



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

Université ABBES LAGHROUR -KHENCHELA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Écologie et Environnement

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme deMASTER

Filière: Écologie et Environnement

Option: Protection des écosystèmes

Thème

Bilan des feux de forêt dans la wilaya de Khenchela
Analyse de l'année 2017

Présenté et soutenu par :

Le /06/2018

NouarMadjda

Jury d'évaluation :

Président : DIB.

Maître assistant A Université Abbes Laghrou

Examineur : MEZHOUD

Maître assistant A Université Abbes Laghrou

Encadreur : BENSOUICI

Maître assistant A Université Abbes Laghrou

Promotion : 2017/2018

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail ; fruit de plusieurs années de travail et de patience.

*À mon père **Nouar noureddine** qui grâce à lui je suis arrivé à franchir toutes les étapes les plus importantes de ma vie.*

*À la bougie qui a éclairé mon chemin depuis ma naissance, à celle dont j'ai prononcé le premier mot, source de ma vie et de mon bonheur, à ma mère **Nouar naziha** que Dieu la protège.*

*À ma sœur et mes frères : **Dounia, Tarek, Djaber, Ilyes.***

À toute ma grande famille :

Nouar nacer, Nouar laid, Nouar zoulikha, Nouar leila, Nouar abla, Oualdamar mourad , kahina, anis aghilas , ayoub ,maria

À tous les amis et les collègues et tous ceux qui avec j'ai partagé les meilleurs moments.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements et ma sincère reconnaissance à :

Dieu Le Tout Puissant qui m'a donné la foi, qui m'a guidé durant toute ma vie et qui m'a donné la volonté et la patience pour la réalisation de ce modeste travail et durant le long de mon cursus éducatif.

*Mes sincères remerciements vont à l'égard de mon encadreur, madame **Bensouici Karima** ayant accepté de diriger mon travail, pour sa disponibilité, ses remarques et ses conseils fructueux, qu'elle trouve ici toutema gratitude.*

*J'exprime vivement mes sincères remerciements aux membres du jury : **M. Dib dounia** pour avoir accepté de présider le jury de soutenance ainsi que **M. Mezhoud amel** pour l'honneur d'examiner ce travail.*

A tous mes enseignants qui nous ont initiés aux valeurs authentiques, en signe de mon profond respect.

*Mes remerciements vont également aux cadres du service des forêts notamment à **Ms. Koraich i. M, Ms. Ounissi, Ms. khalout .Y** qui ont mis à ma disposition toutes les informations disponibles pour la réalisation de ce mémoire.*

*A **Ms. Anser Abdelkarim** pour avoir traité mon mémoire.*

LISTE DES Tableaux

| | | |
|--------------------|---|-----|
| Tableau01: | Origines des incendies de forêts dus à des causes humaines involontaires.... | 10. |
| Tableau02: | l'effet de la température sue le sol..... | 13 |
| Tableau03 : | Moyennes mensuelles des températures maximales(M) et minimales(m) relevées dans la station de Foum El-Gueiss (1995-2015)..... | 20 |
| Tableau04: | Données pluviométriques mensuelles moyennes dans la station de Foum El-Gueiss (1995-2015)..... | 21 |
| Tableau05: | Répartition des pluies selon les saisons dans la station de Foum El-Gueiss (1995-2015) | 21 |
| Tableau06: | Bilan final des incendies des forêts de la wilaya de kenchela période 1985-2017..... | 25 |
| Tableau07 : | Répartition mensuelle des incendies suivant les formations végétales pendant l'année 2017..... | .29 |
| Tableau 08: | Fréquence des incendies suivant les tranches horaires..... | 30 |
| Tableau09: | Superficies incendiées par espèce..... | 32 |
| Tableau10: | Répartition des foyers incendies suivant importance de leurs superficies..... | 33 |

LISTES DES FIGURES

| | |
|-------------------|--|
| Figure 01: | Le triangle du feu02 |
| Figure 02: | Les trois modes de transfert de07 |
| Figure 03: | Superficies incendiées dans la wilaya de Khenchela (1985-2017).....27 |
| Figure 04: | Nombre de foyers incendiés dans la wilaya de Khenchela (1985-2017)27 |
| Figure 05: | Fréquence mensuelle des incendies pendant l'année 2017.....28 |
| Figure 06: | Fréquence des incendies selon les mois et les formations végétales pendant l'année 2017.....29 |
| Figure 07: | Fréquence des incendies suivant les jours de la semaine.....30 |
| Figure 08: | Classement des foyers d'incendies par tranches horaires.....31 |
| Figure 09: | des superficies incendiées Durée moyenne31 |
| Figure10 : | Répartition de la superficie incendiée par espèce.....32 |
| Figure11 : | Classement des foyers d'incendies par importance de superficies brulées.....33 |
| Figure12: | Classement des foyers des incendies par catégorie de cause.....34 |

LISTE DES photographies

| | |
|------------------------|------------------------|
| Photographie 01 | Feux de sol.....08 |
| Photographie 02 | Feux de surface.....08 |
| Photographie 03 | Feux de cime09 |

Dédicaces

Remerciements

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photographies

Table des matières

Introduction1

Chapitre I : Notions de pyrologie forestière

| | |
|---|----------|
| 1.La pyrologie forestière..... | 2 |
| 1.1.Les processus de combustion..... | 2 |
| 1.1.1.Le combustible | 2 |
| 1.1.2.Le comburant | 3 |
| 1.1.3.La source de chaleur..... | 3 |
| 1.2.Les caractéristiques des incendies de forêts..... | 3 |
| 1.2.1.Le comportement du feu..... | 3 |
| 1.2.2.Caractéristiques du combustible..... | 4 |
| 1.2.2.1.La nature du combustible | 4 |
| 1.2.2.2.La grosseur et la forme d'un combustible | 4 |
| 1.2.2.3.La disposition des combustibles | 4 |
| 1.2.2.4.La compacité des combustibles | 5 |
| 1.2.2.5.Les propriétés chimiques des combustibles | 5 |
| 1.2.2.6.La teneur en humidité des combustibles | 5 |
| 1.3.Les facteurs qui influencent l'origine des feux de forêt | 5 |
| 1.3.1.Les facteurs de prédisposition..... | 5 |
| 1.3.2.L'occupation d'espace | 5 |
| 1.4.La propagation d'un feu de forêt | 6 |
| 1.4.1.Mécanisme de propagation d'un feu de forêt..... | 6 |
| 1.4.2.Mode de transfert de la chaleur | 6 |
| 1.4.2.1.Transmission par conduction..... | 6 |
| 1.4.2.2.Transmission par rayonnement thermique | 6 |
| 1.4.2.3.Transmission par convection | 6 |

| | |
|--|-----------|
| 1.5. Les facteurs qui influencent la propagation des feux de forêt..... | 7 |
| 1.5.1. Influence de la végétation | 7 |
| 1.5.1.1. Les différents types de feu..... | 7 |
| 1.5.2. Le vent..... | 9 |
| 1.5.3. La topographie | 10 |
| 1.6. Les causes des feux de forêts | 10 |
| 1.6.1. Les causes naturelles..... | 10 |
| 1.6.2. Les causes humaines | 10 |
| 1.6.2.1. Les causes humaines involontaires..... | 10 |
| 1.6.2.2. Les causes humaines volontaires | 11 |
| 1.7. Impact des incendies sur les hommes, les biens et les activités..... | 11 |
| 1.8. Impact des incendies sur l'environnement | 12 |
| 1.8.1. Impacts du feu sur le sol | 12 |
| 1.8.2. Impact du feu sur la végétation..... | 13 |
| 1.9. Dégâts écologiques | 14 |

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

| | |
|--|-----------|
| 1. Localisation géographique de la zone d'étude..... | 16 |
| 2. Présentation du massif forestier de Ouled Yagoub | 16 |
| 2.1. Localisation géographique et administrative..... | 16 |
| 2.2. Analyse du milieu physique..... | 16 |
| 2.2.1. Relief | 16 |
| 2.2.2. Géologie et pédologie | 17 |
| 2.2.3. Réseau hydrographique..... | 17 |
| 2.3. Caractéristiques climatiques | 17 |
| 2.3.1. Précipitations..... | 17 |
| 2.3.2. Température..... | 18 |
| 2.4. Formations forestières | 18 |
| 3. Présentation du massif forestier de Beni Oudjana | 19 |
| 3.1. Localisation géographique et administrative..... | 19 |
| 3.2. Caractéristiques physiques | 19 |
| 3.2.1. Géologie et pédologie | 19 |
| 3.2.2. Réseau hydrographique..... | 19 |
| 3.3. Caractéristiques climatiques | 20 |
| 3.3.1. Température..... | 20 |

| | |
|---|----|
| 3.3.2.Précipitations..... | 21 |
| 3.4.Formations forestières | 21 |
| 3.5. Communautés faunistiques | 22 |
| 4. Présentation du massif forestier de Beni Imloul..... | 22 |
| 4.1. Localisation géographique et administrative..... | 22 |
| 4.2. Caractéristiques du milieu physique | 23 |
| 4.2.1. Relief..... | 23 |
| 4.2.2. Géologie et Pédologie | 23 |
| 4.2.3.Réseau hydrographique | 23 |
| 4.3.Caractéristiques climatiques..... | 23 |
| 4.4.Formations forestières | 24 |

Chapitre III :Analyse des bilans des incendies dans la wilaya de Khenchela

| | |
|---|----|
| 1.Bilan des incendies de forêts dans la wilaya de Khenchela depuis 1985 jusqu'à 2017..... | 25 |
| 2.Bilan des incendies dans la wilaya de Khenchela pendant l'année 2017..... | 28 |
| 2.1. Fréquence mensuelle des incendies de forêts | 28 |
| 2.2.Répartition des incendies suivant les formations végétales | 28 |
| 2.3. Fréquence des incendies suivant les jours de la semaine | 29 |
| 2.4. Fréquence horaire des incendies de forêt | 30 |
| 2.5. Durée moyenne des surfaces incendiées | 31 |
| 2.6. Répartition des incendies par type d'essences | 32 |
| 2.7. Répartition des foyers d'incendies suivant l'importance de la superficie brulée .. | 33 |
| 2.8. Répartition des incendies par catégories de causes | 34 |
| 2.9. Evaluation des pertes causées par les incendies..... | 34 |

Chapitre IV: Prévention et moyens de lutte contre les incendies de forêt

| | |
|---|----|
| 1.La prévention ou la lutte préventive..... | 35 |
| 1.1. Information et sensibilisation du public | 35 |
| 1.2. Le respect de la réglementation..... | 35 |
| 1.3. Travaux d'aménagement de sylviculture et d'entretien de la forêt | 36 |

| | |
|---|-----------|
| 2.La surveillance, la détection et l’alerte | 36 |
| 2.1. Les postes vigies | 36 |
| 2.2. Les brigades forestières mobiles (guet terrestre mobile) | 36 |
| 3.Moyens de lutte contre les incendies de forêt..... | 36 |
| 4.Moyens mis en œuvre pour lutter contre les feux de forêt dans la wilaya de Khenchela | 37 |
| Conclusion | 39 |
| Références bibliographiques..... | 41 |

Comme dans beaucoup d'autres pays méditerranéens, le patrimoine forestier en Algérie fait l'objet de multiples atteintes et agressions, dont principalement les feux favorisés par l'extrême inflammabilité des essences forestières méditerranéennes durant l'été, les conditions climatiques du pays, les étés secs, chauds et prolongés, la pluviosité déficiente et mal répartie, la mentalité et les habitudes des populations indigènes qui vivent à leur contact.

Ce phénomène semble prendre de l'ampleur d'année en année et ravage plusieurs milliers d'hectares de surfaces boisées. La surface parcourue annuellement par le feu varie entre 20.000 et 30.000 hectares (**MISSOUMI ET TADJEROUNI., 2003**). Les conséquences de ce risque sont préjudiciables en termes de composantes sociales, économiques et environnementales.

La forêt Algérienne, actuellement fragile, a besoin d'être protégé contre ce fléau qui menace depuis toujours nos forêts et qui ne cesse de s'accroître. A cet égard, plusieurs mesures ont été prises par les services forestiers, qui ont utilisé des moyens forts et onéreux en vue de protéger nos forêts contre toute forme de dégradation notamment les incendies. Les forêts comme c'est bien connu, présentent de nombreux atouts en rapport avec leur grande diversité biologique et leur impact sur l'équilibre socioéconomique du pays.

La forêt de Khenchela possède un potentiel forestier énorme avec une superficie de 187,611 hectares. Malheureusement, et comme toutes les forêts algériennes elle n'a pas été épargnée des incendies. L'année 2012 a été pour cette région sans doute, une année catastrophique concernant les surfaces ravagées par les feux. L'Agence spatiale algérienne (ASA) a estimé, 15.000 hectares de la superficie consumée par le feu. Par ailleurs, l'année 2017 a enregistré un nombre de foyers très important.

Nous nous sommes intéressés dans une première partie à récolter les données des feux de forêts auprès des services forestiers de la wilaya, sous forme de bilans mensuels sur une période de 33 ans (1985-2017). La deuxième partie a fait l'objet d'une analyse des incendies de forêt pendant l'année 2017 sur les trois massifs de cette région à savoir les massifs d'OuledYagoub, de Beni Oudjana et de Beni Imloul.

Ce travail est scindé en quatre chapitres

- * Chapitre I : Notions de la pyrologie forestière
- * Chapitre II : Présentation de la zone d'étude
- * Chapitre III: Analyse du Bilan des incendies de Forêt Au niveau de la wilaya de Khenchela.
- * Chapitre IV : Prévention et moyens de lutte contre les incendies de forêt

Chapitre I

1. La pyrologie forestière

La pyrologie forestière est la science qui a pour but d'étudier le phénomène des feux de forêts ainsi que leurs propriétés. Elle a pour objectifs principaux :

- L'explication des processus de combustion
- La description des caractéristiques propres aux incendies de forêts
- L'étude des facteurs qui influencent leur origine et leur développement (**TRABAUD., 1979**).

1.1. Les processus de combustion

La combustion est une réaction chimique au cours de laquelle un combustible (ou carburant) est oxydé par un comburant (dioxygène, halogènes,...) avec un grand dégagement d'énergie calorifique (chaleur). Pour qu'un incendie se déclare, il faut simultanément du combustible, du comburant et une source d'énergie ou de chaleur. C'est ce que l'on appelle « triangle du feu » (**fig. 01**). L'absence d'un des trois éléments de ce triangle empêche le déclenchement de la combustion (**RAMADE., 1992**).

