



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA

RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DR MOULAY TAHAR– SAIDA –

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

En vue de l'obtention du diplôme

Département : Biologie

Spécialité : Protection et Gestion des écosystèmes

Thème

**Apport de l'outil géomatique pour estimé le risque du feu de forêt
cas de la forêt de Tafrent wilaya de Saida**

Promoteur:

Mlle. Hendi A

Présenté par :

Mr. Gacem Ahmed

Mlle. Aissaoui Bakhta

2021/2022

Dédicace

Mes grands remerciements sont pour notre Dieu qui m'a aidé et m'a donné le pouvoir, la patience et la volonté pour la réalisation de ce travail.

Je dédie ce travail :

- À toute ma famille
- À tous mes amis et collègues

Gacem Ahmed

A mes très chères parents qui ont toujours été là pour moi, vous êtes dépensé pour moi sans compter.

En reconnaissance de tous les sacrifices consentis par tous et chacun pour me permettre d'atteindre
cette étape de ma vie.

Avec toute ma tendresse.

J'adresse un remerciement particulier à mes frères, mes amis

Aissaoui bakhta

LISTE DES ABREVIATIONS

BDG : La base de données géographique

B.N.E.D.E.R : Bureau National des Etudes de Développement Rural.

B.N.E.F : Bureau National d'Etude Forestière.

DFCI: Défense des Forêts Contre les Incendies.

DGF: Direction Générale de Forêts.

D.P.A.T : La direction de la Planification et l'Aménagement du Territoire

D.S.A : Direction des services agricole

GPS: Global Positioning System

H: humidité

H.P.A.E : Hiver, Printemps, Automne, Eté

IC: Indice de Combustibilité.

IH : Indice Humain.

IM: Indice topomorphologique.

INCT: Institut National de Cartographie et de la Télédétection.

IR :Indice des risques de feux de forêts.

MNT : modèle numérique de terrain

MOC : ménages ordinaires et collectifs

N: numéro

nbr : nombre

NDVI : indice de végétation normalisé

P : précipitation

SIG : Système d'Information Géographique

T : Température

URSA : Bureau d'Etudes et de Réalisation en Urbanisme, Spa Saïda Algérie.

°C : degré Celsius

% : pourcentage

Liste des tableaux

Tableau 01:	Principales essences forestières d'Algérie.....	05
Tableau 02:	Les superficies incendiées selon les formations végétales.....	18
Tableau 03:	Les surfaces incendiées selon les essences.....	19
Tableau 04:	Répartition saisonnière des précipitations.....	42
Tableau 05:	Classification des mois.....	45
Tableau 06:	Direction et types des vents saisonniers de la région.....	46
Tableau 07:	Répartition de l'élevage par zone.....	55
Tableau 08:	Taux d'accroissement des populations des communes limitrophe de Tafrent.....	56
Tableau 09:	Classification des distances des routes et des habitations.....	60
Tableau 10:	Classification des pentes et des expositions.....	62
Tableau 11:	Classification du type de végétation méditerranéenne.....	63
Tableau 12:	Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Végétation ».....	64
Tableau 13:	Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Pente».....	67
Tableau 14:	Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Exposition ».....	69
Tableau 15:	Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Distance des voiries ».....	71
Tableau 16:	Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Distance agglomérations ».....	73

Figure.1 :	principales formation forestières d'Algérie.....	03
Figure.2 :	Carte de répartition des forets Algérienne	04
Figure.3 :	Triangle du feu.....	06
Figure.4 :	Différentes catégories du feu.....	10
Figure.5 :	Différentes formes de feu.....	11
Figure.6 :	Le cycle journalier de brûlage.....	12
Figure.7 :	Les différentes parties d'un feu.....	13
Figure.8 :	Les surfaces parcourues par le feu en Algérie.....	18
Figure.9 :	Les surfaces incendiées par wilaya.....	20
Figure.10:	Le nombre de feux par wilaya.....	20
Figure.11:	Les fonctions d'un système d'information géographique.....	26
Figure.12:	Diagramme de l'indice Forêt Météo.....	30
Figure.13:	Structure de système de prévision du comportement de l'incendie.....	30
Figure.14:	Structure de la méthode Canadienne de l'évaluation des dangers d'incendie de forêt.....	31
Figure.15:	Système intégré pour la détermination de danger d'incendie de forêt.....	32
Figure.16:	Localisation générale des régions et des zones d'étude.....	34
Figure.17:	Carte du modèle numérique de la zone d'étude.....	35
Figure.18:	Carte des pentes.....	35
Figure.19:	Carte des expositions.....	35
Figure.20:	Carte hypsométrique.....	37
Figure.21:	Carte du réseau hydrographique.....	38
Figure.22:	Carte pédologique.....	39
Figure.23:	Carte géologique de la forêt Taffrent.....	40
Figure.24:	Précipitations mensuelles moyennes.....	42
Figure.25:	Régime saisonnier de la zone d'étude.....	43
Figure.26:	Température moyenne mensuel.....	44
Figure.27:	Variation de L'évaporation en fonction des mois.....	45
Figure.28:	Rose du vent de la zone d'étude.....	46
Figure.29:	Détermination du climat à partir de l'abaque DE MARTONNE.....	49

Figure.30:	Position de la zone d'étude sur le climagramme d'EMBERGER.....	50
Figure.31:	Diagramme ombrothermique de la zone d'étude.....	52
Figure.32:	Carte des principaux territoires biogéographiques d'Algérie.....	52
Figure.33:	Importance des formations forestières.....	54
Figure.34:	Procédure de calcul de l'indice de risque de feu de forêt.....	59
Figure.35:	Conversion des expositions en degré.....	62
Figure.36:	Procédure de calcul raster de l'indice de risque des feux de forêt.....	64
Figure.37:	carte de localisation des relevés floristique.....	65
Figure.38:	Carte de l'indice de risque basée sur la végétation.....	67
Figure.39:	Carte du MNT de la zone d'étude.....	68
Figure.40:	Carte de l'indice de risque basée sur la pente.....	69
Figure.41:	Carte de l'indice de risque basée sur d'exposition.....	70
Figure.42:	Carte de réseau routier dans la zone d'étude.....	71
Figure.43:	Carte de l'indice de risque basée sur la proximité des routes.....	72
Figure.44:	Carte de proximité des agglomérations dans la zone d'étude.....	73
Figure.45:	Carte d'indice de risque basée sur des agglomérations.....	74
Figure.46:	Carte des risques de feux de forêt de la zone d'étude.....	85

Résumé

L'objectif de ce travail porte sur l'apport de la télédétection et du SIG à la protection des forêts de la daïra de sidi boubkeur (forêt de Tafrent) contre les incendies. Pour cela nous avons utilisé un modèle de cartographie de risque d'incendie qui s'appuie sur un certain nombre de paramètres à savoir le type de végétation, la pente, l'exposition, la proximité des routes et la proximité des habitations.

Les résultats obtenues ont révélés qu'environ 4633 Ha de notre zone de travail, présente un risque élevé. Ces risques sont liés à la végétation très inflammable, une pente moyenne à élever, l'exposition sud et est, le réseau routier dense et la fréquentation humaine importante. Sur la base de la carte de risque d'incendies, et en relation avec les équipements existant et de l'accessibilité des aménagements sont proposés pour une lutte plus efficace contre les incendies.

Mots clés : SIG, télédétection, feu de forêt, indice du risque, aménagement, sidi boubkeur forêt Tafrent

ABSTRACT

Abstract:

The objective of this work concerns the contribution of the remote sensing and the GIS to the protection of the forests of Daira sidi boubkeur against fires. For that, we used a model of cartography of risk fire that depends on a certain number of parameters such the type of vegetation, the slope, the exposure, the roads proximity and the habitations proximity.

The results obtained revealed that approximately 4633Ha of our working area presents a high risk. These risks are linked to the very inflammable vegetation, strong slope, southeast exposure, dense road network and the important human frequentation. On the basis on the fire risk map, and in relation with the existing equipment's and the planning's accessibility, are proposed for more effective fight against the fires.

