

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université « Dr. Tahar Moulay » Saïda
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire Elaboré en vue de l'obtention du diplôme de Master
Spécialité : Protection des écosystèmes

Présenté par
M^{elle} : HABIBECHE Amira
M^{elle} : SAHRAOUI Fatima Zohra

Sur le thème intitulé

**Evaluation et cartographie du risque
d'incendie de forêt à l'aide d'un SIG Cas de
la Forêt de Zakour w de Mascara, Algérie**

Soutenu le . . / .. / 2020

Devant la commission de jury, composée de :

Mr. Ammam Abdelkader	M.C.A	U T. M. de Saïda	Président
Mr SAIDI. Abdelmoumen	M.C.B	U T. M. de Saïda	Examineur
Mr ANTEUR. Djamel	M.C.B	U T. M. de Saïda	Encadreur

Année universitaire 2019 / 2020

Remerciement

Avant tout, nous remercions en premier lieu Allah le tout puissant de nous avoir illuminée ouvert les voies du savoir, et pour nous avoir accordé la volonté et le courage pour élaborer ce travail.

Au terme de ce modeste travail nous tenons tout particulièrement à témoigner notre profondes gratitude à notre encadreur Mr **ANTEUR Djamel**, maitre de conférence à l'université Dr Moulay Tahar de Saida qui a suivi et dirigé ce travail avec un enthousiasme toujours égale, ses précieux commentaires, et ses conseils pertinents nous ont grandement aidé tout au long des différentes étapes de l'élaboration de ce mémoire. Nos remerciements pour sa gentillesse, sa patience, la disponibilité constante qu'il a manifestée, le soutien qu'il nous a apporté, la confiance qu'il nous témoignée, afin de mener à terme ce mémoire.

Mes remerciements vont ensuite à Mr **Ammam Abdelkader**, maitre de conférence à l'université Dr Moulay Tahar de Saida de l'honneur qui m'a fait en acceptant de présider le jury de mon mémoire.

Je tiens également mes vifs remerciements à Mr **Saidi Abdelmoumen**, Maitre de conférences à l'université Dr Moulay Tahar de Saida l'honneur qu'il nous a fait en acceptant d'examiner ce mémoire.

Nos remerciements vont aussi à l'ensemble des travailleurs de la Conservation des forêts de Mascara,

Nos remerciements vont en fin à tous les enseignants de la faculté des sciences, département de biologie qui ont contribué à notre formation ainsi que toute personne qui a contribué à l'élaboration de ce travail de près ou de loin.

Un merci spécial pour nos collègues et amis, qui ont contribué par leur soutien et amitié,

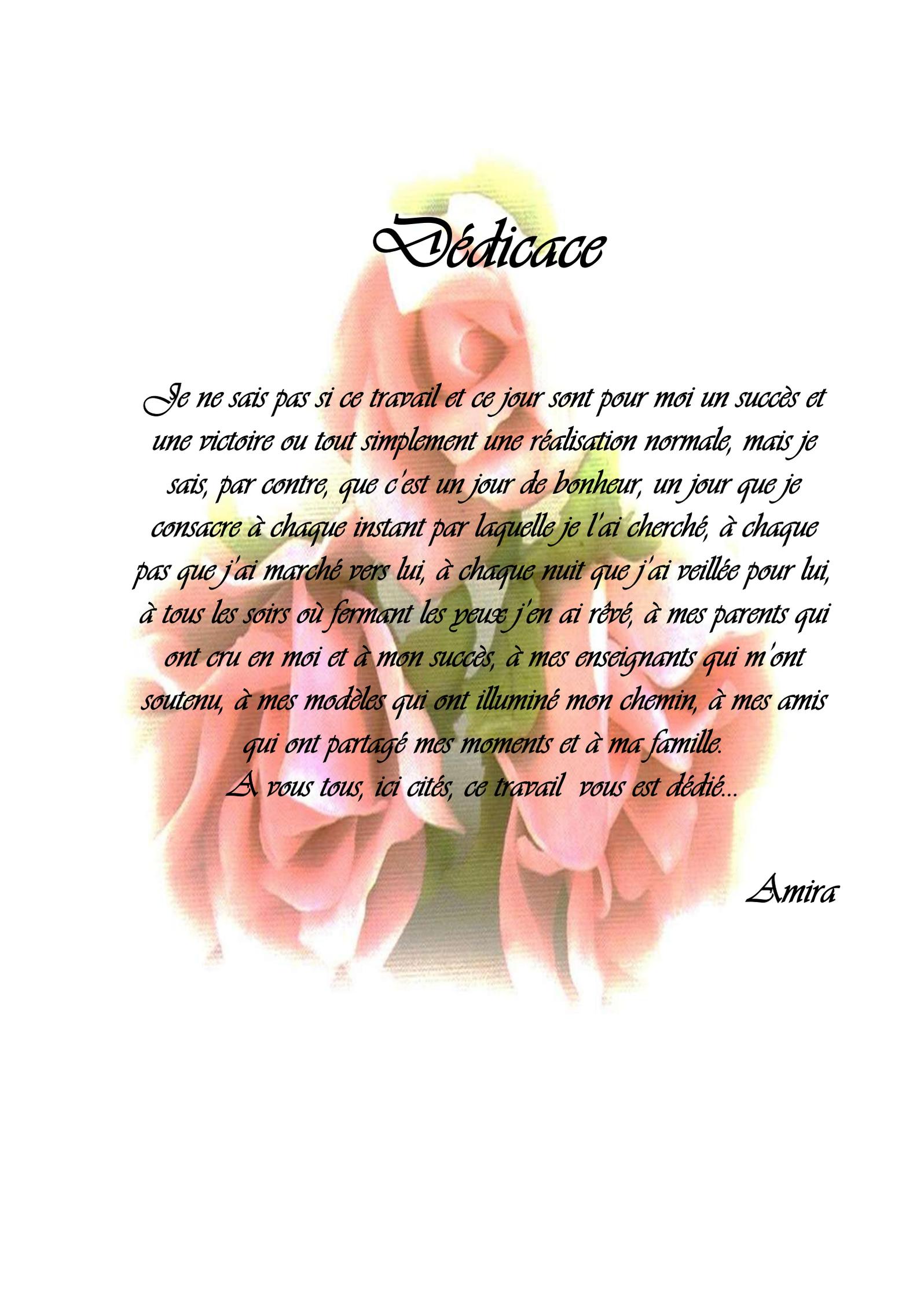
chacun à sa façon, à la progression de notre travail



Dédicace

Je dédie mon travail à mon père, ma mère et mes frères Sid Ahmed et Abd Elillah qui fait des sacrifices et crus en moi tout au long de mon parcours scolaire, à ma sœur et ses enfants qui n'ont cessé de prier pour moi, à mes enseignants qui m'ont aidée dans mon projet et mes amis qui m'ont soutenue.

Je vous remercie tous



Dédicace

*Je ne sais pas si ce travail et ce jour sont pour moi un succès et une victoire ou tout simplement une réalisation normale, mais je sais, par contre, que c'est un jour de bonheur, un jour que je consacre à chaque instant par laquelle je l'ai cherché, à chaque pas que j'ai marché vers lui, à chaque nuit que j'ai veillée pour lui, à tous les soirs où fermant les yeux j'en ai rêvé, à mes parents qui ont cru en moi et à mon succès, à mes enseignants qui m'ont soutenu, à mes modèles qui ont illuminé mon chemin, à mes amis qui ont partagé mes moments et à ma famille.
A vous tous, ici cités, ce travail vous est dédié...*

Amira

Tables des matières

Remerciement	
Dédicace	
Liste des Figure	
Liste des Tableaux	
Liste des Photos	
Introduction Générale	01

CHAPITRE I : Les forêts Algériennes

I. Les forêts Algériennes	03
1. Structure et composition de la forêt algérienne	04
1.1. Caractéristiques générales	04
1.2- Description de la forêt algérienne	05
1.2.1. Superficie forestière	05
1.2.2. Description de la forêt par essence	07
1.2.2.1. Forêt de pin d'Alep	07
1.2.2.2. Forêt de Chêne liège	08
1.2.2.3. Forêts de chênes à feuilles caduques	09
1.2.2.4. Le Chêne vert	10
1.2.2.5. Le Pin maritime	10
1.2.2.6. Le Thuya	10
1.2.2.7. Le genévrier	11
1.3. Le rôle de la forêt	11
1.3.1. La Fonction de production	11
- Le liège	11
- Le bois	12
1.3.2. La fonction sociale	12
-Le pâturage	12.
1.4. Les reboisements	13
Conclusion	14

CHAPITRE II : Les incendies des forêts

II. Généralité sur l'incendie de forêt	15
II.1. Les incendies des forêts	15
Définitions	15
Une source de chaleur (flamme)	16
Un apport d'oxygène	16
Combustible (végétation)	16
Les différents types de feu	16
➤ Les feux de sol	16
➤ Les feux de surface	16
➤ Les feux de cimes	16
II.2. Causes des incendies	17
II.2.1. Causes involontaires.....	17
II.2.2. Cause volontaires	18
II.3. La propagation d'incendie.....	18
II.3.1. Le mécanisme de propagation.....	18
▪ La conduction	19
▪ Le rayonnement thermique	19
▪ La convection	19
II.4. Conséquence de l'incendie	19
II.5. Facteurs favorables aux incendies de forêts en région méditerranéen	19
II.5.1. Les facteurs climatiques	20
II.5.2. Les facteurs topographiques	21
II.5.3. Les combustibles végétaux	21
II.5.4. Les facteurs socio-économiques	21
II.6. Risque d'incendie	22
II.6.1. Risque lié à l'homme	22
II.6.2. Risque lié à la météorologie.....	23
a. La température	23
b. vent.....	24

c. L'humidité relative	24
d. Précipitations	24
e. Stabilité De l 'air	25
II.6.3. Risque lié à la topographie	25
a. Inclinaison du terrain.	25
b. Exposition des pentes au soleil et auvent	25
c. Elévation du terrain	25
II.6.4. Risque lié à la végétatiou au combustible	26
a. Nature des combustibles	26
b. La grosseur des combustibles	26
c. Disposition des combustibles.....	26
<i>Recouvrement horizontale</i>	26
<i>Stratification verticale</i>	27
d. Quantité de combustible	27
e. Distribution des combustibles	27
f. Teneur en humidité	27
II.7. Méthodes d'évaluation du risque incendie.....	27
II.7.1. La méthode canadienne: méthode canadienne d'évaluation des dangers de forêt.....	28
• Système IFM = indice forêt - météo	28
• Système PCI = méthode de prévision du comportement des incendies	28
• Système POI = méthode de prévision des occurrences des incendies	28
• Système de l'humidité des combustibles secondaires.....	28
II.7.2. Méthode Française =méthode de détermination du risque de feu de forêt grâce au SIG	28
II.7.3. Méthode Espagnole = Système intégré pour la détermination du danger d'incendie de forêt	29
II.7.4. La Méthode turque	29
II.8. Les incendie des forêts dans le bassin méditerranéen	29
II.9. Les incendie des forêts en Algérie.....	30

CHAPITRE III : Les Systèmes d'Informations Géographiques

Les Systèmes d'Informations Géographiques	33
Introduction	33
III.1. Que recouvre un système d'information géographique	33
III.2. Définition d'un système d'infomation géographique	33
III.3. Les domaines d'applications des SIG	34
III.4. Les composantes d'un SIG	34
III.4.1. Le Matériel	34
III.4.2. Les Logiciels	34
- SIG généralistes	34
- Traitement d'Images	34
- Serveur de données	35
- Traducteur et changement de formats	35
- SIG de bureau (Desktop GIS)	35
- Logiciels de géostatistique	35
III.4.3. Les Données	35
III.4.4. Les Personnes	35
III.4.5. Les méthodes	35
III.5. Le fonctionnement des SIG	35
L'acquisition des données... ..	35
Le stockage et gestion des données	35
La manipulation et l'analyse des données	35
L'affichage et restitution des données	35
III.6. Les données dans un SIG	37
Les données spatiales	37
Les données attributaires (ou données descriptives)	37
III.7. Données spatiales	37
III.8. Les modèles de données spatiales dans un SIG	37
III.8.1. Format de données vecteur	38

III.8.2. Formats des données raster	39
III.8.3. Approche image ou objet	39
Conclusion	41

CHAPITRE IV: Présentation de la zone d'étude

IV. Présentation de la zone d'étude	42
IV.1. Présentation de la forêt de zakour	42
IV.1.1. Situation géographique de la zone d'étude	42
IV.1.2. Cadre géomorphologique	43
IV.1.2.1. L'Altitude.....	43
IV.1.2.2. La Pente	44
IV.1.2.3. Exposition	45
IV.1.2.4. La géologie	46
IV.1.3. Cadre socioéconomique.	47
IV.1.4. <i>Occupation du sol.</i>	47
IV.2. Etude du climat	48
Méthodologie	48
IV.2.1. Pluviométrie de la station de Mascara	49
IV.2.2. Températures de la station de Mascara	50
IV.2.3. Les gelées.....	53
IV.2.4. Neige	53
IV.2.5. Vents	53
IV.2.6. Pluviométrie de la zone d'étude	53
IV.2.7. Température de la zone d'étude	54
IV.2.8. Etage bioclimatique de la zone d'étude	56
Conclusion	58

CHAPITRE V: Matériels et méthode

V.1.2. Les données satellitaires	59
V.1.1. Les cartes	59
V.1. Matériels utilisés	59
V. Matériels et méthode.....	59

V.1.3. Model Numérique de Terrain	60
V.2. Matériel utilisé sur terrain	60
V.2.1. Logiciels utilisée	61
ENVI version 5.3	61
ARCGIS 10.3	61
V.3. Approches méthodologiques	62
V.4. Reconnaissance terrain	64

CHAPITRE VI: Résultats et discussion

VI. Résultats et discussion	65
Cartographie des risques individuels	65
VI.1. Le risque végétation... ..	65
VI.2. Le risque topographique	68
VI.2.1. La pente	69
VI.2.2. L'exposition	70
VI.2.3. Altitude.....	71
VI.3. Le risque anthropique	72
VI.3.1. <i>Distance des voiries</i>	73
VI.3.2. Distance des maisons	76
VI.3.3. <i>Distance des agglomérations</i>	77
VI.4. Application du modèle	79
Conclusion générale	81

LA LISTE DES FIGURES:

Figure n°1 : Carte de répartition des forêts Algérienne	07
Figure n°2 : Triangle du feu	15
Figure n°3 : Types d'incendies de forêt	17
Figure n°4 : Mécanisme de propagation d'un feu de forêt	18
Figure n°5 : Le Degrés de gravités des incendies de forêt méditerranéenne ...	30
Figure n° 6 : Evolution annuelle des superficies parcourues par les incendies (1963-2009)	31
Figure n°7 : Formation végétale des incendies de forêt en Algérie (1985-2006)	32
Figure n°8 : Fonctionnalité d'un SIG	36
Figure n° 9 : Modes de représentation	38
Figure n°10 : Localisation géographique de la forêt de Zakour (Mamounia-Mascara)	42
Figure n°11 : Le modèle numérique de terrain de la forêt de Zakour	43
Figure n°12 : Carte hypsométrique de la forêt de Zakour	44
Figure n°13 : La répartition des classes des pentes de la forêt de Zakour	45
Figure n°14 : La carte d'expositions de la forêt de Zakour	46
Figure n°15 : La carte géologique de la forêt de Zakour	46
Figure n°16 : La composition colorée de l'image Sentinel-2; 2020).	47
Figure n°17 : La carte d'expositions de la forêt de Zakour	48
Figure n°18 : La pluviométrie moyenne sur 10 ans.	50
Figure n°19 : Les températures sur dix (10) ans.	50
Figure n°20 : Amplitude thermique	52
Figure n°21 : Histogramme de la pluviométrie moyenne du point haut et bas de la zone d'étude sur 10 ans	54
Figure n° 22 : Diagramme ombrothermique du point haut.....	55
Figure n° 23 : Diagramme ombrothermique du point bas	56
Figure n° 24 : Etage bioclimatique de la zone d'étude	57

Figure n°25 : Risque à l'incendie de la forêt	62
Figure n°26 : carte de localisation des relevés floristique.....	64
Figure n°27 : Carte de végétation de la zone d'étude	66
Figure n°28 : Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la végétation	67
Figure n°29 Carte en trois dimensions du MNT de la zone d'étude	68
Figure n°30 : Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la pente	69
Figure n°31 : Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur l'exposition	70
Figure n°32 : Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur l'Altitude .	71
Figure n°33 : Carte de facteur indicateur de la présence humaine	72.
Figure n°34 : Carte des infrastructures Routiers	73
Figure n°35 : Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la distance des voiries	74
Figure n°36 : Carte des maisons	75
Figure n°37 : Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la distance des maisons	76
Figure n°38 : Carte des agglomérations	77
Figure n°39 : Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la distance des agglomérations	78
Figure n°40 : Carte des risques de feux de forêt de la zone d'étude	79

LA LISTE DES TABLEAUX:

Tableau n°1: Répartition générale des terres en Algérie Septentrionale.....	06
Tableau n°2: Influence des facteurs climatiques sur les conditions de feu.....	20
Tableau n°3: Poids de chaque composant dans la structure des méthodes globales.....	29
Tableau n°4: Comparaison entre les deux modes de données.....	41
Tableau n°5: La pluviométrie sur une période de dix (10) ans	49
Tableau n°6: Les températures minimales et maximales durant 03 ans (Station météorologique de Mascara)	51
Tableau n°7: La pluviométrie moyenne du point haut et point bas de la zone d'étude sur 10 an	53
Tableau n°8: Température Min et Max du point haut de la zone d'étude.....	54
Tableau n°9: Température Min et Max du point bas de la zone d'étude	55
Tableau n°10: : Caractéristiques des bandes spectrales Sentinel-2A et date d'acquisition des bandes utilisées	58
Tableau n°11: : Les paramètres et leurs poids dans la détermination du risque d'incendie....	62
Tableau n°12: <i>Le nouveau seuillage adopté pour le parameter « Végétation »</i>	65
Tableau n°13 : <i>Le nouveau seuillage adopté pour le parameter « Pente »</i>	68
Tableau n°14: <i>Le nouveau seuillage adopté pour le parameter « Exposition »</i>	69
Tableau n°15: <i>Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Altitude »</i>	70
Tableau n°16: <i>Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Distance des voiries »</i>	72
Tableau n°17: <i>Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Distance des maisons (m) »</i>	74
Tableau n°18: <i>Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Distance des agglomérations (m) »</i>	76

La liste des photos:

Photo n°1 : foret de pin d'Alep 16/04/2020 Mamounia, Mascara	08
Photo n°2 : foret de chêne liège 16/11/2020 Nesmoth, Mascara	09
Photo n°3 : foret de Thuya 23/04/2017 Fergoug, Mascara	11
Photo n°4 : Formation vegetal de Chêne vert date 10/12/2019	66
Photo n°5 : Formation vegetal pin d'Alep date 10/12/2019	66
Photo n°6 : Formation vegetal de palmier naine date 10/12/2019	67
Photo n°7 : Formation vegetal de calicotome date 10/12/2019	67
Photo n°8 : Piste. Date10/12/2019	73
Photo n°9 : Route national N° 7. Date 10/12/2019	73
Photo n°10 : Ferme, date 18/01/2020.....	75
Photo n°11 : Tissu urbain de la Commune de Mamounia, date 18/01/2020.....	77
Photo n°12	78
Photo n°13	78



Introduction

générale

Introduction générale

La forêt méditerranéenne couvre environ 85 millions d'hectares en 2010 soit 2% de la surface forestière mondiale (**FAO, 2013**). Pour le Bassin Méditerranéen, les incendies de forêts constituent une menace permanente principale de la destruction des forêts surtout en période estivale ; plus de 55 000 incendies parcourent en moyenne chaque année ravagent de 700.000 ha à 1 million d'ha de forêt méditerranéenne, causant des dommages écologiques et économiques énormes, ainsi que des pertes de vies humaine. Les incendies de forêt constituent un phénomène chronique dans le bassin méditerranéen dont l'intensité semble croissante.

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

À l'échelle locale au niveau de la wilaya de Mascara, le patrimoine forestier est actuellement fragilisé par un grand nombre de facteurs naturels et humains mais les incendies restent le principal risque le plus dévastateur et ravageur de la forêt, car les superficies incendiées observés sur le terrain montrent que la couverture forestière restante risque de disparaître s'il n'y a pas de mesure de protection appropriée. Cette zone est touchée par une superficie de 38 ha brûlées par le feu, dont 10,50 ha de forêts, 16,5 ha de maquis (**CF MASCARA, 2019**).

On ci concerne la zone d'étude « la forêt de Zakour » : est considérée comme le poumon de la ville de Mascara, d'une grande importance écologique et socioéconomique s'étendant sur une superficie de 126,8 ha, se trouve confrontée à une menace sérieuse de feu (**ANTEUR ET AL., 2020**).

Les SIG (système d'Information Géographique) permettent de déterminer les meilleures positions des tours de guet, d'où l'on peut voir le maximum de territoire en vue directe. Pour leur implantation, les tours doivent couvrir la plus grande surface possible des forêts et englober les zones où le risque d'éclosion du feu est élevé. La position d'un poste de vigie sur un point culminant ou le sommet d'une colline est préférée pour une efficacité satisfaisante (**RAMAT ET AL., 2009**)

Notre étude a pour objectif la création d'une base de données multisources liée par le phénomène d'incendie de forêt et intégrée ces derniers dans un système d'information pour la réalisation d'une carte de risque de feu de forêt.

Notre travail se structure en deux parties, une bibliographique et l'autre

Expérimentale, la première est subdivisée en trois chapitres :

Chapitre I : Forêt Algérienne ; **Chapitre II** : Incendie de forêts ; **Chapitre III** : Système d'information géographique

La seconde partie comprend :

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude, dans laquelle nous avons fait la description de la forêt de Zakour et une synthèse climatique des paramètres météorologiques;

Chapitre IV : Présente la description de la méthodologie adoptée pour la réalisation de ce travail;

Chapitre V : Regroupe les différents résultats obtenus, leurs interprétations et discussion.

En fin une conclusion générale



CHAPITRE I :

Les forêts Algériennes

I- Les forêts Algériennes:

L'Algérie fait partie intégrante du bassin méditerranéen, l'un des berceaux des plus anciennes civilisations au monde et l'une des régions où les ressources naturelles (faune, sol, végétation) ont fait l'objet de sollicitations précoces.

Ce qui n'a pas été sans répercussions sur leur bon état et leur pérennité. Comme dans toute la région méditerranéenne, l'Algérie a connu des agressions humaines contre son milieu naturel et par conséquent une destruction de la flore et de la faune.

" Situées dans une zone où l'impact humain s'est poursuivi, les forêts méditerranéennes ont été le plus souvent pillées voire détruites par les civilisations successives qui ont trouvé des matériaux indispensables à la survie ou qui les ont considérées comme un obstacle à leur développement" (QUEZEL, 1976). Le passage successif des forêts aux terrains de parcours puis aux terres de culture fût marqué par une diminution considérable de la diversité spécifique.

Le passage du feu dans la régression et la dégradation de la végétation forestière est incontestable et cela quelle que soit son origine humaine ou naturelle.

L'action conjuguée des différents facteurs : feu, exploitation inconsidérée des pâturages, abattage des forêts, mise en culture vont porter un coup fatal aux forêts algériennes qui, non seulement ont régressé mais ce qui en subsiste ne représente plus les boisements primitifs. L'érosion du sol est aussi un phénomène consécutif à la destruction de la couverture du sol.

La désertification n'en est qu'une illustration, RAMADE (1976) écrit : "C'est l'homme qui est responsable de l'emprise des déserts sur les terres autre fois fertiles des anciennes civilisations" et il ajoute : " Pour qui voit le site de TIMGAD, s'imaginerait mal que ce biotope qui nourrit péniblement quelques familles de nomades à l'heure actuelle, a pu, par le passé, subvenir aux besoins de l'importante population qui vivait dans l'antiquité."

Aussi, nous pensons que la préoccupation majeure et l'intérêt accordé à protéger, à défendre, à développer ces zones en question, sont justifiées.

Si l'alarme est tirée et que la prise de conscience est mûre, nous percevons que défendre et conserver la forêt algérienne dont le patrimoine s'est amenuisé au cours du temps. Dans cette optique : la prévention des nouvelles nuisances, la restauration des milieux dégradés, le maintien des milieux demeurés conservés, la protection des espèces et de leur habitat sont autant de possibilités à travers lesquelles on pourra accomplir cette noble tâche.

Cette volonté se manifeste en Algérie par l'homologation des mesures strictes et sévères, d'une gestion logique et intelligente grâce à une gestion appropriée de la forêt en respectant

les normes internationales.

L'homme doit compter avec la forêt dont la protection est une garantie de survie pour lui, dans la mesure où il tire ses besoins en terre de culture, en eau, en bois etc... , ce qui lui impose de rechercher les meilleures possibilités d'un usage rationnel et durable de ces ressources.

Cet avant-propos est assez sombre mais convient à cette triste réalité. Que verrons-nous donc en nous promenant en forêt ? Une présentation sommaire de la forêt algérienne tant du point de vue des essences qui la constitue que de son utilisation actuelle et ceci pour mieux imaginer nos propos.

L'accent sera mis essentiellement sur les rôles économique, social et scientifique de cette forêt car "les arbres et les arbrisseaux sont les vêtements de la terre" et notre désespoir est de constater que ceux-ci s'en vont en lambeaux. Si l'abus de l'exploitation va jusqu'à modifier les conditions du sol et du climat local.

Les travaux de reboisement peuvent alors permettre la reconstitution du capital ligneux, et bien sûr il faudra attendre des générations pour revoir se créer le milieu forestier d'antan. " La forêt bien gérée a la vie plus longue que les frontières et ce vêtement de la terre est le patrimoine du monde"

2. Structure et composition de la forêt algérienne:

1.1. Caractéristiques générales:

Forêt algérienne n'est pas à démontrer vu sa situation géographique et la physionomie que celle-ci présente. Cet ensemble d'arbres est en lutte perpétuelle contre l'homme, le feu, les troupeaux. Une adaptation est ainsi effectuée dans la mesure où l'arbre devenant frugal s'enracine. Cet état d'équilibre incertain est conditionné par les influences du milieu physique et humain.

Forêt de lumière, thermophile dans son ensemble, elle renferme un sous-bois puissant et envahissant et ainsi s'établit une concurrence entre les deux strates. Une résistance biologique et écologique s'installe au sein des essences principales, ce qui donne une certaine pérennité.

La sylve algérienne est formée essentiellement de trois types de formations végétales : la forêt, le maquis et la broussaille.

Les peuplements se présentent de façon irrégulière, on observe des arbres de tailles et d'âges différents. Il est donc très rare de trouver un peuplement régulier.

Forêt de production ou de protection ?

La forêt algérienne, malgré son exploitation ne s'est jamais prétendue être une forêt de haute production sylvicole. Elle joue le rôle de protection et de récréation. Mais l'ambition exige

que la production puisse avoir son rôle grâce à un aménagement, une conduite des peuplements adéquate et des expérimentations menées sur le terrain dont l'objectif est d'utiliser à bon escient le produit forestier.

1.2- Description de la forêt algérienne:

Milieu naturel, fragile et perturbé, la forêt ne pourra se développer que si les gestionnaires forestiers prennent conscience de sa conservation en tenant compte de son importance écologique et économique.

En considérant les critères bioclimatiques, l'Algérie présente tous les bioclimats méditerranéens en allant de l'humide au saharien. Les zones semi arides présentent des aspects bien particuliers tant par les espèces qui les constituent, conifères essentiellement, présents également en dehors de ces zones, mais aussi par la structure des formations végétales qu'elles déterminent et qui sont en fait presque toujours des formations arborées, souvent claires, à sous-bois de type matorral répondant plutôt à des structures pré-forestières, voire pré steppiques (**ABI-SALEH, BARBÉRO, NAHAL et QUÉZEL, 1976**).

1.2.1-Superficie forestière:

Présenter les bilans actuels n'est pas chose facile, l'étendue de la forêt a toujours été mal appréciée quand on compare les différentes sources.

Une critique doit s'établir quand on annonce tel ou tel chiffre.

Les travaux de **MARE** en **1925** repris par **PEYERIH MOFF** en **1941** et **KADIK, 1987** ont montré que la surface primitive s'élève à 7.318.000 ha contre 2.910.000 ha actuellement. Le taux de boisement est donc passé de 27,17 % à 11 %. L'actualisation de ces chiffres s'est menée par le bureau national des études forestières qui met au point l'inventaire National Forestier (Plusieurs régions ont déjà été inventoriées).

BOUDY en **1955** montre que la superficie forestière est de 3.800.000 ha.

Les forestiers algériens publient en 1966 que l'étendue forestière (forêts + maquis) est de 3.013.000 ha et **QUEZEL** en **1985** : 3.000.000 ha.

Ces valeurs doivent être considérées avec beaucoup de réserves, ce qui est intéressant est d'avoir une idée la plus générale possible.

On peut estimer, grossièrement, que les principales essences se répartissent comme suit (Voir Tab1.). La surface forestière productive est faible, elle représente 17% de la superficie totale des forêts, 21% sont susceptibles d'être améliorés et 62% sont des forêts dégradées.

Le processus de dégradation s'accélère de plus en plus, ceci fera disparaître nos belles forêts.

Tableau n°1 : Répartition générale des terres en Algérie Septentrionale (service des forêts, 1966 in **KADIK 1987**).

ESSENCES	Superficie en ha	Superficie en %
Pin d'Alep	792.000	34,8
Chêne liège	463.000	20,4
Chêne vert	354.000	15,6
Genévrier de Phénicie	227 .000	10
Thuya	191 .000	8,4
Chêne zeen + Chêne afarès	65.000	2,9
Cèdre de l'Atlas	23.000	1 ,0
Pin maritime	12.000	0,5
DIVERS	1 43 .000	6,4
TOTAL	2.270.000	1 00
MAQ UIS	780.000	
TOTAL (F+M)	3.050.000	
Broussai lles	1 .940.000	
Alfa	3.037.000	

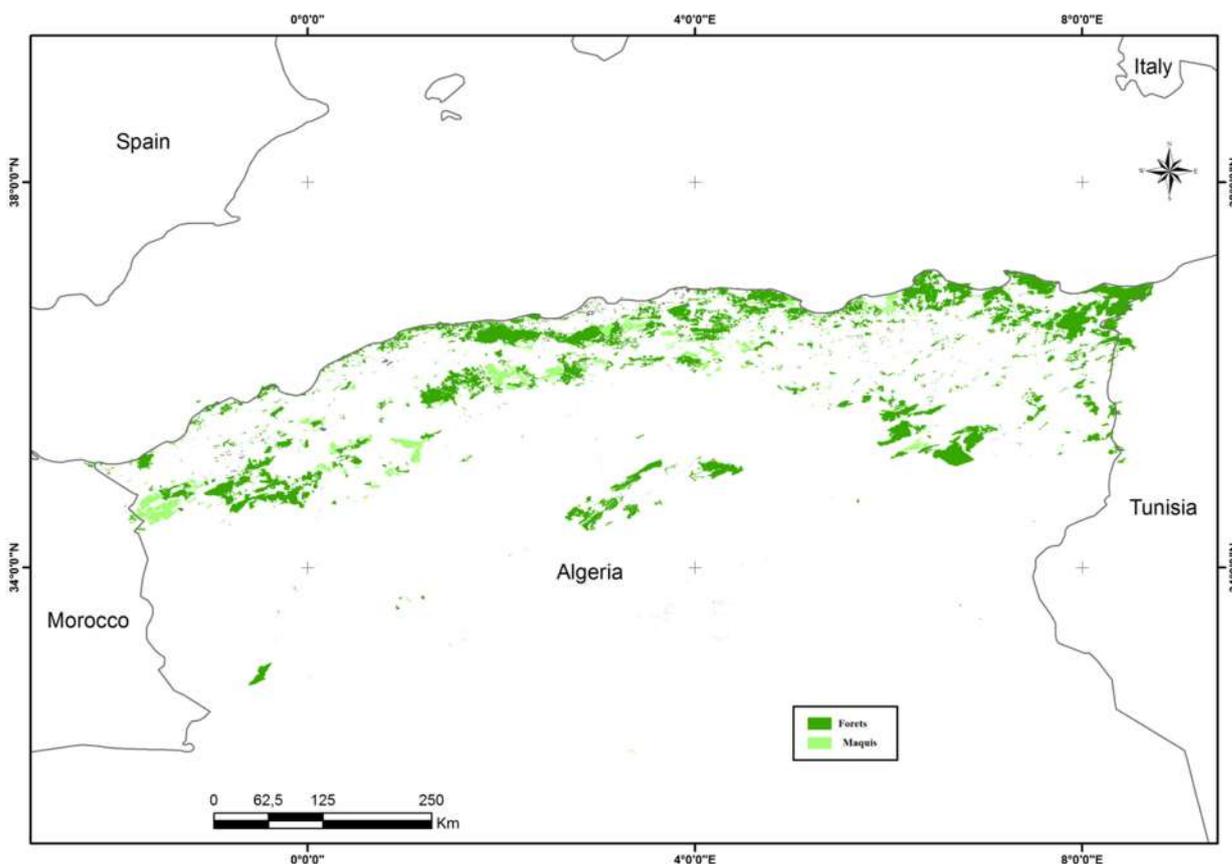


Figure n°1 : Carte de répartition des forêts Algérienne (Dr. Anteur. Dj)

2.2.1. Description de la forêt par essence

1.2.2.1. Forêt de pin d'Alep :

Essence de l'étage semi-aride, se contentant de 350 mm de pluie et s'adaptant à tout sol. Occupant la superficie la plus élevée en Algérie, le pin d'Alep constitue la plus grosse masse d'un seul tenant. Il se cantonne essentiellement à l'Est et à l'Ouest du pays. Les zones du pin d'Alep sont :

- Les forêts du littoral : la zone du Sahel étant la transition entre les subéraies et les zones à pin d'Alep. Les littoraux algérois et oranais renferment là une faible étendue de pin d'Alep.
- Les forêts du Tell : Les forêts de pin d'Alep se retrouvent au niveau de trois blocs :
- Les forêts des Monts de Tlemcen : les pinèdes se situent essentiellement au niveau du Tell méridional et les monts de Slissen.
- Les forêts des Monts de Daia : région fortement boisée, où le pin d'Alep est roi et constituant un ensemble jusqu'à Sidi Bel Abbès
- Les forêts de Saïda sont bien venantes, celles de Tiaret forment un mélange de pin d'Alep

et Chêne vert.