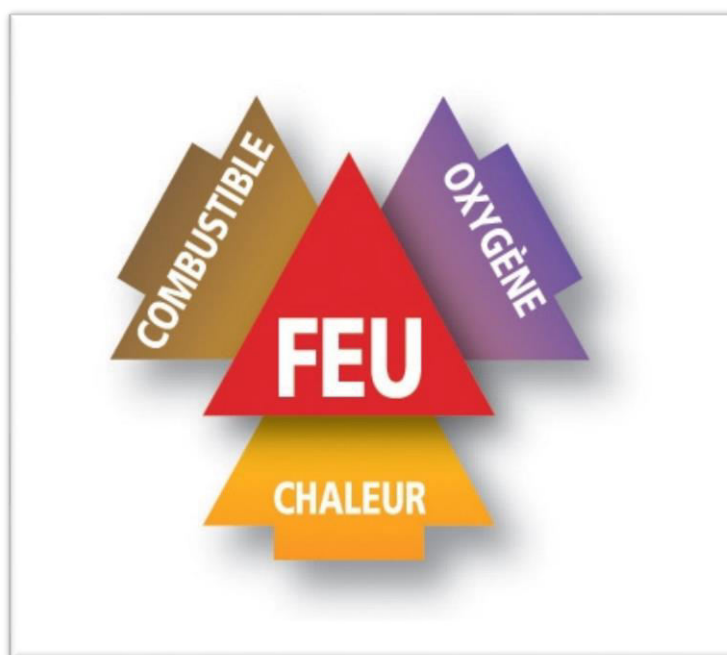


Figure 01 : Le triangle du feu (**MEDD., 2002**)

1.1.1. Le combustible

Un combustible est toute substance susceptible de brûler, c'est-à-dire pouvant être partiellement ou totalement détruite par le feu. Les solides et les liquides ne brûlent pas en

tant que tels. Ce sont les gaz et les vapeurs qu'ils émettent qui brûlent. Dans la pyrologie forestière quatre parties ou strates sont pris en considération.

* **La litière** : très inflammable, elle est à l'origine d'un grand nombre de départ de feu, difficile à détecter, car se consumant lentement.

* **La strate herbacée** : d'une grande inflammabilité, le vent peut y propager le feu sur des 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, elle permet cependant la propagation des flammes lorsqu'elle est atteinte : ce sont les feux de cimes (GAETAN., 2007).

1.1.2. Le comburant

Un comburant 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 (CARBONNELL *ET AL.*, 2004). Il existe de multiples autres comburants (halogènes, soufre, phosphore) ; si l'oxygène est le comburant, sa concentration diminue très rapidement dans l'atmosphère (par phénomène de consommation oxydative) et expose des victimes au risque asphyxique. Il faut que le pourcentage en volume d'oxygène restant présent dans l'air soit supérieur à 15,75%. Pour que les braises se consomment, il faut qu'il soit supérieur à 10,5% (CEMEGREF., 1989).

1.1.3. La source de chaleur

La source de chaleur apporte l'énergie d'activation nécessaire au démarrage de la réaction chimique de combustion ; au cours d'un incendie, la chaleur produite par le feu lui-même est responsable de l'auto-entretien de cette réaction.

1.2. Les caractéristiques des incendies de forêts

1.2.1. Le comportement du feu

Le comportement du feu, c'est la façon dont :

- le combustible s'enflamme ;
- les flammes se développent ;
- le feu se propage et prend les caractéristiques gouvernées par l'interaction des combustibles, des conditions météorologiques et de la topographie (MERRILL *ET AL.*, 1987).

1.2.2. Caractéristiques du combustible

Afin de prévoir le comportement qu'aura un incendie dans des conditions données, six caractéristiques des combustibles sont analysés : la nature, la grosseur et la forme (dimension), la disposition, la compacité, les propriétés chimiques et la teneur en humidité (ARFA., 2006).

1.2.2.1. La nature du combustible

Les espèces qui constituent les écosystèmes forestiers s'enflamment par ordre de combustibilité, les résineux et les feuillus. Les canadiens regroupent les matériaux forestiers en trois catégories suivant leur combustibilité :

- **Combustibilité critique** : ce sont les combustibles susceptibles de s'enflammer facilement comme les feuilles mortes, strate herbacée.
- **Combustible lents** : ce sont les combustibles qui brûlent lentement à cause de leur taille, leur épaisseur, leur structure ou leur disposition, comme les chicots, billots, souche, arbre morts.
- **Les matériaux verts** : ce sont les végétaux vivants caractérisés par une certaine teneur en humidité. Ils permettent de retarder plus ou moins la propagation du feu (GAETAN., 2007).

1.2.2.2. La grosseur et la forme d'un combustible

La taille du combustible joue un rôle important dans l'inflammabilité et la combustibilité. D'une façon générale, les combustibles les plus fins ont tendance à s'enflammer rapidement, par contre les combustibles de diamètre important ne s'enflamment pas rapidement. Delà la strate herbacée, constituée généralement de combustibles fins, leur inflammabilité est très élevée. La strate des ligneux bas et des ligneux hauts sont respectivement d'une inflammabilité moyenne et faible. L'inflammabilité et la combustibilité, deux notions essentielles pour une connaissance parfaite du mécanisme de propagation des incendies. Ces deux paramètres sont utilisés pour une meilleure prévision des risques d'incendies (ARFAET AL., 2006).

1.2.2.3. La disposition des combustibles

La combustibilité est corrélée à la structure du peuplement et à sa composition, elle permet d'évaluer la part du risque liée à la puissance atteinte par le feu. La structure du combustible correspond à sa distribution horizontale et verticale dans l'espace. Elle aura une incidence sur la vitesse de propagation et sur l'intensité du feu si la distribution des combustibles est verticale. Elle aura cependant une incidence sur la vitesse de propagation, sur la catégorie de feu et sur l'intensité lorsque la distribution des combustibles est horizontale (JAPPIOT ET AL., 2002).

1.2.2.4. La compacité des combustibles

La compacité c'est l'espace entre les particules de combustible. Les combustibles à forte compacité ralentissent le transfert de chaleur par convection et par radiation et sèchent moins rapidement alors que les combustibles à faible compacité augmentent l'efficacité de la combustion. À cet égard, la vitesse de propagation est généralement plus lente dans les combustibles à forte compacité et elle est plus rapide dans les combustibles à faible compacité (GAETAN., 2007).

1.2.2.5. Les propriétés chimiques des combustibles

Il s'agit des éléments chimiques contenus à l'intérieur de certains combustibles (principalement les éléments plus volatils ou hydrocarbures) et qui affectent la vitesse de combustion, comme les huiles, les résines, la cire et le goudron (GAETAN., 2007).

1.2.2.6. La teneur en humidité des combustibles

La teneur en eau des combustibles est un facteur ayant une action importante sur la sensibilité des espèces végétales. Un niveau élevé d'humidité ralentira le feu parce que l'énergie produite par la chaleur sera utilisée pour éliminer l'humidité (TRABAUD., 1979).

1.3. Les facteurs qui influencent l'origine des feux de forêt

1.3.1. Les facteurs de prédisposition

Le type de végétation et le climat sont des facteurs importants de prédisposition. Certaines formations végétales sont plus sensibles au feu que d'autres : les landes, maquis et garrigues sont plus vulnérables que les zones forestières. Cette sensibilité s'explique par la différence de composition de ces formations et par les conditions climatiques auxquelles elles sont soumises, en particulier leur teneur en eau (JAPPIO ET AL., 2002).

1.3.2. L'occupation d'espace

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. Cet état est lié d'une part à l'abandon des espaces ruraux qui a pour conséquence la constitution de massif sentiers sans coupures pour les incendies et d'autre part à l'extension des villes et villages jusqu'aux abords des zones boisées (JAPPIO ET AL., 2002).

1.4. La propagation d'un feu de forêt

1.4.1. Mécanisme de propagation d'un feu de forêt

Le feu se propage en consommant des combustibles végétaux tout en étant une source de transfert thermique des zones qui brûlent vers les zones imbrûlées. Il débute principalement au niveau de la litière (couverture morte et herbes sèches) et de la strate herbacée. Il s'amplifie ensuite au contact de la strate arbustive. Le mécanisme de propagation du feu, au niveau du front de feu, est constitué de trois étapes qui font intervenir des mécanismes physiques à différentes échelles :

- La pyrolyse du constituant végétal qui produit un composant gazeux ainsi que la combustion de ce composant gazeux dans la zone en feu.
- Les transferts thermiques émis vers le combustible imbrûlé en avant du front de feu.
- L'absorption de l'énergie reçue par le combustible imbrûlé qui sèche avant de pyrolyser (LEROY., 2007).

1.4.2. Mode de transfert de la chaleur

Le transfert de la chaleur est un processus d'échange d'énergie, entre deux points de l'espace se produisant. Il est assuré par trois voies (Fig. 02) (CARBONNEL *ET AL.*, 2004).

1.4.2.1. Transmission par conduction

La conduction est le résultat de l'agitation moléculaire, elle-même liée à la constitution et à la température du milieu. Elle ne peut donc se produire que dans un support matériel qu'il soit solide, liquide ou gazeux. La chaleur diffuse du corps chaud vers le corps froid (COLIN *ET AL.*, 2001).

1.4.2.2. Transmission par rayonnement thermique

Le rayonnement est un mode de transfert de l'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques se propageant avec ou sans support matériel. Tout corps dont la température absolue est supérieure à 0 °K, soit - 273 °C, émet un rayonnement électromagnétique dont la fréquence est fonction de cette température. La quantité d'énergie transférée d'un corps à un autre par rayonnement augmente avec l'accroissement de la différence de température entre ces deux corps (COLIN *ET AL.*, 2001).

1.4.2.3. Transmission par convection

La convection est le processus de transfert de chaleur prépondérant dans la propagation des incendies de forêt. Liée aux mouvements d'air chaud, dont l'importance augmente avec le vent et la pente, ces mouvements peuvent, en outre, contribuer au transport de particules (KHALID., 2008 ; AMMARI., 2011).

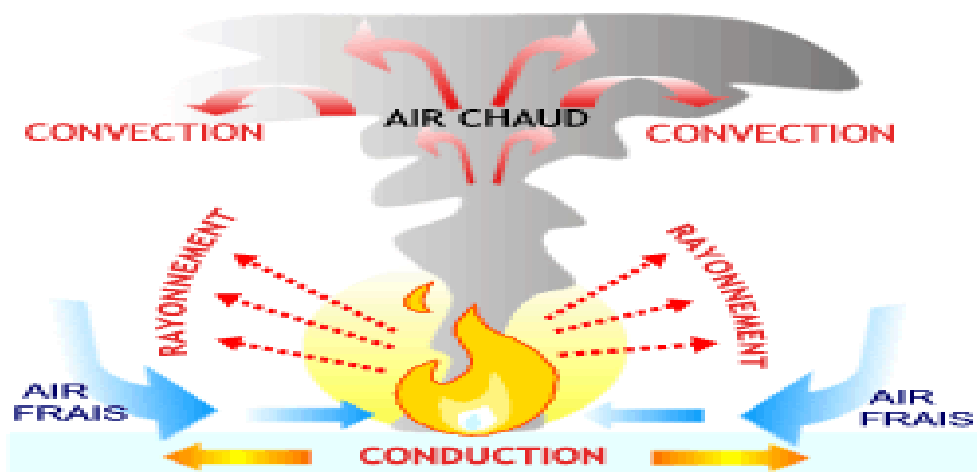


Figure 02 : Les trois modes de transfert de chaleur (FAO et CEMAGREF., 2001)

1.5. Les facteurs qui influencent la propagation des feux de forêt

1.5.1. Influence de la végétation

La végétation permet au feu de se développer et de se propager d'un combustible à l'autre. La hauteur de la végétation accroît la hauteur des flammes et la virulence du feu. Son état de sécheresse et sa densité augmentent respectivement l'inflammabilité et la puissance du feu. Plus la végétation est haute, dense, sèche et continue, plus le feu sera violent et difficile à maîtriser.

1.5.1.1. Les différents types de feu

Selon les caractéristiques de la végétation, le feu peut prendre différentes formes après son éclosion. On distingue trois types de feu de forêt (TRABAUD., 1992)

- **Les feux de sol**

Ce sont des feux qui brûlent sous la surface du sol. Ils consomment à la fois la matière organique constituant la litière et celle constituant l'humus (**photo.01**). Situés sous la litière à la surface du sol de la forêt, ces feux sont souvent difficiles à déceler, lorsqu'ils se propagent dans la couche profonde de l'humus quand la surface est humide. Leur propagation est la plus lente à cause de la rareté en oxygène (FAO ET CEMARGREF., 2001).



Photographie 01 : Feux de sol (FAO et CEMAGREF., 2001)

- **Les feux de surface**

Appelés aussi feux courants, les feux de surface se propagent dans les sous-bois des forêts. Ils brûlent la litière ne consommant que la partie supérieure de la couche morte, la végétation herbacée, les broussailles et les débris végétaux reposant sur le sol (**photo.02**). Ils peuvent avoir comme origine un feu de sol ou se terminer en un feu de sol susceptible de se transformer en un nouveau feu de surface après l'intervention des pompiers (**MEDD., 2002**).



Photographie 02 : Feux de surface (FAO et CERMAGREF., 2001)

- **Les feux de cime**

On qualifie les feux de cime lorsqu'ils sont localisés au niveau des arbres et qu'ils brûlent plus de 90% de celle-ci. Ils se développent généralement au sol, montent le long des arbres en brûlant sur leur passage feuilles, aiguilles et même certaines branches (**photo.03**). Les feux de surface libèrent en général de grandes quantités d'énergie et ont une vitesse de propagation très élevée. Ce sont les ligneux hautes qui assurent la propagation verticale en direction des cimes. Il existe deux types de feu de cime :

Dépendant : lorsque le feu se maintient dans la cime des arbres en raison de la chaleur transportée par la convection du feu de surface.

Roulant : lorsque dans une forêt dense, le feu se développe dans la cime des arbres voisines sous l'action d'un vent fort, indépendamment du feu de surface



Photographie 03 : Feux de cime (FAO et CEMAGREF., 2001)

1.5.2. Le vent

Le vent joue un rôle majeur dans la propagation du feu. Il agit à plusieurs niveaux, en renouvelant l'oxygène de l'air, en réduisant l'angle entre les flammes et le sol et en favorisant le transport de particules incandescentes en avant du front de flammes. L'action du paramètre vent est d'une importance capitale sur la vitesse de propagation du feu. Celle-ci varie entre 1 cm/s et 167 cm/s, vitesse maximale enregistrée pour un feu (**TRABAUD., 1979**).

1.5.3. La topographie

La topographie joue un rôle très important au comportement du feu par l'accélération ou au contraire le ralentissement de la propagation du feu. Dans les montées, sur un versant à forte pente, dans le sens du vent, le feu accélère sa propagation. Alors par contre dans les descentes, il ralentit ; mais il peut se propager sur l'autre versant par des sautes provoquées par le vent. Dans des régions plates, et s'il n'y a pas apparition de foyers secondaires, ni de tourbillons due au vent, l'accélération de la vitesse de propagation d'un feu sous l'influence d'un vent fort est ralentie lorsque la puissance du feu devient assez élevée pour engendrer un puissant courant centripète opposé à la direction de la propagation du feu. Ce phénomène autorégulateur n'apparaît pas quand un feu augmente sa puissance en escaladant un versant. Néanmoins, lors de grosses conflagrations, la topographie n'exerce pas un rôle prédominant sur le comportement du feu (TRABAUD., 1979).

