



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université Abbes Laghrour Khenchela
Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie
Département D'écologie Et Environnement

Réf :.....

Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Master académique

Domaine : science de Nature Et De La Vie

Filière : Ecologie Et Environnement

Spécialité : Ecologie fondamentale et appliqué

Thème

Contribution à l'étude de risque d'incendies à l'aide du système d'information géographique (SIG) : cas de la forêt domaniale des Béni-Oudjana dans la wilaya de khenchela (Algérie)

Réalisé par : **MESSAOUDI IMENE**
MEGHITHI FOUZIA

Devant le jury :

Président	Mr. BENSIZERARA Djamel.	MCB.	Université Abbes Laghrour Khenchela
Examineur	Mr. BENHIZIA Toufik.	MAA.	Université Abbes Laghrour Khenchela
Encadreur	Mr. MENASRI Ammar.	MAB.	Université Abbes Laghrour Khenchela

Soutenu le : 14/09/2017



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Remerciement

Nous remercions Dieu, le Tout Puissant, qui nous a guidé tout le long du notre parcours scientifique et nous donné l'opportunité de mener à bien ce travail.

Nos sincères remerciements vont à l'égard de notre encadreur, Monsieur Ammar MENASRI ayant accepté de diriger notre travail, pour disponibilité, ses remarques et ses conseils fructueux, qu'il trouve ici toutes nos gratitude.

Nous exprimons vivement nos sincères remerciements aux membres du jury Mr BENSIZERARA Djamel ayant accepté la présidence de jury et Mr BENHIZIA Toufik, en tant qu'examineur de ce travail.

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

Nos remerciements vont également :

-A Mr Bouzekri Abdelhafid, enseignant à l'université de Constantine qui n'a épargné aucun effort quant à l'élaboration et la digitalisation des cartes objet de notre travail.

-Aux cadres du service des forêts notamment Khallout Y. à la conservation des forêts, Mr Oulem S., chef de circonscription des forêts de K̄ais et ses cadres et collaborateurs Mme Maou S., Atallah M. et Belhafsi Tahar dit Morad.

-A Mr "Hakim " ayant traité et imprimé notre mémoire malgré ses préoccupations.

-A tout le staff administratif et pédagogique de la faculté SNV.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans la réalisation de ce trail.

A tous ..Nous disons MERCI.

*** IMENE * FOUZIA ***

DEDICACE

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

A ma mère qui ma beaucoup aide durant toute ma vie a réaliser mon rêve par leur tendresse, confiance, ainssi que leur amour.

-a mon père pour ces sacrifices, son affection et ses conseils que dieu face qu'il vivent assez longtemps.

-a mes chères frères :

ACHERAF, AKRAM, BASSEM..

-a mon binôme : FOUZIA

-a tout ceux qui ma partage les meilleures moments.

-a toutes la promotion d'écologie et environnement.

WENE

DEDICACE

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

A ma mère qui ma beaucoup aide durant toute ma vie a réaliser mon rêve par leur tendresse, confiance, ainssi que leur amour.

-a mon père pour ces sacrifices, son affection et ses conseils que dieu face qu'il vivent assez longtemps.

-a mes chères frères :

RADOUAN, OUSSAMA

-a mon binôme : IMENE

-a tout ceux qui ma partage les meilleures moments.

-a toutes la promotion d'écologie et environnement

FOUZIA

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Surface moyenne annuelle incendiée dans quelques pays méditerranéens	7
Tableau 2 : Caractéristiques identifiant la station météorologique de Foum El-Gueiss ...	10
Tableau 3 : Moyennes mensuelles des températures maximales (M) et minimales (m) relevées dans la station de Foum El-Gueiss (période 1995-2015).	16
Tableau 4 : Amplitudes moyennes maximales enregistrées à la station de Foum El guiss	16
Tableau 5 : Données pluviométriques mensuelles moyennes de Foum el Gueiss ...	18
Tableau 6 : Répartition des pluies selon les saisons	20
Tableau 7 : les moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air 1995-2015.	20
Tableau 8 : Les moyennes mensuelles de la vitesse du vent (m/s)	21
Tableau 9 : Nombre de jours de sirocco (1995-2015).	22
Tableau 10 : Les moyennes mensuelles de nombre des jours de gelée 1995-2015 ...	22
Tableau 11 : Les moyennes mensuelles thermiques et pluviométriques (1995 à 2015)	22
Tableau 12 : Note de combustibilité des principales espèces dominantes de la végétation méditerranéenne	23
Tableau 13 : Taux d'occupation de sol selon l'indice de combustibilité calculé pour le canton de Kef Tgatoust (forêt des Béni Oudjana- Khenchela).....	33

Tableau 14 : Répartition en pourcentage des expositions au niveau de canton Kef Tgatoust dans la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.....	41
Tableau 15: Répartition en pourcentage des terrains de canton Tgatoust selon les types morphologiques (Forêt des Béni Oudjana-Khenchela).....	45
Tableau 16 : les classes de l'indice topomorphologique caractérisant Kef Tgatoust de la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.....	46
Tableau 17 : les classes de l'indice topomorphologique caractérisant Kef Tgatoust de la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.	46

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Triangle du feu.....	3
Figure 2 : la surface moyenne annuelle brulée(ha) dans les pays méditerranéenne.....	8
Figure 3 : Risque d'incendie moyen annuel en Algérie.....	9
Figure 04 : carte de situation des forêts des Beni Ouedjana.....	12
Figure 05 : Taux d'occupation de la forêt de Beni Oudjana par commune	13
Figure 06 : Réseau hydrographique sillonnant la zone d' étude	15
Figure 07 : répartition de la température moyenne mensuelle des Maximas et minimas des Béni Oudjanarelevées dans la station de Foum El-Gueiss (période 1995-2015)	17
Figure 08 : La répartition des températures moyenne (max, min, et moy) de la station de Foum El Guies pendant la période (1995-2015).....	18
Figure 09 : Les précipitations moyennes mensuelles de Foum el Gueiss (Kais) 1995-2015.....	20
Figure 10 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la station Foum el gueiss (1995-2015).....	24
Figure 11 : climagramme d'omberger de la forêts des Béni Ouedjana.....	26
Figure12 : Diagramme de procédure de calcul de l'indice de risque de feu de forêt.....	36
Figure 13 : Carte de l'occupation du sol du canton Kef Tgatoust dans la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.....	39

Figure 14: Carte de l'indice de végétation NDVI du canton Kef Tgatoust dans la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.....	39
Figure 15: Carte représentant l'indice de combustibilité du canton de Kef Tgatoust (forêt des Béni Oudjana- Khenchela).....	40
Figure 16 : Carte des pentes de canton Kef Tgatoust dans la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.....	42
Figure 17 : Carte des expositions de canton Kef Tgatoust dans la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.....	43
Figure 18 : Carte représentant la morphologie des terrains de canton Kef Tgatoust dans la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.....	44
Figure 19: Carte de l'indice IM caractérisant Kef Tgatoust de la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.....	46
Figure 20 : Carte de l'indice de présence humaine IH caractérisant Kef Tgatoust de la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.....	47
Figure 21 : les cartes de IC, IM, IH et IR.....	48

LISTES DES ABREVIATIONS

ANRH: agence nationale des ressource hydrique.

ASAL : Agence National de protection des forêts.

BNEDER: bureau national d'étude pour le développement rural.

BNEF: Bureau National des Etudes Forestiers.

BV: biovolume.

CMEGREF: institut de recherche en science et technologie pour l'environnement et l'agriculture.

DGF: direction générale des forêts.

ENVI: indice de visualisation environnementale ou environnemental vusilusion index.

FAO: Food and agriculture organization.

MNT: modèle numérique de terrain.

NASA: National Aeronautics and space administration.

NDVI: Normalized Différence végétation Index.

IC: indice de combustibilité.

ID: indice d'occupation humaine.

IH: indice humaine.

IM: indice morphologique.

IR: indice de risque.

IV: Indice de voisinage.

SOMMAIRE

<i>Liste de tableaux</i>	
<i>Liste de figures</i>	
<i>Liste d'abréviation</i>	
<i>Introduction</i>	

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

1.1. Description du phénomène – la pyrologie-.....	3
1.1.1. Définitions	3
1.1.1.1. Pyrologie.....	3
1.1.1.2. Feux de forêts.....	3
1.1.1.3. Le combustible	3
1.1.1.4. Le comburant.....	4
1.1.1.5. La chaleur.....	4
1.2. Impacts des incendies de forêts.....	4
1.2.1. Impact du feu sur le peuplement.....	4
1.2.2. Impact sur l'environnement.....	4
1.2.3. Impact socio-économique.....	5
1.3. Historique des feux de forêts et état actuel.....	6
1.3.1. Les incendies de forêts dans le monde.....	6
1.3.2. Les incendies de forêts dans le bassin méditerranéen	6
1.3.3. Les incendies de forêts en Algérie	8
1.3.4. Les incendies de forêts à Khenchela	10
1.4. Causes des incendies de forêts en Algérie	11
1.4.1. Causes naturelles.....	11
1.4.2. Causes humaines.....	11

Chapitre II : présentation de la zone d'étude

2.1. Situation géographique.....	12
2.2. Situation administrative et forestière.....	13
2.3. Géologie.....	13
2.4. Pédologie.....	14
2.5. Réseau hydrographique.....	14
2.6. Analyse des paramètres climatiques.....	15

2.6.1. Température :.....	16
2.6.2. Amplitude thermique.....	17
2.7. Précipitations :.....	19
2.7.1. Pluviométrie :.....	19
2.8. Les autres paramètres du climat	21
2.8.1. Humidité :.....	21
2.8.2. Vents :.....	21
2.8.3. Sirocco :.....	22
2.8.4. Gelées	22
2.9. Synthèse climatique	23
2.9.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls.....	23
2.9.2. Quotient pluviothermique et Climagramme d’Emberger.....	24
2.9.3. Place de la forêt des Béni Oudjana (Zone d’étude) dans le Climagramme d’Emberger.....	26
2.10. Etude de la végétation	27
2.10.1. Groupements végétaux et les types d’écosystèmes.....	27
2.10.2. Etat sanitaire de la végétation.....	27
2.11. Considérations faunistiques.....	28

Chapitre III : Matériel et Méthode

3.1. Objectif de l’étude.....	29
3.2. Matériels utilisés.....	29
3.3. Méthodologie de diagnostic du risque :.....	30
3.2.1. Principes généraux	30
3.2.2. Réalisation de la carte de Risque de feu de forêt	37

Chapitre IV : Résultats Et Discussion

4.1. Introduction.....	38
4.2. Indice de combustibilité ‘IC’	38
4.2.1. Résultats	39
4.2.2. Discussion :	41
4.2.3. Conclusion.....	41
4.3. Indice topo morphologique ‘IM’.....	41
4.3.1. Résultats :	41
4.3.2. Discussion :	45

4.4. Indice d'occupation humaine "IH"	47
4.4.1. Résultats.....	47
4.4.2. Discussion :.....	48
4.5. Elaboration de la carte de risque de feu :.....	48
Conclusion	50
Référence Bibliographique	
Résumé	

INTRODUCTION

Tous les ans, les incendies de forêt ravagent plusieurs centaines de milliers d'hectares dans la région méditerranéenne (**Pausas et Vallejo, 1999 ; Varela *et al.*, 2003**).

L'Algérie est l'un des pays méditerranéens présentant de bonnes potentialités forestières associées à une forte sensibilité au feu qui a provoqué régulièrement des dégâts très importants. Les incendies mettent en danger la vie des riverains et peuvent engendrer des perturbations économiques et sociales importantes : endommagement des poteaux électriques et téléphoniques, des clôtures et des panneaux et coupure des réseaux de communication.

Les conséquences sur le milieu naturel sont beaucoup plus graves puisqu'elles aboutissent à des pertes forestières immédiates, auxquelles il faut évidemment ajouter la perte de la valeur future, en général bien plus importante et très difficile à évaluer, compte tenu de la longueur des périodes en jeu.

Il peut arriver également que les incendies menacent directement et sans doute certaines espèces rares ou endémiques, surtout que la forêt algérienne se caractérise par une grande biodiversité qui permet de dénombrer 3.139 espèces dont 551 sont protégées par la loi (décret exécutif n° 12-03 du 4 janvier 2012) (**Menasri, 2014**), comprenant des ressources génétiques de grande valeur (653 espèces endémiques) et qui constituent de fait, une part importante de la flore méditerranéenne et, plus spécialement, de l'ouest méditerranéen.

La forêt domaniale des Béni-Oudjana de la wilaya de Khenchela comme toutes les forêts algériennes est soumise à des agressions multiples aussi bien climatiques qu'anthropiques, notamment le feu des forêts qui cause chaque année des dégâts énormes en ravageant des superficies appréciables. Les méthodes classiques généralement utilisées en Algérie pour la prévention et la lutte contre les feux des forêts demandent énormément de temps et ne sont toujours fiables au vu de la complexité et de la diversité des écosystèmes forestiers (Menasri, 2014).

Pour lutter contre les feux des forêts qui restent le facteur le plus redoutable et le plus dévastateur, pouvant causer d'énormes préjudices. Ce fléau, seul la prévention semble s'imposer et elle ne peut être concrétisée qu'à travers l'élaboration d'une cartographie des risques d'incendie de la forêt des Béni-Oudjana, occupée principalement par le pin d'Alep tout en utilisant des moyens modernes et rapides tels que les systèmes d'information

géographiques (SIG) et la géomatique. Cette dernière constitue un outil très complémentaire aux méthodes conventionnelles utilisées dans la prévention et la gestion des catastrophes.

Et pour atteindre l'objectif fixé, le modèle appliqué fait intervenir les trois principaux facteurs pour l'évaluation du risque de feu de forêts à savoir : la topomorphologie (pente, morphologie du terrain, exposition), le combustible et les activités humaines. Le modèle en question repose sur la formule suivante:

$$\mathbf{IR = 5.IC + 2.IH + IM}$$

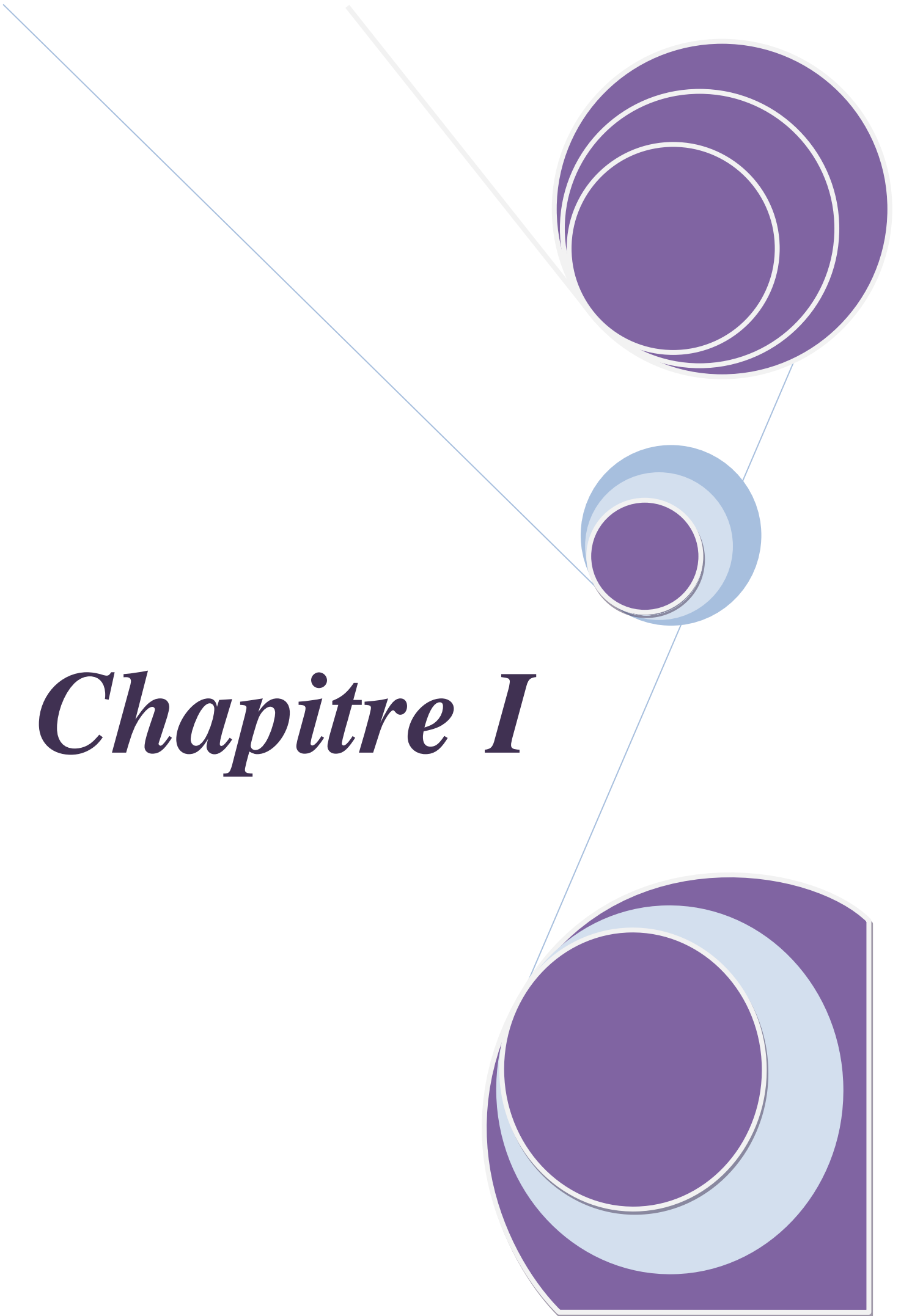
Pour se faire, nous avons jugé utile de scinder notre manuscrit en quatre chapitres :

- Synthèse bibliographique ;
- Présentation de la zone d'étude ;
- Matériels et méthode d'étude ; et
- Résultats es discussion

A decorative graphic on the right side of the page. It features three circular elements connected by thin lines. The top element is a large purple circle with three concentric white circles inside. The middle element is a smaller circle with a purple center and a light blue outer ring. The bottom element is a large purple circle with a light blue ring, partially enclosed by a purple square with rounded corners. Two thin lines extend from the top left towards the top and middle circles.

Introduction

Chapitre I

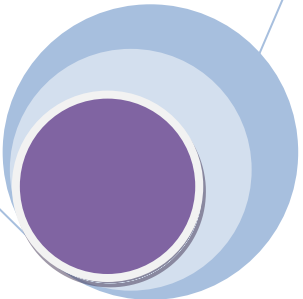


Chapitre IV



A decorative graphic on the right side of the page. It features three circular elements: a large purple circle at the top with three concentric white circles inside; a smaller light blue circle in the middle with a purple center; and a large purple circle at the bottom with a light blue ring inside. Thin lines connect the top-left and top-right of the large top circle to the top-right of the middle circle, and the bottom-left of the middle circle to the top-left of the large bottom circle. Two additional lines extend from the top-left and top-right of the large top circle towards the left side of the page.

