, lesquels allument des feux sans conscience. Le feu ne fait jamais totalement partie de la nature, en tant qu'être naturel, ni de la culture, car ceux qui l'utilisent sont vilipendés et

considérés comme faisant du tort à l'humanité. C'est d'ailleurs eux, peut-être davantage que le feu en lui-même, qui sont les vrais coupables pour ceux qui énoncent le risque. Mais qui sont-ils ? Qui sont les responsables de la mort, tant annoncée, des forêts et en particulier de La Forêt méditerranéenne ? ».

10.8- Incendies de forêt et systèmes sociaux

Les incendies de forêt croisent différentes problématiques lesquelles vont bien au-delà d'une analyse naturelle et technique. Au cœur de différents systèmes sociaux et spatiaux, les incendies de forêt ne peuvent être alors appréhendés que dans une logique gestionnaire, sous l'angle de l'aléa.

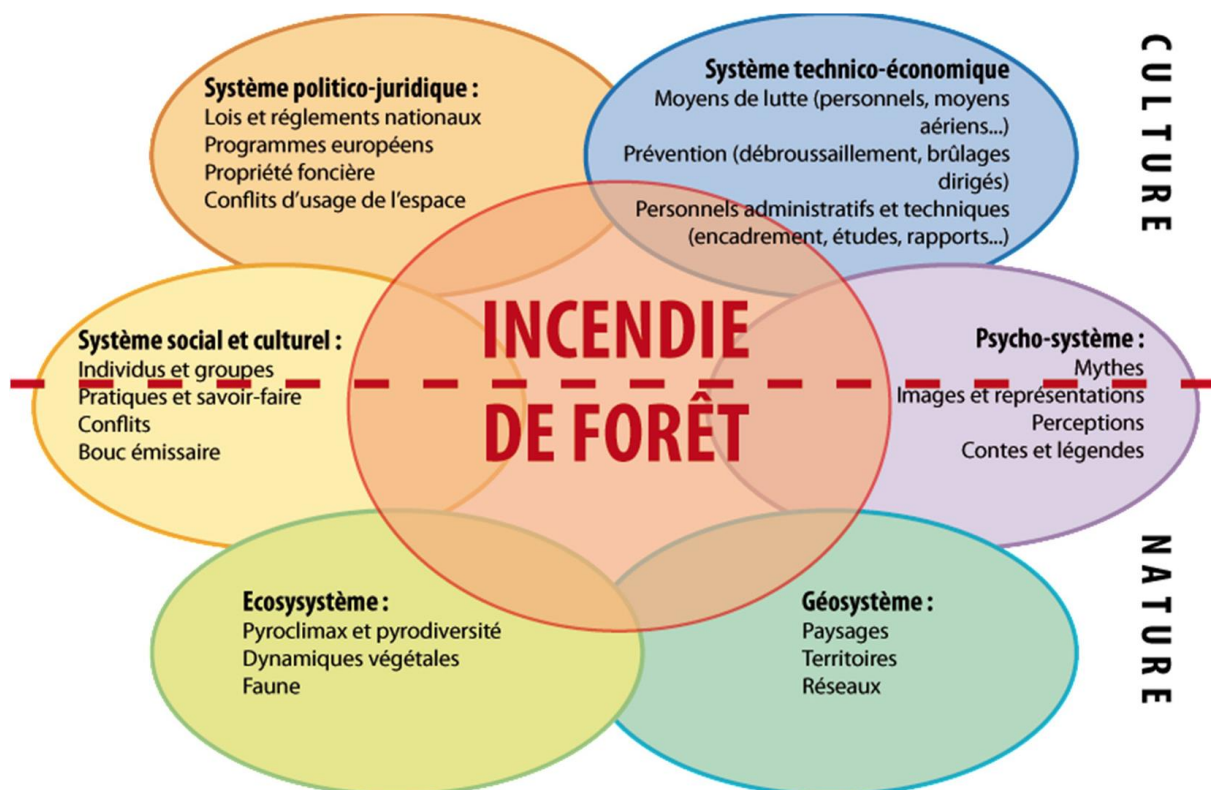


Figure 26 :Incendies de forêt et systèmes sociaux Source Vilain-Carlotti (2014),

L'incendie de forêt reste un système assez complexe au regard des différents éléments intervenants. Une approche intégrée structurée autour du développement durable du territoire est un volet intéressant à exploiter.

La gestion rationnelle des forêts et la satisfaction de façon durable des besoins des populations en produits forestiers, tout en améliorant leur valeur ajoutée ainsi que la réalisation d'une meilleure complémentarité entre l'espace forestier et agricole dans les zones marginales reste une option très intéressante.

« Aménager une forêt c'est décoder ce que l'on veut en faire, compte tenu de ce que l'on peut y faire et en déduire ce que l'on doit y faire résume le concept aussi vaste d'aménagement. » (Jacquot, 1970). Un système Agro-Sylvo-Pastoral serait, dans la situation actuelle de nos forêts, le garant d'une gestion réaliste et durable des forêts, prenant en compte l'ensemble des

partenaires. En adaptant à la réalité terrain des systèmes agro-sylvo-pastoraux durables, il est possible de satisfaire à la fois les forestiers gestionnaires, les éleveurs et les autres utilisateurs de la forêt. Dans de tels systèmes biologiques, si les aspects biologiques et techniques sont d'importances, les aspects sociaux sont primordiaux.

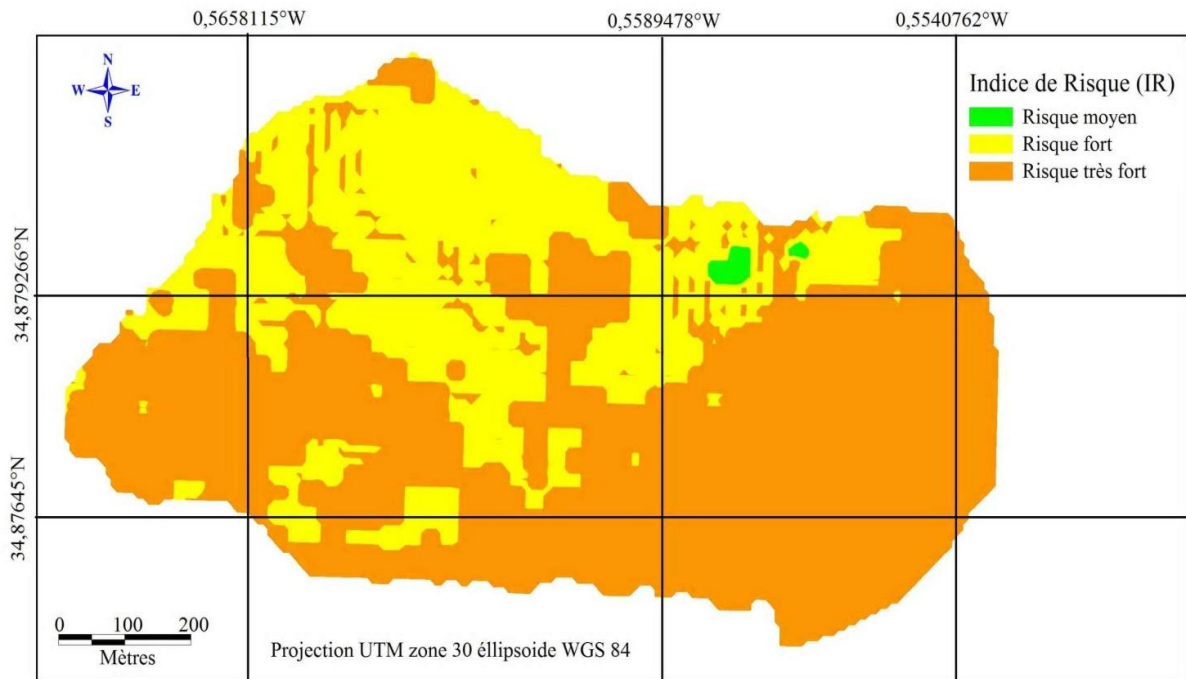


Figure 27 : Carte de l'Indice de Risque de feu (IR)

Tableau 14: Classes de l'Indice de Risque de feu (IR)

| Classe de l'IR | Signification | Superficie en ha | Pourcentage |
|----------------|------------------|------------------|-------------|
| IR > 12 | Risque très fort | 60.70 | 65.98 |
| 9 < IR < 12 | Risque fort | 30.85 | 33.53 |
| 6 < IR < 9 | Risque moyen | 0.45 | 0.49 |
| IR < 6 | Risque faible | 0 | 0 |

Conclusion

Dans la gestion du feu de forêt, Clément (2004) note que « la végétation autour de la Méditerranée, dans ses caractères physiologiques et dans sa composition floristique, est largement dépendante du feu ». Le feu est donc un paradoxe puisqu'il agit comme destructeur en causant des dégâts écologiques mais également comme facteur de régénération d'écosystèmes. Faivre (2011) et Carrega (2010) ; expliquent ce phénomène lorsqu'il parle de pyro diversité, néologisme forgé sur le modèle de biodiversité qui peut se définir comme :

« la part de la biodiversité d'une végétation ou d'un territoire donné, liée au passage des feux » (Dalage et al, 2015). Faivre (2011) a raison dans certaines conditions puisque depuis quelques décennies une reconnaissance partielle du potentiel créateur et destructeur du feu, est reconnue de la part de la communauté scientifique. La question cruciale est de savoir jusqu'où le feu peut jouer son rôle naturel, en évitant les conséquences inacceptables pour les populations riveraines et pour certains écosystèmes. Chevrou (2001) précise à ce sujet que cette question est au centre du débat depuis plusieurs décennies .

Sans une prise en charge effective des besoins des populations riveraines des formations forestières il est illusoire de prétendre réaliser un plan de prévention et de lutte contre les feux de forêts. Seule une évaluation réaliste, loin de toute considération politique, permet de prévoir les incendies et de mettre en place un plan de gestion durable.

Ainsi, les formations forestières de la région de Telagh comme celles de toute l'Algérie de l'étage bioclimatique semi-aride semblent être davantage une forêt mythique, objet de nombreux débats sur lesquels plane le doute de ses origines et de sa pérennité surtout. Son unité est davantage une construction sociale qu'une vérité technique ou sylvicole. Derrière les incertitudes sur ses caractères physiologiques originels et au regard de ceux actuels, il semble que le terme d'espaces boisés ou de formations forestières soit plus juste. Pourtant cet écosystème assez complexe est menacé en permanence ; une seule certitude cet espace est en danger.