1.6. Les causes des feux de forêts

1.6.1. Les causes naturelles

La foudre est la principale cause d'incendie et l'unique dans le bassin de méditerranéen, ce phénomène est le plus répandu dans la forêt boréale au même temps il est rare en région méditerranéenne environ (CEMAGREF., 1989)

1.6.2. Les causes humaines

1.6.2.1. Les causes humaines involontaires

Les causes humaines involontaires constituent les causes principales des feux de forêts dans le bassin de la méditerranée. Les différentes origines des incendies dus à l'imprudence et aux accidents sont rassemblées dans le tableau 01.

Tableau 01 : Origines des incendies de forêts dus à des causes humaines involontaires (CEMAGREF., 1989)

| Origines des incendies | Exemples |
|------------------------|---|
| Travaux agricoles | - Récolte du miel par fumage, défrichements par labours - Travaux agricoles 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 | Campement |
| Habitations | Feu de jardin, barbecue |

1.6.2.2. Les causes humaines volontaires

- **La pyromanie**

C'est une cause fréquente aux abords des grandes agglomérations. Au plaisir de mettre le feu, s'ajoute celui de voir manœuvrer les colonnes de pompiers. Le plus souvent les auteurs de ces actes sont des personnes responsables et non ou des malades mentaux irresponsables. Cette cause reste cependant limitée.

- **La vengeance**

Les incendies représentent un outil de vengeance suite à une vengeance de chasse contre un propriétaire qui se réserve sa chasse et n'adhère pas à la société de chasse locale, une vengeance d'un chasseur contre la société de chasse qui l'a exclu, une vengeance politique, ou une vengeance contre un propriétaire trop habile à attirer les subventions.

- **L'enjeu politique**

A cause de l'instabilité politique, la forêt peut être utilisée comme un outil de revendication.

- **L'enjeu économique**

Il s'agit d'apporter un gain matériel directe come l'amélioration des pâturages et l'exploitation du bois.

- **L'enjeu social**

Mettre le feu à la forêt peut être un moyen de créer de nouveaux emplois comme la surveillance, la lutte et la réhabilitation de terrains brûlés (CEMAGREF., 1989).

1.7. Impact des incendies sur les hommes, les biens et les activités

Les incendies mettent en danger la vie d'habitants et celle du personnel chargé de la lutte. Ils détruisent aussi des habitations et menacent des lieux très fréquentés, qu'il s'agisse de zones d'activités, de zones urbaines, de zones de tourisme et de loisir ou de zones agricoles. Des équipements divers tels que les poteaux électriques et téléphoniques et les clôtures sont aussi endommagés ou détruits par le feu. Les réseaux de communication sont coupés engendrant

des perturbations économiques et sociales importantes. Dans un bilan économique complet on devrait inclure, au moins en partie le coût de la lutte qui a permis de réduire les pertes (MISSOUMI *ET AL.*, 2001).

1.8. Impact des incendies sur l'environnement

1.8.1. Impacts du feu sur le sol

Le passage du feu agit sur la structure, la composition du sol et les micro-organismes présents.

- **Sur la structure**

Le feu induit une diminution de la stabilité des agrégats conduisant à une structure particulière. Cette transformation entraîne la réduction de la capacité de rétention en eau et du taux d'infiltration de l'eau, la porosité des sols étant comblée par des particules (MOLINA ET LINARES., 1998).

- **.Sur la composition**

Le feu entraîne une minéralisation rapide de la biomasse, des litières et des humus, qui court-circuite le cycle biologique normal, au détriment des décomposeurs de l'écosystème (champignons, bactéries, microfaune). La fertilisation est ainsi réduite à moyen terme, malgré un "coup de fouet" qui se manifeste à très court terme. Le feu provoque également des pertes en minéraux dans l'atmosphère. La matière organique qui brûle libère son azote. D'autres minéraux moins volatils sont entraînés sous forme de très fines particules dans la colonne de convection et sont exportés à plusieurs kilomètres de leur lieu d'origine. Cependant, les cendres provenant de la combustion de la végétation sont à l'origine d'apports en azote, potassium et phosphore, sous des formes assimilables, qui compensent les pertes du sol en ces éléments. Pour les sols superficiels, la capacité d'échanges cationiques est réduite (MOLINA ET LINARES., 1998).

- **.Sur les micro-organismes**

Les microorganismes du sol (microfaune et microflore) sont les moteurs du fonctionnement du sol. Lors d'un incendie, ils sont forcément affectés, particulièrement ceux présents dans les couches superficielles du sol (GILLON *ET AL.*, 1987, HERNANDEZ *ET AL.*, 1997). L'activité biologique est en effet dépendante des températures que subissent les sols. Schématiquement, quatre phases peuvent être distinguées (tab.02) (GILLON 1990 ; ORAZIO, 1999).

Tableau 02 : L'effet de la température sur les microorganismes du sol

| Température | Effet |
|--------------------|---|
| 37 ⁰ C | Stimulation maximale des micro-organismes |
| 50 ⁰ C | Début de stérilisation par évaporation |
| 60 ⁰ C | Début de stérilisation par altération protéique |
| 125 ⁰ C | Stérilisation complète |

- **Risques d'érosion**

La mise à nu du sol suite à l'incendie ainsi que les modifications structurales induites par le feu augmentent très fortement les risques d'érosion. Ceux-ci dépendent :

- De la pente, plus elle est forte, plus les risques de ravinement sont importants.
- De la nature géologique et pédologique du terrain. Les sols argileux sont très sensibles à l'érosion.
- De la répartition et de l'intensité des précipitations. Des pluies violentes sur un sol mis à nu peuvent engendrer des dégâts considérables sur place et en aval (inondations, coulées de boue...) (MOLINA ET LINARES, 1998).

1.8.2. Impact du feu sur la végétation

Dans presque tous les cas, après l'incendie, la végétation retourne rapidement à son état initial, sans intervention humaine. Cependant, la reconstitution du couvert végétal dépend de l'intensité et de la fréquence des feux. Suite à un feu modéré, la couverture végétale se reconstitue progressivement, par rejets, par germination, ou à partir d'organes souterrains de survie (bulbes, rhizomes). L'écosystème évolue vers un état comparable à la situation floristique initiale, avant le feu, progressivement pour la structure, quasi immédiatement pour la composition, mis-à-part l'apparition de végétaux transitoires colonisateurs qui disparaissent petit à petit. Un feu intense réduit les capacités de régénération : la chaleur peut détruire les organes souterrains de survie ou les graines, et donc limiter fortement la régénération de la végétation. Il en résulte un appauvrissement floristique. Des feux répétés conduisent à un appauvrissement floristique marqué. De nombreux végétaux n'ont pas le temps d'arriver à maturité sexuelle avant le passage d'un nouveau feu. Les espèces ayant les capacités de dissémination et de résistance à la chaleur les plus élevées (Ciste, calycotome) constituent alors l'essentiel de la couverture végétale (MEDD., 2002).

- **Sur le paysage**

L'incendie entraîne un changement brutal du paysage transformant le cadre de vie de la population en un environnement calciné. La disparition d'une végétation basse semble toutefois plus facile à accepter que celle des arbres d'une forêt (**BONNET ET TATONI., 2003**).

- **Sur la faune**

L'incendie affecte de façon différente les divers groupes faunistiques : certains ne survivent pas, brûlés ou asphyxiés par les fumées ; d'autres échappent au feu en fuyant (oiseaux) ou en trouvant des abris, dans le sol par exemple. Les chances de survie dépendent de l'intensité du feu (l'échauffement du sol peut être très important et les animaux ne survivent pas), mais aussi de la période (les dégâts sont plus importants lors de la nidification des oiseaux). Le feu perturbe en outre de façon indirecte les cycles biologiques des animaux. Des feux répétés sont à l'origine d'un appauvrissement faunistique, par mort des animaux ou désertion du fait de la diminution des ressources alimentaires, de la destruction des habitats... (**CEMAGREF., 2001**).

1.9. Dégâts écologiques

- **Pollution de l'air**

Les incendies de forêt provoquent des panaches d'aérosols denses qui causent une pollution ponctuelle ou chronique jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres de leur origine. Les analyses détectent dans les fumées des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et des composés organiques volatils (COV), des goudrons et des suies cancérigènes, d'autant plus que le bois était humide. A proximité des mers (ou après les largages d'eau de mer par des canadiens), le chlore issu du sel contribue à produire des organochlorés toxiques tels que dioxines et furanes(**GULLETT ET TOUATI., 2003**).

- **Métaux lourds et radioactivité**

La combustion d'arbres ayant bioaccumulé des métaux lourds ou des radionucléides par exemple après les essais nucléaires dans l'atmosphère ou après le passage du nuage radioactif émis lors de la catastrophe de Tchernobyl, suite aux essais nucléaires dans l'atmosphère ou ayant poussé sur des sols naturellement radioactif est source de pollutions métalliques. Le plomb (répandu en forêt suite à son usage dans les munitions de chasse et de guerre), ainsi que le mercure sont particulièrement volatiles à des températures très inférieures à celles atteintes par les feux de forêts (**GULLETT ET TOUATI., 2003**).

- **Gaz à effet de serre**

Les incendies de forêt rejettent de grandes quantités de (gaz carbonique), puissant gaz à effet de serre. De plus, l'incendie favorise le lessivage de la matière organique des sols qui étaient une partie du puits de carbone forestier. Cependant, si la combustion a été lente (en zone humide et pluvieuse), les charbons de bois, incorporés au sol contribueront provisoirement à adsorber et stabiliser certains toxiques, le temps qu'ils soient dégradés par les microbes et champignons du sol, ce qui favorise la restauration du substrat. Ce charbon de bois pourraient ainsi avoir joué un rôle dans certains sols tropicaux pauvres où l'apparition d'un sol anormalement riche et productif. Des incendies trop fréquents peuvent sélectionner certaines espèces résistantes au feu et une moindre restauration des sols (VENNETIER., 2012).

Chapitre II

1. Localisation géographique de la zone d'étude

La zone d'étude est située dans la wilaya de Khenchela. Elle appartient à l'ensemble du massif des Aurès qui se situe entre 6°47'- 7°7' de longitude Est et 35°18'- 35°29' de latitude Nord et qui prolonge l'Atlas saharien au Nord-est et qui sépare les hautes plaines constantinoises des grandes étendues sahariennes. Cette zone est composée de trois massifs contigus : les Beni Imloul avec plus de 75 000 hectares, les Ouled Yagoub qui compte 45 000 hectares et qui prolonge les Beni Imloul au nord-est, et les Beni Oudjana qui couvre une superficie de 44500 hectares (BNEDER., 2010).

2. Présentation du massif forestier de Ouled Yagoub

2.1. Localisation géographique et administrative

Le massif forestier des Ouled Yagoub est situé sur la partie orientale de l'Algérie du nord, exactement au Nord-Ouest de la wilaya de Khenchela. Il suit une configuration allongée d'orientation Sud / Ouest, Nord / Est. Il est compris entre les coordonnées UTM (Nord Sahara 1959) zone 32 kilométriques suivantes : X (Ouest) = 297,246 km X (Est) = 330,259 km Y (Sud) = 3896,567 km Y (Nord) = 3927,932 km. Ce massif est limité au nord par la plaine de Kais. La limite Sud et Est, est représentée par la dépression d'Outa El Meroudj. Dans sa partie occidentale, le massif est limité par Oued Azreg et Oued Touagat ainsi que le massif des Beni Oudjana. Il est situé sur le territoire de la wilaya de Khenchela et dépend des communes suivantes : Tamza, El Hamma et Ensigna. Il est à proximité de cinq grandes agglomérations, celle de Batna, Oum El Bouaghi, Ain El Beidha, Kais et Khenchela (BNEDER., 2008).

2.2. Analyse du milieu physique

2.2.1. Relief

Le massif de Ouled Yagoub présente une topographie très marquée, faisant apparaître un aspect montagneux qui se caractérise par des pentes très raides supérieures à 25%, et d'une chevelue hydrographique hiérarchique. Elle s'oriente dans la même direction SO-NE et Est s'inscrit dans un rectangle de 13,5 km de long et 6,5 km de large, distant 17 km de la cédraie du Chelia. Elle se prolonge au Nord au-dessous de la route nationale (RN 29) reliant Khenchela-Kais-Touffena. C'est un ensemble montagneux développé sur des substrats calcaires et marnes. Il est formé du Nord au Sud par des sommets élevés et bien différenciés, dont la tranche altitudinale est comprise entre 1200m et 2100m, débutant au Djebel Chentgouma d'un point culminant de 2113m à l'est jusqu'au Djebel Beker (2080m) au milieu s'étendent des sommets tels que du Dj Bezaz (1941m), Dj Aidel (2173m) et du Dj Feraoun (2093m) (BNEF., 1986).

2.2.2. Géologie et pédologie

La cédraie d'Ouled Yakoub repose sur le Crétacé supérieur. Elle se caractérise selon l'échelle altitudinale par trois formations géologiques : Le Barrémien prédomine les autres formations, est se localise essentiellement au centre du massif à Djebel Aidel et Ras Boudalène, avec un faciès à prédominance de grès. L'Aptien couvre les zones à moyenne altitude, essentiellement Djbel Beker, Feraoun, Bezez et Chentgouma, avec la présence de calcaire et dolomie et la prédominance de grès et de marnes. L'Albien forme une bande plus ou moins régulière tout autour de la zone d'étude, essentiellement sur les basses altitudes avec présence de grés et de marnes rouges associés aux marnes, calcaires et grès. Sur le plan pédologique (QUEZEL., 1998). En se basant sur l'étude de BNEDER (2010), les sols rencontrés au niveau de ce massif se résument principalement aux sols brunifiés, les rendzines et les lithosols.

2.2.3. Réseau hydrographique

Le réseau hydrique en place sur les hauteurs du massif montagneux d'Ouled Yagoub est alimenté par une multitude de Talwegs denses sur les sommets abrupts et accidentés, formant des cours d'eau encaissés façonnant des versants très pentus. Les principaux oueds coulent Au Nord de cette zone sont : Oued Khafadja, O. Bou Barou, O. Boustane, O. Issoual, O. Ibikane, O. Tafrent, O. Tamarsit et O. Tizougas. Au Sud de la zone, les principaux oueds sont : O. Tamza, O. El Houdh, O. Chentgouma, O. Zarif, O. Aziza, O. Maazouz, O. Taguerjoumt, O. Houira et Ighzer Iguechlane (QUEZEL., 1998).

2.3. Caractéristiques climatiques

Le climat joue un rôle essentiel dans la morphologie du relief, sur la végétation, la genèse et le type des sols et sur les activités agro-pastorales. La station pluviométrique de Ain Mimoun (1180 m d'altitude), située au centre de la forêt domaniale d'Ouled Yagoub présente les données de pluviométrie les plus complètes et les plus récentes (1973-2011). La station météorologique de El Hamma (988 m d'altitude), situé au Nord de la zone d'étude représente la seule source de données météorologiques de la région avec 20 années d'observation (1995-2014).

2.3.1. Précipitations

Ce sont des pluies orographiques, leur chute est déterminée par l'altitude et les expositions. Le régime hydrique est de type méditerranéen, avec une pluviométrie caractérisée par une irrégularité saisonnière mais également interannuelle (QUEZEL., 1998). La moyenne cumulée annuelle des précipitations est de l'ordre de 438 mm pour la station d'Ain Mimoun. Le régime saisonnier des pluies est de type P.H.A.E. (La prime herbagère agro-

environnementale) avec une pluviométrie printanière de 34% de la pluviométrie annuelle, celle de la saison hivernale est de 26%, 25% est celle de la saison automnale, et en fin celle de la saison estivale est de 14% seulement.