Keywords: GIS, remote sensing, forest fire, risk index, forest planning, Daira Sidi Boubker forest Tafrent

ملخص

ملخص

الهدف من هذا العمل هو استعمال النظام المعلوماتي الجغرافي والكشف عن بعد لحماية غابات دائرة سيدي بوبكر غابة تافرننت ضد الحرائق لهذا استعملنا نموذجا لخرائط خطر الحرائق الذي يعتمد على نوع النباتات، الانحدار، الاتجاه البعد عن الطرق والبعد عن المساكن.

النتائج المحصل عليها بينت أنه حوالي 4633 هكتار من المنطقة المدروسة معرضة لخطر عال. هذا الأخير مرهون بالنباتات سريعة الالتهاب بالأراضي المنحدرة جدا بالاتجاه الجنوبي بشبكة الطرق الكثيفة والتواجد الكثيف للإنسان ولهذا اعتمدنا على خريطة خطر الحرائق وعلى التجهيزات المتوفرة حاليا الاقتراح تجهيزات إضافية لحماية غابة تافرننت ، دائرة سيدي بوبكر ضد الحرائق

الكلمات المفتاحية: النظام المعلوماتي الجغرافي ، حرائق الغابات، مؤشر الخطر، دائرة سيدي بوبكر غابة تافرننت

Introduction générale :

La superficie des forêts algériennes est estimée à 4,7 millions d'hectares de forêts et de maquis, ce qui représente environ 1% du territoire national (DGF, 2009)

La forêt algérienne fait face, depuis plusieurs décennies, à une accentuation des facteurs de dégradation comme le surpâturage, les attaques de la chenille processionnaire, les défrichements, les coupes illicites mais les facteurs les plus redoutables de la forêt algérienne et méditerranéenne sont les incendies. Ces derniers bénéficient de conditions physiques et naturelles favorables à leur éclosion et propagation.

La structure et la composition des formations végétales où dominent des espèces résineuses, accompagnées d'un sous-bois où la broussaille domine, sont autant des facteurs favorisant les feux de forêts (MISSOUMI et al, 2003).

Depuis 1963 à nos jours plus de 30 000 ha sont saccagés en moyenne annuellement par le feu (DGF, 2009).

Il est impossible de rester indifférent face à cette éradication de la couverture végétale qui risque de menacer l'équilibre naturel et socio-économique du pays.

Les méthodes classiques généralement utilisées en Algérie pour la prévention et la lutte contre les incendies, demandent du temps et ne sont pas toujours fiables au vu de la complexité et de la diversité des écosystèmes forestiers. Des travaux dans ce domaine reposant sur des techniques modernes d'observation et d'analyse de l'espace (télédétection et Système d'Information Géographique), ont montré leur efficacité et leur rapidité en matière d'élaboration de cartes d'évaluation du risque d'incendies en zone forestière grâce à l'analyse thématique des causes d'incendies.

Cette méthode de prévention des incendies a été testée en Algérie par plusieurs auteurs sur différentes régions, sur Alger (forêt de Bainem) et sur Saida (forêt de Fenouane).

Il est évident que certaines institutions ne pourront rapidement plus se passer de tels outils parce que les décisions qu'elles prennent nécessitent l'accès à une grande masse d'informations localisées, ou que les décisions doivent être prises dans des délais brefs.

Dans ce contexte que s'inscrit la présente étude.

Notre objectif est de montrer concrètement l'apport du SIG et de la télédétection à la protection des forêts contre les incendies, en cartographiant le risque des incendies et en proposant des aménagements, ceci au niveau de la wilaya de Saïda, plus précisément au niveau de la forêt de Tafrent. Les documents cartographiques réalisés constitueront un outil de négociation et d'aide à la décision en matière de définition de politique de prévention et de lutte contre les incendies de forêts.

Ce travail s'articule autour de cinq chapitres :

- Le premier chapitre nous présentons les forêts en Algérie, les Notions de la pyrologie forestière, Causes et conséquences des incendies et, les feux de forêts en Algérie où nous insisterons sur les statistiques des feux de (la superficie, nombres, essences incendiées et les wilayas les plus touchées) ; aussi les méthodes de lutttes (préventive et active) contre les incendies avec une brève description
- Le deuxième chapitre. Est une présentation des systèmes d'informations géographiques (SIG).
- Dans Le troisième chapitre nous présentons la région d'étude.
- Le quatrième chapitre expose la méthodologie adoptée et le matériel d'étude
- Le cinquième chapitre est consacré aux différents résultats obtenus, leurs interprétations et discussion.

Nous terminerons par une conclusion et quelques recommandations.

1. Les forêts en Algérie

La superficie des forêts algériennes est estimée à 4,7 millions d'hectares de forêts et de maquis, ce qui représente un taux de boisement d'à peine 11%, en ne considérant que le nord du pays.

Le patrimoine forestier est ainsi dominé par les maquis, dont la superficie est estimée à 1,8 millions d'hectares, qui représentent 45 % de la superficie forestière et arborée totale, alors que les forêts naturelles, au sens strict, n'occupent que 32 %. Les superficies reboisées représentent quant à elles 972 800 Ha, soit 23 % (figure 01).

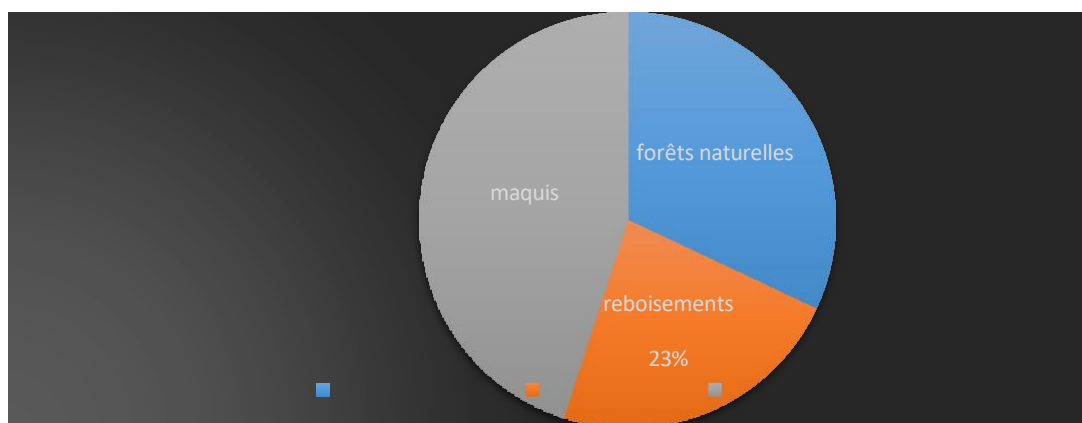


Figure. 01 : principales formation forestières d’Algérie (DGF 2019).

1.2. Répartition géographique des forêts et leurs essences :

La forêt algérienne est inégalement répartie, elle est constituée par une variété d'essences de type méditerranéen. C'est des espèces feuillues sempervirentes, plus spécialement des chênes, et des résineux thermophiles et surtout les pins. Leur développement est lié essentiellement au climat régional.

Cette forêt est localisée entièrement sur la partie septentrionale du pays (figure 02) et elle est limitée au sud par les monts de l'atlas saharien.

La Figure 02 , indique que la forêt (indice de végétation élevé) est surtout concentrée au nord- est du pays.