Chapitre III



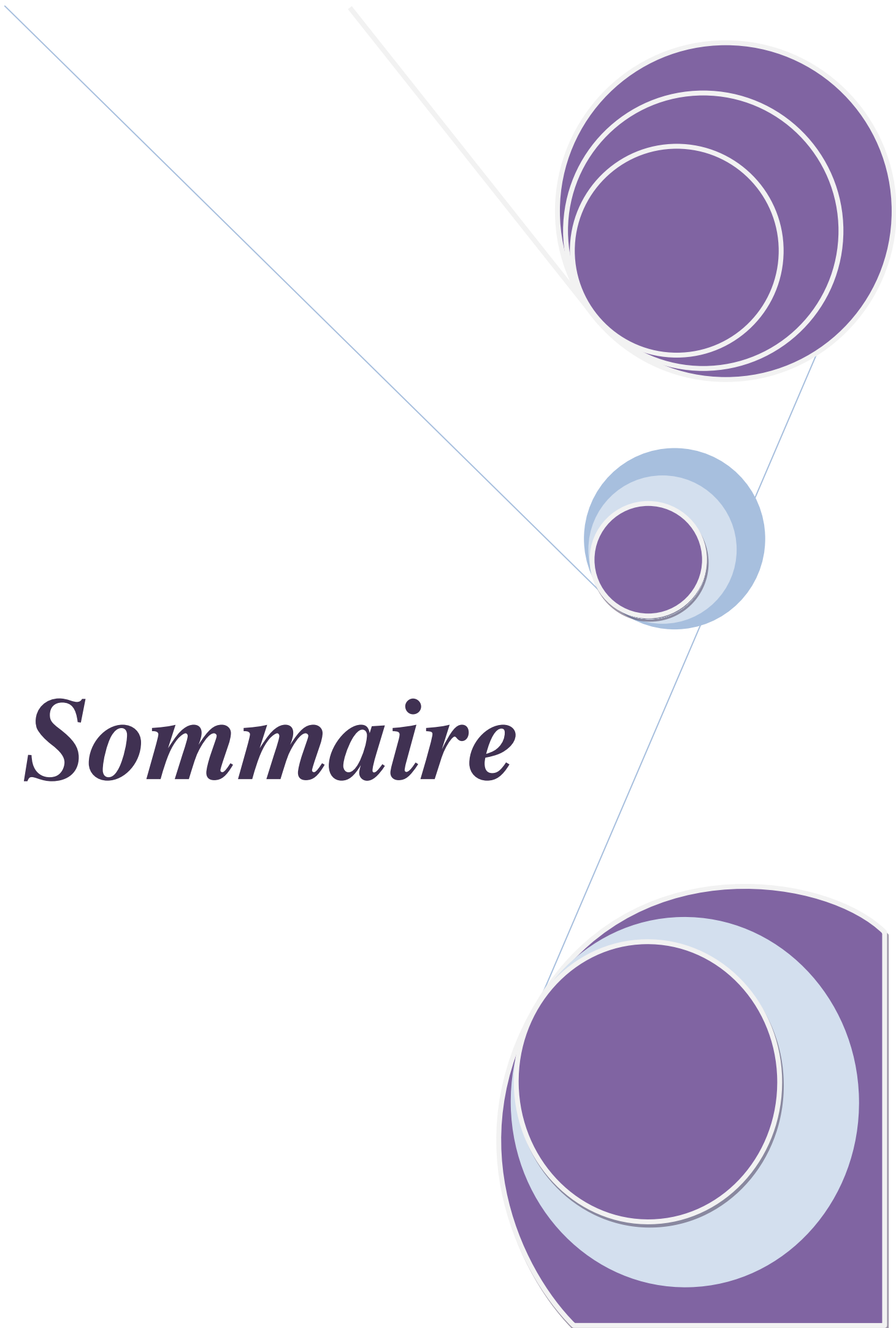
Chapitre II

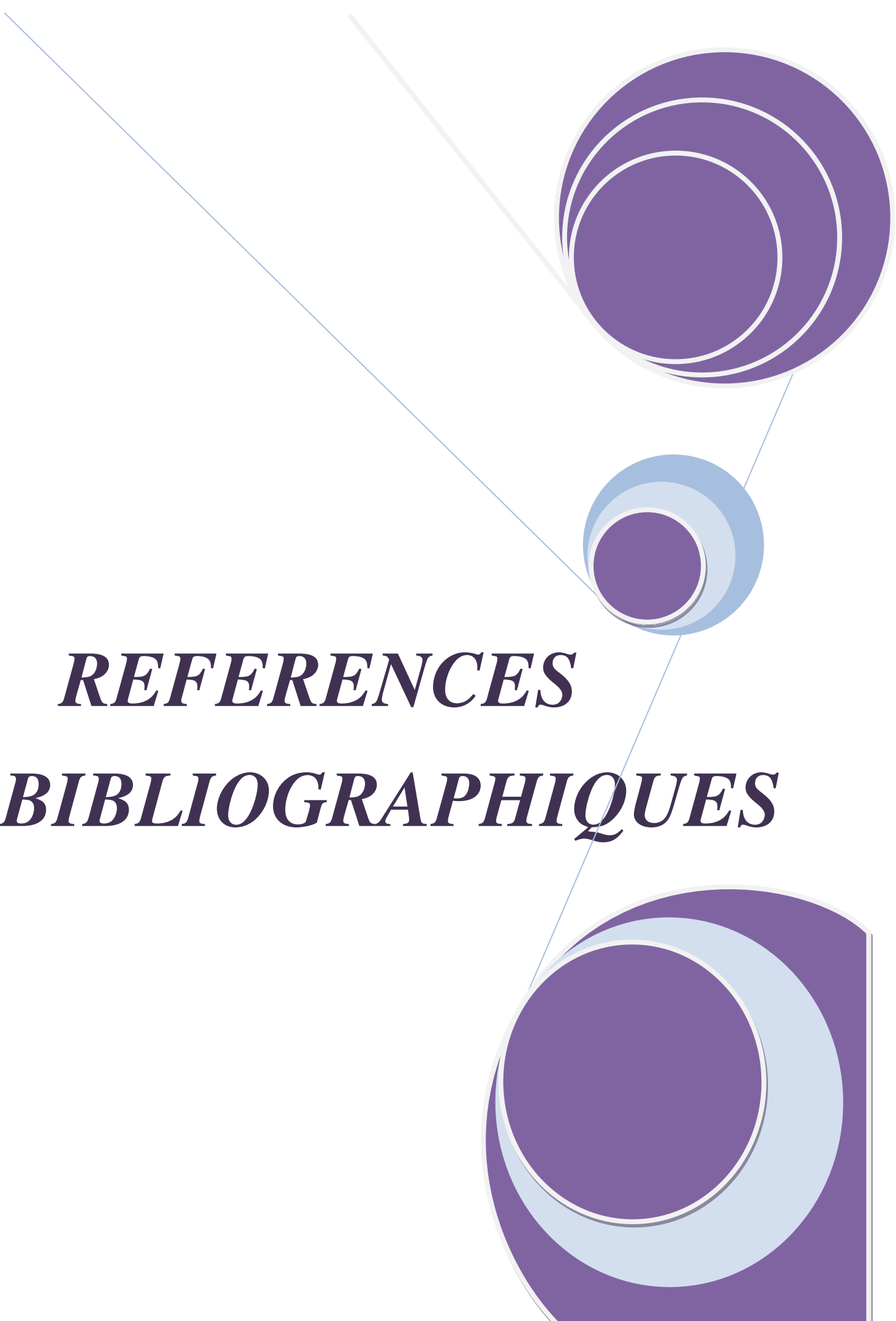


A decorative graphic on the right side of the page. It features three circular elements connected by thin lines. The top element is a large purple circle with three concentric white circles inside. The middle element is a smaller purple circle with two concentric light blue circles inside. The bottom element is a large purple circle with two concentric light blue circles inside, all contained within a purple square with rounded corners. Two thin lines extend from the top left towards the top and middle circles.

Conclusion

Sommaire



A decorative graphic consisting of three stylized circular elements. The top element is a large purple circle with three concentric white outlines. The middle element is a smaller purple circle with two concentric light blue outlines. The bottom element is a large purple circle with two concentric light blue outlines, partially enclosed by a purple square with rounded corners. Thin lines connect the top and middle elements to the central text area, and the middle and bottom elements to each other.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

1. Description du phénomène – la pyrologie-

1.1. Définitions

1.1.1. Pyrologie

La pyrologie forestière constitue une science dont l'objet principal est l'étude des feux de forêts et de leurs propriétés. Elle explique le phénomène de la combustion, décrit les caractéristiques propres aux incendies de forêt et étudie les facteurs qui influencent leur origine et leur développement (Trabaud, 1979).

1.1.2. Feux de forêts

On parle d'incendie de forêt lorsque le feu concerne une superficie minimale d'un hectare d'un seul tenant et qu'une partie au moins des étages arbustifs et, ou arborés (parties hautes) est détruite (Megrerouche, 2006).

Un incendie, selon le même auteur, est un phénomène qui échappe au contrôle de l'homme, tant en durée qu'en étendue, il naît de la rencontre d'une source de chaleur dont la température dépasse 600°C et d'une végétation inflammable. Une fois le feu allumé, un front de flammes forme, qui se déplace d'autant plus vite que la végétation est desséchée (Megrerouche, 2006).

1.1.3. Le combustible

Toute substance susceptible de brûler, c'est-à-dire pouvant être partiellement ou totalement détruite par le feu, est considérée comme combustible. Les solides et les liquides ne brûlent pas en tant que tels. Ce sont les gaz et les vapeurs qu'ils émettent qui brûlent (Abdi, 2014). (Figure 1).

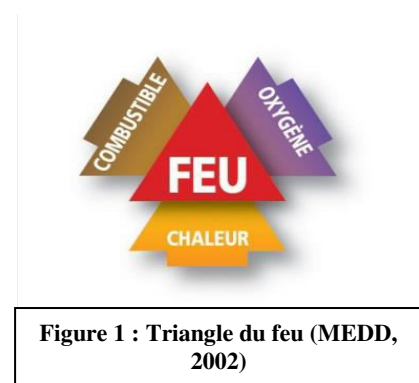


Figure 1 : Triangle du feu (MEDD, 2002)

L'aptitude d'un combustible à s'enflammer et à entrer en combustion dépend de la teneur en eau, de la température du combustible mais aussi de son type et de sa densité (Carbonnell et al., 2004 ; Ammari, 2011).

1.1.4. Le comburant

Dans le cas des feux de forêts, il s'agit de l'oxygène de l'air. La combustion dépend également fortement de cet élément, puisque, pour qu'une flamme se produise et s'entretienne, 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 % (Cemagref, 1989).

Cet élément, qui est indispensable pour qu'il y ait combustion, est fourni par la réaction elle-même, c'est-à-dire, la combustion, car celle-ci produit son propre courant d'air; ajouté à cela, le vent contribue très largement à l'approvisionnement en oxygène (Abdi, 2014).

1.1.5. La chaleur

La chaleur est la température à partir de laquelle les combustibles prennent feu. Cette température est appelée « point d'inflammation », elle est située entre 400 et 425 °C (Rebai, 1983). Avec les combustibles forestiers, un apport extérieur de chaleur n'est nécessaire que pour amorcer le phénomène de combustion, une fois les matériaux en ignition, on observe un grand dégagement de chaleur et une forte température qui peut atteindre jusqu'à 1250 °C, température enregistrée à un mètre du sol (Trabaud, 1979).

1.2. Impacts des incendies de forêts**1.2.1. Impact du feu sur le peuplement**

Le passage d'un feu se traduit par l'altération plus ou moins poussée d'organes vitaux du végétal, au niveau du feuillage, du tronc et des racines. Il en découle une perte de vigueur de l'arbre pouvant entraîner sa mort.

Le degré d'altération est fonction de la combinaison des dégâts sur les différentes parties de l'arbre (feuillage, tronc, racines), résultant de la nature du feu (feu de surface, feu de cime) et de l'intensité de ce dernier, ainsi que de la sensibilité au feu de l'espèce. Un feu rapide provoque beaucoup moins de dommages qu'un feu lent (Colin et *al.*, 2001).

1.2.2. Impact sur l'environnement**a) Actions sur les écosystèmes forestiers**

Denis et *al* (2001) ont signalé que l'une des pires conséquences écologiques du feu est la probabilité accrue que surviennent de nouveaux incendies dans les années suivantes, à

mesure que les arbres morts s'effondrent, créant des trouées dans la forêt à travers lesquelles le soleil pénètre et dessèche la végétation, et où les combustibles s'accumulent et les espèces vulnérables au feu, comme les graminées pyrophytes prolifèrent. Les feux répétés sont destructifs car, ils représentent un facteur clé dans l'appauvrissement de la diversité biologique des écosystèmes de forêt ombrophile. Les incendies sont souvent suivis par la colonisation et l'infestation d'insectes qui perturbent l'équilibre écologique.

b) Actions sur le sol et la pédo-faune (micro-organismes)

La destruction de la couverture végétale est également à l'origine de l'apparition ainsi que l'augmentation des risques d'érosion et d'inondation due au ruissellement.

Aubert (1991) signale d'autres conséquences des incendies sur le sol à savoir; le changement de la structure de l'horizon humifère, la réduction de la capacité de rétention en eau, l'élévation du PH, l'accroissement du taux de calcaire par éclatement de la roche et la diminution de la capacité totale d'échange.

Quant aux micro-organismes du sol, ils sont directement touchés par la vague thermique au passage du feu. La stérilisation intervient entre 50°C et 125°C et concerne généralement entre 5cm et 10 cm des couches du sol ;ce sont les couches superficielles les plus riches en matière organique et les plus actives biologiquement, qui sont les plus touchées (Colin et *al.*, 2001).

Le feu réduit également la population des vers de terre, de myriapodes, de fourmis et d'insectes pollinisateurs. La microfaune est détruite et se constitue lentement (Khalid, 2008).

1.2.3. Impact socio-économique

Les incendies de forêts sont beaucoup moins meurtriers que la plupart des autres catastrophes naturelles. Ils peuvent cependant provoquer la mort d'hommes, notamment parmi les combattants du feu. Les incendies mettent aussi en danger la vie des habitants, en détruisant des habitations. C'est le cas surtout lorsqu'elles n'ont pas fait l'objet d'une protection particulière, soit au niveau de la construction elle-même, soit au niveau de la végétation environnante (Colin et *al.*, 2001). Les lieux très fréquentés sont menacés par les incendies de forêt, entre autres les zones d'activités, les zones urbaines, les zones de tourisme et de loisirs ou de zones agricoles. Ces divers lieux présentent une vulnérabilité variable selon l'heure de la journée et la période de l'année.

Ajouter à cela, selon Colin et *al.*, 2001), des équipements divers tels que les poteaux électriques et téléphoniques, les clôtures, les panneaux, sont aussi endommagés ou détruits par le feu. Les réseaux de communication sont coupés, engendrant des perturbations économiques et sociales importantes.

1.3. Historique des feux de forêts et l'état actuel

1.3.1. Les incendies de forêts dans le monde

Les incendies parcourent, chaque année, des milliers voire des millions de km² de la planète et sont responsables de la libération de carbone dans l'atmosphère (Giglio et *al.*, 2006; Van de werf et *al.*, 2006; Wiedinmyer et Neff, 2007). La télédétection des feux mondiaux indique que l'Afrique est le centre du feu de la planète, avec biomasse consommée par le feu que nulle part ailleurs sur la terre (NASA, 2003). Chaque année, partout dans le monde, 750.000 à 8,2 millions de km² de forêts et de prairies sont brûlées (FAO, 2010).

1.3.2. Les incendies de forêts dans le bassin méditerranéen

Les régions de climat méditerranéen connaissent de nombreux incendies depuis la préhistoire, comme l'ont montré divers travaux archéologiques (Carrega, 2008).

Fortement humanisée et donc transformée, en terme d'occupation du sol, la bordure méditerranéenne est soumise à une sécheresse estivale, parfois très prononcée et durable, juste pendant la période où les plantes ont le plus besoin d'eau.

De plus, Carrega (2008) souligne que les hivers, parfois assez peu arrosés en montagne, sont aussi la période où se déclenchent des incendies, particulièrement à la fin de la saison, quand l'herbe a gelé, ce qui l'a déshydraté, et favorise les départs de feu.

Dans le Bassin Méditerranéen, les incendies sont en grande majorité d'origine humaine, que ce soit par accident, par négligence ou intentionnellement. Cependant, la part des feux dont l'origine reste inconnue est encore importante. Par ailleurs, parmi les causes connues de départ de feu, un grand nombre n'est pas connu de manière certaine. (Cemagref, 2008).

Dans l'ensemble des départements méditerranéens, de 1972 à 1986, il a brûlé 36000 hectares par an, avec des années dures (57 000 hectares en 1978, 46 000 hectares en 1986). (Hessas., 2005).

Selon BIANCO (1998), le risque d'incendie en région méditerranéenne est tel que plus de 4 millions d'hectares sont concernés, soit une superficie deux fois plus importante qu'au siècle dernier pour 1,2 millions d'hectares pour l'Aquitaine.

