

Université des Frères Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Biologie et Ecologie Végétale

قسم : بيولوجيا و علم البيئة النباتية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Protection des Ecosystèmes

Intitulé :

Analyse météorologique et topographique des feux de forêt : cas de la wilaya d'Annaba (période 1985-2018)

Présenté et soutenu par : *ALLAL Amira et DALOUCHE Djaouher*

Le : Septembre 2020 à distance

Jury d'évaluation :

Président du jury : ALATOU Djamel

Prof – UFM Constantine 1

Rapporteur : ARFA Azzedine Mohamed Touffik

MCB – UFM Constantine 1

Examineurs : BENDERRADJI Mohamed El Habib

Prof – UFM Constantine 1

GANNA Mohamed

MAB – UFM Constantine 1

*Année universitaire
2019 – 2020*

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي
خَلَقَ الْمَوَدَّعَةَ
وَالْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي
خَلَقَ الْمَوَدَّعَةَ
وَالْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي
خَلَقَ الْمَوَدَّعَةَ

Remerciements

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier Dieu le tout Puissant de nous avoir donnés la force et le courage de mener à bien ce modeste travail et notre grand salut sur notre prophète MOHAMED, également nous remercions infiniment nos parents, qui nous encouragés et aidés à arriver à ce stade de notre formation.

Ce travail est l'aboutissement d'un long cheminement au cours duquel nous avons bénéficiés de l'encadrement, des encouragements et de soutien de plusieurs personnes, à qui nous tenons à dire profondément et sincèrement merci.

En premier lieu, nous exprimons nos sentiments de gratitude à notre encadreur, notre professeur Dr Arfa Azzedine Mohamed Touffik qui a bien voulu diriger ce mémoire de fin d'étude. Nous le remercions d'avoir suivi notre travail avec beaucoup d'intérêt.

Nous exprimons notre gratitude à tous les membres de jury Pr Alatou Djamel, Pr Benderradjí Mohamed El habib et Dr Gana Mohamed qui ont bien accepté d'évaluer notre travail.

Nous tenons à remercier nos Enseignants : Mr Bazri, mlle Hana Alatou, mme Touaba , Mr Meliani, Mr Hamel, Mlle Hamla, et les enseignants de cycle primaire, moyen, secondaire, et du cycle universitaire pour leurs conseils et leurs encouragements pour aller de l'avant.

Et enfin, nous remercions nos amis et collègues de master pour l'ambiance amicale et les échanges d'idées profitables qui règnent en permanence ainsi que les étudiants de master 2 de l'année passée pour leurs conseils.

Dédicaces

Dédicace

Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes chers parents, qui ont consacré leur existence à bâtir la mienne, pour leur soutien, patience et soucis de tendresse et d'affection pour tout ce qui ils ont fait pour que je puisse arriver à ce stade.

*A mon **papa**, qui est toujours disponible pour nous, et prêt à nous aider ;
A ma très chère et douce **mère**, qui m'a encouragé durant toutes mes études, et qui sans elle, ma réussite n'aura pas eu lieu.*

*A ma sœur **Yousra** et mes deux chers frères, **Mouhamed** et **Abd Errahim**, que **Dieu** les prodigues guérisons et santé.*

*A ma grande mère ; mes oncles ; tantes ; mes cousins ; cousines et ma voisine **Marwa**.*

*A mon encadreur **Mr Arfa** qui m'a soutenue et orientée pendant cette recherche et a contribué à ma formation.*

*A ma chère amie **Dalouche Djaouher**.*

*Je veux surtout dédier ce travail à mes très chers camarades de promotion Master " **Protection des écosystèmes**" avec lesquels j'ai passé des moments précieux et inoubliables, je vous souhaite tous une vie pleine de joie et de bonheur et une carrière pleine de succès.*

*Je dédie également ce travail à mon adorable amie **Amel**.*

A tout ce qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

Allal Amira

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,

L'amour, le respect, la reconnaissance...



Aussi, c'est tout simplement que

Je dédie ce mémoire ...

À MES CHÈRES PARENTS

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel
et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour
mon instruction et mon bien être.*

*Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez
depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagnera
pour toujours.*

*Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le
fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai
jamais assez.*

*Puisse Dieu, le plus puissant, vous accorder santé, bonheur et longue
vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.*

A LA MEMOIRE DE MES GRAND-PERES

ET MES GRAND-MERES

J'aurais tant aimé que vous soyez présents.

Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde

A mon professeur et encadreur Monsieur ARFA A.M.T. qui m'a soutenue et orientée durant cette humble recherche et a contribué à ma formation.

A mon professeur Monsieur KADEM D.E.D qui restera mon meilleur conseiller et guide

À MES AMIES DE TOUJOURS : Raounak, Amina, les 3 Amira qui se reconnaîtront, Rayenne, Maha Rym, Djouhaina, Youssra, Chaïma, Sandra...

A ma cousine et amie CHAHRAZED

A HAIDER ABDELOUADOUD qui m'a toujours été d'une aide précieuse...

En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

À TOUTES LES PERSONNES QUI ONT PARTICIPÉ DE PRES OU DE LOIN A L'ÉLABORATION DE CE TRAVAIL

DJAOUHER DALOUCHE

SOMMAIRE

Sommaire

LISTE DES ILLUSTRATIONS

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

CHAPITRE I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Qu'est-ce qu'un feu de forêt ?.....	02
2. L'éclosion d'un feu de forêt.....	02
3. Les facteurs de propagation d'un feu de forêt	02
4. Les effets de la topographie sur le comportement des feux de forêt	03
5. Les effets des facteurs météorologiques sur le comportement des feux de forêts	04
5-1. La température.....	04
5-2. Les précipitations.....	04
5-3. L'humidité relative.....	05
5-4. Le vent.....	05
6. Combinaison du relief et du vent.....	05
6-1. Vent et effet de pente associés	05
6-2. Aérologie en crête.....	05

CHAPITRE II. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

1. Localisation de la zone d'étude	06
2. Approche méthodologique.....	07
2-1. Collecte des différents niveaux d'information	07

2-2. Construction d'une base de données géographique.....	08
2-2-1. Données topographiques.....	08
2-2-2. données météorologiques.....	09
2-3. Analyse spatiotemporelle des feux de forêt en fonction des paramètres topographiques et météorologiques	10

CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Étude topographique des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba.....	11
1-1. Classes d'altitude des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba.....	11
1-2. Classes de pente des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba.....	12
1-3. Classes d'orientation des pentes des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba.....	13
2. Analyse topographique des feux de forêts de la wilaya d'Annaba entre 1985 et 2018...	14
2-1. Classes d'altitude des feux de forêts	14
2-2. Classe des pentes des feux de forêts.....	15
2-3. Classes d'orientation des pentes des feux de forêts.....	17
3. Etude météorologique des feux de forêts de la wilaya d'Annaba (1985-2018).....	18
3-1. Relation entre la température maximale et les feux de forêts	18
3-2. Relation entre le taux de l'humidité de l'air et les feux de forêts.....	20
3-3. Relation entre la vitesse maximale de vent soutenue et les feux de forêts.....	21
CONCLUSION.....	24
Références bibliographiques.....	25

Résumés

***LISTE DES
ILLUSTRATIONS***

Liste des illustrations

Tableaux

Tableau 1. Listes des données nécessaires pour alimenter la base de données géographique.....	07
Tableau 2. Les gradients thermiques mensuels de l'extrême Nord Est algérien.....	09

Cartes

Carte 1. Classes d'altitude des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba.....	11
Carte 2. Classes de pente des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba.....	12
Carte 3. Classes d'orientation des pentes des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba.....	13

Figures

Figure 1. Les combustibles d'un feu de forêt.....	02
Figure 2. Mécanismes de la propagation du feu en présence de pente.....	03
Figure 3. Effets des facteurs vent et pente sur les feux de forêt.....	04
Figure 4. Localisation de la wilaya d'Annaba.....	06
Figure 5. Modèle de calcul des paramètres topographiques des massifs forestiers.....	08
Figure 6. Modèle d'analyse des paramètres topographiques des feux de forêt.....	10
Figure 7. Répartition du nombre de feux de forêt en fonction de l'altitude.....	14
Figure 8. Répartition des surfaces brûlées en fonction de l'altitude.....	15
Figure 9. Répartition du nombre de feux de forêts en fonction de la pente.....	16

Figure 10. Répartitions des surfaces brûlées en fonction de la pente.....	16
Figure 11. Répartition des feux de forêts en fonction de l'orientation des pentes.....	17
Figure 12. Répartition des surfaces brûlées en fonction de l'orientation des pentes.....	18
Figure 13. Répartition du nombre de feux en fonction des températures maximales.....	19
Figure 14. Répartition des surfaces brûlées en fonction des températures maximales.....	19
Figure 15. Répartition des feux de forêts en fonction du taux d'humidité de l'air.....	20
Figure 16. Répartition des surfaces brûlées en fonction de l'humidité de l'air.....	21
Figure 17. Répartition du nombre de feux en fonction de la vitesse maximale de vent soutenu.....	22
Figure 18. Répartition des surfaces brûlées en fonction de la vitesse maximale de vent soutenu.....	22

INTRODUCTION

Introduction

En Algérie, chaque année plus de 36.000 hectares de forêts sont détruits par les feux. Les pertes économiques dans le secteur forestier générées par ces feux entre 1985 et 2006 se chiffrent à plus de 113 milliards de dinars algériens. Cette évaluation financière ne prend en compte que la valeur marchande des produits perdus (bois, liège, broussailles, alfa, arboriculture...), sans tenir compte des dépenses annuelles pour la lutte contre les feux de forêts. De plus, il faut ajouter à cela une perte à long terme de la biodiversité et de l'équilibre des écosystèmes forestiers qui reste difficile à chiffrer (Arfa *et al.*, 2009).

D'après les bilans de la DGF, durant la période 1985-2018, la wilaya d'Annaba a enregistré 1564 départs de feux comptabilisant une surface brûlée de 32.967,75 ha. Ces feux répétitifs et dévastateurs, au niveau des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba, nous ont incités à vérifier s'il existe vraiment une influence des facteurs météorologiques et topographiques sur ces derniers.

L'objectif principal de cette étude est de déterminer l'importance et le rôle des différents facteurs topographiques (altitude, pente et orientation) et météorologique (température maximale, taux d'humidité de l'air et vitesse du vent) et leur degré d'influence sur le départ et la propagation des feux de forêts, au niveau des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba, sur une période de 34 ans (1985-2018).

Les résultats attendus de cette étude permettront d'identifier et de caractériser les zones exposées au risque feu de forêt, au niveau des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba, d'un point de vue topographique et météorologique.

CHAPITRE I

SYNTHÈSE

BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Qu'est-ce qu'un feu de forêt ?

Un feu de forêt est un sinistre qui se déclare et se propage dans des formations, d'une surface minimale d'un hectare pouvant être des forêts ou des formations sub-forestières (maquis, garrigue et landes) et qu'une partie au moins des étages arbustifs et/ou arborés (parties hautes) soit détruite (figure 1).

Cette définition n'intègre donc pas les autres feux de l'espace rural et périurbain, c'est-à-dire, les feux de massifs de moins de 1 ha, les feux agricoles, de dépôts d'ordures et autres (Sabi, 2010 in Ghennai, 2014).



Figure 1. Les combustibles d'un feu de forêt

2. L'éclosion d'un feu de forêt

Un feu est une combustion, c'est-à-dire une combinaison rapide d'une substance combustible avec l'oxygène, qui se propage librement dans le temps et dans l'espace.

Presque tous les feux débutent en surface, dans la strate herbacée ou la litière de la forêt, le feu gagne alors les broussailles, puis les branches basses des arbres, et enfin leurs cime : sa propagation est alors très rapide (PPPRNIF, 2011).

3. Les facteurs de propagation d'un feu de forêt

Le comportement du feu de forêt dépend de plusieurs facteurs (DDTM, 2020) :

- **La végétation** : par sa composition, sa structure et son taux d'humidité, la végétation influence directement sur la puissance et la vitesse du feu. Un feu d'herbes progresse rapidement mais dégage peu d'énergie à l'inverse d'un feu de forêt qui lui dégage beaucoup de chaleur et de fumées.
- **La météo** : des conditions de sécheresse et de vents forts permettent au feu de progresser plus vite.
- **Le relief** : plus la pente est forte et plus le feu avance rapidement.
- **L'action des secours.**

4. Les effets de la topographie sur le comportement des feux de forêt

Lorsqu'un feu remonte une pente, l'inclinaison relative entre la flamme et le sol se réduit, induisant une augmentation des transferts de chaleur (figure 2).