2.3.2. Température

Comme le facteur pluviométrique, les températures exercent une influence sur la répartition des essences forestières et leur croissance. Selon la station El Hamma (988m), la forêt domaniale d'Ouled Yagoub subit un régime thermique de type méditerranéen et montagnard à hiver frais avec les mois les plus froids, janvier et février (m : 1.6 °C) et des étés chauds avec le mois le plus chaud juillet (M : 33.4 °C). On relève aussi une forte amplitude thermique qui peut atteindre 15.3 °C. Selon BNEDER (2010), le climat de la forêt domaniale d'Ouled Yagoub est caractérisé par trois facteurs : sécheresse estivale, froid hivernal, pluviosité assez importante surtout sur le versant Nord et amplitude thermique important. Le printemps est la saison la plus pluvieuse.

2.4. Formations forestières

Selon le BNEDER (2008), la forêt domaniale d'Ouled Yacoub (18 671 ha), est constituée à 81% de forêt proprement dite et 19% de maquis et maquis arborés. La superficie de 15 123 hectares de forêt proprement dite se répartit en :

- 3 926 ha de vieilles futaies de Cèdre dont 3 049 ha sont denses.
- 1 181 ha de vieilles futaies de Cèdre en mélange avec le Chêne vert dont 933 ha sont claires.
- 638 ha de vieilles futaies denses de Cèdre en mélange avec le Chêne vert et le Frêne.
- 1 179 ha de forêt de Chêne vert dont 196 ha de taillis clair, 735 ha de vieilles futaies claires et 248 ha de taillis denses.
- 993 ha de futaies jardinées claires de Pin d'Alep.
- 216 ha de jeunes futaies claires de Pin d'Alep.
- 610 ha de forêt claire de Pin d'Alep au stade de perchis.
- 1 314 ha de futaies jardinées denses de Pin d'Alep.
- 1 328 ha de jeunes futaies denses de Pin d'Alep.
- 1 849 ha de forêt dense de Pin d'Alep au stade de perchis.
- 270 ha de vieilles futaies denses de Pin d'Alep.
- 1 684 ha de jeunes futaies claires de Pin d'Alep et Chêne vert.
- 65 ha de forêt incendiée de Pin d'Alep. Les maquis et maquis arborés couvrent 3 293ha dont :
- 1 141 Ha de maquis clairs à base de Chêne vert et Genévrier Oxycèdre.

- 1 053 Ha de maquis denses à base de Chêne vert et Genévrier Oxycèdre.
- 123 Ha de maquis denses à base de Chêne vert et Genévrier Oxycèdre et Frêne.
- 976 ha de maquis arborés en Chêne vert. Le reboisement comptabilise 125 ha au stade de gaulis dense

3. Présentation du massif forestier de Beni Oudjana

3.1. Localisation géographique et administrative

La forêt de Beni Oudjana est localisée dans la partie orientale des Aurès et couvre une superficie de 44500 hectares, elle est répartie en deux sous zones : L'une est située au Nord de djebel chélia. Elle est limitée au nord par la commune de Ttouffana, à l'Ouest par la wilaya de Batna, à l'Est par la commune de Tamza (forêt d'Ouled Yagoub) et au sud par les monts de chélia(2326mètres).L'autre sous-zone est située à l'Est de la forêt de Béni-mloul et au sud du chef-lieu de la commune de Bouhmama, elle est limitée au sud par la vallée d'Oued mellagou, au Nord-Ouest par la plaine d'Ezziriz et à l'Est par Oued tarhit. Administrativement la forêt de Beni Oudjana gérée par la daïra de Bouhmama, les communes de Taouzient, Yabouts, Chélia et Bouhmama avec des taux d'intégration respectifs de 33%,27 % et 34%et une plus faible concentration au niveau de la commune de Chélia avec 6% **(BNEDER.,2008)**.

3.2. Caractéristiques physiques

3.2.1. Géologie et pédologie

La forme géologique de Beni Oudjana qui prolonge dans le cynclal de djbel Aurès et la vallée de Tamza au Sud possède un faciès à prédominance calcaire. Le centre est occupé par le cénomanien avec la présence de dolomie et de calcaire **(BNFE., 1986)**. Vers le Nord-est de la zone d'étude, le cénomanien côtoie l'albien localement à la base de cédraie avec présence de grés et de marne rouge **(BNEDER., 2008)**. Selon les études de **(BNFE)**, les sols sont globalement squelettiques et de faible profondeur, inférieur à 20cm. Sur les fortes pentes, les sols sont peu évalués, on y rencontre des lithosols, où la végétation herbacée a du mal à s'y installer et l'érosion est très intense par endroit. Elle provoque un décapage en surface des sols supprimant les horizons superficiels. La couche humifiée est pauvre avec souvent un humus très peu décomposé. La litière, quand elle existe, se compose d'aiguille de pin et de feuille de chêne et d'autres espèces arbustives caractéristiques de la pinède **(BNEDER., 2008)**

3.2.2. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la région de Beni Oudjana est très ramifié avec une forte densité de chevelu et issu de plusieurs lignes de crêtes du périmètre étant donné la forte pente de relief. Les oueds drainant la zone d'étude sont dans l'ensemble à sec pendant l'été, excepté

l'oued de taouziac, l'oued taarist, l'oued mlyah, l'oued zannaga, l'oued tafrennt. L'oued talhaqui garde une certaine humidité estivale (BNEDER., 2008).

3.3. Caractéristiques climatiques

L'eau des précipitations ainsi que la température du climat traduisent des propriétés indispensables à la vie des plantes. Ce sont des facteurs limitant quand leurs valeurs avoisinent le minimum ; c'est le cas des précipitations dans les régions arides, de la température dans les montagnes, sous les hautes altitudes ou dans les régions continentales (ELHAI., 1968). La station météorologique de Foum El-Guisse située à l'Est de la forêt de Beni Oudjana constitue de la station de référence à partir de laquelle des extrapolations à différentes altitudes sont réalisées. Les données de l'étude climatique réalisée par BNEDER (2008) avec son actualisation par des données météorologiques enregistrées à la station de Foum El-Guisse (Tab .03).

3.3.1. Température

La température joue un rôle primordial dans la répartition des biocénoses au sein de la biosphère. Les espèces végétales sont plus sensibles aux températures minimales de la saison froide et aux températures maximales de la saison chaude et par conséquent à l'amplitude de leurs oscillations (M'HIRIT., 1982). Les températures moyennes et les valeurs minimales et maximales du massif de Beni Oudjana collectées durant la période allant de 1995 à 2015 sont rassemblées dans le tableau 03.

Tableau 03 : Moyennes mensuelles des températures maximales(M) et minimales(m) relevées dans la station de Foum El-Gueiss (1995-2015)

| Mois | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Jui | juil | Aout | Sept | Oct | Nov | Déc |
|----------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|------|
| T(c°) Moy min | 31 | 6.5 | 9.21 | 14.9 | 18.4 | 17.8 | 15.1 | 10.8 | 5.63 | 3.2 | 2.28 | 1.13 |
| T(c°) Moy max | 14.4 | 16.1 | 21 | 27 | 31.1 | 33 | 29.5 | 24.3 | 17.2 | 14.9 | 9.4 | 9.79 |
| T(c°) Moy | 9.86 | 11.3 | 15.11 | 20.95 | 24.75 | 25.85 | 22.3 | 15.77 | 11.42 | 9.05 | 5.84 | 5.46 |
| m+m/2 | | | | | | | | | | | | |
| Amplitude | 9.09 | 22.6 | 11.79 | 12.1 | 12.6 | 14.3 | 14.4 | 13.5 | 11.57 | 11.7 | 7.12 | 8.66 |
| M-m | | | | | | | | | | | | |

3.3.2. Précipitations

Les pluies agissent par leur intensité sur la répartition et sur le développement de la végétation. Selon un gradient altitudinal qui varie avec l'exposition, la pluviométrie augmente avec l'altitude. Ce gradient est de 40mm par an pour 100m de dénivelée pour le versant Nord et de 20 mm par an pour le versant Sud. La quantité de pluie moyenne annuelle reflète la faiblesse de la pluviométrie dans la région. En plus de cette faiblesse, nous notons aussi une irrégularité de répartition au cours de l'année (**tab.04**) et suivant le régime saisonnier (**tab.05**) (BNEDER., 2008).

Tableau 04 : Données pluviométriques mensuelles moyennes dans la station de Fom El-Gueiss (1995-2015)

| Mois | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aout | Sept | Oct | Nov | Dec | Total |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Précipitations (mm) | 35.4 | 50.1 | 29.3 | 31.5 | 17.1 | 11.8 | 41.7 | 44.4 | 39.2 | 63.6 | 45.5 | 51.5 | 461 |
| Nombre de jours | 8.22 | 07 | 8.94 | 8.83 | 7.5 | 5.88 | 4.11 | 07 | 7.83 | 6.27 | 7.88 | 8.55 | 88 |

Tableau 05 : Répartition des pluies selon les saisons dans la station de Fom El-Gueiss (1995-2015)

| Station | Automne | Hiver | Printemps | Eté |
|----------------------------|--------------|------------|-------------|-------------|
| Précipitations (mm) | 148.2 | 137 | 77.9 | 97.9 |

3.4. Formations forestières

Selon une étude réalisée par (BNFE), la végétation se répartie sur l'ensemble de la région en formant des groupements purs ou mixtes dont la localisation et la composition est fonction essentiellement des paramètres climatiques, édaphiques et également de l'exposition. Les principales essences forestières de la région sont :

- Le Pin d'Alep: Pinushalepensis.
- Le chêne vert: Quercus ilex.
- Le cèdre de l'atlas: Cedrusatlantica.
- Le Genévrier oxycèdre: Juniperusoxycèdrus.

- Le Romarin: *Rosmarinus officinalis*.
- L'Alfa: *Stipa tenacissima*.
- La Globularia: *Globularia Oly-pum*.
- La Phyllaria: *phyllaria anzustifolie*.
- Le Diss: *Ampelodesmamauritanica*.

3.5. Communautés faunistiques

Suite à la dégradation de l'environnement, la zoocénose a connu une diminution considérable qui a conduit à une disparition de certains animaux d'où le gibier présenté par les espèces capturés d'où la perdrix gabra, les lièvres, d'autres espèces sauvages ainsi que l'hyène rayée, porc-épic, le chacal le renard et hérisson. Les reptiles qui se présentent par certaines rares espèces d'où les caméléons et les lézards qui sont fréquents par endroits. Dans les stations fraîches et humides, sous les chênaies on retrouve des traces de sols retournés dues aux museaux des sangliers qui sont à la recherche des glands. Le gibier de passage est constitué par la caille du champ des blés, la tourterelle, la palombe, la bécassine, les grives et divers échassiers. (BNEDER., 2008).

4. Présentation du massif forestier de Beni Imloul

4.1. Localisation géographique et administrative

La forêt domaniale de Beni Imloul se trouve dans la région montagneuse des Aurès, prolongement oriental de l'Atlas Saharien et près de la bordure Nord du Sahara. Elle se situe entre 35°00' et 35°18' de latitude Nord et 6°32' et 6°54' longitude Est. Elle est limitée au Nord par les montagnes de Chelia (2326 m), à l'Ouest lui fait face le chaîne de Zellatou, au Nord-est par la plaine de Mellagou, au Sud-est par Oued El Arabe et au Sud par les montagnes des Nemamcha qui descendent vers le Sahara. Administrativement, la forêt domaniale de Beni Imloul fait partie des communes de Bouhmama, M'Sara (Daïra de Bouhmama, Wilaya de Khenchela). Elle dépend de la conservation des forêts de Khenchela de la circonscription des forêts de Bouhmama et elle s'étend sur les districts de Bouhmama, situé au Nord-est du massif et couvrant 30632.5ha soit 50.16% de la superficie totale, et le district de M'Sara, situé au Nord-Ouest du massif et couvrant 30427.2ha soit 49.83% de la superficie totale (BNEDER., 2010).

4.2. Caractéristiques du milieu physique

4.2.1. Relief

Le relief dans la forêt domaniale des Beni Imloul est caractérisé par une série de chaînes montagneuses avec une orientation Est-ouest et des pentes de 5 à 45%. L'altitude moyenne est de 1400 m environ et le Djebel Taourirt culmine à 1736 m dans la partie Ouest

de la série de Bouhmama. Il existe quelques plateaux dont le plus important est le plateau d'assoul (Nord du massif).

4.2.2. Géologie et Pédologie

Cette région est représentée par des roches sédimentaires du Turonien, le sol est dominé par le calcaire et marnes calcaires qui forment des terrains très perméables surtout sur les collines et les massifs forestiers. L'étude pédologique de la forêt de Beni Imloul établie par la FAO (Food and Agriculture Organisation) indique que les sols sont de nature callimorphe. Le type de sol le plus fréquent est la Rendzine, la profondeur moyenne est inférieure à 20 cm. Les sols de Beni Imloul sont constitués de particules fines (argiles) pour cette raison, la capacité de rétention d'eau est remarquablement bonne. Les sols marneux, une fois érodés, ne permettent plus l'installation de la végétation.

4.2.3. Réseau hydrographique

Le massif de Beni Imloul renferme des potentialités en eaux très limitées malgré leur débit régularisé par un couvert forestier. Les points d'eau existant sont : Azza, Boudjouraf, Oued Adhefi, Ain Merouane et une source chaude dont la température est de 60 à 75° (Ain El-Hammam) émergée de l'Alho-Aptien. Comme infrastructures hydrauliques, ils existent sept retenues collinaires dont trois seulement sont situées dans l'espace forestier de Beni Imloul à savoir : Bouhmama, Boutchout et M'sara. La forêt domaniale de Beni Imloul est dessinée par une ligne allant de l'oued El Arab au niveau de sa jonction avec l'oued Mellagou (ONTF., 1977).

4.3. Caractéristiques climatiques

Le climat est de type semi-aride à hiver froid avec une pluviosité moyenne annuelle de 388mm et une période sèche de 4 mois s'étalant de Juin à Septembre. En ce qui concerne les températures, le mois le plus froid est celui de Février avec une température de 4.33°C, les basses températures provoquent la gelée à partir du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril. Les gelées tardives de printemps causent de grands dégâts à la végétation. Le mois le plus chaud est celui d'Aout avec 25.64°C, dans les cas critiques, la température peut atteindre 40°C par suite du Siroco et des incendies de forêts en été. Ces hautes températures augmentent l'évapotranspiration, provoquent le dessèchement du sol et déséquilibre la croissance des végétaux (QUEZEL., 1998).