- Le Tell algérois : Au niveau de l'Ouarsenis, les forêts sont constituées en majorité de pin d'Alep et des taillis de chêne vert, le thuya et le genévrier de Phénicie accompagnent ces deux espèces.
- Les forêts des Bibans en sont riches.
- Le Tell constantinois ne comporte pas des massifs étendus.
- L'Atlas saharien : Les plus importantes pinèdes se trouvent au niveau des Oued Naïls.
- Les montagnes de Djelfa sont boisées des plus beaux peuplements de cette essence.
- Les Aurès Nememcha : Dans le Hodna, un mélange pin d'Alep - Chêne vert s'observe.

Dans les Aurès, les versants sud sont boisés de pin d'Alep. Les peuplements se situent entre 100 et 1400 m d'altitude. La régénération de l'espèce est facile mais le problème reste l'incendie.

Ces forêts doivent faire l'objet d'une protection et d'un aménagement urgents.



Photo n° 1: forêt de pin d'Alep 16/04/2020 Mamounia, Mascara Dr Anteur

1.2.2.2. Forêt de Chêne liège :

Les forêts de chêne liège occupent une place de premier ordre dans l'économie forestière algérienne. La subéraie produit annuellement 200.000 quintaux de liège qui sont exportés après transformation par les industries locales.

Localisée à l'Est du pays entre le littoral et une ligne passant approximativement par Tizi-Ouzou, Kherrata, Guelma, Souk Ahras. La subéraie est représentée à l'ouest dans les régions de Tlemcen, Oran et de Mascara. En général, elle colonise l'étage bioclimatique humide et subhumide.

Fortement représentée à l'Est du pays, rare et dispersée à l'Ouest, la subéraie s'étale sur une bande de 450 km d'Alger au Cap Roux (Est d'El Kala), dont la largeur ne dépassant pas 60 à 70 km. Cette bande côtière se prolonge sur une longueur de 150 Km jusqu'à Bizerte en Tunisie.

L'Inventaire National Forestier de l'Algérie du Nord (établi en 1983) confirme que les forêts de *Quercus suber* couvrent une superficie de 2.000 000 ha totalisant 34.000 .000 d'arbres (toute strate confondue) et dont 65% sont représentés par de vieilles futaies.

La mauvaise régénération observée dans la plupart des groupements ne semble pas être liée aux conditions écologiques qui sont dans l'ensemble favorables mais conditionnée par des facteurs différents selon les stations étudiées : le pacage dans les suberaies constitué essentiellement de bovins, ovins et même de caprins consommant les jeunes semis en fin de printemps et en été.



Photo n° 2: foret de chêne liège 16/11/2020 Nesmoth, Mascara **DR ANTEUR**

1.2.2.3. Forêts de chênes à feuilles caduques :

Représentées par le chêne zeen et le chêne afarès qui prospèrent tous deux à partir de 800 mm de pluie. Souvent en mélange avec le chêne liège qu'ils envahissent au niveau de certaines stations fraîches. Des futaies exubérantes aux couleurs changeantes au rythme des saisons. Se régénérant très facilement tant par rejet que par souche, il colonise les régions de l'Est du pays de la Kabylie à la frontière tunisienne.

Les futaies denses de *Quercus canariensis* et *Quercus afarès* occupent quelques chaînons côtiers de l'Atlas tellien où ces essences trouvent des conditions propices à leur

développement, quant à *Quercus tlemceniensis*, il se trouve à l'extrême Ouest du pays.

Notons que le chêne afarès est une endémique de la Kabylie.

Les chênes zeen et afarès sont concurrents sur les versants Nord et Sud.

L'histoire de la végétation révèle que ces deux espèces ont eu une extension bien supérieure que celle qu'elles connaissent aujourd'hui (MESSAOUDENE, 1989). Sur le plan technologique, le bois est considéré comme dur, nerveux sujet à des retraits radiaux et tangentiels importants.

Ces caractéristiques médiocres limitent son utilisation à des poteaux de mines, traverses de chemin de fer, bois de chauffage et charpentes traditionnelles. Des exploitations intenses ont été effectuées durant les périodes 1 850 à 1 951 au niveau de toute l'Algérie.

1.2.2.4. Le Chêne vert :

Essence commune et résistante du pourtour méditerranéen. Rustique et régénérant par rejets ou drageons jusqu'à un âge avancé. En Oranie, le chêne vert constitue de vastes massifs purs en taillis essentiellement vers Tiaret et Saïda. Il accompagne à travers tout le territoire du Nord algérien des espèces telles que le Pin d' Alep et le Cèdre de l' Atlas.

1.2.2.5. Le Pin maritime :

Occupant le littoral constantinois, la forêt de pin maritime "saignée à blanc" se refait parfaitement. Il s'y cantonne aussi sur le littoral Kabyle où il reprend, dans des zones, son territoire écologique grâce à des reboisements.

2.2.2.6. Le Thuya:

Essence oranaise, de l'Ouest algérien dans la partie occidentale, il forme des taillis entre Mascara, Tiaret et Saïda.

Le thuya se maintient sur des terrains arides, il se contente de 250 à 300 mm d'eau. Essence très plastique, résistante aux agents destructeurs, se régénérant très facilement elle possède la particularité de rejeter si extraordinaire chez les résineux. Le cèdre de l'Atlas:

Essentiellement montagnard dont l'aire s'étend à partir de 1 400 à 2800 m d'altitude et se développant à l'étage humide et froid.

D'un charme incontestable, son architecture fait de lui un des plus bel arbre d'Afrique du Nord.

Le cèdre se retrouve au niveau des Aurès, du Djurdjura, de l'Atlas blidéen ainsi qu'à Teniet El Haad.

Conservé au niveau des Parcs nationaux, la régénération capricieuse de cet arbre fait que des reboisements sont déployés pour l'extension de son aire.



Photo n° 3: foret de Thuya 23/04/2017 Fergoug, Mascara Dr Anteur.

1.2.2.7. Le genévrier :

Il existe trois sortes de genévriers en Algérie :

Genévrier de Phénicie, Genévrier Oxycèdre, Genévrier Thurifère

Le genévrier de Phénicie se retrouve à la fois sur les dunes maritimes en Oranie et sur les montagnes les plus sèches. Les trois genévriers constituent un stade ultime de dégradation.

Dans les Aurès et l'Atlas saharien particulièrement Djelfa et Boussaâda, il constitue de grandes superficies.

La forêt algérienne de conifère ne s'arrête pas uniquement aux espèces suscitées. Le montagnard supérieur offre asile au genre *Abies* représenté par le Sapin de Numidie qui se rencontre au niveau des hautes montagnes avec si tant l'aire du Cèdre. N'oublions pas le Pin noir qui cohabitent avec ces deux genres.

1.3. Le rôle de la forêt:

Outre la fonction sociale et scientifique, la forêt algérienne prend part à la fonction économique.

1.3.1. La Fonction de production :

La production forestière algérienne est faible. Les suberaies prennent part à une production par le liège beaucoup plus importante que les autres formations forestières pour le bois.

- Le liège :

La production de liège brut est relativement constante, en moyenne 148 .000 quintaux sont

récoltés annuellement, exception faite pour 1965 où la production a atteint 350.000 q. cette surexploitation est justifiée par la non exploitation durant les années de guerre.

En 1970 et 1977, la production de liège a chuté. Cette chute est due aux incendies qui ravagent annuellement nos suberaies sans omettre de signaler le vieillissement, l'absence de régénération, l'absence d'aménagement des forêts ainsi que l'exploitation irrationnelle.

Une régression est observée d'année en année surtout en ce qui concerne ces dernières années : la production passe de 129.350 q en 1986 à 78.150 q en 1990.

La suberaie a subi des bouleversements lors de son évolution. Des facteurs aussi bien naturels qu'humains ont contribué à la régression des potentialités du Chêne liège. Les grandes récoltes se situent à Souk-Ahras, Collo, Jijel, Yakouren, Alger.

- Le bois :

Jusqu'en 1963, l'exploitation de bois (bois d'œuvre, chauffage, carbonisation) était de 300.000 m³ en moyenne. En 1970, la production de bois d'œuvre était de 12.000 m³ et en 1979, elle est estimée à 19.000 m³. Si l'on compare ces chiffres à ceux de l'importation du bois qui dépasse

1.000.000 m³, on se rend compte de l'immense effort à fournir pour satisfaire les besoins nationaux en bois.

La demande est de plus en plus grande, la mobilisation des ressources forestières et des investissements énormes pour créer des reboisements essentiellement productifs dans les zones favorables : il faut dès lors que de nouvelles traditions sylvicoles s'installent.

Le pin d'Alep malgré son étendue contribue très mal à combler le déficit en produit ligneux. Les autres essences sont plutôt protégées. Le bois de chêne zéen est à l'étude pour une meilleure utilisation.

1.3.2. La fonction sociale :

L'homme a toujours puisé les ressources forestières. Cette action non réglementée a nui au développement forestier par les agressions inconscientes tant par le biais des délits de coupes, du surpâturage que de l'incendie incontrôlé pour l'utilisation de ces surfaces en terrains agricoles. L'accroissement des populations entraîne cette sur-utilisation, surtout dans les zones à haute potentialité forestière où se développent les essences nobles.

Le pâturage :

Cette fonction est en relation directe avec les facteurs anthropiques qui ne sont guère à rehausser si l'on croit l'hostilité de l'homme envers la forêt.

L'activité pastorale est intense en forêt, elle assure une production fourragère appréciable et

qui est utilisée par les troupeaux. Cette vaine pâture s'exerce souvent sous forme de transhumance.

Ce pâturage a en effet pour conséquences d'éliminer par broutage les jeunes régénérations, les branches basses et les rejets.

Les effets de piétinement sur le sol sont aussi graves.

Des lois interdisent cette pâture mais l'exécution n'est pas formelle..

"L'équilibre doit être respecté car quand on sait que les zones sous pâturées s'embroussaillent à vive allure, ce qui réduit la diversité floristique et produit du combustible au premier incendie.

Le surpâturage a, quant à lui, stoppé la régénération et a transformé les forêts en pin piqué d'arbres ébranchés et a modifié le tapis herbacé" (**QUEZEL, BARBERO, BONIN, LOISEL**)

A ces situations si contradictoires, il convient d'en ajouter d'autres sous le contrôle humain si l'on veut conserver le patrimoine forestier. Il faut établir un bilan pastoral pour mieux étayer le problème et essayer d'allier le pastoralisme à la foresterie.

Une gestion de l'espace doit être rationnelle.

Une diminution des cheptels est souhaitable afin de ne pas dépasser les valeurs critiques des charges tolérables en forêt. Au niveau du Parc National du Djurdjura, l'accès n'est autorisé qu'aux bovins qui détruisent moins le patrimoine que les autres bétails tels que la chèvre qui est dévastatrice. Cette solution compatible avec la survie des populations locales, a donné pour résultat une remontée biologique remarquable et une reprise d'extension des genévriers et des cèdres.

1.4. Les reboisements:

Si l'homme, par ses actions hostiles au milieu forestier, contribue aussi au développement de la forêt et particulièrement à son extension, le reboisement constitue le facteur majeur.

L'Algérie, pour sa part, a eu la noble expérience d'installer "le barrage vert" et l'idée de cette création appartient aux plus audacieux de la protection de l'environnement.

Le "barrage vert" traverse le pays de la frontière tunisienne à la frontière marocaine sur une longueur de 1.200 Km sa largeur varie de 5 à 20 Km. Il suit la bordure septentrionale du Sahara et on pense qu'il adoucira le climat en permettant l'utilisation agro-sylvo-pastorale des régions voisines. Cette action de grande envergure a comme base scientifique l'existence des vestiges des anciennes forêts de pin d'Alep au piémont nord de l'Atlas saharien où les conditions climatiques deviennent plus favorables que celles des hauts plateaux. Il s'agit surtout de l'augmentation des précipitations, dépassant 300 mm/an.

Dans cette forêt claire de pin d'Alep, appelée parfois Steppe arborée, la strate d'alfa est relativement dense. La potentialité forestière de la région du barrage vert est indiquée aussi par la présence des groupements arbustifs à *Quercus ilex* et *Juniperus phoenicea*.

Le barrage vert a été créé dans la zone où plusieurs espèces s'approchent de la limite de leurs aires. La réussite de cette entreprise exige une connaissance détaillée des conditions écologiques d'où l'aménagement de cette zone.

Il ne doit pas devenir une ceinture verte créée par le reboisement. Ayant un certain but économique, il doit protéger les terrains utilisés par l'agronomie et contribuer à l'amélioration du pâturage et à la restauration de l'équilibre naturel. Il s'agit donc d'un équilibre agro-sylvo-pastoral.

Les conifères, en premier ordre, ont constitué l'arsenal des reboiseurs tant au niveau du barrage vert que d'autres zones. Le pin d'Alep a toujours été sollicité. L'expérience néfaste de la mono culture a fait réfléchir à la diversification des essences à reboiser.

Conclusion:

Etablir un bilan de l'évolution du couvert végétal en Algérie est chose peu aisée. La difficulté est d'établir des bilans corrects voire significatifs au niveau des variations des surfaces forestières.

Aucune valeur actuelle précise n'est accessible.

La lourde tâche des structures forestières est encore en chantier.

L'imprécision fait que nous sommes démunis des véritables chiffres qui devraient refléter la réalité.

Sur le plan pratique et théorique, la forêt algérienne se heurte à des écueils: Son hétérogénéité floristique et bioclimatique ne simplifie pas les choses, sa vulnérabilité après toutes les agressions subies rend indispensable une politique d'utilisation et de sauvegarde qui est la matière première des services forestiers algériens.



CHAPITRE II :

Les incendies des forêts

II. Les incendies des forêts

II.1. Généralité sur l'incendie de forêt :

Les incendies de forêt, bien que considérés communément comme un risque naturel, sont, au contraire largement conditionnés par des facteurs biophysique et anthropique, qui en sont les précurseurs (ASSALIETAL, 2016)

Définitions :

Plusieurs définitions ont été proposées pour définir l'incendie de forêt et parmi elles, celle de (TRABAUD, 1992) in (BELKAID, 2016)., qui définit l'incendie comme « une combustion qui se développe sans contrôle dans l'espace et dans le temps, l'incendie de forêt s'alimente de tous les combustibles possibles et ainsi se propage jusqu'à l'épuisement de ceux-ci » .

L'incendie est une réaction de combustion non maîtrisée dans le temps et dans l'espace (KHALID ET AL, 2008 ; CEMAGREF ET AL, 1994 ; JAPPIOT 2002),

On parle d'un incendie de forêt lorsqu'un feu concerne une surface minimale d'un hectare, d'un seul tenant et qu'une partie au moins des étages arbustifs et /ou arborés (partie haute) est détruite (AMMARI (2011) IN TIR(2016).

Pour qu'il y ait inflammation et combustion, trois facteurs doivent être réunis (fig. 07), chacun en proportions convenables : un combustible, qui peut être n'importe quel matériau pouvant brûler, une source externe de chaleur (flamme ou étincelle) et de l'oxygène, nécessaire pour alimenter le feu (M.E.D.D ,2002)



Figure n°2 : Triangle du feu. (source :TIR, 2015)

Pour chaque feu les trois éléments suivants sont indispensables :

Une source de chaleur (flamme) : très souvent l'homme est à l'origine des feux de forêt par imprudence (travaux agricole et forestier, mégots, barbecues, dépôts d'ordures), accident ou malveillance ;

Un apport d'oxygène : le vent qui active la combustion et favorise la dispersion d'élément incandescents lors d'un incendie ;

Combustible (végétation) : le risque de feu est plus lié à l'état de forêt (sécheresse, disposition des différentes strates, état d'entretien, densité, relief, teneur en eau) qu'à l'essence forestier elle-même (chênes, conifères) (D.C.A, 2006).

Les différents types de feu :

➤ **Les feux de sol:** Ce sont des feux qui brûlent sous la surface de sol, le combustible qui l'alimente est composé de matières organiques partiellement décomposées. Ces feux se propagent lentement en raison du manque d'oxygène. Leur présence est souvent difficile à déceler, car même s'ils dégagent beaucoup de chaleur, ils diffusent en général que très peu de fumée.

➤ **Les feux de surface:** Dit aussi feux courant, se propagent dans les sous-bois des forêts, ils brûlent l'herbe et les broussailles. ils peuvent être très faible, de moyenne ou de forte intensité, selon la quantité de combustible disponible. ils peuvent avoir comme origine de feu de sol ou se terminer en un feu de sol susceptible de se transformer en un nouveau feu de surface après l'intervention des pompiers.

➤ **Les feux de cimes:** On qualifie les feux de cime lorsqu'ils sont localisés au niveau des arbres et qu'ils brûlent plus de 90% de celles-ci. Ils se développent généralement au sol, montent le long des arbres et brûlent sur leur paysage feuilles, aiguilles et même certaines branches.

Indépendant ou dépendant des feux de surface, ils brûlent en général de grandes quantités d'énergie et ont une vitesse de propagation très élevée. Ce sont les ligneux hautes qui assurent la propagation verticale en direction des cimes.(Asnouni,2017).

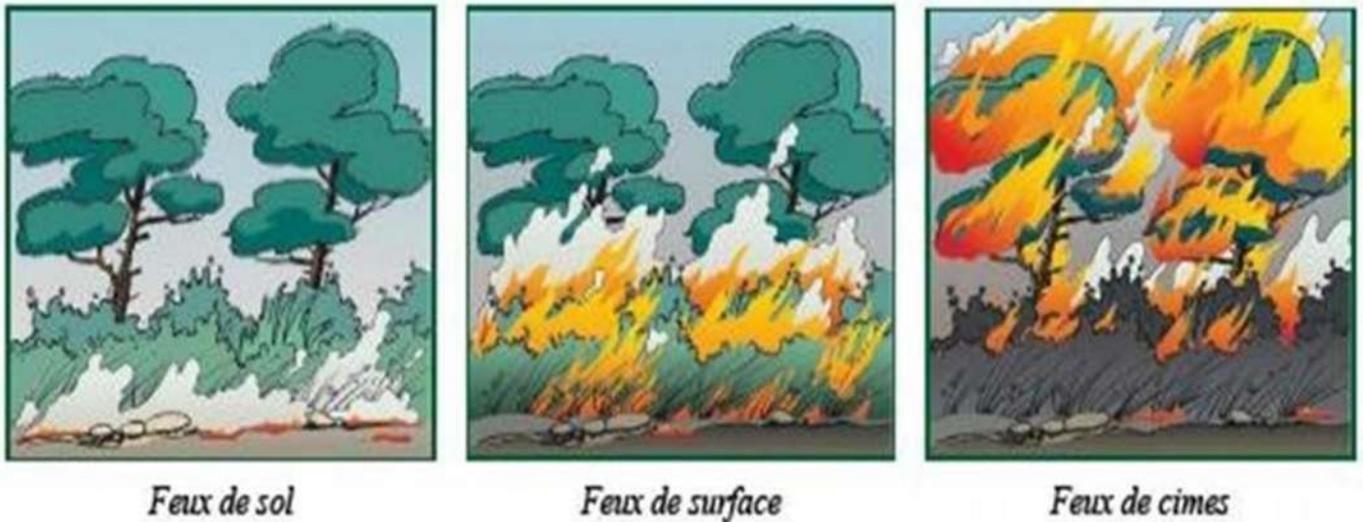


Figure n°3 : Types d'incendies de forêt (M.E.D.D, 2002).

II.2. Causes des incendies:

Les incendies sont attribuables aux causes les plus divers. Les feu se déclare presque toujours dans le sous-bois constitué par une végétation spontanée composée d'arbuste, de plante diverses et d'herbes.

Il ne présente pas le même danger dans toutes les forêts, et à cet égard, la nature des essences (résineuses ou feuillues), le climat (humide ou sec), la constitution géologique du sol, la densité plus ou moins grandes du sous-bois, la présence d'un tapis épais d'aiguilles ou de mousse ont influence considérable. Les risques d'incendie varient encore selon la saison, la chaleur, la sécheresse plus ou moins persistance et la violence des vents...

II.2.1. Causes involontaires

L'accident ou l'imprudence sont à coup sûr les plus fréquentes, elles se répartissent comme suit :

- Imprudence des fumeurs;
- Négligence des paysans durant leurs activités agricoles et forestières (incinération des chaumes);
- Imprudence des promoteurs, chasseurs et ouvriers de la forêt qui négligent d'éteindre entièrement les feux allumés pour la cuisson de leurs aliments, charbonneries rustique, établis généralement en délit par les riverains qui en toute saison fabriquent du charbon en forêt, la maladresse des chercheur de miel qui, suivant la coutume des riverains, avaient employé le

feu pour chasser les abeilles dont ils récoltaient le miel.

- Ainsi les lignes des chemins des fers qui traversant la région boisées créent des dangers, le feu est allumé en général par des flammèches sortant des cheminées. À la norme de ces causes on peut citer enfin, la présence en forêt de débris de verres formants lentilles, la foudre, la chute des lignes électrique à hautes tensions, etc...Toute fois ces cause son discutable et très rares (MAGREROUCHE, 2006).

II.2.2.Cause volontaires:

La malveillance joue incontestablement un rôle dans les incendies des forêts. Elle se manifeste habituellement pour exprimer le mécontentement des riverains vis-à-vis des procès-verbaux dressés à leur rencontre par l'administration forestière.

De linc, il faut ajouter les déséquilibre ou pyromanes, qui incendient uniquement par plaisir de détruire ou pour jouir de l'effet causé dans la population ou dans la presse, on doit faire rentrer dans la malveillance les incendies allumés par intérêt, notamment ceux provoqué par les bergers pour procurer des pâturages.

II.3.La propagation d'incendie:

II.3.1. Le mécanisme de propagation:

La propagation d'un feu se décompose en 03 étapes:

- Combustion de matériel végétal avec émission de chaleur;
- Transfert de la chaleur émise vers le combustible en avant du front de flamme;
- Absorption de la chaleur par le végétale en avant du front de flamme;
- Inflammation.

Le transport de la chaleur émise par la combustion est assure par trois processus :

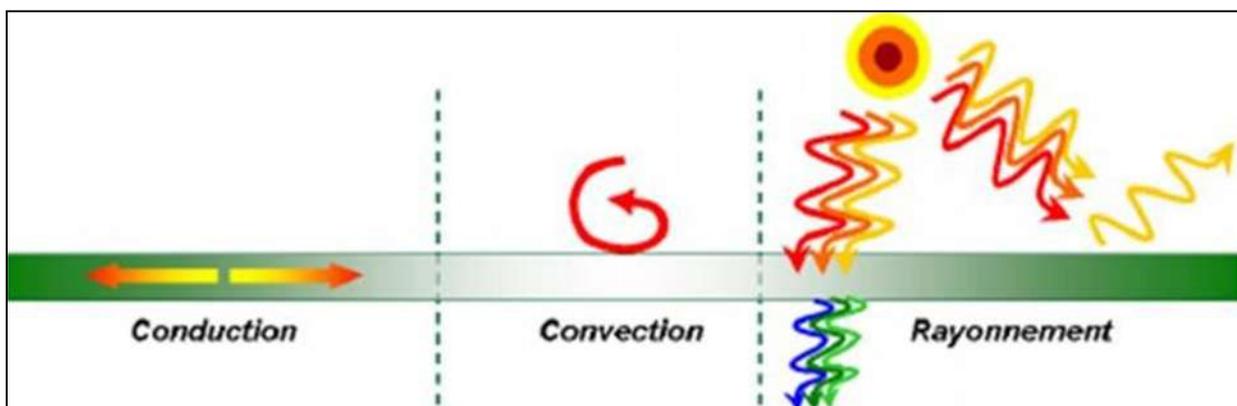


Figure n°4 : Mécanisme de propagation d'un feu de forêt.

- **La conduction** : permet la transmission de proche de l'énergie produit par le mouvement de la flamme. Elle ne contribue que très faiblement au transfert de chaleur;

Le rayonnement thermique : correspond au mode de propagation de l'énergie sous forme d'ondes infrarouge. C'est le principale mode de propagation des incendies de forêt;

- **La convection** : liée aux mouvements d'air chaud, voit son importance augmenter avec le vent et la pente. Ce processus peut contribuer au transport de particules incandescentes en avant du front de flamme et au déclenchement de foyers secondaires (sautes de feu) (MERDAS, 2007).

II.4. Conséquence de l'incendie:

Bien que les incendie de forêt soient beaucoup moins meurtriers que la plus part catastrophe naturel, ils n'en restant pas moins très coûteux en terme d'impact humain, économique, matériel et environnemental, les atteintes aux hommes coincement principalement les sapeurs-pompiers et plus rarement population.

Le mitage, qui correspond à une présence diffuse d'habitations en zone forestières, accroît la vulnérabilité des populations face à l'aléa feu de forêt. De même, la diminution des distances entre les zone d'habitat et les zone des forets limite les zone tampon à de faible périmètres, insuffisante à stopper la propagation d'un feu la destruction d'habitations, de zones d'activités économique et industrielles, ainsi que des réseaux communication, induit généralement un cout important et des pertes d'exploitation l'impact environnemental d'un feu est également considérable en terme de biodiversité (faune et flore habituelles des zones boisées).

Aux conséquences immédiates, telle que les disparitions, et les modifications de paysage, viennent s'ajoute des conséquences à plus long terme, notamment concernant les biotopes, la perte de qualité des sols et risque importante d'érosion, consécutif à l'augmentation du ruissellement sur un sol dénudé (D.D.C.A.,2006).

II.5. Facteurs favorables aux incendies de forêts en région méditerranéen:

Le type de végétation et le climat sont des facteurs importants de prédisposition au feu. Certaines formations végétales sont plus sensibles au feu que d'autres : les maquis et garrigues sont plus vulnérables que les zones forestières.

L'évolution de l'occupation du sol, qui conduit, depuis quelques décennies, à l'augmentation de l'interface forêt/habitat, influe notablement sur le risque d'incendie. En effet, l'habitat disséminé dans l'espace naturel combustible ou bien à son contact est reconnu

par tous comme un facteur aggravant majeur dans la lutte contre les incendies de Forêt (CASTELLI ET AL, 2003). Cet état est lié, d'une part, à l'abandon des espaces ruraux qui, de ce fait, ne sont plus entretenus, et d'autre part, à l'extension des zones urbanisées jusqu'aux abords des zones boisées,

D'autre part, les habitations présentes au sein d'un massif forestier constituent des enjeux prioritaires de défense en cas d'incendie. Ceci entraîne une concentration des moyens de lutte dans ces espaces, au détriment parfois de la protection de la forêt. (MEDDOUR-SAHAR ET AL, 2008)

II.5.1. Les facteurs climatiques :

Les incendies de forêt dans le bassin méditerranéen dépendent pour une bonne part des conditions climatiques dominantes, des étés prolongés (s'étendant de juin à octobre et parfois plus longtemps), avec une absence éventuelle de pluie et des températures diurnes moyennes bien supérieures à 30°C réduisent la teneur en eau de la litière forestière à moins de 5% (DIMITRAKOPOULOS ET AL, 2006).

En règle générale, les conditions climatiques de l'année en cours et de celle qui précède sont déterminantes, aussi bien les précipitations qui jouent un rôle décisif dans le bilan hydrique des sols et donc du végétal, que les températures qui règlent la production de biomasse, l'évapotranspiration et rendent le végétal plus ou combustible. Avec la chaleur et le manque d'eau, le vent est un autre facteur climatique important et inflammable (QUEZEL ET AL, 2008). Le tableau n°2 explique l'influence des facteurs climatiques sur les conditions du feu :

Tableau n°2: Influence des facteurs climatiques sur les conditions de feu.

Facteurs climatiques	Influences sur les conditions du feu
Précipitation	Rôle décisif dans le bilan hydrique des sols et du végétal
Température de l'air	Augmentation de la température des combustibles, diminution de la teneur en eau et réduction de l'humidité atmosphérique lorsque la température de l'air augmente
Humidité atmosphérique	de la teneur en eau des combustibles si l'air est Sec
Vitesse du vent	Accélération du dessèchement des combustibles, fléchissement de la colonne de convection, transport de matières
	flammées en avant de l'incendie (sautes de feu), accélération de la propagation de l'incendie

Direction du vent	dirigeant l'incendie vers des zones à propagation illimitée (boisement d'un seul tenant)
Saisons	Au printemps, dessèchement des combustibles de surface, en été augmentation des combustibles secs et abaissement de la nappe phréatique

Source: **MEDDOUR-SAHAR ET AL, 2008.**

II.5.2. Les facteurs topographiques:

Les variations topographiques (par exemple exposition, la pente et l'altitude) influent sur les précipitations, les eaux de ruissellement, la température, le vent et le rayonnement solaire, qui à leur tour ont une incidence sur l'inflammabilité à travers la production du combustible et sa teneur en eau. L'influence des facteurs topographiques et météorologiques est confirmée par une corrélation significative entre l'exposition, les pentes, la hauteur du soleil sur l'horizon et le degré d'inflammabilité des combustibles au cours de l'année (**DE OLIVEIRA, 2012 IN MEDDOUR-SAHAR, 2014**).

II.5.3. Les combustibles végétaux:

Les combustibles végétaux représentent la quantité d'énergie, matérialisée dans le scénario d'un incendie (sous forme de bois, herbes, bois mort, etc.) qui est déclenchée par la combustion et que nous percevons sous forme de lumière et de chaleur.