Un attachement de la flamme au sol peut même se produire, avec une flamme en contact direct avec le combustible de surface ; le transfert convectif est alors maximal. Les effets de pente peuvent induire des augmentations très importantes de la vitesse de propagation du feu. À l'inverse, un feu se propageant selon une pente descendante voit sa vitesse réduite, par réduction de l'efficacité des transferts convectif et radiatif (Jappiot *et al*, 2009)

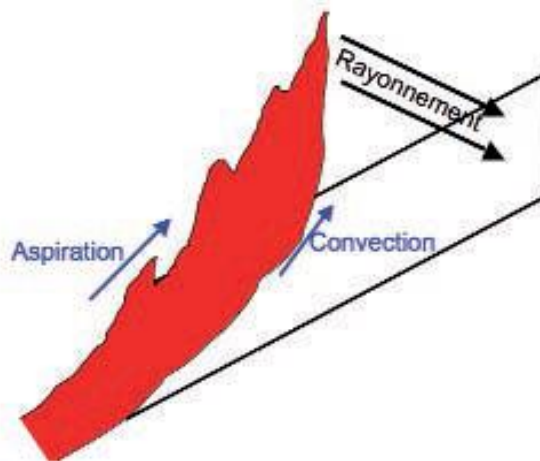


Figure 2. Mécanismes de la propagation du feu en présence de pente

Lorsque la topographie devient réellement complexe (figure 3), elle influence également sur le comportement du feu de manière indirecte, au travers de la météorologie. En effet, la présence de relief modifie largement la météorologie locale (vent et turbulence).

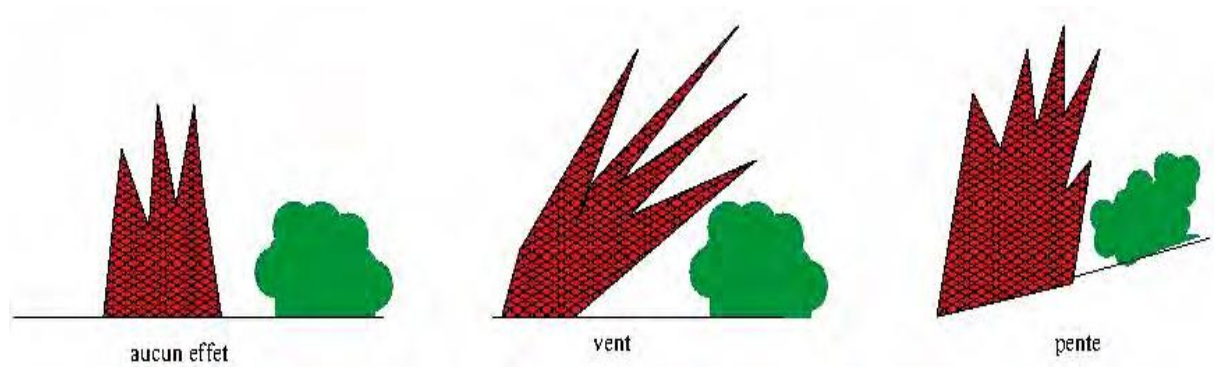


Figure 3. Effets des facteurs vent et pente sur les feux de forêt

5. Les effets des facteurs météorologiques sur le comportement des feux de forêt

Les conditions climatiques de l'année et de celle qui précède sont très importantes, aussi bien les précipitations, les températures, les vents et aussi l'humidité relative (Arfa, 2008).

5-1. La température

La principale source de chaleur est le soleil, les combustibles exposés au soleil se réchauffent plus rapidement que ceux sous couvert forestier, il peut y avoir jusqu'à 10 °C de différence. La température peut avoir une influence directe par le réchauffement ou le refroidissement des matériaux ou indirecte par la modification du contenu en humidité de l'atmosphère. Pour cette raison, les pics de température sont fortement redoutés du fait de la facilité de combustion de la végétation (Bekdouche, 2010).

5-2. Les précipitations

La pluie est le facteur climatique le plus important qui influe sur le phénomène d'occurrence des feux. Ce ne sont pas les quantités d'eau tombées qui inhibent le phénomène d'occurrence des feux, mais plus particulièrement leur rythme d'apparition (Trabaud, 1970 in Megrerouche, 2005).

L'effet des précipitations sur les incendies de forêt dépend de la lame d'eau précipitée et de sa répartition dans le temps. En effet, une faible tranche pluviométrique répartie dans le temps présente un meilleur effet qu'une grande quantité de pluie précipitée en un laps de temps très court.

5-3. L'humidité relative

C'est le rapport de la pression observée de la vapeur d'eau à la pression maximale compatible avec la température de l'air. Elle n'agit pas directement sur le phénomène d'apparition des feux, mais elle joue un rôle très important sur la teneur en eau des végétaux combustibles (Lakehal, 2016).

5-4. Le vent

Le vent favorise la combustion et la propagation en augmentant l'apport en oxygène, en asséchant le combustible, en favorisant le réchauffement du combustible à l'avant du feu, en influençant la direction de propagation du feu et en transportant les étincelles ou autres matières enflammées sur de grandes distances (Bekdouche, 2010).

6. Combinaison du relief et du vent

6-1. Vent et effet de pente associés

Sous l'effet du vent, les flammes sont plaquées contre le versant ascendant. Un front de feu monte en direction de la crête. Aussi dans la pente et sur la crête, l'intensité du feu est maximale ; la zone est excessivement dangereuse aussi bien pour les habitants que pour les secours.

6-2. Aérologie en crête

Si la ligne de crête d'une colline est globalement perpendiculaire à l'axe de direction de vent, il y'a accélération à l'approche du sommet. Par contre, le vent devient turbulent immédiatement après avoir franchi cette crête. Ce tourbillon forme un rouleau de vent qui, sur quelques mètres, s'oppose à la propagation du feu. C'est à cet endroit précis qu'une ligne d'arrêt du feu peut être installée par les sapeurs- pompiers (PPPRNIF, 2011).

CHAPITRE II

APPROCHE

MÉTHODOLOGIQUE

Chapitre II : Approche méthodologique

1. Localisation de la zone d'étude

La zone d'étude correspond à la wilaya d'Annaba qui est comprise entre les latitudes nord 36°36' et 37°05' et les longitudes Est 07°17' et 07°49'. Située à l'extrême Nord-Est de l'Algérie et ouverte sur le littoral méditerranéen sur 80 km, la wilaya d'Annaba s'étend sur 1439 km² (figure 4).

La wilaya d'Annaba est limitée :

- au nord par la Mer Méditerranée ;
- à l'est par la Wilaya d'El Tarf ;
- à l'ouest par la Wilaya de Skikda ;
- au sud par la Wilaya de Guelma.

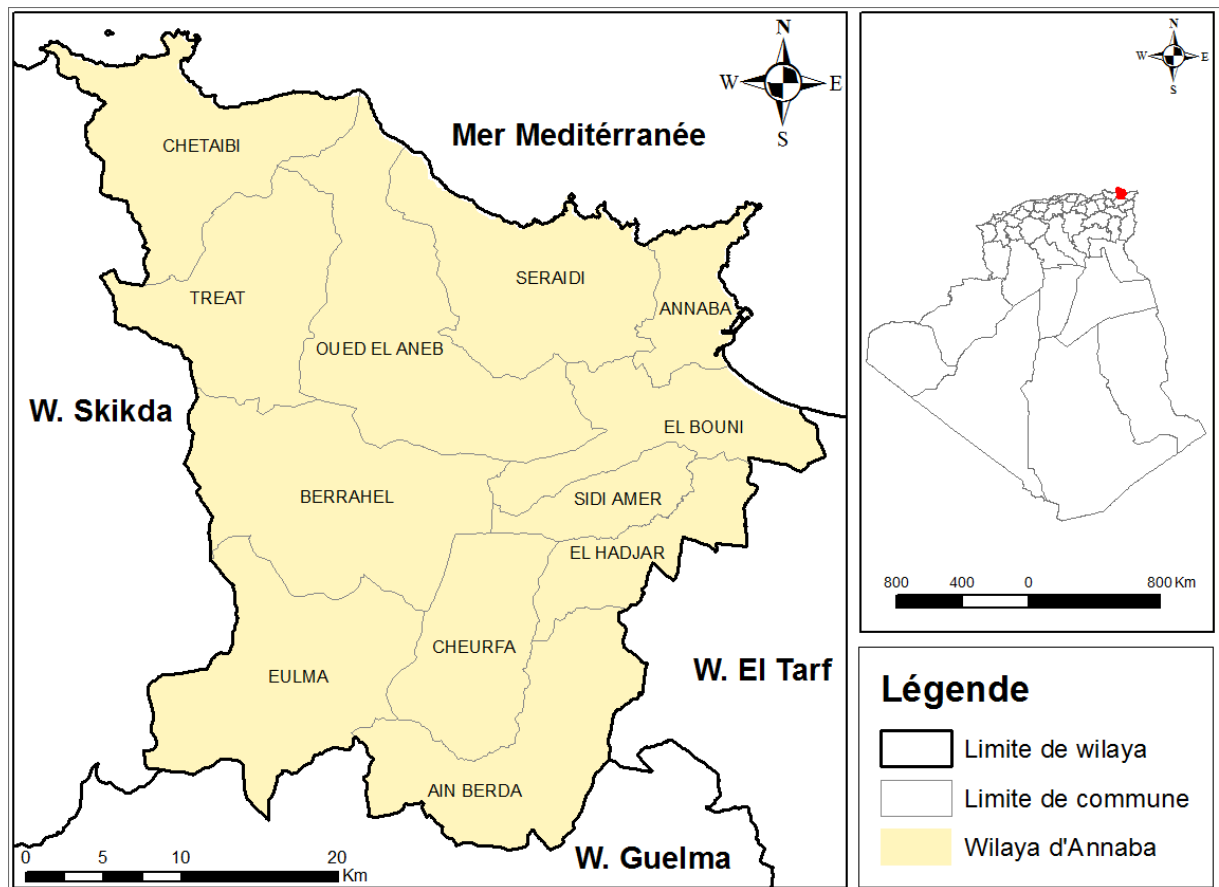


Figure 4. Localisation de la wilaya d'Annaba

2. Approche méthodologique

L'approche méthodologique adoptée pour étudier le rôle des différents facteurs topographiques et météorologiques et leur degré d'influence sur le départ et la propagation des feux de forêts, au niveau des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba, repose sur plusieurs étapes :

- collecte des différents niveaux d'information (topographie, météorologie et feux de forêt) de la wilaya pour la période 1985-2018 ;
- construction d'une base de données géographique regroupant les données météorologiques, topographiques et les feux de forêts ;
- analyse spatiotemporelle des feux de forêt en fonction des paramètres topographiques et météorologiques.

2-1. Collecte des différents niveaux d'information

Les données nécessaires pour alimenter la base de données géographique peuvent être classées en deux catégories (tableau 1):

- données disponibles utilisables sans traitements préalables.
- données disponibles nécessitant un traitement, une correction ou une mise à jour.

Tableau 1. Listes des données nécessaires pour alimenter la base de données géographique

Donnée	Disponibilité	Format
Modèle numérique d'élévation (DEM)	Disponible nécessitant un traitement	Image raster
Localisation des départs de feux (1985-2018)	Disponible	Vecteur
Bilan des feux de forêts (1985-2018)	Disponible	Tableau
Données météorologiques	Disponible nécessitant une correction	Tableau

Les données concernant le bilan et la localisation des départs de feux entre 1985 et 2018, au niveau de la wilaya d'Annaba, ont été récupéré à partir des travaux réalisés par Lakhel et Laid (2019).

Les données topographiques sont obtenues à partir du modèle numérique d'élévation GDEM (Global Digital Elevation Model) du satellite ASTER. Ces données sont disponibles gratuitement, avec une résolution spatiale de 30 m, sur le site web de l'USGS (United States Geological Survey).