4.4. Formations forestières

Selon l'ONTF (1977), le massif des Beni Imloul est le plus important de la wilaya de Khenchela, et sans doute l'une des meilleures pinèdes d'Algérie, mais elle est âgée (vielle futaie). Les principales essences forestières de la région sont :

- Le Pin d'Alep (*Pinus halepensis Mill*), il représente l'essence dominante dans l'ensemble du massif de Beni-Imloul associé avec d'autres espèces du maquis selon les conditions climatiques et édaphiques
- Le chêne vert (*Quercus ilex*), il se trouve à plus de 1350 m d'altitude sur les versants Nord de la forêt domaniale de Beni-Imloul, dans les stations les plus fraîches et les plus fertiles et dont la pente est forte.
- Le cèdre de l'atlas (*Cedrus Atlantica*), il est le plus souvent en mélange avec le chêne vert qui est assez haut.
- Le Genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*), il est localisé dans la partie Nord du massif forestier, il est souvent en mélange avec le Chêne vert, et le Frêne dimorphe, et on le rencontre dans les stations les plus pauvres et dégradées. Il est très faiblement représenté 1%.
- Le Genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*), il occupe une faible étendue de 13 283 ha soit 9% de la superficie forestière totale. Il est concentré surtout sur les versants Sud de la forêt domaniale de Beni-Imloul. Il est le plus souvent associé à des espèces à caractère xérophile telles que: l'Alfa, le Romarin, la Globulaire, le Genêt, le lentisque, et l'Armoise blanche.
- Le Diss (*Ampelo desma Mauritanicum*), il est localisé sur les versants Nord du massif forestier de Beni-Imloul.
- Le Romarin (*Rosmarinus officinalis*), il est très abondant dans la forêt domaniale de Beni-Imloul et il se trouve de préférence sur les stations dégradées et chaudes.
- L'Alfa (*Stipa tenacissima*), il est concentré surtout au niveau de la sous zone du massif forestier.
- La Globulaire (*Globularia Aly pum*), il est concentré dans les endroits secs et dégradés de la forêt.
- Le Ciste (*Cistus Villosus*), il est caractéristique des forêts incendiées.

Chapitre III

1. Bilan des incendies de forêts dans la wilaya de Khenchela depuis 1985 jusqu'à 2017

Entre 1985 et 2017, 21369,5105 hectares de forêts ont brûlés en 33 ans dans la wilaya de Khenchela avec 603 foyers (**tab.06**). Deux décennies ont été particulièrement désastreuses. La décennie 1990-2000 et la décennie 2007-2017.

Deux causes principales sont à l'origine des incendies de grande ampleur. La première cause est liée au climat, la deuxième cause est liée au trouble social, notamment, de la conjoncture sécuritaire difficile qu'a traversé l'Algérie durant la décennie 1990-2000 (la décennie noire).

Les années 1993, 1994, 2001, 2008, 2014 et 2017 représentent des périodes très dures pour le patrimoine forestier avec des superficies brûlées respectives de 616,1 ha, 615,26 ha, 151,57 ha, 185,67 ha, 196,91 ha et 238,1045 ha. Cependant, les années 1989 et 1995 n'ont pas été affectées par les feux de forêts.

C'est l'année 2012 qui a été la plus destructrice pour la forêt de Khenchela avec 15719 ha incendiés soit 73.55% du domaine forestier brûlé pendant cette période (**fig.03**)

Le plus grand nombre de foyers a été enregistré pendant l'année 2017 avec 53 feux déclenchés, suivi des années 1994 et 1996 avec respectivement 42 et 41 foyers (**fig.04**).

**Tableau 06 : Bilan des incendies dans la wilaya de Khenchela (1985-2017)
(Conservation des forêts de la wilaya Khenchela 2018)**

| ANNEE | SUPERFICIE INCENDIEE EN HECTARE | NOMBRE DE FOYERS |
|-------|---------------------------------|------------------|
| 1985 | 92,98 | 14 |
| 1986 | 11,81 | 9 |
| 1987 | 13,86 | 6 |
| 1988 | 3,37 | 30 |
| 1989 | 0 | 0 |
| 1990 | 3,85 | 6 |
| 1991 | 11,85 | 10 |
| 1992 | 26,37 | 27 |
| 1993 | 616,1 | 18 |
| 1994 | 615,26 | 16 |
| 1995 | 0 | 0 |
| 1996 | 64,38 | 10 |
| 1997 | 71,77 | 21 |

| | | |
|--------------|-------------------|------------|
| 1998 | 14,55 | 8 |
| 1999 | 12,28 | 27 |
| 2000 | 13,87 | 13 |
| 2001 | 151,57 | 27 |
| 2002 | 45,1 | 10 |
| 2003 | 11,6 | 10 |
| 2004 | 4,28 | 5 |
| 2005 | 7,58 | 14 |
| 2006 | 11,03 | 6 |
| 2007 | 63 | 26 |
| 2008 | 185,67 | 22 |
| 2009 | 3000 | 12 |
| 2010 | 11,5 | 13 |
| 2011 | 71,13 | 21 |
| 2012 | 15719 | 37 |
| 2013 | 42,62 | 38 |
| 2014 | 196,91 | 42 |
| 2015 | 5,919 | 11 |
| 2016 | 32,197 | 41 |
| 2017 | 238,1045 | 53 |
| Total | 21369,5105 | 603 |

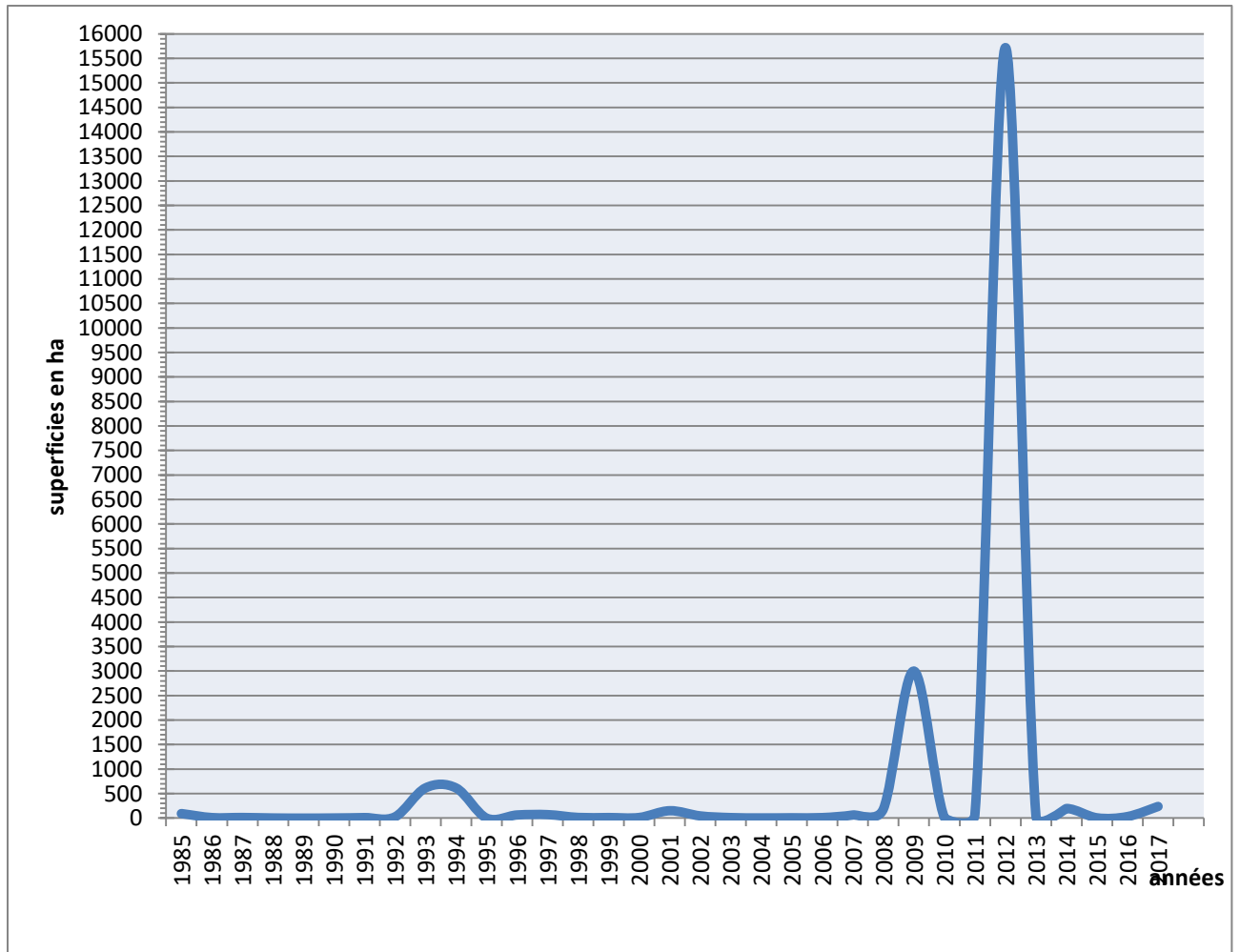


Figure 03 : Superficies incendiées dans la wilaya de Khenchela (1985-2017)
(Conservation des forêts de la wilaya Khenchela 2018)

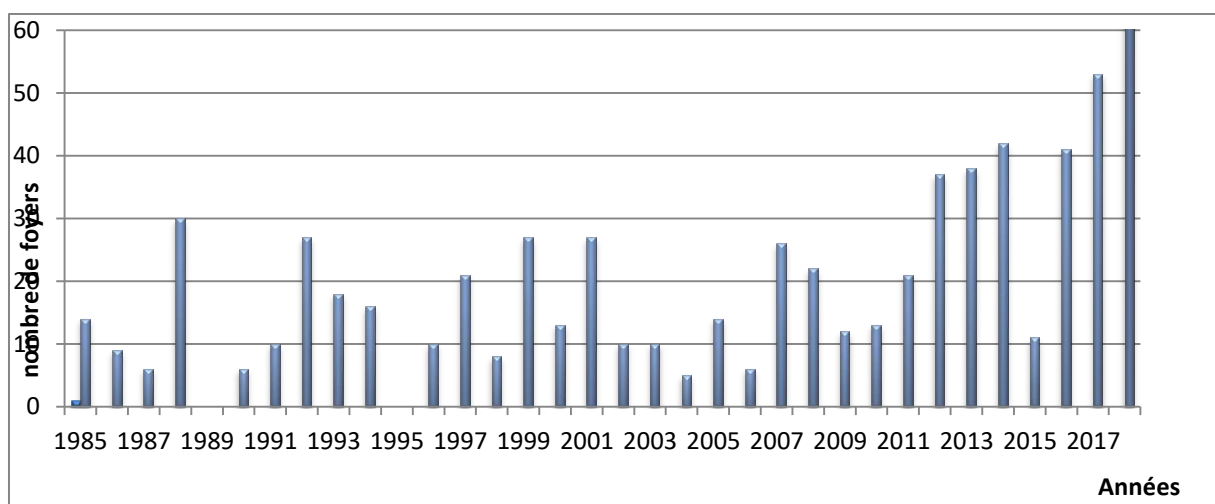


Figure 04 : Nombre de foyers incendiés dans la wilaya de Khenchela (1985-2017)
(Conservation des forêts de la wilaya Khenchela 2018)

2. Bilan des incendies dans la wilaya de Khenchela pendant l'année 2017

2.1. Fréquence mensuelle des incendies de forêts

La fréquence mensuelle des incendies pendant l'année 2017 évolue 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 inexistantes (**fig. 05**). 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 de juillet et le mois le plus chaud et le plus sec de l'année (août) que l'on enregistre le plus grand nombre de foyers avec 36 départs de feux sur 53, avec une superficie brûlée estimée à plus de 201.50 ha soit 85%.

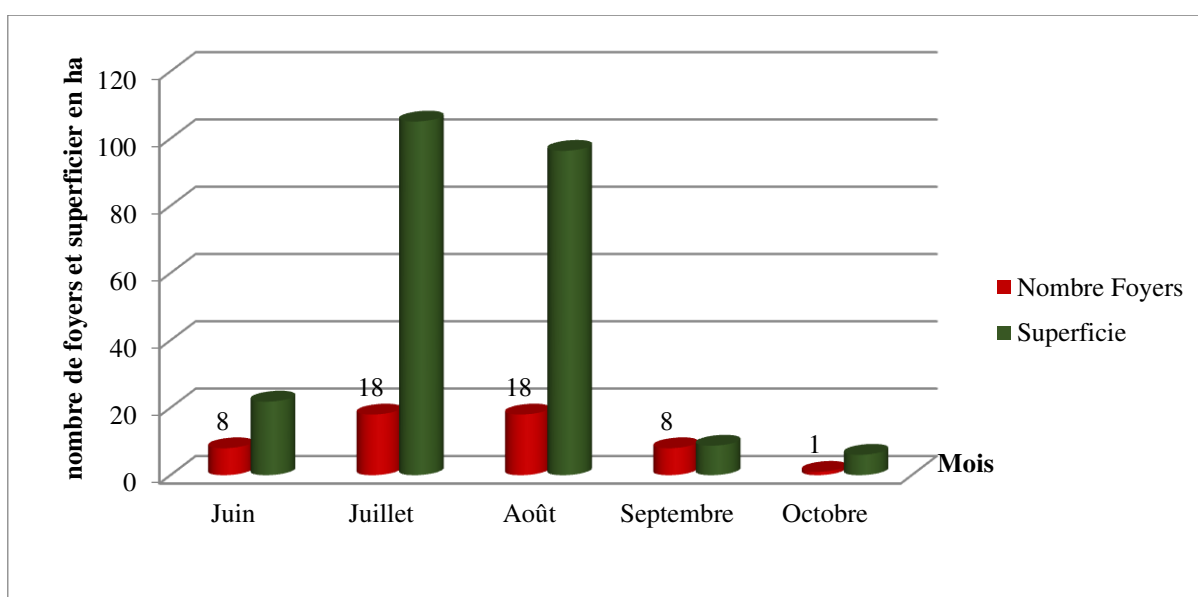


Figure 05 : Fréquence mensuelle des incendies pendant l'année 2017 (Conservation des forêts de la wilaya Khenchela 2018)

2.2. Répartition des incendies suivant les formations végétales

Selon les données illustrées dans le tableau 07 et la figure 06, on constate que durant l'année 2017, la superficie totale brûlée est de 238,1045 ha pour 53 foyers d'incendies. La superficie moyenne par foyer est de 4.49 ha. L'alfa est la formation végétale la plus touchée par les feux avec 51.74 % de la superficie totale brûlée pendant les mois de juillet et août avec des surfaces respectives incendiées de 40.02 ha et 48 ha. Par ailleurs la forêt a également subi une forte pression par les feux. 107,1915 ha d'essences forestières ont été ravagés, soit 45 % de la surface totale incendiée, dont 58,549 ha au mois de juillet et 48,33 ha au mois d'août.