CHAPITRE IV : LES OUTILS DE PREVENTION ET DE LUTTE

1- Etat des connaissances et adaptation à la zone d'étude

Devant les nombreuses méthodes de prévention et de lutte appliquées et expérimentées dans le bassin méditerranéen ; il faut adapter une qui sera propre à la région d'étude.

1.1 La gestion du danger et du risque

C'est le premier outil qu'il faut maîtriser avant d'utiliser les techniques physiques ou préventives.

Selon Carrega (2010) : « Pour un incendie de forêt, l'aléa est la flamme de départ, quelle que soit son origine, alliée à des conditions météorologiques autorisant son développement, et sur lesquelles nous reviendrons. L'échelle de temps qui gouverne l'aléa est pour l'essentiel très courte : quelques minutes, quelques heures, car le « temps » météorologique change vite . La susceptibilité regroupe les caractères qui vont commander la propagation du feu (pour des conditions météorologiques données), et son pas de temps est beaucoup plus long que pour l'aléa : il se compte en mois pour la phénologie, et en années pour la morphologie générale de la végétation. Les paramètres importants sont en particulier la biomasse, caractérisée par sa densité, sa stratification verticale (l'herbe communique le feu aux arbustes qui, à leur tour, le transmettent aux arbres), ses essences plus ou moins inflammables ; et l'orientation ainsi que la valeur de la pente face au feu. Ces caractères sont inclus dans l'aléa, où le terme est constitué de la combustibilité de la végétation et de la biomasse, de la pente du terrain, de la position dans le versant, et de l'exposition, tous facteurs, qui on le sait, varient sur un long pas de temps. Enfin, la vulnérabilité concerne tous les efforts faits (ou non) sur le long terme pour l'instruction des populations ou des sauveteurs, la lutte immédiate contre les flammes (moyens aériens et terrestres), la présence humaine plus ou moins dense et la richesse des biens, etc ».

1.2- Le brûlage dirigé

Le feu comme outil de prévention pour limiter le risque d'incendie de forêt. Cette idée, quelque peu dérangeante à l'origine, a fait son chemin au cours des dernières décennies pour s'imposer aujourd'hui tant au niveau de la pratique, de son assise institutionnelle que de la connaissance des effets induits sur le milieu. C'est devenu un outil polyvalent et technique en pleine expansion, le brûlage dirigé est également de plus en plus utilisé dans des applications environnementales. Le brûlage dirigé est une opération planifiée et ordonnée, qui consiste à conduire le feu avec un objectif clairement défini, sur tout ou partie d'une surface prédéfinie, et en toute sécurité pour les espaces limitrophes.

Les modes opératoires permettent de contrôler la puissance du feu et de maîtriser ses impacts sur les composantes de l'écosystème à préserver (sol, étage arboré). Sa maîtrise dépend des conditions météorologiques avant et pendant le brûlage, de la structure et de l'état physiologique de la végétation (particulièrement sa teneur en eau), et surtout de la technique de conduite du feu.

1.2.1- La conduite du feu

Pour conduire le feu, on utilise les effets combinés du vent et de la pente ; les deux techniques les plus employées sont :

- Le “feu à contrevent descendant” avec un allumage qui se fait au point le plus haut, à contrevent, appuyé sur une zone débroussaillée ; le feu se développe à la recule très lentement (5 à 30 m/h), il est de faible puissance, donc recommandé dans les massifs très combustibles.
- Le “feu par courbes de niveau successives” où l’allumage se fait selon les courbes de niveau, le feu se développe en montant, plus rapidement. Cette technique est utilisable dans des zones où une plus forte puissance est possible (landes et maquis bas). Il faut disposer de limites sûres ou les créer (premier brûlage supérieur à la recule).
- Le feu au vent montant avec un allumage qui se fait en bas de pente ou au vent, et le feu peut être très rapide et puissant. Il faut disposer d’une large bande de sécurité.
- Le feu par bosquets ou taches où l’allumage se fait en suivant le périmètre des bosquets à traiter, et permet de réaliser un brûlage alvéolaire.(figure 28)

Au-delà de ses usages de prédilection, le brûlage dirigé peut être avantageusement associé, dans le temps et dans l’espace, à d’autres techniques d’intervention afin de parfaire les effets attendus sur le milieu (Vennetier et al, 2001).

Le brûlage pastoral est l’exemple classique d’une telle association combinant les effets du feu et ceux de la dent du bétail. De manière moins connue, les résidus du broyage mécanique peuvent être incinérés afin d’augmenter l’efficacité des coupures de combustible ainsi entretenues.

1.2.2- Buts de cette technique

Le brûlage dirigé contribue à faire diminuer l’intensité potentielle de l’incendie en réduisant la charge en combustible, notamment en éliminant les éléments les plus fins dans les strates qui contribuent tant au démarrage qu’à la propagation du feu, Il permet également de rompre la continuité horizontale et verticale du complexe de combustible. Le but final recherché est la mise en auto protection de parcelles à forte valeur patrimoniale.

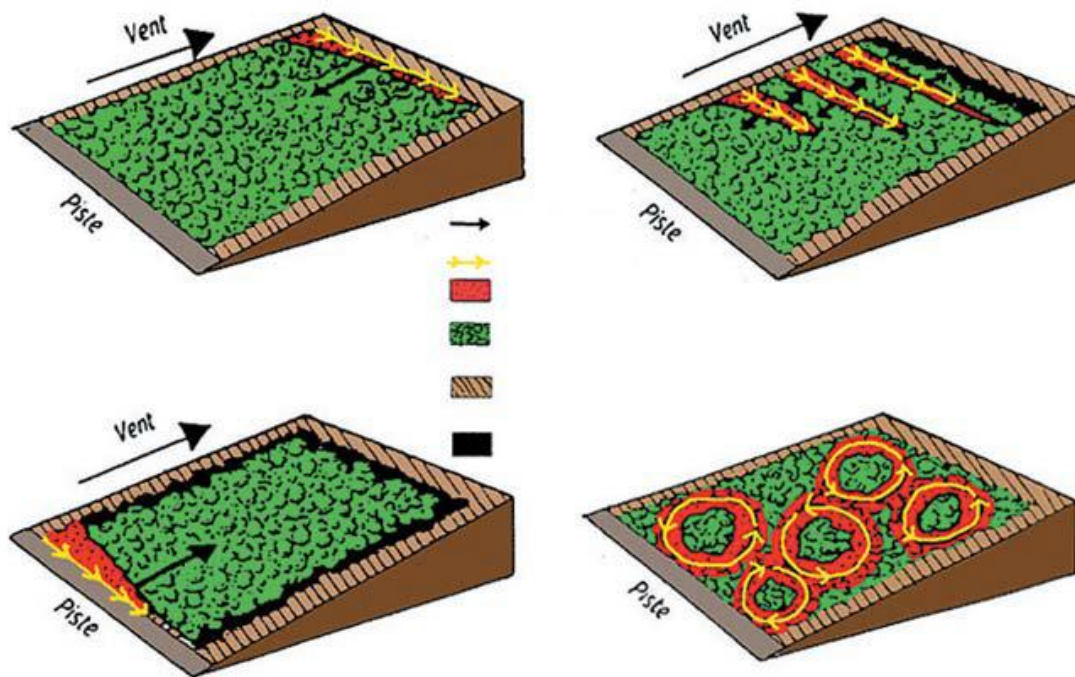


Figure 28: *Les principaux modes de conduite du feu .Anonyme*

Un autre objectif c'est de réduire le nombre d'incendies; brûlages à vocation pastorale pour maîtriser les incendies dus à des écobuages non maîtrisés ou le brûlage autour de sites à fort risque d'éclosion d'incendies comme les décharges.

L'objectif pastoral et c'est celui qui doit être priorisé puisque les écosystèmes forestiers de la zone d'étude servent essentiellement de terrain de parcours ; il consiste en une aide aux éleveurs, pour l'ouverture des pâturages embroussaillés et l'entretien par élimination des refus de pâture.

Le brûlage dirigé s'inscrit dans l'accompagnement de la pratique traditionnelle du feu pastoral dont la mise en œuvre est de plus en plus délicate compte tenu de la déprise rurale. (CEMAGREF, 2004)

Une synthèse des conclusions de Ribet (2014) permet de donner un bref aperçu sur ce volet. La culture du feu dont il s'agit est assimilée à une éthologie du feu. Connaître le comportement du feu, se familiariser avec lui pour mieux l'appivoiser, le domestiquer. "Donner le biais" au feu c'est, comme pour un troupeau, obtenir qu'il aille selon une direction et un objectif visés ; c'est bien garder et diriger, en avoir la maîtrise. Pour ce faire, l'allumage est tellement déterminant que maîtriser un feu c'est d'abord savoir l'allumer. «Dire cela donne à mesurer l'opposition radicale avec la culture d'incendie des sapeurs-pompier, culture d'extinction pourvue en outils et engins comme en hommes, et fondée sur l'abondant emploi de l'eau. Si l'introduction par les acteurs institutionnels de matériel spécialisé (torche, battes, seau-pompe) contribue à hisser l'usage du feu au rang de techniques licites, seuls certains outils sont adoptés par les brûleurs traditionnels.

La torche, outil spécialisé, constitue un outil adapté qui s'intègre parfaitement dans la culture technique des éleveurs fondée sur l'allumage; technique très peu outillée au demeurant, et surtout une culture sèche du feu.

«La culture sèche du feu est une technique dans laquelle prévalent l'allumage, la conduite et le contrôle. Ces dispositions rejettent en arrière-plan la question de l'extinction.