Enfin, pour ce qui est des données météorologiques, elles sont disponibles gratuitement sur le site web « Tutiempo.net ».

2-2. Construction d'une base de données géographique

2-2-1. Données topographiques

La construction d'une base de données topographique relative aux massifs forestiers de la wilaya d'Annaba permet de réaliser, par la suite, une analyse topographique des feux de forêt durant la période 1985-2018. Les paramètres topographiques étudiés sont l'altitude, la pente et son orientation. Ces paramètres sont calculés à partir du modèle numérique d'élévation (DEM) en utilisant les différents outils du logiciel ArcGIS (figure 5). Le découpage du DEM, suivant les limites des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba, est réalisé grâce aux données issues des travaux de Lakhel et Laid (2019).

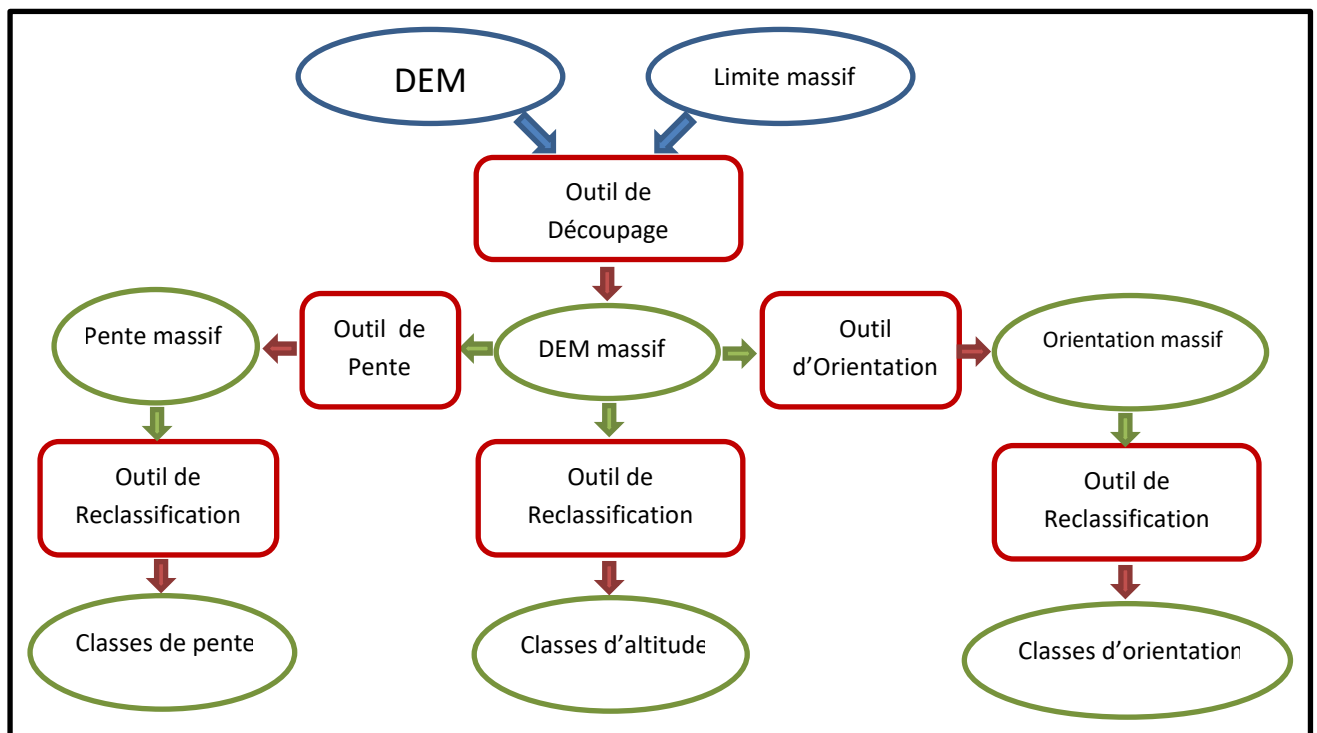


Figure 5. Modèle de calcul des paramètres topographiques des massifs forestiers

2-2-2. Données météorologiques

L'étude météorologique des feux de forêts entre 1985 et 2018, au niveau des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba est réalisée grâce aux données disponibles gratuitement sur le site espagnol "Tutiempo.net". Ce site web propose des données historiques, qui remontent dans certains cas à 1929, couvrant plus de 9.000 stations dans le monde entier. Les données historiques sont sous forme de moyennes annuelles, moyennes mensuelles et données journalières. Les paramètres météorologiques retenus pour notre étude sont ceux qui influencent fortement l'éclosion et la propagation des feux de forêts, à savoir :

- la température maximale journalière ;
- le taux d'humidité de l'air journalier ;
- la vitesse maximale journalière de vent soutenu.

Les données utilisées sont issues de la station météorologique d'Annaba, localisée à 36,83°N et 7,82°E avec une altitude de 4 m. Cependant, cette station présente quelques lacunes durant certaines périodes annuelles, mensuelles et même journalières. Pour cette raison, nous avons étudié uniquement les feux de forêts disposant de données météorologiques. Sur les 1565 départs de feux, 1559 disposent d'information sur les paramètres étudiées. 1554 disposent d'information sur la température maximale et le taux d'humidité de l'air et 1551 en ce qui concerne la vitesse maximale de vent soutenu.

Les données concernant la température maximale journalière ont été corrigées pour prendre en compte le paramètre altitudinal des départs de feux. Pour ce faire, nous avons d'abord calculé la différence d'altitude entre la station météorologique et les points de départ des feux, puis nous avons appliqué les valeurs des gradients altitudinaux des moyennes maximales des températures mentionné au tableau 2.

Tableau 2. Les gradients thermiques mensuels de l'extrême Nord Est algérien

Mois	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct
Gradients mensuels des maximas (°C)	0.45	0.38	0.33	0.52	0.54

Source : Benderradji, 2000.

2-3. Analyse spatiotemporelle des feux de forêt en fonction des paramètres topographiques et météorologiques.

L'analyse topographique des feux de forêt est réalisée grâce à une jointure spatiale entre les données des feux de forêt et les différentes classes d'altitude, de pente et d'orientation (figure 6). Les résultats de cette jointure sont exprimés sous forme de graphique.

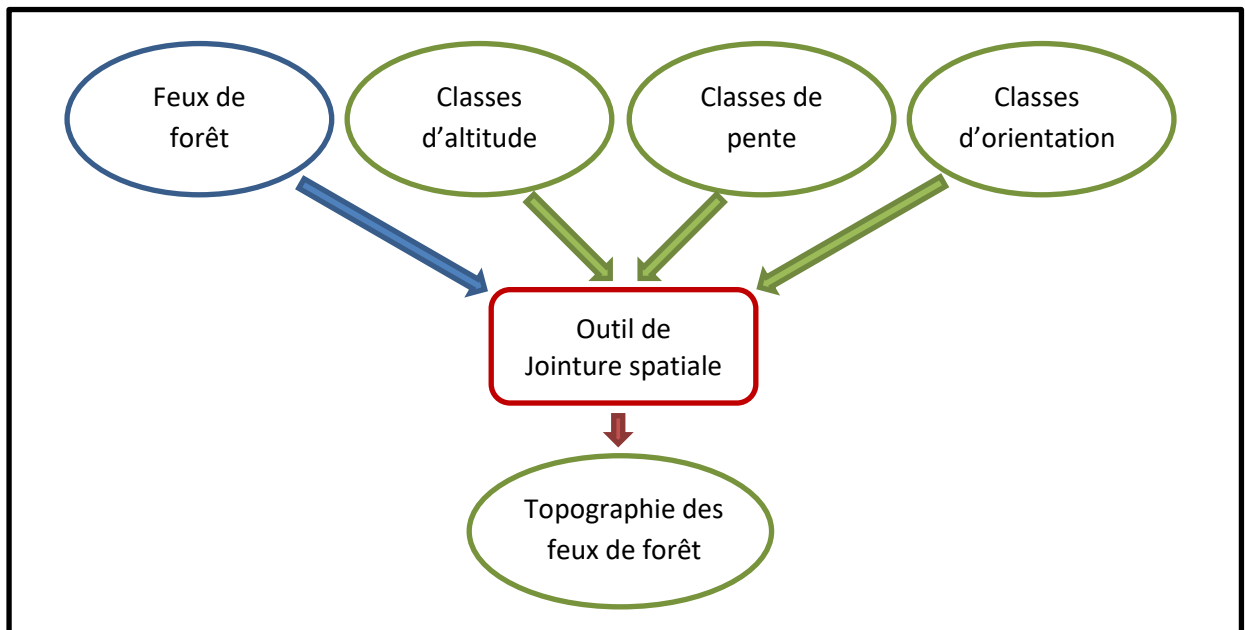


Figure 6. Modèle d'analyse des paramètres topographiques des feux de forêt

L'analyse météorologique des feux de forêt est réalisée grâce à une jointure attributaire entre la table des données des feux de forêt et les tables de températures maximales, d'humidité relative et de vitesse maximale du vent soutenu. Les résultats de cette jointure sont exprimés sous forme de graphique.

CHAPITRE III

RÉSULTATS ET

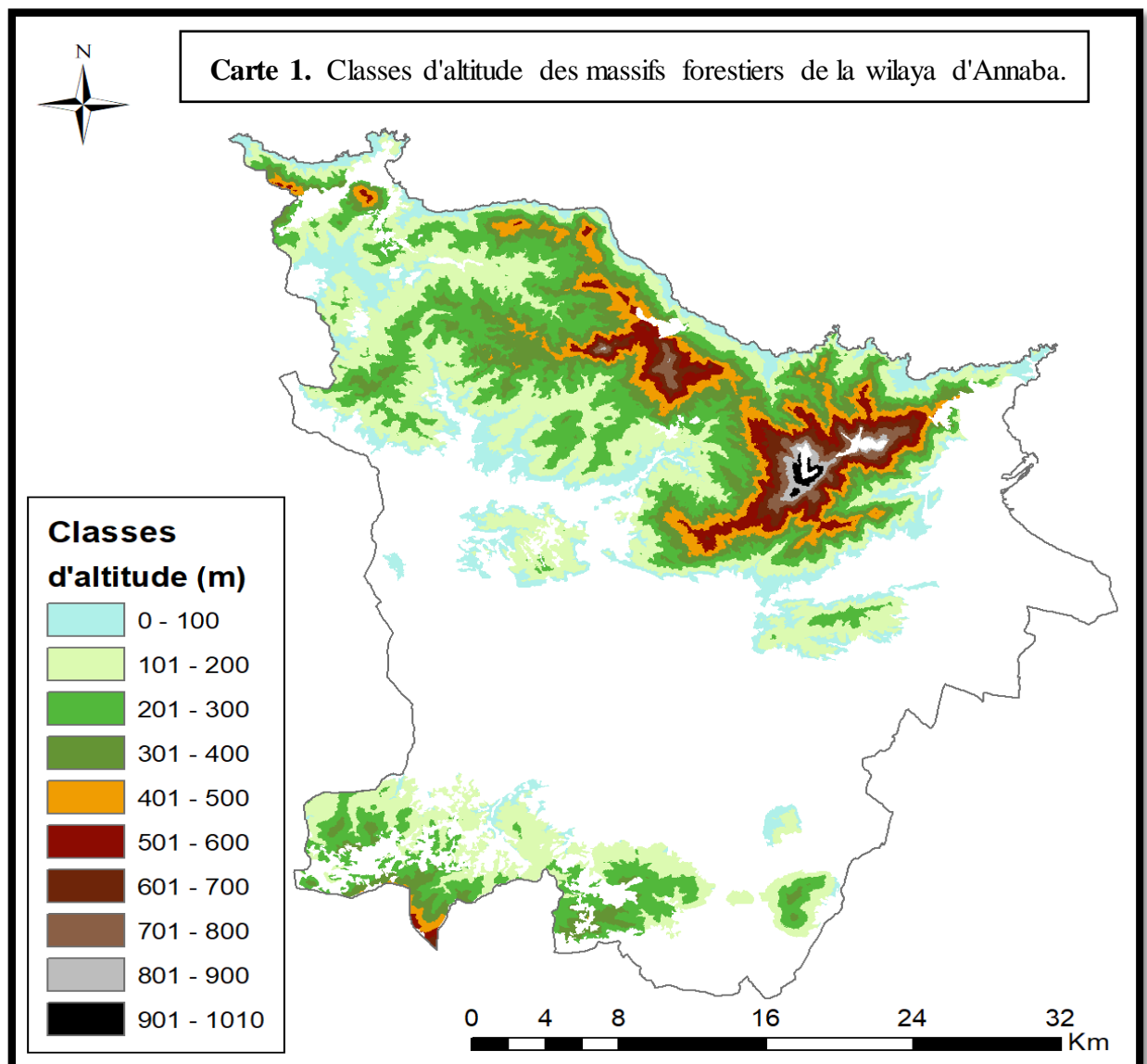
DISCUSSION

Chapitre III : Résultats et discussions

1. Étude topographique des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba

1-1. Classes d'altitude des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba

Au niveau des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba, les valeurs d'altitude sont comprises entre 0 et 1010 m, avec une altitude moyenne de 253 m (Carte 1).