Leurs quantités totales, leurs tailles, leurs compositions chimiques (surtout le contenu en extraits à l'éther, à potentiel énergétique élevé) sont autant de facteurs qui influencent la dynamique de propagation du feu (**TRABAUD, 1989**). On peut ajouter leur état physiologique (combustibles vivants et combustibles morts), qui influence la teneur en eau, leur distribution plus ou moins homogène, leur continuité horizontale ou verticale, facteurs qui influencent également le comportement du feu (**ANDERSON, 1982 ; SCOTT ET BURGAN, 2005**).

Le développement et la propagation des incendies sont liés à l'abondance et la continuité du combustible, à l'humidité du sol et de la végétation et aux patrons météorologiques et climatiques (**CARDILLE, 2001**).

Les combustibles peuvent être décrits par les modèles de combustibles qui sont une description standardisée de leur quantité par classe de taille, de leur chimie, etc. (**SCOTT ET BURGAN, 2005**).

II.5.4. Les facteurs socio-économiques:

Le changement socio-économique dans les dernières décennies influe sur le risque d'incendie.

Les changements avec les plus grandes répercussions sont les suivants :

- ✓ L'exode rural sur la bordure septentrionale du bassin méditerranéen s'est traduit par des zones de végétation continue très vastes et très exposées à des incendies majeurs;
- ✓ Le développement de l'interface habitat-forêt, dû à une urbanisation anarchique, a provoqué une augmentation significative du risque de feu;
- ✓ Le comportement du public traduit, encore aujourd'hui, un manque de sensibilisation au risque d'incendie;
- ✓ Les effets du changement climatique (hausse de température, diminution des précipitations et aggravation des phénomènes extrêmes) ont accru l'intensité et l'extension du risque.

Les Priorités de la politique forestière, autrefois centrées sur la production de bois et autres matières premières, sont actuellement axées sur la conservation de la nature, la conservation du paysage et les activités de loisirs, la diminution de la récolte de bois et de l'exploitation forestière dans certaines zones ont conduit à des quantités accrues de biomasse dans les zones boisées, et de ce fait l'inflammabilité a augmenté (Valez, 1999 in Meddour-sahar, 2014).

II.6. Risque d'incendie:

Le risque d'incendie de forêt est particulièrement présent sur tout le pourtour du bassin méditerranéen (JAPPIOT, 1999). La notion de risque résulte de confrontation d'un aléa et d'un enjeu (MAILLET ET LOCOMOTE, 1991). L'aléa correspond à la probabilité qu'un phénomène naturel se produise (CHOQUET, 1995), et l'enjeu aux vies humaines et aux patrimoines potentiellement menacés par le sinistre (MAILLET ET LOCOMOTE, 1991).

D'après JAPPIOT (1999), l'existence des risques naturels est liée à la présence des hommes dans un territoire où sont susceptibles de se produire des phénomènes naturels dangereux. Les incendies de forêt font partie des aléas naturels, au même titre que les inondations, les avalanches, les effondrements, les glissements de terrains, ...etc. Elles présentent par rapport aux autres risques naturels des spécificités parmi lesquelles :

Les causes des incendies sont dans la très grande majorité des cas anthropiques, qu'il s'agisse d'imprudence ou de malveillance;

Si, quel que soit le risque naturel, la protection des vies et des installations humaines représente l'enjeu principal, face au risque d'incendie, la préservation du patrimoine naturel devient un enjeu très important; Contrairement aux autres risques, les services de secours ont la probabilité d'intervenir sur l'évolution du phénomène physique à tout moment;

Le risque d'incendie est spatialement diffus : l'ensemble des espaces naturels est menacé. Le degré de risque est certes plus ou moins élevé selon les lieux mais le risque existe partout.

II.6.1. Risque lié à l'homme:

D'après **BOUDY (1952)**, c'est en Algérie que l'étude des causes d'incendies a été entreprise en détail et c'est le facteur humain qui joue un rôle prépondérant dans leurs causes originelles et leurs fréquences. Les riverains ont toujours incendiés la forêt pour se procurer des terres de cultures et de pâturage. L'imprudence a aussi sa part dans la propagation de l'incendie (charbonnier négligeant, passant jetant une allumette, etc.).

Selon **VALEZ (1999)**, parmi les causes ou origines des feux les plus fréquentes:

- Les bergers causent souvent des incendies en brûlant les forêts et les maquis pour favoriser la repousse d'une nouvelle végétation herbacée pour les animaux au pâturage;
- Les paysans utilisent aussi le feu afin d'éliminer les chaumes et de repousser la forêt pour faire place à l'agriculture;
- Les populations urbaines sont particulièrement insensibles au danger des incendies et leurs conséquences dangereuses (inconscience des fumeurs et des touristes qui font du feu pour cuire leurs aliments et qui est la source d'un grand nombre d'incendies) ;
- L'élimination des ordures par brûlage, qui est souvent effectuée sans prendre les précautions nécessaires et le risque d'incendie est grand;

Les principales causes en Algérie sont :

- Les bergers
- Les charbonniers;
- Les chercheurs de miel
- Le renouvellement de parcours, incinération des chaumes
- Echappements de véhicules
- Volontaires
- Pyromanie
- Inconnus.

II.6.2. Risque lié à la météorologie :

Les facteurs influençant l'origine et le développement des feux de forêt sont :

f. La température:

Dans les régions méditerranéennes, l'accroissement de la température s'accompagne souvent d'une baisse notable de l'humidité de l'air ambiant en période estivale (**Frederic, 1992**). La principale source de chaleur est le soleil, les combustibles exposés au soleil se réchauffent plus rapidement que ceux sous couvert forestier.

Le combustible végétal mort que constitue la litière est directement concerné par ce phénomène.

Le risque feu de végétation est donc grandissant au cours de la période estivale.

g. Le vent:

Le vent est le facteur atmosphérique le plus affectant d'un incendie de forêt. Il augmente la combustion et la propagation en :

- Augmentant l'apport de l'oxygène par le renouvellement de l'air;
- Asséchant les combustibles;
- Favorisant le réchauffement des combustibles à l'avant du feu;
- Influençant la direction de propagation du feu ;
- Transportant les étincelles ou autres matières enflammées sur de grandes distances (sauts de feu).

Par ailleurs, il est important de connaître les caractéristiques des vents dominant d'une région forestière, car le vent peut dans certaines circonstances être un auxiliaire précieux en dirigeant le feu vers une barrière naturelle ou artificielle qui peut arrêter leur propagation (ZOUAIDIA, 2006).

h. L'humidité relative:

C'est la proportion, exprimée en pourcentage, entre la vapeur d'eau effectivement contenue dans l'air et la capacité d'absorption de l'air à une température donnée (Arfa, 2008).

Les modifications que connaît la teneur en humidité relative, exercent des effets importants sur les matériaux combustibles. Si le contenu de l'air en humidité est élevé, les combustibles s'humidifient et deviennent difficilement inflammable. Par contre, si l'air est sec, le taux d'évaporation de l'humidité des combustibles sera plus élevé, ce qui augmentera l'inflammabilité de la forêt (ZOUAIDIA, 2006).

i. Précipitations:

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

Les précipitations exercent un effet direct sur la teneur en humidité des combustibles. Leur effet dépend de la lame d'eau précipité et de sa répartition dans le temps (Bekdouche, 2010).

En effet, une faible tranche pluviométrique répartie dans le temps présente un meilleur effet qu'une grande quantité de pluie précipité en un laps de temps très court. Elles constituent une aide précieuse pour l'extinction des incendies, puisqu'elles font disparaître les dangers du feu, en plus de refroidir et d'humidifier les corps des combustibles.

j. Stabilité De l'air:

La stabilité de l'air peut être définie comme la résistance de l'atmosphère au mouvement vertical, l'air instable amplifie le comportement du feu en favorisant le mouvement vertical (convection).

II.6.3. Risque lié à la topographie:

La topographie joue un rôle dans le comportement des feux de forêt en influençant la morphologie et la vitesse de propagation des incendies. Trois paramètres topographiques influencent les incendies à savoir : l'inclinaison du terrain, l'exposition des pentes au soleil et au vent, l'élévation des terrains. Contrairement aux agents atmosphériques, la topographie est un facteur constant dont il est possible de déterminer son influence (**GUENDOUL, 2011**).

d. Inclinaison du terrain:

L'inclinaison du terrain agit sur la colonne de convection. Plus la pente est abrupte, plus la colonne de convection est proche des combustibles situés en amont du feu. Ceux-ci se dessèchent alors facilement et prennent feu rapidement sous l'action de la chaleur émise par convection et par radiation. Le feu se propage donc plus vite et brûle avec plus de violence vers le haut de pentes abruptes que sur les terrains plats (**ZOUAIDIA, 2006**).

e. Exposition des pentes au soleil et au vent:

L'exposition joue un rôle indirect sur la progression d'un feu. La végétation est différente sur les versants chauds et frais. Un feu se propage plus facilement sur un versant exposé au vent que sur un versant sous le vent (**FAOUR ET AL, 2006**).

L'exposition des matériaux aux vents et au soleil accélère leur vitesse de dessèchement.

L'exposition des pentes affecte :

- La quantité de chaleur reçue par les combustibles
- Les vents locaux
- La quantité et le type de combustible.

L'intensité du rayonnement solaire dépend de l'angle horaire de sa déclinaison, de la latitude, de l'inclinaison du terrain, de la nébulosité et de la densité du couvert des arbres de la forêt. La durée de l'insolation joue aussi un rôle important dans la propagation des feux de forêt au cours de la journée.

En générale, les versants Sud et Sud-ouest présentent les conditions les plus favorables pour une inflammation rapide et pour la progression de feu.

f. Elévation du terrain:

Selon **GUENDOUL (2011)**, l'élévation du terrain au-dessus de la mer influe sur la composition de la végétation, sa teneur en humidité et son exposition aux vents. Elle affecte

par ailleurs, le comportement des incendies de forêt en modifiant la météo et la végétation:

- Modification de la météorologie avec l'altitude;
- La température baisse
- L'humidité relative augmente
- La vitesse du vent augmente
- Modification de la végétation avec l'altitude
- Le type de végétation
- Le taux d'humidité

II.6.4. Risque lié à la végétation ou au combustible:

Les combustibles constituent l'un des éléments nécessaires à la propagation d'un incendie. Six caractéristiques nous permettant d'analyser les combustibles et aussi prévoir le comportement qu'aura un incendie dans des conditions données à savoir : leur nature, leur grosseur, leur disposition, leur quantité, leur teneur en humidité, leur distribution.

a. Nature des combustibles:

D'après **Trabaud (1980)**, les espèces dominantes qui caractérisent les formations en raison de leur importance constitutive influent sur l'inflammabilité et la combustibilité des peuplements intrinsèques.

Trois types de combustibles du point de vue combustibilité :

- ✓ La combustibilité critique : ce sont les matériaux qui s'assèchent très vite et sont susceptible de s'enflammer facilement et de brûler rapidement. Donc forment un milieu idéal pour la naissance d'un feu de forêt. Exemples : les feuilles mortes, les aiguilles, les écorces et les herbes sèches
- ✓ Les matières à combustion lente : regroupent les corps ligneux, l'humus, les branches, les souches
- ✓ Les matériaux verts : matières ligneuses vivantes ; ils regroupent les arbres, le sous-bois, la végétation herbacées.

b. La grosseur des combustibles:

Elle affecte grandement l'intensité de la combustion. Plus le combustible est gros, la surface exposée à la chaleur pour une même quantité de matériaux est moindre que s'ils étaient petits. Donc les petits combustibles s'enflamment et brûlent rapidement.

c. Disposition des combustibles:

Les principaux critères qui interviennent dans l'apparition d'un feu dans un espace végétal, est la structure spatiale du combustible (recouvrement horizontal et stratification verticale)

Recouvrement horizontale : c'est la disposition relative d'un combustible par rapport un

autre. Elle influe sur le taux de progression et sur l'intensité du feu. Si les combustibles sont rapprochés, ils brûlent avec une grande intensité et la chaleur dégagée accélère le taux de progression de l'incendie;

Stratification verticale : la distribution des combustibles à partir du sol jusqu'à la cime des arbres, influe sur la vitesse de propagation et sur l'intensité et la catégorie du feu.

d. Quantité de combustible:

Quand la quantité de combustible est grande, l'intensité de la chaleur dégagée est plus élevée, donc un feu difficile à contrôler.

e. Distribution des combustibles:

Elle se réfère à la répartition des différentes essences forestières sur le territoire. Le feu se propage plus rapidement dans certaines essences que dans d'autres.

f. Teneur en humidité:

La teneur en humidité d'un combustible est le facteur le plus important affectant le comportement de feu. Elle détermine la probabilité d'ignition ou la facilité d'allumage, la vitesse de propagation et la quantité de combustible brûlé (**BEKDOUCHE, 2010**). Elle provient du sol, de la pluie, ou bien de l'atmosphère. Plus un matériau est humide, plus la quantité de chaleur requise pour évaporer l'eau qu'il renferme est grande. Donc les combustibles humides sont difficiles à allumer et brûlent lentement (**GUENDOUL, 2011**)

II.7. Méthodes d'évaluation du risque incendie:

L'évaluation des risques d'incendies n'est rien d'autre que la ou les méthodes qui consistent à évaluer et intégrer systématiquement les facteurs individuels et combinés qui influent sur les risques d'incendies (**OUADAH, 1998**).

Les méthodes d'évaluation des risques englobent, selon **GUENDOUL (2011)**, plusieurs indices liés soit aux combustibles ou la météorologie ou à l'homme, elle se rapportant à l'ensemble ou à une partie de ces derniers. il existe un certain nombre de méthodes d'évaluation des risques d'incendies dans le bassin méditerranéen, citons:

II.7.1. La méthode canadienne: méthode canadienne d'évaluation des dangers de forêt:

Elle se compose de quatre sous-systèmes :

- **Système IFM = indice forêt – météo:**

Il comporte six indices normalisés. Les trois premiers indiquent les variations journalières de la teneur en eau des trois types de combustibles forestiers ayant différents vitesses de dessèchement, et les trois autres se rapportent au comportement du feu, qui représente la vitesse de propagation, de la quantité de combustible brûlé de même que l'intensité de feu.

- **Système PCI = méthode de prévision du comportement des incendies:**

C'est un modèle d'évaluation du risque en fonction de la végétation. Il décrit les quatre comportements de l'incendie : vitesse de propagation, consommation des combustibles, intensité de l'incendie sous le vent et description de l'incendie (de surface ou de cimes).

- **Système POI = méthode de prévision des occurrences des incendies:**

Comporte plusieurs approches permettant de prévoir selon la région le nombre de feux allumés par la foudre ou par l'homme.

- **Système de l'humidité des combustibles secondaires:**

Leur rôle principal est de faciliter les applications particulières ou de répondre aux exigences spéciales des trois autres systèmes principaux. (**GUENDOUL, 2011**)

II.7.2. Méthode Française =méthode de détermination du risque de feu de forêt grâce au SIG:

Cette méthode repose sur un modèle mise au point par **DAGORNE ET DUCHE (1993)**, sur des zones similaires sur le côté Nord de la méditerranée. Elle vise à donner une valeur objective au risque de feux de forêt en prenant compte les caractères propre de la végétation, à l'espace-support et à l'occupation humaine du sol. Le modèle fait intervenir les trois principaux facteurs pour l'évaluation du risque de feu de forêt à savoir : le topo morphologie, le combustible et les activités humaines.

Le modèle repose sur la formule suivante :

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

IR : indice de risque de feu de forêt ; **IC** : indice de combustibilité ;

IH : indice d'occupation humaine ;

IM : indice topo morphologique.

II.7.3. Méthode Espagnole = Système intégré pour la détermination du danger d'incendie de forêt:

Elle a été mise en point par VELEZ-MUNOZ et porte le nom de : système intégré pour la détermination du danger d'incendie de forêt. Ce système est composé de 4 indices partiels et 2 indices intermédiaires qui combinés donnent l'indice « danger d'incendie de forêt ». La météorologie, le combustible, l'homme constituent le point de départ et chacun de ces facteurs, l'auteur affecte un indice de risque qui sont respectivement : l'indice météorologique de danger, l'indice d'inflammabilité et l'indice de causalité (GUENDOUL, 2011).

II.7.4. La Méthode turque:

Repose sur un modèle de cartographie du risque d'incendie qui a été développé par des universitaires Turques (ERTEN ET AL, 2004). Pour l'évaluation de risque d'incendies, le modèle fait intervenir 5 facteurs : le type de végétation(Tveg), la pente(P), l'exposition(E), la distance à partir les routes(Dr) et la distance à partir les agglomérations(Da) (GUENDOUL, 2011).

Le modèle repose sur la formule suivante :

$$IR= 7Tveg+5(P+E) + 3 (Dr+ Da)$$

Pour les 4 méthodes étudiées, le climat et la végétation et l'homme sont les 3 composantes de bases des systèmes d'évaluation mais l'importance accordée à chaque composant n'est pas la même pour toutes les méthodes ce que apparaît le tableau ci- dessous.

Tableau n°3: Poids de chaque composant dans la structure des méthodes globales.

Composante	Méthode Française	Méthode Canadienne	Méthode Espagnole	Méthode Turque
Météo ou espace-support	12.5%	33%	56%	33.33%
Végétation	62.5%	33%	22%	46.66%
Homme	25%	33%	22%	20%

Source : GUENDOUL (2011)

II.8. Les incendie des forêts dans le bassin méditerranéen :

Après des siècles d'interactions positives entre les hommes et la nature, les dernières décennies ont été désastreux pour les forêts de la Méditerranée. La dégradation s'accélère, si l'on n'agit pas tout de suite, l'équilibre écologique des forêts sera détruit pour toujours

(BENDERADJI ET AL, 2004)

Le Bassin Méditerranéen n'échappe malheureusement pas à cette logique du feu puisque les feux de forêts y représentent une part non négligeable des incendies de la planète **(ALEXANDRIAN ET AL, 1999 IN CHERIFI, 2017)**.

En région Méditerranéenne, le feu a toujours fait de paysage méditerranéen et ce depuis que sa présence fut favorisée par un climat estival sec, caractérisé par une absence presque totale de précipitations et la présence de végétation xérophile .Les paysages méditerranéens ne représentent pratiquement jamais des stades qu'on appelle climacique où la végétation, le sol et climat sont en équilibre stable **(BERBERO, 1988 IN GHERABI, 2013)**

Chaque année, les feux de forêt détruisent environ 500 000 hectares de végétation en Europe, particulièrement en région méditerranéenne. On note en 2007 que cinq pays (Portugal, Espagne, France, Italie et Grèce) ont à eux seuls, dépassé ce bilan annuel avec plus de 575 000 hectares brûlés **(CHRISTOPHE, 2010)**.

La figure n°5 résume les degrés de gravité des pays touchés par les incendies de forêt dans le bassin méditerranéen :

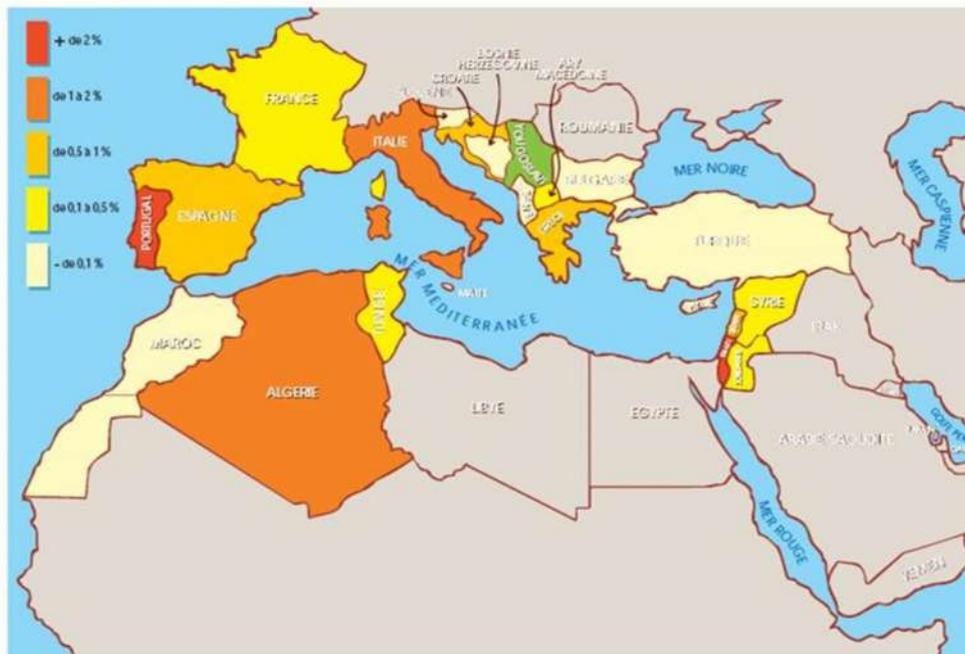


Figure n°5 : Le Degrés de gravités des incendies de forêt méditerranéenne (FAO ,2001)

Le Portugal, avec un degré de risque très élève (+2 %), est en tête des pays méditerranéens, suivit par l'Algérie et l'Italie avec un degré de gravité de 1 à 2 %, alors que le Maroc, Lybie, Egypte ont un degré presque nul (- de 0.1%).

II.9. Les incendie des forêts en Algérie:

Dans le contexte du bassin méditerranéen, l'Algérie est l'un des pays où le problème des feux

de forêts, assez par très étudiée la communauté scientifique, se pose avec acuité par son impact dévastateur: si en valeur absolue la superficie brûlée restent.

Relativement modestes au regard d'autres pays du pourtour méditerranéen, la rareté des forêts et menaces de désertification font que ces incendies ont un impact particulièrement désastreux. L'Algérie ne possède en effet que 4,1 millions d'hectare de forêt, soit un taux de boisement de 1,76%. Or la fréquence rapprochée des incendies qui se suivent avec un intervalle de retour de moins de 10 ans a un impact catastrophique sur le plan écologique.

En Algérie comme ailleurs, un nombre réduit de feux de forêt provoque la destruction de surfaces importantes et participe à une très large part du bilan des surfaces parcourues. (MEDDOUR ET AL, 2013).

Le risque d'incendie de forêt constitue, avec le risque de sécheresse et le risque de désertification, un problème crucial qui touche plusieurs régions d'Algérie mais sans grand impact sur la société d'où la nécessité d'un important travail de sensibilisation auprès du public sur ces risques (BELKAID, 2016).

La figure n°6 expose l'évolution annuelle des superficies parcourues par les incendies (1963-2009).

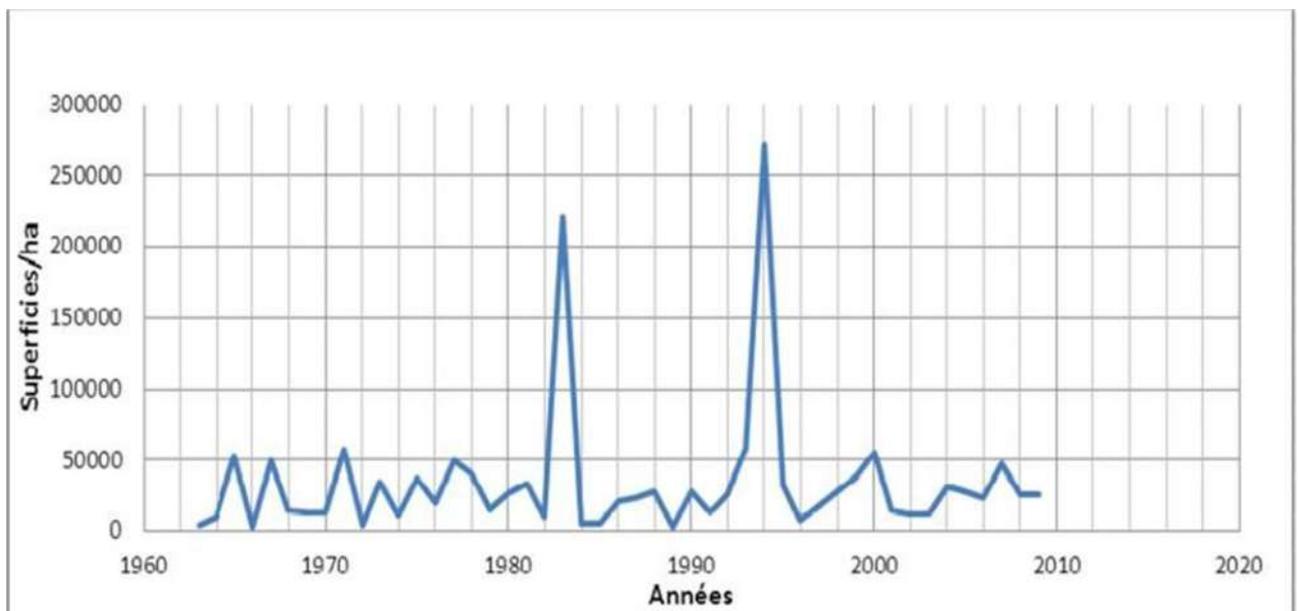


Figure n° 6 : Evolution annuelle des superficies parcourues par les incendies (1963-2009). (Source: MIHI, 2012)

La figure n°6 résume l'évolution annuelle des superficies par les incendies durant la période (1963-2009), la période entre (1980-1990) enregistre un grand incendie avec superficie (200000 ha) et entre (1990-2000) enregistre une superficie dépassant (250000 ha).

Durant la période allant de 1985 à 2006, la forêt demeure la formation végétale la plus

touchée par le feu. Cet état de fait nous renseigne sur le fait que la forêt reste la formation végétale qui subit le plus de pression. Par ailleurs, l'importance des superficies incendie obéit à la forte densité de la végétation. En effet, plus la quantité de combustible est importante, plus le degré d'ignition s'élève, plus l'intervention pour l'extinction devient difficile, surtout que la majorité de nos massifs forestiers se situe sur des terrains marginaux difficile d'accès et fortement pentus (ABDI, 2014).

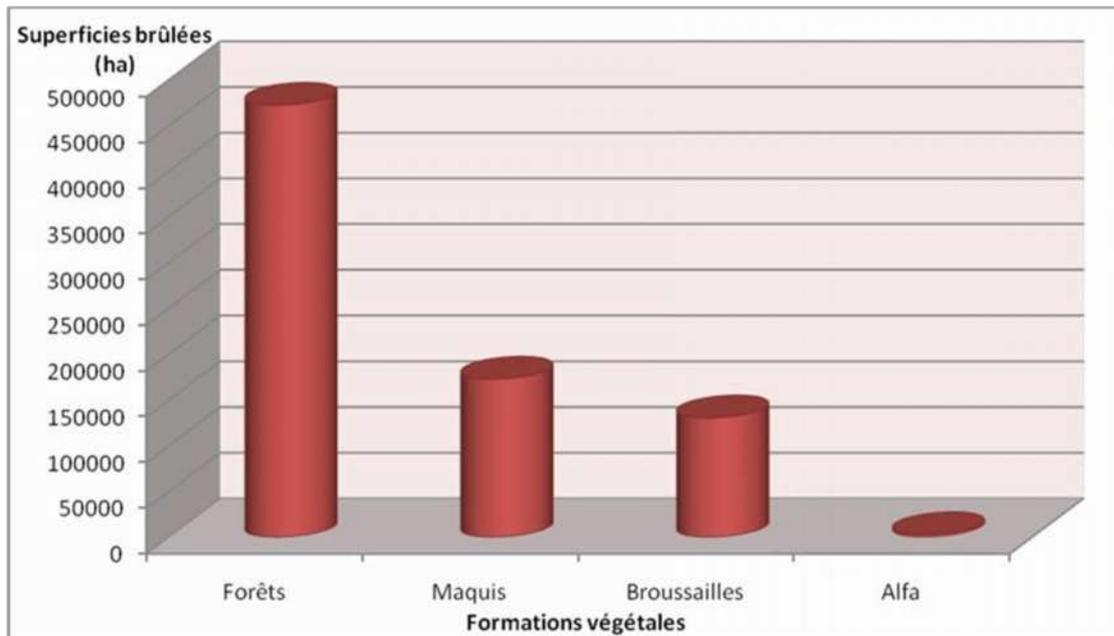
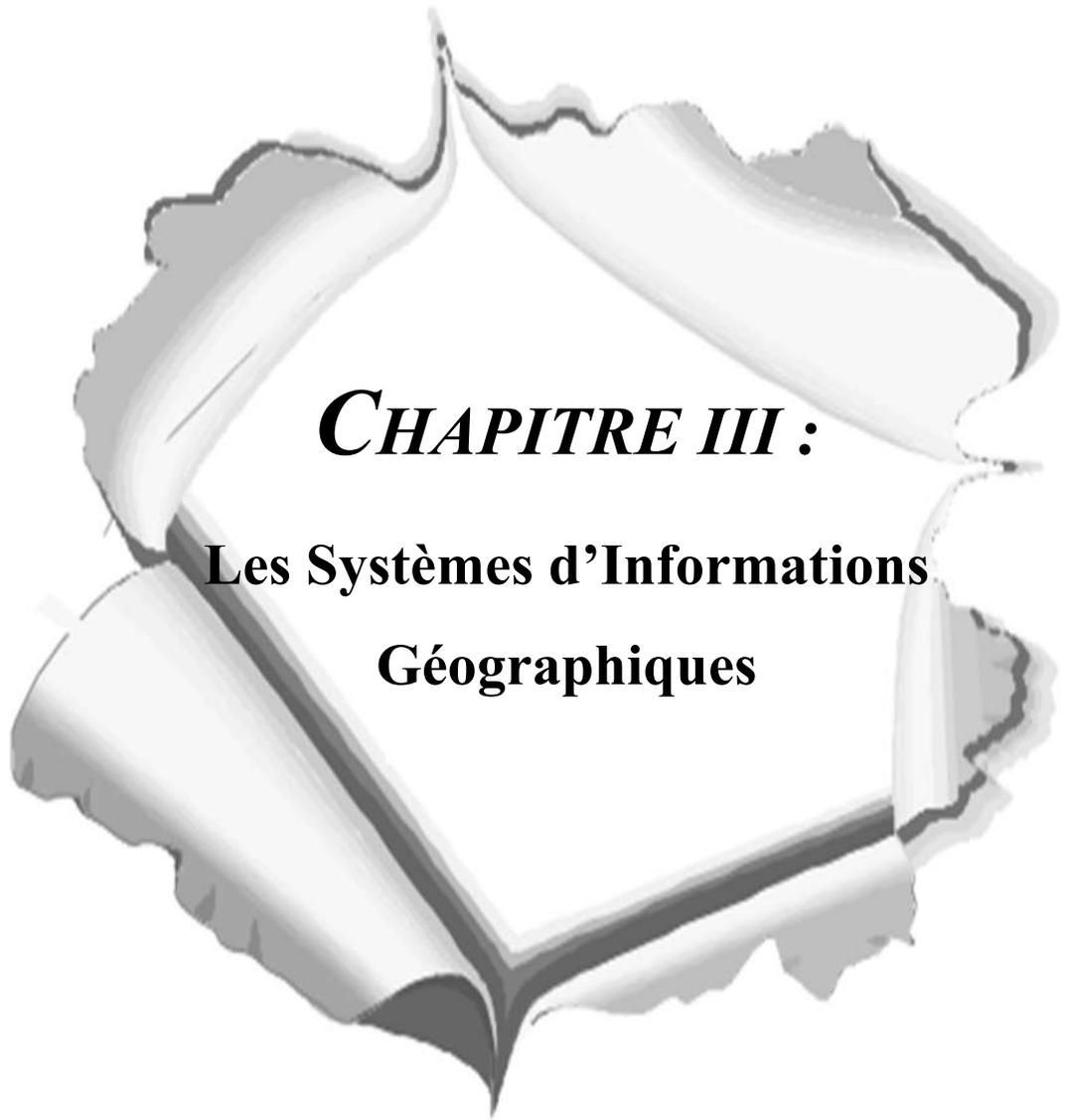


Figure n°7 : Formation végétale des incendies de forêt en Algérie (1985-2006) (ARFA, 2008)

A travers la figure n°7, on remarque que pour les 4 classes de formation végétales en Algérie, la forêt est la classe la plus dominante avec une superficie de 500,000 ha par rapport aux autres classes, pour les maquis et broussailles la superficie ne dépasse pas 220 000 ha, et la classe de l'Alfa presque nulle.