“On l'allume de façon à ce qu'il s'éteigne tout seul. Pour nous, le but c'est ça. On sait quelle quantité on veut faire brûler et on s'organise en fonction.” Le principe technique de cet éleveur pyrénéen semble conforté par l'expertise d'un chef de corps à propos de la gestion des incendies en montagne. *“En montagne on ne traite jamais tout le feu. On laisse des zones en feu, qui brûlent au milieu. On ne peut pas engager du personnel pour aller éteindre une petite zone au milieu. Il reste obligatoirement des zones en feu.”* Ce qui peut apparaître comme un handicap naturel (absence d'eau sur des secteurs) ou une indigence de moyens (défaut d'équipement nécessaire à son acheminement), n'est autre qu'une culture du feu où l'eau n'a pas sa place. S'il s'agit bien de faire le plus souvent avec les moyens du bord, cette culture sèche consiste plus fondamentalement en une pragmatique qui oppose au feu la logique du feu. Cette logique consiste à ne pas créer, avec l'apport d'eau, des limites artificielles au feu, mais à rester vigilant, à saisir les moments opportuns, à favoriser une relative proximité du feu en le gardant si possible à échelle humaine. Si ces savoirs et ces techniques sont pauvres en culture matérielle, ils sont largement pourvus et compensés par des techniques du corps, une familiarité, ou encore une expérience des lieux et du feu. C'est l'intervention du corps humain, son action motrice dans le temps du processus, mais aussi la mise en œuvre d'une “mémoire-savoir” qui en assure la maîtrise. Ainsi, le corps dans son entier sert d'instrument de mesure et d'expertise.(Faivre,2011)

Conclusion générale

L'incendie a des effets immédiats tant écologiques qu'économiques (modification du paysage, destruction de biomasse, perturbation des habitats de la faune,...). Même si à la longue l'écosystème forestier arrive à se reconstituer. Mais comme les forêts sont des puits de carbone, l'incendie fait d'elles des sources d'émission de carbone. Ces forêts abritent des puits de carbone. Ce dernier est libéré dans l'atmosphère, contribuant en partie au réchauffement de la planète. Comme d'autres conséquences, la transformation des paysages qui nécessitent des reboisements ; ils ne peuvent que cicatriser les plaies d'où la nécessité de développer la prévention des feux de forêts au lieu de la lutte.

Contraintes

Un incendie de forêt ; dans un pays aride comme l'Algérie et où le taux de couverture végétal est très faible, est toujours un drame qui marque le paysage de profondes blessures tant écologiques qu'économiques. Les incendies de forêt détruisent en moyenne chaque année 35 000 hectares se traduisant par de longues périodes de reconstitution. L'année 2017 s'est caractérisée par une superficie totale de 53.975 hectares de végétation forestière ravagée par les feux sous l'effet de 2.992 foyers. Cette superficie est composée de 28.841 ha de forêts contre 6.717 ha en 2016, 10.398 ha de matorral contre 5.567 ha en 2016 et 14.745 ha de broussaille contre 14.000 ha.

Pour lutter contre les feux de forêts, l'administration forestière comme chaque année met en place un dispositif d'intervention comprenant 405 postes de vigie, un effectif de 1.007 éléments, 481 brigades mobiles mobilisant 2.456 éléments chargés de la première intervention dotés de 309 camions citernes ainsi que 1.217 chantiers totalisant un effectif de 16.604 ouvriers et 2.828 points d'eau. Toute cette mobilisation très coûteuse financièrement n'a pas pu diminuer la superficie incendiée annuellement et le chiffre moyen annuel sur une période de 50 ans fluctue entre 30 et 35 000 hectares.(DGF,2012)

Pour remédier à cette stratégie, la présente thèse a permis la mise au point d'une approche axée essentiellement sur l'aspect préventif. La méthode proposée assez originale prend en charge le feu de forêt dans le territoire où se localise le massif forestier. En plus de ce nouvel aspect vient se greffer la notion de prioriser le volet humain et social puisque l'écosystème forestier est conçu par les populations riveraines comme un espace qui leur sert d'appoint économique. Ce dernier se traduit par le parcours des troupeaux en forêts, la collecte de fruits, de miel, de bois, de graines, de racines, de plantes médicinales, d'escargots, d'œuf et de faune (tortues, oisillons, etc...). Les statistiques relatives aux incendies de forêts signalent que plus de 65% des causes sont d'origines inconnues alors que dans le bassin méditerranéen, plus de 50% sont d'origine de malveillance ou criminelle. (Baara. 2014 ; Carrega. 2010)

Les enquêtes entreprises mettent en exergue l'importance des incendies pour les populations rurales proches des massifs forestiers et sont souvent à l'origine de ces incendies. Ils leur assurent un emploi saisonnier, un espace de parcours pendant quelques années, un gisement de produits (bois, fruits, plantes). De ce fait l'approche a pris en charge ce volet comme facteur causal important.

Stratégie durable :

Pour mettre en place une stratégie durable de prévention des feux de forêts les éléments suivants sont jugés déterminants :

- L'exploitation du retour d'expérience et analyse des différentes statistiques disponibles
- La structure de la végétation qui se caractérise par une dominance des formations basses (matorral, maquis et buisson totalisant plus de 1 900 000 hectares soit près de 50% de la superficie forestière totale
- La cartographie des formations forestières en faisant ressortir la stratification horizontale et la composition
- Le taux de recouvrement des principales espèces selon leur appartenance à la stratification verticale et horizontale
- Le taux de pénétrabilité des formations forestières selon leur le type de voie de pénétration
- L'identification et l'évaluation des types de pressions qui s'exercent sur la zone à protéger
- Appréciation de l'utilité des ressources forestières aux populations limitrophes dans un rayon de 10 km au moins
- L'intégration de l'écosystème forestier dans les plans d'aménagement et de développement
- Les aspects socioéconomiques et l'apport de l'écosystème forêt dans la création d'emploi verts
- L'identification des aléas favorisant le déclenchement des incendies en les ciblant et les évaluants.
- La cartographie zonale des risques éventuels selon leur acuité
- L'analyse des documents de prévention et de lutte existant

Pour concrétiser cette méthode et la rendre simple, le recours à des matrices descriptives et d'évaluation a été retenu à travers deux matrices et quatre cartes se présentant comme suit :

1. Matrice des dangers et risques ;
2. Matrice des vulnérabilités ;
3. Carte d'occupation du sol ;
4. Carte du biovolume de la formation forestière ;
5. Carte Topo-morphologique ;
6. Carte de l'Indice de Risque de feu (IR)

L'utilisation de cette approche permet de mieux appréhender le fléau que constituent les feux des formations forestières confrontées à divers facteurs causaux mais souvent méconnus ou difficilement identifiables pour diverses raisons.

La méthode proposée fait abstraction de toute évaluation des gestionnaires mais repose essentiellement sur une démarche pragmatique où domine l'aspect diagnostic et de prévention à travers le renseignement de matrices et de cartes permettant à travers une exploitation de mettre en place un Plan de Prévention des Feux de Forêts.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALCARAZ, C. 1982- La végétation de l'ouest algérien. Thèse Doc. Es Sc. Univ. Perpignan. 415p.
- ALEXANDRIAN D. & ESNAULT F., 1998 - Politiques nationales ayant une incidence sur les incendies de forêt dans le Bassin Méditerranéen. Réunion FAO, 28 au 30 octobre 1998, Rome, 15 p.
- ARFA A.M.T., 2008- Les incendies de forêt en Algérie : Stratégies de prévention et plans de gestion. Mémoire de magister, université de Constantine, N° de série : 258/Mag/2008, 115 p et 108.
- ARMAND.D; ETIENNE .M; LEGRAND,C ;MARCHAL,J; and VALETTE, J.C.1993 Phytovolume , phytomasse et relation structurales chez quelques arbustes méditerranéens .ann.sci.for.50 : 79-89p.
- ARONSON J., Floret C., Le Floch E., Ovalle C. et Pontanier R. 1995. Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones arides et semi-arides. Le vocabulaire et les concepts John Libbey Eurotext, Paris, pp. 11-29.
- ASPINALL.RJ.1992.An inductive modelling procedure based on bayes theorem for analyses of pattern in special data . Revu geographical information systems numero6: 105-112p.
- BAARA Y. 2014- Caractérisation fractale et multi-fractale du transfert de chaleur. Application aux feux. Thèse de doctorat, USTOran, 133 p.
- Banque de données Prométhée, www.promethee.com
- BARBERO, M. et P. QUEZEL (1989). "Structures, architectures forestières à sclérophylles et prévention des incendies". Bulletin d'Écologie, 20, pp 7-14.
- BELHADJ-Aissa. M et al, 2003. Application du SIG et de la télédétection dans la gestion des feux de forêts en Algérie. 2nd FIG Regional Conference Marrakech, Morocco.
- BENABDELI K. 2014- Quel aménagement de l'espace forestier garant d'une préservation de la biodiversité en Algérie? 27 au 29 mars 2014 2^{ème} Congrès International sur la Biodiversité Végétale - Marrakech 2014 Maroc.
- BENABDELI, K., 1983- Mise au point d'une méthodologie d'appréciation de la pression anthropozoogène sur la végétation forestière dans le massif du telagh (Algérie occidentale). Thèse de doctorat de spécialité, Université d'Aix-Marseille III, France, 182 p. + annexes.