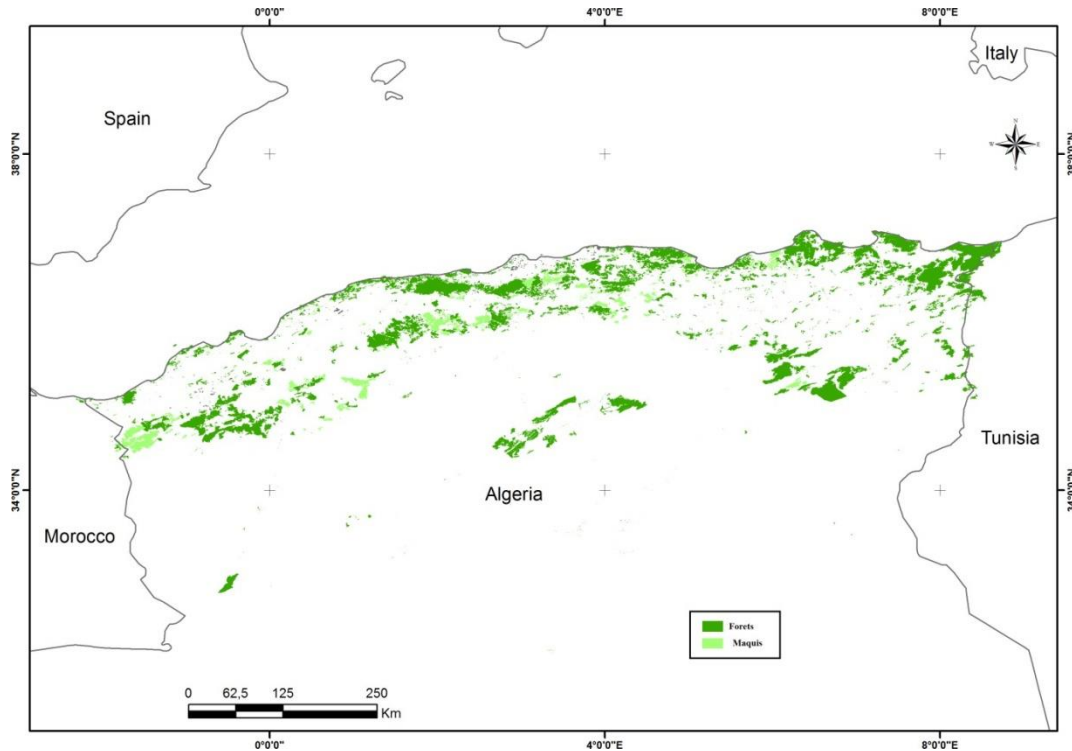


Figure .02 : Carte de répartition des forets Algérienne (Dr. Anteur. Dj).

Au fur et à mesure qu'on s'éloigne du littoral, le faciès forestier change du nord au sud du Pays. On peut distinguer globalement les principales zones forestières suivantes :

- Le littoral

C'est surtout les chaînes côtières du nord-est du pays comme celle de *Tizi-Ouzou, Bejaia, Jijel, Collo, Skikda, El Mila et El kala*. Ces régions sont très arrosées et elles comportent les forêts les plus denses. C'est l'aire de répartition d'essences principales à savoir le chêne liège et le chêne zen mais également du chêne afarès et du pin maritime localement.

- L'atlas tellien central et occidental

C'est une région moins arrosée, où l'en retrouve les grands massifs de pin d'Alep et du chêne vert et dans les zones littorales du centre et de l'Ouest. On rencontre également les peuplements de thuya. Le cèdre de l'atlas est localisé sur les plus Hauts sommets de cette chaîne (Babors, Djurdjura, Atlas Blidéen, Ouarsenis).

- L'atlas saharien

Il abrite les grands massifs de pin d'Alep des Aurès-Nememcha, des Monts du hodna, des Monts de Ouled Nail et Amour, ainsi que la majeure partie de la cédraie des Aurès en

altitude, au dessus de 1200m. Sur les versants de cet Atlas, on rencontre également le chêne vert et surtout le genévrier.

Les essences principales composant les formations forestières et leurs superficies sont reportées dans (tableau 1)

Tableau.1 : Principales essences forestières d'Algérie (PNR, 1999).

Espèces forestières	Superficie Ha	Taux(%)
pin d'Alep (<i>Pinus Halipensis</i>)	800 000	35,4
genévrier de Phénicie (<i>Juniperus phoenicea</i>)	217 000	9,6
thuya de Berbérie (<i>Tétracclinis articulata</i>)	143 000	6,3
pin maritime (<i>Pinus pinaster</i>)	38 000	1,7
cèdre de l'atlas (<i>Cedrus atlantica</i>)	12 000	0,5
Total Résineux	1 210 000	53,5
chêne liège (<i>Quercus suber</i>)	463 000	20,5
chêne vert (<i>Quercus ilex</i>)	354 000	15,7
chêne zen et chêne afarès (<i>Quercus afares</i>)	65 000	2,9
eucalyptus (<i>Eucalyptus sp</i>)	52 000	2,3
autres (frêne, peuplier, l'orme,...)	116 000	5,1
Total Feuillus	1 050 000	46,5
Total général	2 260 000	100

On peut constater du Tableau 1, que les formations résineuses dépassent légèrement les formations feuillues, 53,5 % contre 46,5 %. La formation prédominante est la pineraie de pin d'Alep, qui occupe 35,4 % de la superficie forestière totale, et se rencontre principalement dans les zones semi-arides.

La subéraie, avec 20,5 %, se localise principalement dans le nord-est du pays. Les chênaies à zéen et afarès (2,9 %), occupent les milieux les plus frais au-dessus de l'étage de la subéraie.

La pineraie de pin maritime, à l'état naturel, est localisée dans le nord-est du pays et couvre 1,7 %. Les cédraies sont disséminées en îlots discontinus dans le Tell central et surtout les Aurès (0,5 %). Ces essences constituent le premier groupe de forêts, dites économiques, en comptant les eucalyptus introduits avec 52 000 Ha, soit 2,3 %, dans le Nord et surtout à l'Est du pays, elles totalisent 63,3 % de la superficie forestière de notre pays. Le second groupe de forêts, dites

de protection, est constitué par le chêne vert (15,7 %), surtout abondant dans le nord-ouest du pays, le thuya de Berbérie (6,3 %) et le genévrier de Phénicie (9,6 %).

2. Les feux de forêts en Algérie

En Algérie, à l'instar des pays méditerranéens, le patrimoine forestier subit les effets de la dégradation, à cause de sa composition floristique en espèces très combustibles, au climat méditerranéen (chaud et sec en été) qui favorise l'éclosion de feux et à l'activité anthropique qui exerce une pression assez forte sur le patrimoine.

3. Notion de pyrologie forestière

1. Introduction :

La pyrologie forestière se définit comme une science dont l'objet principal est l'étude des feux de forêts et de leurs propriétés. Elle explique le phénomène de combustion, décrit les caractéristiques propres aux feux de forêts et étudie les facteurs qui influencent leurs origines et leur développement.

Principes fondamentaux de la combustion :

Les éléments du feu :

La combustion est l'ensemble des phénomènes qui accompagnent la combinaison chimique sous l'influence de la chaleur, de l'oxygène de l'air et du carbone contenu dans les combustibles. Les combustibles sont des corps qui ont la propriété de brûler, par exemple le bois, le papier, ...etc.

Pour se produire la combustion exige la présence en proportion convenable de trois éléments, à savoir : le combustible, l'oxygène et la chaleur. Le combustible et l'oxygène existent en abondance en forêts, le seul élément qui manque pour compléter le symbolique triangle du feu est une source de chaleur suffisante.



Figure .3 : Triangle du feu

Le combustible :

Le combustible désigne le matériel qui brûle. Dans le cas des forêts, le combustible est représenté par les diverses strates biologiques allant de l'horizon humifère jusqu'aux cimes des arbres en passant par les strates intermédiaires des végétaux et des bois morts.

Le comburant :

C'est le deuxième élément du feu. Il s'agit d'un gaz incolore occupant 25 % du volume de l'air. Il est sans cesse renouvelé par les courants atmosphériques.

La chaleur :

Le phénomène de combustion ne peut s'amorcer que par un apport extérieur de chaleur qui sert pour le préchauffage des combustibles se trouvant à proximité du feu et favorise de cette façon la propagation de celui-ci.

Au cours de la combustion, il y a un grand dégagement de chaleur et une augmentation de la température qui peut atteindre 1215°C (TRABAUD, 1979).

Le processus de combustion :

Selon TRABAUD (1976) et REBAÏ (1983), on peut distinguer trois phases durant le cycle complet de la combustion d'un végétal ;

Phase de préchauffage :

Sous l'influence d'une source de chaleur intense, l'eau s'évapore à 100 C°, entraînant la décomposition chimique des acides, résines et autres liquides. Dès que la température atteint les 200 C° c'est la « **pyrolyse** ».