Tableau 1 : Surface moyenne annuelle incendiée dans quelques pays méditerranéens
(période 1981-1997) (FAO, 1993)

Pays	Surface moyenne annuelle brûlée (Ha)	(%)
Algérie	49 130	8,30
Bosnie Herzégovine	881	0,15
Chypre	130	0,02
Croatie	10121	1,71
Espagne	211 635	35,74
France	32 456	5,48
Grèce	48 003	8,11
Israël	3 407	0,58
Italie	132 305	22,34
Maroc	3 459	0,58
Portugal	83143	14,04
Syrie	1 312	0,22
Tunisie	1 468	0,25
Turquie	14 662	2,48
Total	592 112	100%

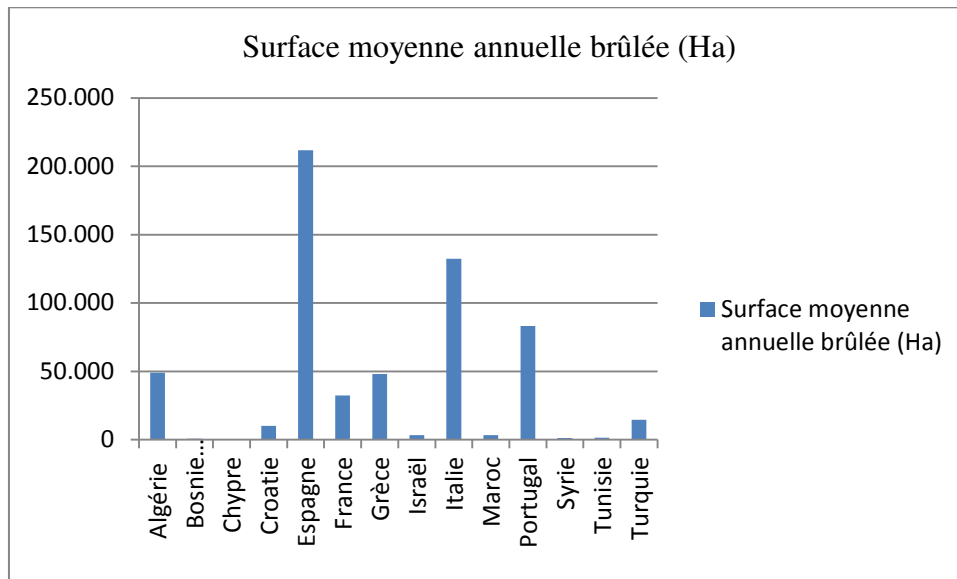


Figure 2 : la surface moyenne annuelle brûlée (ha) dans les pays méditerranéenne
source :FAO1993

la figure 2 montre que la surface moyenne annuelle brûlée total, dans le bassin méditerranéen est de 592000 ha le pays dont la plus grande superficie brûlée est 216350 ha enregistrée en Espagne.

1.3.3. Les incendies de forêts en Algérie

Le feu constitue l'ennemi numéro un de la forêt algérienne. Il représente, sans aucun doute, le facteur de dégradation le plus ravageur de la forêt en Algérie (Meddour-Sahar, 2014).

L'analyse des statistiques des feux de forêts en Algérie permettra de retracer leur historique, fait inédit en région méditerranéenne, sur une très longue période continue de 132 ans (1876-2007).

En effet, l'Algérie est l'un des rares pays possédant des statistiques sur les feux de forêts sur une période de plus d'un siècle (Meddour-Sahar, 2014).

La superficie moyenne annuelle incendiée durant la dernière décennie est de 28.000 hectares, localisée à près de 50% dans les forêts de chêne liège des wilaya de Tiziouzou, Bejaia, Skikda, Guelma, Jijel, Annaba et El Tarf) (Anonyme, 2017).

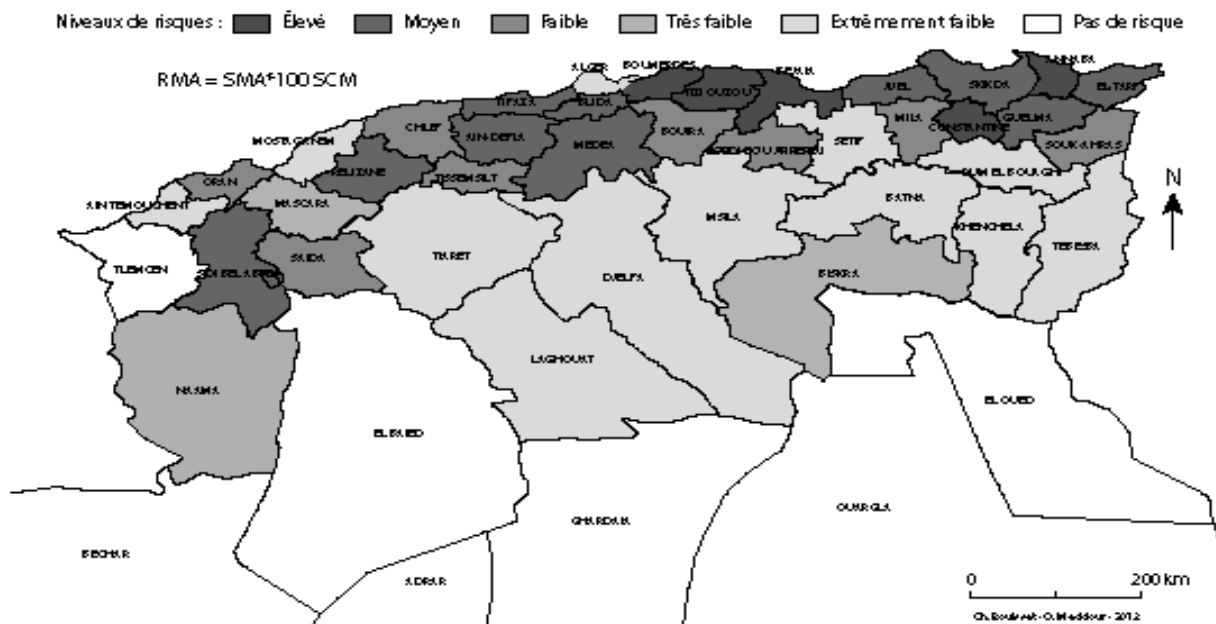


Figure 3 : Risque d’incendie moyen annuel en Algérie (Sources : Meddour-Sahar et Derridj, 2012)

Au cours des trente dernières années (1985-2012), l’évolution annuelle révèle la variabilité des feux de forêts et surtout l’existence d’années catastrophiques en 1993, 1994, 2000, 2007 et 2012 (Meddour-Sahar et Derridj, 2012).

Spatialement, on note que le risque feux de forêts se concentre surtout dans les wilayas littorales du nord-est algérien, de TiziOuzou à El Tarf, correspondant à des wilayas très boisées et accidentées, avec une forte densité de population et un manque de terres pour l’urbanisation.

Dans certains cas, il s’agit de wilayas touristiques ou de premier rang dans l’organisation territoriale, comme Ain Temouchent, Mostaganem, Oran ou Constantine, et pour cela privilégiées dans la réalisation d’infrastructures qui « se voient ».

1.3.4. Les incendies de forêts à khenchela

Le patrimoine forestier de la wilaya de khenchela couvrant une superficie totale de 146.303 ha de forêts et 42.000 ha d’alfa ne cesse de s’exposer aux ravages des incendies durant ces dernières années.

Entre 2000 et 2016, selon les services des forêts, le nombre total des incendies a atteint les 348 incendies parcourant une superficie totale de 16573 ha, où on enregistre une superficie de 3000 ha parcourue durant l’année 2012, soit 18% de la superficie totale incendiée, avec une répartition inégale par année et par espèce, (Tab. 2).

Tableau 2 : Nombre d'incendie et superficie incendiée par type de végétation (conservation des forêts kenchela ;2016)

Les types de végétations	Nombre de foyers	Superficie incendiée (ha)	(%)
Pin d'Alep	211	10066,65	60,74
Alfa	87	41 43,05	24,99
Chêne vert	49	2327,51	14,06
Autres	1	34,96	0,21
Total	348	16 573	100 %

Notons que sur les 16 573 ha incendiés, le pin d'Alep est le plus touché par rapport aux autres espèces avec 10 066,65 ha, soit 60,74% de la superficie totale parcourue par le feu. Cela s'explique par sa vulnérabilité et sa sensibilité élevée aux feux de forêts.

1.4. Causes des incendies de forêts en Algérie

L'origine d'un incendie est souvent difficile à déterminer du fait de l'absence de preuves matérielles concrètes ; il en résulte que le pourcentage de causes inconnues peut être très important (Cemagraf,1989).

1.4.1. Causes naturelles

La végétation ne s'enflammant pas seule, même par forte sécheresse, l'unique cause naturelle connue dans le Bassin Méditerranéen, dont l'Algérie fait partie, est la foudre. Ce phénomène, néanmoins en forêt boréale ("orages secs"), n'est à ne moins relativement rare en région méditerranéenne où il ne concerne que 1 à 5 % des cas d'incendies (Cemagref, 1989).

1.4.2. Causes humaines

Cemagref (1989) estime que les causes liées à l'homme représentent l'essentiel des origines des incendies de forêts, réparties globalement, pour l'ensemble des pays du bassin

Méditerranéen en causes involontaires (imprudences, accidents) et en causes volontaires (pyromanie, vengeance).

En Algérie, les incendies involontaires sont à l'origine, selon Meddour-Sahar (2014), de jet de mégots pour plus de 90 %, le brûlage des chaumes (82,97 %) et les jeux d'enfants (65,30 %). Pour les incendies volontaires (malveillance), les résultats mettent en évidence les brûlages des décharges sauvages (85,49 %) et le renouvellement de l'herbe par les pasteurs (65,93 %). Pour les incendies accidentels, les facteurs déclenchants sont essentiellement liés aux débris de verre (79,18 %) et les lignes électriques (70,66 %).

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

2.1. Situation géographique

La zone objet de notre étude concerne la forêt domaniale des Beni Ouedjana, localisée dans la partie orientale des monts des Aurès et couvre une superficie de 44500 ha et répartie en deux sous zones, l'une est située au nord de djebel chélia et limitée (BNEDER, 2008) (figure 04):

- Au nord, par la commune de touffana.
- A l'Ouest, par la wilaya de Batna (forêt domaniale de l'Aurès).
- A l'Est, par la commune de Tamza (forêt domaniale d'Ouled Yacoub).
- Au sud, par les monts de Chélia (2 326m).

L'autre est située à l'Est de la forêt domaniale de Beni –Melloul et au sud du chef-lieu de la commune de Bouhmama, elle est limitée :

- Au sud, par vallée d'oued Mellagou.
- Au nord –Ouest, par la plaine d'Ezziriz.
- A l'Est par Oued Tarhit.

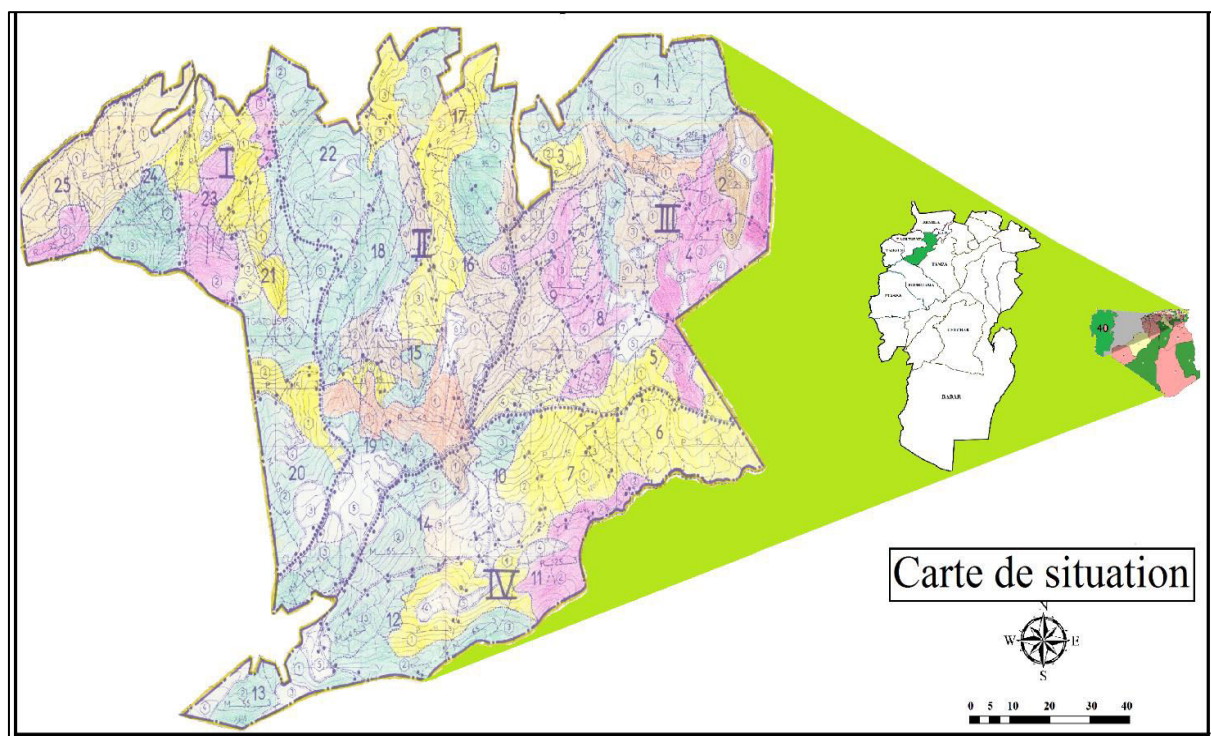


Figure 04 : carte de situation des forêts des Beni Ouedjana (BNEDER, 2008)

2.2. Situation administrative et forestière

Administrativement, la forêt domaniale des Béni Oudjanaest gérée par:

- la daïra de Bouhmama,
- les communes de Taouzient, yabous, chélia et Bouhmamaavec des taux d'intégration respectifs de 33% ,27% et 34%.la plus faible concentration au niveau de la commune dedeChélia avec 6% (Bneder, 2008) (Figure5).

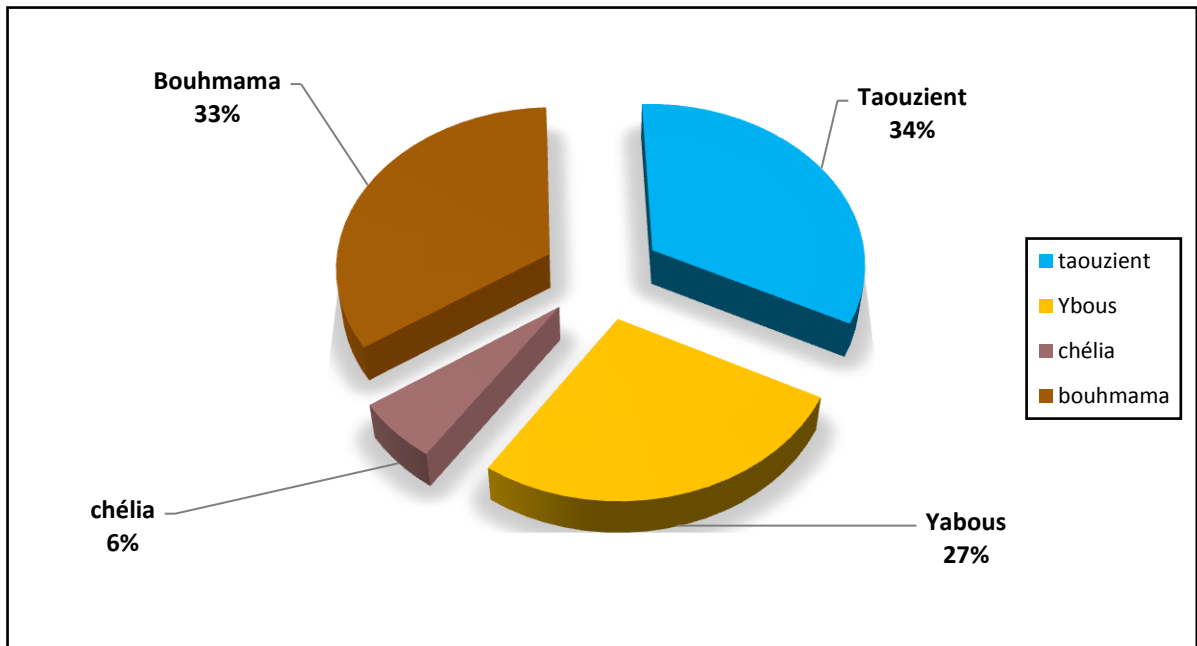


Figure 5: Taux d'occupation de la forêt de Beni Oudjana par commune (BNEDER, 2008)

Forestièrement, elle est gérée par:

- la conservation des forêts de la wilaya de kenchela.
- la circonscription des forêts de Kais.
- les districts de forêts de Kais, Chélia et Taouzient.

2.3. Géologie

Vu l'indispensabilité des données géologiques et pédologique propres à la zone objet de notre étude, nous limitons aux données issues de l'étude du plan d'aménagement forestier établie par le Bureau National des Etudes Forestiers (BNEF) en 1986 sur la forêt des Béni-Oudjana et des OuledYagoub.

Selon cette étude, la pinède d'Ouled Yagoub Et des Béni-Oudjana repose sur le crétacé supérieur. Le turonien, présent sous forme d'un arc assez large, prolonge dans le synclinal de Djebel Aurès et la vallée de Tamza au sud avec un faciès à prédominance calcaire. Le centre est occupé par le Cénomaniens avec la présence de dolomie et de calcaire dans la partie Nord. Alors que dans la partie Sud se localisent des substrats marno-calcaires.

Vers le Nord-Est de la zone d'étude, le Cénomaniens côtoie l'Albien localement à la base de la cédraie avec présence de grès et de marnes rouges. Le coniacien et le santonian marquent la limite Nord-Est du massif de BENI-OUDJANA sous forme d'une bande plus ou moins régulière et longeant le massif du Nord au Sud. (BNEDER, 2008)

2.4. Pédologie

Selon la même étude, les sols sont globalement squelettiques et de faibles profondeurs, inférieur à 20cm. Sur les fortes pentes, les sols sont peu évolués, 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 humifère est pauvre avec souvent un humus très peu décomposé. La litière, quand elle existe, se compose d'aiguilles de pin et de feuilles de chêne et d'autres espèces arbustives caractéristiques de la pinède. (BNEDER, 2008)

2.5. Réseau hydrographique

Plus de la moitié de la forêt domaniale Beni Oudjana est située dans le bassin versant des hauts plateaux constantinois des communes de la zone d'étude, à savoir: Taouzient, Yabous et chélia, soit 60% de la superficie totale. Le reste s'inscrit dans le bassin versant de chott Melrhir, situé au niveau des cantons de la commune de Bouhmama.

D'après le BNEDER (2008), le réseau hydrographique sillonnant la forêt des Béni Oudjana est important et très ramifié avec une forte densité du chevelu, 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 en été, excepté l'oued de Taouzient, oued Taarist, oued M'lyah, oued Zennag, oued Tafrennt, oued Talhaqui gardent une certaine humidité estivale.