- BENABDELI, K., 2014- Quels indicateurs pour la compréhension et la gestion des facteurs de perturbation des écosystèmes forestiers en zone aride. Séminaire Maghrébin : La dynamique et la valorisation des écosystèmes arides et semi-arides dans un environnement changeant » Saida 21-22 octobre 2014.
- BENABDELI, K., et MOULAY A., 2013- Quelle stratégie de gestion durable des territoires forestiers en Algérie face à leur vulnérabilité IIIème Semaine Forestière Méditerranéenne, Tlemcen, 17-21 mars 2013
- BENABDELI, K., LOUISSI, M. et BELHADI, A. 2010. Impact de la gestion négative des ressources naturelles (sol et eau) sur les potentialités alimentaires dans le monde arabe : cas de l'Algérie. Séminaire international sur la sécurité alimentaire et le libre échange. AMAECO Rabat (Maroc) 25-26 juin
- BENABDELI. K. 1996. Impacts socio-économiques et écologiques de la privatisation des terres sur la gestion des espaces et la conduite des troupeaux : cas de la commune de Télagh (Sidi Bel Abbes- Algérie). Revue Options méditerranéennes n°32: 185-194 (1996).
- BENABDELI. K. 2013. Rétrospective sur l'état des ressources naturelles en Algérie : entre politique et contraintes Revue Agro-Ecologie n°02/2013 : 6-12.
- BENDJEFAL et BENABDELI, K., 2015- Analysis of the Algerian experience of agricultural and rural development. Journal of African Studies and Development Volume 7 Number 7 July 2015 189-199.
- BENOIT de COIGNAC, G. (1996). "La prévention des grands incendies de forêt". Forêt méditerranéenne, XVII, pp 97-105.
- BNEF.1975, rapport sur les incendies des forets.
- BORSALI.A.H ; BENABDELI.K . GROS.R. 2014.Dynamique structurelle de la vegetation en zone semi-aride : cas de la foret de Férouane (Mont de SAIDA , ALGERIE OCCIDENTALE).revu Afrique Science 10(2).419-49-33p.ISSN 1813-548.
- CARREGA P. 2010- Le risque d'incendies de forêt en région méditerranéenne : compréhension et évolution. Université de Nice / UMR Espace/CNRS
- CEMAGREF- Info-DFCI, 2004- Le feu contre le feu : Contre-feu, brûlage tactique et brûlage dirigé. Novembre 2004 – n° 53 Numéro spécial 8p.
- CHENEY. S . 1998 ,Prediction du modele de diffusion du feu par les paturage naturels en fonction de la vitesse du vent.55-71p

- CHEVROU Robert, (2001), « Les incendies de 1910 et 2000 dans les Montagnes Rocheuses du Nord-Ouest des Etats-Unis », Forêt méditerranéenne, T. XXII, n° 2, p. 189-193
- CHONEZ, C., 1992 - Les causes d'incendies, entre mythe et réalité. In : Dossier « les causes d'incendies ». Fondation pour la forêt méditerranéenne, 3, 13-18.
- CIEC.2007.Conference information about events
- CLEMENT. V, (2004), « La France méditerranéenne en feu : retour sur les incendies de forêts de l'été 2003 », Géoconfluence, brève n° 5, consultation le 17 mai 2011,
- CTGREF (1974). "Protection des forêts méditerranéennes contre l'incendie - Routes et pistes de DFCI". Note technique, Groupement Technique Forestier - Division Équipement et Exploitation des Forêts, Nogent-sur-Vernisson (France), 31 p.
- CTGREF (1975). "Protection des forêts méditerranéennes contre l'incendie - Équipements complémentaires". Note technique, Groupement Technique Forestier - Division Équipement et Exploitation des Forêts, Nogent sur Vernisson (France), 24 p.
- CTGREF (1978). "Protection des forêts méditerranéennes contre l'incendie - Choix de l'implantation des postes-vigies fixes". Note technique, Division Protection des Forêts Contre l'Incendie, Aix-en- Provence (France), 36 p.
- CTGREF (1979). "Protection des forêts méditerranéennes contre l'incendie - Débroussaillage et pare-feu". Note technique, Division Protection des Forêts Contre l'Incendie, Aix-en-Provence (France), 23 p.
- DAGORNE Y. DUCHE et al. (1994) : Protection des forêts contre les incendies & Système d'information géographique : Application à la commune d'Auribeau sur Siagne (Alpes Maritimes). revue forêt méditerranéenne t. XV, n°4, octobre 1994.
- DALAGE Antoine et MÉTAILIÉ Georges (eds), (2015), Dictionnaire de biogéographie végétale. Nouvelle édition encyclopédique et critique, CNRS éditions, 962 p.
- DI CASTRI F. (1981). Mediterranean-type shrublands of the world. In: DiCatri F., Goodall D., Specht
- Direction Générale des Forêts (2004). Programme d'Action National sur la lutte contre la Désertification. 104 p.
- Direction Générale des Forêts, 2012. Bilan des incendies de forêts depuis l'indépendance de l'Algérie (1962-2012). www.djazair50.dz (2012)

- DUPUY J.L., 2000, Apports de la physique du feu. In Conception des coupures de combustible. Document Réseau Coupures de combustible n°4, Edition de la Cardère, Morières : pp. 29-40.
- DUPUY J.L., 2012- Propagation et impacts des feux de végétation : enjeux et modélisations Institut National de la Recherche Agronomique
- DUPUY, J.L., 1997. Mieux comprendre et prédire la propagation des feux de forêts : expérimentation, test et proposition de modèles, Thèse INRA/Univ. Claude Bernard, Lyon I, 272 p.
- ETIENNE M, 2002, Aménagement de la forêt méditerranéenne contre les incendies et biodiversité. Revue Forestière française, 53 : pp. 121-126.
- ETIENNE M., 1996, Intégrer des activités sylvopastorales et fourragères aux espaces forestiers méditerranéens pour les rendre moins combustibles. Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement, 29 : pp. 169-182.
- FAIVRE. Nicolas, (2011), Quelle pyrodiversité pour quelle biodiversité ? Une étude comparative multi-échelle de deux écosystèmes méditerranéens, ROCHE Philip (sous la direction), Thèse de doctorat soutenue à l'Université Paul Cézanne Aix Marseille III, 173 p.
- FALEH. A, et al, 2012. SIG, télédétection et évaluation de risque d'incendie de forêts «Exemple du massif forestier khezana (province de Chaouene)» université sidi med. b. Abdellah, Fès (Maroc). Revue Papeles de Geografía, pp. 37-48.
- FAO. 2007. Situation des forêts du monde -partie1- .64-72p
- FAVRE, P., 1992 - Feux et forêts. Dossier « Les feux de forêt et la sécheresse en 1990. Forêt méditerranéenne, XIII, 1, 31-40.
- FERNANDES.P.M , 2000. Shrubland fire behavior modeling with microplat data .894p.
- GIEC . 2007. Changements climatiques –rapport de synthèse-
- GILLIOT.J.M. 2000. Introduction au SIG .institut national informatique –Paris-- Grignons- 142p.
- GILLIOT.J.M. 2009. Les bases de données et les logiciels SIG du marché.
- JACQUIOT, T., 1970- La forêt. Édition Masson e Cie éditeurs. 157 pages.
- KADIK B. 1986. Etude des facteurs régissant la régénération naturelle du pin d'Alep dans le massif des Senalba (Atlas saharien). Ann. rech. forest. alg., 1 : 64-83 (1986)

- KADIK, B., 1983- Contribution à l'étude du pin d'Alep en Algérie: écologie, dendrométrie, morphologie. Thèse Doc. Es Sc. Univ. Aix Marseille III.
- LAFARGE, E., 2006 - Evaluation des dispositifs de détection des feux de forêt en France. Mémoire de fin d'études de la formation des Ingénieurs forestiers. Agence MTDA-ENGREF. 91 p+ annexes.
- LAGADEC, P., 2003- Risques, crises et gouvernance : ruptures d'horizons, ruptures de paradigmes. Annales des mines, mai 2003, école polytechnique : 5-11
- LAMBIN.E.F,1997.Modelisation et suivi des processus de changement de la couverture terrestre dans les region tropicale.6p
- LATRECHE. A. 1995. Contribution à l'étude de la relation substrat-végétation dans la forêt de Touazizine (Télagh-Algérie). Magister Univ. Tlemcen.
- LEHOUEIROU H.N., 1987 - Vegetation wildfires in the Mediterranean basin: evolution and trends. *Ecologia Mediterranea*, XIII, 4: 13-23.
- LEONE V., 1990 – Causes socio-économiques des incendies de forêts dans la région de Bari. *Revue forestière française Pouilles, Italie*, XLII, n° spécial, 332-
- LETREUCH-BELAROUCI. N. 1981. Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. Thèse Doc. Es Sc. Gembloux. Belgique.
- LILLESAD.2000.www.researchgate.net
- LONGLEY.C ; MICHAEL.F ;SANTA.B.1999.Gepgraphical information science fifteen year later.
- LOPEZ. F et al, 1996. Erosion, désertification et aménagement et aménagement du territoire dans les milieux semi-aride de la méditerranées, univ Murcie (Espagne). pp 213-232.
- LOUISOT, J.P. 2004- La gestion des risques dans les organisations applicable aux entreprises, aux collectivités territoriales. Document Université de la Sorbonne, 150 p.
- MADDOU.2016.Le contexte des feux de forets dans le bassin méditerranéen.guide technique en environnement , ecologie et developpement durable.1-5p.
- MADOUUI A; 2013- Les incendies de forêts en Algérie. Étude de l'évolution après feu des peuplements de *Pinus halepensis* Mill. dans l'Est algérien. Cas de la forêt de Bou-Taleb, du reboisement de Zenadia et du parc national d'El Kala. Thèse de doctorat, université de Sétif 109 p.

- MADOUÏ, A., LEDUC, A., GAUTHIER, S. & Y. BERGERON, (2010). "Spatial pattern analyses of post-fire residual stands in the black spruce boreal forest of western Quebec." *International Journal of Wildland Fire* **19**(8): 1110-1126.
- MARIEL, A., JAPPIOT, M., 1997. Évaluation et cartographie du risque d'incendie de forêt dans le massif des Maures, Cemagref, Aix-en-Provence, 66 p. + annexes.
- MARIEL. A, 1995. Cartographie du niveau de risque d'incendie: exemple du massif des Maures, CEMAGREF.
- MATE.2003.Bulltin officiel du ministère de l'écologie et du développement durable n 24.
- MEDDOUR-SAHAR. O. 2008. Contribution à l'étude des feux de forêts en Algérie : approche statistique exploratoire et socio-économique dans la wilaya de Tizi Ouzou. Thèse de Magister, Ina El Harrach, 275 p.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement(MATE) (2003). Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement. 465 p.
- MISSOUMI. A et al, 2002. Apport des Systèmes d'information géographiques dans la prévention et la lutte contre les incendies de forêts. Exemple de la forêt domaniale de Kounteidat, Algérie. *Revue Forêt méditerranéenne* t. XXIII, n° 1, juin 2002, pp 11-22.
- MONGE, P. Réflexions sur feu, forêts et biodiversité. Commission du Développement territorial durable-Conférence des OING du Conseil de l'Europe [en ligne], 2010.
- PEYRES, S., 2001 – L'incendie, désastre ou opportunité ? L'exemple des Pyrénées Orientales. *Forêt Méditerranéenne*, XX, 2, 194-199.
- QUEZEL P. & MEDAIL F., 2003. Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier, 552 p.
- QUEZEL. P. 1976. Les forêts du pourtour méditerranéen: écologie, conservation et aménagement. UNESCO-- MAB, 2: 9-33.
- RAMADE.F.1997.Ecosystèmes méditerranéens.22-30p
- REBAI, A., 1982 – Les incendies de forêts dans la wilaya de Mostaganem (Algérie) : étude écologique et propositions d'aménagement. Thèse de doctorat de spécialité en écologie méditerranéenne. Faculté des Sciences et techniques de St.-Jérôme, Université d'Aix-Marseille III, 130 p.
- RIBET N, 2014- Les parcours du feu. Modes d'appropriation de la nature à travers le statut et les usages du feu. Thèse en anthropologie (EHESS-Paris), Thèse en anthropologie (EHESS-Paris), disponible