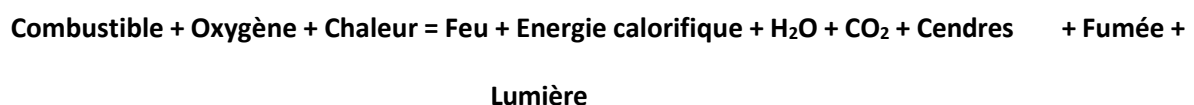
Phase de combustion des gaz :

Dans cette deuxième phase, les combustibles continuent de se débarrasser de leurs gaz jusqu'à une température de 315°C. L'incandescence ne commence qu'à partir de 425 C°, et le bois s'enflamme à 450 C°.

Phase de combustion de charbon :

Dans Cette phase, les résidus de charbon de bois, produits lors de la deuxième phase, continuent de se consumer jusqu'à devenir des cendres

En résumé, le processus de combustion peut être schématisé par l'équation suivante :



Mode de propagation de la chaleur :

Le développement et la progression d'un incendie se fait par transmission de la chaleur émise par un corps en combustion à un autre qui prend feu à son tour. Cette chaleur émise par un combustible qui brûle peut se transmettre de trois façons ; par convection, radiation et par conduction.

Transmission par convection :

Cette transmission est due à la propagation de la chaleur suivant une colonne dite de convection qui tend à monter verticalement à partir du combustible enflammé. Cette propagation se fait sous forme d'une masse d'air chaud et appauvrie en oxygène. Elle peut provoquer l'inflammation des combustibles se trouvant dans le rayon de la colonne grâce à son action échauffante et desséchante.

Transmission par radiation :

Elle consiste en une émission de l'énergie calorifique par rayonnement, c'est à dire par des rayons qui partent du combustible enflammé. La chaleur émise par radiation est très intense, elle dessèche les combustibles situés à proximité du feu et peut facilement les enflammer.

Transmission par conduction :

La propagation du feu se fait à travers le combustible lui-même. Sachant que les matériaux ligneux sont de mauvais conducteurs de chaleur, cette dernière se propage très lentement

Facteurs de propagation des incendies :

Les facteurs de propagation du feu sont liés au combustible lui-même, aux facteurs météorologiques et à la configuration du terrain.

Facteurs liés aux combustibles :

Plus qu'à tout autre facteur, c'est aux combustibles végétaux que sont imputables les incendies. Il en existe trois catégories ;

- les combustibles présents dans le sol,
- les combustibles de surface,
- Et les combustibles aériens.

Les premiers comprennent les produits de la décomposition du bois, des résidus végétaux et la tourbe. Les seconds, la litière forestière accumulée sur le sol ; composée de feuilles tombées, de brindilles, de morceaux d'écorce, de cônes et de menues branches. Dans la

troisième catégorie de combustibles, entrent toutes les matières inflammables, vivantes ou mortes, situées dans le sous-étage ou dans les cimes.

Facteurs météorologiques :

Les conditions climatiques, telles la température, l'humidité et la stabilité atmosphérique influent sur les risques d'embrasement et sur le taux de combustion des combustibles. Parmi les facteurs généralement favorables à la prolifération et à l'intensité des incendies, notons les hautes températures, la baisse de la teneur en eau et l'accroissement de la vitesse du vent. C'est le cas dans la zone méditerranéenne où les vents de terre qui soufflent l'été font chuter l'humidité relative et propagent l'incendie en projetant au loin des étincelles (VELEZ, 1990).

1.3.3. Configuration du terrain :

La configuration du terrain a une influence directe sur la vitesse de propagation du feu. Cette dernière est d'autant plus grande que la pente du terrain est importante. L'inclinaison des pentes permet le glissement des matériaux en combustion vers le bas et provoque ainsi de nouveaux foyers d'incendies.

Catégories de feux de forêts :

Selon TRABAUD (1970), on peut distinguer trois types de feux, suivant la hauteur de combustion ;

Les feux de profondeur :

Les feux de profondeur se développent sous la litière de la forêt, brûlant les matières organiques contenues dans le sol. Ils ont la propriété de se propager lentement en raison du manque d'oxygène et de la transmission de chaleur uniquement par conducteur.

Les feux de surface :

Les feux de surface brûlent principalement la litière, les feuilles mortes, la végétation herbacée, les broussailles ainsi que les arbres et les débris qui longent le sol de nos forêts. Ils peuvent être de faible, de moyenne ou de forte intensité selon la quantité de combustible disponible. Parfois, à ce stade, des montées de flammes peuvent survenir le long des arbres, lorsqu'il y a des branches basses.

1.4.3. Les feux de cimes :

On qualifie les feux de cime lorsqu'ils sont localisés au faite des arbres et qu'ils brûlent plus de 90 % de ceux-ci. Ils se développent généralement au sol, montent le long des arbres en brûlant sur leur passage feuilles, aiguilles et même certaines branches. Pour qu'un feu soit classé

comme feu de cime, il doit se maintenir dans la cime sur une certaine distance. S'il ne brûle que de 10 % à 90 % des cimes, il est alors qualifié de feu de cime **intermittent**.

On reconnaît d'autres types de feux de cime :

- **Feux de cimes dépendants** : Lorsque le feu se maintient dans la cime des arbres en raison de la chaleur transportée par la convection du feu de surface.
- **Feux de cimes roulants** : Lorsque dans une forêt dense, le feu se développe dans la cime des arbres sous l'action d'un vent fort, indépendamment du feu de surface.



Figure. 4 : Différentes catégories du feu

Formes de feux de forêt :

La forme d'un feu variée en fonction de la topographie du terrain, de la direction et intensité du vent, et de la nature des combustibles.

Les feux de forme circulaire :

Les feux de forme circulaire sont généralement situés sur un terrain plat par temps calme. Le combustible qu'on y retrouve est homogène.

Les feux de forme irrégulière :

Les feux de forme irrégulière sont causés par des terrains en pente ou par des vents variables. On retrouve cette forme de feu où le combustible est hétérogène (de nature différente).

Les feux elliptiques :

Les feux elliptiques se forment généralement sur des terrains plats dans un combustible homogène où l'on remarque la présence du vent qui souffle toujours dans la même direction.

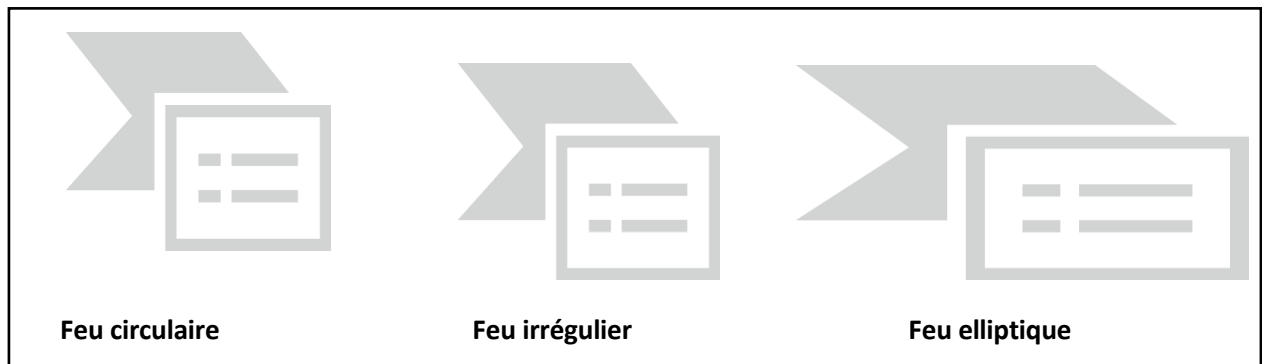


Figure .5 : Différentes formes de feu

Cycle journalier de brûlage

Dans le combat des feux de forêt, les conditions météorologiques sont des facteurs importants qui influencent le comportement d'un incendie. Au cours d'une même journée, la température, l'humidité relative et le vent varient. Le cycle journalier de brûlage tient compte de ces changements. On y retrouve 4 périodes pendant lesquelles l'incendie peut augmenter ou diminuer d'intensité.