CHAPITRE III :

**Les Systèmes d'Informations
Géographiques**

III. Les Systèmes d'Informations Géographiques:

Introduction:

La première application informatique à la cartographie remonte aux années 60, à l'époque des cartes perforées. Ce sont les Canadiens qui, les premiers, ont ressenti la nécessité de gérer de manière automatique les informations, essentiellement agricoles et géologiques, disponibles sur leur vaste territoire ce qui a mené à l'apparition de « Canada Geographic Information System CGIS ». **KAYDJANIAN (2002)**.

Les SIG sont largement utilisés : Pouvoirs publics, gestionnaires de réseaux (transports, télécommunications, eau, énergie), parcs nationaux, bureaux d'études, organismes scientifiques **BRICE (2002)** et dans différents domaines traitant de la variabilité des ressources naturelles tels que la planification de l'occupation du sol. **HAMMER ET AL (1991)**

III.1. Que recouvre un système d'information géographique ?

De nombreuses définitions existent. D'une manière générale, on admet qu'il s'agit d'un système informatique qui doit assurer les fonctions de saisie, d'analyse et de restitution des données localisées dans l'espace. **KING (1994)**

Avec une définition aussi large, on englobe certains domaines spécifiques, comme la télédétection, la géostatistique, etc. l'essentiel est de retenir qu'un SIG ne se limite pas à la gestion de données, mais qu'il doit contenir des fonctions d'analyse et de modélisation spatiale.

III.2. Définition d'un système d'information géographique:

D'après la société française de photogrammétrie et de télédétection « Un système d'information géographique comme un ensemble organisé de matériels informatiques, de logiciels, de données géographiques et de personnel, qui permet de saisir, stocker, mettre à jour, analyser et présenter toutes formes d'informations géographiquement référencées ». « Un système d'information géographique (SIG) comme un ensemble de matériel et logiciel autorisant le recueil, la saisie, la codification, la correction, la manipulation, l'analyse et l'édition graphique des données géographiques spatiales ». **DAGORNE (1991)**

« Un Système d'Information Géographique est un ensemble de données numériques, localisées géographiquement et structurées à l'intérieur d'un système de traitement informatique comprenant des modules fonctionnels permettant de construire, de modifier, d'interroger, de représenter cartographiquement, la base de données, selon des critères sémantiques et spatiaux ». **GILLIOT (2000)**

« Un Système d'Information Géographique est un ensemble de données structurées de façon à

pouvoir en extraire des synthèses utiles à la décision ». **BURROUGH (1986)**

« Un système d'information géographique se construit en fonction des objectifs qui lui sont attribués. Selon **JOLIVEAU (1996)**, les SIG suivent tous une séquence type partant de l'inventaire et la collecte des données, Pour s'élever ensuite à l'analyse et la combinaison spatiale complexe mobilisant des outils statistiques avant d'aboutir à la phase ultime de mise en œuvre de méthodes sophistiquées d'aide à la décision ».

III.3. Les domaines d'applications des SIG:

De nos jours, le SIG est utilisé dans plusieurs types d'organisation tels les administrations nationales et locales, les agences d'environnement, les compagnies pétrolières, les banques, les universités...etc. La mise en œuvre d'un SIG, l'importance des moyens en termes d'équipement, les ressources humaines, les données et les objectifs peuvent varier considérablement d'une application à un autre.

Néanmoins, 4 domaines d'applications peuvent être distingués, du plus simplement au plus complexe de la façon suivante :

- cartographie,
- gestion,
- analyse,
- modélisation.

III.4. Les composantes d'un SIG:

Un SIG combine une série de composantes pour faire fonctionner le système. Il intègre cinq composantes clés. Suivant leurs qualités, ces composantes sont essentielles pour le bon fonctionnement d'un SIG.

III.4.1. Le Matériel:

Le matériel est le système informatique sur lequel un SIG fonctionne. Aujourd'hui, les SIG fonctionnent sur un large éventail de types de matériel, des serveurs centralisés aux ordinateurs personnels (PC) utilisé en autonomie ou selon des configurations en réseau.

III.4.2. Les Logiciels:

Les SIG fournissent les fonctions et les outils requis pour stocker, analyser, et afficher les informations géographiques. Parmi les logiciels qui traitent ces informations géographiques on peut citer :

- **SIG généralistes** : Arc info, MGE, Small World, Geomédia, Dynamo et Dynagen, SPANS.
- **Traitement d'Images** : Imagine, Idrisi.

- **Serveur de données** : Geostask sever, SDE, Spatial cartridge d'Oracle
- **Traducteur et changement de formats** : FME Professional ; Image Alchemy
- **SIG de bureau (Desktop GIS)** : MapInfo Professionnel, Vertical Mapper, Virtual Frontier, Pavan, ArcView, Geoconcept, Manifold.
- **Logiciels de géostatistique** : interpolation Surfer, Variowin, Idrisi, Geostat office.

III.4.3. Les Données

Est peut-être la composante la plus importante d'un SIG. Un SIG peut intégrer les données spatiales avec d'autres ressources en données existantes, souvent stockées dans un SGBD. L'intégration des données spatiales et des données attributaires est une fonctionnalité clé d'un SIG.

III.4.4. Les Personnes

Les SIG sont de valeur limitée sans les personnes qui dirigent le système et élaborent des plans pour l'appliquer à des problèmes réels. Les utilisateurs de SIG vont du technicien qui conçoit et maintient le système à ceux qui l'utilisent pour les aider à effectuer leur travail quotidien (par exemple le gestionnaire et le thématicien).

La claire identification des rôles de chacun des acteurs est souvent signe de bonne mise en oeuvre d'un SIG.

III.4.5. Les méthodes

Le succès de la mise en application d'un SIG est fonction de la bonne conception du plan de sa mise en oeuvre selon des méthodes et des pratiques propres à chaque organisation.

III.5. Le fonctionnement des SIG:

Un SIG est composé schématiquement de 4 principaux sous-systèmes. Ce sont :

- **L'acquisition des données** : permet de saisir, collecter, et transformer les données spatiales et thématiques sous forme numérique.
- **Le stockage et gestion des données** : permet de structurer les données spatiales et des attributaires, dans une forme qui leur permettent d'être rapidement mobilisées par l'utilisateur pour diverses opérations.
- **La manipulation et l'analyse des données** : permet de définir et d'exécuter un traitement spatial sur les données pour produire des informations dérivées.
- **L'affichage et restitution des données** : permet de produire des documents graphiques tels les cartes, rapports et graphiques qui représentent des produits dérivés de l'information originale.

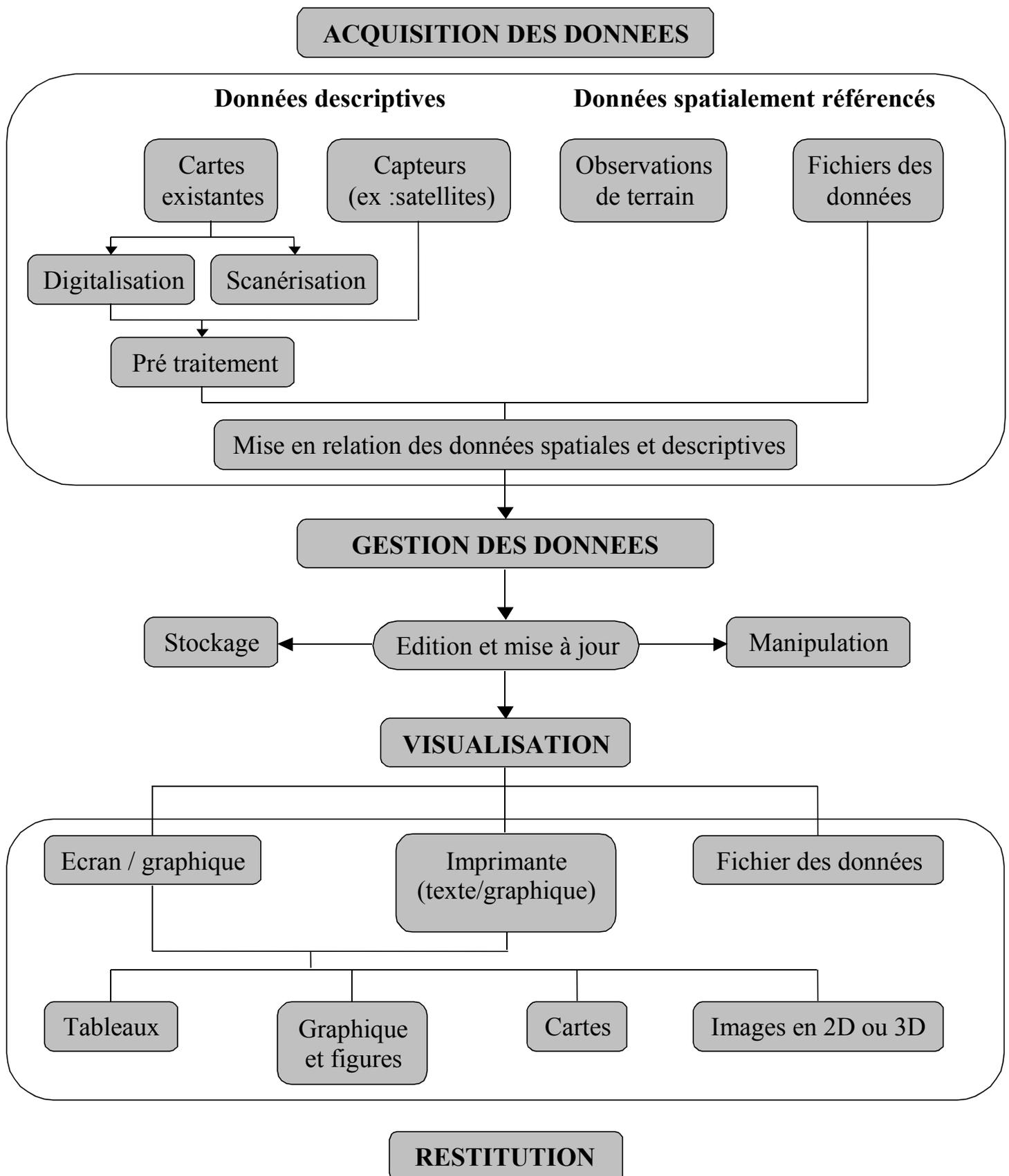


Figure n°8: Fonctionnalité d'un SIG (IN ANTEUR DJ.2008)

III.6. Les données dans un SIG:

Quand nous considérons une carte, deux types de données sont à prendre en compte:

- **Les données spatiales** : décrivent l'emplacement absolu et relatif des objets géographiques ainsi que leur étendue et leurs relations.
- **Les données attributaires (ou données descriptives)**: décrivent par la légende et les symboles les caractéristiques quantitatives ou qualitatives des objets géographiques.

III.7. Données spatiales:

Quand nous considérons une carte, si nous faisons l'abstraction des symboles, toutes les caractéristiques géographiques qui sont représentées peuvent être caractérisées par l'un de trois types d'objets graphiques suivant: points, lignes, et polygones.

- Les données ponctuelles existent quand un objet est associé à un emplacement unique dans l'espace. Emplacement des villes etc.
- Les données linéaires existent quand l'emplacement d'un objet est décrit par une chaîne de coordonnées spatiales. Rivières, routes, canalisations.
- Les données surfaciques existent quand un objet est décrit par une chaîne fermée de coordonnées spatiales. Un objet surfacique fait généralement référence à un polygone. Limites administratives, zones climatiques.

III.8. Les modèles de données spatiales dans un SIG:

Deux modes sont utilisés pour numériser et stocker les données géographiques. Ils correspondent à deux types d'unité spatiale d'observation:

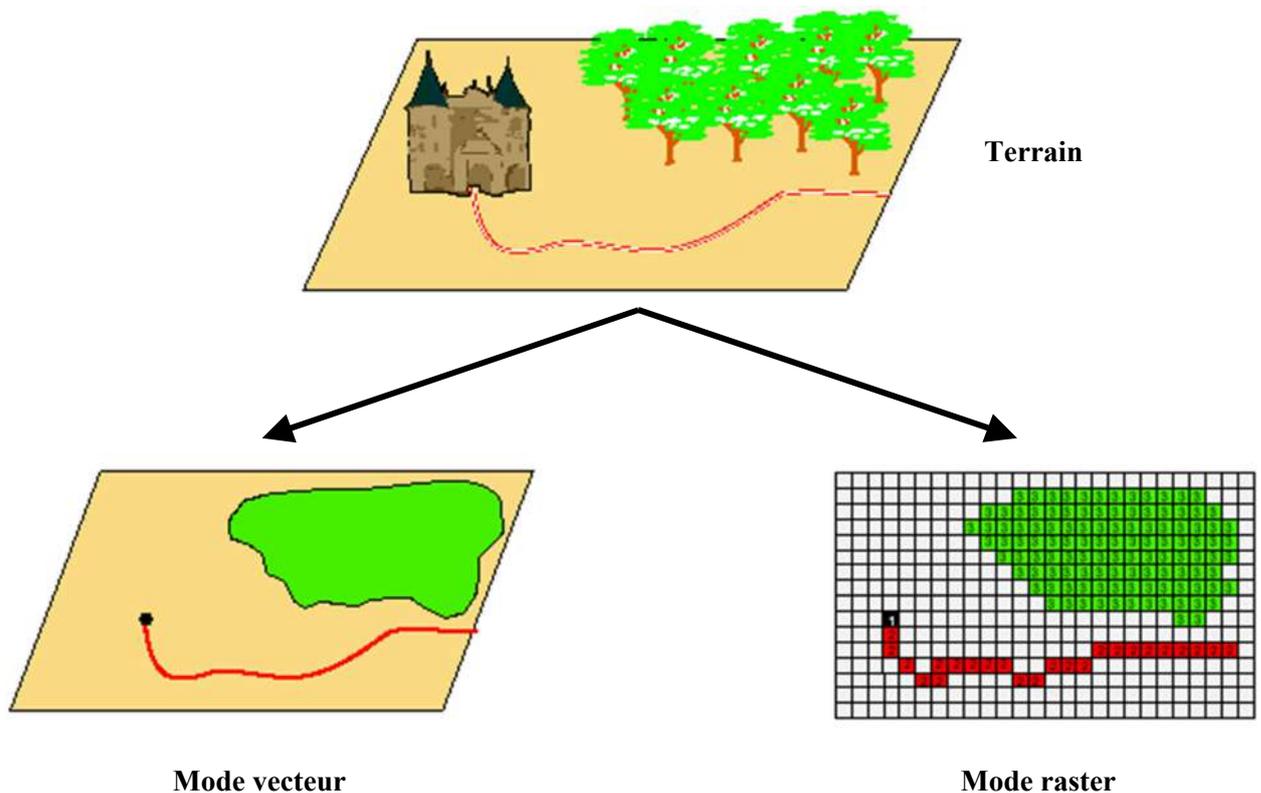


Figure n° 9 : Modes de représentation

III.8.1. Format de données vecteur:

Les objets graphiques sont représentés par des vecteurs (lignes orientées) qui permettent leur représentation précise.

- les objets ponctuels sont définis par une paire de coordonnées,
- les objets linéaires sont constitués d'une série de segment constituant un arc terminé à ses deux extrémités par un nœud,
- les objets surfaciques sont définis par un ensemble d'arcs de paires de coordonnées clôturées,
- deux principales structures de données vectorielles existent,
- la structure des données topologiques,
- la structure des données issues de logiciel de dessin assistées par ordinateur (DAO) (ou format spaghetti).

La structure topologique des données décrit les relations spatiales entre les objets géographiques. Elle est basée sur la théorie des graphes en mathématique. Ce modèle contient l'arc et le nœud. L'arc est une série de points, reliés par des segments de ligne droite, commençant et se terminant par un nœud.

Le nœud est un point d'intersection où deux arcs ou plus se réunissent. Un polygone est

composé d'une chaîne fermée d'arcs. Deux polygones adjacents partagent le même arc.

La structure des données de type DAO comprend des éléments graphiques, définis par des chaînes des points pour représenter les objets géographiques. Et ces éléments graphiques ne comportent aucune relation : absence des nœuds, pas d'arcs communs entre deux polygones adjacents. Il y a une redondance considérable avec ce modèle de données puisque le segment limitant deux polygones est stocké deux fois.

III.8.2. Formats des données raster:

Les modèles de données raster comprennent l'utilisation d'une structure des données en grille où la zone géographique est divisée en mailles (ou pixel) identifiées par ligne et colonne. Cette structure des données est également appelée trame. La dimension des mailles dans une structure donnée raster est sélectionnée sur la base de données et de la résolution requise par l'utilisateur.

La topologie n'est pas un concept approprié pour les données au format raster puisque la contiguïté et la connectivité sont implicites dans l'emplacement d'une maille particulière au niveau de la matrice de données.

- **Forme des mailles :** Plusieurs structures de données raster existent. La structure maillée la plus populaire est la structure de matrice régulièrement espacée ou trame. Chaque cellule est de la même forme et dimension. Les carrés sont le plus généralement utilisés.
- **Résolution :** Comme l'espace géographique est rarement constitué par des formes régulièrement espacées, les mailles doivent avoir une taille appropriée de la résolution pour une couche de données particulière est un problème délicat. Une taille trop grossière peut entraîner la généralisation excessive des données. Par contre une taille trop fine de cellule peut accroître de façon inconsidérée le volume donné et rallonger les temps de traitement.

III.8.3. Approche image ou objet:

Les systèmes d'approche images gèrent de grandes quantités d'information bien que des techniques efficaces de compression existent, car ils stockent l'information de toutes les cellules es images, quel que soit son intérêt. Par contre, l'avantage est que la zone d'étude est découpée de manière régulière et uniforme en unités d'observations arbitraires. De ce fait, ces systèmes sont plus performants que l'approche alternative objet pour taches d'analyse, particulièrement pour l'analyse de distributions spatialement contenues telles que l'altitude, la distribution de quantité de précipitation ou de biomasse. Le deuxième

objet de la structure raster est sa similitude avec l'architecture interne des ordinateurs.

Cette approche est efficace pour l'application de modèles numériques environnementaux tels que l'évaluation des risques potentiels d'érosion des sols ou l'aptitude à la gestion forestière. De plus, comme les données de télédétection ont cette structure raster, elles peuvent être directement traitées par un tel système.

En comparaison à l'alternative image, l'approche objet n'offre pas de grandes capacités d'analyse de distributions spatialement continues. Par contre ils sont très performants pour l'analyse de flux de réseau et sont aussi capables de réaliser les opérations fondamentales spécifiques aux SIG. Pour beaucoup d'utilisateurs, ce sont les qualités de gestion de la BDG et de représentation cartographique qui rendent l'approche vecteur attractive. Il existe une grande similitude entre la logique de représentation numérique et cartographique de l'approche vecteur et celle de la cartographie traditionnelle, le traceur à plume remplaçant le dessin manuel. C'est une des raisons de son attrait dans les applications cadastrales et municipales où les tâches de production de cartes et de gestion des données sont prédominantes.

On voit donc que ces deux systèmes ont des points forts inhérents à leur manière de représenter et de gérer l'information spatiale.

Entre ces deux modes nous pouvons faire la comparaison suivante.

Tableau n° 4 : Comparaison entre les deux modes de données

	Données vecteur	Données raster
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - Les formes originales sont préservées sans généralisation. - La production graphique est proche de la représentation cartographique traditionnelle. - L'emplacement géographique exact des données est maintenu - La topologie est adaptée pour l'analyse de réseau et la proximité. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'emplacement géographique de chaque cellule est impliqué par sa position dans la matrice. - En raison de la nature de la technique de stockage des données l'analyse de données est généralement facile et rapide. - La nature même des données raster est bien adaptées pour la modélisation et l'analyse. - Les données discrètes comme les données continues sont faciles à intégrer.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - L'emplacement de chaque sommet doit être stocké explicitement. - La structure topologique implique un contrôle d'intégrité relativement lourd. - Les algorithmes pour l'analyse spatiale sont complexe. - Les données de type continues ne sont pas efficacement représentées en forme vectorielle. - L'application du filtre dans les polygones est impossible. 	<ul style="list-style-type: none"> - La dimension de cellules détermine la résolution à laquelle les données sont représentées. - Il est difficile de représenter convenablement les caractéristiques linéaires selon la résolution de la cellule.

Conclusion:

Les SIG sont devenus très performants grâce aux progrès effectués sur les logiciels et sur les matériels. Ils permettent de traiter rapidement et efficacement des volumes importants de données. La mise à disposition de données à jour concourt à faciliter la mise en œuvre d'applications utilisant l'Information Géographique et permet d'assurer des résultats de qualité. Les méthodes de diffusion et de stockage évoluent-elles aussi rapidement et l'apparition de bases de données réparties modifie les habitudes, les méthodes et les organisations et permettent une prise de conscience de la nécessité d'avoir recours à de tels systèmes



CHAPITRE IV :

***Présentation de la zone
d'étude***

IV. Présentation de la zone d'étude:

IV.1. Présentation de la forêt de zakour :

IV.1.1. Situation géographique de la zone d'étude:

La forêt domaniale de Zakour est située au Nord-Est de la commune d'El- Mamounia. Elle est située entre la longitude 0°8' et 0°10' Est et la latitude 35°26' et 35°26' Nord, S'étend sur une superficie de 126,8 ha.

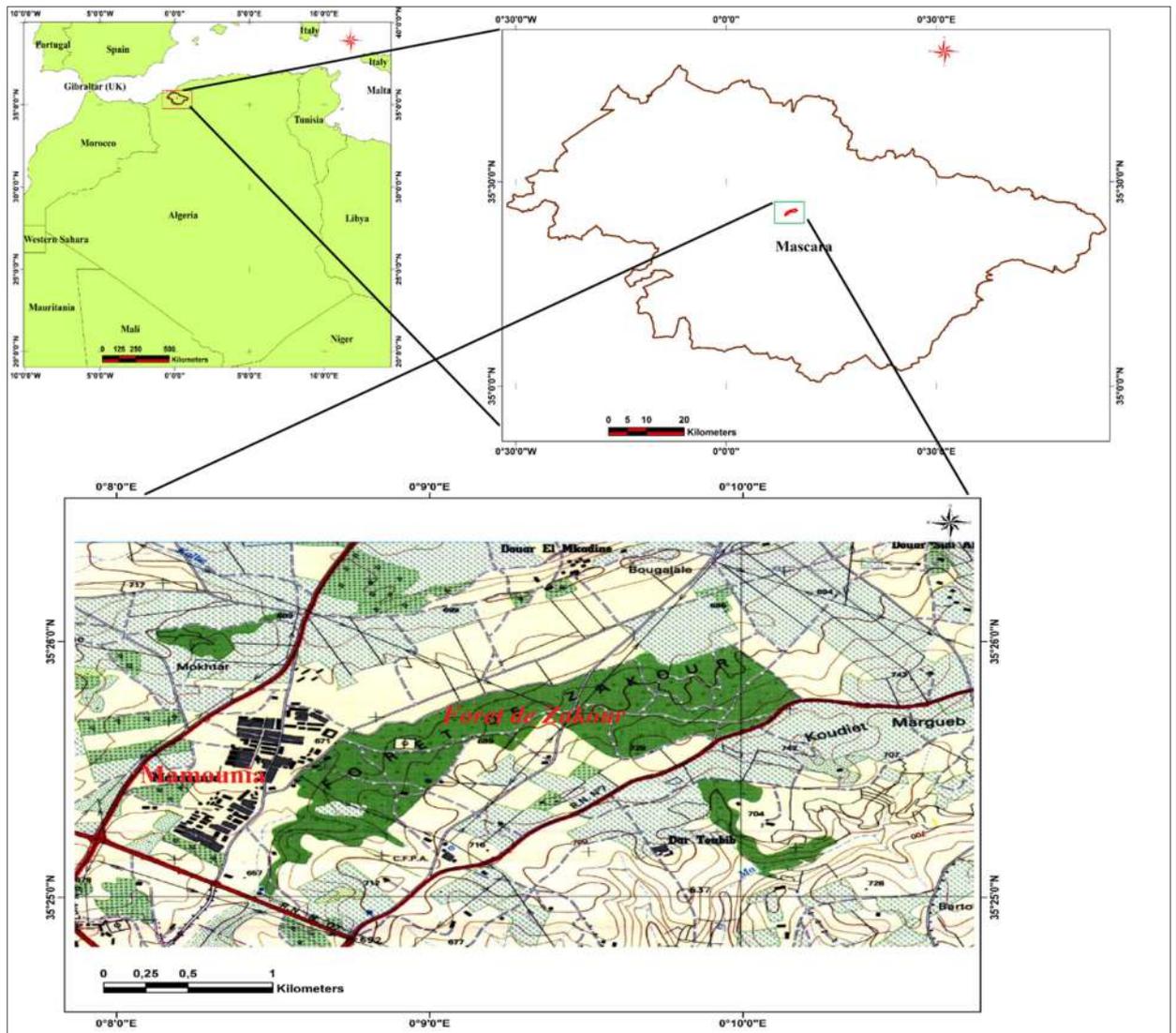


Figure n°10 : Localisation géographique de la forêt de Zakour (Mamounia- Mascara), ANTEUR DJ

IV.1.2. Cadre géomorphologique:

A partir du MNT, il est possible de tirer de nombreuses informations. Selon la méthodologie d'approche les plans à dériver sont : la pente L'exposition des versants,

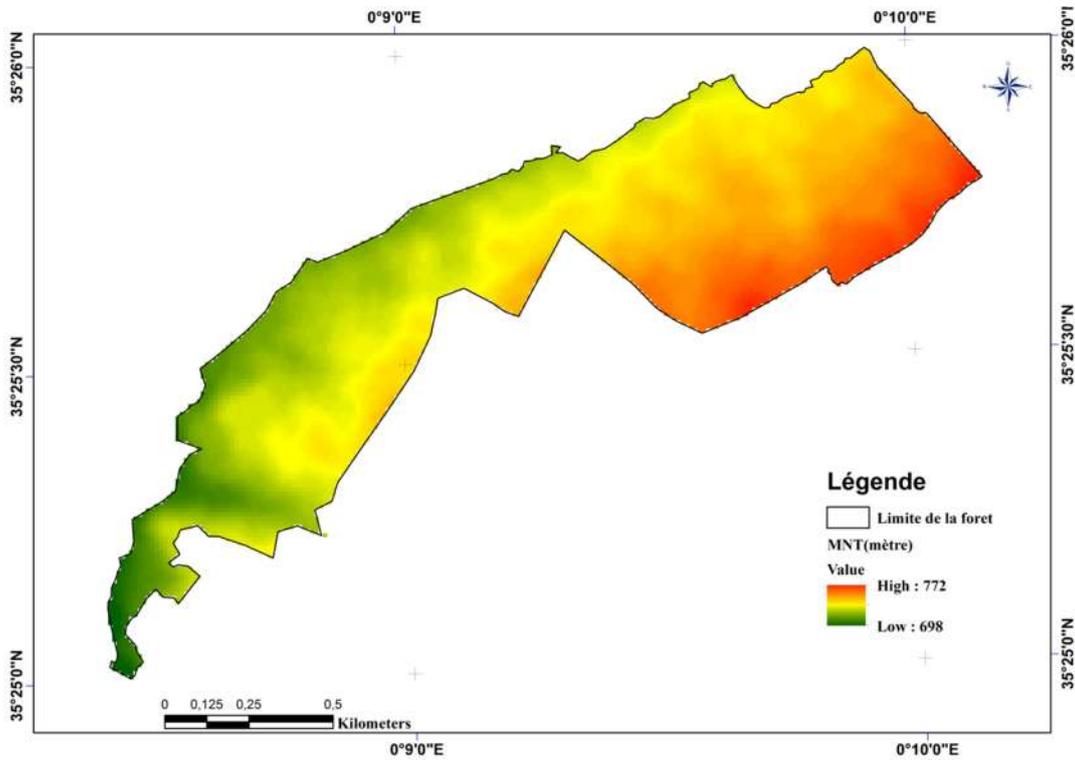


Figure n° 11 : Le modèle numérique de terrain de la forêt de Zakour.
 (Source MNT, ASGTM, 12 mètres de résolution), (Dr.Anteur)

IV.1.2.1. L'Altitude :

L'influence du relief est encore plus évidente sur la répartition des espèces médicinales .Le relief est indiqué sur la carte topographique par la disposition et la valeur des courbes de niveau. La carte qui différencie les tranches d'altitude est appelée, carte hypsométrique. Carte hypsométrique. Elle est caractérisée par un terrain montagneux à une altitude minimale de 686 mètres et une altitude maximale de 772 mètres.

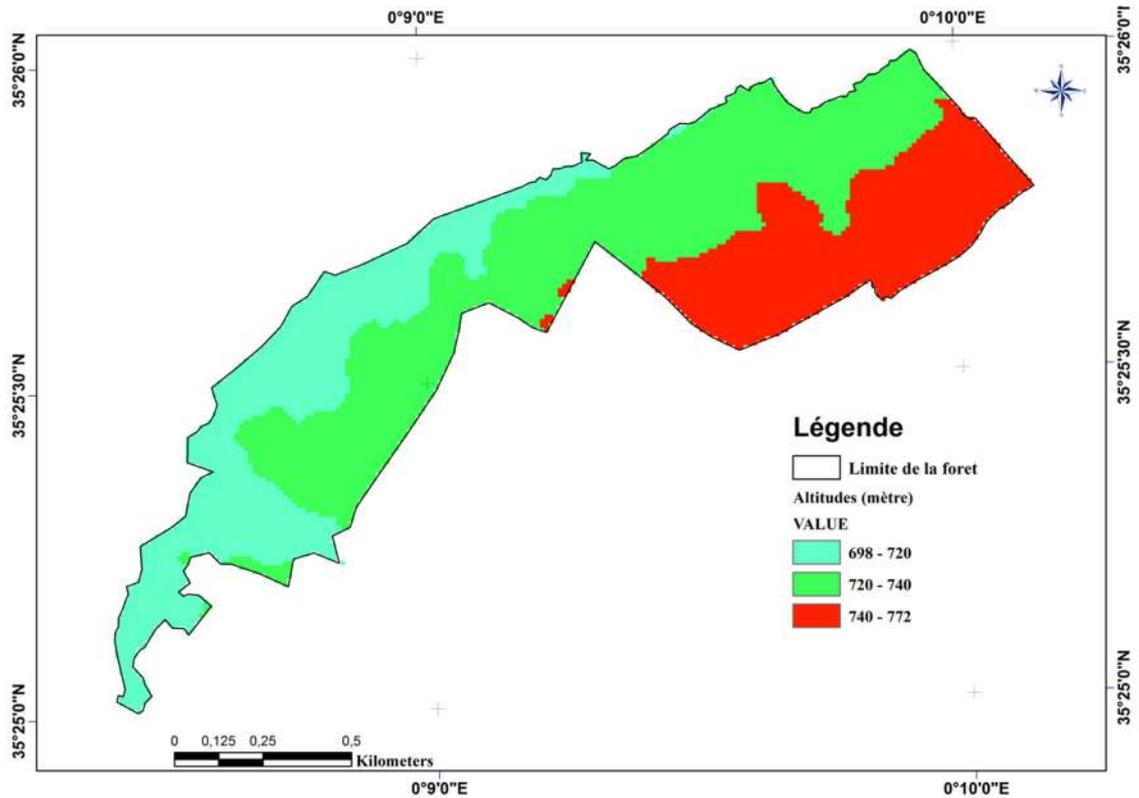


Figure n° 12 : Carte hypsométrique de la forêt de Zakour.
(Source MNT, ASGTM, 12 mètres de résolution), (Dr.Anteur)

IV.1.2.2. La Pente:

La carte des pentes est considérée comme une couche importante dans le domaine des aménagements de territoire, en générale, et dans les études de bassin versant, en particulier.

La pente est un facteur important dans plusieurs phénomènes hydrologiques au sein d'un bassin versant. Cette inclinaison est influencée par la roche en place, les sols, le ravinement, la distribution et la quantité des pluies et l'activité de l'homme.