- ROTHERMEL, R.C.1972 .A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels.16p.
- SPRUGEL. D.G. 1991. Disturbance, equilibrium and environmental variability : what is "natural" vegetation in a changing environment ? *Biological Conservation*; 58 : 1-18.
- TRABAUD L. et LEPART J. (1980). Diversity and stability in garrigue ecosystems after fire. *Vegetatio* 43, pp. 49-57.
- TRABAUD L. et PRODON R. (2002). Fire and biological processes. Backhuys Publishers, Leiden (The Netherlands), 346 p.
- TRABAUD, L. 1983. Evolution après incendie de la structure de quelques phytocénoses méditerranéennes du Bas-Languedoc (Sud de la France). *Annales des sciences forestières*, 1983, 40 (2), pp.177-196. <hal-00882301>
- TRABAUD. L, 1980. Impact biologique et écologique des feux de végétation sur l'organisation, la structure et l'évolution de la végétation des zones de garrigues du bas- Languedoc. Thèse de doctorat d'Etat Montpellier.
- VALETT, J.C.1993. Présentation du système behave et du modele de rothermel.7p
- VELEZ R., 1999 - Protection contre les incendies de forêt : principes et méthodes d'action. CIHEAM, Zaragoza. Options Méditerranéennes, Série B : Études et Recherches No. 26, 118 p.
- VELEZ R., 2001 - Fire Situation in Spain. In: Global forest fire assessment 1990-2000. FAO, forestry department, Rome, 2001, working paper 55.
- VENNETIER M. & 38 collaborateurs, 2008. Étude de l'impact d'incendies de forêts répétés sur la biodiversité et sur les sols. Recherche d'indicateurs. Rapport final IRISE (Impact de la répétition des incendies sur l'environnement), projet Forest focus Convention NoFF 2005-9.
- VENNETIER Michel Avec la collaboration de Roland ESTEVE, Rose-Marie GARCIN, Sylvain GRIOT, Christian RIPERT, Bruno VILA 2001- Dynamique spatiale de la régénération des forêts après incendie en basse Provence calcaire Cas particulier du pin d'Alep. Projet commun IMEP – Cemagref.
- VENNETIER.2001.Evaluation de la croissance du pin d alep en region mediterranéen .7-8p.
- VILAIN-CARLOTTI P., 2014- Perceptions et représentations du risque d'incendie de forêt en territoires méditerranéens. La construction socio-spatiale du risque en Corse et

en Sardaigne. Doctorat en sciences, Université Paris 8 Vincennes – Saint-Denis, 670 p.

- WWF.2001
- ZAOUI. M, 2013. Gestion des risques de feu dans la forêt de M'sila Wilaya d'Oran. Mémoire de Magistère en Foresterie, option Gestion et conservation des écosystèmes. Université Abou-Bakr Belkaïd –Tlemcen, p. 177.

Annexe1 : FICHE ENQUETE DIAGNOSTIC

Elle concerne la procédure organisée permettant de maîtriser les informations déterminantes constituant les bases d'élaboration d'une stratégie préventive.

| Type d'informations | Synthèse | |
|--|----------|--|
| Forêt de : | | |
| Superficie totale | | |
| Superficie couverte | | |
| Groupements forestiers | | |
| Peuplements | | |
| Structure <ul style="list-style-type: none">• Arborescente• Arbustive• Sous-arbustive | | |
| Composition <ul style="list-style-type: none">• Espèce dominante• Espèces secondaires• Espèces buissonnantes | | |
| Taux de recouvrement <ul style="list-style-type: none">• Arborescente• Arbustive• Sous-arbustive | | |
| Travaux d'aménagement <ul style="list-style-type: none">• TPF• Pistes• Repeuplement• Reboisement | | |
| Equipement anti-feu <ul style="list-style-type: none">• Point d'eau• Poste de vigie• Moyens matériels• Moyens humains | | |
| Plan Anti-Feu <ul style="list-style-type: none">• Document• Cartes• Mise à jour | | |
| Retour expérience incendie <ul style="list-style-type: none">• Nombre/période• Superficie incendiée• Suivi et exploitation | | |

Annexe 3 : Matrice de synthèse

Le recueil d'informations géographiques et phytoécologiques ont été récapitulées dans une seule matrice de synthèse découlant d'une série de matrices primaires.

| | Evaluation des forces | | | Evaluation des faiblesses | | | Forces | Faiblesses |
|---------------------------------|-----------------------|---|-----------------|---------------------------|---|--------------|-------------------|-------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | Total | Total |
| Superficie | | | | | | | | |
| Structure | | | | | | | | |
| Composition | | | | | | | | |
| Couverture | | | | | | | | |
| Biomasse | | | | | | | | |
| Aménagement | | | | | | | | |
| Pistes | | | | | | | | |
| Routes | | | | | | | | |
| Point d'eau | | | | | | | | |
| Population | | | | | | | | |
| Total | | | | | | | | |
| Stratification | | | | Taux faible | | | Taux moyen | Taux fort |
| Strate arborescente | | | | | | | | |
| Strate arbustive | | | | | | | | |
| Strate sous-arbustive | | | | | | | | |
| Strate buissonnante | | | | | | | | |
| Strate herbacée | | | | | | | | |
| Espèces dominantes par strate | | | | | | | | |
| Taux de recouvrement par strate | | | | | | | | |
| Paramètres descriptifs | Paysage | | Ecologie | Végétation | | Total | | Classement |
| Superficie | | | | | | | | |
| Réseau routier | | | | | | | | |
| Agglomérations | | | | | | | | |
| Terrain agricole | | | | | | | | |
| Source d'eau | | | | | | | | |
| TPF | | | | | | | | |
| Clairière | | | | | | | | |
| Futaie | | | | | | | | |
| Matorral | | | | | | | | |
| Garrigue | | | | | | | | |
| Erme | | | | | | | | |
| Stratification | | | | | | | | |
| Espèce dominante 1 | | | | | | | | |
| Espèce dominante 2 | | | | | | | | |
| Espèce dominante 3 | | | | | | | | |
| Espèce dominante 3 | | | | | | | | |

Annexe2 : Questionnaire population riveraine

Pour affiner le diagnostic permettant de mieux appréhender la stratégie de prévention des feux de forêts, le recours à une collecte d'informations issues de l'administration forestière et des documents et un questionnaire orienté vers la population riveraine s'est imposé.

1- Recueil d'informations

Il s'agit de récolter des informations classiques issues de l'administration des forêts et se présente comme suit :

| Identification de la forêt domaniale | Informations recueillies |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Forêt de | |
| Superficie | |
| Composition | |
| Travaux d'aménagement | |
| Incendies | |

2- Questionnaire

Il a été conçu sur une série de questions en relation directe ou indirecte avec les incendies, le report des réponses et la fiabilité des réponses est noté sur une grille de 3 niveaux : acceptable, peu acceptable et non acceptable.

Questionnaire en direction de la population riveraine

| Forêt : | Réponses | Fiabilité |
|--|----------|-----------|
| 1- Type d'utilisation de l'espace forestier | | |
| • Parcours | | |
| • Collecte de fruits | | |
| • Collecte de plantes | | |
| • Récolte de miel | | |
| • Récolte de fourrage | | |
| • Randonnées | | |
| 2- Emplois | | |
| • Reboisement | | |
| • Incendie | | |
| • Aménagement | | |
| • Exploitation | | |
| • Surveillance | | |
| 3- Participation et autorisation | | |
| • Projets de mise en valeur | | |
| • Location TPF | | |
| • Vides labourables | | |
| • Récolte de bois | | |
| • Parcours | | |
| Observations : | | |

Analyse du comportement des principaux groupements forestiers face aux incendies dans le massif forestier de Telagh, Algérie

Khadidja CHARIF^{1*}, Khéloufi BENABDELI² et Benamar BELGHARBI²

¹Département des Sciences de l'Environnement, Université de Sidi Bel Abbes, Algérie

²Laboratoire Géo-Environnement, Université de Mascara, Algérie

* Correspondance, courriel : kh_charif@yahoo.fr

Résumé

Les incendies détruisent en Algérie annuellement plus de 35000 ha et la restauration n'arrive pas à restaurer convenablement ces écosystèmes détruits par le feu. Seule une compréhension de la réponse de la végétation à ce fléau permettra de mieux entreprendre des actions réparatrices aidant la forêt à se reconstituer. C'est le but assigné à ce travail prenant comme région représentative le massif de Télagh qui occupe plus de 96 000 ha. Les quatre principaux groupements forestiers composant ce massif sont assez représentatifs de l'ensemble de la forêt algérienne dans l'étage semi-aride : le *Pinetumhalepensis*, le *Quercetumillicis* et le *Tetraclinetumarticulata* et l'*Oleolenticetum*. Les résultats obtenus mettent en relief la dominance de la strate sous arbustive dès la 5^{ème} année après incendie suivie de la strate arbustive avec une forte présence des espèces rejetant de souche : *Quercus rotundifolia*, *Quercus coccifera*, *Arbutusunedo*, *Pistacialenticiscus* et *Phyllireaangustifolia* en plus des espèces pyrophytes. Les espèces principales n'apparaissent qu'à partir de la troisième année sous forme de semis dense si des semenciers sont épargnés par le feu.

Mots-clés : incendie, dynamique, végétation, semi-aride, Telagh, Algérie.