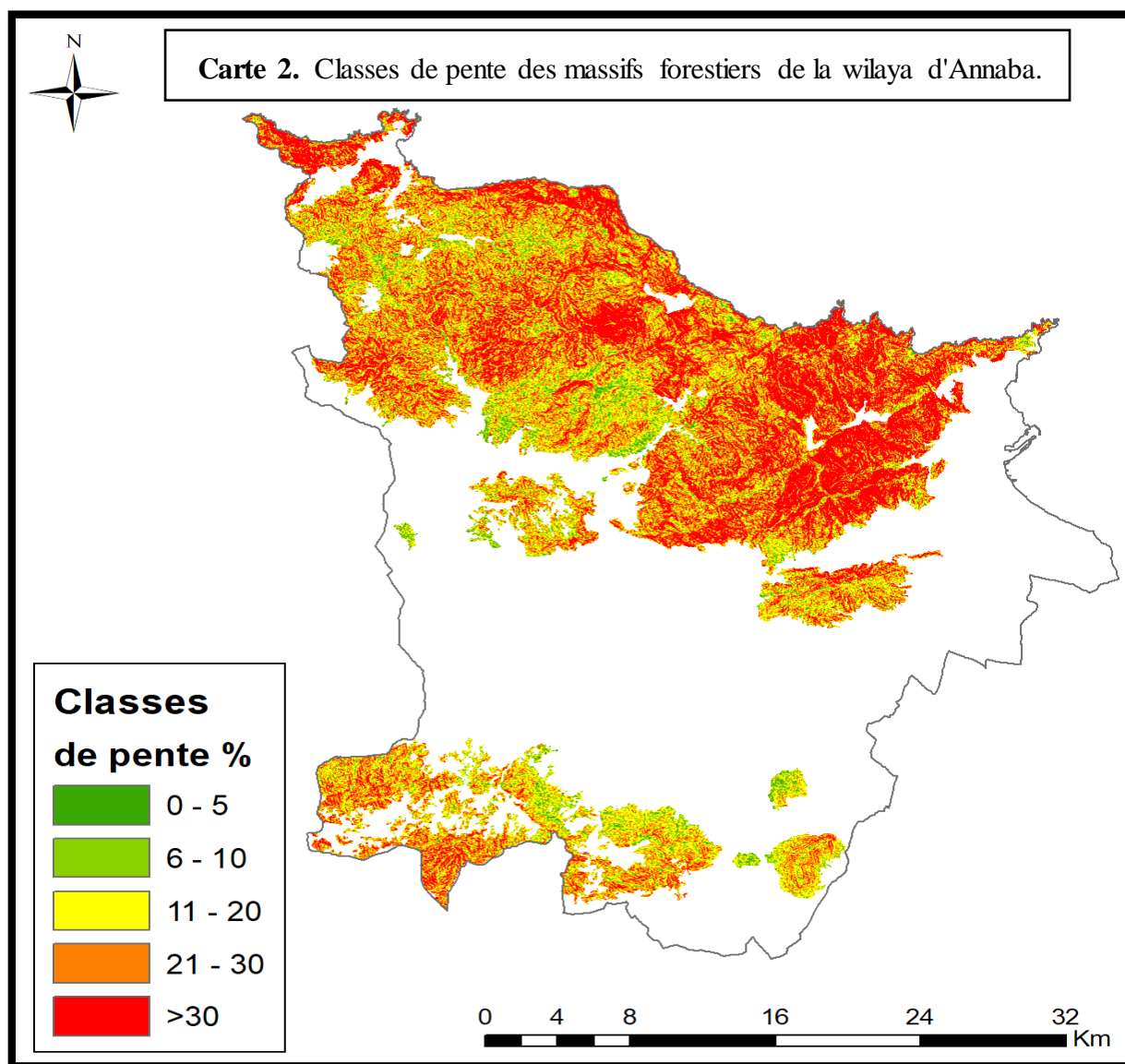


La plupart des massifs forestiers sont localisés à une altitude très basse, 33,47% ont une altitude inférieure à 200 m, dont 13,66 % sont à moins de 100 m. 14,31% des massifs forestiers sont situés à une altitude comprise entre 400 et 800 m, mais les altitudes supérieures

à 800 m ne représentent plus que 0,54% de la surface totale des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba.

1-2. Classes de pente des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba

Les valeurs de pente, des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba, sont comprises entre 0 et 365%, avec une pente moyenne de 26,5% (Carte 2).

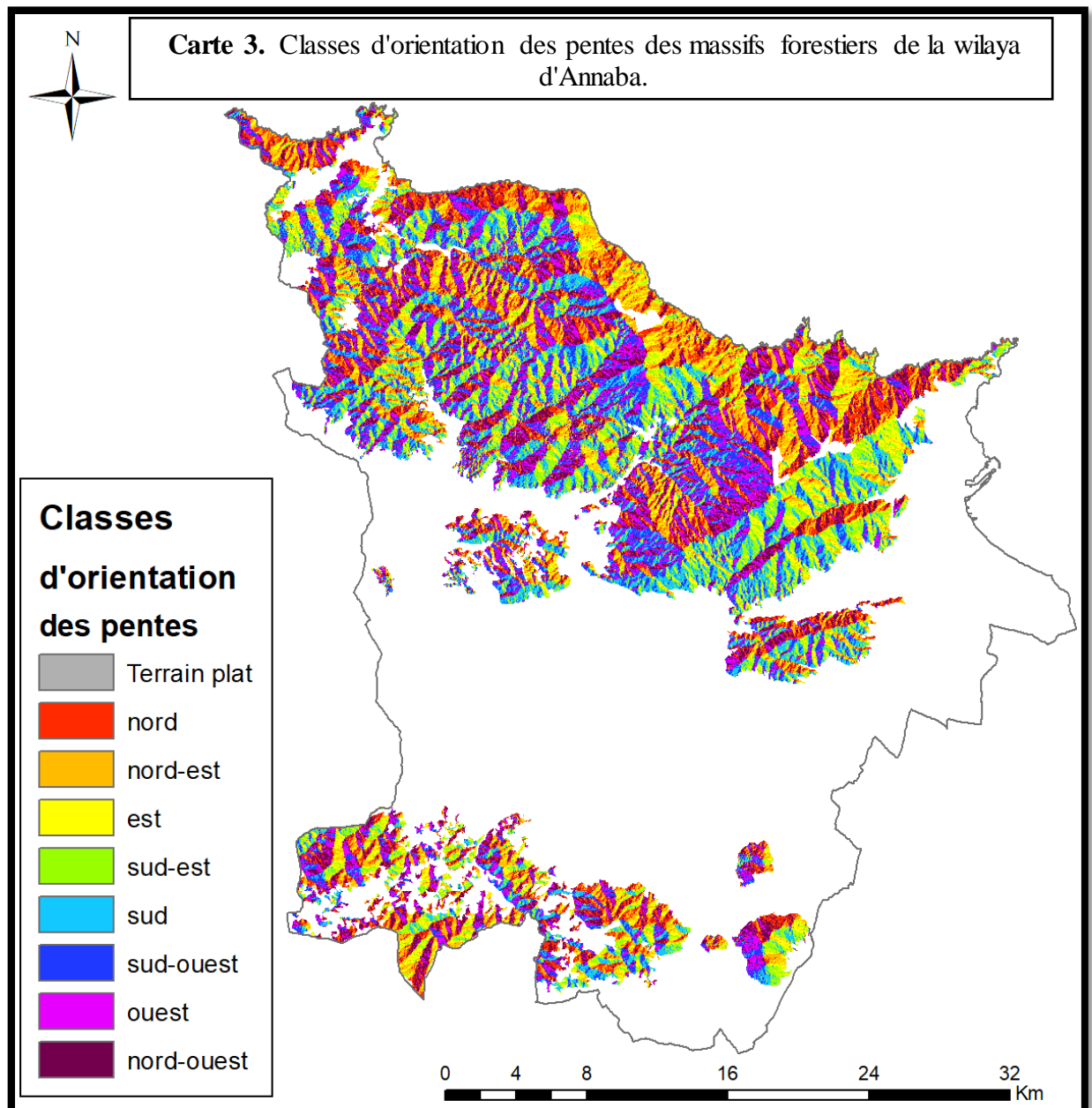


La plupart des massifs forestiers sont situés sur des terrains en pente, seul 0,61% sont localisés sur des terrains plats. Les classes de pente comprises entre 11% et 30% sont les plus dominantes, elles concernent 56,68% des massifs forestier. Les pentes supérieures à 30% représentent 32,35 %, tandis que les pentes inférieures à 10% ne représentent que 10,93%.

1-3. Classes d'orientation des pentes des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba

Au niveau des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba, les orientations dominantes sont le Nord avec 13,16% et le Sud avec 13,39% (Carte 3).

Les orientations Est et Sud-est sont les moins représentées, avec respectivement 11,22% et 11,98%. Le reste des orientations de pente représente entre 12,26 et 12,74%, des massifs forestiers.



2. Analyse topographique des feux de forêts de la wilaya d'Annaba entre 1985 et 2018

2-1. Classes d'altitude des feux de forêts

Suite à une étude approfondie des départs de feux enregistrés au niveau des massifs forestiers de la wilaya d'Annaba pour la période 1985-2018, nous constatons que ces derniers varient selon l'altitude. Le nombre de feu diminue fortement avec l'altitude (figure 7). Sur les 1559 feux 66,5%, soit 1037 feux, sont localisés à moins de 200 m d'altitude. Au-delà de 500 m d'altitude, ce pourcentage passe à 11,9%, avec seulement 185 feux.

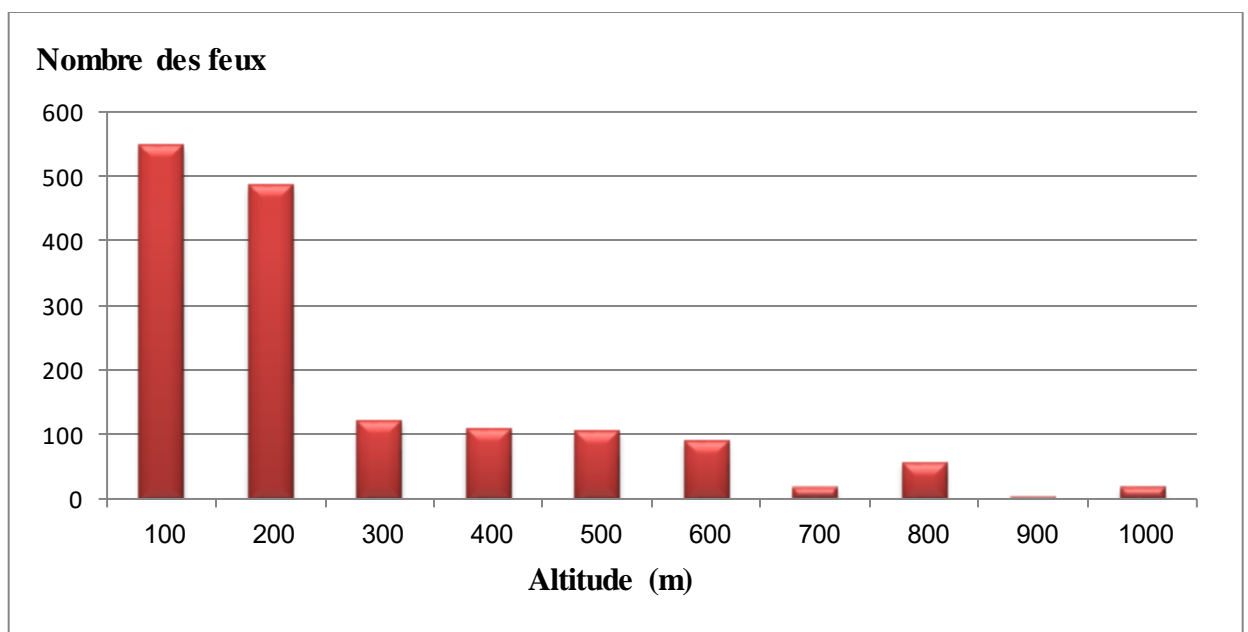


Figure 7. Répartition du nombre de feux de forêt en fonction de l'altitude

De même, plus de la moitié des surfaces brûlées enregistrées (7664 ha, soit 58,54%) concernent les massifs forestiers localisés à moins de 200 m d'altitude. Pour les massifs forestiers situés à plus de 500 m d'altitude les surfaces brûlées ne représentent que 14,28%, soit 1870 ha (figure 8).