Son extraction automatique à partir du MNT permet le calcul de la pente en chaque pixel du bassin. La couche résultante n'est pas figée, on peut à tous moment, par une analyse monocouche, d'établir une classification des pentes selon la problématique étudiée.

En termes d'incendie de forêts, l'effet de la pente est dans la modification de l'inclinaison des flammes par rapport au sol, ce qui favorise les transferts thermiques vers la végétation située en amont. Par conséquent, plus la pente est forte et plus le risque augmente. Ce paramètre a son impact également sur la difficulté d'accessibilité pour la lutte contre les incendies ou ce qu'on appelle les parades. La pente, du site d'étude, varie entre 0, pour les pixels horizontaux, jusqu'à 75% pour les zones les plus inclinées. Ces dernières se localisent surtout à l'extrême Est de la zone d'étude.

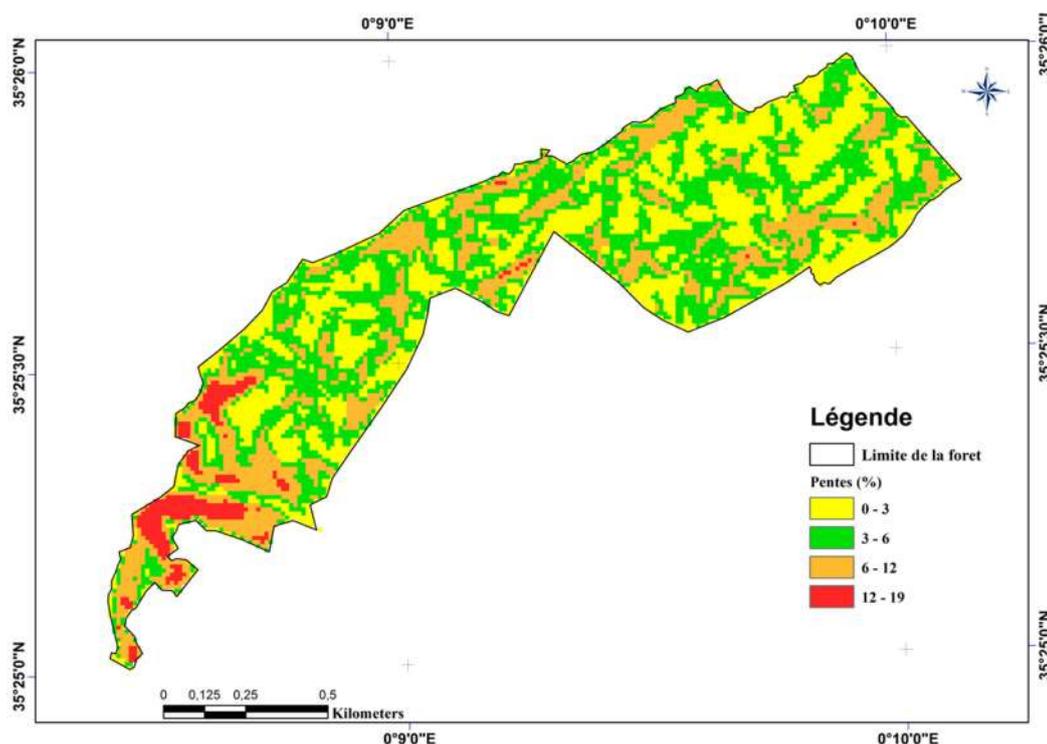


Figure n°13: La répartition des classes des pentes de la forêt de Zakour.

(Source MNT, ASGTM, 12 mètres de résolution) (Dr.Anteur)

IV.1.2.3. Exposition:

L'influence de l'orientation des versants sur la végétation est déterminée par l'intermédiaire de fonctions telles que les ensoleillements et l'humidité (des facteurs favorables pour la régénération des groupements végétaux

On peut dire que la zone d'étude est orientée sur les quatre directions en inégalité. L'exposition Nord peut avoir une quantité importante d'humidité vue qu'elle reçoit l'aire de la mer. Tandis que la partie orientée vers le sud et l'Est reçoit une quantité importante d'ensoleillement. ces deux facteurs (ensoleillement, humidité) sont parmi les paramètres déterminant le type de végétation de la zone d'étude. Ceci influence la température et l'humidité de l'air qui influence le risque d'éclosion et de propagation des feux. Le calcul des expositions à partir du MNT produit un raster qui contient des valeurs exprimées en degrés, avec le nord comme origine.

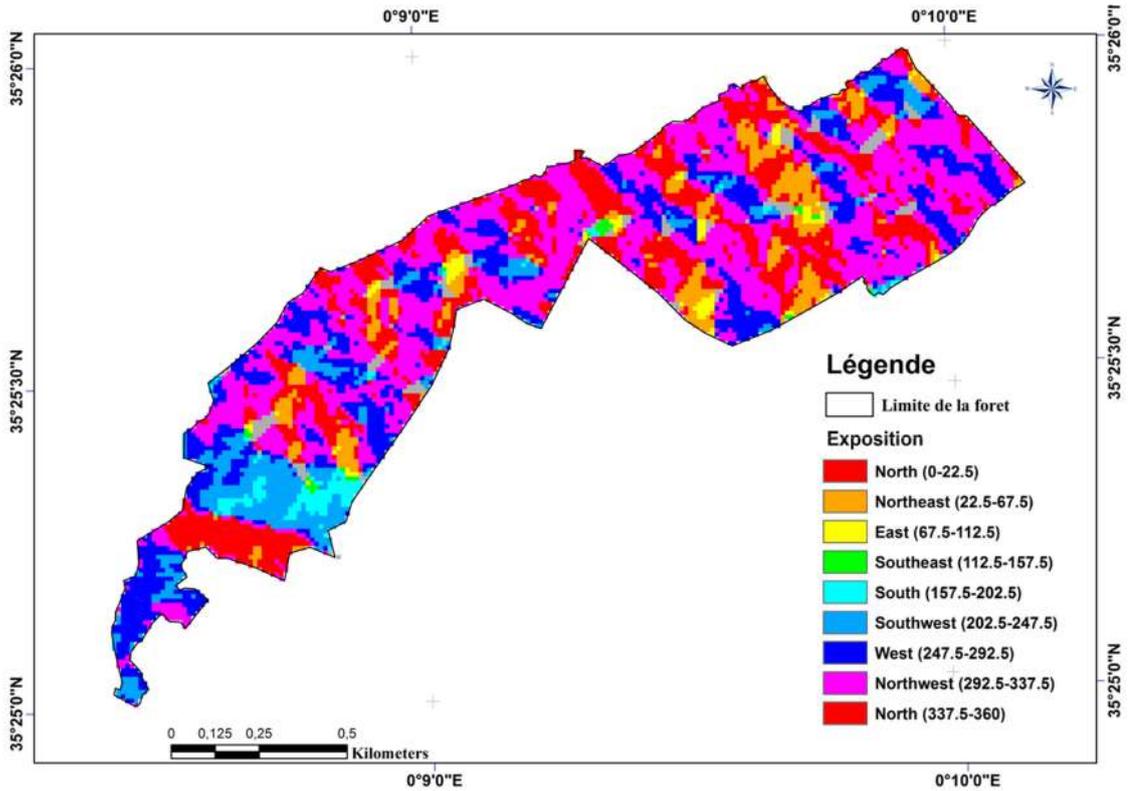


Figure n°14 : La carte d'expositions de la forêt de Zakour.
 (Source MNT, ASGTM, 12 mètres de résolution) (Dr.Anteur)

La géologie :

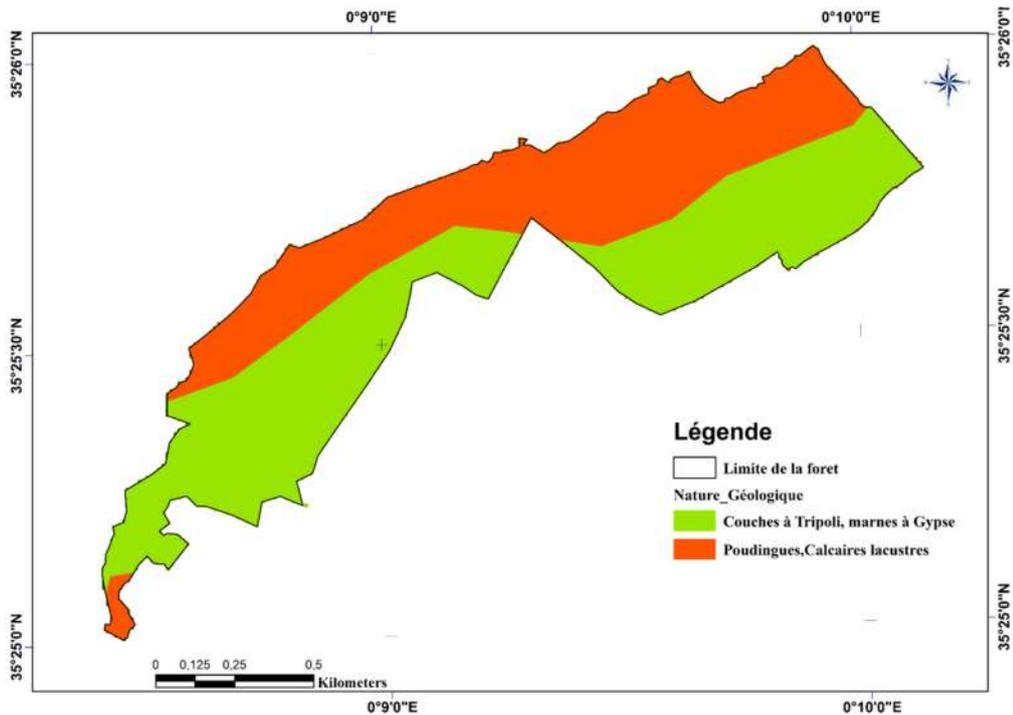


Figure n°15 : La carte géologique de la forêt de Zakour.

IV.1.3. Cadre socioéconomique:

La commune périurbaine de Mamounia est peuplée d'environ 16506 habitants avec une densité de 170 hab/km². L'interface forêt/homme y est très importante en raison de l'éclatement de l'habitat à la forêt la population de la wilaya de Mascara a augmenté de 200% depuis 1987. La densité de population de la wilaya de Mascara (140 habitants au km²) est près de dix fois supérieure à la moyenne du pays (15 habitants au km²). D'après les résultats du dernier recensement général de la population et de l'habitat de 2018, la population de la wilaya de Mascara est de 408 452 habitants et représente 1,2% de la population algérienne. Donc, la population de la région a fortement évolué durant les différents recensements de la population effectués depuis 1987 de 562 806 habitants pour atteindre le nombre de 867 801 habitants en 2018. Une augmentation apparente sur le taux d'accroissement global moyen est observée entre le RGPH 1987 et RGPH 2018. Cette augmentation peut être considérée comme une transition dans le comportement démographique de la population

Dans la wilaya De Mascara, les 161 464 ha de massifs forestiers sont composés de forêts (76 693 ha), de maquis (84 244 ha).

La région de Mascara a une vocation agricole par excellence, avec une superficie de 2951410 Ha. La surface agricole utile (SAU) a connu une croissance non négligeable entre 1987 et 2018 puisqu'elle est passée de 109114 à 134762 ha.

IV.1.4. Occupation du sol :

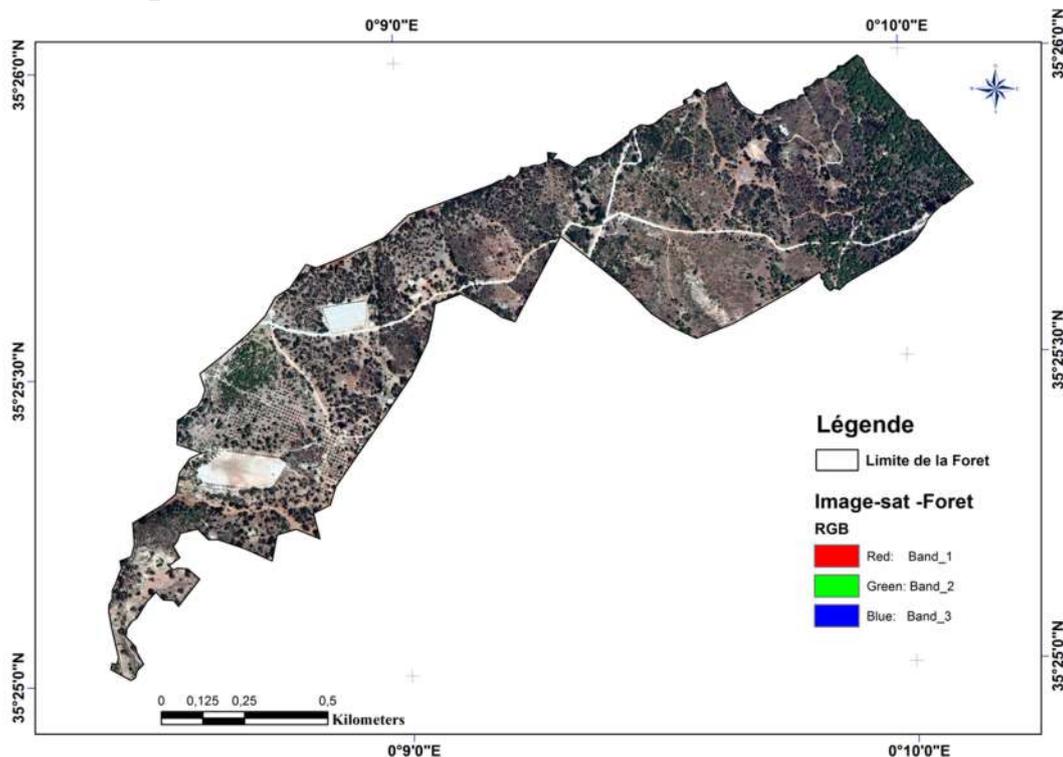


Figure n°16: La composition colorée de l'image Sentinel-2; 2020)

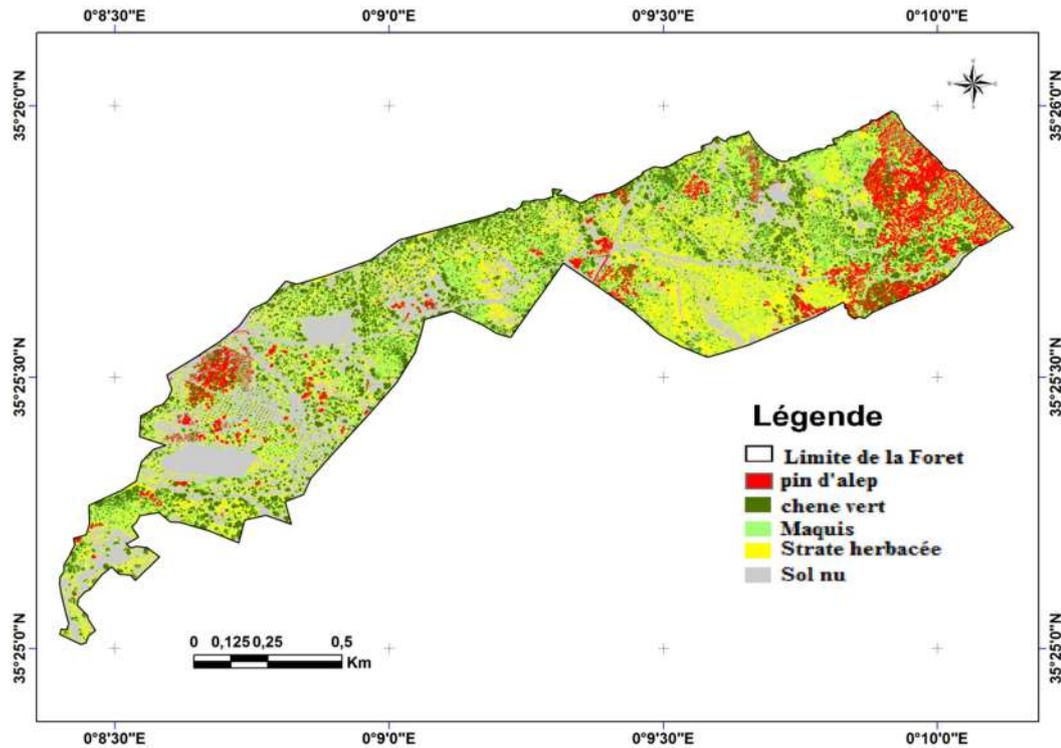


Figure n°17: La carte d'occupation du sol de la forêt de zakour (Dr. anteur dj.2020)

IV.2. Etude du climat :

Le climat c'est le résultat de l'action de plusieurs facteurs météorologiques qui régissent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné. C'est le facteur important pour le développement des végétaux ainsi que la formation et l'évolution d'un sol.

L'étude du climat pour tout projet est déterminante dans le choix des espèces à introduire et la définition des ouvrages à prévoir.

Les éléments nécessaires à l'étude sont la pluviométrie, les températures maximales et minimales, l'évapotranspiration, les vents, les gelées et la neige.

Méthodologie :

Le calcul de la pluviométrie du périmètre d'étude, objet de notre mémoire, s'effectue par extrapolation à partir des données obtenue auprès de la station de Mascara qui est la plus proche et ceci en prenant en considération le point haut et le point bas et en tenant compte des variations de la pluviométrie par rapport à l'altitude, il sera calculé en fonction du coefficient correcteur (K). Ce dernier permettra d'évaluer d'une manière proche la tranche d'eau et de même pour les températures.

IV.2.1.Pluviométrie de la station de Mascara:

La tranche d'eau enregistrée à la station de Mascara qui se trouve à une altitude de 590 mètres varie de 240 mm à plus de 400 mm par an tel que définie dans le tableau ci-dessous sur une période de dix (10) ans allant de l'année 2003 à l'année 2012.

Tableau n°5 : La pluviométrie sur une période de dix (10) ans (Station météorologique de Mascara)

Année	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Total /an
2003	18	34	27	60	67	54	14	50	14	4	0	14	356
2004	15	46	57	78	17	40	11	19	84	9	3	2	381
2005	13	38	87	16	27	31	21	2	1	2	2	0	240
2006	7	3	6	93	114	47	14	11	50	6	2	0	353
2007	26	89	45	14	44	44	67	58	11	0	0	1	399
2008	46	44	64	85	21	18	29	15	41	3	11	0	377
2009	31	1	33	75	73	30	33	75	7	1	0	1	360
2010	5	50	55	20	78	12	64	33	42	0	0	48	407
2011	6	35	71	22	39	43	18	60	80	28	0	11	413
2012	3	40	128	46	18	72	27	63	3	2	0	15	417
Total/mois	170	380	573	509	498	391	298	386	333	55	18	92	
Moyenne mensuelle	17	38	57,3	50,9	50	39,1	29,8	38,6	33	5,5	1,8	9,2	370,3

Le tableau montre clairement l'irrégularité de la pluviométrie à l'échelle mensuelle, à l'échelle annuelle et interannuelle. Cette irrégularité à des conséquences directes sur l'agriculture et sur l'équilibre des écosystèmes forestiers. Il montre aussi l'absence de pluie durant la période estivale qui peut atteindre jusqu'à quatre (04) mois et qui à l'origine de la

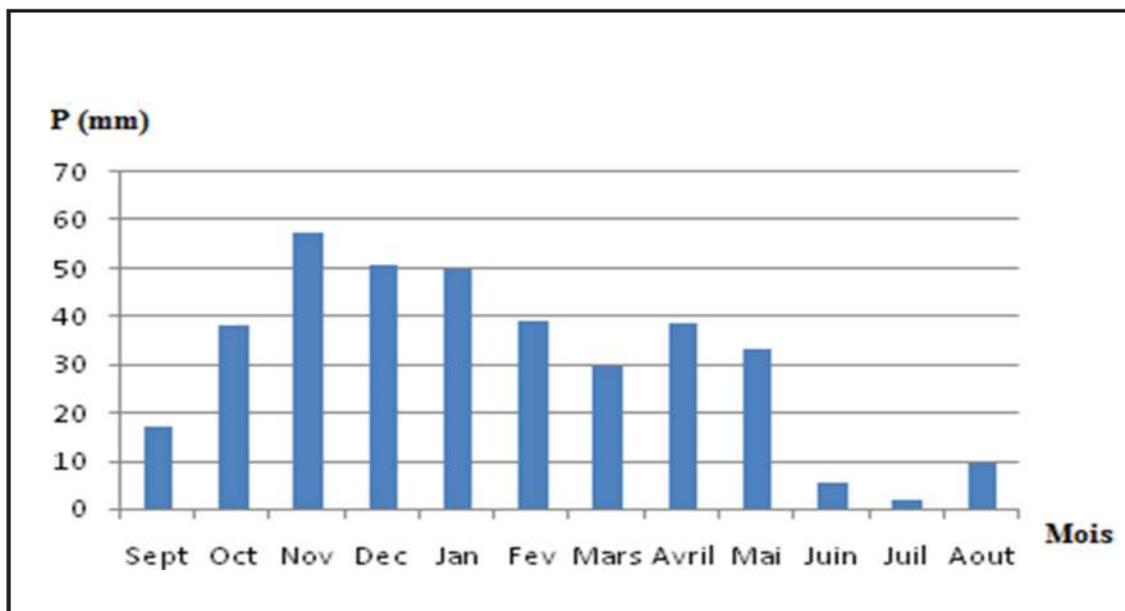


Figure n° 18: La pluviométrie moyenne sur 10 ans

Le graphe montre que la plus forte tranche pluviométrique est enregistrée au mois de Novembre soit 15% de la pluviométrie annuelle. La période la mieux arrosée s'étale sur 04 mois allant de Novembre à Février.

IV.2.2.Températures de la station de Mascara :

Les températures moyennes enregistrées au niveau de la station de référence varient de huit 08°C au mois de janvier pour atteindre 29°C au mois de juillet. Le mois le plus froid de l'année est janvier ou décembre et le mois le plus chaud est juillet ou Aout selon les années. Le graphe ci-dessous montre l'irrégularité de la température à l'échelle mensuelle.

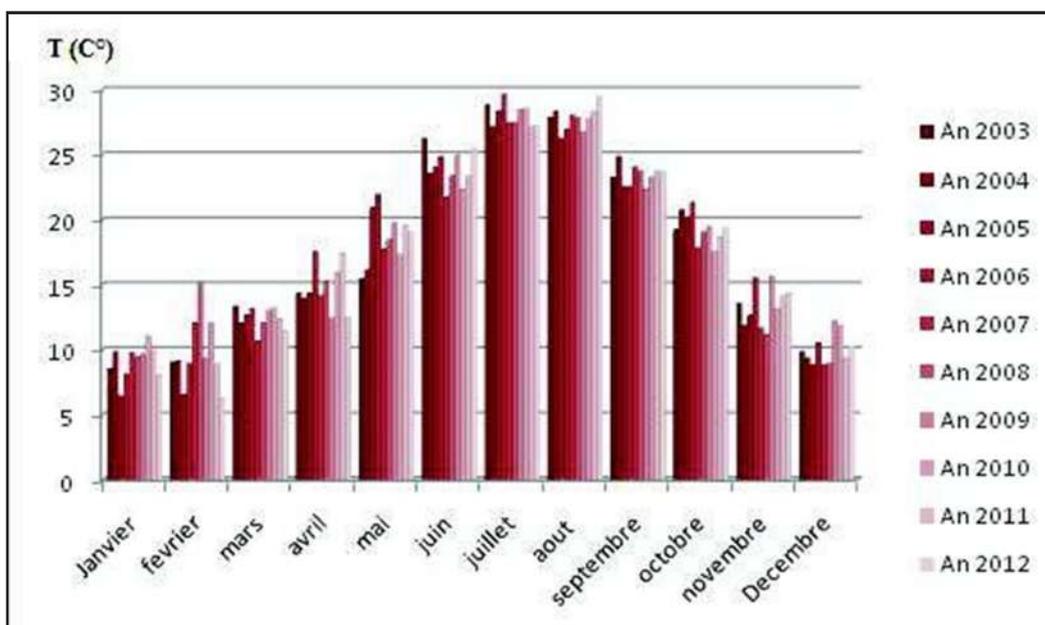


Figure n° 19: Les températures sur dix (10) ans

Les températures minimales ne sont jamais inférieures à Zéro (0) °C mais les amplitudes thermiques sont importantes et par conséquent on note la présence des gelées qui sont néfastes pour la végétation.

Les données des trois (03) dernières années font ressortir que la température minimale la plus basse est de 1.4°C enregistrée au mois de janvier et la température maximale est de 38.6°C enregistrée au mois de juillet.

Tableau n°6 : Les températures minimales et maximales durant 03 ans (Station météorologique de Mascara)

Année	Température	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Année 2013	Minimum (m)	15	12,7	5,5	3,9	3,5	2,3	6,9	6,7	8,5	11,2	17	17,1
	Maximum (M)	29,9	29,2	16,5	14,7	14,9	14,2	18	20,4	22,4	29,3	33,7	35,1
Année 2014	Minimum (m)	16,9	11,9	9,6	3,7	5,3	5,3	4,6	7,3	8,6	13,3	16,3	17,1
	Maximum (M)	32,2	27,8	20,2	14,3	15	16,1	16,9	24,1	26,9	30,1	34,1	35,4
Année 2015	Minimum (m)	15,2	13,1	6,2	2,5	1,4	3,6	3,6	8,9	10,7	13,6	18,4	20,2
	Maximum (M)	30,5	26,4	20,5	20,3	14,4	12,5	18,6	24,8	29,6	31,2	38,6	35,7

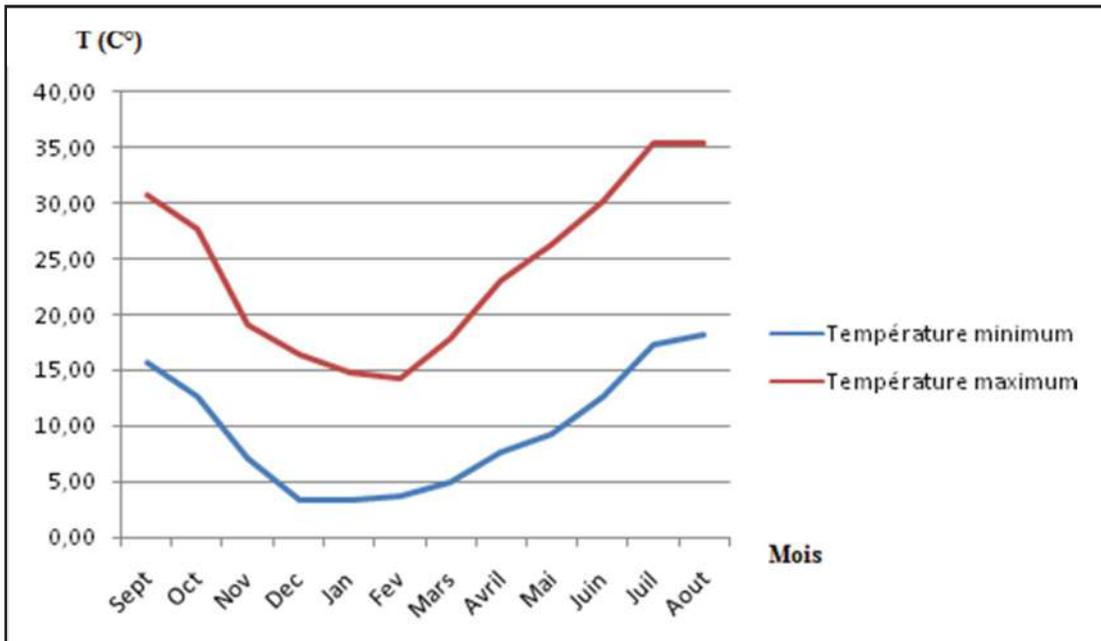


Figure n°20 : Amplitude thermique

L'amplitude thermique est importante le long de l'année et durant la période hivernale de Décembre à fin Mars les gelées sont fréquentes entraînant des dégâts considérables sur les jeunes plantations.

IV.2.3. Les gelées :

Elles s'étalent sur une durée d'environ 40 jours par an à compter du mois de Novembre jusqu'à la fin de Février. Elles causent des dégâts considérables sur les jeunes plants de la régénération naturelle ou du reboisement.

IV.2.4. Neige :

L'enneigement est très faible, une (01) à deux (02) jours par an. C'est un apport d'eau très bénéfique au sol.

IV.2.5. Vents :

La région est soumise à deux types de vents fréquents et importants au cours de l'année.

- Les premiers : vents du Nord-Ouest, bénéfique au végétale du faite qu'ils présentent un taux d'humidité important.
- Les seconds : Vents du Sud, néfaste pour le végétale et le sol. Ils sont secs et violent en été
- Climat locale du périmètre d'étude :

Pour caractériser le climat de notre périmètre d'étude, on a utilisé les données de La station météorologique de Mascara du fait de sa proximité et l'absence de barrière climatique. Elle se trouve à une altitude de 590 mètres par rapport au niveau de la mer.

Pour le calcul de la pluviométrie locale il sera pris en considération les normes qui stipulent que la pluviométrie augmente en moyenne de 40 mm par an tous les 100 mètres d'altitude par rapport à la station de référence.

Pour le calcul des températures il sera pris en considération les normes de réduction :

Température maximum (M) : Diminution de 0,7°C tous les 100 mètres d'altitude

Température minimum (m) : Diminution de 0,4°C tous les 100 mètres d'altitude.

IV.2.6. Pluviométrie de la zone d'étude :

Tableau n°7: La pluviométrie moyenne du point haut et point bas de la zone d'étude sur 10 ans

Pluviométrie	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
Moy/mois sur 10 ans	17	38	57,3	50,9	49,8	39,1	29,8	38,6	33,3	5,5	1,8	9,2	370,30
Point haut	26,73	59,76	90,10	80,04	78,31	61,48	46,86	60,70	52,36	8,65	2,83	14,47	582,30
Point bas	19,75	44,16	66,58	59,15	57,87	45,43	34,63	44,85	38,69	6,39	2,09	10,69	430,29

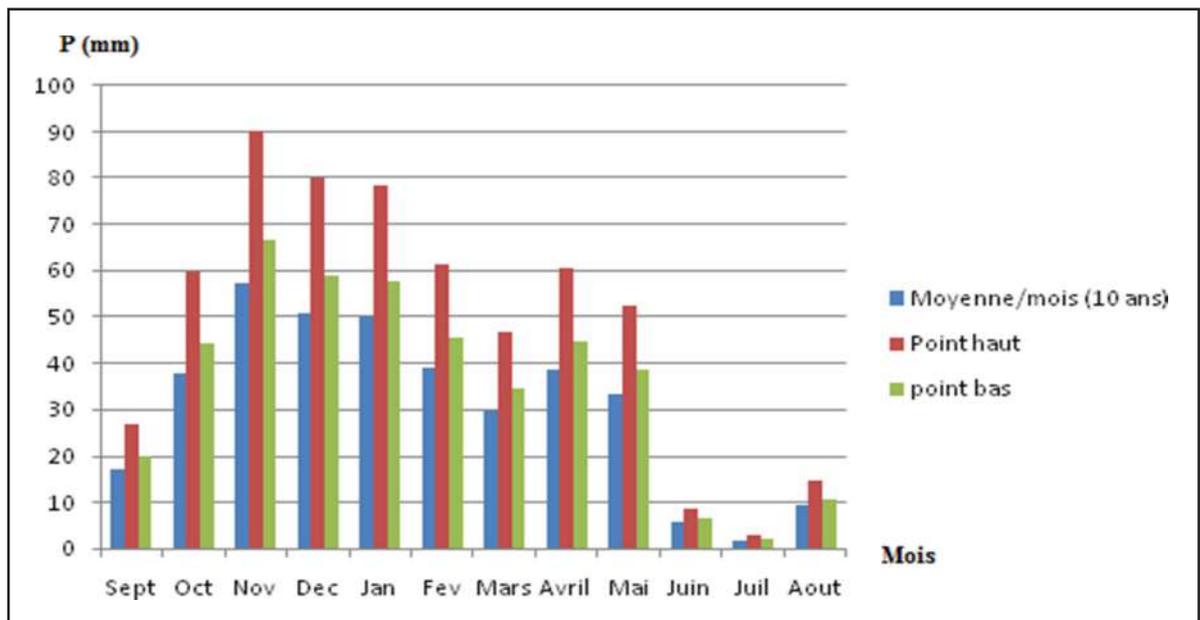


Figure n° 21: Histogramme de la pluviométrie moyenne du point haut et bas de la zone d'étude sur 10 ans

L'histogramme de la pluviométrie montre que la zone reçoit plus de pluie que la station de référence soit une différence d'environ 136 mm et que dans la zone le point haut est plus arrosé que le point bas avec une différence de 152,01 mm par an.