Abstract

Analysis of the behavior of the main forest groupings in front of fires in the forest massif of Telagh (Algeria)

The fires destroy in Algeria annually more than 35000 ha and the restoration does not manage to restore suitably these ecosystems destroyed by the fire. Only an understanding of the answer of the vegetation to this plague will allow to undertake better repair actions helping the forest to reconstitute it. The purpose assigned to this work while taking as representative region the massif of Télagh who occupies more than 96 000 ha. Four main forest groupings making up (composing) this massif are rather representative of the whole Algerian forest in the semi-arid floor: *Pinetumhalepensis*, *Quercetumillicis* and *Tetraclinetum articulate* and *Oleolenticetum*. The obtained results accentuate the dominance of stratum under shrubby dice 5th year after fire followed of stratum shrubby with a strong presence of the species rejecting of stump : *Quercus rotundifolia*, *Quercus coccifera*, *Arbutusunedo*, *Pistacia lentiscus* and *Phyllirea angustifolia* besides the pyrophytes species. The main species appear only from the third year in the form of dense sowing if seed companies are saved by the fire.

Keywords : dynamic, fire, half-dry, vegetation, Telagh, Algéria.

1. Introduction

L'Algérie est régulièrement soumise à des incendies de forêt. En effet, durant la période (1962-2012), 1415 foyers de feux brûlent annuellement 30 000 hectares, soit une perte cumulée estimée à 1.693.443 ha. Un chiffre assez interrogatoire comparé à la superficie totale forestière qui n'est que de 4 millions d'hectares [1]. Les pertes financières liées à la seule valeur commerciale du bois (et du liège), aux opérations de lutte et à la restauration de la végétation, sont estimées à 26-31 millions de Dollars américains, soit 2 à 2,5 milliards de dinars algériens par an [2]. La moyenne des différents programmes de reboisement depuis 1963 qui est de 26 000 ha/an, ne peut équilibrer ces pertes [3], alors que le taux de réussite de ces actions ne dépasse pas les 30 % [4]. La forêt algérienne a besoin d'être protégée car la déforestation ne cesse de s'accroître en raison des incendies de forêts répétés. Au cours des deux dernières décennies (1985-2010), les incendies de forêts ont dévasté l'équivalent de 779 872 ha pour un nombre total de 32 354 foyers [5]. Le tableau qui récapitule la situation des incendies.

Tableau 1 : Aperçu sur les incendies entre 1967 et 2012 [2]

| Période | Nombre de foyers | Superficie incendiée par foyer | Superficie incendiée |
|-----------|------------------|--------------------------------|----------------------|
| 1967-1989 | 686 | 42 | 28812 |
| 1990-2000 | 167 | 26 | 4342 |
| 2008-2012 | 3241 | 10 | 32410 |

Arfa en 2008 [5] cite les 10 wilayas (départements) les plus touchées par les incendies : Bejaia, Skikda, Tizi-Ouzou, El-Tarf, Sidi-Bel-Abbès, Tlemcen, Jijel, Médéa, Guelma et Annaba totalisent, à elles seules, une superficie incendiée de 552 538 ha soit 71 % ; la wilaya de Sidi Bel Abbes figure et plus de 85 % du patrimoine forestier de ce département est localisé dans la région de Télagh. Pour restaurer ces superficies il faut comprendre comment réagissent ces formations forestières au feu afin de sélectionner les techniques les plus adaptées permettant d'aider la végétation à évoluer.

2. Présentation du site d'étude

2-1. Caractérisation écologique du massif forestier de Telagh

La zone d'étude se situe au sud de la wilaya, l'altitude varie entre 600 et 1100 m où dominent les formations forestières. Le massif forestier de Télagh s'étend sur les monts de Dhaya et occupe 15 % du territoire de la wilaya, soit 138 610 ha. Ils appartiennent à l'Atlas Tellien tabulaire avec des formations crétacées carbonatées caractéristiques du paysage de la zone. La région est marquée par une grande fluctuation interannuelle des précipitations qui se justifie par le rapport précipitations annuelles maximales et minimales des plus élevés (442 mm/236 mm). Le régime pluviométrique est du type HAPE. Les dernières décennies ont connu une diminution notable de la pluviosité annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante.

2-1-1. Les températures

Elles se manifestent par des variations moyennes journalières très prononcées, l'amplitude thermique atteint les 30°C. Les températures ont, en générale, évolué irrégulièrement du début à la fin du siècle dernier. Reste qu'une augmentation sensible de 1 à 1,5 °C en Hiver et de 2 °C en été est relevée au cours du siècle dernier [6].

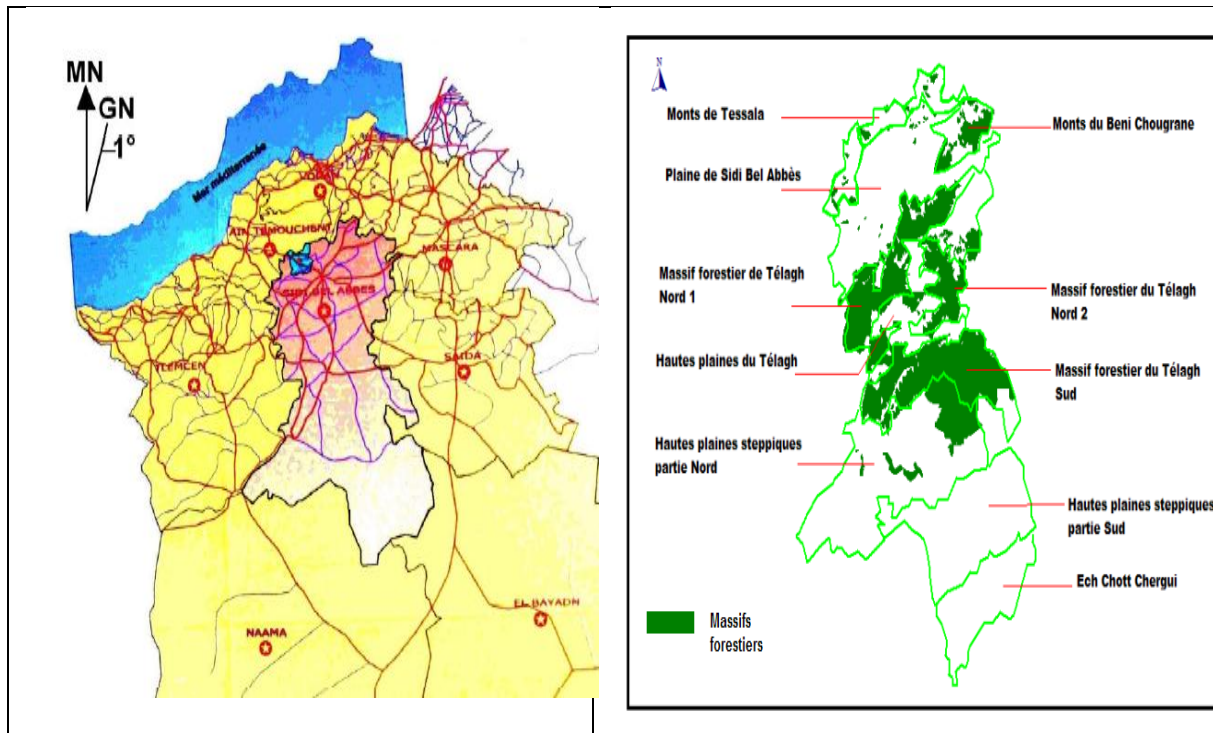


Figure 1 : Localisation géographique de la zone d'étude

En matière de pédologie, la zone se divise en trois parties distinctes à savoir :

- La partie septentrionale : c'est le type de sol rouge sablonneux qui domine (terra rossa), caractérisé par une texture sableuse, une structure particulière et meuble. On observe un horizon d'accumulation calcaire à faible profondeur. Lorsque ce type de sol repose sur des roches grésocalcaires, il y a formation de sols rendzinière friables colonisés par le groupement du pin d'Alep avec son cortège floristique classique.
- La partie centrale : c'est l'aire du sol brun rougeâtre calcaire lorsque la pente est faible. Sur les versants à forte pente, sous l'effet de l'érosion, du parcours et de la faiblesse de la couverture végétale c'est les rendzines qui dominent. Par lessivage des horizons superficiels il y a présence des sols légèrement décarbonatés et à structure grenue.
- La partie sud : c'est le domaine des sols bruns calcaire colorés en rouge et sont caractérisés par la présence d'une quantité plus ou moins importante de carbonate de calcium et par la présence d'une croûte calcaire de 20 à 35 cm d'épaisseur localisée à une profondeur variante entre 25 et 40 cm en moyenne [7].

2-2. Constitution du massif forestier

Les principales forêts domaniales de la zone d'étude représentent 87 % de la superficie forestière totale de la wilaya et occupent une superficie de près de 124 000 ha où domine le pin d'Alep à 67 000 ha, le chêne vert à 12 000 ha, le thuya à 6 000 ha et les formations basses (matorrals et garrigue) à 35 000 ha. Les écosystèmes forestiers des monts de Dhaya appartiennent à la zone méditerranéenne et sont représentés par les types de végétation décrits par plusieurs auteurs dont [8-11] en ce qui concerne le Maghreb, plus spécialement) :

- le maquis thermophile à Oléastre (*Olea europaea* var. *oleaster*) et Pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*) ;
- les forêts de conifères thermophiles de Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), Thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata*) et Genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) ;
- les forêts sclérophylles de chênes à feuilles persistantes : Chêne vert (*Quercus rotundifolia*),

2-3. Les incendies de forêt dans la zone d'étude

Dans la wilaya (département) sur une superficie forestière de 196 000 ha, les incendies détruisent en moyenne annuellement entre 1100 et 3200 ha soit une moyenne pondérée de 1650 calculée sur une période de 25 ans. Les statistiques relevées auprès de la conservation des forêts sur 25 ans (1985-2010) pour les forêts du massif forestier de Télagh montrent que les superficies parcourues par le feu sont d'environ 36700 ha soit une moyenne annuelle de 1466 ha : chiffre plus élevé que la moyenne. La période critique pour l'éclosion des incendies s'étend du mois de mai à la fin du mois de septembre, une période assez longue.

3. Matériel et méthodes

La zone d'étude est localisée dans la forêt domaniale de Touazizine, cette dernière est délimitée par la latitude $38^{\circ}40$ et $38^{\circ}55$ et la longitude $0^{\circ}37$ W et $0^{\circ}47$ W, l'altitude oscille entre 750 et 1020 m, le climat est du type semi-aride supérieur et le régime pluviométrique est de type HAPE avec une période sèche moyenne de 186 jours et un quotient pluviométrique d'Emberger de 33.6. L'exploitation des statistiques de la conservation des forêts ont permis de retenir l'année 2005 comme point de départ de l'évaluation du comportement des groupements forestiers puisque la zone a enregistré 1840 ha de végétation incendiée. Les incendies ont touché la forêt domaniale de Touazizine qui est composée des quatre groupements végétaux : le *Quercetum illicis*, le *Pinetum halepensis*, le *Tetraclinium articulata* et l'*Oléolenticetum*. Ces groupements ont également été identifiés par Alcaraz (1982), Kadi (1983) et Benabdeli (1996).