Cela signifie que les régions de basse altitude sont plus touchées par les feux de forêts que les régions montagnardes, car d'une part, les massifs forestiers localisés à basse altitude sont dominants et d'autre part, les activités humaines telles que le pastoralisme et l'agriculture sont surtout exercés en basse altitude au niveau des interfaces avec les massifs forestiers.

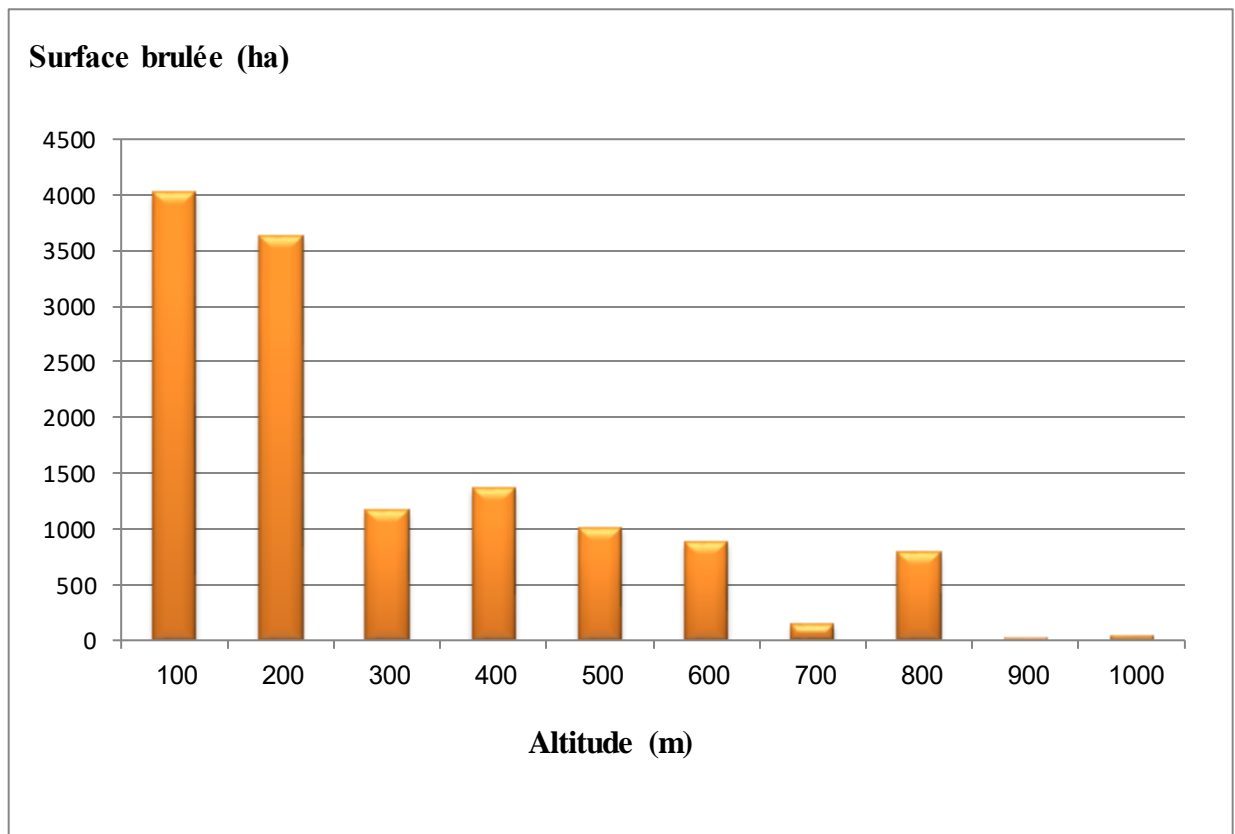


Figure 8. Répartition des surfaces brûlées en fonction de l'altitude

2-2. Classes de pente des feux de forêts

La distribution des départs de feux varie suivant la valeur de la pente. 50% des départs de feux sont localisés sur des pentes comprises entre 20% et 35%. Les pentes inférieures à 20% comptabilisent 26% des départs de feu, mais au-delà de 35%, le nombre de feu passe à 23% (figure 9).

Les surfaces brûlées par les feux localisés sur des pentes comprises entre 15% et 35% représente 60,5% des surfaces totales brûlées entre 1985 et 2018. Pour les massifs forestiers situés sur des pentes inférieures à 10%, la surface brûlée représente 14,5%, mais au-delà de 35%, la surface brûlée passe à 25% (figure 10).

Les classes de pente les plus touchées par les feux de forêts sont généralement localisées au niveau des collines et piedmonts qui constituent des zones d'interfaces entre les massifs forestiers, l'agriculture et l'habitat rural.

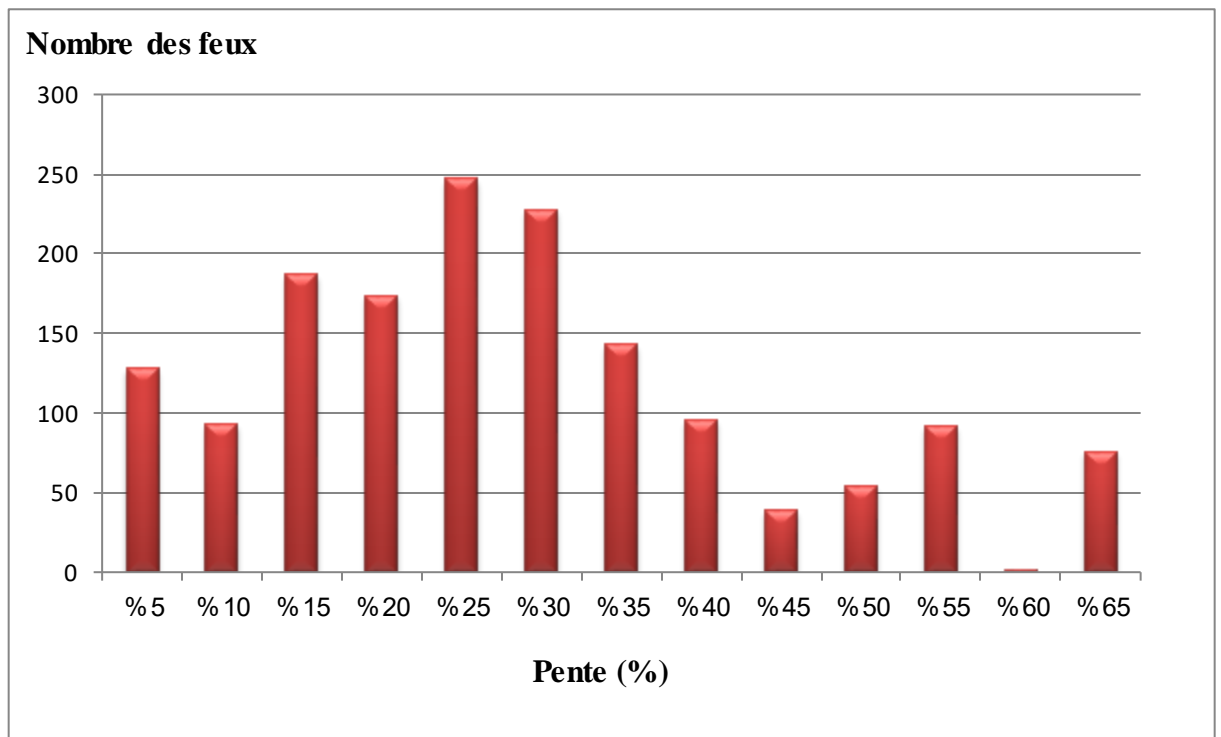


Figure 9. Répartition du nombre de feux de forêts en fonction de la pente

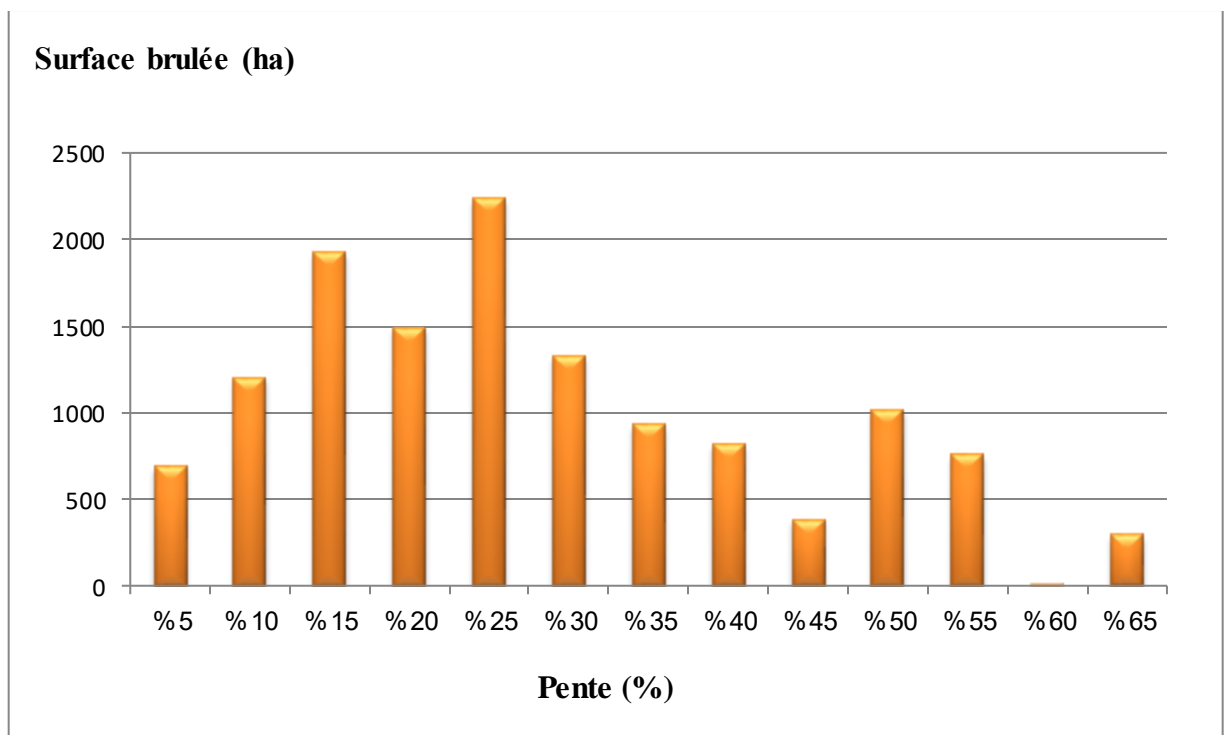


Figure 10. Répartitions des surfaces brûlées en fonction de la pente

2-3. Classes d'orientation des pentes des feux de forêts

L'orientation des pentes a un rôle très important dans la distribution des départs de feux où nous remarquons que les orientations sud et sud-est sont les plus touchées avec 41,43% de la totalité des départs de feux, alors que les orientations nord et nord-est ne représentent que 25,84% et l'ouest seulement 6,15% (figure 11).