- A-** Dans la partie du cycle de brûlage qui se situe entre 13h00 et 18h00, le feu brûle avec une intensité maximale. La température est à son plus haut niveau, tandis que l'humidité relative est à son plus bas. Cette période est critique et le combat de l'incendie est toujours plus difficile.
- B-** Entre 18h00 et 4h00, le feu diminue graduellement d'intensité. Les combustibles absorbent l'humidité relative qui augmente dans l'atmosphère. En général, les vents sont plus calmes et la température va en décroissant. L'incendie est alors plus facile à maîtriser.
- C-** Dans la période de 4h00 à 9h00, le feu est calme. L'humidité relative est à son plus haute. C'est la période idéale pour combattre l'incendie, car le travail effectué est très efficace.

D- De 9h00 à 13h00, le feu augmente d'intensité à mesure que les conditions atmosphériques progressent. Cette période est marquée par l'intensification de la combustion et les difficultés de combat s'accroissent.



Figure .6 : Le cycle journalier de brûlage

Différentes parties d'un feu de forêt :

La forme d'un feu réfère à la configuration qu'il adopte en se développant, détermine des parties bien distinctes. **(DROUT, 1973).**

- **Arrière** : Partie de la bordure du feu qui est opposée au côté où la propagation du feu est la plus rapide.
 - **Baie** : Partie de la bordure du feu qui se développe plus lentement à cause du combustible ou de la topographie.
 - **Bordure du feu** : Ligne souvent irrégulière jusqu'où le feu a brûlé à un moment donné.
 - **Doigt** : Partie de la bordure du feu qui se développe en langue étroite, s'avancant en saillie du corps principal.
 - **Feu disséminé** : Feu nouveau à l'extérieur du périmètre de l'incendie et causé par celui-ci.
 - **Flanc** : Côté qui relie la tête à l'arrière, ordinairement parallèle à la direction générale de la progression du feu.
 - **Point d'origine** : Partie d'un incendie où le feu a pris naissance.
 - **Tête** : Partie de la bordure du feu qui se développe ordinairement le plus rapidement.
- Indique la direction de la progression du feu.

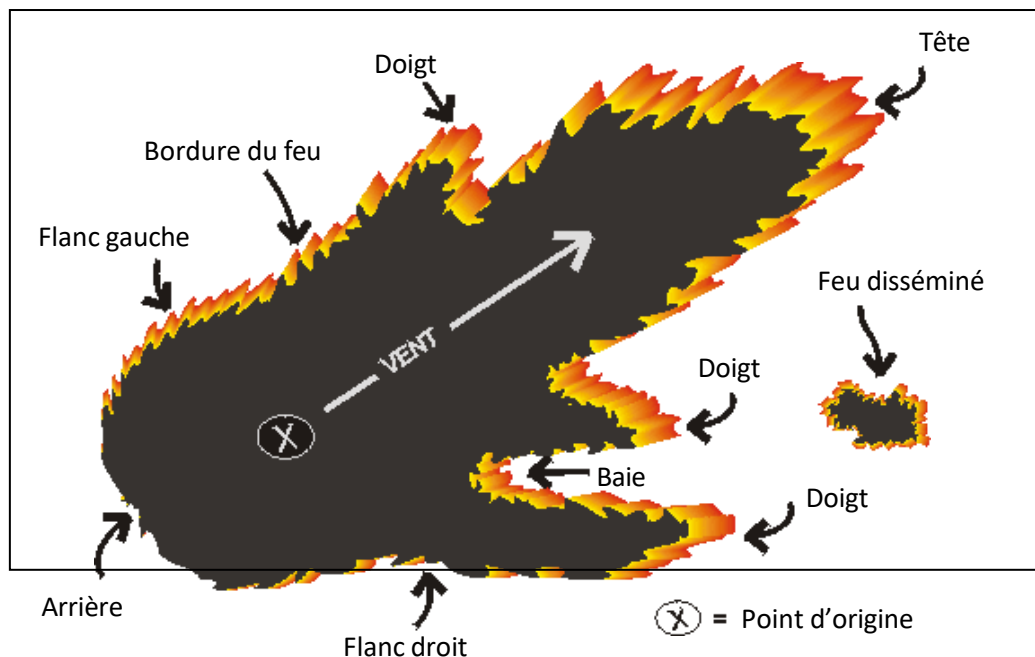


Figure .7: Les différentes parties d'un feu

2. Causes et conséquences des incendies

Causes des incendies :

L'origine des incendies de forêts varie selon les régions. Aussi, tout plan de protection des forêts contre l'incendie doit-il débuter par une analyse approfondie de ces causes au niveau local afin de pouvoir déterminer avec précision les actions auxquelles il faudrait accorder la priorité.

Les causes permanentes des incendies résultent, d'une part du climat et de l'état de végétation, d'autre part de l'insouciance et de l'imprudence des populations pastorales (**BOUDY, 1952**).

TRABAUD (1980), distingue deux causes essentielles des feux de végétation :

- Les causes naturelles,
- Les causes anthropiques.

2.1.1. Les causes naturelles :

A la différence des autres régions du monde qui connaissent un pourcentage important de feux d'origine naturelle (foudre). Le bassin méditerranéen est marqué par la prédominance

des feux d'origine humaine. Les départs d'origine naturelle ne représentent que quelques pour cents seulement de tous les feux (de 1 à 5% selon les pays) (**F.A.O. 1998**).

2.1.2.- Les causes anthropiques :

Elles sont les plus fréquentes, nous pouvons les classer en trois catégories ;

- volontaires,
- accidentelles,
- inconnues.

Causes volontaires :

D'ordre criminel, les causes sont diverses ; nous pouvons mentionner la vengeance, manifestation contre un organisme public,...etc.

Le feu est un outil sylvicole non négligeable lorsqu'il s'agit de se débarrasser de rémanents de coupes, de réduire les combustibles au sol, et de préparer les sites pour des plantations ou pour la régénération naturelle (**VELEZ, 1991; WADE et LUNDSFORD, 1990**).

Il faut ajouter le feu mis par jeu ou par plaisir, qui est une cause fréquente aux abords des grandes agglomérations. Nous pouvons aussi citer les incendies causés par les pyromanes.

Causes accidentelles ou involontaires :

Ce sont les causes qui, par leur fréquence, sont à l'origine des plus grands dégâts. La plupart des incendies sont provoqués par l'homme. Une des causes les plus fréquentes est l'usage imprudent du feu dans le cadre d'opérations agricoles. Dans la région méditerranéenne, ce sont les bergers qui mettent le feu aux forêts et aux prairies pour faire pousser l'herbe sur les terres de pâture. Les agriculteurs utilisent aussi souvent le feu pour éliminer les chaumes ou pour préparer la terre avant de planter. Ces feux s'étendent fréquemment aux forêts voisines.

Parmi les causes principales, on relève: la rénovation des pâturages, l'extermination des insectes nuisibles, la préparation des terres aux cultures, la destruction des résidus de récolte (**UNASYLVA, 1990**).

Les chercheurs de miel, pour rendre les abeilles inoffensives brûlent parfois sous les arbres des torches, étant donné que la récolte du miel se fait en saison sèche, ceci communique le feu à la brousse.

Les charbonniers dans certains cas ne contrôlent pas leurs meules et le feu interne devient trop intense et détruit toute la végétation environnante.

La vitesse du vent très élevée endommage souvent les lignes électriques et provoque la mise à feu par des étincelles électriques (**FAO, 1998**).

Les chutes d'avions, les accidents routiers, les champs de tir de l'armée, peuvent être également causes des incendies.

Conclusion :

Les causes des incendies sont généralement liées aux conditions de vie et de travail des populations rurales dont les conséquences à long terme sont naturellement ignorées par ces population.

Les causes des incendies de forêts varient d'un pays à un autre et d'une région à une autre, selon le climat et les activités humaines.

Conséquences des incendies :

Chaque année, les feux de forêts font perdre des millions de pieds cubes de bois et parfois même des vies humaines. Il en résulte en outre des dommages indirects difficiles à évaluer exactement, tels la perte des jeunes pousses, l'amoindrissement de la fertilité du sol, les ravages des sites pittoresque, l'exposition du sol aux dangers de l'érosion, , de l'inondation et de la sécheresse, ainsi que la pollution par la fumée et la brume sèche.