3-1. Placettes d'observation

Trois placettes de 400 m² chacune ont été matérialisées et localisées au niveau de chaque formation végétale incendiée. Pour comparer avec la végétation non incendiée, trois autres placettes de même superficie ont été installées au niveau des quatre formations végétales identiques mais non incendiées.

3-2. Observations sur terrain

Durant les mois de mai de l'année 2010 et 2015, soit 5 et 10 ans après incendie, sur les sites incendiés la même année au niveau de la forêt de Touazizine, 15 relevés phytoécologiques à raison de 3 par formation forestière sur des placettes de 400 m² ont été effectués. La méthode utilisée est celle de [12], elle consiste à attribuer aux espèces végétales forestières et pré-forestières rencontrées selon les strates, des indices d'abondance-dominance selon [12], en retenant trois strates (arboré supérieur à 4 m de hauteur, arbustive de 2 à 4 m de hauteur et sous-arbustive de 1 à 2 m de hauteur). Pour comparer les résultats 15 relevés phytoécologiques ont été réalisés dans les formations non incendiées à proximité des parcelles d'observations et serviront de référentiel.

4. Résultats

Pour les quatre groupements forestiers un tableau phytoécologique basé sur la moyenne pondérée du coefficient d'abondance dominance est élaboré et sera comparé avec les groupements forestiers non incendiés.

4-1. Groupement du Pin d'Alep pur

Ce groupement occupe plus de 70 % des forêts de la région et constitue un écosystème adapté aux conditions climatiques marquées par l'aridité. Il subit une forte pression anthropique (coupe, parcours et incendies) et reste soumis en permanence au risque incendie. Son évolution régressive avec une nette dominance des formations basses dès qu'il est incendié comme le montre les observations suivantes.

Tableau 2 : Relevés phytocéologiques moyens du *Pinetum halepensis* avant et après incendie

| Numéro des relevés | Référence | 2010 | 2015 |
|-------------------------------|-----------|------|------|
| Strate arborescente | | | |
| <i>Pinus halepensis</i> | 3.3 | 1.1 | 1.1 |
| Strate arbustive | | | |
| <i>Quercus rotundifolia</i> | 2.1 | 2.2 | 3.2 |
| <i>Pistacia lentiscus</i> | 1.1 | 1.1 | 2.2 |
| Strate buissonnante | | | |
| <i>Pinus halepensis</i> | + | 2.2 | 3.2 |
| <i>Quercus rotundifolia</i> | + | 1.1 | 2.1 |
| <i>Calycotom villosa</i> | + | 2.1 | 2.1 |
| <i>Quercus coccifera</i> | 2.1 | 1.1 | 1.1 |
| <i>Pistacialentiscus</i> | 1.1 | 2.2 | 2.2 |
| <i>Phillyrea angustifolia</i> | 1.1 | 2.1 | 2.1 |
| <i>Stipa tenacissima</i> | 2.1 | 1.1 | 1.1 |
| <i>Genista quadriflora</i> | 2.1 | 1.1 | 2.1 |
| <i>Cistus villosus</i> | 1.1 | 2.2 | 3.2 |
| <i>Chamerops humilis</i> | 1.2 | + | 1.1 |
| Nombre d'espèces | 11 | | |

15 ans après incendie le groupement à pin d'Alep voit sa composition est caractérisée par la forte présence de la strate buissonnante où dominent *Pinus halepensis* (stade semis fourré), *Quercus rotundifolia*, *Pistacia lentiscus* et *Cistus villosus*. C'est surtout les espèces qui rejettent de souche qui présentent le meilleur taux de recouvrement et d'accroissement en hauteur imposant la strate sous arbustive dans la physionomie.

4-2. Groupement du Pin d'Alep et Thuya

C'est un groupement localisé dans les versants sud, le thuya est faiblement représenté et ne forme dans la zone que très rarement des peuplements. Le thuya ne s'impose que les premières années après incendie puis qu'il a la faculté de rejeté de souche et présente un accroissement intéressant.

Tableau 3 : Relevés phytocologiques moyens du *Pinetum halepensis* avec *Tetraclinis articulata* avant et après incendie

| Numéro des relevés | Référence | 2010 | 2015 |
|------------------------------|-----------|------|------|
| Strate arborescente | | | |
| <i>Pinushalepensis</i> | 3.2 | + | + |
| <i>Tetraclinisarticulata</i> | + | 1.1 | 2.1 |
| Strate arbustive | | | |
| <i>Tetraclinisarticulata</i> | 2.1 | 1.1 | 2.2 |
| <i>Juniperusoxycedrus</i> | 2.1 | + | 1.1 |
| <i>Pistacialentiscus</i> | 1.1 | 1.1 | 2.2 |
| <i>Phillyreaangustifolia</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| Strate buissonante | | | |
| <i>Pinushalepensis</i> | + | 1.1 | 2.1 |
| <i>Tetraclinisarticulata</i> | + | 1.1 | 2.1 |
| <i>Juniperusoxycedrus</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| <i>Pistacialentiscus</i> | + | 1.1 | 2.1 |
| <i>Phillyreaangustifolia</i> | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| <i>Ampelodesmamauritani.</i> | + | + | 1.1 |
| <i>Stipa tenacissima</i> | 1.1 | + | + |
| <i>Calycotomesp.</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| <i>Genistaquadriflora</i> | 3.3 | 1.1 | 2.1 |
| <i>Cistusvillosus</i> | + | 1.1 | 2.1 |
| <i>Chamerops humilis</i> | 2.2 | + | 1.1 |
| Nombre d'espèces | 12 | | |

Le pin d'Alep après incendie a des difficultés à se développer et seul quelques semis se développent quand les graines sont carbonisées. Au même titre que le groupement à pin d'Alep pur, seules les espèces qui rejettent de souche comme le *Tetraclinis articulata*, *Pistacia lentiscus*, *Genista* et *Calycotome* arrivent à occuper un taux de recouvrement de l'ordre de 40 %. Les espèces pyrophytes comme les cistes occupent une place importante. Les espèces ralenties par le feu sont le *Chamaerops humilis* et *Stipa tenacissima*. La physionomie de la végétation reste imposée par le thuya et le lentisque au niveau de la strate arbustive avec un recouvrement de l'ordre de 20 %. Les mêmes résultats dans la région de Saida : « Après incendie, le thuya arrive à se développer et reconstituer son groupement végétal, quelles que soient les conditions climatiques et les pressions anthropozoogènes qui s'y exercent » [5]. Dans son étude sur la dynamique phytocologique du thuya de Berbérie montre que cinq ans après l'incendie, la régénération de la végétation est remarquable [13].

4-3. Groupement du *Pinus halepensis* et *Quercus rotundifolia*

Le pin d'Alep et le chêne vert constituent un groupement intéressant écologiquement en étage semi-aride en matière de taux de recouvrement du sol, la strate arbustive et sous arbustive reste généralement dominée par le *Quercus rotundifolia* et le *Quercus coccifera* en taillis avec un recouvrement dépassant les 25 % et joue un rôle important dans la préservation de cet écosystème.

Tableau 4 : Relevés phytocologiques moyens du *Pinetumhalepensis* avec *Quercusrotundifolia* avant et après incendie

| Numéro des relevés | Référence | 2010 | 2015 |
|------------------------------|-----------|------|------|
| Strate arborescente | | | |
| <i>Pinushalepensis</i> | 2.1 | . | . |
| <i>Quercus rotundifolia</i> | + | . | . |
| <i>Juniperusphoenicea</i> | 1.1 | + | + |
| Strate arbustive | | | |
| <i>Juniperusoxycedrus</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| <i>Quercus rotundifolia</i> | 2.1 | 2.1 | 3.1 |
| <i>Pinushalepensis</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| <i>Quercus coccifera</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| <i>Pistacialentiscus</i> | 1.1 | 2.1 | 2.2 |
| Strate buissonnante | | | |
| <i>Genistacinerea</i> | + | 1.1 | 1.1 |
| <i>Phillyreaangustifolia</i> | + | + | 1.1 |
| <i>Stipa tenacissima</i> | 2.2 | + | + |
| <i>Genistaquadriflora</i> | + | . | |
| <i>Cistusvillosus</i> | 1.1 | 2.2 | 3.2 |
| <i>Chamaerops humilis</i> | + | + | + |
| Nombre d'espèces | 12 | | |

Après incendie le pin d'Alep ne domine plus dans les trois strates et ce n'est qu'à partir de la 15^{ème} année après incendie qu'il arrive à représenter le 1/4 de la strate arbustive. Le Chêne vert, le chêne kermes, le lentisque et le genévrier oxycèdre sont les espèces qui se développent le plus dès la 10^{ème} année. Ce groupement voit sa strate arborescente disparaître même 15 ans après incendie ; c'est le groupement qui présente le moins d'espèces pérennes ligneuses vu la concurrence imposée par les espèces qui rejettent de souche et qui sont nombreuses. Après incendie et dès la 5^{ème} année c'est le groupement qui présente la meilleure reprise à travers une dizaine d'espèces.

4-4. Groupement du *Quercus rotundifolia*

Sa superficie est restreinte dans la zone, il n'est que rarement seul mais accompagné par *Juniperus oxycedrus*, *Quercus coccifera* et *Arbutus unedo*. Ces trois espèces avec leur capacité de résistance aux pressions anthropiques et leur rejet de souche arrivent à imposer une physionomie et une composante jouant un rôle déterminant dans la préservation de cet écosystème.