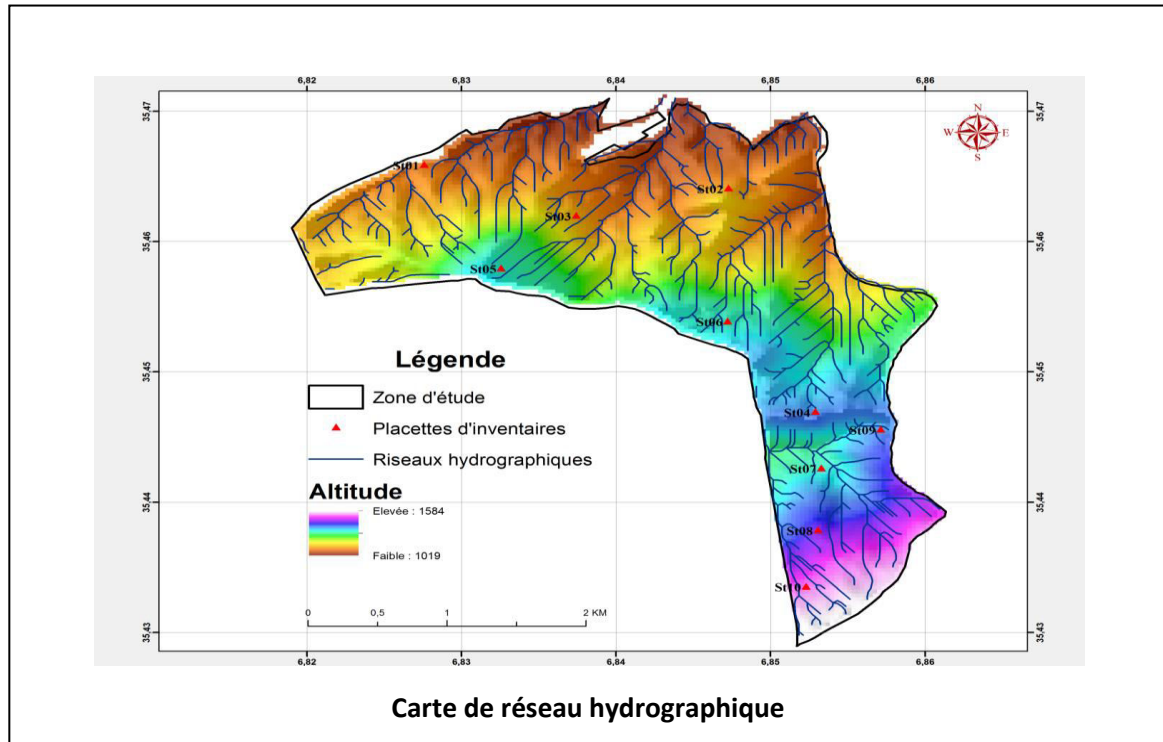


Figure 6: Réseau hydrographique sillonnant la zone d'étude (BNEDER, 2008).

2.6. Analyse des paramètres climatiques

Introduction

Le climat joue un rôle prépondérant dans le développement, la répartition et l'individualisation des êtres vivants (Ramade, 1984).

Certains éléments du climat traduisent des propriétés indispensables à la vie des plantes : l'eau des précipitations, la température. Ce sont des facteurs limitants 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 latitudes ou dans les régions continentales (Elhaï, 1968).

Le climat, en région méditerranéenne, est un facteur déterminant en raison de son importance dans l'établissement, l'organisation et le maintien des écosystèmes. Ainsi, un des objets essentiels de l'écologie a été de rechercher la meilleure relation entre les différentes formations végétales et le climat vu sous l'angle biologique: le bioclimat. (Aidoud, 1997).

Afin de mieux cerner les différents paramètres climatiques et d'effectuer une étude bioclimatique de la zone d'étude, nous avons pris en considération les données de l'étude

climatique réalisées par le BNEDER en 2008 avec son actualisation par des données météorologiques enregistrées à station de Foum El-Gueiss (**Tab.3**). Cette station météorologique est située à l'Est de la zone d'étude et constitue de ce fait la station de référence à partir de laquelle des extrapolations à différentes altitudes seront réalisées.

Tableau3 : Caractéristiques identifiant la station météorologique de Foum El-Gueiss (Station FoumEl-Gueiss, 2015)

Station	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Nombre d'années d'observation	Versant
Foum El-Gueiss	35°28'30.69	6°56'9.94	964	20	nord

2.6.1. Température :

La température représente un facteur limitant de toute première importance car, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans 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 de la zone d'étude collectées durant la période allant de 1995 à 2015 sont récapitulées dans le (**Tab.4**).

Tableau 4 :Moyennes mensuelles des températures maximales (M) et minimales(m) relevées dans la station de Foum El-Gueiss (**période 1995-2015**).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
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 M+m/2	9,86	11,3	15,11	20,95	24,75	25,85	22,3	15,77	11,42	9,05	5,84	5,46
Amplitude M-m	9,09	22,6	11,79	12,1	12,6	14,3	14,4	13,5	11,57	11,7	7,12	8,66

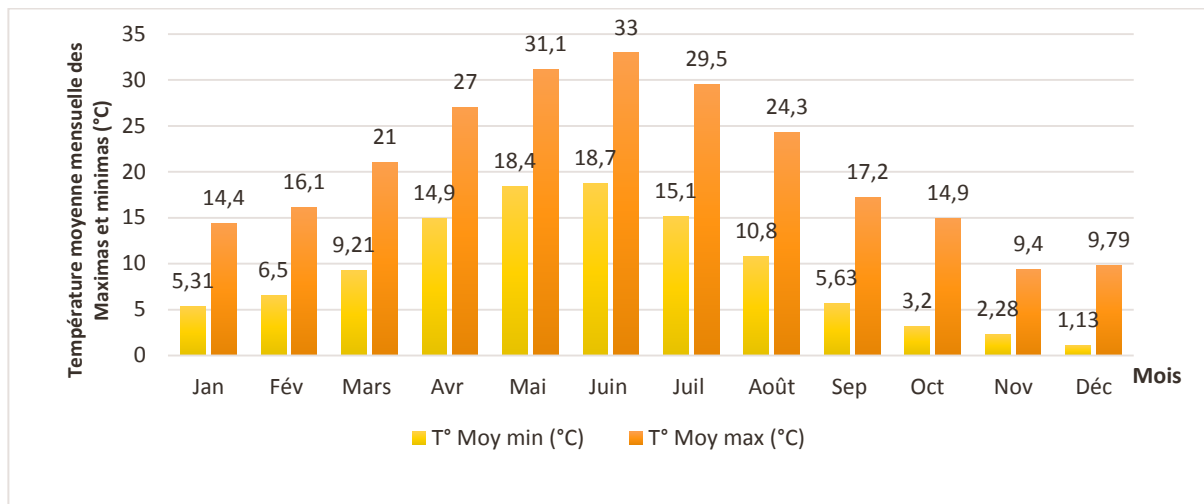


Figure7: répartition de la température moyenne mensuelle des Maximas et minimas des Béni Oudjanarelevées dans la station de Fom El-Gueiss (**période 1995-2015**) (BNEDER, 2008 ; Station Fom El-Gueiss, 2015).

L'analyse de la figure 7 fait ressortir clairement la tendance de la station de foug El-Gueiss vers la fraîcheur. L'accroissement des températures minimales au printemps de 9,21°C (mars) à 18,4°C (mai) indique que les végétaux sont placés rapidement dans des conditions thermiques favorables à leur développement.

a) Analyse des températures :

D'après la figure 7 suscitée, on peut distinguer :

un hiver froid très vigoureux comportant une moyenne des minimas (le mois le plus froid) de 1,13 °C en Décembre et un été chaud durant la saison estivale une moyenne des maximas (le mois le plus chaud) de 33°C en Juillet.

2.6.2. Amplitude thermique

Selon Seltzer ,1946 l'amplitude annuelle de la température de l'air est définie par la différence entre les températures moyennes du mois le plus chaud et du mois le plus froid. Elle caractérise le degré de continentalité d'un climat.

Cependant, Sauvage ,1963 souligne que l'amplitude thermique maximale ou extrême a plus d'intérêt en écologie végétale, parce qu'elle exprime non seulement la continentalité, mais elle donne une idée de l'importance de l'évaporation en absence de la mesure directe de celle-ci.

Emberger 1931 ; a constaté que dans les pays méditerranéens, "l'évaporation est d'autant plus forte que (M-m) est plus grand". Ainsi, M'herit ,1982 a-t-il précisé que 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.

En ce qui nous concerne, nous avons calculé cette amplitude en faisant la différence entre la moyenne des maxima du mois le plus chaud et la moyenne des minimum du mois le plus froid (Tab.5).

Tableau 5 : Amplitudes moyennes maximales enregistrées à la station de Foum El guiss (Période 1995-2015). (M : amplitude moyenne maximale, m : amplitude moyenne minimale).

Station	M	M	M-m
Foum El guis (1995-2015)	1,13	29,5	28,37

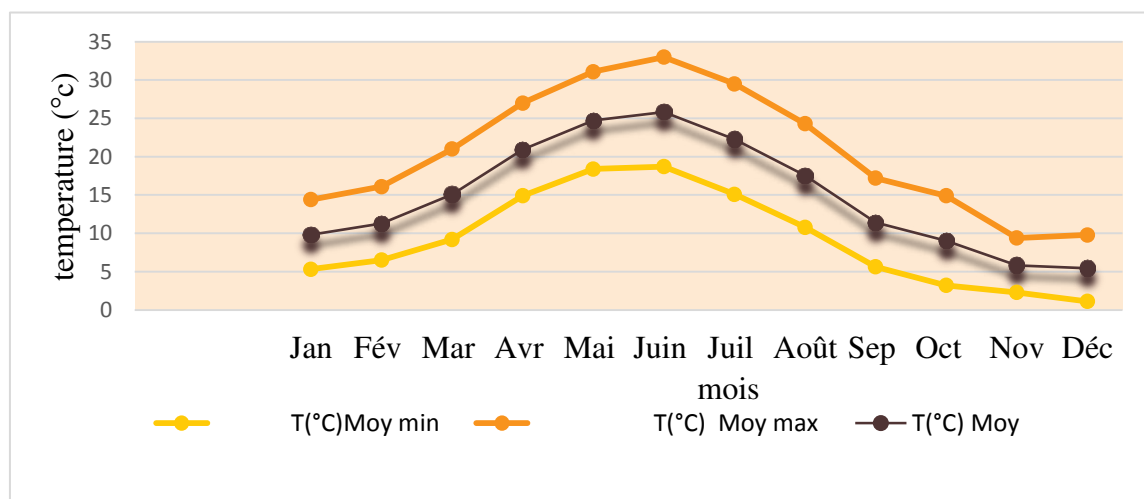


Figure 8: La répartition des températures moyenne (max, min, et moy) de la station de Foum El Guies pendant la période (1995-2015).

On constate qu'on est en présence d'un climat caractérisé par un régime thermique contrasté. D'après Benbadji et Bouazza 2000 , on peut distinguer quatre types de climats en fonction de cette amplitude:

- Climat insulaire : $M-m < 15^{\circ}\text{C}$
- Climat littoral : $15^{\circ}\text{C} < M-m < 25^{\circ}\text{C}$
- Climat semi-continentale : $25^{\circ}\text{C} < M-m < 35^{\circ}\text{C}$
- Climat continental : $M-m > 35^{\circ}\text{C}$

En se référant à ces types de climats ainsi décrits, il ressort que la station de Foum El-Gueissa a un climat semi-continentale. Cela s'explique par la valeur de M-m qui se situe entre 25°C et 35°C.

2.7. Précipitations :

La pluviosité est définie selon Djebaili 1984, comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat.

Elle conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion d'une part, elle a un rôle social et économique d'autre part.

Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat.

2.7.1. Pluviométrie :

Les pluies constituent une forme de précipitation, elles agissent par leur intensité sur la répartition et sur le développement de la végétation. Il est généralement admis que la pluviométrie augmente avec l'altitude selon un gradient altitudinal qui varie avec l'exposition. Ce gradient est de 40 mm par an pour 100 m de dénivellation pour le versant Nord et de 20 mm/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 (BNEDER, 2008).

La carte pluviométrique de l'ANRH établie, montre que la zone d'étude se situe entre les isohyètes comprises entre 400 et 500 mm.

a) Répartition mensuelle des précipitations :

Dans une zone donnée, la pluviométrie croît avec l'altitude et selon l'exposition (**Tab.6**). (Station météorologique de Foum el Gueiss 1995-2015).

Tableau 6 : Données pluviométriques mensuelles moyennes de Foum el Gueiss (période 1995-2015) (Station Foum El-Gueiss, 2015).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nove	Dec	Tot
p (mm)	35,4	50,1	29,3	31,5	17,1	11,8	41,7	44,4	39,2	63,6	45,4	51,5	461
Nbre de jour	8,22	07	8,94	8,83	7,5	5,88	4,11	07	7,83	6,27	7,88	8,55	88

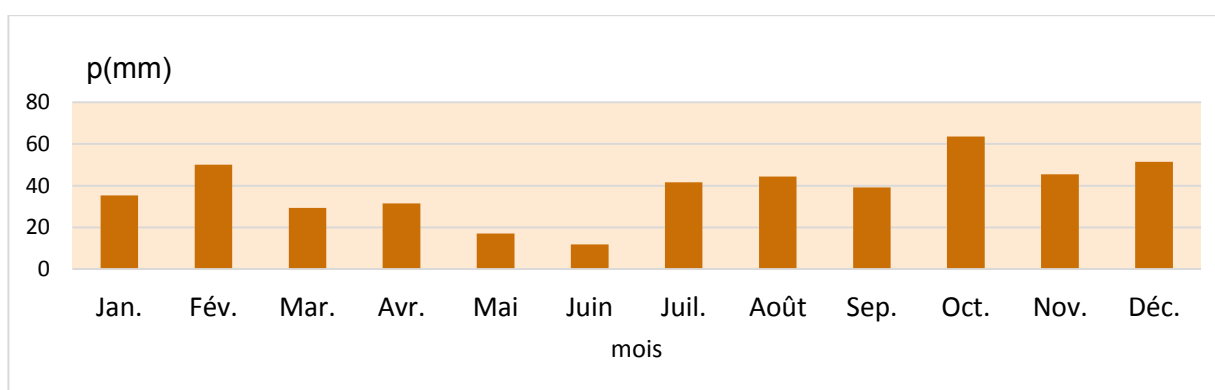


Figure 9 : Les précipitations moyennes mensuelles de Foum el Gueiss (Kais) 1995-2015.

Les données pluviométriques mentionnées dans la **figure 9** montrent que la moyenne, mensuelle est environ de 51,8 mm.

Le mois le moins pluvieux juin avec 11.80 mm, cependant, les quantités les plus élevées sont observées au mois d'octobre avec 63.6 mm.

- **Régime saisonniers :**

Tableau 7 : Répartition des pluies selon les saisons (Station Foum el Gueiss 1995-2015).

Station	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
P (mm)	148,2			137			77,9			97,9		

Le tableau 7 fait ressortir la dominance des pluies d'automne avec une prédominance des pluies de printemps.

En période estivale, les pluies tombent sous forme d'orage sur les sols desséchés favorisant ainsi le ruissellement.

2.8. Les autres paramètres du climat

2.8.1. Humidité :

Selon Quezel 1959, l'humidité de l'air par ses écarts est l'un des facteurs climatiques importants des massifs montagneux dans la méditerranée. Elle joue un rôle important dans la régénération, le développement et la détermination des espèces accompagnatrices de chaque type de végétation.

L'humidité relative contribue à la diminution des risques d'incendie, elle croît à partir du sol pour atteindre 100 % au niveau des couches nuageuses .

Tableau 8 : les moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air 1995-2015. (station météorologique de foug el gueiss 1995-2015).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
H.R. (%)	54,86	51,8	49,2	47,12	46,1	39,39	37,35	37,57	49,26	51,38	55,5	59,01

Le tableau 8 montre que les valeurs les plus élevées sont enregistrées durant la période hivernale (décembre et Février), où l'humidité relative de l'air est supérieure à 50 %. La sécheresse de l'air s'établit en été, au cours des mois de juin, juillet et août où son pourcentage est inférieur à 50 %.

2.8.2. Vents :

Le vent est l'un des paramètres les plus importants et les plus caractéristiques du climat. Il a une influence sur la température, l'humidité relative de l'air et l'évapotranspiration.

D'après Abdessemed 1981, la région est soumise à des vents chargés de pluies du versant Nord-ouest, ces vents sont fréquents pendant l'automne, l'hiver et une partie du printemps, ils sont très bénéfiques pour la régénération et le développement des espèces végétales (**Tab.9**).

Tableau 9 : Les moyennes mensuelles de la vitesse du vent (m/s) (1995-2015)

(Station météorologique de Foum el gueiss 1995-2015).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Vitesse du vent (m/s)	3,8	4	4	4,7	4	4	3,7	3,3	3	3,2	3,7	3,7

La vitesse moyenne des vents est modérée, elle est inférieure à 5 m/s, les valeurs mensuelles sont dans l'ensemble régulière durant toute l'année.

La différence entre le maximum enregistré en avril (4,7 m/s) et le minimum enregistré en septembre (3m/s) est à peine égale 3,76 m/s.

2.8.3. Sirocco :

Les vents dans la région soufflent surtout en hiver et sud en été. En été, c'est le Sirocco (vent sec et chaud) qui provoque le dessèchement des jeunes plants.

Tableau 10 : Nombre de jours de sirocco (1995-2015). (Station météorologique de Foum el gueiss 1995-2015).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Nbre de jours	0	0	0	2	0,5	0,3	0,8	0,4	2	1	0	0

Le nombre de jours de vents enregistré durant la période est faible avec 7 jours de vents par an, ce vent chaud ne souffle que pendant mois de Mai à Octobre.

2.8.4. Gelées

C'est un phénomène qui commence à une température inférieure à 0°C, elle joue un grand rôle dans la germination des graines de certaines espèces végétales comme le cèdre de l'Atlas (**Tab.10**). (BNEDER, 2008).

Tableau 11 : Les moyennes mensuelles de nombre des jours de gelée 1995-2015. (Station météorologique de Foum el Gueiss 1995-2015).

Moi	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aoû	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Nbr	9,22	6,22	4,15	1	0	0	0	0	0	0	1,61	5,27	27

On remarque que les gelées apparaissent à partir du mois de novembre et deviennent plus importantes au mois de janvier.

2.9. Synthèse climatique

La combinaison de deux principaux facteurs climatiques ; la température et les précipitations permettent de déterminer les périodes sèche et humide ainsi que la localisation de la zone d'étude au niveau d'un étage bioclimatique déduit des données et des résultats obtenus, et ce, à l'aide du diagramme Ombrothermique et du coefficient pluviométrique d'EMBERGER (BNEDER, 2008).

9.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls

L'analyse des températures et les précipitations permettent de tracer la courbe Ombrothermique, qui met en évidence la durée de la période de sécheresse. Pour Gaussen et Bagnouls, un mois sec est celui où le total des précipitations (mm) est inférieur ou égal au double de la température moyenne.(BNEDER,2008).

Pour déterminer la suite successive des mois secs, ces auteurs ont proposé l'établissement du diagramme Ombrothermique de GAUSSEN, où les mois de l'année figurent en abscisse, les précipitations moyennes mensuelles P (mm) en ordonnée à droite et les températures moyennes mensuelles T (°C) en ordonnée à gauche avec une échelle double de celle des précipitations (Abdessemed, 1981) .