IV.2.7. Température de la zone d'étude :

Point Haut :

Le point haut au niveau de la zone est situé à une altitude moyenne de 1100 mètres. Le coefficient correcteur en diminution pour les températures maximums est de 3.71°C et il est de 2.12°C pour les températures minimums. Le tableau ci-dessous montre les températures corrigées.

Tableau n°8 : Température Min et Max du point haut de la zone d'étude

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Température minimum	13,58	10,45	4,98	1,25	1,28	1,61	2,91	5,51	7,15	10,58	15,11	16,01
Température maximum	27,16	24,09	15,36	12,72	11,06	10,56	14,12	19,39	22,59	26,49	31,76	31,69
M+m/2	20,37	17,27	10,17	6,99	6,17	6,09	8,52	12,45	14,87	18,54	23,44	23,85

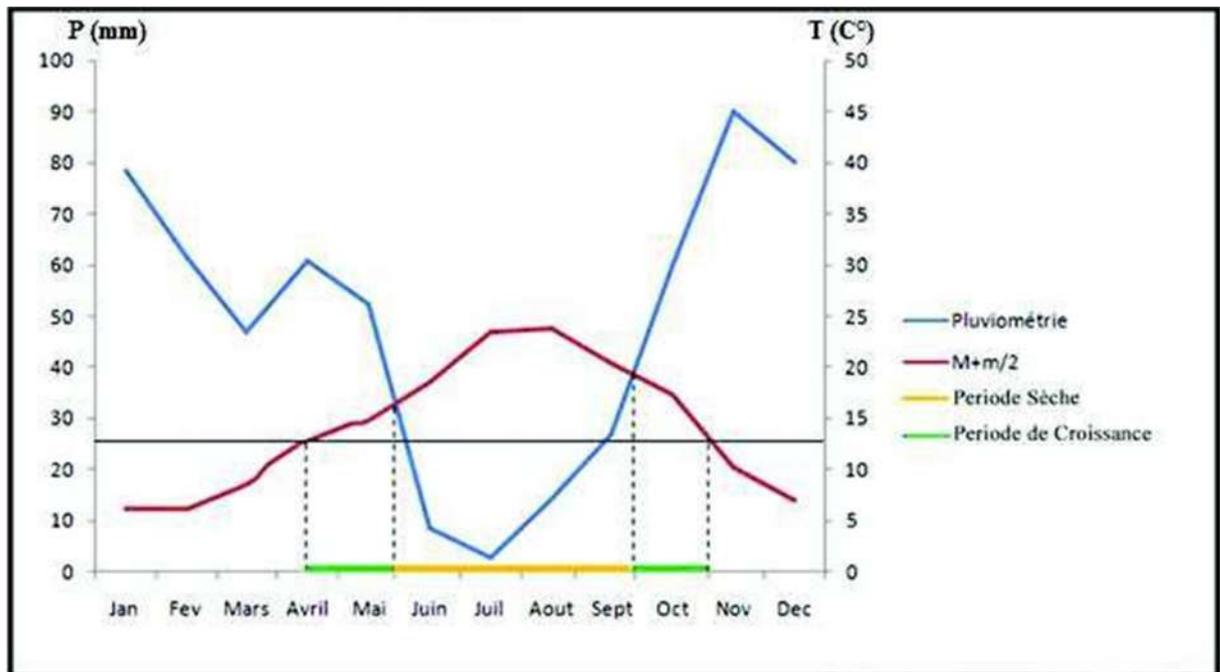


Figure n°22 : Diagramme ombrothermique du point haut Le diagramme reflète trois saisons qui sont :

Saison froide : Elle débute au mois de Novembre et s'étale jusqu'au 10 Avril avec une hauteur pluviométrique de 417,49 mm soit 71% de la pluviométrie annuelle. Durant cette période le sol est gorgé d'eau.

Saison sèche : Elle est caractérisée par une période de 04 mois allant de Juin à Septembre ou on enregistre de fortes températures et une diminution des précipitations.

Saison de croissance : Considérant la température moyenne d'au moins 13°C nécessaire à la croissance on constate que dans notre zone d'étude cette dernière dure plus de deux mois et demi (2,5) sur deux périodes. La première au mois d'octobre et la seconde à partir du 10 Avril jusqu'au 28 Mai.

Point bas :

Le point bas se trouve à une altitude de 720 mètres d'altitude et le coefficient correcteur est de l'ordre de 1.05°C pour les températures maximums et un 0.60°C pour les températures minimums.

Tableau n°9 : Température Min et Max du point bas de la zone d'étude

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Température minimum	15,10	11,97	6,50	2,77	2,80	3,13	4,43	7,03	8,67	12,10	16,63	17,53
Température	30,27	27,20	18,47	15,83	14,17	13,67	17,23	22,50	25,70	29,60	34,87	34,80
M+m/2	22,68	19,58	12,48	9,30	8,48	8,40	10,83	14,77	17,18	20,85	25,75	26,17

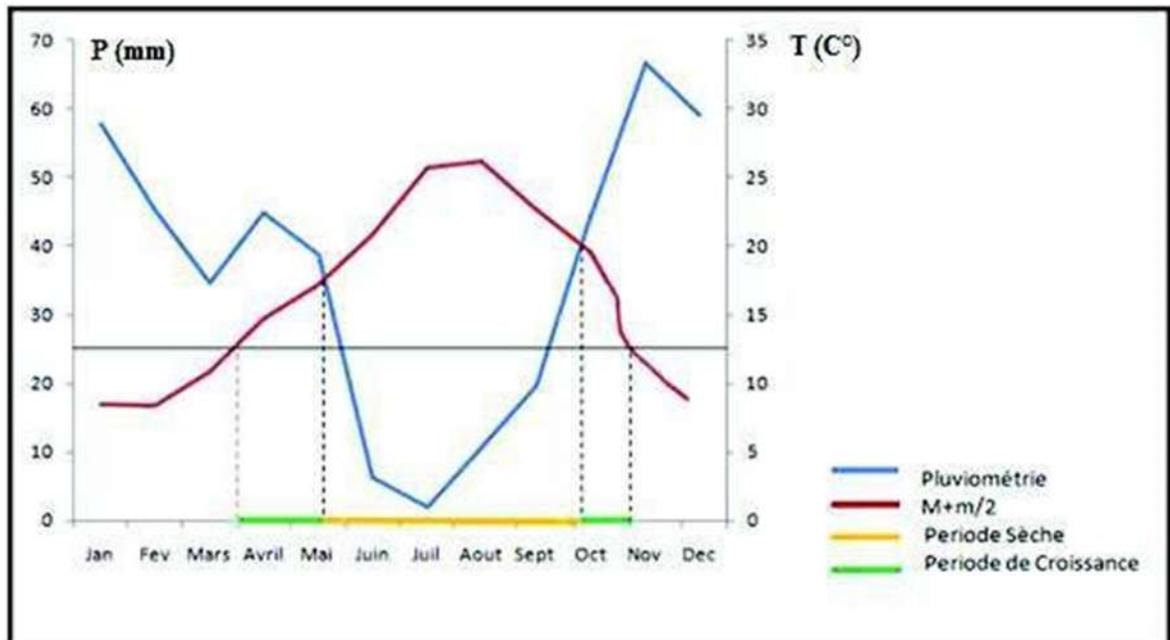


Figure n°23 : Diagramme ombrothermique du point bas

Le diagramme reflète trois saisons qui sont :

Saison froide : Elle s'étale du début du mois de Novembre jusqu'à la fin du mois de Mars avec une tranche de pluie de 308,51 mm soit 71% de la pluviométrie annuelle.

Saison sèche : Elle se manifeste par une élévation des températures et une diminution de la pluviométrie sur une période de plus de quatre mois et demi (4,5) allant du mois de Mai à fin Septembre. La pluviométrie de toute cette période est de 77.61 mm soit 19% de la tranche annuelle.

Saison de croissance : Elle dure plus de deux (2,5) mois et demi sur deux périodes.

La première période moins importante de déroule au mois de Octobre et la seconde à partir du 01 Avril jusqu'au 15 Mai.

IV.2.8. Etage bioclimatique de la zone d'étude :

Quotient pluviométrique d'Emberger Formule utilisée : $Q = P / (M - m) \times 3,43$ ou

Q= Quotient pluviométrique

P= Pluviométrie annuelle moyenne en mm

M= Moyenne des maximas du mois le plus chaud (°C)

m= Moyenne des minimas du mois le plus froid (°C)

On obtient ainsi pour le :

Le point Haut :

$$Q = 582.30 / (31.69 - 1.25) \times 3.43 = 65.61$$

Avec une température moyenne des minimas enregistrée au mois de décembre et un quotient pluviométrique de 65,61, le point haut se situe dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver frais.

Le point Bas :

$$Q = 430.29 / (34.80 - 2.77) \times 3.43 = 46.08$$

Concernant le point bas avec des minimas en décembre de l'ordre de 2.77 et un quotient de 46,08,

Le point bas se situe dans l'étage bioclimatique semi aride à hivers frais.

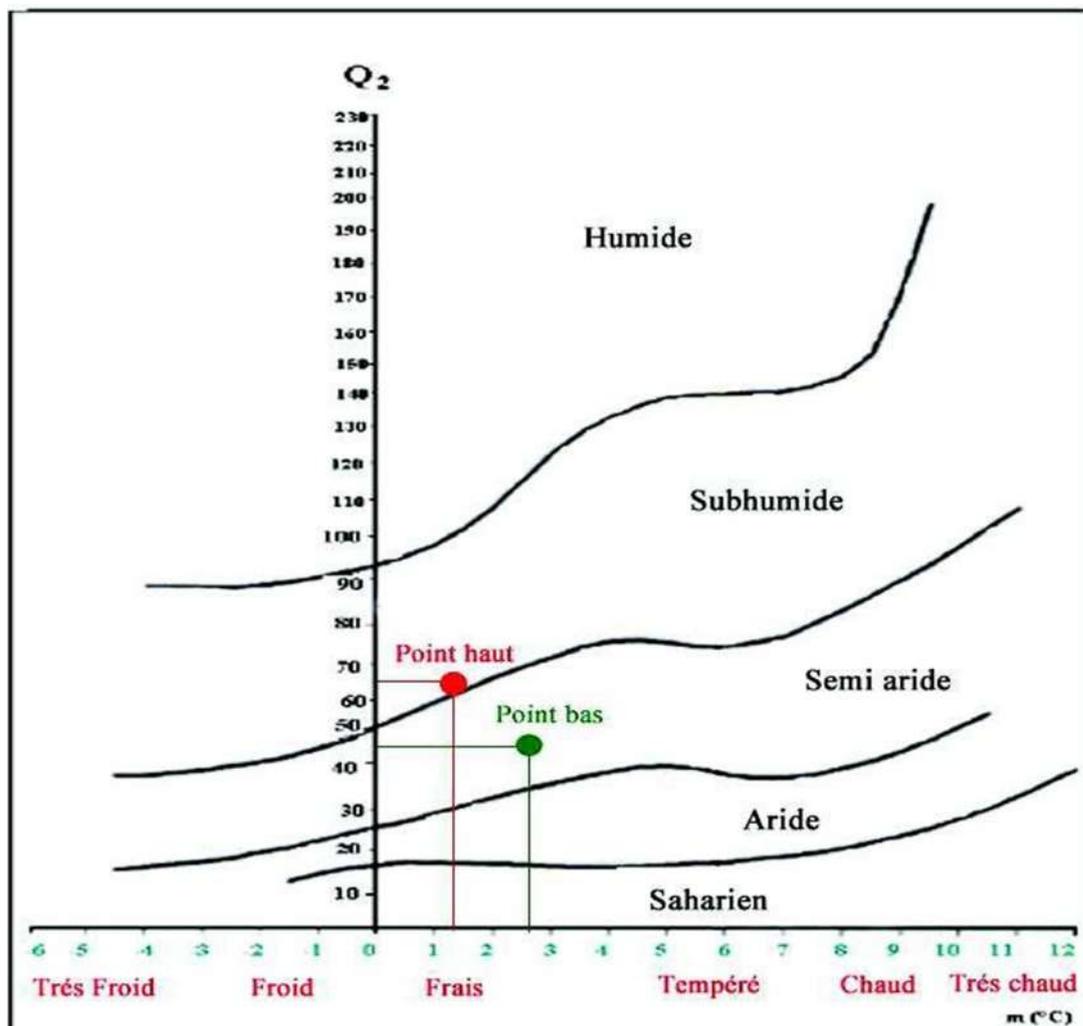


Figure n° 24: Etage bioclimatique de la zone d'étude

IV.2.9. Conclusion :

L'évolution des températures est plus marquée durant les quatre (04) mois d'été d'où une très forte évapotranspiration ajoutée à la faiblesse de la pluviométrie durant les autres mois entraîne une aridité de plus en plus prononcée et sont responsables des incendies de la forêt.

L'irrégularité de la pluviométrie annuelle et interannuelle avec des sécheresses prolongées provoquent un choc sur la végétation naturelle à travers le déficit des réserves hydriques dans le sol.

Les variations climatiques constatées sur les différents tableaux et graphes, ne permettent pas aux espèces végétales de s'adapter facilement d'où une mortalité importante des jeunes plants introduits ou ceux issus de la régénération naturelle.

Enfin le climat par ses précipitations et ses températures est le principal facteur déterminant dans le développement des formations végétales et son étude nous permettra de mieux adapter les systèmes de protection et de reconstitution du couvert végétal.



CHAPITRE V :
Matériels et méthode

V. Matériels et méthode:

L'apport de la géomatique a pour but de :

- Gérer un grand nombre d'informations, de les traiter de manière simultanée, de réaliser certains calculs automatiques et de restituer les résultats sous forme cartographique (Jappiot, 2000).

V.1. Matériels utilisés :

V.1.1. Les cartes :

- Une carte topographique de Mascara (échelle 1/25000) ;
- Carte Lithologique (échelle 1/500000)

V.1.2. Les données satellitaires:

Pour le but d'observation la végétation et l'occupation du sol on a pu avoir -Une image acquise par les satellites du programme Sentinel 2-A du 30/09/2019. L1C_T31SBU_A022313_20190930T104936

Cet image est téléchargeable gratuitement à partir du site : (<https://earthexplorer.usgs.gov>).

Ces images sont téléchargeables gratuitement à partir du site : (<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/#>).

Tableau n°10 : Caractéristiques des bandes spectrales Sentinel-2A et date d'acquisition des bandes utilisées

Résolution spatiale	Bandes	Longueur d'onde centrale (nm)	Largeur de la bande (nm)	Date d'acquisition
10 m	2	490	65	30/09/2019
	3	560	35	
	4	665	30	
	8	842	115	
20 m	5	705	15	30/09/2019
	6	740	15	
	7	783	20	
	8a	865	20	
	11	1610	90	
	12	2190	180	
60 m	1	443	20	
	9	945	20	
	10	1380	30	

V.1.3. Model Numérique de Terrain :

Le MNT permet une description de la topographie du terrain et constitue une base de donnée altimétrique à partir de laquelle on peut dériver une multitude de produits : les courbes de niveau, les cartes de pentes, d'exposition ou d'inter visibilité, les vues en perspective (3D)...etc.

Dans ce travail nous avons utilisé pour élaborer les cartes thématiques (carte de pente, hypsométrique, exposition et carte des réseaux hydriques) le MNT (modèle numérique de terrain, d'une résolution de 12m avec une projection géographique, Datum **WGS 84**, un MNT obtenu par stéréoscopie radar du satellite Terra Aster (Japon-Nasa) d'une résolution spatiale de 12 m, ce produit numérique a été téléchargé à partir du site: <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/#>.

V.2. Matériel utilisé sur terrain :

- .Un carnet et un stylo ;
- Un GPS (Global Position System) ;
- . Des jalons pour voir les limites des placettes.
- Un appareil photo numérique ;
- .Un mètre ruban pour calculer la surface de la placette et pour mesurer le recouvrement.

V.2.1. Logiciels utilisés :

ENVI version 5.3 : ENVI (Environnement For Visualizing Images) est un logiciel permettant la lecture et le traitement des images et données numériques et plus précisément les images satellitaires.

ARCGIS 10.3 : ArcGIS Desktop est un ensemble complet d'applications SIG professionnelles permettant de résoudre des problèmes, remplir une mission, augmenter l'efficacité, prendre de meilleures décisions et communiquer, visualiser et comprendre des informations géographiques. Pour ce faire, les utilisateurs exécutent un certain nombre de tâches à l'aide d'ArcGIS Desktop, comme décrit ci-dessous :

- Utilisation de cartes
- Compilation, mise à jour et gestion de données géographiques
- Automatisation de tâches à l'aide des géotraitements
- Analyse et modélisation à l'aide des géotraitements
- Visualisation et affichage de résultats sur des cartes, des vues 3D et des représentations dynamiques temporelles
- Gestion de bases de données géographiques multiutilisateurs
- Mise à disposition de ressources et de résultats SIG vers une large gamme d'utilisateurs et d'applications :
- Documentation et catalogage des résultats (jeux de données géographiques, cartes, globes, scripts de géotraitement, services SIG, applications, etc.)

Pour les professionnels SIG, ArcGIS Desktop est la principale plate-forme à la fois pour gérer des workflows et des projets SIG et pour créer des données, des cartes, des modèles et des applications. Il s'agit du point de départ pour déployer le système SIG dans une organisation et sur le Web.

- ArcGIS Desktop comprend une suite d'applications :

ArcCatalog, ArcMap, ArcGlobe, ArcScene, ArcToolbox et ModelBuilder.

En utilisant conjointement ces applications et ces interfaces, les utilisateurs peuvent effectuer toutes les tâches SIG, de la plus simple à la plus avancée.

ArcGIS Desktop est évolutif pour répondre aux besoins de nombreux types d'utilisateurs. Il est disponible à trois niveaux fonctionnels :

1. ArcView
2. ArcEditor
3. ArcInfo

V.3.Approches méthodologiques:

Les différentes étapes de la méthodologie adoptée tout au long de ce travail sont représentées par l'organigramme synthétisé par la (fig 25).

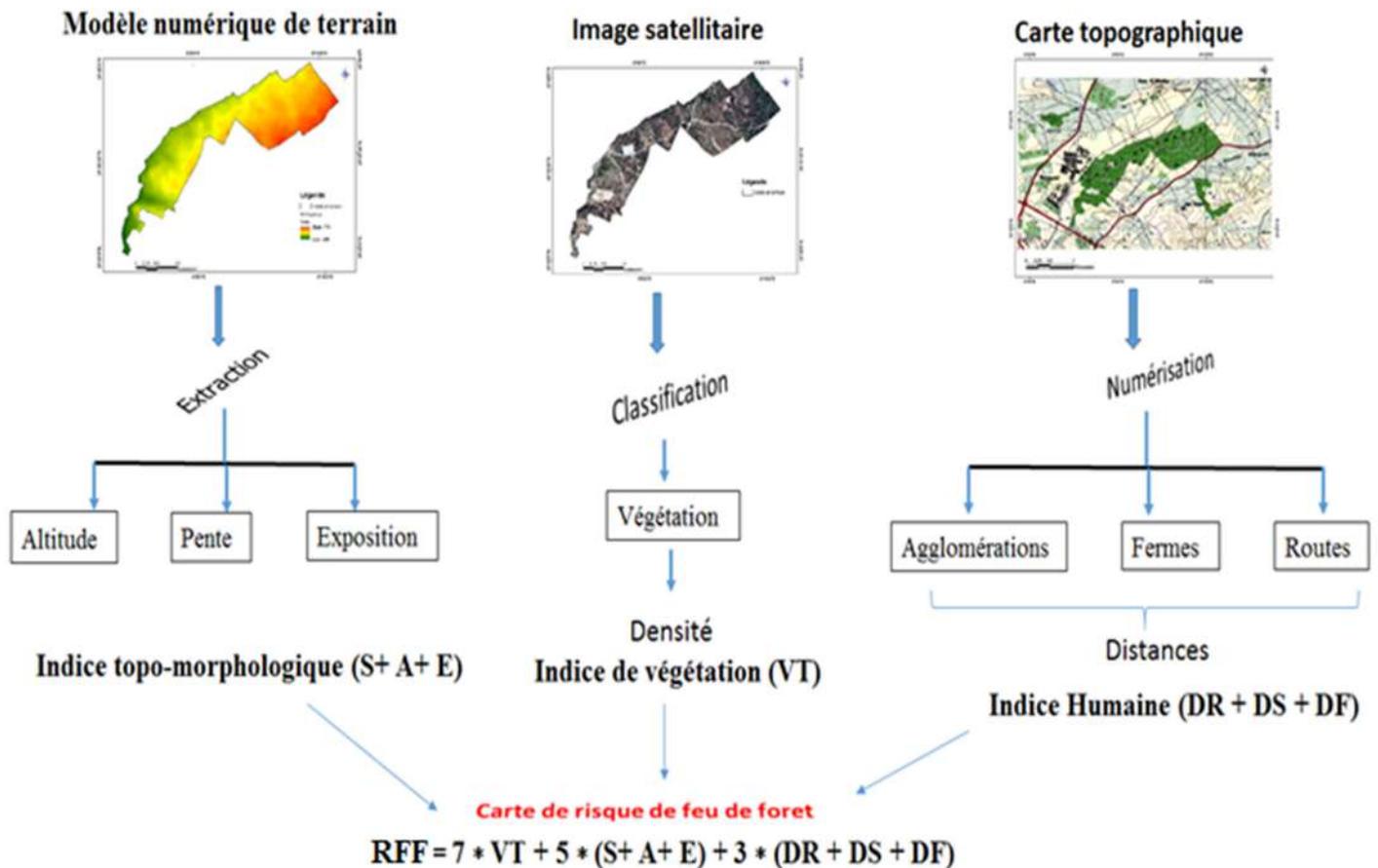


Figure n°25 : Risque à l'incendie de la forêt

Avec:

RFF : facteur Risque de Feu de Forêts ;

VT : Type de végétation ;

S, A : respectivement la pente et son aspect ou exposition ;

E : élévation ;

DR : distance des routes ;

DS : distance des agglomérations ;

DF : distance des maisons et/ou terres cultivées.

.Tableau n° 11: Les paramètres et leurs poids dans la détermination du risque d'incendie

Paramètres	Sous-facteurs	Poids	Classes	Valeurs	Degré du risque
Végétation		7	Densité forte	3	Risque fort
			Densité moyenne	2	Risque moyen
			Densité faible	1	Risque faible
Pente (%)		5	> 35	5	Risque très fort
			25 - 35	4	Risque fort
			10 - 25	3	Risque moyen
			5 - 10	2	Risque faible
			0 - 5	1	Risque très faible
Exposition (°)		5	S.O (180-270)	4	Risque très fort
			S.E (90-180)	3	Risque fort
			N.O (270-360)	2	Risque moyen
			N.E (0-90)	1	Risque faible
Altitude (m)		5	< 800	5	Risque très fort
			800 - 900	4	Risque fort
			900 - 1000	3	Risque moyen
			1000 - 1100	2	Risque faible
			> 1100	1	Risque très faible
Distance des voiries (m)	Ordre 1	3	0 - 100	5	Risque très fort
			100 - 200	4	Risque fort
			200 - 500	3	Risque moyen
			500 - 1000	2	Risque faible
			> 1000	1	Risque très faible
	Ordre 2	3	0 - 50	5	Risque très fort
			50 - 100	4	Risque fort
			100 - 200	3	Risque moyen
			200 - 5000	2	Risque faible
			> 500	1	Risque très faible
Distance des maisons / des terres cultivées (m)		3	0 - 50	5	Risque très fort
			50 - 100	4	Risque fort
			100 - 400	3	Risque moyen
			400 - 1000	2	Risque faible
			> 1000	1	Risque très faible
Distance des Agglomérations (m)		3	0 - 100	5	Risque très fort
			100 - 500	4	Risque fort
			500 - 1000	3	Risque moyen
			1000 - 2000	2	Risque faible
			> 2000	1	Risque très faible

V.4. Reconnaissance terrain:

Une campagne a été réalisée entre le 06/01/2020 et le 12/03/2020 par deux sorties dans la forêt de Zakour . Des points GPS, repéré sur terrain, ont été décrits par des photos, pour permettre d'obtenir une typologie du milieu afin de donner les différentes unités d'occupation du sol. cette mission sur le terrain est positive dans la mesure où une certaine cohérence dans la démarche scientifique et pratique, à entreprendre dans le cadre de la mise en place de la base des données nécessaire au logiciel ArcGis , il est dégagée en outre, sur la base des données préliminaires récoltées sur le terrain .la proposition de la méthodologie de la cartographie de localisation de formation végétal qui sont dominée par des groupements forestière .

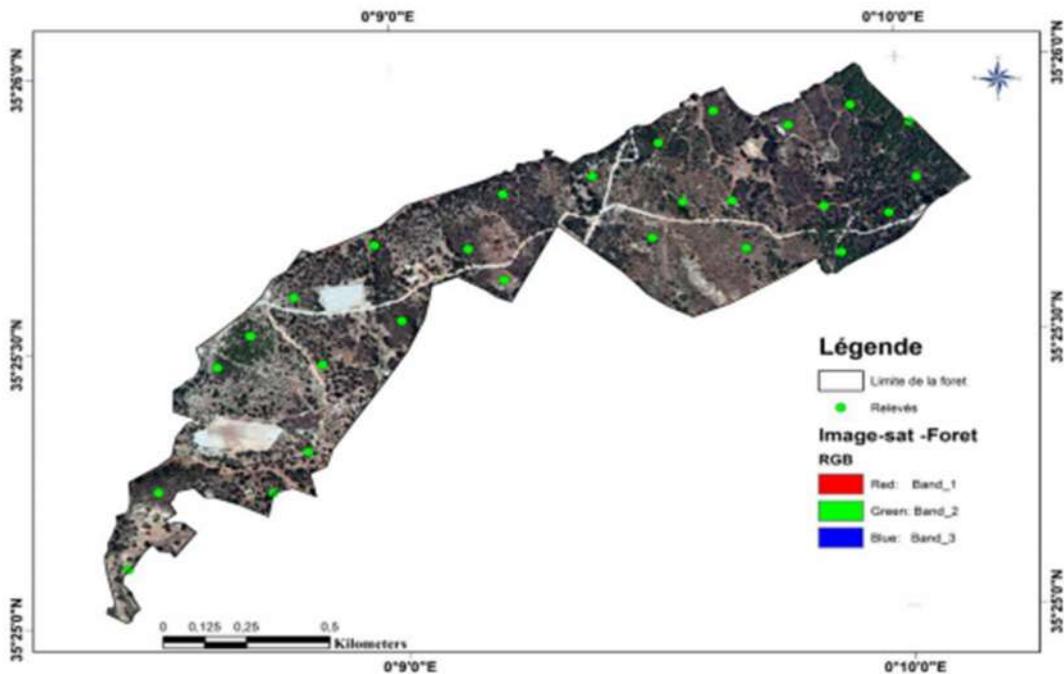


Figure n°26 : carte de localisation des relevés floristique



CHAPITRE VI :
Résultats et discussion

VI. Résultats et discussion:

Cartographie des risques individuels:

Sur un plan thématique, on sait qu'il y a une multitude de facteurs qui sont à l'origine du départ ou de la propagation d'un feu de forêt. Ces paramètres sont liés essentiellement à :

- La météorologie (non prise en compte dans le cadre de ce travail) ;
- La végétation et ses caractéristiques (le combustible) ;
- Les paramètres topomorphologiques (liés surtout à l'orographie) ;
- Les facteurs anthropiques.

Tous ces paramètres, en apparence individuels, sont en étroite relation entre eux. Une relation plus ou moins complexe que des approches de modélisation, comme celle adoptée dans cette recherche, tentent de mettre en évidence grâce à des indices et des pondérations spécifiques.

Mais, pouvoir évaluer, l'effet de chaque facteur séparément ou de faire des combinaisons partielles de certains facteurs entre eux, est utile dans la mesure où ça permettra d'étudier et d'estimer le risque feu de forêts de différents points de vue et surtout en fonction des données disponibles.

Sur le plan géomatique, le SIG en l'occurrence ArcGIS, est l'outil parfait, permettant aux utilisateurs potentiels d'établir différentes cartes de risques selon leur gré et leurs objectifs.

VI.1. Le risque végétation:

L'information sur l'occupation et l'utilisation des terres est un facteur important dans la détermination du risque de feu de forêt. Mais, c'est surtout la typologie des groupements végétaux à travers leurs compositions, leurs structures et leur répartition dans l'espace qui constituent des éléments inséparables de l'éclosion et de la propagation des incendies. Le traitement de image satellite et la combinaison de ces informations avec une sortie sur terrain pour la validation des différentes classes

Les formations végétales de la zone d'étude étant essentiellement composées de formations forestières dominantes sont le chêne vert et le pin d'Alep, ainsi des maquis composé de chêne kermès et de Pistachier lentisque. Puis une strate herbacé de palmier naine, disse et calicotome.

La cartographie de la végétation au-delà permet de mieux appréhender le concept d'évaluation spatiale du risque incendie.