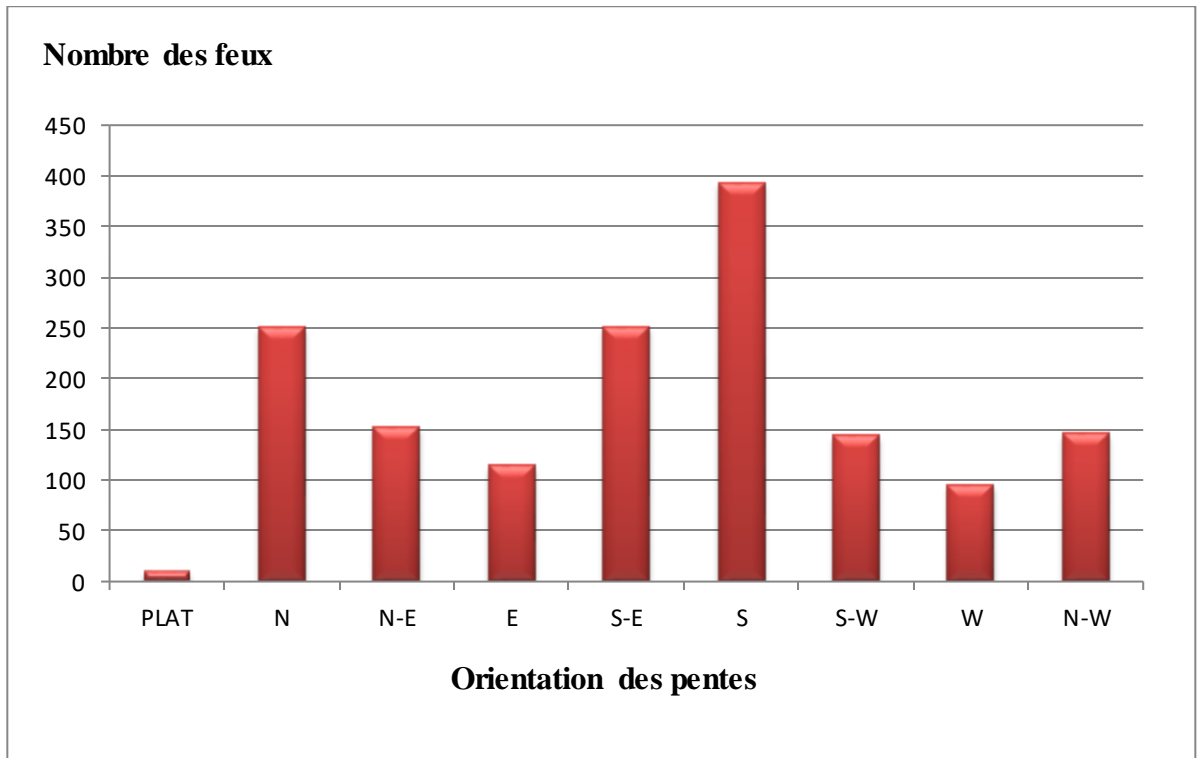


Figure 11. Répartition des feux de forêts en fonction de l'orientation des pentes

De même, pour les surfaces brûlées des massifs forestiers, les orientations sud et sud-est sont les plus dévastées par les feux avec 41,59%. Par contre, les pentes les moins touchées restent celle orientées au sud-ouest avec 5,91% de la surface totale brûlée (figure 12).

Ces résultats montrent que les feux sont plus forts et plus importants dans les massifs forestiers localisés sur les versants sud, généralement plus secs et plus chauds.

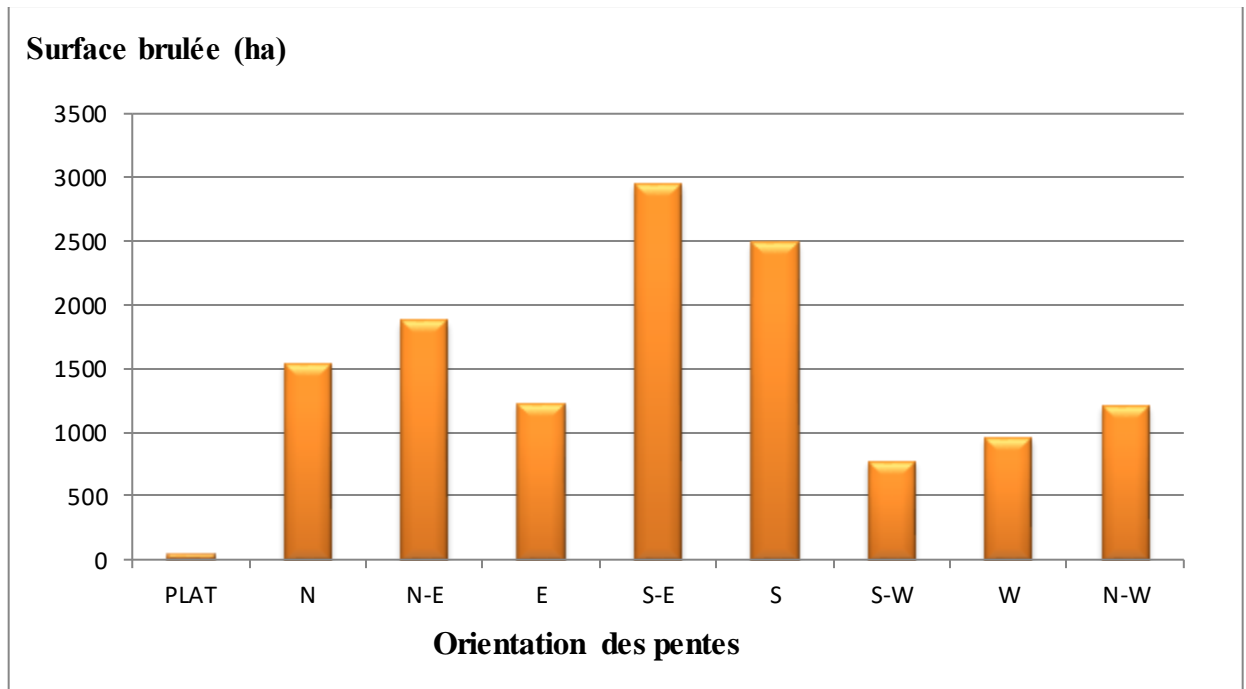


Figure 12. Répartition des surfaces brûlées en fonction de l'orientation des pentes

3. Etude météorologique des feux de forêts de la wilaya d'Annaba (1985-2018)

L'étude météorologique des feux de forêts déclarés dans la wilaya d'Annaba entre 1985-2018 nous a permis de constater l'influence et le degré d'impact des différents paramètres tels que : les températures maximales, l'humidité de l'air , ainsi que la vitesse maximale de vent soutenue sur le nombre des départs de feux et les surfaces brûlées.

3-1. Relation entre la température maximale et les feux de forêt

Les valeurs de températures maximales journalières prises pour chaque départ de feux sont comprises entre 20°C et 47°C.

On note que 73,44% des feux ce sont déclenchés lors de journée où la température maximale était comprise entre 20 et 35°C, avec un pic de 141 départs de feux à 28°C. Entre 36°C et 40°C, 18,47% des feux ont été enregistrés. Cependant, pour les températures très élevées, supérieures à 40°C, seul 7,76% des feux ont été relevés (figure 13).

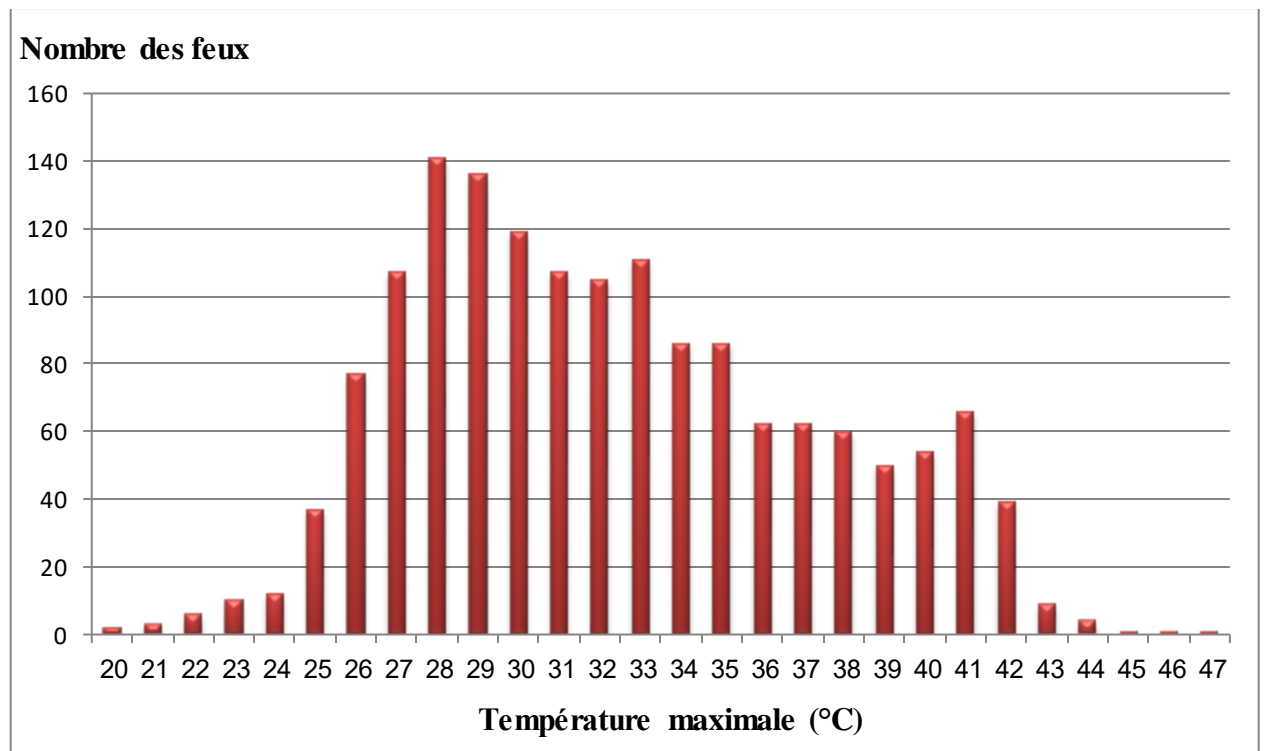


Figure 13. Répartition du nombre de feux en fonction des températures maximales

A l'inverse du nombre de feux, les surfaces brûlées sont plus importantes durant les journées les plus chaudes. 76,76% des surfaces brûlées ont été enregistré lors de journées affichant des températures comprises entre 31°C et 47°C, avec un pic à 39°C (figure 14).

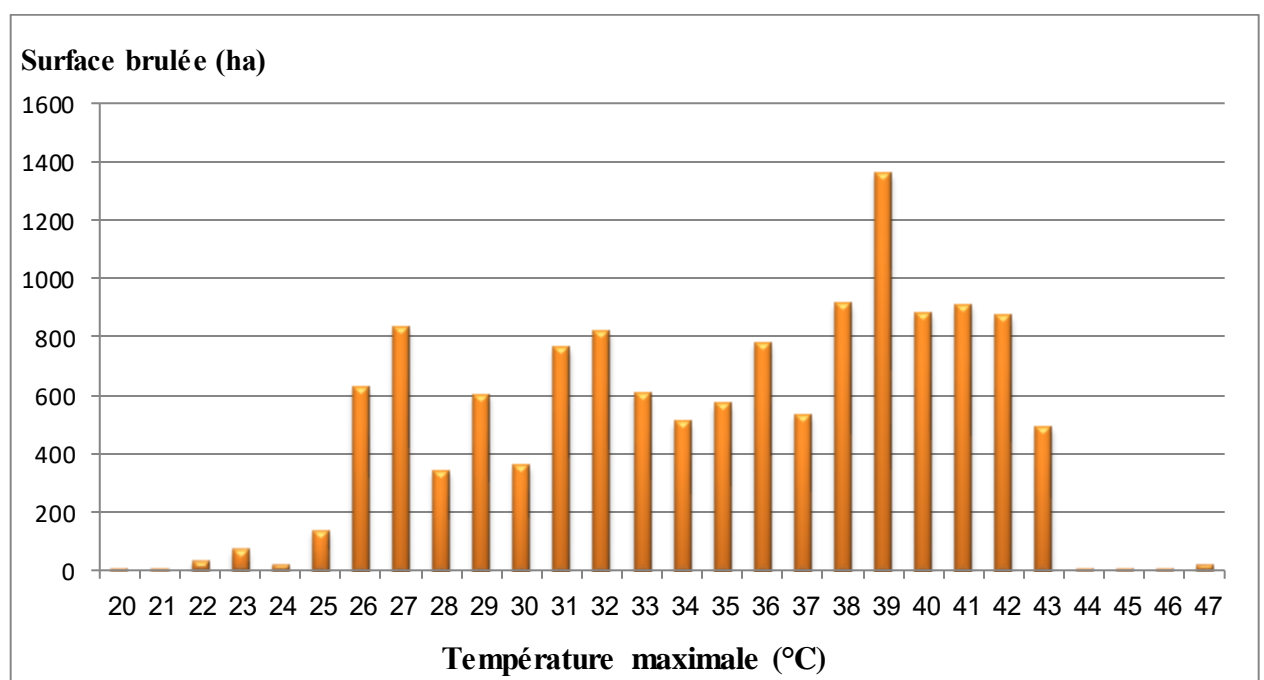


Figure 14. Répartition des surfaces brûlées en fonction des températures maximales

A la lumière de ces résultats, nous pouvons dire que le facteur température n'a pas vraiment d'influence sur le déclenchement des feux de forêt, par contre, pour ce qui est de la propagation des feux et l'importance des surfaces brûlées il est déterminant.