Tableau 12 : Les moyennes mensuelles thermiques et pluviométriques (1995 à 2015)
(Station météorologique de Foum el gueiss 1995-2015)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
T (°C)	9,86	11,3	15,11	20,95	24,75	25,85	22,3	17,55	11,42	9,05	5,84	5,46
P (mm)	35,4	50,1	29,3	31,5	17,1	11,8	41,7	44,4	39,2	63,6	45,4	51,5

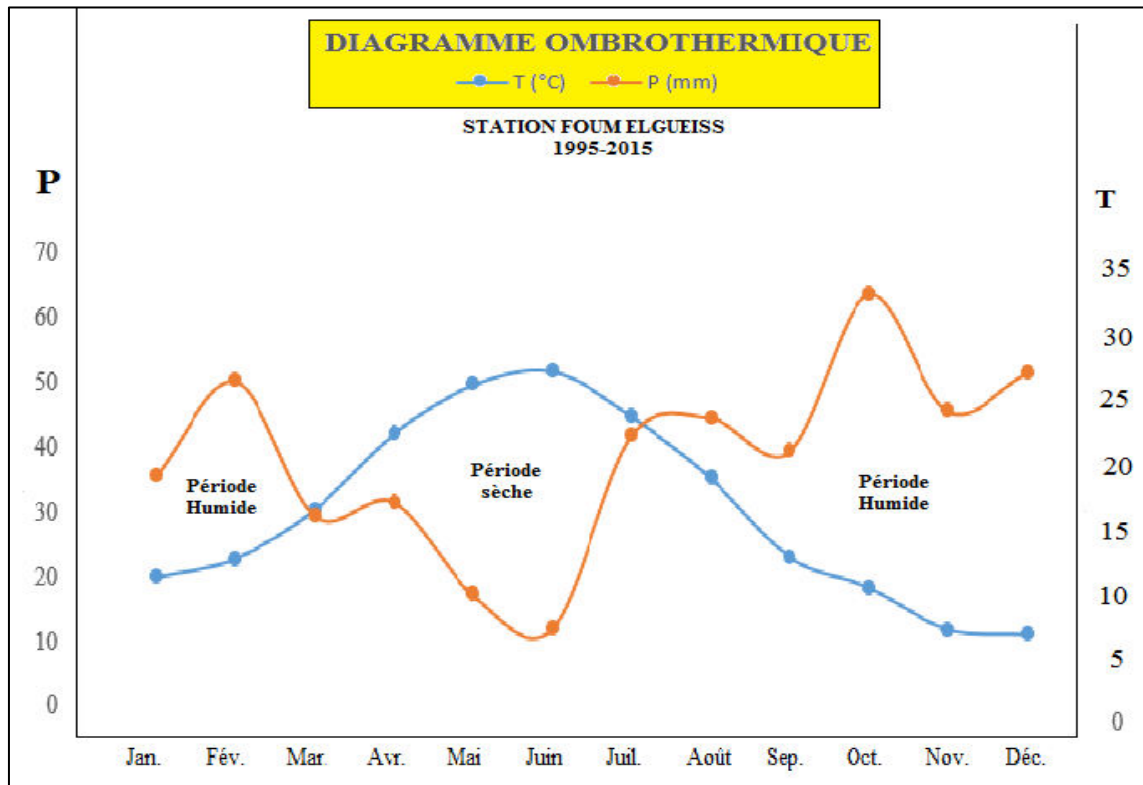


Figure 10 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la station Foum el gueiss (1995-2015).

Nous pouvons constater, en se référant aux données météorologiques de 20 ans (1995-2015), que la zone d'étude subit une période sèche de cinq mois s'étalant du mois de Avril au mois de Juillet. Néanmoins la période sèche de Abdessmed 1981 s'étend de la moitié du mois de Mai jusqu'à la fin du mois de Septembre.

2.9.2. Quotient pluviothermique et Climagramme d'Emberger

Pour représenter le climat de la station étudiée, nous utilisons le climagramme d'EMBERGER qui est un abaque comportant en ordonnées les valeurs de Q₂ et en abscisse, la moyenne des minima de la saison froide (hiver) (Seltzer, 1946).

C'est un quotient qui est en fonction de la température moyenne maximale (M) du mois le plus chaud, de la moyenne minimale (m) du mois le plus froid en degrés Celsius et de la pluviosité moyenne annuelle (P) en mm. Ce quotient est d'autant plus élevé que le climat de la région est humide. Il est calculé par la formule suivante:

$$Q_2 = 3,43 \times \frac{P}{(M - m)} \quad \Rightarrow 3,43 \times \frac{461}{33 - 1,13} = 49,47$$

P: Pluviométrie annuelle : 461 mm.

M: Température maximale du mois le plus chaud : 33°C.

m: Température minimale du mois le plus froid : 1,13°C.

A cause des relief montagneux qui caractérise les Aurès, et l'absence de station météorologique en altitude, il est nécessaire de procéder à des calculs par extrapolation des données de référence, enregistrées à la station météorologique de Foug el gueiss (Kais) pour plus de précision et pour éviter d'éventuelles erreurs de positionnement bioclimatique des zones d'étude choisies.

Pour déterminer les températures et la pluviométrie, Seltzer 1946, estime que:

- La moyenne des minimas (m) du mois le plus froid baisse de 0,45 °C pour une élévation de 100 m d'altitude.
- La moyenne des maximas (M) du mois le plus chaud baisse de 0,7 °C pour la même altitude.
- Une élévation de 40 mm pour 100 m d'altitude sur les versants exposés au nord et une élévation de 20 mm pour la même altitude pour les versants sud.

2.9.3. Place de la forêt des Béni Oudjana (Zone d'étude) dans le Climagramme d'Emberger

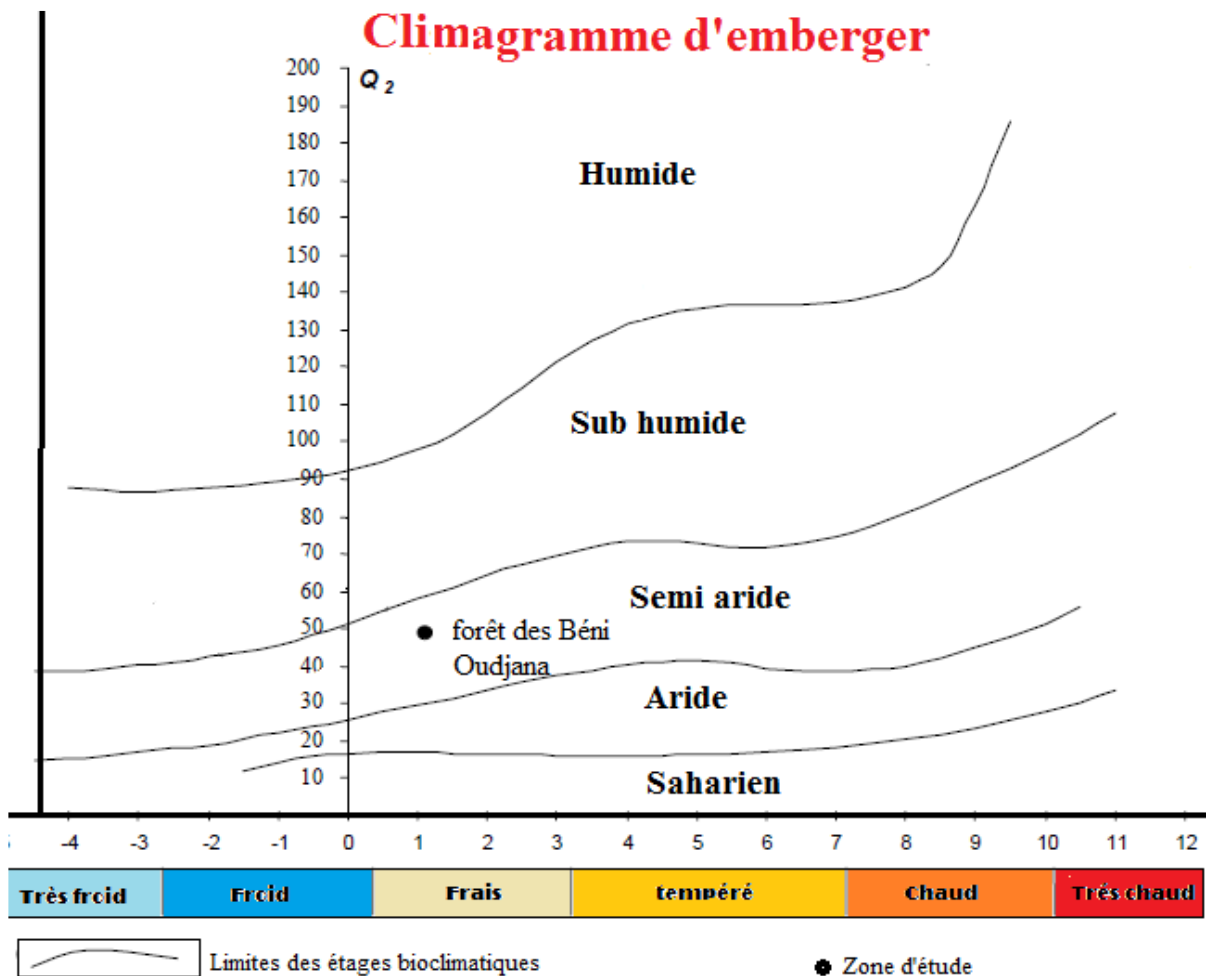


Figure 11 : climagramme d'Emberger de la forêt des Béni Ouedjana.

Conclusion :

De la synthèse climatique, on constate que le territoire de notre zone d'étude est situé dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais avec une saison sèche plus au moins longue à la période chaude qui commence plus tard au nord qu'au sud mais se termine à peu près pendant la fin d'octobre.

2.10. Etude de la végétation**2.10.1. Groupements végétaux et les types d'écosystèmes**

selon une étude réalisée par le B.N.E.F (bureau nationale des études forestières, 1983), la végétation se répartie sur l'ensemble de la région en formant des groupements purs ou mixtes dont localisation et la composition dépend 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 : *Quercusilex*.
- Le cèdre d'atlas : *cedrusatlantica*.
- Le Genevrier Oxycèdre : *juniperusoxucèdrus*.
- Le Romarin : *Rosmarinusofficinalis*.
- L'Alfa : *Stipa Tenacissima*.
- La Globularia : *GlobulariaOly-Pum*.
- La Phyllaria : *Phyllariaanzustafolie*.
- Le Diss : *Amppeledesmamauritanica*.

• Le parcours

Les spéculations agricoles se résument en pratiques essentielles basées sur des activités agro sylvo pastoral ou L'élevage est la ressource principale des riverains, Le cheptel existant est composé de 906 têtes ovines, 289 têtes de caprins et de 73 têtes bovins.

La répartition générale des terres fait ressortir l'importance des terrains de parcours et surface agricole utile d'ordre de 8,02 % soit une superficie de 54,36 hectares.

Le système pratiqué est de type traditionnel extensif, basé sur la monoculture en association étroite avec l'élevage ovin. (BNEDER, 2008)

2.10.2. Etat sanitaire de la végétation

Les maladies survenues sur les arbres forestiers constituent un fléau aussi grave que les incendies et les délits qui menacent le patrimoine forestier de disparition. En effet,

les maladies sont à l'origine de mortalité et de dépérissement de certaines espèces forestières ,surtout dans les vieux peuplements. Parmi les maladies:

- la chenilles processionnaires

Elle s'attaque au pin d'Alep jeune surtout à l'état de reboisement, elle a été constatés au niveau des cantons de: Boulrghmane , Iferséne mais elle est moins fréquente. La lutte se fait soit par voie mécanique (enlèvement des manchons et échenillage manuel, qui est d'ailleurs la plus efficace) ou par voie microbiologique en utilisant le bacillus turgeniensis (traitement inefficace et par conséquent abandonné). (BNEDER, 2008)

- scolyte

L'apparition d'un scolyte (hylésine du pin), ce parasite est rencontré au niveau des cantons suivants : El ManeBouzek, Oued Tigri droite (Bouhmama).ce parasite attaque les sujets de pin d'alep se trouvant dans un état de déficience suite à une sécheresse chronique et sol pauvre et squelettique. ces peuplement se présentent à l'état de dépérissement (sujets morts sur pied). aucun moyen de lutte n'est entrepris.

Le dépérissement sur pied est observé également au niveau du cantonsFoughal et Khaled pendant la mission sur le terrain.la cédraie est en mauvais état causes des problèmes de dépérissement. (BNEDER, 2008)

2.11. Considérations faunistiques

Le milieu biotope a subi au cours de ses dernières années une dégradation assez sévère qui a conduit à disparition de certains animaux d'où le gibier se présente 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 le hérisson.

Les reptiles qui se présentent par certaines espèces rares d'où les caméléons et les lézards sont fréquents par endroits.

Dans les stations fraîches et humides, sous les chênaies, d'où des traces de sols retourné dues aux museaux des sangliers qui sont à la recherches 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)

3.1. Objectif De L'étude

-Vu la composition floristique de notre zone d'étude, marquée par la dominance des espèces résineuses telle que le pin d'Alep et le Génévrieroxycèdre, caractérisées par leur sensibilité et vulnérabilité aux feux de forêts.

-Vu sa localisation dans l'étage bioclimatique semi-aride connu généralement par l'irrégularité des précipitations.

Nous jugeons utile intervenir par les moyens efficace et rapide tels que le SIG et la télédétection pour ressortir les zones à risque aux feux et élaborer un plan d'intervention adéquat à ces zones et leur mobiliser les moyens nécessaires afin de contrecarrer ce fléau dans l'avenir.

3.2. Matériels utilisés

Pour concrétiser le but fixé ci-dessus, nous avons fait recours aux matériels suivants :

A- Pour réaliser cette étude, nous avons procédé à des sorties sur terrain pour matérialiser et implanter les parcelles (stations) objet de récolte de données liés aux différents paramètres dendrométriques (mesures sur les arbres), écologiques (végétations), topographiques et stationnels (altitudes, expositions, pentes, type de sols).

Ces paramètres ont été mesurés à l'aide du matériel suivant :

-le GPS GARMIN (Global positioning System) pour implanter et matérialiser les stations objet d'étude;



(Cliché personnel , 2017)

-le ruban mètre permettant la délimitation des parcelles (diamètre) ;

-le Blume-Leiss ou le dendromètre Blume-Leiss est un instrument composé d'un boîtier antichoc plat en alliage léger, à double pendules à tiges oscillantes, utilisé pour déterminer rapidement les hauteurs sans avoir à mémoriser les chiffres de base et, cela, en une seule opération. Cet appareil est associé à une règle graduée par 3 échelles ou classes des hauteurs dite mire parlante.



(Cliché personnel , 2017)



(Cliché personnel , 2017)



(Cliché personnel , 2017)

3.3. Méthodologie de diagnostic du risque :

3.2.1. Principes généraux

Le diagnostic du risque repose sur une modélisation empirique du phénomène à partir de connaissances scientifiques et d'observations de terrain relatives aux mécanismes d'éclosion et de propagation des feux, aux réalités de terrain, aux comportements humains et aux pratiques de gestion du risque. Il s'appuie sur une approche qualitative, pragmatique et combinatoire, à base de modèles et de dires d'experts.

Pour évaluer le risque d'incendie de forêts lors de cette étude, on a adopté le modèle mis au point par (Dagorne et *al.* 1993), sur des zones similaires sur le côté nord de la Méditerranée :

$$\mathbf{IR= 5IC+ IM +IH}$$

Où: IC, représente l'indice de combustibilité, IM, l'indice topomorphologique et IH, l'indice d'occupation humaine.

La caractérisation de cet indice est basée sur la variabilité spatiale du risque d'incendie dont la détermination est issue des paramètres physiques intervenant dans le modèle choisi pour notre application.

En effet, une zone dont l'indice de risque, dû aux composantes citées ci-dessus, étant déterminé, l'aspect climatique ne fait que l'accentuer ou l'atténuer (la température, le taux d'humidité et les vents sont des composantes très corrélées).

Ainsi nous avons retenu, pour cette modélisation, les éléments les plus pertinents, le couvert végétal, dont les paramètres descriptifs interviennent dans le calcul de l'indice de combustibilité (IC), le relief représenté par les paramètres topographiques qui interviennent dans le calcul de l'indice topomorphologique (IM), les infrastructures routières et le paramètre anthropique qui sont utilisés pour évaluer l'indice d'occupation humaine (IH).

a) Modèle de l'indice de combustibilité (IC)

Les principaux critères qui interviennent dans l'apparition d'un feu dans un espace végétal, sont la structure spatiale du combustible (recouvrement horizontal et stratification verticale) et la nature des espèces dominantes. Les espèces dominantes qui caractérisent les formations en raison de leur importance constitutive influent sur l'inflammabilité et la combustibilité des peuplements sinistrés (TRABAUD 1980).

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

C'est ainsi qu'un indice d'intensité potentielle du feu (ou indice de combustibilité) a été exprimé par la relation suivante :

$$IC=39+0.23BV \text{ (E-7.18)}$$

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

-‘E’ représente la combustibilité moyenne de chaque type de peuplement. Elle est égale à la somme de la note de combustibilité de l’essence pré dominante du relevé (E_1) et la moyenne des notes de combustibilité des espèces abondantes du relevé (E_2) (**Tab.12**).

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

Dans le cas contraire, il sera d’autant plus élevé que le biovolume sera important.