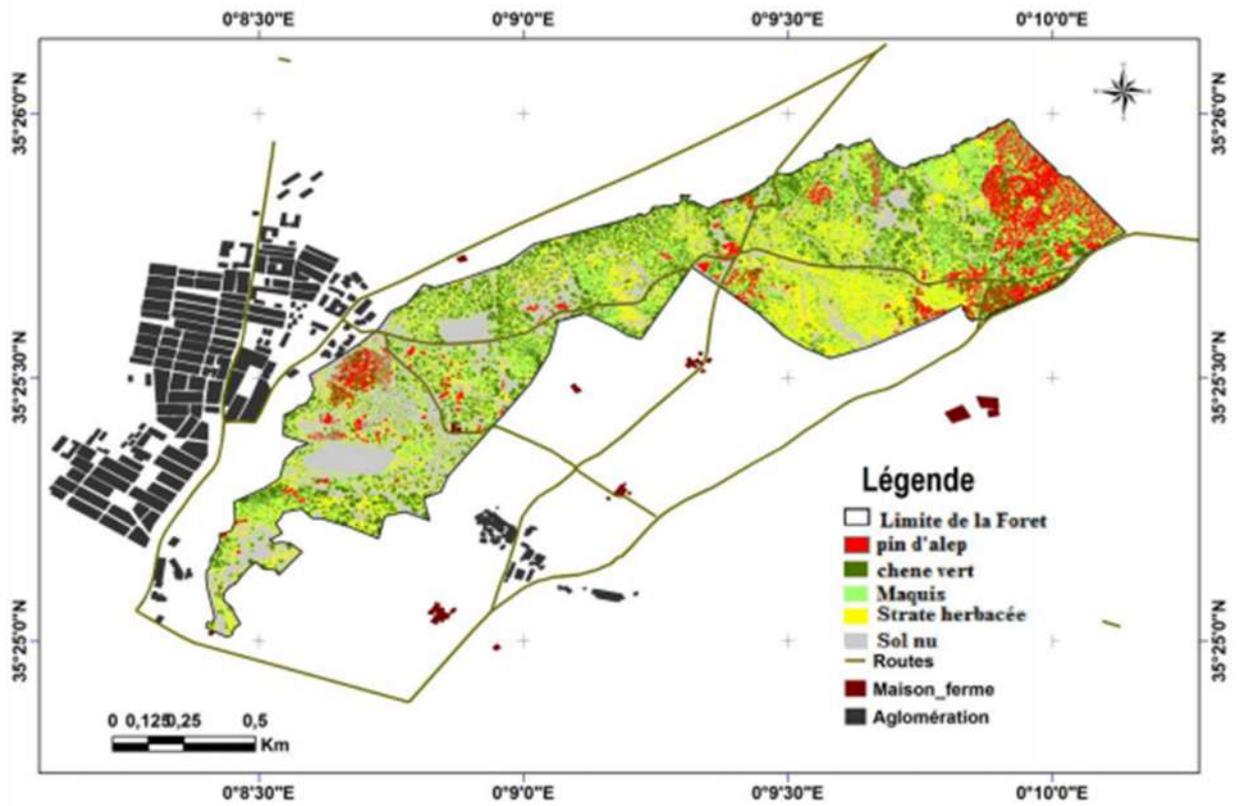


Figure n°27: Carte de végétation de la zone d'étude, (Dr.Anteur)

Tableau n°12: Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Végétation »

Paramètres	Poids	Classes	Valeurs	Degré du risque
Végétation	7	Densité forte	3	Risque fort
		Densité moyenne	2	Risque moyen
		Densité faible	1	Risque faible

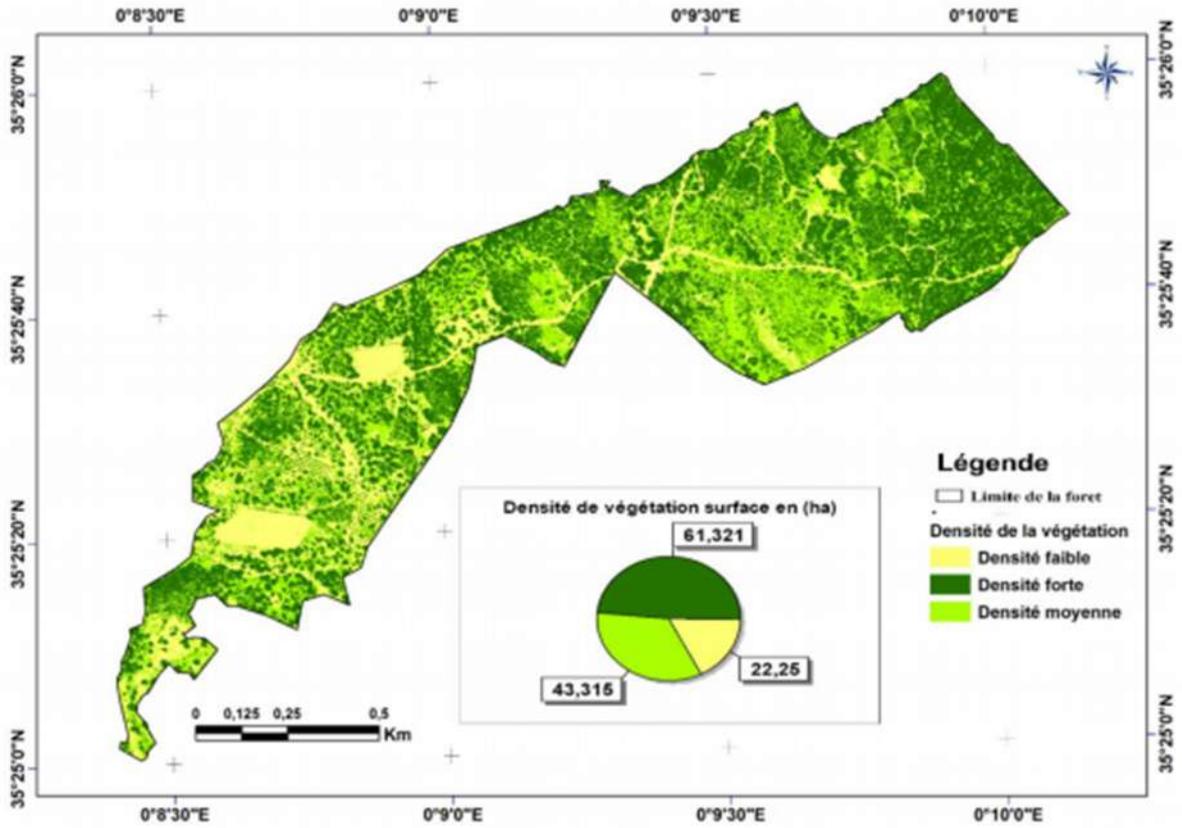


Figure n°28: Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la végétation, (Dr.Anteur)



Photo n°4: Formation végétale de Chêne vert d'Alep date 10/12/2019 Dr. Anteur



Photo n°5: Formation végétale pin date 10/12/2019 Dr. Anteur



Photo n°6: Formation végétal de palmier naine **Photo n°7:** Formation végétal de calicotome
date 10/12/2019 **HABIBECHE** date 10/12/2019 **HABIBECHE**

VI.2. Le risque topographique

La topographie est un facteur physiographique important étroitement lié au comportement du vent, et qui influe directement sur la prédisposition d'une région au feu. Trois paramètres topographiques interviennent dans le déclenchement et la propagation d'un feu de forêts : la pente, l'exposition et l'élévation. Ces paramètres ont été générés à partir du modèle numérique de terrain (M.N.T) de la région.

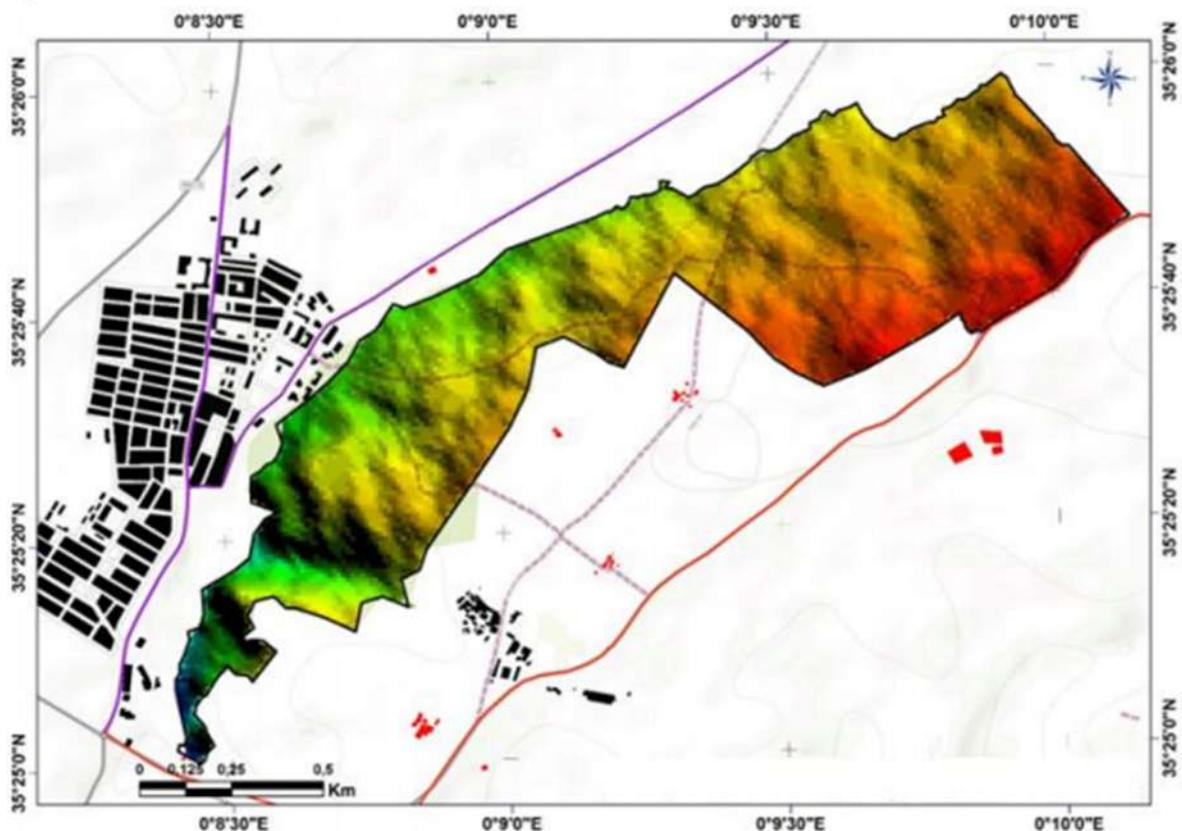


Figure n°29: Carte en trois dimension du MNT de la zone d'étude (Dr.Anteur).

VI.2.1. La pente

En termes d'incendie de forêts, l'effet de la pente est dans la modification de l'inclinaison des flammes par rapport au sol, ce qui favorise les transferts thermiques vers la végétation située en amont. Par conséquent, plus la pente est forte et plus le risque augmente. Ce paramètre a son impact également sur la difficulté d'accessibilité pour la lutte contre les incendies ou ce qu'on appelle les parades. La pente, du site d'étude, varie entre 0, pour les pixels horizontaux, jusqu'à 75% pour les zones les plus inclinées. Les classes les plus représentées sont la classe à risque faible et très faible 92% de la zone d'étude (116,52Ha). Ces classes occupent presque toute la zone, la classe à risque moyen qui représente 8% (10Ha). Généralement, les pentes sont des terrains pleins, les fonds de vallées et les plateaux, ces terrains n'ont aucun risque d'incendie.

Tableau n°13: Le nouveau seuillage adopté pour le parameter « Pente »

Paramètres	Poids	Classes	Valeurs	Degré du risque
Pente (%)	5	> 35	5	Risque très fort
		25 - 35	4	Risque fort
		10 - 25	3	Risque moyen
		5 - 10	2	Risque faible
		0 - 5	1	Risque très faible

Source: FETATI (2008)

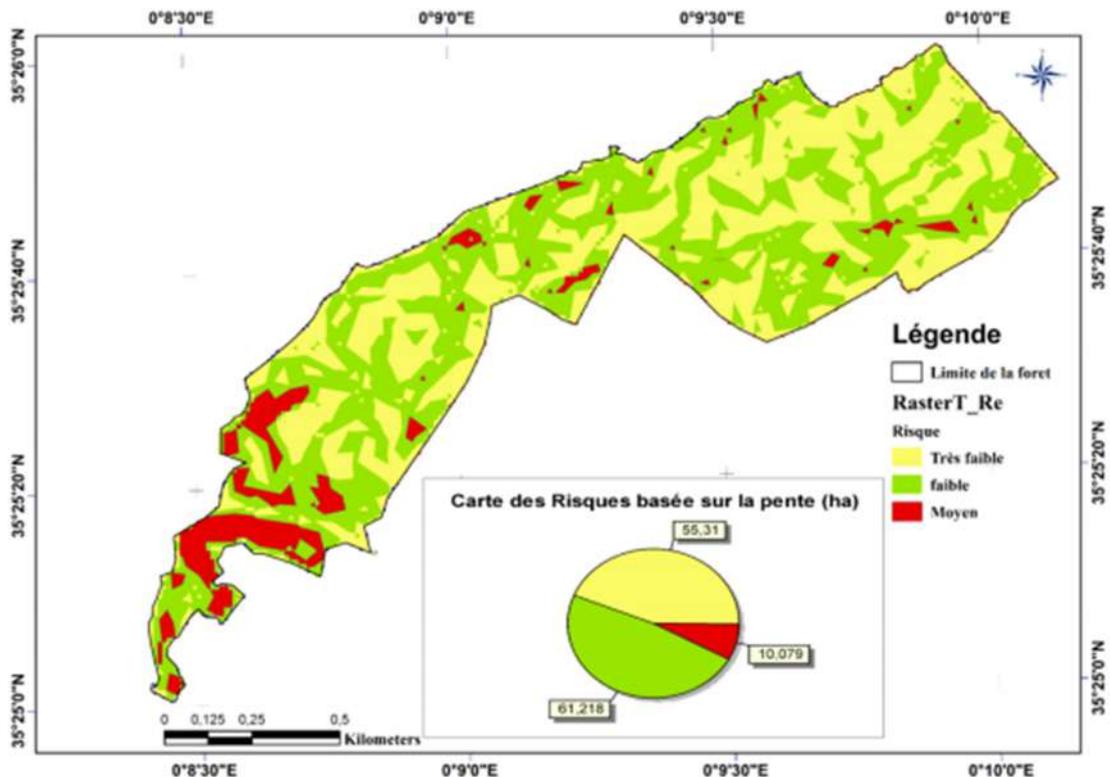


Figure n°30: Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la pente (Dr.Anteur)

VI.2.2. L'exposition:

La lecture de la carte de risque d'exposition de la zone d'étude (Fig....), on remarque que la classe la plus répandue est la classe à risque fort qui représente **55%** avec une superficie de (69,6 Ha) de la zone d'étude. Ceci est du essentiellement, du fait, que la zone d'étude est caractérisée par des expositions diverses dont les plus dominantes sont l'exposition ouest et sud respectivement. La classe à risque très élevé représente 23,64% (29,92Ha) de la même zone. D'autre part, les classes à risque faible représentent 20,35% avec une superficie de (25,75 Ha), et les classes à moyen risque ne représentent que 1% avec une superficie de (1,26Ha).

Tableau n°14: Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Exposition »

Paramètres	Poids	Classes	Valeurs	Degré du risque
Exposition (°)	5	S.O (180-270)	4	Risque très fort
		S.E (90-180)	3	Risque fort
		N.O (270-360)	2	Risque moyen
		N.E (0-90)	1	Risque faible

Source: FETATI (2008)

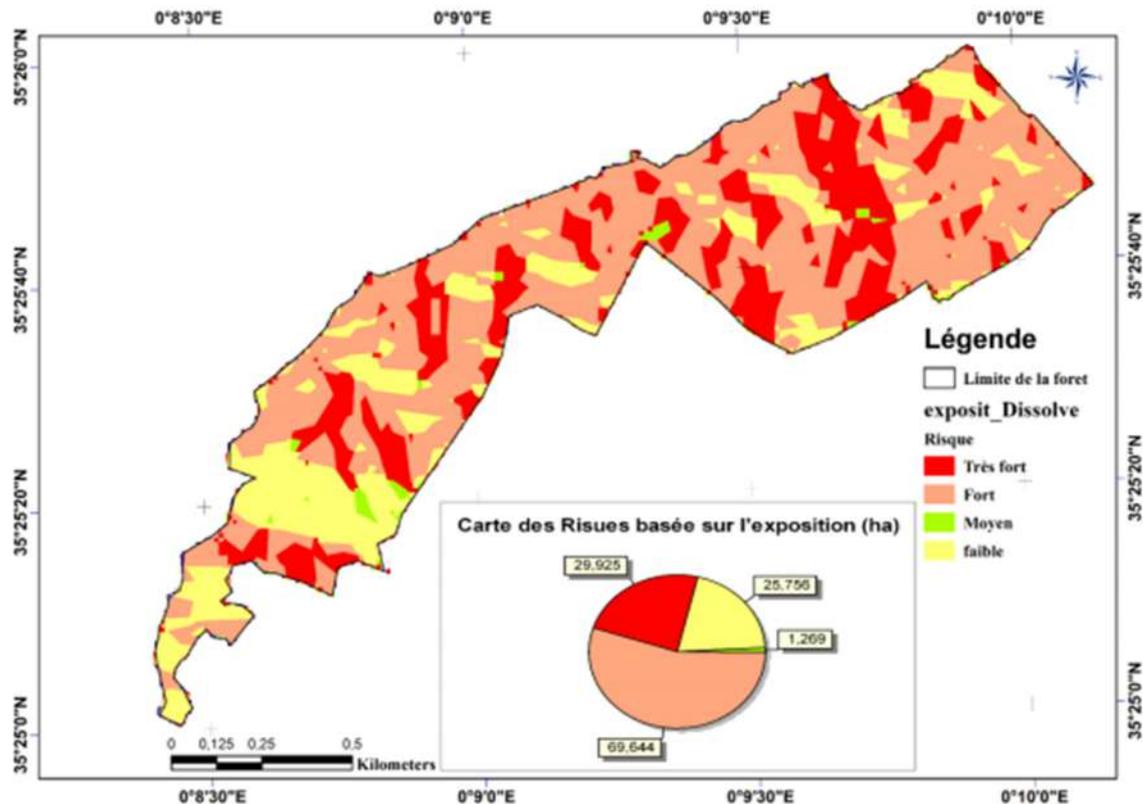


Figure n°31: Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur l'exposition (Dr.Anteur)

VI.2.3. Altitude:

Les altitudes les plus élevées sont liées à une plus grande disponibilité de la fraîcheur de l'air et de probabilité des pluies et, par conséquent le risque de feu a tendance à être moins élevé. La tendance du comportement de l'incendie va être moins sévère à haute altitude en raison des fortes précipitations possibles.

On remarque que la classe du risque fort occupe la majorité de la zone d'étude (90%). Ce qui démontre par Mekikite & faleh (2017), à partir de cette répartition on peut dire que les zones de haute altitude sont favorables voire très favorables au risque d'incendies par la présence de type des arbres avec une intensité calorique élevée.

Tableau n° 15: Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Altitude »

Paramètres	Poids	Classes	Valeurs	Degré du risque
Altitude (m)	5	< 800	5	Risque très fort
		800 - 900	4	Risque fort
		900 - 1000	3	Risque moyen
		1000 - 1100	2	Risque faible
		> 1100	1	Risque très faible

Source: FETATI (2008)

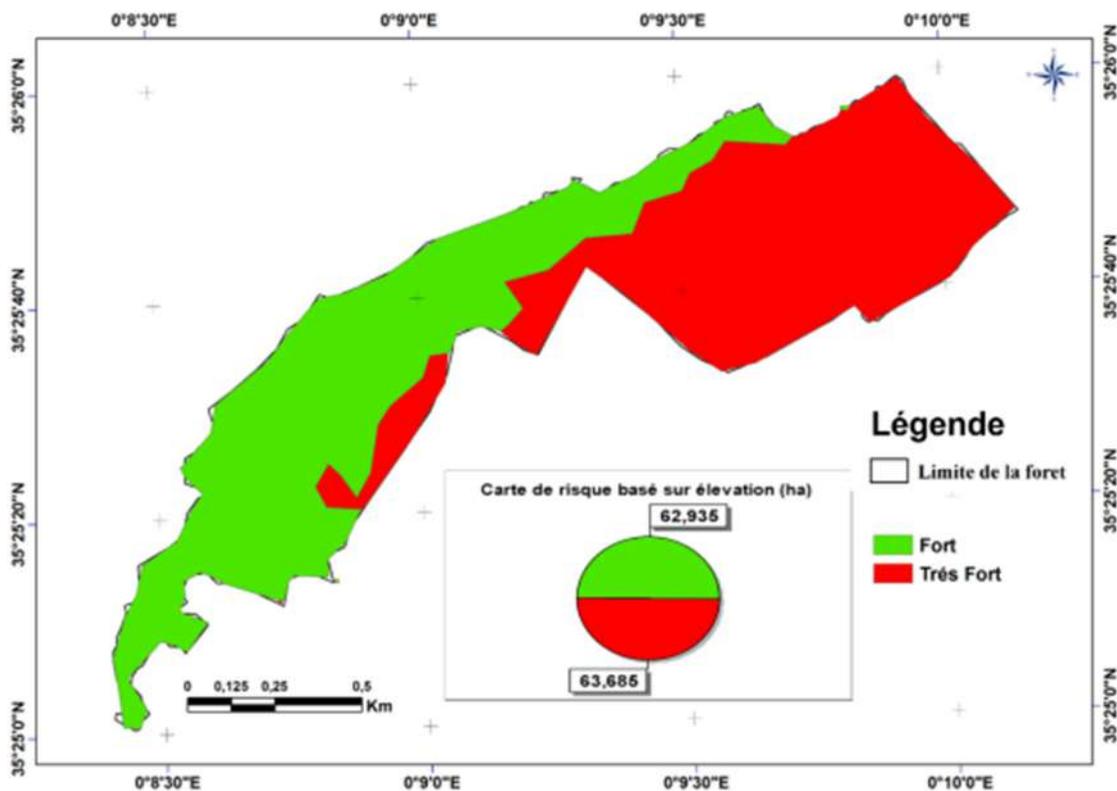


Figure n°32: Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur l'Altitude (Dr.Anteur)

VI.3. Le risque anthropique

Le facteur anthropique, ou facteur indicateur de la présence humaine, a son poids et son influence directe dans l'éclosion d'un feu de forêts et ensuite et d'une manière indirecte sur sa propagation. Ce facteur caractérise l'impact des infrastructures (routes, agglomération, villages, maison et terres cultivées) présentes dans le voisinage immédiat des zones forestières. La vulnérabilité de ces dernières est inversement proportionnelle à la distance qui les sépare de ces infrastructures. C'est-à-dire que le risque de feux de forêts diminue en s'éloignant des zones anthropisées. Ainsi, ce paramètre a été divisé en trois sous-facteurs (RAPTIS ET AL., 2012) : distance des routes, distance des agglomérations et des villages et distance des maisons.

En termes de procédure de cartographie, les zones à risque de feux de forêt sont mises en évidence grâce à la création de zones tampons (ou buffers) autour des infrastructures prises en considération. Ainsi, sont établies les cartes de risque individuelles propres à chaque sous-facteur,

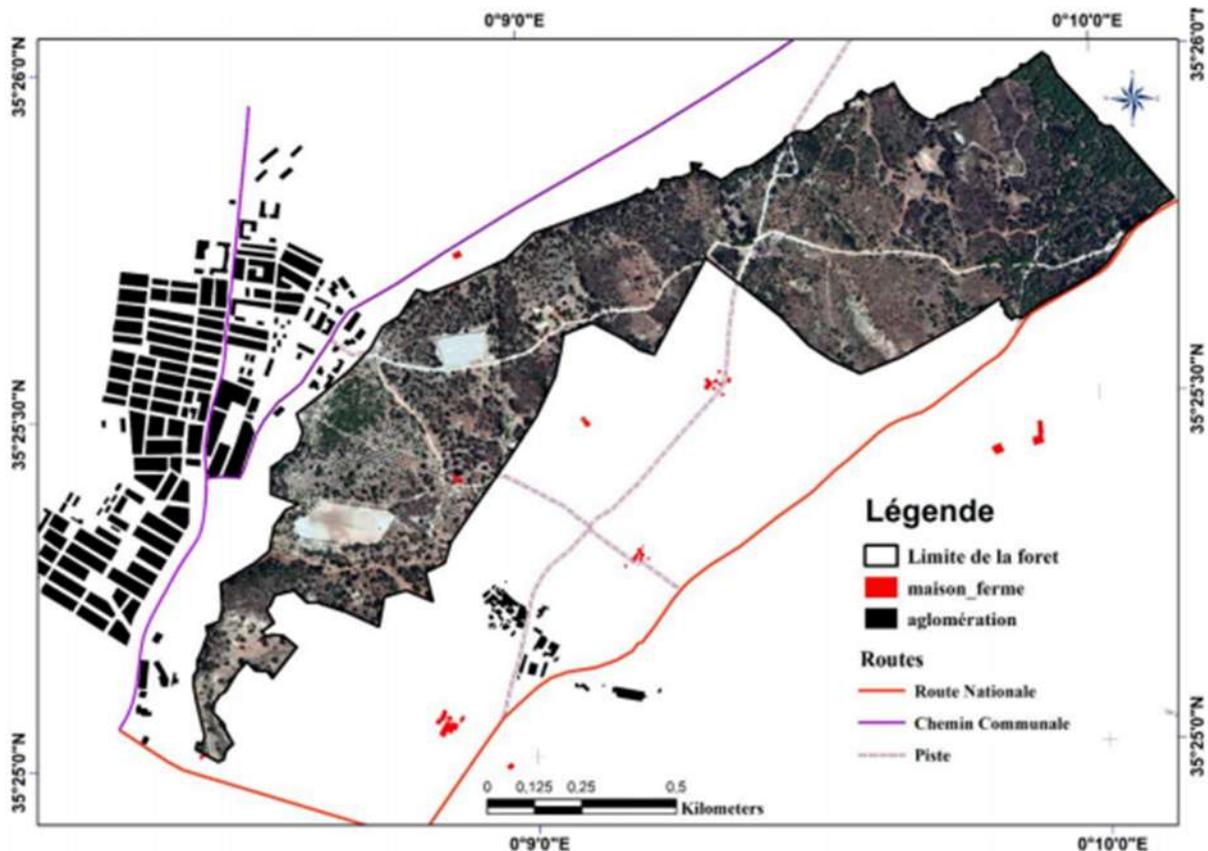


Figure n°33: Carte de facteur indicateur de la présence humaine (Dr. Anteur)

VI.3.1. Distance des voiries

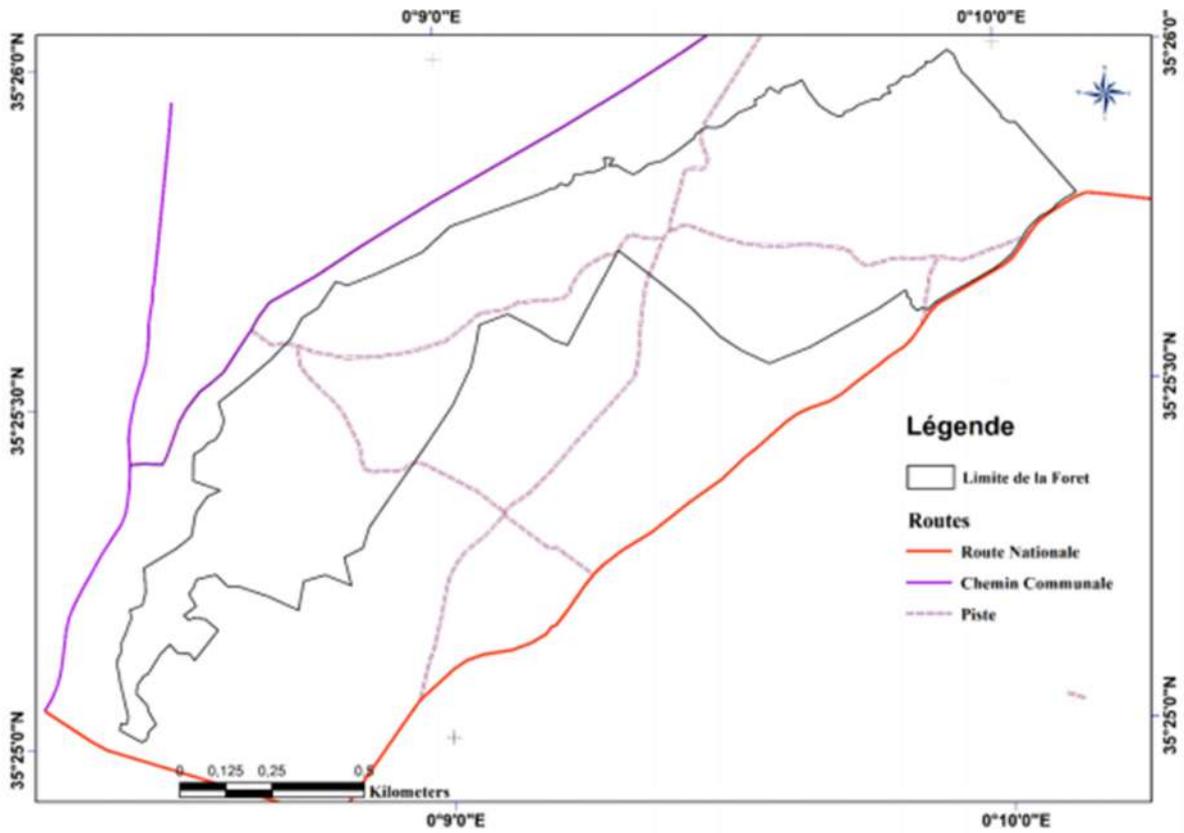


Figure n°34: Carte des infrastructures Routiers (Dr. Anteur)

Tableau n°16: Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Distance des voiries »

Paramètres	Poids	Classes	Valeurs	Degré du risque
Distance des voiries (m)	3	0 - 50	5	Risque très fort
		50 - 100	4	Risque fort
		100 - 200	3	Risque moyen
		200 - 5000	2	Risque faible
		> 500	1	Risque très faible

Source: FETATI (2008)

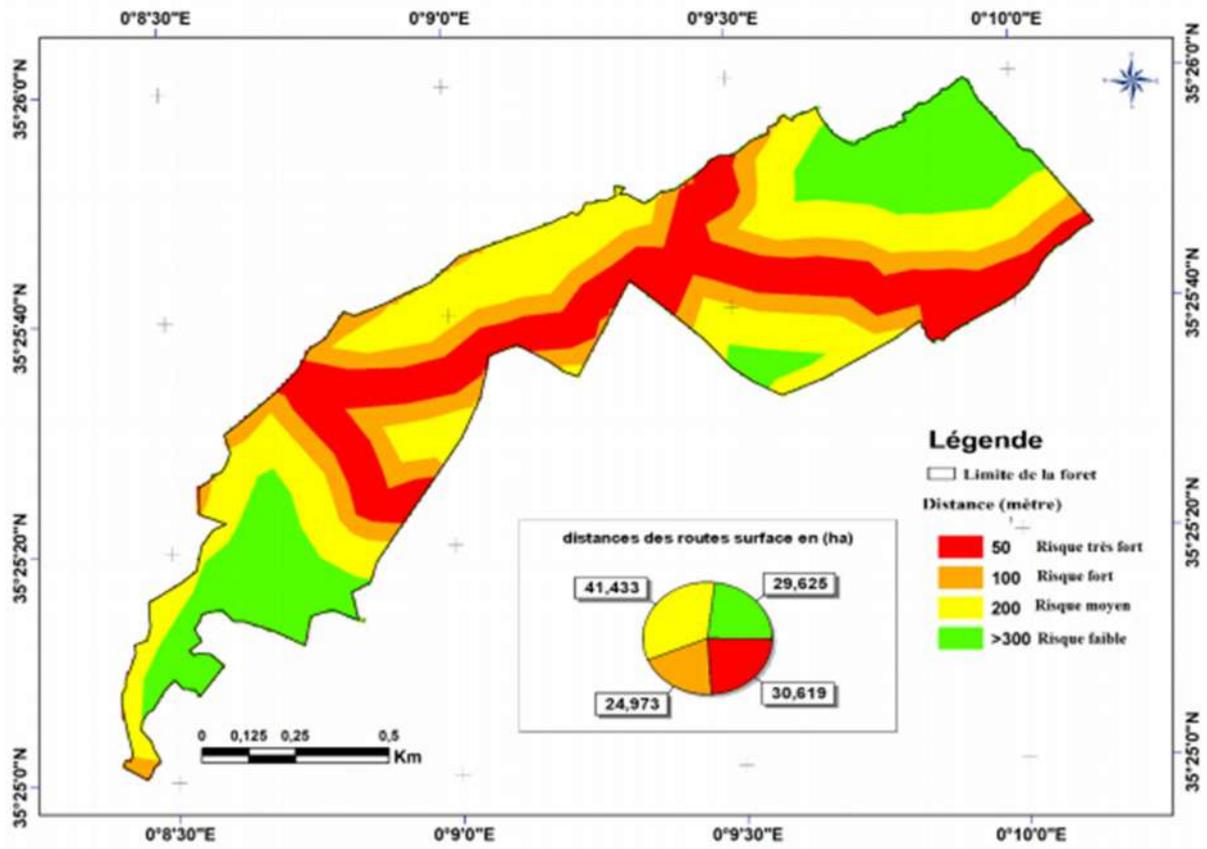


Figure n°35: Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la distance des voiries, (Dr.Anteur)