3-2. Relation entre le taux de l'humidité de l'air et les feux de forêts

A partir des résultats obtenus dans la figure 15, nous constatons que le nombre de feux de forêt est d'autant plus important que le taux d'humidité de l'air est élevé. Le nombre de départ de feux, durant les journées les plus humides (>60%), représente 68,72%. Par contre, durant les journées les plus sèches, avec un taux d'humidité inférieur à 35%, le nombre de feux ne représente plus que 5,85%.

Nous avons toujours supposé que le nombre de départs de feux de forêts augmente avec la diminution du taux d'humidité, mais les résultats caractérisant la wilaya d'Annaba nous révèlent le contraire.

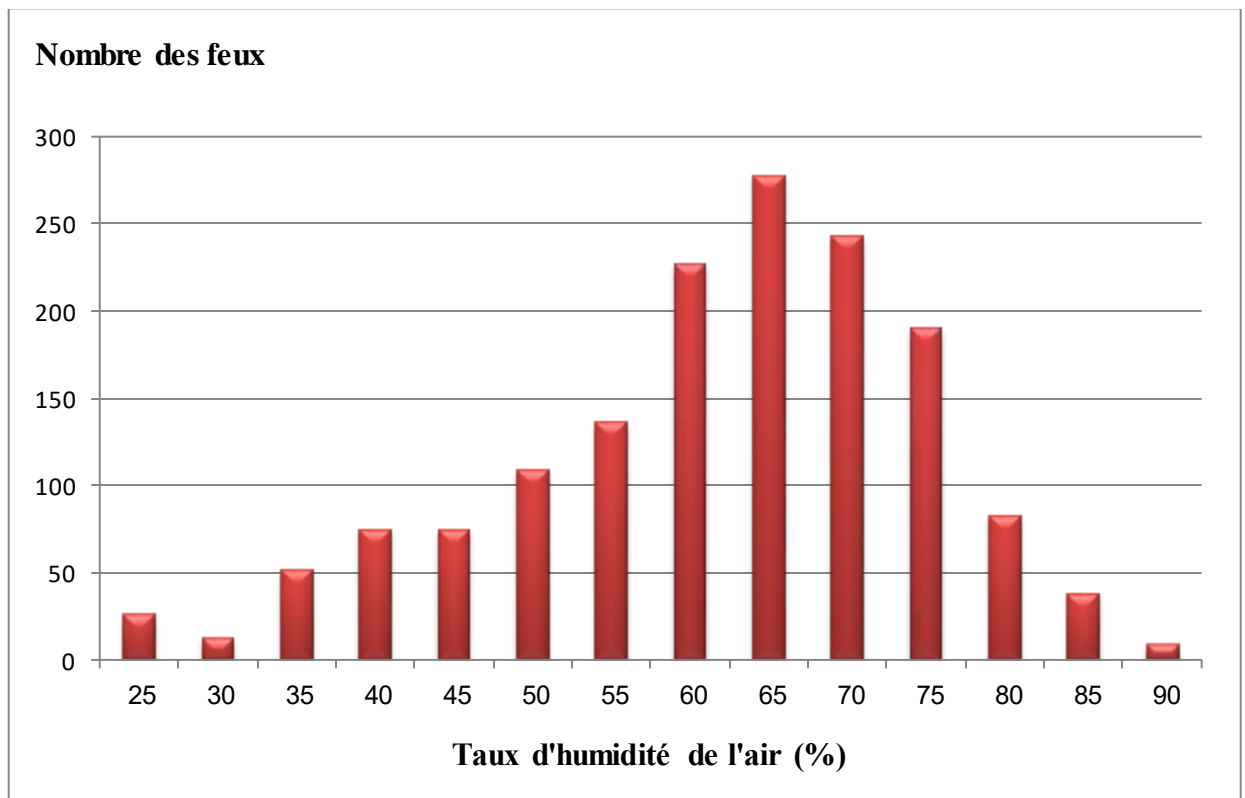


Figure 15. Répartition des feux de forêts en fonction du taux d'humidité de l'air

Le taux d'humidité de l'air n'influe pas sur le nombre de feu de forêt mais il conditionne fortement leurs surfaces brûlées. Les journées, durant lesquelles le taux d'humidité est inférieur à 60%, comptabilisent 65% de la surface brûlée (figure 16). Si on considère la surface moyenne brûlée par feu, on constate que les valeurs les plus élevées concernent les taux d'humidité de l'air de 35% et 40%, avec respectivement 20,93 ha/feu et 21,70 ha/feu.

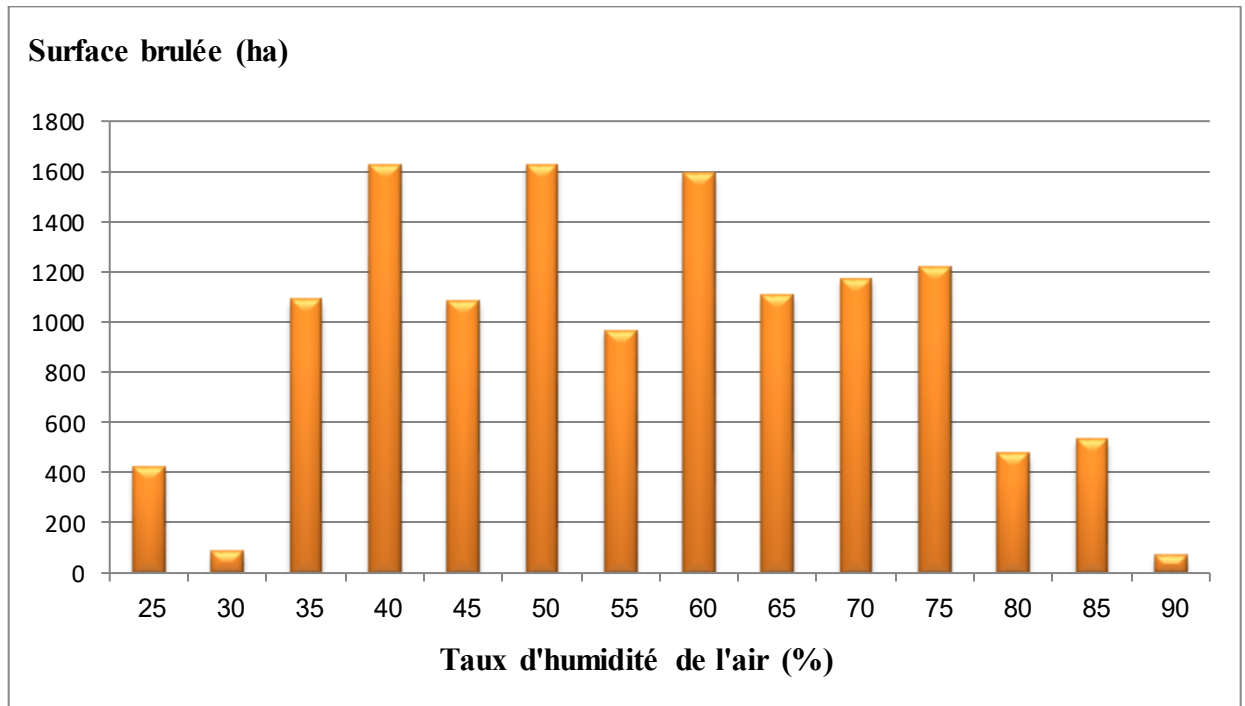


Figure 16. Répartition des surfaces brûlées en fonction de l'humidité de l'air

D'après ces résultats, le taux d'humidité n'est pas un facteur qui provoque les départs de feux, mais il influence plus ou moins la dispersion des feux de forêts et augmente le risque de propagation des incendies sur de vastes surfaces.

3-3. Relation entre la vitesse maximale de vent soutenu et les feux de forêts

Les résultats obtenus montrent qu'à partir d'une vitesse maximale de vent soutenu de 20km/h, le nombre de départs de feux augmente significativement, mais au-delà de 29km/h le nombre de feu diminue jusqu'à 40km/h où il chute considérablement (figure 17).

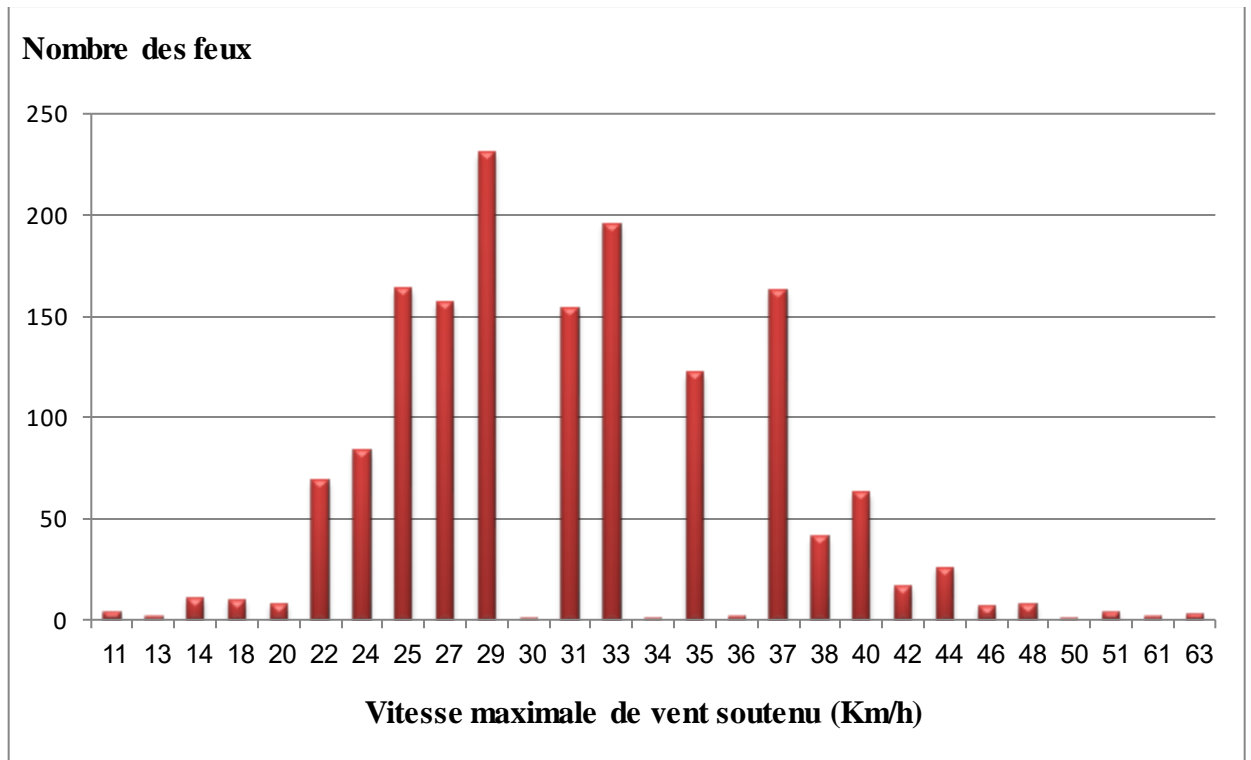


Figure 17. Répartition du nombre de feux en fonction de la vitesse maximale de vent soutenu

Même constat concernant la répartition des surfaces brûlées, puisque 96% de la surface brûlée a été enregistré lors de vitesse maximale de vent soutenu comprise entre 22 et 40km/h, avec un pic à 33km/h (figure 18).