Pertes de produits :

Il s'agit des pertes en argent dus à la dépréciation du bois par le feu, les pertes de valeurs d'avenir des peuplements, les pertes d'accroissement liées à la défoliation.

Pertes de services :

Plusieurs services rendus par les forêts disparaissent après déclaration d'un incendie au niveau de celles-ci, parmi ces services nous citons ;

a)- La chasse :

Après un incendie, le milieu forestier devient totalement défavorable au gibier qui émigre pour chercher la nourriture et l'eau indispensables à sa vie. Cet état de fait compromet la chasse.

b)- Le tourisme :

L'intérêt touristique diminuera certainement, car après la détérioration de la végétation par le feu, le paysage est enlaidi et pour cette raison l'attrait touristique diminue, ce qui se répercute forcément sur le rendement habituel.

Impacts écologiques :

Les feux peuvent être à l'origine d'une évolution régressive des sols. Ils détruisent une quantité intense de bactéries et de petite faune dont le rôle est capital dans la participation et à la régulation biologique des sols (BELGAT, 1993) in (DEMBELE, 1994).

Selon ORSINI (1991), les incendies de forêts apportent des modifications importantes à la structure des peuplements, de vertébrés terrestres. et sur l'avifaune, en particulier l'action du feu peut être perçue à deux niveaux ;

- lors du passage du feu, il y a une destruction du milieu et une mortalité (variable) chez les oiseaux,
- après le passage du feu, il y a reconstitution du milieu végétal avec recolonisation progressive et différentielle par les oiseaux.

2.2.4. Impact sur le cycle de l'eau et sur le processus d'érosion :

Le régime des eaux est perturbé suite à la destruction de la végétation. Ceci aura pour effet la diminution de l'approvisionnement en eau des nappes phréatiques, et par conséquent la destruction de la végétation par le feu provoque l'érosion du sol, en particulier sur les pentes raides, avec risques consécutifs de glissements de terrain ou d'envasement des sources et cours d'eau.

effets sur la santé de la fumée et de la brume sèche :

Selon la F.A.O (1998), la fumée des incendies de végétation est essentiellement constituée de fines particules en suspension capables de pénétrer dans les poumons, et, dans une moindre mesure, de monoxyde de carbone et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques, qui ne font généralement pas partie des polluants de l'air transportés sur de grandes distances. Parmi ces effets nous citons :

- Effets des particules sur le système respiratoire (symptômes respiratoires, crises d'asthme, bronchites, oxygénation réduite...etc.)

- Effets des particules sur les irritations sensorielles (Gorge sèche, démangeaison du nez, yeux larmoyants et douloureux, Oedème et inflammation, modification de la peau et des membranes...etc.).

Changement climatique planétaire :

Selon la **F.A.O (1998)**, Les incendies de forêt et d'autres types de végétation produisent des gaz et des particules qui influencent la composition et le fonctionnement de l'atmosphère mondiale. Les effets de ces émissions se conjuguent à ceux des émissions dues à la combustion des combustibles fossiles et à d'autres processus technologiques, qui sont la cause principale des perturbations du climat.

Impacts socio-économiques :

Les conséquences des incendies sur le plan socio-économique ne sont pas négligeables. On peut dans ce cas, énumérer des pertes de vies humaines, la détérioration des maisons et les pertes d'ordre financier.

La connaissance des conséquences des forêts est très importante car elle peut nous aider à sensibiliser la population que les incendies nuisent à la santé des peuplements en place et bouleversent pour longtemps les équilibres biologiques naturels et aussi de prendre des précautions pour lutter contre les incendies.

3. Analyse des statistiques des feux de forêts en Algérie

Historique des incendies de forêts en Algérie (Période 1963-2013) :

Trois décennies ont été particulièrement désastreuses pour la forêt algérienne, la décennie 1911-1920, qui coïncide avec la première guerre mondiale, la décennie 1951-1960 qui coïncide avec la guerre de libération et la décennie 1991-2000 qui coïncide avec la période du terrorisme (**OLDACHE, 2003**).

Durant la période 1963-2013 la superficie forestière incendiée s'élève à 1,5 millions Ha, le feu a détruit en moyenne 34 000 Ha/an. Après l'indépendance, la forêt algérienne a connu une relative accalmie, puisque les superficies brûlées ont diminué par rapport à la période coloniale, où la moyenne annuelle était, de 41 258 Ha (**MEDDOUR, 2008**).

Mais lors de certaines années, la forêt algérienne a été touchée par de grands feux néfastes, dépassant largement la moyenne de la période 1963-2013, notamment les deux années catastrophiques 1983 et 1994 (figure 08), avec respectivement 221 367 Ha et 271 598 Ha. De sa part, **AIT MOUHOUB (1998)** ces deux sont peut être dues, du moins en grande partie, à des

conditions climatiques très favorables au déclenchement et à la propagation du feu (sécheresse, vent).

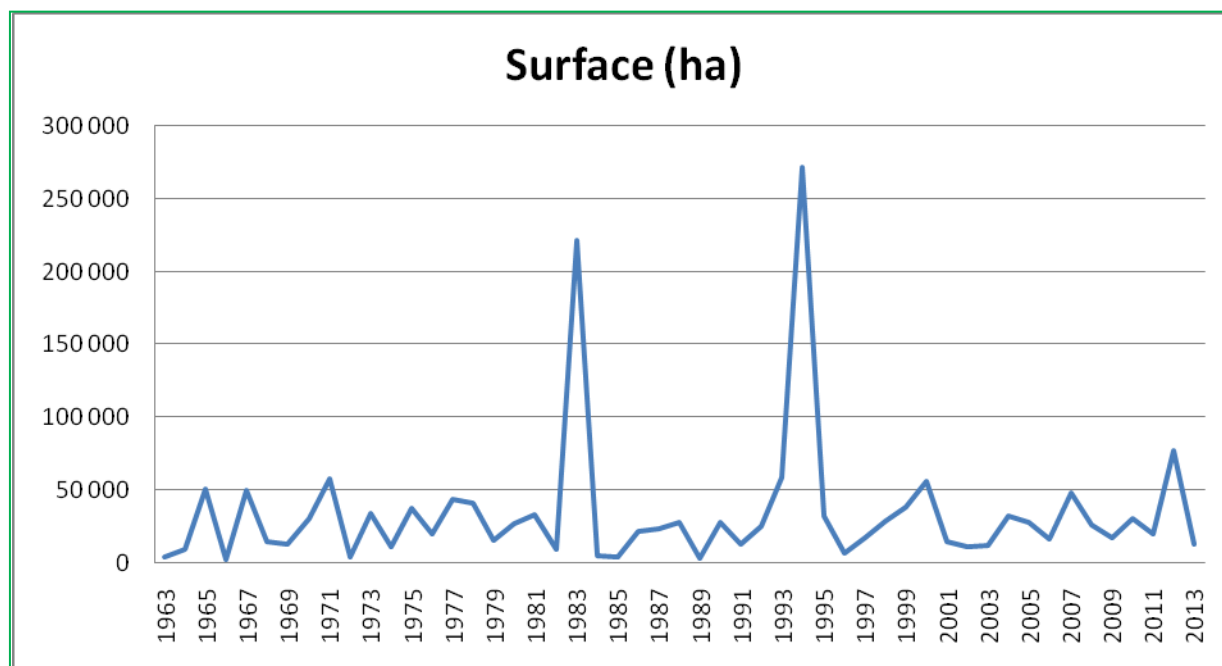


Figure .08: Les surfaces parcourues par le feu en Algérie, période 1963-2013 (DGF 2013).

Les surfaces incendiées selon les formations végétales (1980-2005) :

Durant cette période de 26 ans, la superficie totale incendiée est de 1 045 353 Ha, soit une moyenne annuelle de 40 203 Ha (tableau 2).

Tableau. 2 : Les superficies incendiées selon les formations végétales, période 1980-2005 (DGF, 2005).