Tableau 07 : Répartition mensuelle des incendies suivant les formations végétales pendant l'année 2017(Conservation des forêts de la wilaya Khenchela 2018)

| MOIS | SUPERFICIE EN FOREST (HA) | | | SUPERFICIE HORS FORETS (HA) | | TOTAL GENERAL | |
|------------------|---------------------------|---------------|--------------------|-----------------------------|---------------|----------------------|-------------------|
| | <i>Forêts</i> | <i>Maquis</i> | <i>Broussaille</i> | <i>Alfa</i> | <i>Autres</i> | <i>Nombre Foyers</i> | <i>Superficie</i> |
| Juin | 0,0875 | 0,5 | 0,143 | 21,1 | - | 8 | 21,8305 |
| Juillet | 58,549 | - | 6,514 | 40,02 | - | 18 | 105,0830 |
| Août | 48,33 | 0,055 | - | 48 | - | 18 | 96,385 |
| Septembre | 0,225 | 0,5 | - | 8,029 | - | 8 | 8,754 |
| Octobre | - | - | - | 6,052 | - | 1 | 6,052 |
| TOTAL | 107,1915 | 1,055 | 6,657 | 123,201 | - | 53 | 238,1045 |

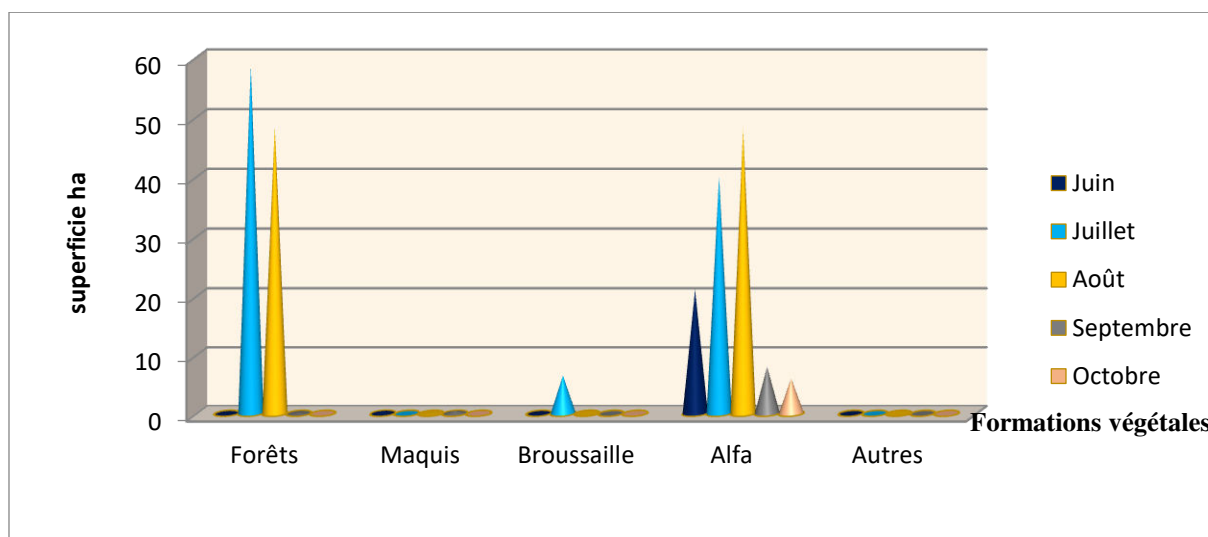


Figure 06 : Fréquence des incendies selon les mois et les formations végétales pendant l'année 2017(Conservation des forêts de la wilaya Khenchela 2018)

2.3. Fréquence des incendies suivant les jours de la semaine

Le nombre de foyers est réparti d'une manière inéquitable durant toute la semaine. Sur les 53 départs de feu déclarés, le plus grand nombre a été enregistré pendant le jeudi avec 10 foyers, alors que 6 seulement ont été enregistrés pendant le mercredi (**figure 07**).

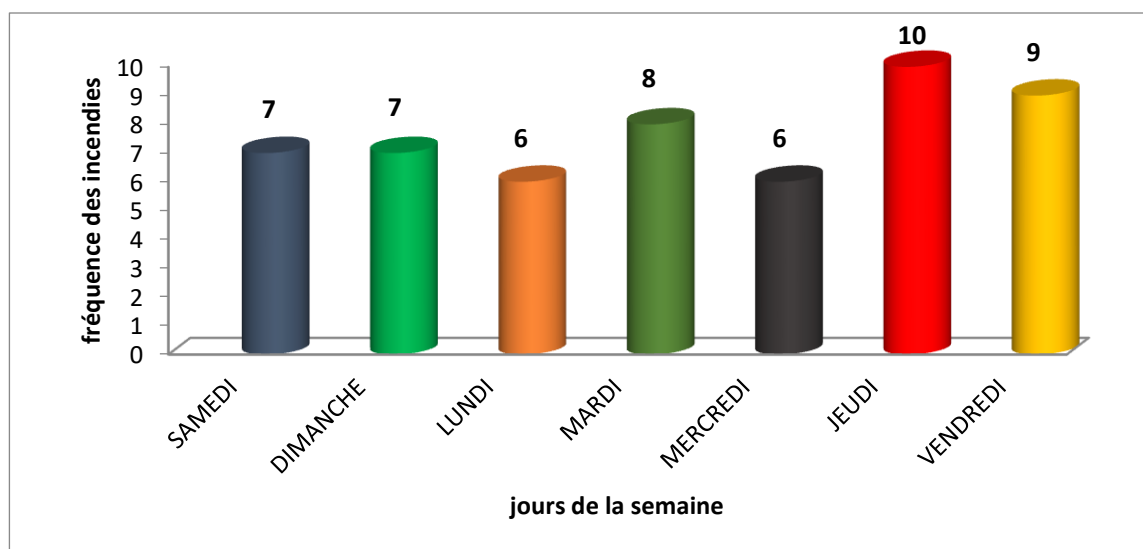


Figure 07: Fréquence des incendies suivant les jours de la semaine (Conservation des forêts de la wilaya Khenchela 2018)

2.4. Fréquence horaire des incendies de forêt

Selon le tableau 08 et la figure 08, on constate que durant la tranche horaire comprise entre 10 et 18 heures, 35 départs de feux ont été comptabilisés soit 66%. Car, durant cette période de la journée, les conditions climatiques sont favorables pour l'éclosion et la propagation du feu. Cependant, en dehors de cette période, 18 foyers d'incendie ont été enregistrés, soit 33%, malgré les conditions climatiques défavorables pour le déclenchement des incendies ; cette situation nous laisse soupçonner des causes volontaires et criminelles d'un nombre important des incendies, que ce soit durant la période compatible pour l'éclosion des incendies ou en dehors de celle-ci.

Tableau 08 : Fréquence des incendies suivant les tranches horaires (Conservation des forêts de la wilaya Khenchela 2018)

| MOIS | TRANCHE HORAIRE DES INCENDIES | | | | | | | | TOTAL |
|--------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------|-------|
| | De 00 heure A 06 heures | De 06 heures A 10 heures | De 10 heures A 12 heures | De 12 heures A 16 heures | De 16 heures A 18 heures | De 18 heures A 20 heures | De 20 heures A 24 heures | | |
| | Nombre d'incendie | Nombre d'incendie | Nombre d'incendie | Nombre d'incendie | Nombre d'incendie | Nombre d'incendie | Nombre d'incendie | | |
| Juin | - | - | 2 | 2 | 2 | - | 2 | 8 | |
| Juillet | - | - | 4 | 8 | 4 | - | 2 | 18 | |
| Août | 2 | 2 | 1 | 5 | 1 | 4 | 3 | 18 | |
| Septembre | - | 1 | - | 4 | 1 | - | 2 | 8 | |
| Octobre | - | - | 1 | - | - | - | - | 1 | |
| TOTAL | 2 | 3 | 8 | 19 | 8 | 4 | 9 | 53 | |

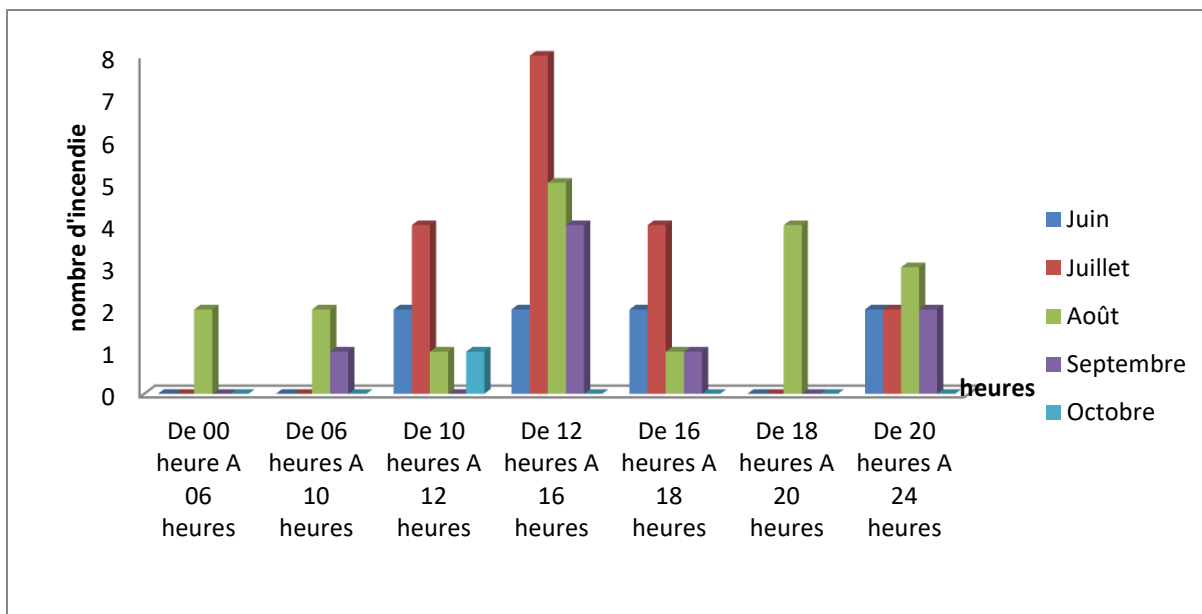


Figure 08 : Classement des foyers d'incendies par tranches horaires (Conservation des forêts de la wilaya de Khenchela 2018)

2.5. Durée moyenne des surfaces incendiées

Le micro climat (vent, température, degré hygrométrique), l'état du relief, la nature du peuplement, la célérité de l'intervention sur le feu, sont autant de facteurs qui agissent sur l'étendue du feu et de ce fait sur la durée qu'il faut pour le circonscire. En moyenne et compte tenu de ce qui précède, un incendie met environ deux heures avant qu'il soit totalement circonscrit (**fig.09**).

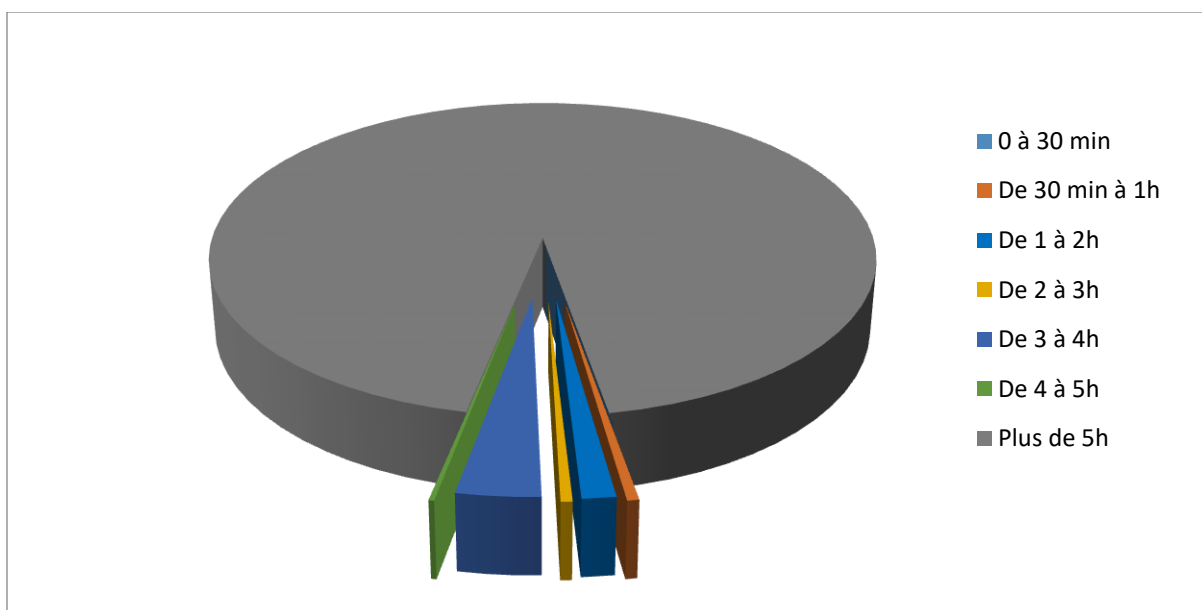


Figure 09 : Durée moyenne des superficies incendiées (Conservation des forêts de la wilaya de Khenchela 2018)

2.6. Répartition des incendies par type d'essences

Ce sont les forêts de pin d'Alep qui payent le plus lourd tribut face aux incendies (**fig.10**). Durant l'année 2017, 107,0965 ha de pinède ont brûlé soit 99.39% des espèces forestières (**tab.10**). Le pin d'Alep est une essence très combustible et dominante dans les trois massifs de Khenchela, ce qui explique donc l'importance de la superficie incendiée. Par ailleurs l'alfa occupe la première place dans les espèces non forestières touchées par le feu, avec 123,201 hectares incendiés soit 94%.

Tableau 10 : Superficies incendiées par espèce (Conservation des forêts de la wilaya de Khenchela 2018)

| Formations végétales | FORETS (HA) | | | | | HORS FORETS (HA) | | | | | Total campagne |
|------------------------|-------------|------------|-------|--------|----------|------------------|--------|---------|--------|---------|----------------|
| | PIN D'ALEP | CHENE VERT | CEDRE | AUTRES | TOTAL | MAQUIS | BROUS. | ALFA | AUTRES | TOTAL | |
| Superficies incendiées | 107,0965 | 0,555 | 0,095 | - | 107,7465 | 0,5 | 6,647 | 123,201 | - | 130,358 | 238,1045 |

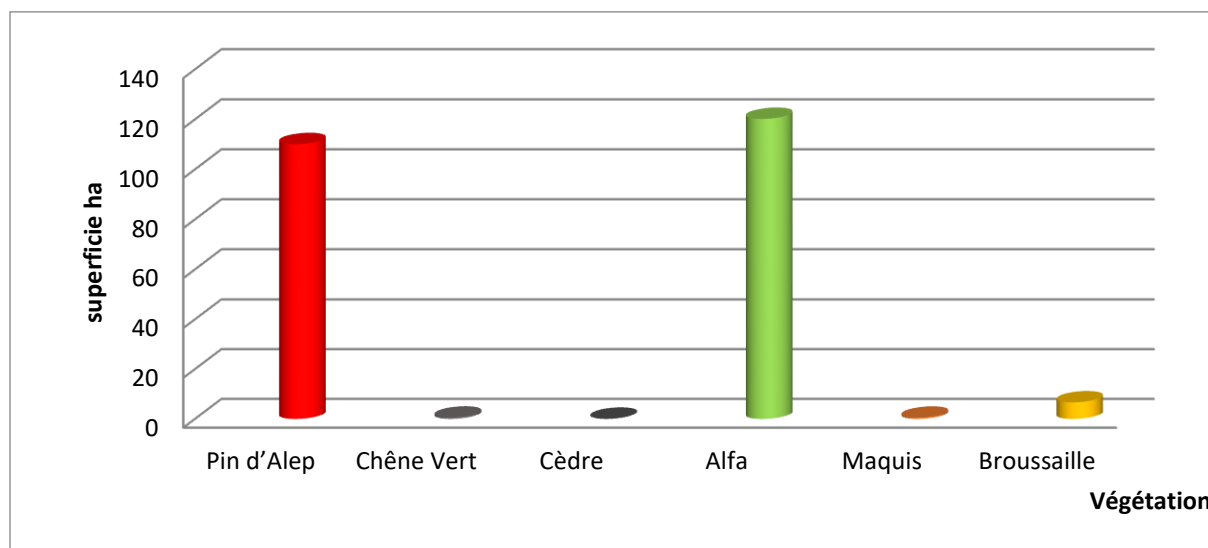


Figure 10 : Répartition de la superficie incendiée par espèce (Conservation des forêts de la wilaya de Khenchela 2018)

2.7. Répartition des foyers d'incendies suivant l'importance de la superficie brulée

Pendant l'année 2017, les incendies se sont concentrés au niveau des massifs forestiers, notamment OuledYacoub et Beni Oudjana. 53 foyers ont été enregistrés sur une superficie de 238,1045 hectares. Dans la tranche de superficie inférieure à 1 hectare, 33 foyers s'y sont déclarés avec une superficie estimée à 0.718 ha. Par ailleurs, 20 incendies ont été dénombrés dont 6 ont concerné des superficies dépassant les 60 ha. 148.464 ha soit 62 % ont été incendiés dans la tranche de superficie supérieure à 150 mais le nombre de départ de feux n'a pas été comptabilisé. L'analyse de la répartition du nombre de feux suivant les tranches de superficies nous renseigne sur la célérité de l'intervention pour l'extinction des incendies déclarés (tab.11) (fig.11).