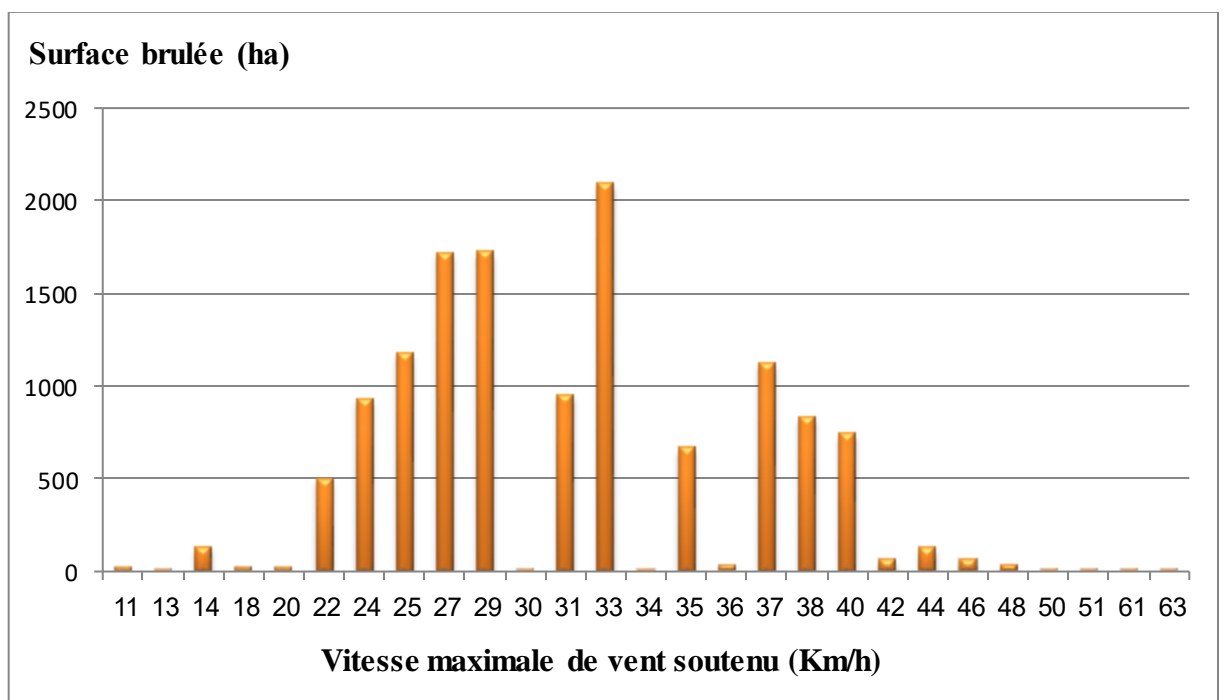


Figure 18. Répartition des surfaces brûlées en fonction de la vitesse maximale de vent soutenu

Cependant, si on prend en compte les valeurs de surface moyenne brûlée par feu, on remarque que celles-ci augmentent graduellement avec la vitesse maximale de vent soutenu, jusqu'à atteindre la valeur maximale de 20,45ha/feu correspondant à une vitesse de vent de 38km/h.

En définitive, au niveau de la wilaya d'Annaba, le paramètre vitesse de vent ne conditionne pas le déclenchement des feux de forêt, mais il agit directement sur la propagation de ces derniers et la proportion des surfaces brûlées.

CONCLUSION

Conclusion

A partir du cas pratique de la wilaya d'Annaba, nous avons présenté au cours de cette étude les méthodes et approches utilisées pour déterminer l'importance et le rôle des différents facteurs topographiques et météorologiques et leur degré d'influence sur le nombre et la propagation des départs de feux de forêts.

Une étude spatiotemporelle détaillée des départs de feu de forêt, a été réalisée en se basant sur des méthodes scientifiques utilisant les nouvelles technologies des systèmes d'information géographique SIG et de l'imagerie satellitaire.

De plus, une analyse des données collectées nous ont permis de mieux comprendre le rôle des paramètres topographiques (altitude, pente et orientation) et météorologiques (température, humidité de l'air et vitesse du vent) dans le déclenchement et la propagation des feux de forêt au niveau de la wilaya d'Annaba durant la période 1985-2018.

Parmi les résultats d'analyse de cette étude nous avons relevé qu'au niveau de la wilaya d'Annaba :

- les régions de basse altitude sont plus touchées par les feux de forêts que les régions montagnardes ;
- les collines et piedmonts, qui constituent des zones d'interfaces forêt/agriculture et forêt/habitat rural, sont les plus touchés par les feux de forêts ;
- les feux sont plus nombreux, avec une surface brûlée plus importante, au niveau des versants sud secs et chauds ;
- la température, l'humidité de l'air et la vitesse du vent ne sont pas des facteurs de déclenchement des feux, mais plutôt des facteurs favorisant la propagation de ces derniers.

Enfin, ces résultats confirment, une fois de plus, ceux obtenues par Arfa (2019) au niveau de la wilaya d'El Tarf, qui a démontré que la principale cause des mises à feu était l'action anthropique et non les paramètres topographiques et météorologiques. Ces derniers conditionnent uniquement la propagation des feux et donc la surface brûlée.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

Arfa A.M.T., 2008. Les incendies de forêt en Algérie : Stratégies de prévention et plans de gestion, Magistère en Ecologie et Environnement, Option Ecologie végétale, Université des frères Mentouri Constantine 1, 123p.

Arfa A.M.T., Benderradji M.E.H., et Alatou D., 2009. Analyse des bilans des incendies de forêt et leur impact économique en Algérie entre 1985-2006. Revue New Médit Vol. VIII-n.1/2009. C.I.H.E.A.M. IAM, Bari, Italy pp. 46-51.

Arfa A.M.T., 2019. Application du SIG et de la télédétection pour un outil cartographique d'aide à la gestion des feux de forêts dans la wilaya d'El Tarf., Thèse Doctorat en Science en Ecologie et Environnement, Option Gestion et pathologies des écosystèmes forestiers, Université des frères Mentouri Constantine 1, 190p.

Bekdouche F., 2010. Evolution après feu de l'écosystème subéraie de Kabylie (Nord-algérien), Thèse doctorat en Sciences Agronomiques, Option Ecologie Forestière, Université Tizi-Ouzou, 175p.

Benderradji M.E.H., 2000. Les Milieux humides de l'extrême Nord-Est algérien de Guerbes aux confins Algéro-Tunisiens : écogéographie et aménagement. Thèse de doctorat d'état, Université Mentouri Constantine, Algérie, 497 p.

DDTM, 2020. Direction Départementale des Territoires et de la Mer : Prévention Incendie.

Ghennai N., 2014. Étude des rapports et des corrélations entre le régime bioclimatique et les incendies de forêts (cas de l'est-algérien), Magister Ecologie et Environnement, Option Pathologie des Ecosystèmes Forestiers, Université Constantine 1, 111p.

Jappiot M., Curt T., Pimont F., et Dupuy J .L., 2009. Les facteurs naturels du comportement des feux de forêts .

Lakehal A., 2016. Etat de récupération sanitaire et mode de gestion de la forêt d'Ifri après incendie, Présenté en vue de l'obtention du diplôme de master en Foresterie, Option Protection des forêts, Université de Tlemcen, 117p.

Lakhal H., Laid N.H., 2019. Evaluation et cartographie du risque feu de forêt dans la wilaya d'Annaba (Algérie), Présenté en vue de l'obtention du diplôme de master en Ecologie et environnement, Option Protection des Ecosystèmes, Université des frères Mentouri Constantine 1, 44p.

Megrerouche R., 2005. Sensibilité de la végétation forestière aux incendies. Cas de la forêt domaniale de Chettaba (Constantine), Magistère en Ecologie et Environnement, Option Ecologie végétale, Université des frères Mentouri Constantine 1, 157p.

PPPRNIF, 2011. Projet de Plan de Prévention des Risques Naturels d'Incendies de Forêt, Commune du Plan-de- la-Tour.

RÉSUMÉS

RESUME

D'après les bilans de la direction générale des forêts, durant la période 1985-2018, la wilaya d'Annaba a enregistré 1564 départs de feux comptabilisant une surface brûlée de 32.967,75 ha. Ces feux répétitifs et dévastateurs, au niveau des massifs forestiers de cette wilaya, nous ont incités à vérifier s'il existe vraiment une influence des facteurs météorologiques et topographiques sur ces derniers.

Les données issues des satellites d'observation de la terre associées aux différents types d'information liés aux feux de forêts, une fois intégrées et analysées dans un système d'information géographique, nous ont permis de mieux comprendre le rôle des paramètres topographiques (altitude, pente et orientation) et météorologiques (température, humidité de l'air et vitesse du vent) dans le déclenchement et la propagation des feux de forêt au niveau de la wilaya d'Annaba durant la période 1985-2018.

Les résultats de l'analyse spatiotemporelle des feux de forêt, au niveau de la wilaya d'Annaba entre 1985 et 2018, démontrent globalement que les paramètres topographiques et météorologiques ne sont pas des facteurs de déclenchement des feux mais plutôt des facteurs d'aggravation du phénomène qui se traduit par l'augmentation des surfaces brûlées.

Mots clés : feux, forêt, topographie, météorologie, SIG, cartographie

ABSTRACT

According to the reports of the general directorate of forests, during the period 1985-2018, the province of Annaba recorded 1564 wildfires starts accounting for a burnt area of 32,967.75 ha. These repetitive and devastating wildfires in the forest areas of this province prompted us to verify whether there really is an influence of meteorological and topographical factors on them.

The data from earth observation satellites associated with the different types of information related to forest wildfires, once integrated and analyzed in a geographic information system, allowed us to better understand the role of topographic parameters (altitude, slope and orientation) and meteorological (temperature, air humidity and wind speed) in the starts and propagation of forest wildfires in the province of Annaba during the period 1985-2018.

The results of the spatiotemporal analysis of forest wildfires, in the province of Annaba between 1985 and 2018, show that the topographic and meteorological parameters are not triggering factors of wildfires but rather aggravating factors which results in an increase in burnt surfaces.

Key words: Wildfires, forest, topography, meteorology, GIS, cartography

ملخص

بحسب تقارير المديرية العامة للغابات ، سجلت ولاية عنابة ، خلال الفترة 1985-2018 ، اندلاع 1564 حريق ، بلغت مساحتها 32967.75 هكتارا. دفعتنا هذه الحرائق المتكررة والمدمرة في غابات هذه الولاية إلى التحقق مما إذا كان هناك تأثير حقيقي لعوامل الطقس والطبوغرافية عليها.

البيانات المأخوذة من الأقمار الصناعية لمراقبة الأرض المرتبطة بأنواع مختلفة من المعلومات المتعلقة بحرائق الغابات ، بمجرد دمجها وتحليلها في نظام المعلومات الجغرافية ، مكنتنا من فهم بشكل أفضل دور العوامل الطبوغرافية (الارتفاع والانحدار والاتجاه) و عوامل الطقس (درجة الحرارة ورطوبة الهواء وسرعة الرياح) في اندلاع وانتشار حرائق الغابات بولاية عنابة خلال الفترة 1985-2018.

تُظهر نتائج التحليل الزمني و المكاني لحرائق الغابات ، على مستوى ولاية عنابة بين عام 1985 و 2018 ، أن العوامل الطبوغرافية و الطقس لا تؤدي إلى نشوب الحرائق وإنما تزيد من حدة الحرائق وزيادة المساحة المحروقة.

كلمات مفتاحية : الحرائق , الغابات ، الطقس , الطبوغرافية , نظام المعلومات الجغرافية , خرائط