Tableau 13: Note de combustibilité des principales espèces dominantes de la végétation méditerranéenne (Source Cemagref) (Megrerouche, 2006 ; Belhadj-aissa et al.,2003)

LIGNEUXHAUT			
Arbousier (<i>Arbutus unedo</i>)5	Châtaignier (<i>Castanea Sativa</i>) 5	Cèdre (<i>Cedrusatlantica</i>) 6	Cyprès (<i>Cupressusmacrocarpa</i>) 6
Chênevert (<i>Quercus ilex</i>) 7	Erable (<i>Acer palmatum</i>) 5	Epicéa (<i>Piceaabies</i>) 6	Noisetier (<i>Corylusavellana</i>). 2
Hêtre (<i>Fagussylvatica</i>)2	Peuplier(<i>Populusnigra</i> ,poplar).2	Chêne pubescent (<i>Quercuspubesscens</i>) 5	Pin d'Alep (<i>Pinushalepensis</i>) 7
Ome 2	Pin noir (<i>Pinusnigra</i> Arn.) 7	Douglas(<i>Pseudotsugamenziesii</i>) 6	Pin pignon (<i>Pinuspinia</i>) 7
Pin maritime (<i>Pinuspinaster</i>) 7	Pin de salzman (<i>Pinussalzmanni</i>) 7	Frêne (<i>Fraxinus spp.</i>) 2	Robinier (<i>Robiniapseudoacacia</i>) 2
Pin sylvestre (<i>Pinussylvestris</i>) 7	Saule (<i>Salix alba</i> , Willow). 2	Olivier (<i>Oleaeuropea</i>) 5	Sapin (<i>épicéa</i>) 6
LIGNEUXBAS			
Ajonc épineux (<i>Ulexeuropaeus</i>) 8	Amélanchier (<i>Amelanchierlaevis</i>) 3	Bruyère arborescente (<i>Erica arborea</i>) 8	Bruyère multiflore (<i>Erica multiflora L.</i>) 6
Bruyère cendrée (<i>Erica cinerea L.</i>) 6	Bruyère à balais (<i>Erica scoparia</i>) 7	Buis (<i>Buxussempervirens</i>)5	Canne de Provence (<i>arundo donax</i>) 5
Callune (<i>Calluna vulgaris</i>) 6	Ciste blanc (<i>CISTUS albidus</i>) 6	Ciste à f. de sauge <i>cistus</i> salvifolius) 3	Epine du christ (<i>Paliurus spina-christi</i>) 3
Eglantine (<i>Rosa canina L.</i>) 5	Genet à balais (<i>Cytissuscoparius L.</i>) 5	Genet d'Espagne (<i>Spartiumjunceum</i>)5	Genet purgatif (<i>Cytisuspurgans</i>) 7
Genet scorpion (<i>Genistascorpis</i>). 8	Genévrier commun (<i>Juniperuscommunis</i>) 7	Genévrier oxycèdre (<i>Juniperusoxycydrus</i>) 7	Lavande stéchade (<i>Lavandulastoechas</i>) 5
Lavande à large f. (<i>Lavandulalitifolia.</i>) 5	Chêne kermès (<i>Quercus coccifera</i>) 8	Pistachier lentisque (<i>Pistacialentiscus</i>) 4	Prunellier (<i>Eriogastercatax</i>) 4
Romarin (<i>Rosmarinusofficinalis</i>) 5	Ciste de Montpellier (<i>Cistusmonspeliensis</i>) 3	Ronces (<i>Rubusfruticosus</i>) 6	Staheline (<i>Stahelinadubia</i>) 3
Térébinthe (<i>Pistaciaterebinthus</i>) 4	Filaria (<i>Phillyrealatifolia</i>)5	Thym (<i>Thymus vulgaris</i>) 4	
HERBACEES			
Agrostis 1	Anthyllide (<i>Anthyllis vulneraria</i>) 1	Aphyllanthe (<i>Aphyllanthes</i>) 1	Avoine (<i>Avenasativa,</i>) 1
Brachypode des bois (<i>Brachypodiumsylvaticum</i>)1	Brachypode penné (<i>Brachypodiumpinnatum</i>) 1	Brachypode rameux (<i>Brachypodiumramosum</i>) 1	Brome érigé (<i>Bromus erectus</i>) 1
Canche flexueuse (<i>Deschampsiaflexuosa</i>) 1	Dactyle (<i>Dactylis glomerata</i>) 1	Fétuques (<i>Festuca</i>) 1	Fougère aigle (<i>Pteridiumaquilinum</i>)2
Fromental (<i>Arrhenatherumelatius</i>) 1	Inule visqueuse (<i>Inulaviscosa</i>) 1		

b) Modèle de l'indice topo-morphologique (IM)

Trois paramètres topographiques interviennent : la pente, l'exposition et l'altitude.

Cet indice est exprimé par la relation suivante:

IM = 3 p + (m x e), où :

- p ; présente la pente
- m ; représente le paramètre de topo morphologie
- e ; représente l'exposition.

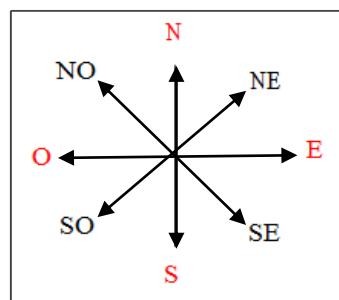
Certaines informations comme celles de la pente, de l'exposition et de la topo-morphologie, nécessitent un codage pour être exploitables dans notre application.

Quatre classes de pentes ont à envisager pour la couche des pentes :

Codes	Classedes pentes	Critères
1	moins de 15%	Zones où les machines agricoles peuvent intervenir.
2	Entre 15 et 30%	Zone où les engins chenillés peuvent travailler.
3	Entre 30 et 60%	Zone qui convien taux engins spécialisés.
4	Plus de 60%	Zone où uniquement l'intervention manuelle est possible.

Quant à l'exposition, elle est déterminée par rapport aux quatre points cardinaux :

Codes	Orientations
1	NE-E-SE
2	SE-S-SO
3	SO-O-NO
4	NO-N-NE



La topomorphologie est en relation directe avec la pente.

Suivant le degré d'inclinaison, on détermine les différentes classes morphologiques.

c) Modèle de l'indice d'occupation humaine (IH)

L'indice d'occupation humaine est exprimé par la combinaison linéaire des deux indices IV et ID, soit: **IH= IV +ID**

Où : -IV: Indice de voisinage; basé sur l'impact anthropique ou la pression humaine sur le proche voisinage forestier sur une profondeur de 100m. Cette pression est exprimée en densité (%). La surface forestière que nous considérons est égale à l'intersection entre la zone d'influence de l'espace urbain et la zone forestière.

ID: exprimé par la densité de l'intersection de la zone d'influence de la forêt et des zones sur baines voisines. Il exprime le degré de présence humaine à l'intérieur ou à proximité de la forêt.

Le processus de calcul de l'indice de risque de feu de forêt est représenté par le diagramme de la (figure12).

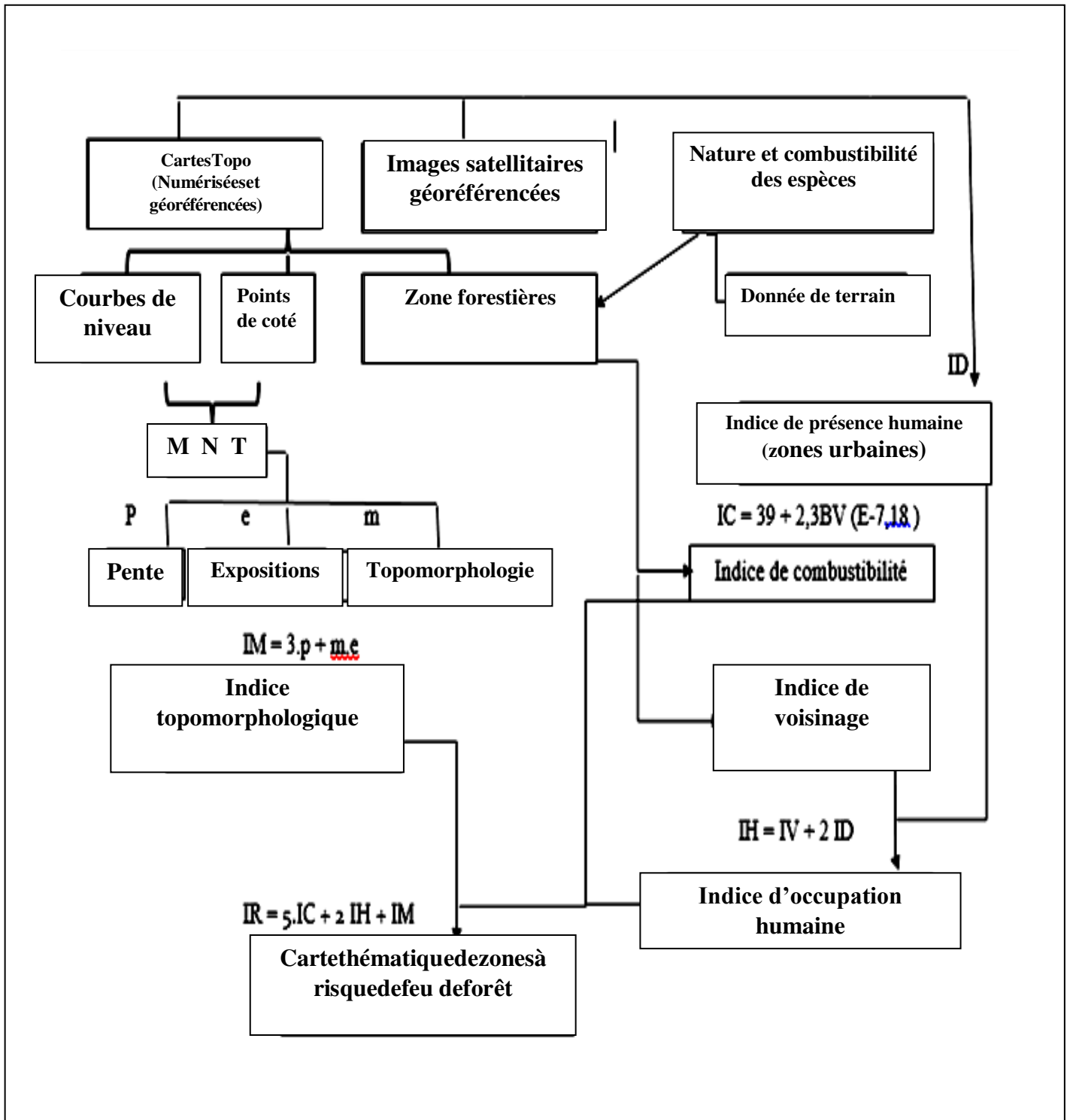


Figure12: Diagramme de procédure de calcul de l'indice de risque de feu de forêt.

3.2.2. Réalisation de la carte de Risque de feu de forêt

En se basant sur le Diagramme énuméré ci-dessus (Figure 13), nous avons procédé, étape par étape, à élaborer la carte de risque de feu de la forêt des Béni-Oudjana (Kef Tgatoust) objet de notre étude en commençant par :

- Le géoréférencement des images satellitaires, les cartes topographiques (au 1/50000) et le schéma (de l'enquête terrain de la forêt de Kef Tgatoust). Ce travail a été effectué à l'aide du logiciel ENVI :

- La réalisation des différentes couches en mode vecteur à l'aide de l'Arcgiset MapInfo pour réaliser la base de données et les différentes couvertures.

- L'élaboration des cartes thématiques des facteurs de risque par la digitalisation des données spatiales et élaboration des bases de données attributaires. Cette étape consiste à intégrer en mode vecteur la variabilité spatiale des différents facteurs (peuplement, topographie, éventuel voisinage et occupations humains). Convertir ensuite les données en mode raster pour appliquer des analyses spatiales et en déduire la topomorphologie.

- Superposition et croisements des cartes thématiques et application des formules de la technique dans le SIG pour faire ressortir les cartes de vulnérabilité avec les statistiques nécessaires pour l'interprétation.

4.1. Introduction

Etant donnée de la superficie moyenne occupée par notre zone d'étude (2 944,50 ha), soit 6,61% de la superficie totale de la forêt des Béni Oudjana (44500 ha), nous avons focalisé notre étude, pour élaborer la carte de risque de feu de forêts, sur trois paramètres ou indices (indice de combustibilité qui est liée à la nature des espèces végétales de la région, indice d'occupation humaine et l'indice topomorphologique).

4.2. Indice de combustibilité 'IC'

A la base de la structure spatiale du combustible (recouvrement horizontal et stratification verticale) et la nature des espèces dominantes, nous avons évalué cet indice en estimant le biovolume (BV) calculé à partir de la couche de l'indice de végétation "NDVI" suivant le taux de recouvrement de chaque strate en additionnant les notes de combustibilité (E1 & E2) extraites des notes d'intensité calorique des espèces présentes établies par le CEMAGREF et à partir de la carte d'occupation du sol.

a) Carte de l'indice de végétation NDVI

Indice de végétation par différence normalisé, appelé aussi NDVI est construit à partir des canaux rouge (R) et proche infrarouge (PIR). L'indice de végétation normalisé met en valeur la différence entre la bande visible du rouge et celle du proche infrarouge

$$\text{NDVI} = (\text{PIR} - \text{R}) / (\text{PIR} + \text{R})$$

Cet indice est sensible à la vigueur et à la quantité de la végétation.

Les valeurs du NDVI sont comprises entre -1 et +1. Les valeurs négatives (-) correspondent aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge.

Pour les sols nus, les infrarouges, les NDVI présentent des valeurs de 0.

b) La carte d'occupation du sol

La carte d'occupation du sol est élaborée à partir du géoréférencement des espèces végétales couvrant la zone d'étude en se basant sur le taux de recouvrement global et par strate (arborée, arbustive, herbacée) tout en précisant les espèces dominantes.

4.2.1. Résultats

Pour élaborer la carte de l'indice de combustibilité IC de notre zone d'étude, nous avons combiné et superposé les deux couches ou cartes de l'NDVI et celle de l'occupation du sol illustrées dans les figures 13 et 14 montrant :

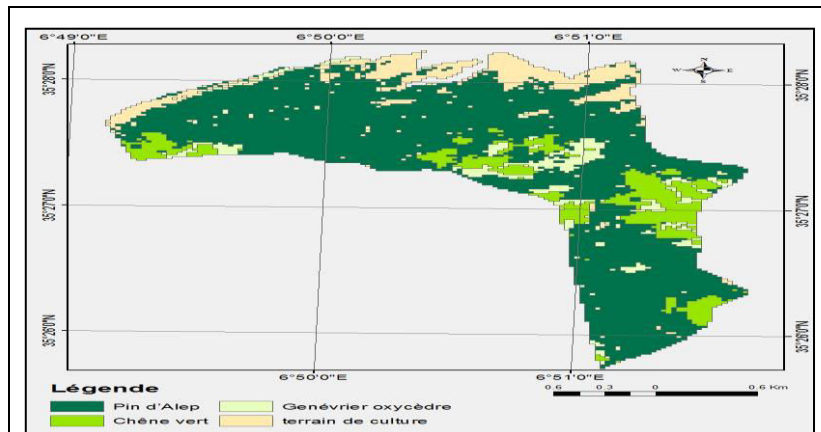


Figure 13: Carte de l'occupation du sol du canton Kef Tgatoust dans la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.

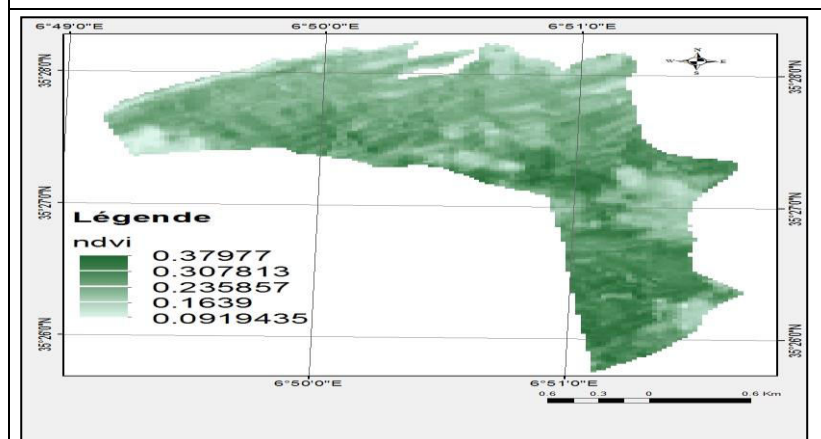


Figure 14: Carte de l'indice de végétation NDVI du canton Kef Tgatoust dans la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.

-L'analyse de la carte d'occupation du sol de la forêt de Kef Tgatoust (figure 13), on dénote que la zone d'étude est dominée à 70% par les formations de pin d'alep, suivies du Chêne vert (15%) et du genévrier oxycèdre et autres formations végétales (8%). Le reste de la surface est occupée par des terrains agricoles (7%).

-L'analyse de la carte élaborée par l'application de l'indice de végétation normalisé NDVI (figure 14), montre clairement que les formations végétales quant à elles, ont des valeurs

NDVI positives généralement comprises entre 0.1 et 0.7. Les valeurs les plus élevées correspondent aux couverts végétaux les plus denses. Cela s'explique par les valeurs de NDVI positives qui rapprochent de 1.

Quant à l'évaluation de l'indice IC, on a fait recours à l'exploitation des données récoltées sur la végétation occupant notre zone d'étude et à l'aide de la combinaison de la couche de l'indice de végétation (NDVI) et la couche de d'occupation du sol, la figure c illustre la carte de l'indice de combustibilité suivante :

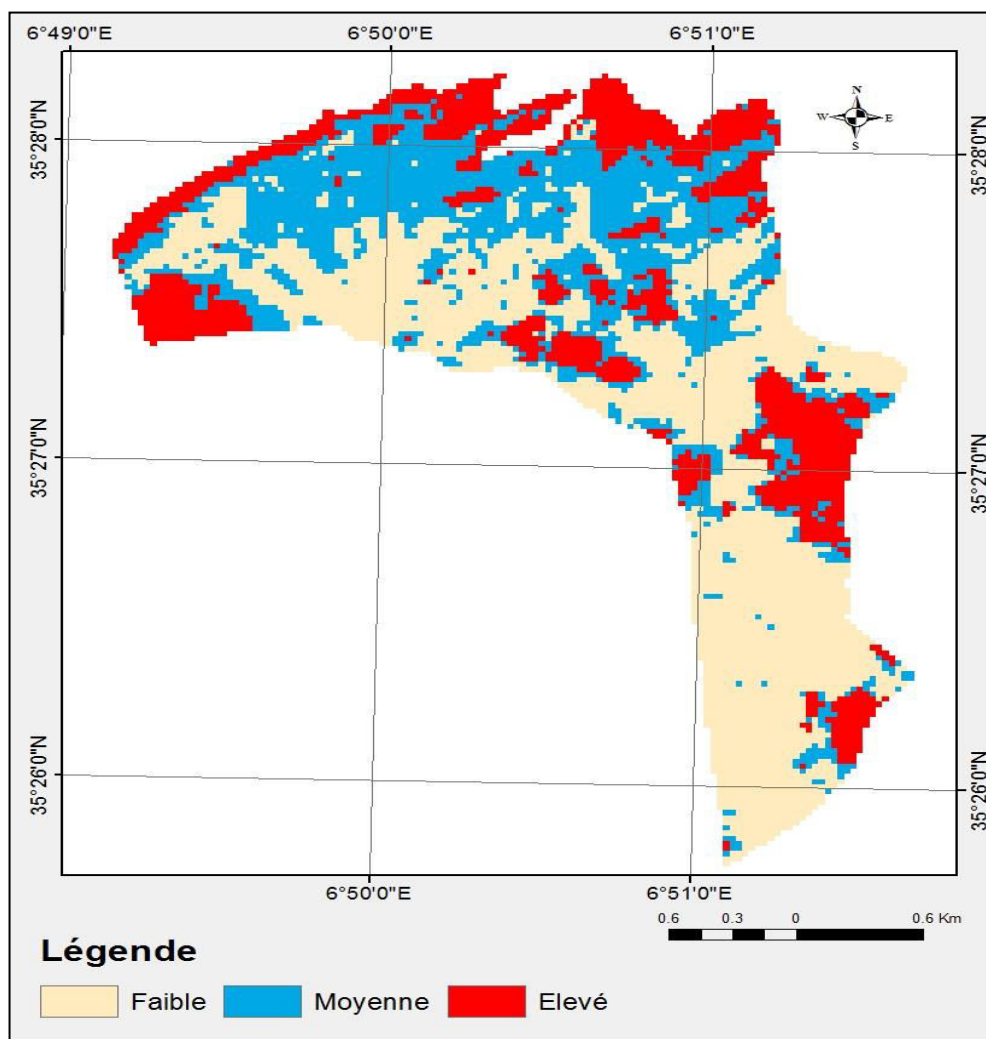


Figure 15: Carte représentant l'indice de combustibilité du canton de Kef Tgatoust (forêt des Béni Oudjana- Khenchela).