Tableau 11 : Répartition des foyers d'incendies suivant l'importance de leurs superficies (Conservation des forêts de la wilaya de Khenchela 2018)

| Catégorie des Feux | 0 à 1 | 1 à 5 | 5 à 10 | 10 à 50 | 50 à 100 | 100 à 150 | 150 à 200 | 200 à 300 | 300 à 400 | 400 à 500 | 500 à 600 | 600 à 700 | 700 à 800 | 800 à 900 | 900 à 1000 | Sup à 1000 | Total Général |
|----------------------------------|-------|--------|--------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|---------------|
| Nombre de Foyers | 33 | 9 | | 4 | 6 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 53 |
| Superficie totale incendiée (ha) | 0.718 | 3.5265 | - | 22.715 | 62.671 | - | 148.464 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 238,1045 |

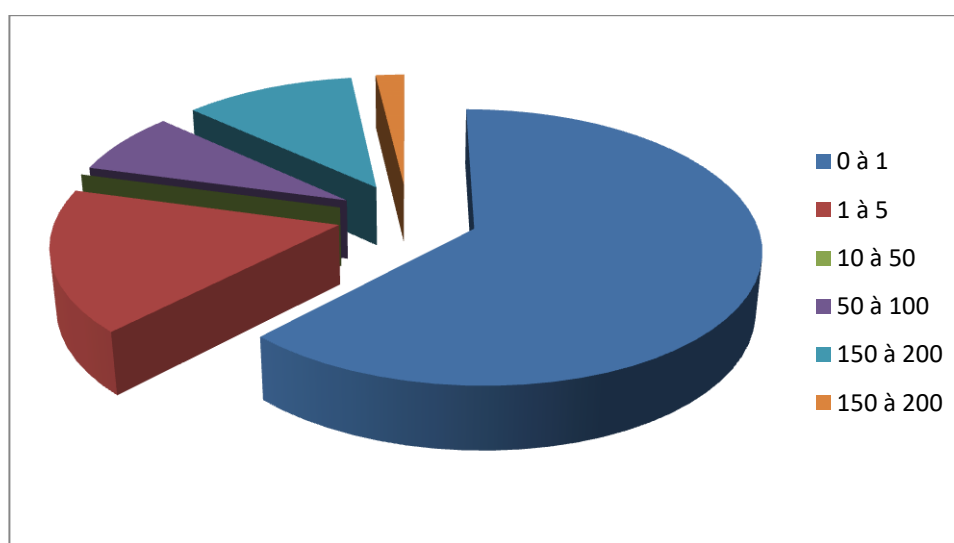


Figure 11 : Classement des foyers d'incendies par importance de superficies brulées (Conservation des forêts de la wilaya de Khenchela 2018)

2.8. Répartition des incendies par catégories de causes

Sur les 53 départs de feux déclarés pendant l'année 2017, 100 % sont enregistrés d'origine inconnue (**fig.12**). 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.

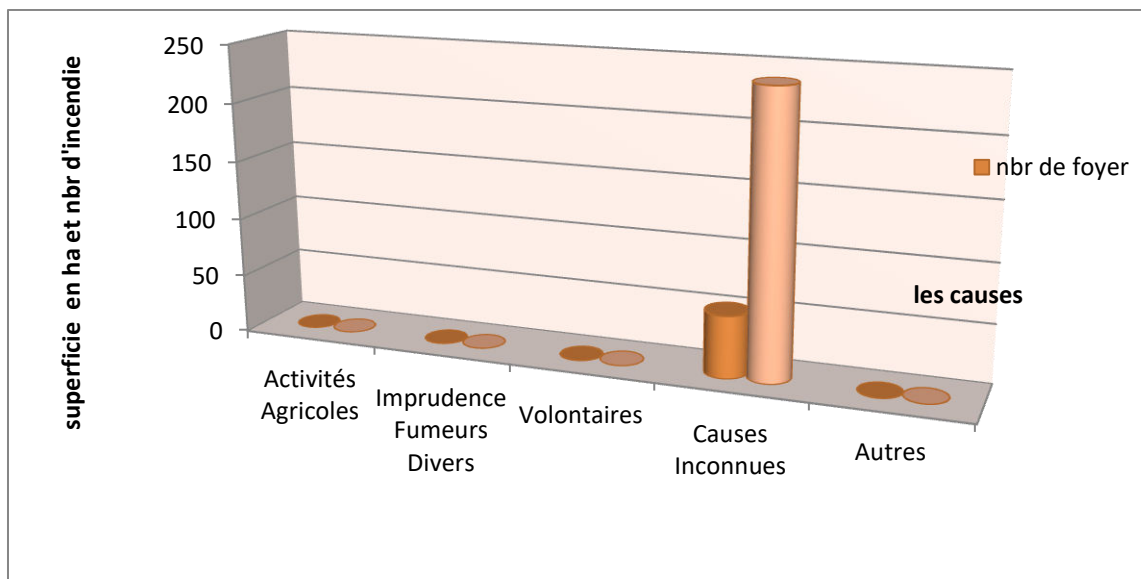


Figure 12 : Classement des incendies par catégorie de causes (Conservation des forêts de la wilaya de Khenchela 2018)

2.9. Evaluation des pertes causées par les incendies

Selon les données fournies par la conservation des forêts de la wilaya de Khenchela, les pertes forestières pour l'année 2017 ne sont pas alarmantes et sont considérées comme dégâts modérés. Elles s'élèvent à **20.115.610** DA dont **20.017.470** DA pour la biomasse forestière, 55.700 DA pour l'Alfa et 38.250 DA pour les Maquis.

Chapitre IV

1. La prévention ou la lutte préventive

Le terme de prévention est utilisé dans un sens large, la prévention prise avant l'incendie dans la forêt est définie comme étant l'ensemble des mesures prises avant l'incendie, destinées à réduire les risques de son apparition et de la propagation. Elle se fait sur plusieurs volets (DUBORDIEU, 1997).

- L'information et la sensibilisation du public ;
- le respect de la réglementation ;
- les travaux d'aménagement/ de sylviculture et d'entretien de la forêt

1.1. Information et sensibilisation du public

L'information sur les risques d'incendie de forêt se réalise grâce à l'utilisation de plusieurs moyens tels que la radio régionale avec l'organisation d'expositions médiatiques en plus du contact direct avec les habitants des zones forestières (CONSERVATION DES FORETS, 2017). Un réseau de transmission efficace et de qualité permet une bonne communication et coordination entre les différents acteurs de la prévention et de la lutte. S'il est bien organisé, il permet de réduire les temps d'intervention sur les feux.

Le système de transmission d'informations le plus souvent utilisé pour la protection des forêts contre l'incendie est le système radio. Cependant, un réseau téléphonique particulier est parfois utilisé. Dans tout réseau de transmission, la qualité des procédures et leur définition précise sont essentielles, pour que seules circulent des informations nécessaires, claires, précises (CEMAGREF., 1998).

1.2. Le respect de la réglementation

Le cadre légal est la base de tout programme de gestion des incendies. L'Agence ou le propriétaire du terrain responsable de la mise en œuvre de l'objectif principal dans l'élaboration et la mise en œuvre des programmes de gestion des incendies devrait tenir compte du rôle des incendies et sur les communautés et les civils (FAO).

-Textes législatifs et réglementaires (CONSERVATION DES FORETS, 2017).

- la loi n^o 12/84 de 23/06/1984 Relatif au système général des forêts, modifié et complété.
- Décret exécutif n^o 44/87 de 10/02/1987 pour la protection des biens forestiers nationaux et des incendies voisins.
- Décret n^o 232/85 de 25/08/1985 Pour la Prévention des risques de catastrophes.
- Décret exécutif n^o 45/87 du 1987/02/10, qui régleme et coordonne les travaux dans le domaine de la lutte contre les incendies de forêt sur les terres forestières nationales.
- Décret n^o 80-184 du 19/07/1980 relatif à la création d'organismes de coordination pour la protection des forêts, modifié et complété par le décret n^o 301/07 du 27/07/2007.

1.3. Travaux d'aménagement de sylviculture et d'entretien de la forêt

L'aménagement des forêts peut être assuré par des actions et des travaux à l'intérieur de la forêt tel que les point d'eau, les tranchées pare feu, le débroussaillage, les voies forestières. L'élaboration de la carte des risques est un outil qui facilite la mise en place des dispositifs de DFCI.

2. La surveillance, la détection et l'alerte

La surveillance et la détection des incendies de forêts constituent la phase la plus importante de tout système de protection. La réussite, l'efficacité de l'intervention et la lutte n'est assurée que grâce à une détection et une signalisation rapide et précise (**HOURCASTAGNE, 1975**). La détection est assurée par les postes de vigies, il serait essentiel d'équiper les tours de guet d'appareils de mesure essentiels pour un fonctionnement efficace, notamment : jumelle, GPS, des cartes, une boussole, un instrument de mesure de direction et de vitesse du vent (**PUTOD, 1979**).

2.1. Les postes vigies

Les processus de suivi et d'évaluation sont importants à plusieurs niveaux. Il est urgent de surveiller les effets des incendies et des opérations d'extinction pour parvenir à un équilibre entre la lutte contre les incendies et la protection des ressources. La qualité des postes de vigie dépend de plusieurs paramètres :

- Du choix de l'implantation.
- De l'équipement des postes.
- Des règles d'explication du réseau et de la périodicité des relevés qui doivent être fréquentes pour éviter aux guetteurs l'ennui et le reclassement de l'attention (**FAO., 2015**).

2.2. Les brigades forestières mobiles (guet terrestre mobile)

Les guetteurs dans les postes fixes partagent leur tâches avec d'autres guetteurs mobiles, appelés brigades mobiles, ces derniers ont une triple mission à savoir : signalisation des feux, intervention sur le début d'incendie et enfin réprimer les infractions à la réglementation sur l'emploi du feu. Ces patrouilles sont équipées de moyens de locomotion généralement un véhicule tout terrain, de moyens de transmission (postes émetteurs, récepteurs) et du matériel de première intervention (pelles, batte feu). Elles sont dotées aussi de carte et de jumelles (**FAO., 2015**).

3. Moyens de lutte contre les incendies de forêt

Lors de l'éclosion d'un feu de forêt, des moyens de lutte préalablement organisés par la prévision doivent être alors mis en action. La qualité du système de prévision est déterminante pour le succès des opérations de lutte. La réponse à l'incendie dépend de

l'importance prise par le feu. Les moyens engagés augmentent avec la taille et la virulence de l'incendie :

* Les combattants du feu peuvent avoir des origines très diverses : pompiers, forestiers, bénévoles, population rurale. La qualité de la formation des personnels de lutte est un facteur de réussite important dans la lutte contre les incendies de forêt.

* Le matériel de lutte est très diversifié. Il s'agit d'outils rudimentaires (pelles, battes à feu) sous réserve que le feu ne soit pas trop puissant (végétation peu abondante et vent faible), ou de véhicules avec petite réserve d'eau pour la première intervention puis camion-citerne et avions bombardier d'eau. Cependant, pour être efficace, l'engagement des moyens doit s'opérer selon une stratégie qui définit les règles générales (principes, objectifs) sur lesquelles sont fondées les opérations de lutte, et des tactiques d'attaque adaptées au contexte local (caractéristiques du milieu, moyens disponibles, conditions météorologiques). Le bon déroulement des actions de lutte nécessite :

* Un commandement des opérations clairement identifié.

* Des structures coordinatrices assurant la cohérence des opérations, les modalités d'intervention sur le feu, l'organisation des moyens, la logistique, la communication avec les médias. Ces structures peuvent être développées au fur et à mesure que l'incendie prend de l'importance.

Les conditions météorologiques influent beaucoup sur le comportement des incendies. Elles doivent être recueillies et analysées durant tout le sinistre, afin de prévoir les changements de force et de direction du vent, de température ou d'humidité. L'arrivée de fronts météorologiques est à surveiller particulièrement car ils engendrent des variations soudaines de ces paramètres (CEMAGREF., 2001).

4. Moyens mis en œuvre pour lutter contre les feux de forêt dans la wilaya de Khenchela (conservation des forêts de la wilaya de khenchela)

En application du décret n° 301-07 du 27 septembre 07 modifiant et complétant le décret n° 80.184 du 19 juillet 1980 portant mis en place des organes de coordination des actions de protection du domaine forestier national contre les incendies des forêts et en coordination avec toutes les institutions concernées à la préparation du plan feux de forêts, la campagne 2017 fut entamée comme prévu suite à un arrêté de wilaya.

Les préparatifs de la campagne, ont été lancés dès le mois de Mars, par un programme de sensibilisation et d'information à tous les niveaux ainsi que par l'installation du comité opérationnel de wilaya, des 08 comités de daïras, des 21 comités de communes, et des 17

comités de riverains, ainsi que par l'approbation du plan feu de forêts par le comité de wilaya présidé par le secrétaire général de la wilaya.

Le réseau de pistes desservant la forêt de la wilaya est évaluée à 1520 Km pour une surface de 146 303 ha (IFN., 2008) et en application aux programmes de gestion, l'aménagement de pistes se réalise chaque année avant le début de la campagne des incendies. En plus des oueds existants et des sources s'ajoutent 57 points d'eau aménagés en plein massif et 17 bassins réservoirs sont opérationnels au niveau de la zone du barrage vert.