	Forêt	Maquis	Broussailles	Alfa	Total
Total Période	645 239	254 299	143 142	2 673	1 045 353
Moyennes Annuelles	24 816	9 780	5 505	102	40 203
Taux(%)	61,7	24,3	13,7	0,3	100

Ceux sont les forêts qui sont les plus vulnérables aux incendies, avec 645 239 Ha incendiés, soit 61 % de la superficie totale incendiée. En ce qui concerne les maquis et les broussailles, les incendies ont touché respectivement 254 299 Ha (24%) 143 142 Ha (13%).

Les surfaces incendiées selon les essences forestières (1988, 1997) :

En Algérie l'essence la plus touchée par le feu est le pin d'Alep, avec 30,8 % du total de la surface brûlée (tableau 3). Cette espèce résineuse prédomine et représente 35 % du total de la superficie forestière de notre pays .

Le chêne liège vient en seconde position avec 19,6% de surface totale incendiée. Ce peuplement très inflammable, permet la progression rapide du feu, qui est considérablement favorisé par l'abondance de son sous-bois qui constitue le matériel de propagation de l'incendie en premier lieu.

Les formations maquis et broussailles, qui représentent 45 % des formations végétales ligneuses en Algérie, ont une quote-part proportionnelle de 40,2 % des surfaces brûlées.

Tableau. 3 : Les surfaces incendiées selon les essences 1988-1997 (DGF, 1997).

Espèces Forestières	Surface (Ha)	Taux (%)
Pin d'Alep	149 825	30,8
Thuya de Berbérie	2 166	0,4
Pin Maritime	10 070	2,1
Cèdre de L'atlas	335	0,1
Total Résineux	161 823	33,3
Chêne Liège	95 562	19,7
Chêne Vert	13 778	2,8
Chêne Zen et Chêne Afarès	8 527	1,8
Eucalyptus	10 435	2,2
Total Feuillus	128 302	26,4
Maquis et Broussailles	195 296	40,2
Total Général	485 421	100,0

Les surfaces incendiées par wilaya (période 1986-2005) :

Durant la période 1986-2005, les wilayas les plus affectées par les incendies se localisent au nord. Ces wilayas sont Bejaïa (qui la plus touchée avec plus de 80 000 Ha), Skikda (plus de 70 000 Ha), Tizi Ouzou (plus de 60 000 Ha), El Tarf (56 000 Ha) et Sidi Bel Abbes (48 000 Ha) (figure 09).

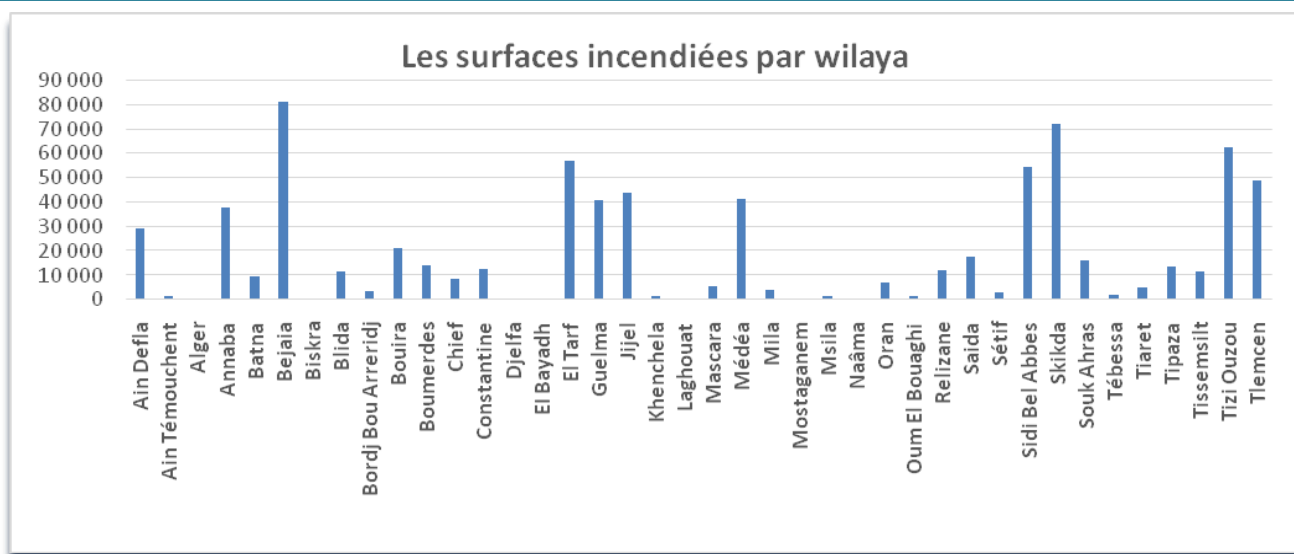


Figure.09 : Les surfaces incendiées par wilaya, période 1986-2005 (DGF, 2005).

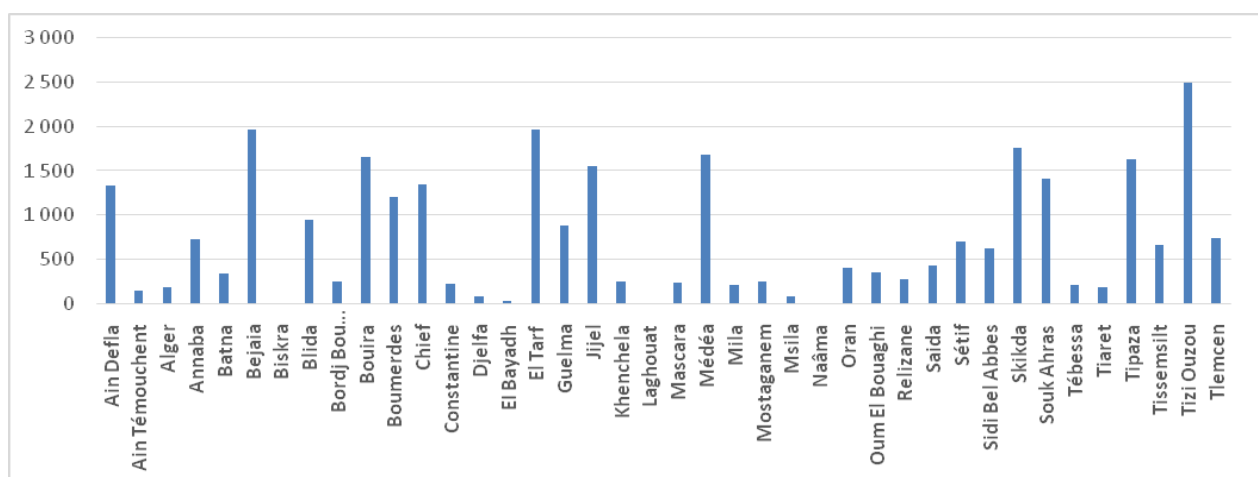


Figure.10 : Le nombre de feux par wilaya, période 1986-2005 (DGF, 2005).

3.5 .Dans la wilaya de Saïda :

Les données fournies par la conservation des forêts concernant les incendies de 1972 à 1977 montrent que les superficies touchées par le feu représentent 4067 Ha.

Le nombre total des incendies a été de 50, ce qui représente une superficie moyenne sur 6 ans de 81 Ha/an. Le nombre moyen annuel est d'environ 8 incendies. Les statistiques concernant la période 1980-1990 portent sur une surface de 4690 Ha, soit une moyenne annuelle de 469 Ha. Les incendies de forêts sont les plus importants par rapport aux feux de broussailles et d'alfa. Ils représentent 81 % de la superficie totale. Le facteur anthropique est pour une grande part responsable des incendies de forêts : Incinération des chaumes, Brûlis de rémanents à la suite

de travaux d'assainissement, extension des zones de pâturage, Extension des zones d'agriculture marginale (B.N.E.D.R, 1992).

3. La lutte contre les feux de forêts

Les incendies de forêt constituent, en région méditerranéenne un risque important, par la fréquence et l'ampleur des dommages dont ils sont responsables (OSWALD, 1992).

Des efforts considérables sont consentis depuis des dizaines d'années pour tenter de maîtriser ce fléau.

Les statistiques sur les causes des feux de forêt dans la région méditerranéenne sont loin d'être complètes, mais il ressort que la majorité des feux sont dus à l'homme.