Les résultats obtenus sur l'indice de combustibilité selon cette carte sont illustrés dans le tableau ci-dessous (**Tab. 14**) :

Tableau 14 : Taux d'occupation de sol selon l'indice de combustibilité calculé pour le canton de Kef Tgatoust (forêt des Béni Oudjana- Khenchela).

Code	Signification	Pourcentage
1	Faible $IC < 40$	25.98%
2	Moyenne $40 < IC < 50$	69.39%
3	Elevé $50 < IC < 60$	4.63%

4.2.2. Discussion :

Le canton de Kef Tgatoust est occupé par trois classes d'indice de combustibilité avec des pourcentages inégaux, dont la classe d'indice de combustibilité moyenne occupe 69,39% de la superficie totale, suivie de la classe à combustibilité faible de 25,98%. Par contre la classe de l'indice de combustibilité élevée ne représente que 4,63%.

4.2.3. Conclusion

Disons que le canton de Kef Tgatoust, dans sa majorité, est loin d'être exposé au risque de feu de forêts grâceaux taux de combustibilité enregistrés où la quasi-de totalité de la zone d'étude est située dans la classe d'indice de combustibilité moyen à faible.

4.3. Indice topomorphologique 'IM'

Le calcul de cet indice fait appel à l'élaboration de trois cartes des paramètres caractérisant la topomorphologie de notre zone d'étude, à savoir ; la pente, l'exposition et la configuration du relief (topomorphologie).

4.3.1. Résultats :

a) Carte des pentes :

La carte des pente obtenue est représentée par la figure 17:

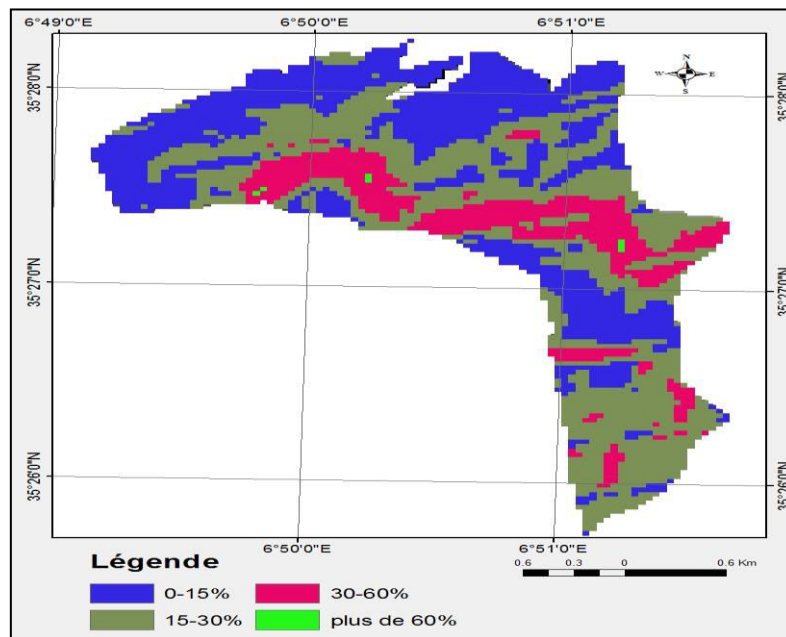


Figure 16 : Carte des pentes de canton Kef Tgatoust dans la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.

La figure ci-dessus explique clairement la répartition de pentes de notre zone d'étude en quatre classes :

- Classe de pente comprise entre 0-15 (pentes faible), représente 70,91% de la superficie totale ;
- Classe où $15 < p < 30$ (pentes moyennes), représente 23% de la superficie totale ;
- Classe où $30\% < p < 60\%$ (pentes fortes)représentant 6.15% de la superficie totale ;
- Classe où $p > 60\%$ (pentes très fortes), cette classe ne représente que 0.067%.

b) Carte de l'exposition

L'exposition «e» traduit la situation du versant par rapport aux vents dominants et a été définies, chaque exposition correspondant à un quartier de 45° centré sur la valeur moyenne de cette exposition :

A l'aide du modèle numérique du terrain (MNT) qui fournit un maillage régulier de l'espace, permet de localiser et répartir le terrain en classes de pentes, de l'exposition et la morphologie.

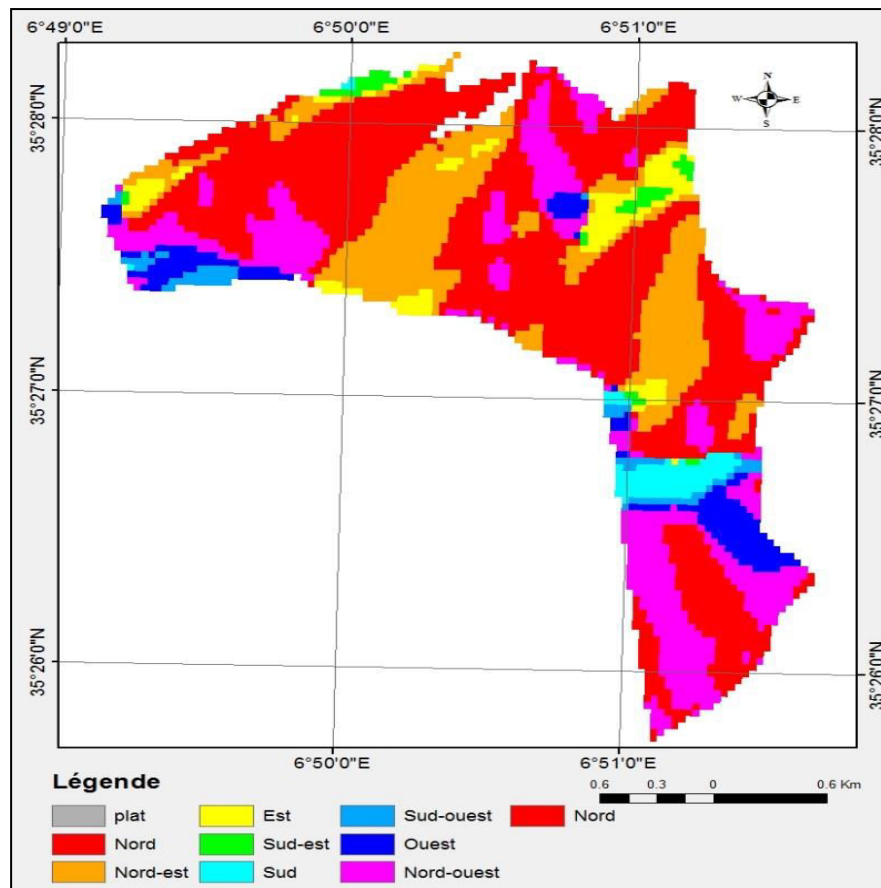


Figure 17 : Carte des expositions de canton Kef Tgatoust dans la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.

L'analyse de la carte de la figure 17 nous montre plus significativement la répartition des expositions caractérisant notre zone d'étude dont les pourcentages sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 15 : Répartition en pourcentage des expositions au niveau de canton Kef Tgatoust dans la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.

Signification	Pourcentage%
N	47
NE	18
E	3,37
SE	1,18
S	2
SO	1,51
O	5,6
NO	21,34

c) Carte de topo morphologie

La position dans le versant ou la topomorphologie «m» pondère l'intensité du feu en fonction de la position sur le relief

-La topomorphologie a été retenue de préférence à l'altimétrie.

L'élaboration de cette carte est faite à l'aide de l'MNT en se basant sur les classes des pentes ci-dessus énumérées. La figure 18 explique bien claire la morphologie de terrain de notre zone d'étude.

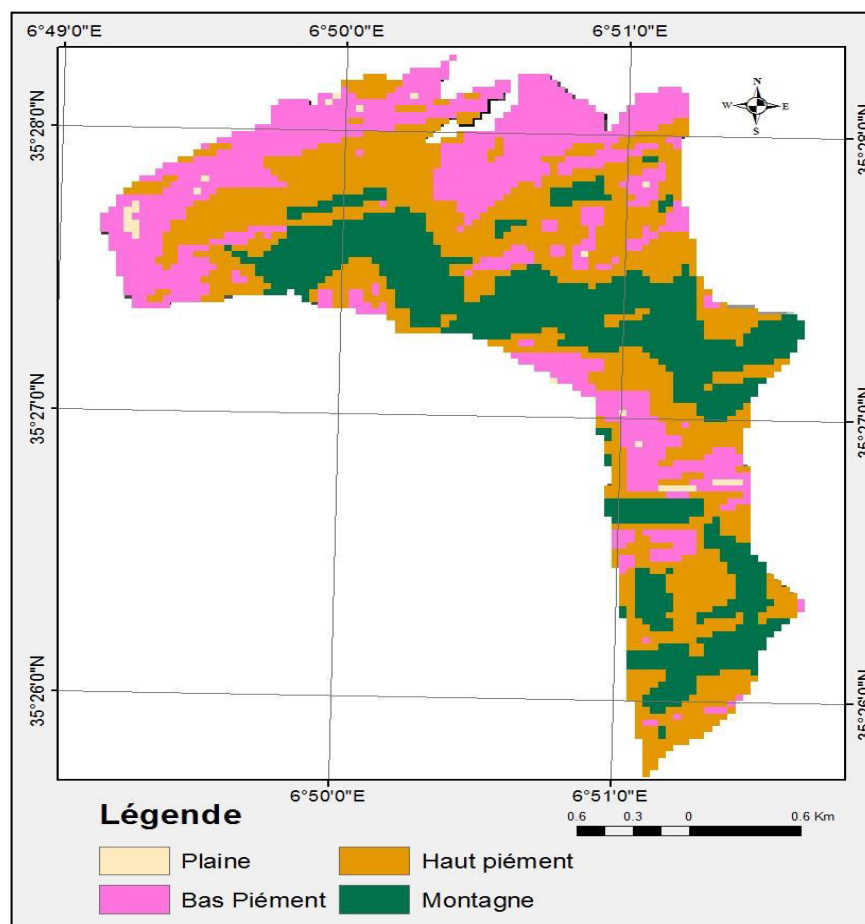


Figure 18 : Carte représentant la morphologie des terrains de canton Kef Tgatoust dans la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.

La carte relative à la topo morphologie (Figure18) définit quatre grands ensembles topomorphologiques dans la zone d'étude, selon les critères de classement identifiés il s'agit de :

Tableau 16: Répartition en pourcentage des terrains de canton Tgatoust selon les types morphologiques (Forêt des Béni Oudjana-Khenchela).

Topomorphologie	Pourcentage%
Plaine	4
Bas piémonts	16
Montagnes	35
Haut-piémonts	45

4. 3.2. Discussion :

a) Carte des pentes :

La classe de pentes faibles sont les plus dominantes, soit 70% du total, suivie de la classe à pentes moyennes (23%). Alors que la classe de très fortes pentes ne représente que 0,067%, ce qui signifie le faible risque de propagation du feu de forêts.

b) Carte de l'exposition :

Le tableau 14 enregistre différentes catégories et classes d'exposition à dominance Nord (47%), Nord-Ouest (21,34%) et Nord-Est (18%). Les autres expositions ne représentent en totalité que 13,66% répartis des expositions Est, Sud-Est, Sud, Sud-Ouest et Ouest.

Par ces classes d'expositions, on constate que la pinède de Béni Oudjana est moins exposée aux vents secs soufflant d'Ouest en Est, ce qui l'épargne du fléau d'incendie.

De même, la pinède est plus arrosée et plus humide grâce au taux d'ensoleillement faible (classes d'exposition à dominance Nord (47%), Nord-Ouest (21,34%) et Nord-Est (18%).

c) Carte morphologique :

La plupart des terrains de la zone d'étude sont situés en haut-piémonts (45%) et en montagnes (35%).

Calcul de l'indice topomorphologique 'IM'

L'indice IM définie par la formule ($IM = 3p + (exm)$) est obtenu par la combinaison des 3 critères (p, e, m). cette combinaison fait appel à la superposition des cartes issues de chaque critère (Figure19).

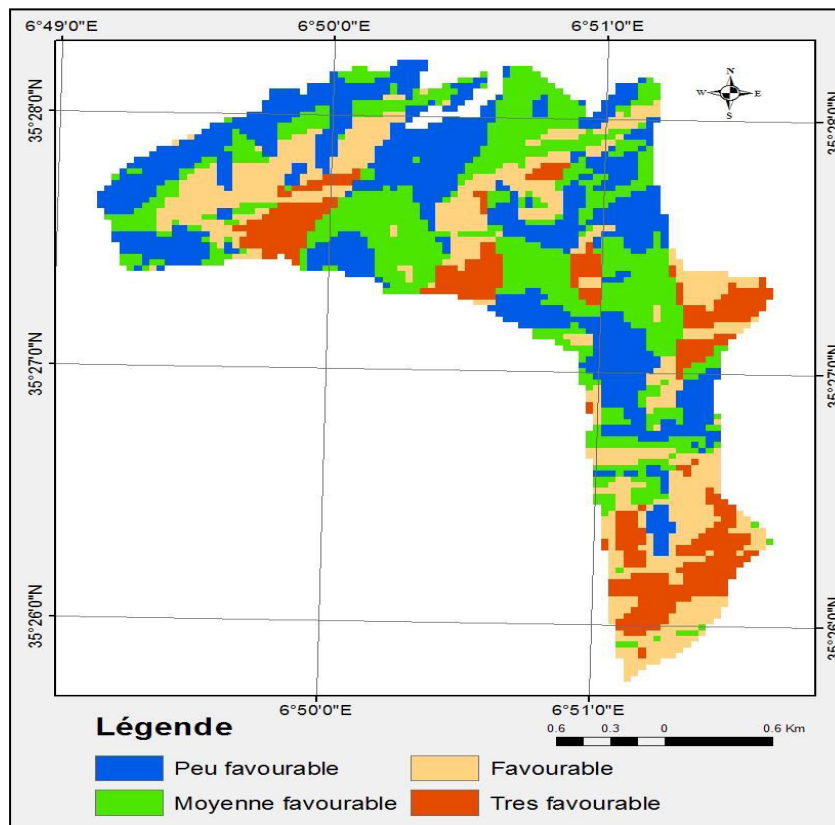


Figure19: Carte de l'indice IM caractérisant Kef Tgatoust de la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.

Les résultats obtenus selon cette carte (Figure19) nous a permet d'obtenir quatre(4)classe topomorphologique récapitulée selon leur importance dans le tableau qui suit (Tableau 17).

Tableau 17 : les classes de l'indice topomorphologique caractérisant Kef Tgatoust de la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.

Code	Signification	Pourcentage
1	Peu favorable IM<9	47.71%
2	Moyenne favorable 9<IM<14	35.16%
3	Favorable 14<IM<19	14.91%
4	Très Favorable IM>19	2.20%

Le tableau ci-dessus montre que :

- 47.71% de la superficie de la forêt de kef tegatoust se trouve dans des conditions topomorphologique peu favorable à l'accentuation de feu

- 35,16% de la superficie de la forêt de la zone d'étude se trouve dans les conditions moyennement favorable au risque incendie ;
- 14.91% représentant la tranche favorable et uniquement 2% dans la gamme très favorable.

4.4. Indice d'occupation humaine 'IH'

L'indice de présence humaine IH nous enseigne sur la fréquentation de la forêt par le facteur humain pour déterminer son implication directe ou indirecte dans le déclenchement du feu de forêts.

4.4.1. Résultats

Par l'exploitation des données récoltées sur terrain et à l'aides des photographies aériennes issues de Googleaerth, nous avons élaboré la carte de présence humaine suivante : (Figure 20).

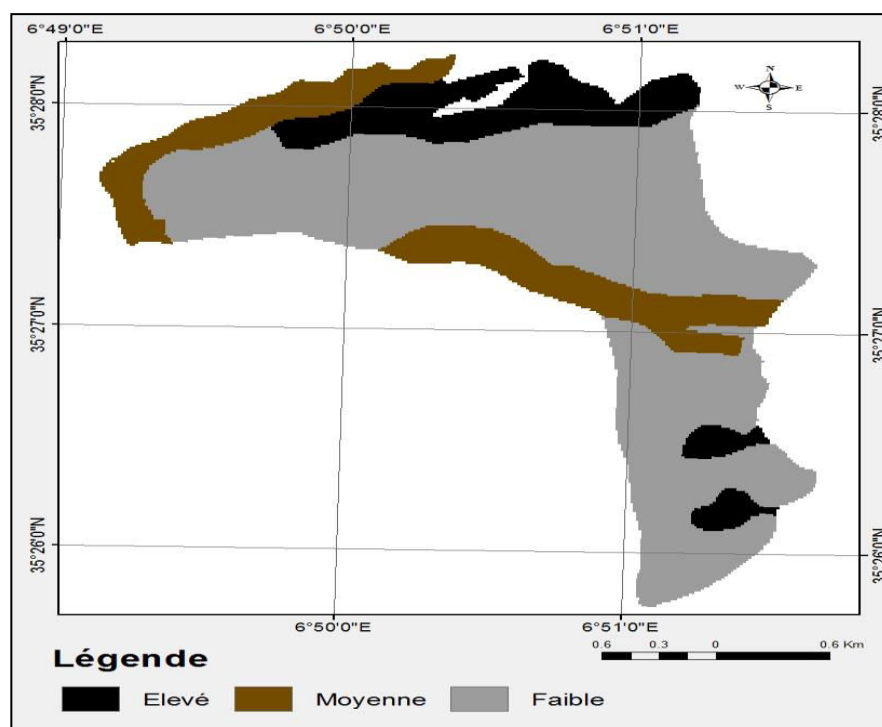


Figure 20 : Carte de l'indice de présence humaine IH caractérisant keftgatoust de la forêt des Béni Oudjana-Khenchela.