Photo n°8: Piste. date 10/12/2019 HABIBECHÉ



Photo n°9: Route nationale N° 7 date 10/12/2019 HABIBECHÉ

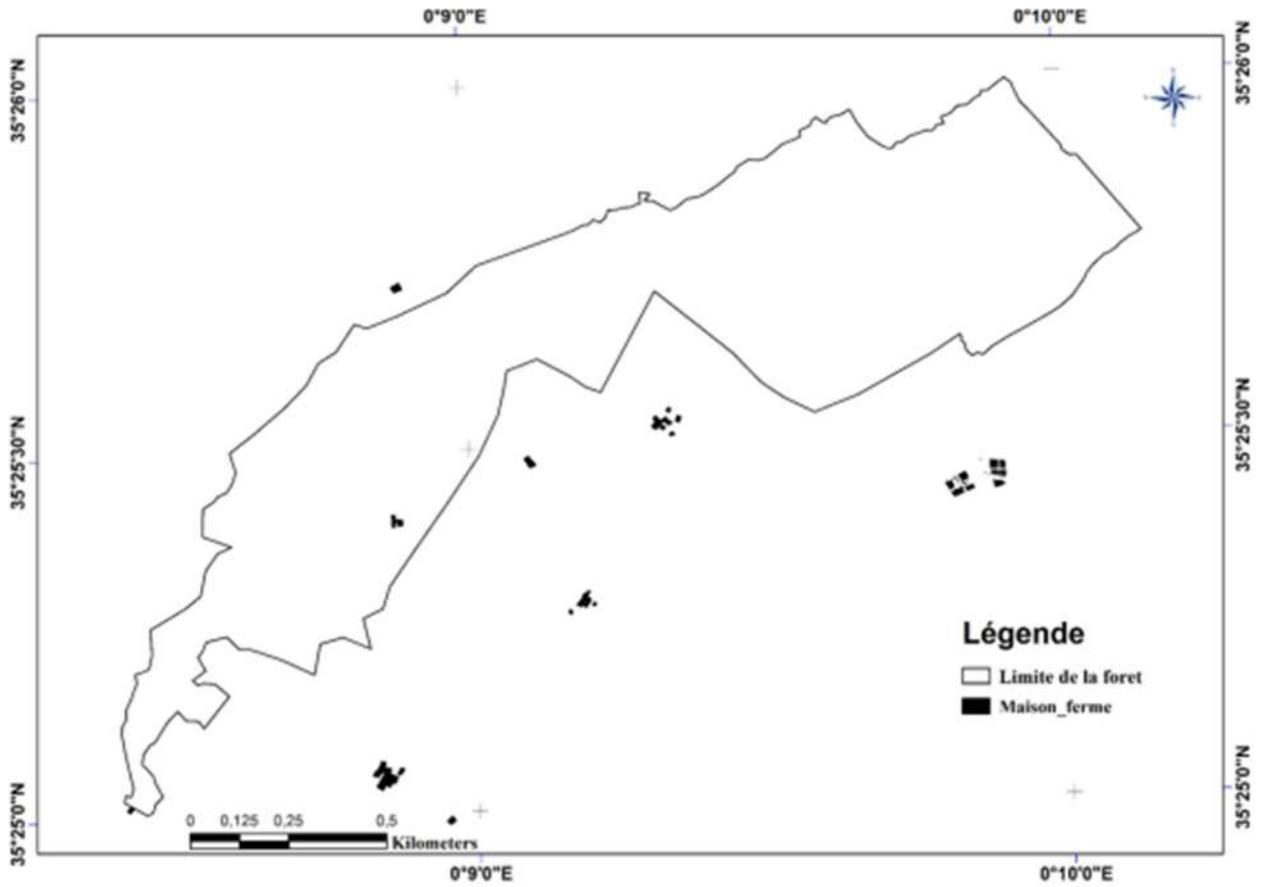


Figure n°36: Carte des maisons (DR.ANTEUR)

Tableau n°17: Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Distance des maisons (m) »

Paramètres	Poids	Classes	Valeurs	Degré du risque
Distance des maisons / des terres cultivées (m)	3	0 - 50	5	Risque très fort
		50 - 100	4	Risque fort
		100 - 400	3	Risque moyen
		400 - 1000	2	Risque faible
		> 1000	1	Risque très faible

Source: FETATI (2008)

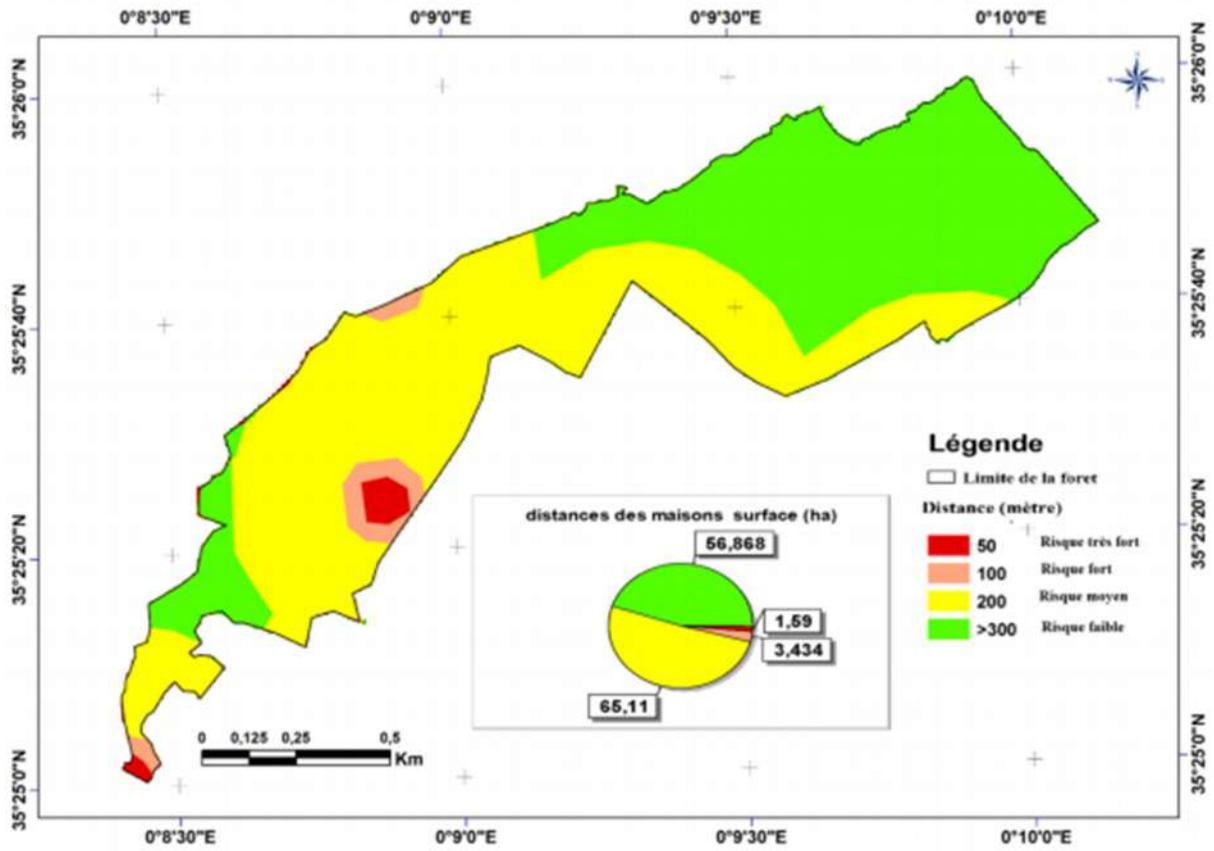


Figure n°37: Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la distance des maisons (DR.ANTEUR)



Photo n°10: Ferme, date 18/01/2020 HABIBECHE

VI.3.3. Distance des agglomérations:

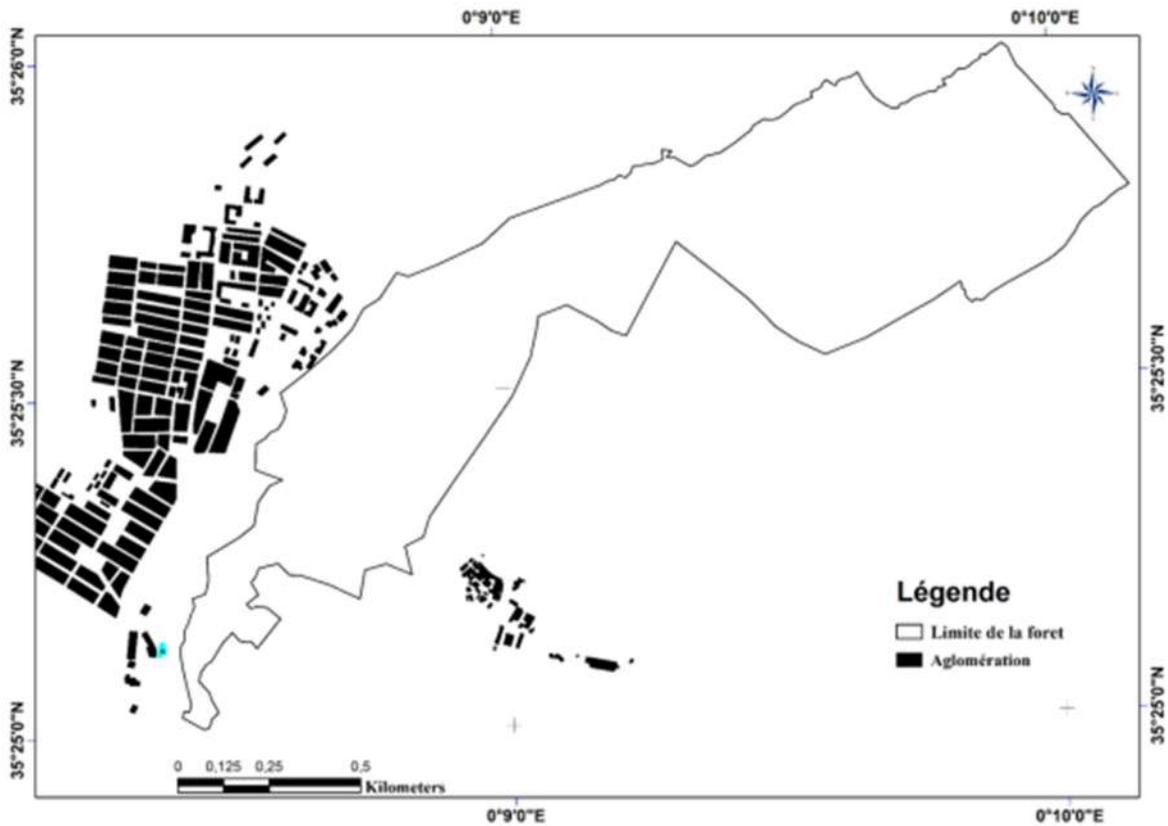


Figure n°38: Carte des agglomérations (DR.ANTEUR)

Tableau n°18: Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Distance des agglomérations (m) »

Paramètres	Poids	Classes	Valeurs	Degré du risque
Distance des Agglomérations (m)	3	0 - 100	5	Risque très fort
		100 - 500	4	Risque fort
		500 - 1000	3	Risque moyen
		1000 - 2000	2	Risque faible
		> 2000	1	Risque très faible

Source: FETATI (2008)

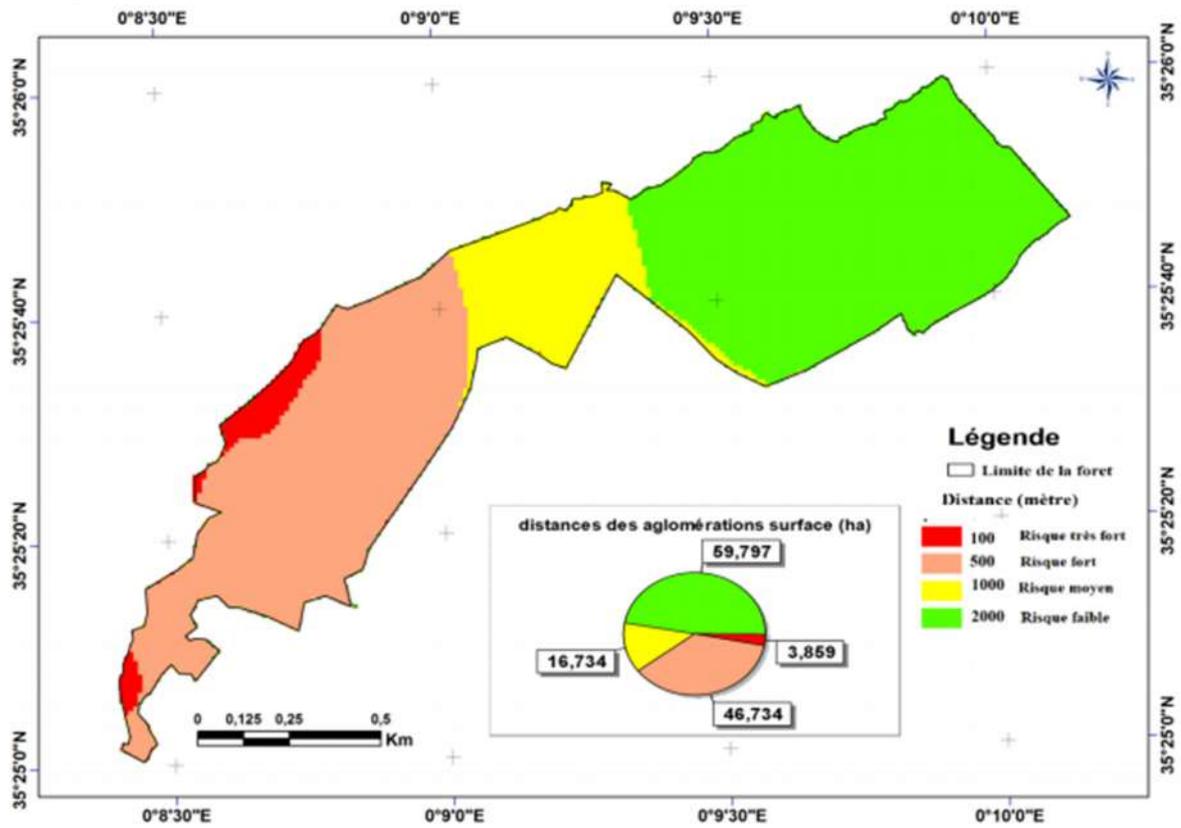


Figure n°39: Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la distance des agglomérations (DR.ANTEUR)

la figure39, montre que plus 44% de la zone d'étude présente un risque à très fort (proximité <500 m). Cependant, La classe à risque de fort (500 et 1000m) représente 24,25% de la zone d'étude, et se localise au niveau de la population de la commune de Mamounia (à moins de 5km) et la forêt de Zakour. D'autre part, la classe à faible risque (>3000 m) occupe 33% de la zone et se localise surtout en est de la même zone.



Photo n°11: Tissu urbain de la Commune de Mamounia, date 18/01/2020 **HABIBECHE**

VI.4. Application du modèle

A cette étape du traitement, on dispose de toutes les couches d'informations géographiques (en mode raster) associées à chacun des paramètres du modèle. L'utilisation du SIG a permis de

Tout d'abord sur un plan géomatique, il est certain que l'emploi, des outils spatiaux SIG et télédétection, a eu son impact sur l'optimisation de la recherche entreprise. Ceci, se traduit, pour les futurs utilisateurs potentiels, par un gain énorme et réel en temps et aussi en coût. C'est clair, avec son grand potentiel qui ne cesse de croître, la géomatique facilite beaucoup et aide à la maîtrise des thématiques.

Sur un plan thématique, l'équation

$$\text{RFF} = 7 * \text{VT} + 5 * (\text{S} + \text{A} + \text{E}) + 3 * (\text{DR} + \text{DS} + \text{DF})$$

a été utilisée pour l'estimation du risque d'incendie lié à la végétation, aux paramètres topomorphologiques et anthropiques. Pour sa cartographie sous forme des zones de risque de feux de forêt, les valeurs du risque ont été classées en adoptant la méthode de classification par « classes naturelles ». Ainsi, on a obtenu la carte finale, résultat du modèle correspondant à l'application des paramètres calculé, ce dernier est identique à l'exception du seuillage relatif au facteur.

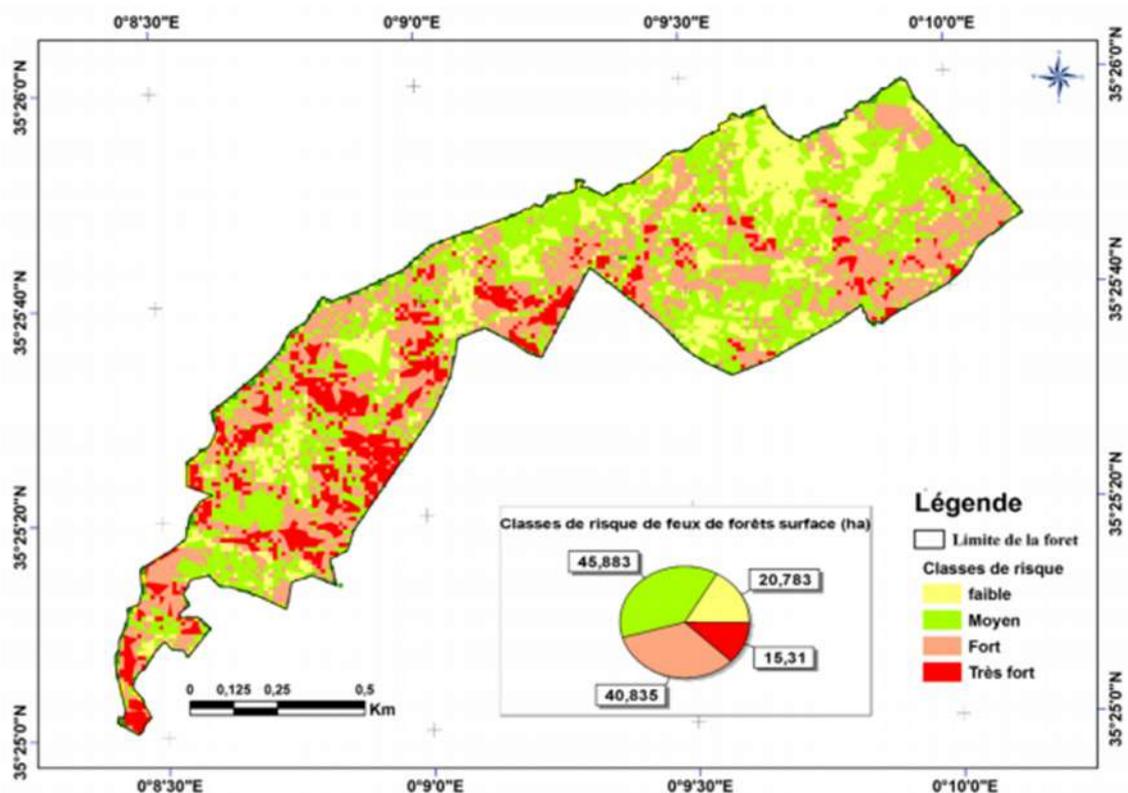


Figure n°40: Carte des risques de feux de forêt de la zone d'étude (DR.ANTEUR)



Photo n°12:



Photo n°13:

Ces résultats montrent l'ampleur important sur le risque d'incendie de la forêt de Zakour. Parmi les facteurs d'origines anthropiques et climatiques semblent intervenir dans l'éclosion des incendies dans la zone d'étude :

- Facilité d'accès lié à la grande densité du réseau routier implanté en alentour de la forêt
- Facteur Topo-morphologiques de la forêt sont favorables
- Accroissement de la population et à la pression qu'elles ont exercée sur les ressources naturelles : la forte densité de la population pré-urbaine, de l'ordre de 74 hab /km², témoigne d'une surexploitation de la forêt d'étude.

Composition floristique de la forêt en essences très combustible, notamment : le pin d'Alep et Chêne vert. Le principal facteur qui affecte la propagation d'un incendie de forêt est le type de la végétation et ses caractéristiques (TALBI & AL. 2017). Le pin d'Alep est l'une des essences majeures du pourtour méditerranéen, essence forestière xérophile à haute inflammabilité et combustibilité appartenant à la famille des conifères. D'après ARFA (2008), la forêt demeure la formation végétale la plus touchée par les feux avec 60,6% de la superficie totale brûlée. En Algérie l'essence la plus touchée par le feu est le pin d'Alep, (TALBI & AL. 2017).

La structure et la composition des formations végétales où dominant des espèces résineuses, accompagnées d'un sous-bois où la broussaille domine, sont autant de facteurs favorisant les feux de forêts (MISSOUMI ET AL, 2003 ; CHIALI CHARIF, 2018).

- Activité Agricoles : La wilaya de Mascara est réputée pour ses activités agricoles qui jouent un rôle important dans le secteur économique national (HADDOUCHE & AL, 2011)



***Conclusion
Générale***

Conclusion générale:

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'incendies au niveau de la forêt de ZAKOUR à l'aide de l'application de système d'information géographique (S.I.G), permet d'établir une carte de risque de feu de forêt en superposant plusieurs couches d'informations tirées des cartes.

Dans cette étude nous avons établi les différentes cartes des paramètres topographiques (altitude, pente, exposition), les facteurs anthropiques (la distance des agglomérations, la distance des voiries et la distance des maisons) de la zone d'étude, et nous avons établi la carte de végétation et ses caractéristiques l'application de système d'information géographique (S.I.G), permet d'établir une carte de risque de feu de forêts (le combustible).

Les résultats obtenus montrent que la classe du risque très fort occupe 12,46% de la zone d'étude, avec plus de 15,31 HA de la superficie globale de la zone d'étude .la zone d'étude est dotée d'une classe du risque fort qui occupe 33,25% avec 40,83 HA de superficie, et la risque moyenne 37,36% avec 45,88 HA , et enfin, la classe du risque faible qui représente 16,92 % de la zone d'étude avec 20,78 HA de la superficie totale de la zone d'étude.

Le SIG peuvent fournir des renseignements utiles, et une aide aux responsables à la prise de décision dans la gestion des écosystèmes. La perspective est de généraliser l'utilisation de l'outil géomatique, car il permet de suivi les changements environnementaux, notamment pour des grandes superficies.

Ce travail quoi que important doit être complété et enrichit par des études futures plus approfondies, englobant toute la zone forestière de la wilaya de MASCARA, tout en précisant les obstacles de l'imprudence et le manque de la sensibilisation des gens, et en proposant les aménagements à faire.



***Références
Bibliographiques***

Les références bibliographiques:

- **[A.DAGORNE, 1992]**-SIG, télédétection aérospatiale et gestion des espaces sensibles aux feux et/ou par courus par eux ou l'utilisation de la cartographie. Colloque International « le feu: avant après». Revue d'Analyse Spatiale Quantitative et Appliquée, n° 32, 1992. Université de NiceSophiaAntipolis.p.167.
- **ABDI S., 2014** -Contribution à l'étude de la gestion des risques d'incendies de forêts dans la Wilaya de Tlemcen.26p.thèse master en forestière .uni Abou bekrbelkaid- tlemcen.26p
- **Alexandrian D.,ESNAULT F ., & CALABRI G, 1999**-Feux de forêts dans la région Méditerranéenne. Analyse des tendances des feux de forêts en Méditerranée et des causes sous-jacentes liée aux politiques Unasylya ,197,50,35-41 .
- **Ammari M., 2011.** Etude de la dimension fractale du front dans un systèmedésordonné binaire. Application aux feux de forêt. Thèse Magister. *Univ Oran.* Algérie, 90 p.
- **ASSALI F.,ROUCHD M ., AJERAME M .,LAHLOU M .,MHARZI ALAOUI H.,2016**- cartographie du risque d'incendies de forêt dans la région de chefchaouen- Ouazzane (Maroc) .5p.
- **BARBERO M., QUEZEL P., RIV AS-MARTINEZ S 1981.** Contribution à l'étude des groupements forestiers et préforestiers du Maroc. *Phytocoenologia* 9 (3) 31 1-412.
- **BARBERO (M) et LOISEL (R), 1984** : Données bioclimatiques, édaphiques et production ligneuse de quelques essences forestières méditerranéenne : aspects méthodologiques. *Actual. Bot.*, 1984 (2/3/4): 537-547.
- **BARBERO.M et al.,1988.** – Perturbations et incendies en région méditerranéenne française, univ d'Aix- Marseille III. p 409-419.
- **BELKAID H., 2016**- Analyse spatiale et environnementale du risque d'incendie de forêt en Algérie cas de la Kabylie maritime .Univ de Nice - Sophia Antipolis23, 80,223p.
- **BOUDY (P), 1955** : Economie forestière nord-africaine. Tome. 1: Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie.
- **BURROUGH P H., 1986**-Principals of geographical information system for land ressource assement, clarendon press, Oxford, p 193.
- **CEMAGREF. ENSMP-ARMINES. Agence MTDA.,** Colloque de restitution des travaux de recherche du SIG Incendies de forêt.
- **CHERIFI M., 2017**- étude de la reprise végétative du chêne liège (quercus)
- **CHRISTOPHE B ,2010**- Caractérisation et cartographie des interfaces habitat-forêt

- **Erten, E., Kurgun, V. and Musaoglu, N., 2004**, Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS case study. XXth ISPRS Congress, Youth Forum, July 12–23, 2004, Istanbul, Turkey, 33–39.
- **FAO., 2013**-Etat de forêt méditerranéenne .54p
- **Fetati, R., 2008**, Utilisation d’outil d’analyse spatial (télédétection, SIG) pour l’évaluation du risque d’incendie de forêts dans l’ouest algérien, Saïda, Algérie[Use of spatial analysis tool (remote sensing, SIG) for forest fire risk assessment in western Algeria, Saïda, Algeria]. Maîtrise de Biologie des Populations et des écosystèmes, Université Angers, France.
- **GILLOT, J.-M., 2000** : Introduction aux Systèmes d’Informations Géographique – Introduction & information spatiale. Département AGER, Institut National Agronomique Paris-Grignon, France, 142 p.
- **GUENDOUL M., 2011**Application du SIG et la télédétection à la protection des forêts contre les incendies : cas du secteur de Tala Rana (Parc National du Djurdjura) ingénieur forestière .école supérieur Agronomie -Harrach7, 8, 11, 13,14p
- **Haddouche, D., Benhanifia, K., Gacemi, M., 2011**, Analyse spatiale de la régénération forestière post-incendie de la forêt de Fergoug à Mascara, Algérie [Spatial analysis of forest regeneration after fire in the forest of Fergoug in Mascara, Algeria]. Bois et forêts des tropiques, 307(1), 23–31 (France: CIRAD).
- http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=5377
- **JAPPIOT M., BLANCHI R et ALEXANDRE D., 2002**-Cartographie du risque : recherche méthodologique pour la mise en adéquation des besoins, des données et des méthodes. Cemagref, ENSMP-ARMINES, agence MTDA, colloque de restitution des travaux de recherche du SIG incendies de forêt, 4 Décembre 2002, Marseille (France).
- **Jappiot M, 2002**. Un prototype d’échelle de mesure de l’intensité d’un incendie de forêt. Info DFCI. Bulletin du Centre de Documentation forêts Méditerranéenne et Incendie 49 : 6-7. www.aix.cemagref.fr/htmlpub/documentation/DFCI49.pdf .
- **KADIK (B), 1987** : Contribution à l’étude du pin d’Alep en Algérie : écologie, dendrométrie, morphologie. Thèse Doc. Es Sc. Univ. Aix Marseille III.
- **Khalid F., 2008**. Contribution à l’élaboration d’un plan de prévention des risques incendie de forêt. Thèse Magister. Univ de Tlemcen, Fac des Sciences, département de forêt. Algérie, 162 p.
- **M. Khader, K. Benabdeli, K. Mederbal, Y. Fekir, R. Gueddim et B. Mekkous., 2009** : Etude du risque incendie à l’aide de la géomatique : cas de la forêt de Nesmoth (Algérie) MEDITERRANEA SERIE DE ESTUDIOS BIOLÓGICOS 2009 Época II N° 20

- **M. T. ARFA, M. BENDERRADJI, Dj.ALATOU, 2009**, Analyse des Bilans des incendies de Forêt et leur Impact Economique en Algérie entre 1985 et 2006 , NEW MEDIT N. 1/2009.
- **M.C.A ,2006(ministère des cotes d'amour)** le risque feu de forêt et de landes,55p
- **M.E.D.D, 2002(ministère de l'écologie du développement durable)** les feux de forêt.3, 5p
- **MAIRE R. 1925.** Carte phytogéographique de l' Algérie et de la Tunisie. Service cartographique du Gouv. Alg.
- **MEDDOUR-SAHAR O., (2008)**, *Contribution à l'étude des feux de forêts en Algérie : approche statistique exploratoire et socio-économique dans la wilaya de Tizi Ouzou.* Thèse de Magister, Ina El harrach, 275 p.
- **MEDDOURSAHAR O., MEDDOUR R., LEONE V., LOVREGLIO R., DERRIDJ A., (2013 a).** Analysis of forest fires causes and their motivations in north Algeria : the Delphi technique, *iForest-Biogeosciences and Forestry*
- **Megrerouche R, 2006.,** sensibilité de végétation forestière aux incendie cas de la forêt dominale de chettabah-Ain Smara – Constantine, Mémoire de Magistère en Ecologie et Environnement, Univ. Mentouri de Constantine Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie., pp 10-11
- **MERDAS S., 2007-**Bilan des incendies de foret dans quelque wilaya de l'Est algérien ; cas de Bejaia, Jijel, Sétif et bordj Bou-Arreidj.20P
- **MESSAOUDENE M., 1989** – dendroécologie et productivité de Quercus afares POMEL et Quercus canariensis WILLD. dans les massifs forestiers de l'Akfadou et de Beni Ghobri en Algérie. Th. Doct. ès sciences, univ. Aix – Marseille III. Fac. St Jérôme, Marseille.
- **MIHI A.,2012-** La foret de Zenadia (haute plaine sétifienne) diagnostic et perspective de protection. 26p.UNIV Ferhat Abbes sétif
Prévention des risques d'incendies de forêt - Guide méthodologique,10p
- **QUEZEL P., BONIN G., 1980** – les forêts feuillus du pourtour méditerranéen : constitution, écologie, situation actuelle et perspective. Revue forestière française, tome 3 (1980), pp.253- 268.
- **QUEZEL P;1976-** Les forêts et maquis méditerranéen . Ecologie , conservation et aménagement .Note technique du MAB/UNESCO, 2:9-31.Paris .
- **QUEZEL P;1985-** Definition of the mediterranean region and the origin of its flora. In:c:GOMEZ-Compo (éd). "plant conservation in the Mediterranean area" Geobotany7,9-24
- **Soudani K., 2005.** Introduction général à la télédétection. Cours en ligne

Fac des Sciences d'Orsay - UnivParis Sud XI. 26p.

- **SOUDANI.K.2007**-INTRODUCTION GENERALE A La TELEDETECTION
Partie : Bases physiques et exemples d'applications aux couverts végétaux. Univ
Paris Sud XI .1,p
- Suber l.) Et mode de gestion après incendies de 2015-2016. Cas du forêt de Zariffet
(wilaya de Tlemcen) thèse Master en forestière. univ. Abou bekrbelkaid -Tlemcen
10P
- **TALBI O, 2019**. Contribution à la mise en place d'un Système d'Information
Géographique pour la prévention des feux de forêts dans la région de Saïda. Thèse
de Doctorat Ès Sciences. Option : Foresterie. UNIV ABOUBEKR BELKAID
- **TIR E., 2015** –Analyse spatiale et cartographie de la régénération forestière post-
incendie dans la wilaya de Tissemsilt. Thèse magister .Abou bekr belkaid 2,17,18P
- **TRABAUD L., 1992**-Fire in Mediterranean ecosystems. Atteler international sur l'action
du feu dans les écosystèmes méditerranéens, Banylus sur mer (France), 441p. Ministère
de l'écologie et du développement durable. 91p)
- **VALEZ R., 1999**- Protection contre les incendies de forêt : principe et méthode
d'action. CIHEAM, Zaragoza. Options méditerranéenne, Série B : Etudes et recherches,
N°26,118p.
- **ZAOUI M.2013**-Gestion des risques de feu dans le forêt de M'silla wilaya
d'Oran. Thèse magister en forestière. univ Abou bekrbelkaid-tlemcen-23p
- **ZOUAIDIA H., 2006**- Bilan de l'incendie de forêts dans l'Est Algérien : cas de
Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras. Thèse. Magister., Univ. Mentouri,
Constantine, Algérie, 36 ,40p