Tableau 5 : Relevés phytocologiques moyens du *Quercetum illicis* avant et après incendie

| Numéro des relevés | Référence | 2010 | 2015 |
|------------------------------|-----------|------|------|
| Strate arborescente | | | |
| <i>Juniperusoxycedrus</i> | 1.1 | + | + |
| <i>Pinushalepensis</i> | + | + | + |
| Strate arbustive | | | |
| <i>Quercus rotundifolia</i> | 3.3 | 2.1 | 2.2 |
| <i>Juniperusoxycedrus</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| <i>Pistaciaterebinthus</i> | 1.1 | 1.1 | 2.1 |
| <i>Phillyreaangustifolia</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| <i>Arbutusunedo</i> | 1.1 | 1.1 | 2.1 |
| <i>Quercus coccifera</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| Strate buissonnante | | | |
| <i>Quercus coccifera</i> | + | + | 1.1 |
| <i>Quercus rotundifolia</i> | + | 1.1 | 2.1 |
| <i>Pistacialentiscus</i> | + | 1.1 | 2.1 |
| <i>Ampelodesmamauritani.</i> | 3.1 | + | 1.1 |
| <i>Chamaerops humilis</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| <i>Genistaerioclada</i> | 3.2 | 1.1 | 2.2 |
| <i>Cistusvillosus</i> | 3.3 | 2.1 | 2.2 |
| <i>Genistaquadriflora</i> | 2.1 | 2.1 | 2.1 |
| <i>Genistacinerea</i> | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| <i>Stipa tenacissima</i> | 1.1 | + | + |
| Nombre d'espèces | 14 | | |

Le nombre élevé d'espèces pyrophyte est important ce qui explique que dès la 5^{ème} année après incendie le taux de recouvrement de la strate sous arbustive est important et dépasse les 60 % ce qui permet à cet écosystème de se régénérer rapidement comparé aux groupements précédents. Les espèces les plus actives dans la dynamique végétale après incendie sont *Quercus rotundifolia*, *Arbutusunedo* et *Quercus coccifera* pour la strate arbustive qui est dominante et contribue à la pérennité de cet écosystème après incendie dès la 5^{ème} année.

4-5. Groupement à Oléolenstisque

C'est un groupement de dégradation des quatre groupements précédents ; il constitue le stade le plus adapté aux conditions du milieu et surtout aux incendies et aux pressions anthropiques (coupe et surpâturage). C'est une formation basse qui joue un rôle écologique de premier ordre en maintenant une végétation à dominance feuillue et donc assez résistante au départ de feux.

Tableau 6 : Relevés phytoécologiques moyens de l' *Oleolenticetum* avant et après incendie

| Numéro des relevés | Référence | 2010 | 2015 |
|------------------------------|-----------|------|------|
| Strate arborescente | | | |
| <i>Juniperusoxycedrus</i> | + | + | + |
| <i>Pinushalepensis</i> | 1.1 | + | + |
| Strate arbustive | | | |
| <i>Oleauropea</i> | 1.1 | 2.1 | 2.2 |
| <i>Quercus coccifera</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| <i>Quercus rotundifolia</i> | + | 1.1 | 1.1 |
| <i>Juniperusoxycedrus</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| <i>Pistacialentiscus</i> | 2.1 | 1.1 | 2.2 |
| <i>Phillyreaangustifolia</i> | 2.2 | + | 1.1 |
| Strate buissonnante | | | |
| <i>Oleauropea</i> | 2.1 | 1.1 | 2.2 |
| <i>Quercus coccifera</i> | 1.1 | 1.1 | 2.1 |
| <i>Chamaerops humilis</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| <i>Pistacialentiscus</i> | 2.1 | 1.1 | 2.1 |
| <i>Genistaspartioides</i> | 1.1 | + | + |
| <i>Cistusvillosus</i> | 3.3 | 2.2 | 2.2 |
| <i>Cistussericeus</i> | 1.1 | 2.2 | 2.2 |
| <i>Stipa tenacissima</i> | 3.2 | + | 1.1 |
| <i>Genistatricuspidata</i> | + | + | 1.1 |
| <i>Calycotomspinosa</i> | 1.1 | + | 1.1 |
| Nombre d'espèces | 16 | | |

Le groupement comprend le plus grand nombre d'espèce résistantes aux incendies vu leur réaction 5 ans après surtout au niveau de la strate sous arbustive. Les 4 principales espèces qui contribuent le plus à la régénération de la végétation pérenne 5 ans après incendie sont présentes au niveau de la strate arbustive et sous arbustive *Oleauropea*, *Cistusvillosus* et *sericeus*, *Quercus coccifera* et *Pistacialentiscus* secondées par d'autres aussi intéressantes comme *Stipa tenacissima* et *Genista*.

5. Conclusion

Les résultats obtenus à travers les relevés phytoécologiques réalisés dans les parcelles incendiées dans les 5 groupements forestiers 5 et 10 ans après incendie et comparés avec la végétation non incendiée permettent les observations suivantes :

- A la 5^{ème} année après incendie c'est les espèces de la strate sous arbustive qui dominent et imposent une physionomie et une composition assez proche pour les 5 formations forestières
- Les espèces qui montrent la régénération la plus rapide au niveau de la strate sous arbustive sont au nombre de 6 : *Quercus rotundifolia*, *Quercus coccifera*, *Pistacialentiscus*, *Oleauropea* et *Phyllireaangustifolia*.
- D'autres espèces jouent également un rôle de protection du sol important par leur taux de

recouvrement du sol la 5^{ème} année après incendie sont : *Calycotomespinosa*, *Cistusvillosus* et *secciceus*, *Genistatricuspidata* et *Chamaerops humilis*.

- La strate arbustive ne commence à s'imposer et jouer un rôle déterminant dans la composition floristique et la physionomie des formations forestières qu'à partir de la 10^{ème} année. Les espèces concourant à cette option sont au niveau des 4 premières formations sont au nombre de 6 : *Quercus rotundifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Arbutus unedo*, *Quercus coccifera*, *Phyllirea angustifolia* et *Juniperus oxycedrus*.

Les résultats obtenus confirment que l'incendie agit sur le dynamisme végétal et constitue un facteur important de perturbation des formations végétales dans les monts de Dhaya. Les résultats obtenus confirment ceux de [14, 15] relatifs aux espèces pyrophytes comme *Quercus*, *Arbutus*, *Cistus*, *Pinus* auxquelles il faut ajouter *Stipa tenacissima*, *Pistacia lentiscus*, *Phyllirea angustifolia*, *Chamaerops humilis*. Après incendie toute la végétation est détruite et ce n'est qu'à la quatrième année que la strate buissonnante commence à se développer avec un taux de recouvrement avoisinant les 70 % où dominent les espèces pyrophytes et les espèces rejetant de souche [16]. Cette étude a mis en valeur le rôle joué par quelques espèces face aux incendies en étage bioclimatique semi-aride dans les 5 formations forestières les plus dominantes. Les résultats obtenus peuvent servir de référentiel pour proposer des opérations sylvicoles et d'aménagement et confirment également le rôle déterminant que jouent les formations basses forestières dans le domaine surtout écologique (gestion des eaux, de la diversité biologique et de la préservation du taux de couverture du sol).

Références

- [1] - M. BERRICHI, K. BENABDELI & N. LETREUCH-BELAROUCI, Feux de forêts en Algérie : entre points de vue des écoliers et politique de la prévention. *Revue Mediterranea*, Époque II N°24 (2013) 132-159.
- [2] - DIRECTION GENERALE DES FORETS, Bilan des incendies de forêts depuis l'indépendance de l'Algérie (1962-2012). www.djazair50.dz (2012)
- [3] - Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (2003). Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement. 465 p.
- [4] - K. BENABDELI, Rétrospectives sur quelques espèces forestières et pré-forestières intéressantes des zones arides mais ignorées en Algérie. Séminaire International sur la préservation et le développement des espèces ligneuses des zones arides. Université de Mascara 29 et 30 mai 2012 (2012).
- [5] - AMT. ARAFA, Les incendies de forêt en Algérie : Stratégies de prévention et plans de gestion. Mémoire de magister, université de Constantine, N° d'ordre : 013/SN/2008, 115 p. (2008).
- [6] - A. H. BORSALI, K. BENABDELI & R. GROS, Dynamique structurelle de la végétation en zone semi-aride : cas de la forêt de Fénouane (monts de Saida, Algérie occidentale) *Afrique SCIENCE 10(2) (2014) 419 - 433* ISSN 1813-548X (2014), <http://www.afriquescience.info>.
- [7] - F. FARAOUN, Cartographie et caractérisation physico-chimique des sols de la plaine de Sidi Bel Abbés (Algérie occidentale) *Revue Afrique Science*, Vol.6, N°3 (2010), <http://www.afriquescience.info/document.php?id=1922>. ISSN 1813-548X.
- [8] - B. KADIK, Etude des facteurs régissant la régénération naturelle du pin d'Alep dans le massif des Senalba (Atlas saharien). *Ann. rech. forest. alg.*, 1 (1986) : 64-83.
- [9] - C. ALCARAZ, La végétation de l'ouest algérien. Thèse de doctorat, université de Perpignan, France, 415 p. (1982).
- [10] - O. M'HIRIT, La forêt méditerranéenne : espace écologique, richesse économique et bien social. *Unasyuva*, 197 (50) (1999).

- [11] - K. BENABDELI, Impacts socio-économiques et écologiques de la privatisation des terres sur la gestion des espaces et la conduite des troupeaux : cas de la commune de Télagh (Sidi Bel Abbes- Algérie). *Revue Options méditerranéennes* n° 32 (1996) : 185-194.
- [12] - J. BRAUN-BLANQUET, *Pflanzensoziologie*. 3. ed. Wien: Springer, (1964).
- [13] - M. TERRAS, K. BENABDELI & A. LABANI, Dynamique phytoécologique du Thuya de Berberie face à l'incendie. *Revue forêt méditerranéenne* t. XXIX, n° 1 (2008) : 33-42.
- [14] - L. TRABUT, 1 970. Quelques valeurs et observations sur la phyto-dynamique des surfaces incendiées dans le Bas Languedoc. *Nat. Mons., sér. bot.*, 21 (1970) : 231-242.
- [15] - G. KUHNHOLTZ-LORDAT, *La terre incendiée. Essai d'agronomie comparée*. La maison carrée, Nîmes, 361 p. (1938).
- [16] - K. BENABDELI, *Aspects physionomico-structuraux de la végétation ligneuses forestière face aux pressions anthropozoogènes dans les monts de Dhaya et les monts de Tlemcen*. Thèse de doctorat, université d'Aix-Marseille III, 263 p. (1996).