En matière de surveillance, 13 postes de vigies dont la permanence est assurée par 32 gardiens contrôlés par des agents forestiers et 26 postes d'interventions. Le réseau des transmissions joue un rôle très important dans le sens de l'alerte et de l'information, ce qui facilite l'intervention rapide et la communication des messages et des données au moment opportun. Dans ce contexte, 13 stations semi fixe sont installées au niveau des circonscriptions, et 24 stations mobiles, et 32 portatifs, et 02 relais (Ras Kaltoume et Touilate Amara), une station fixe au niveau de la conservation, ainsi que 09 CCFL (camion citerne feu de forêt léger) équipées de radio.

La conservation des forêts a installé 18 brigades mobiles composées de 86 agents forestiers, ces brigades ont le rôle d'organiser des tournées de contrôle en plein massif, en coordination avec la protection civile , et les ERGR (Entreprise Régionale du Génie Rural AURES) avec moyen humains et matériels(Bull ; tronçonneuses, camions citernes et moyens de transport),

Conclusion

L'étude du bilan des incendies de forêt dans les trois massifs forestiers de la wilaya de Khenchela, sur une période de 33 ans (1985-2017), nous a permis de constater que notre forêt est gravement affectée par ce fléau que constitue les feux de forêts. Chaque année plusieurs hectares partent en fumée. Durant la période étudiée, les incendies ont dévasté l'équivalent de 21369,5105 hectares pour un nombre total de 603 foyers. La moyenne annuelle des superficies incendiées se chiffre à 647.56 ha. Cependant, la superficie brûlée fluctue d'une année à une autre. Les causes principales sont d'origines naturelles liées au climat et anthropiques liées à l'instabilité politique qu'a connu le pays pendant la décennie noire.

Durant les années 1993, 1994, 2008, 2012, 2014 et 2017 la superficie incendiée est supérieure à cette moyenne. C'est l'année 2012 qui a été la plus destructrice pour la forêt de Khenchela, où pas moins de 15719 ha ont brûlés, ce qui représente 73.55% de la superficie totale incendiée durant les deux décennies. Par ailleurs, l'année 2017 a enregistré le plus grand nombre de foyers.

L'analyse du bilan des incendies dans la wilaya de Khenchela pendant l'année 2017, nous révèle que les mois les plus concernés par les incendies sont juillet et août avec 36 départs de feux sur 53 foyers d'incendies, avec une superficie brûlée estimée à plus de 201.50 ha soit 85% de la surface totale incendiée. Cette période coïncide avec la saison sèche dans cette région, qui favorise ainsi le déclenchement des incendies de forêt.

Les formations végétales les plus incendiées dans cette zone sont l'Alfa ainsi que les arbres forestiers avec respectivement 51.74 % et 45 % de la superficie totale brûlée. Parmi les essences non forestières qu'on retrouve dans nos massifs à savoir l'Alfa, le maquis et les broussailles, l'Alfa occupe la première place dans les espèces touchées par le feu, avec 123,201 hectares incendiés soit 94%. Par ailleurs, les espèces forestières présentes dans notre région d'étude sont le pin d'Alep, le chêne vert et le cèdre. C'est le pin d'Alep qui a été le plus affecté par les incendies avec 107,0965ha de pinède brûlée soit 99.39% des espèces forestières.

Concernant la fréquence quotidienne des foyers, on constate que sur 53 départs de feu, le plus grand nombre a été enregistré pendant le jeudi, jour de weekend avec 10 foyers déclarés. Ces données nous laissent soupçonner l'acte volontaire des incendies de forêt.

Durant la tranche horaire comprise entre 10 et 18 heures, 66% des départs de feu ont été comptabilisés, en effet pendant cette période de la journée les conditions climatiques sont favorables pour l'éclosion et la propagation du feu. En dehors de cette période, et malgré les conditions climatiques défavorables pour le déclenchement des incendies, 33% de foyers d'incendie ont été enregistrés. Cette situation nous confirme que les causes d'un grand nombre d'incendies sont volontaires et criminelles.

Durant l'année 2017, les massifs forestiers les plus touchés par les incendies sont le massif d'OuledYacoub et Beni Oudjanaoù 238,1045 hectares ont été ravagés par les feux. Concernant la tranche de superficie supérieure à 150 ha, 148.464ha soit 62% de la surface totale ont été brûlées, alors que dans la tranche de superficie inférieure à 1 hectare, 33 foyers s'y sont déclarés avec une superficie brûlée estimée à 0.718 ha.

Les causes des incendies de forêt dans la région de Khenchela, et selon les services de la conservation forestière de la même wilaya, les 53 départs de feux déclarés pendant l'année 2017 sont enregistrées d'origine inconnue.

- **AIDOUD A., 1997** : Fonctionnement des écosystèmes méditerranés. Laboratoire d'écologie végétale. Université de rennes I, conférence, 3-50p.
- **AMMARI, 2011** : Etude de la dimension fractale du front dans un système désordonné binaire. Application aux feux de forêt. Thèses Magister. univ Oran .Algérie, 90p.
- **ARFA AZZEDINE, BENDERRADJI M. et ALATOU D., 2006** : Les incendies de forêt en Algérie stratégie de prévention et plan de gestion université Mentouri, Constantine.
- **BONNET V. et TATONI T., 2003** : Analyse spatiale et fonctionnelle de la réponse de la végétation après incendie en basse Provence calcaire. Forêt Méditerranéenne XXIV, 385-402.
- **BUREAU NATIONAL D'ETUDE POUR LE DEVELOPPEMENT RURAL B.N.E.D.E.R., 2010** : Etude de classement de la cédraie de Beni Oudjana et d'OuledYagoub en parc national. Phase II, analyse de l'état des lieux. 230p.
- **BUREAU NATIONAL D'ETUDE POUR LE DEVELOPPEMENT RURAL B.N.E.D.E.R., 2008** : Etude d'aménagement et développement forestiers de la forêt domaniale de Beni Oudjana, wilaya deKhenchela. Algérie, 1-62pp.
- **Bureau National des Etudes Forestières BNFE., 1986** : Plan d'aménagement de la zone d'Ouled Yaagoub et Beni Oudjana. Constantine.
- **CARBONEL G. DUSSERE G. et SAUVAGNARGUES S., 2004** : Embrasement généralisé éclair en feu de forêt. Sage lieutenant-colonel j.p.Monet.
- **CEMEGREF., 1989** : Le guide technique du forestier méditerranéen français, chapitre IV : protection des forêts contre les incendies. Division technique forestière, Aix-enProvence (France).
- **COLIN P.Y., JAPPIOT M., MARIEL A., LAMPIN C., et VEILLONS S., 2001** : Protection des forêts contre l'incendie .Edit .FAO/C.E.M.A.G.R.E .cahier FAO conservation.
- **CONSERVATION DES FORETS DE LA WILAYA DE KHENCHELA., 2017.**
- **CONSERVATION DES FORETS DE LA WILAYA DE KHENCHELA., 2018.**
- **DJEBAILI S., 1984:** Steppe Algérienne. Phytosociologie et écologie. Office des publications édité en 2017 ; Algérie.
- **ELHAI H., 1968** : Biogéographique. Paris .Amand colin, coll. ,406p.
- **FAO.,2015:** Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- **FAO.et CEMAGREF., 2001** : Protection de forêt contre l'incendie fiche technique pour les pays du bassin méditerranéen. p11-17.

- **GAETAN LEMAIRE : 2007** : Introduction à la pyrologie forestière, cours gestion du feu en forêt. Section A et B. 77 p.
- **GILLON D., 1990 ; ORAZIO., 1999** : Les effets des feux sur la richesse en éléments minéraux et sur l'activité biologique du sol. Revue Forestière Française XLII, 295-302.
- **GILLON et al., 1987, HERNANDEZ et al., 1997**: Ecological impacts of prescribed winter burning on fuel breaks in frenchMediterranean forests. First results.Ecologia Mediterranean XIII, 163-176.
- **HERNANDEZ T., GARCIA C. et REINHARDT I., 1997**:Short-term effect of wildfire on the chemical, biochemical and microbiological properties of mediterranean pine forest soils. Biology and Fertility of soils 25, 109-116
- **HOURCASTAGNE, A., 1975** : Le guet et l'alerte, revue forestière française, N° sp, pp82-92.
- **INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL IFN., 2008**
- **JAPPIOT M., BLANCHI R. et ALEXANDRE D., 2002** : Cartographie du risque : recherche méthodologique pour la mise en adéquation des besoins, des données et des méthodes. Cemagref, ENSMP-ARMINES, agence MTDA, colloque de restitution destravaux de recherche du SIG incendies de forêt, 4 décembre 2002, Marseille France.
- **KHALID F., 2008** : contribution à l'élaboration d'un plan de prévention des risques incendie de forêt. Thèse Magister .Univ de Tlemcen, fac des sciences, département de forêt. Algérie, 162p.
- **LEROY V., 2007** : Contribution a la modélisation des feux de forêt, cinétique de dégradation.
- **M'HIRT O., 1982** : Etude écologique et forestière des cédraies du rif marocain. Essai sur approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de productivité du cèdre (*cèdrusatlanticaMantti*).Thèse doct. Es .science, univ.droitEcon.ECSCI-D'AIX-Marseille ; 436p.
- **MEDD., 2002** : Les feux de forêt. Dossier d'informatique, France, 20p.
- **MERRILL D.F., ALEXANDER M.E., 1987**: Glossary of forest fire management terms. 4th Edition. Nationalresearch council of canada, canadian committee on forest fire management, ottawa, ontario. Publication nrcc no. 26516. 91 p.
- **MISSOUMI A., et TADJEROUNI K., 2001** : SIG et imagerie Alsat1 pour la cartographie du risque d'incendie de forêt. 2nd FIG régionalConférence Marrakech, Morocco, december 2-5, 14 p.
- **MOLINA M. J. et LLINARES J. V., 1998**: Effects of fire intensity on the soil properties related to structure: organic matter, aggregate stability and water retention capacity. In fire

management and landscape ecology, trabaud, l. ed, pp. 35-50. International association of wildland fire, fairfiels, washington.

- **NATIONAL DES ETUDES FORESTIERES BNFE.**, 1986 : Plan d'aménagement de la zone d'OuledYaagoub et BeniOudjana. Constantine.

- **ONTF.**, 1977 :Office national des travaux forestiers inventaire forestier de la forêt de Beni Imloul dans le massif des Aurès – Algérie. Rapport de la Direction du grand projet Aurès Batna. Projet de mise en valeur agro-sylvo-industriel des Aurès, G.T.Z n° 114.

- **PUTOD (1975) in CHIBANE, T., 2006** : Bilan critique des actions de défense des forêts contre les incendies du Parc National de Chréa. Mém, Ing, agr.INA, El-Harrach, p90.

- **QUEZEL P., 1998** : Cèdre et cédraies du pourtour méditerranéenne : signification bioclimatique et phytogéographiques. Forêt méditerranéenne. Vol. XIX, no 3 : 250-256.

- **RAMADE, 1997** : Conservation des écosystèmes méditerranéens; enjeux prospectives. Les fascicules du plan bleu N 3, Edition Economica, Paris, 189p.

- **TRABAUD L., 1992:** Fire in mediterranean ecosystems. Atteler international sur l'action du feu dans les écosystèmes méditerranéens.Banylus sur mer (France), 441p.

- **TRABAUD., 1979:** Etude du comportement du feu dans la garrigue de chêne kermès à partir des et des vitesses de propagation. Ann.SCI.For, 13-38pp.

- **VENNETIER M., 2012** : Changement climatique et dépérissements forestiers : causes et conséquences. pp. 50-60. *In* : Changement climatique et modification forestière. — Paris : CNRS.

Résumé

En Algérie, le patrimoine forestier fait l'objet de multiples atteintes et agressions, dont principalement les feux de forêt. Dans les trois massifs forestiers de la wilaya de Khenchela à savoir les Beni Imloul, les OuledYagoub, et Beni Oudjana, ce phénomène semble prendre de l'ampleur d'année en année et ravage plusieurs milliers d'hectares de surfaces boisées.

L'objectif de notre travail est de récolter les données des feux de forêts sous forme de bilans mensuels sur une période de 33 ans (1985-2017), puis d'analyser les incendies de forêt pendant l'année 2017 dans la région de Khenchela.

Notre analyse a montré que l'année 2012 est considérée comme étant catastrophique pour la forêt de Khenchela avec 15719 ha de superficie incendiée.

Pendant l'année 2017, les massifs forestiers les plus concernés par les incendies sont le massif d'OuledYacoub et Beni Oudjana où 238,1045 hectares ont été ravagés par les feux. Pendant le mois de juillet et aout, 53 départs de feux ont été enregistrés. Les formations végétales les plus touchées par le feu sont l'Alfa avec 94% de la superficie des essences non forestières, puis *Pinushalepensis* avec 99.39% de la surface des espèces forestières.

Mots clés : Bilan - Feux – Forêt – Khenchela

ملخص

في الجزائر، يخضع تراث الغابات لهجوم وعدوان متعدد، خاصة حرائق الغابات. في ثلاث كتل من غابات ولاية خنشلة، وهي بني املول، وأولاد يعقوب، وبني اوجانة، يبدو أن هذه الظاهرة تتزايد عاما بعد عام وتدمر عدة آلاف من الهكتارات من المناطق المشجرة.

الهدف من عملنا هو جمع بيانات عن حرائق الغابات في شكل ملخصات شهرية على مدار 33 عاما (1985-2017)، ثم تحليل حرائق الغابات في عام 2017 في منطقة خنشلة.

أظهر تحليلنا أن عام 2012 يعتبر كارثيا على غابة خنشلة مع 15719 هكتار من المنطقة المحروقة خلال عام 2017، كانت الغابات الأكثر تضررا من الحرائق هي كتلة أولاد يعقوب وبني أوجانة حيث تم تدمير 238.1045 هكتار من الحرائق. تشكيلات النباتات الأكثر تضررا من النار هي ألفا مع 94 ٪ من مساحة الأنواع غير الحرجية، ثم 99.39 ٪ من المساحة السطحية للأنواع الحرجية *Pinushalepensis*.

الكلمات المفتاحية: تقييم - حريق - غابة - خنشلة

Abstract

In Algeria, the forest heritage is the object of multiple attacks and aggressions, of which mainly forest fires. In the three main forests of the city of khenchela namely beni imloul, ouled yagoub, and beni oudjana, this phenomenon seems to gain in the year importance by year and devastation several thousands of hectares of wooded surfaces. The objective of our work is to collect the data of forest fires in the form of monthly assessments over one 33 years period (1985-2017), then to analyze forest fires during the year 2017 in the area of khenchela our analysis showed that the year 2012 is regarded as being catastrophic for the forest of khenchela with 15719 ha of burnt surface. During the year 2017, the main forests most concerned with the first are the solid mass of ouled yacoub and beni oudjana where 238.1045 hectares were devastated by fires. During the month of july and august, 53 starting points of fire were recorded. The vegetable formations most touched by fire are the Esparto with 94% of the surface of, Non-forest then pinushalepensis with 99.39% of the surface species

.Keywords: Assessment-Fires-Forest-Khenchela