L'analyse de la carte relative à l'indice de présence humaine 'IH', on dénote que :

- 80% de la forêt objet d'étude est faiblement habitée l'homme ;
- 12% de la forêt objet d'étude est moyennement habitée ;
- L'occupation humaine ne représente que 8% de la surface totale de la zone d'étude.

4.4.2. Discussion :

Les chiffres obtenus expliquent clairement que la forêt objet d'étude est faiblement habitée par l'homme, sauf quelques agglomérations situées à ses alentours et près des centres urbains.

Cela n'explique jamais la non influence de ces populations sur les ressources naturelles.

4.5. Elaboration de la carte de risque de feu :

Le calcul de l'indice de risque du feu est la résultante de superposition ou croisement entre les couches décrites ci-dessus (couche de l'indice de combustibilité 'IC', la couche de l'indice topomorphologique 'IM' et la couche de l'indice d'occupation humaine 'IH' définis par la formule suivante : $IR=5IC+IM+IH$

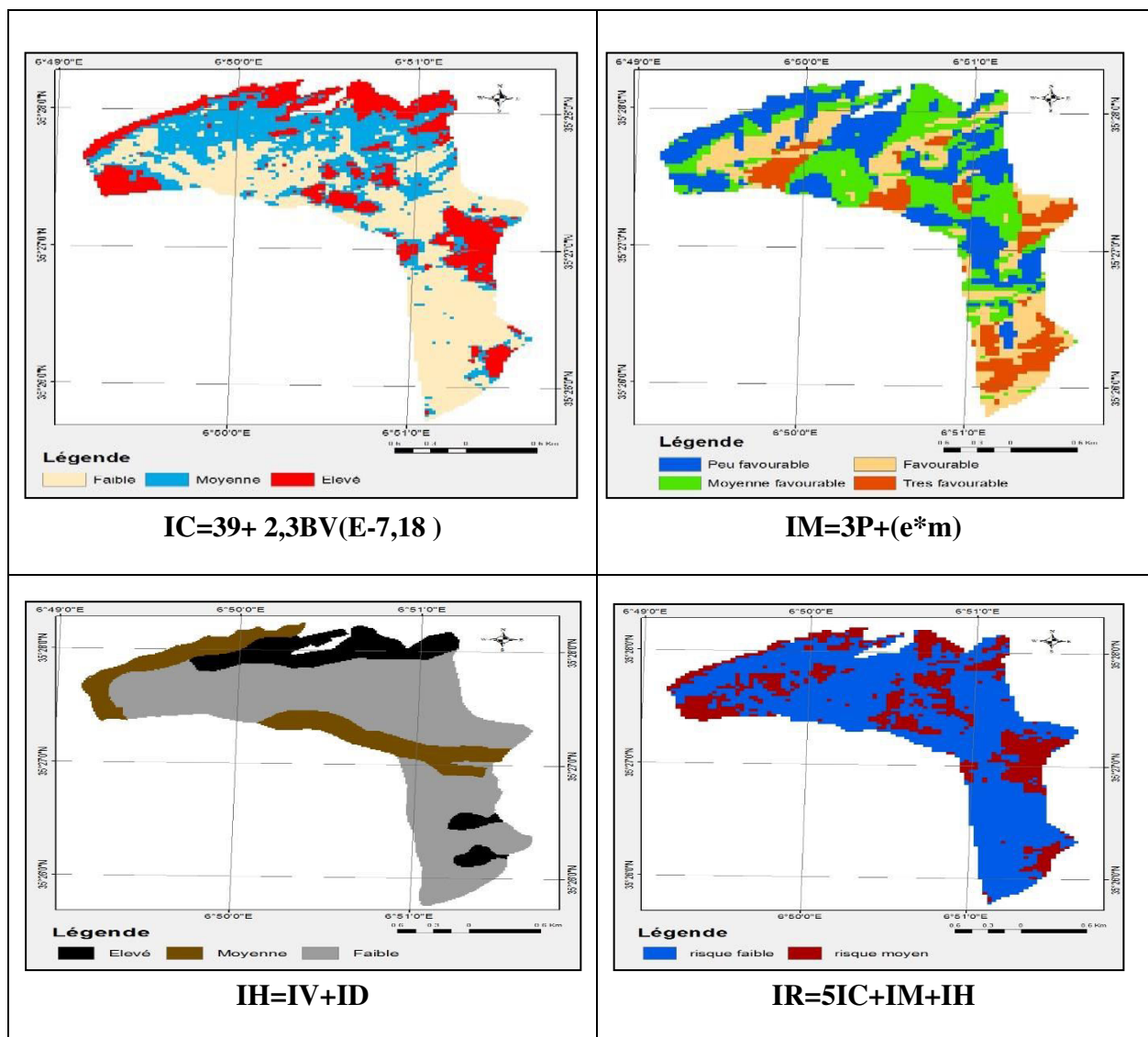


Figure 21 : les cartes de IC, IM, IH, et IR

En application de cette formule, on dénote que la plupart de la superficie de canton keftgatoust se trouve dans un indice de risque faible avec un de plus de 94% le reste soit peine 6%est dans le risque moyen comme le confirme les taux suivants :

Classe de risque faible $IR < 18$ (94%)

Classe de risque moyenne $IR > 18$ (6%)

La forêt du canton keftgatoust au regard des résultats obtenus, malgré la forte présence d'espèce ligneuses. Dans le domaine du risque faible face à l'incendie

Cette conclusion se confirme en exploitant les données statistiques des incendies dans cette forêt.

Les conditions topomorphologiques du foret sont :

Peu favorable (pente faible, L'exposition vers sud-ouest minime) ce qui minimise le risque d'avoir des incendies.

Cette situation peut conforter notre résultat vu le rôle primordiale de la topomorphologie du terrain sur les risques des incendie de forêts.

CONCLUSION

Les incendies de forêts ne peuvent être minimisés qu'à travers la prévention qui repose sur l'évaluation du risque.

L'étude des risques d'incendie au niveau de la forêt à l'aide de l'application de télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG) permet d'établir une carte de risque de feu en superposant plusieurs couches d'informations tirées des cartes.

Dans cette modeste étude, nous avons présenté les méthodes utilisées pour établir une cartographie des zones vulnérables et élaborer une stratégie de prévention en se basant sur une étude scientifique utilisant les nouvelles technologies.

La cartographie du risque incendie pose deux problèmes majeurs :

L'expression des besoins en la matière est souvent confuse et les concepts employés peuvent recouvrir des significations très différentes.

Il ressort cependant que deux types de besoins sont actuellement prépondérants : un besoin lié aux problèmes d'urbanisme en zone à risque et un besoin lié à l'aménagement des forêts contre les incendies. Ces besoins existent à une échelle locale et régionale.

L'actualisation des données : plus les méthodes d'évaluation du risque sont complexes, plus la quantité et la qualité des informations requises augmentent.

C'est pour cette raison que de nombreuses méthodes d'actualisation des cartes utilisées sont étudiées. Ces méthodes vont de la simple visite sur le terrain, à l'utilisation de photos aériennes ou satellitaires. Cependant l'utilisation d'un système SIG global qui peut intégrer des modèles de mise à jour quelque soit le type de changement, devient nécessaire.

L'Algérie rencontre un grand besoin dans l'usage des technologies de l'espace pour la gestion des catastrophes. En effet, la télédétection et le GIS peuvent fournir les renseignements utiles.

Référence bibliographique :

- [1]-**Abdessemed K.,1981** :le cèdre de l'atlas (*cedrusatlantica*Manetti dans le massif de l'aures et du Bélezma ,étude phytosociologique et problème de conservation et d'aménagement.ThèseDoct.Ing Univ.de droit,d'économie et de science,Aix-Marseille,p199.23).
- [2]-**Abdi S-M.,2014** :contribution à l'étude de la gestion des risques d'incendies de forêts dans la wilaya de Tlemcen thèse M2,univ Aboubeker Belkaid-Tlemcen,13-14p.
- [3]-**Aidoud A.,1996** :fonctionnement des écosystèmes méditerranéens. laboratoire d'écologie végétale., université de rennes 1,conférence,3-50p.
- [4]-**Anonyme .,2002** :plan de prévention des risques naturels(PPR).guide méthodologique.documentation française,paris,pp11.ASAL.,actes de l'atelier national Alsacien ,2A utilisateurs 2011,alger,8-9pp.
- [5]-**Aubert G., 1991** : Effets de l'incendie sur les sols forestiers. Symposium « la forêt carbonisée, son présent, son futur ». Revue « les cahiers du conservatoire du littoral » n°2 « forêt méditerranéenne : vivre avec le feu ».
- [6]-**Benbadji N,etBouazza M.,2000** :quelques modifications climatiques intervenues dans le sud ouest de l'Algérie (Algérie occidentale) Rev.Energ.Ren.vol.3,117-125pp.
- [7]-**Blanco J.M., 1989** :La forêt de Sivens : analyse et cartographie des milieux forestiers.
Maîtrise géographie, Biogéographie ; Montagne - Piemont, 121 p.
- [8]-**B.N.E.D.E.R.,2008** :étude d'aménagement et développement forestiers de la forêt domaniale de béni oudjana,wilaya de kenchela .Bureau National d'Etude pour le Développement Rural. Algérie,1-62pp.
- [9]-**Carbonell G., Monet ,JP, Dusserre, G.,2004.,Ammari,2011** :embrasement généralisée claire en feu de forêt le sage lieutenant colonel J.P.Monet.

- [10]-**Carregap.,2010** :le risque d'incendie de forêt en région méditerranéenne.compréhension et évolution,univ de Nice,France,2p.
- [11]-**Belhaji A ,et Smara Y.,2003** :application du SIG et de la télédétection dans la gestion des feux de forêts en algérie.2nd FIG régional conférence,marrakech,maroc,décembre 2-5,2003.article.
- [12]-**Cemagref., 1989** :Le Guide technique du forestier méditerranéen français, chapitre III: protection des forêts contre les incendies. Division technique forestière, Aix- en - Provens (France).
- [13]-**Cemagref., 2008**:amélioration de la connaissance des causes de départ de feu de forêts,16p.
- [14]-**Colin P.Y., Jappiot, M., Mariel, A., Lampin, C., &Veillon, S., 2001** :Protection des forêts contre l'incendie, Edit. FAO/C.E.M.A.G.R.E.F, Cahier FAO Conservation n°36, 149 p.
- [15]- **Conservation des forêts wilaya de khenchela.,2017** :des données sur les incendies à la wilaya de khenchela.
- [16]-**Dagorne A.,etal.,1993**:protection des forêts contre les incendies et système d'information géographique. application à la commune d'autribeau sur siagne(Alpes Maritimes),article.
- [17]-**Dennis R., Meijaard, E., Applegate, G., Nasi R., & Moore P., 2001**:Impact of humancaused fires on biodiversity and ecosystem functioning, and their causes in tropical, temperate and boreal forest biomes. CDB Technical Series n° 5. Convention sur la diversité biologique, Montréal, Canada.
- [18]-**DGF.,2017** :protégeons la forêtalgérienne.Direction générale des forêts.dépliant édité en 2017,algérie.
- [19]-**Djebaili S., (1984)** :Steppe algérienne. Phytosociologie et écologie. Office des Publications Universitaires.
- [20]-**Elhaï H.,1968**:biogéographie.paris.Armand colin,coll.u,406p.

[21]-**Emberger L.,1931** :sur une formule climatique applicable en géographie botanique.comp.Rend Séance Acad.Sci,389-390pp.

[22]- **FAO.,1993** :les incendies de forêt en région méditerranéenne-constitution et utilisation des bases des donnée. Montpellier (France),1-195pp.

[23]-**FAO.,2010**:Global Forest Resource Assessment 2010 –Main report.FAO Forestry papers ,163-430pp.

[24]-**GiglioL.,Van Der Werf,G.R.,Randerson,J.T.,andkasibhatla , P ., 2006** : global estimation of burned area using MODIS active fire observations. atmospheric chemistry and physics,6.957-974pp.

[25]-**HessasN.,2005** :évaluation du risque incendie de forêt.simulation de propagation du feu dans le bassin versant du paillon,Nice,Alpesmaritimes.thèse de Doct en géographie physique,univ Joseph Fourier,52p.

[26]-**Khalid F., 2008** : Contribution à l'élaboration d'un plan de prévention des risques incendies de forêt, cas de la commune de Tlemcen (Nord-Ouest d'Algérie). Mém. Mag. Univ. Abou Baker Belkaid-Tlemcen. 162 p.

[27]-**Mariel A.,1995** :cartographie du niveau de risque d'incendie :exemple du massif des Maures ,cemagref,article.

[28]-**M.E.D.D., 2002** : Les feux de forêt. Dossier d'information, France, 20 p.

[29]-**Meddour S-O.,etDerridj A.,2012** :bilan des feux de forêt en Algérie,analyse spatiotemporelle e cartographie du risque (période 1985-2010).sécheresse 23,(2) ,133-141pp.

[30]-**Meddours-w.,2014** :les feux de forêts en Algérie analyse du risque, étude des causes, évaluation des dispositifs de défense et des politiques de gestion.thèse de Doctorat en science agronomique,univ de Mouloud Mammeritizi ouzo,8-9pp.

[31]-**Megrerouche R.,2006** :sensibilité de la végétation forestière aux incendie.cas de la forêt domaniale de chettabah-Ain Smara, Constantine .mémoire de magister,25p.

[32]-**Menasri A.,2014** : Etude de la diversité floristique des écosystèmes forestières de Béni Melloul (khenchela).Thèse de Magister en agronomie ,univ d'ElTarf,25-34pp.

[33]-**M'hirit O.,1982** :étude écologique et forestière des cédraies du rif marocain.Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de productivité du cèdre (cèdrusatlanticaMantti) .thèse Doct.Es .science ,unive .droitEcon .ECSCi-D'AIX-Marsielle ,436p.

[34]-**NASA–Earth Observatory.,2003**:Global fire Monitoring .<http://earthobservatory.nasa.gov/NaturelHazards/natural-hazards>.

[35]-**Pausas JG, Vallejo VR.,1999**) : The role of fire in European Mediterranean Ecosystems,20p.

[36]-**Quézel P .,1959** :Nouvelle contribution à la flore du tibesti .Bull.Soc.Hist.Nat.Af.du Nord,50p.

[37]-**RamadeF. ,(1984)** :Eléments d'écologie, écologie fondamentale. Auckland, McGraw-Hill, Paris, 397p.

[38]- **Rebai A.,2003** :les incendies de forêt dans la wilaya de Mostaganem en Algérie Etude écologique et propagation d'aménagement thèse Doctuniv Marseille France 130p.

[39]- **Sauvage Ch.,1963** :étage bioclimatiques Atlas du maroc.Notice explicatives de ce peuplement projet Algérie ,15-42p.

[40]- **Seltzer P.,1946** :climat de l'algérie.Trav-Inst-Met.phys .Glo .algerie .carbonnel.

[37]-**Station météorologique de fommelguiskais ,khenchela** :données climatiques période 1995-2015.

[38]-**Trabaud L., 1970** :Le comportement du feu dans les incendies de forêts. Extrait de la revue technique du feu. N° 103,15p.

[39]-TrabaudL., 1979 : Etude du comportement du feu dans la garigue de chêne kermès à partir des températures et des vitesses de propagations. Ann. SCI. For, 13-38pp.

[40]-TrabaudL., 1980 :Impact biologique et écologique des feux de végétations sur l'organisation, la structure et l'évolution de la végétation des garrigues de Bas-Languedoc. thèse doctorat état sciences, Univ. Scie. Tch. du Languedoc, Montpellier, 288p.

[41]- WiedinmyerC., and NeffJ.C., 2007: estimate of CO₂ from fire in the united states: implication for carbon management .carbon balance and management 2007, 2:10. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2203970/pdf/1750-0680-2-10.pdf>.

الغابة الجزائرية مثل جميع غابات منطقة البحر الأبيض المتوسط، تتعرض لعدة اعتداءات ذات صلة بالنشاط البشري أو التغيرات المناخية كالرياح ومن هذه المشاكل حرائق الغابات التي تسبب أضرار وخيمة، وإتلاف آلاف الهكتارات من المساحات الغابية سنويا . ومن الطرق الكلاسيكية المستخدمة في الجزائر للوقاية من الحرائق والسيطرة عليها لا تزال في ضوء تعقيد مع تنوع النظم الايكولوجية للغابات والعمل في هذا المجال حقل يستند إلى الإشعار عن بعد بواسطة نظام المعلومات الجغرافي (SIG) وذلك لكفاءته وسرعته في تطوير الخرائط وتقييم مخاطر حرائق الغابات، وذلك بفضل التحليل الموضوعي للصور القمرية وهي طريقة متطورة لإدراج الحرائق. إذ نجد أن غابة بني اوجانة شملت ثلاث مؤشرات تؤثر على سلوك النار شكل التضاريس والعامل البشري. **كلمات مفتاحية:** حريق الغابات، غابة بني اوجانة، خنشلة، الجزائر، نظام المعلومات الجغرافية، خطر الحرائق.

Résumé :

La forêt algérienne comme toutes les forêts de la région méditerranéenne, est soumise à des agressions multiples d'origine tant climatique qu'anthropique. Parmi toutes ces agressions, c'est les incendies qui causent le plus de dégâts car ils détruisent annuellement des superficies appréciables.

Les méthodes classiques généralement utilisées en Algérie pour la prévention et la lutte contre les incendies demandent du temps et ne sont toujours fiables au vu la complexité et la diversité des écosystèmes forestiers. Des travaux dans ce domaine reposant sur la télédétection et les S.I.G ont montré leur efficacité et leur rapidité en matière d'élaboration de cartes d'évaluation du risque incendie en zone forestière grâce à l'analyse thématique des images satellitaires.

La mise au point d'une méthode pour l'élaboration d'une carte de risque d'incendie de la forêt de beni oudjana khenchela a fait intervenir trois paramètres influant sur le comportement du feu : la topomorphologie du terrain, le combustible et l'activité humaine.

Mots clés : feu de forets, Béni Oudjana, Khenchela, Algérie, SIG, Risque de feu.

Abstract :

The Algerian forest like all the forests of the Mediterranean region is forwarded to multiple aggressions of origin as well climatic as anthropic. Among all these aggressions, in fact the fire cause the most damage because they destroy appreciable surfaces annually.

The common methods generally used in Algeria for the prevention and the fire control take time and are not always reliable with considering the complexity and the diversity of the forest ecosystems. Work in this field resting on remote sensing and the S.I.G showed their effectiveness and their speed as regards development of cards of estimate of the risk sets fire to in forest zone thanks to the analysis set of themes of the satellite images.

The troubleshoot of a method for the development of a card of fire hazard of the forest of beni oudjana khenchela utilized three parameters influencing the behavior of fire: topomorphology of the ground, the fuel and the human activity.

Key words : forest fire, Beni Oudjana, Khenchela, Algeria, GIS, Fire risk.