Des causes naturelles comme la foudre peut effectivement être à l'origine des feux de forêt et quand de tels feux se déclarent dans des zones isolées, l'étendue des dégâts peut être considérable.

Toutefois, le nombre de feux d'origine naturelle est faible comparé à ceux causés par l'homme (CIHEAM, 2008).

Selon OUADAH (1998), le classement des causes anthropiques données par l'administration forestière en Algérie sont les bergers, les charbonniers, l'incinération des chaumes, l'imprudence des fumeurs, les pyromanes et les causes inconnus.

La très grande majorité des feux sont d'origine inconnue. Dans tous les classements la catégorie des causes inconnues est omniprésente, sa proportion étant élevée (entre 65 à 80%) elle laisse bien de la place pour une appréciation objective (ALEXANDRIAN & GOUIRAN, 1990).

Les plans anti-incendie définissent dans l'espace et dans le temps les actions et les équipements de prévention, d'extinction et de reconstitution des forêts après incendie à mettre en œuvre afin de limiter les dommages causés par le feu (BOVIO, 1993).

Il y a deux principales formes de lutte contre les incendies, à savoir la prévention et la lutte active ou extinction. *Dans notre travail on s'intéresse surtout à la prévention (mesures de prévention avant l'incendie).*

.La lutte préventive:

Le terme de prévention est utilisé dans un sens large, il désigne l'ensemble des mesures prises avant l'incendie. Il englobe les mesures destinées à réduire les risques d'incendie ainsi

que toutes les mesures antérieures au sinistre qui concourent à limiter son extension
(DUBORDIEU, 1997).

On peut mener des travaux d'aménagement des forêts contre les incendies en fonction de l'importance des menaces pesant sur les diverses zones. L'importance des équipements à prévoir, et leur densité, doit résulter de la carte des menaces, mais elle doit aussi tenir compte, éventuellement, des risques naturels pesant sur le milieu et la sensibilité des paysages.

Les opérations préventives à mener se résument sur les aménagements DFCI (Défense des Forêts Contre les Incendies), la surveillance et l'alerte, la cartographie de la nature et du niveau du risque et l'éducation et la sensibilisation du publique.

Les aménagements de DFCI:

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

a. Les points d'eau:

L'eau étant le principal moyen d'extinction des feux de forêt, il faut se préoccuper attentivement de l'approvisionnement en eau des véhicules terrestres et dans quelques pays par voie aérienne. La multiplication des points d'eau aux abords, ou au sein même de la forêt à protéger ne peu qu'accroître l'efficacité de la lutte. La densité ainsi que la capacité des points d'eau varient selon les conditions locales.

On utilise des forages, des réserves aménagées sur ruisseaux ou lagunes, des bâches à eau et des citernes

L'idéal est de disposer d'une cuve de 60 m³ pour 500 Ha de forêt. Ce volume permet le remplissage des citernes tout les trois minutes pendant deux heures, car la capacité des engins de lutte est de 0,5 à 2 m³ **(KERN, 1975).**

b. Les infrastructures routières:

L'infrastructure routière est l'outil indispensable dans la lutte contre le feu, tant pour la protection des forêts menacées par de futurs incendies que pour la reconstitution des forêts détruites par le feu. Les zones forestières doivent être sillonnées de voies d'accès pour facilité

leur surveillance et pour permettre aux sapeurs pompiers d'arriver rapidement sur un feu naissant.

Selon **CROISE & CROUZET (1975)**, La rapidité des interventions est directement liée à la facilité de pénétration des moyens mécaniques de transport et de lutte, la qualité et la signalisation des voies. On distingue deux catégories de voie de desserte :

- ***Les pistes :***

Ceux sont des voies d'accessibilité dont la viabilité peut être incertaine en périodes humides, mais carrossable pendant les périodes dangereuses. Ces pistes assurent le passage des véhicules à faible tonnage, et permettent l'acheminement du personnel et de leur matériel, le plus près possible des lieux et elles facilitent le repli en cas de danger.

- ***Les routes :***

C'est des voies carrossables en tout temps, accessible à tous les véhicules et notamment aux camions approvisionneurs d'eau, elles assurent des liaisons plus rapides et plus sûres que les pistes. Actuellement le principe de base de la défense de forêt contre les incendies veut que tout tranché pare-feu soit obligatoirement desservi par un chemin, il faut toujours s'efforcer de faire coïncider le tracé de pare-feu et les voies, qui sont souvent développées selon les courbes de niveau.

c. Les tranchés pare-feu:

Il est possible d'équiper massivement les forêts d'un certain nombre d'obstacles, qui vont servir à couper le passage au feu ou bien comme base d'intervention, ceux sont les tranchées pare-feu. Ces derniers doivent s'opposer au passage du feu sur les fronts où l'avancement du feu est très rapide.

Le choix de l'emplacement des tranchés obéit à des considérations à la fois stratégiques et techniques, en tenant compte de la topographie, de la météorologie et de la répartition du combustible dans les zones menacées (**PUTOD 1975 in CHIBANE, 2006**).

d. Le débroussaillage:

Le débroussaillage est l'élimination de la strate basse de la végétation, c'est-à-dire celle qui est plus propice à la propagation du feu. Il permet de limiter la puissance et la propagation d'un feu, en réduisant le combustible et en créant des discontinuités spatiales, horizontales et verticales (COLIN et al.2001).

Les débroussailllements localisés permettent de sécuriser les installations humaines et de créer des zones de lutte pour les équipes de secours. **SEIGUE (1980)** estime qu'avec le débroussaillage convenable on peut avoir une sécurité de 100%, mais l'opération est très coûteuse.

Il existe plusieurs types de débroussaillage et se résument sur :

- Le débroussaillage le long des voies de circulation
- Le débroussaillage autour des Habitations,
- Le débroussaillage des Interfaces forêts - zones agricoles

L'utilisation des forêts comme lieu de parcours pour le bétail est une technique courante chez les populations locales (sylvopastoralisme). Le pâturage contrôlé peut être utilisé pour le débroussaillage en éliminant la végétation herbacée. Cette activité sera efficace que si elle est bien gérée et contrôlée.

3.2. La surveillance et la détection :

La lutte contre les grands incendies est difficile, aléatoire et coûteuse, alors que l'extinction d'un début d'incendie est facile, sûre et peu coûteuse (**SEIGUE, 1980 in, BENLEMALEM, 1981**).

La surveillance et la détection des incendies de forêts constituent la phase la plus importante de tout système de protection. La réussite, l'efficacité de l'intervention et la lutte n'est assurée que grâce à une détection et une signalisation rapide et précise (**HOURCASTAGNE 1975**).

La détection est assurée par **les postes de vigies**, il serait essentiel d'équiper les tours de guet d'appareils de mesure essentiels pour un fonctionnement efficace, notamment : jumelle, GPS, des cartes, une boussole, un instrument de mesure de direction et de vitesse du vent. (**PUTOD, 1979**) **Les brigades mobiles et les patrouilles aériennes** Sont aussi des moyens très efficaces de surveillance et de détection si les conditions budgétaires le permettent.

1 Présentation des systèmes d'informations géographiques (SIG)

Grâce au développement des nouvelles technologies (satellites et mise au point

d'ordinateurs puissants) le Système d'Information Géographique (SIG), qui était assimilé au départ à un moyen de représenter les données sur une simple carte géographique, devient de plus en plus un outil important d'aide à la prise de décision ; un outil de portée relativement grande et élargie à des domaines connexes à la gestion globale du développement.

L'objectif fondamental du SIG est de fournir une base de prise de décision, dans plusieurs domaines, à partir des données satellitaires.

Définitions

Le SIG (système d'information géographique) est un Système informatique permettant, à partir de diverses sources ; de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace. (Société française de photogrammétrie et télédétection, 1989).

Composition d'un SIG :

Le SIG est composé, d'une part, de la base de données géographiques, et d'autre part, d'un ensemble d'outils permettant l'utilisation de celle-ci.

La base de données géographique (BDG) . La
saisie numérique.

La représentation cartographique.

Le système de gestion de base de données (SGBD) . L'analyse
spatiale .

L'analyse statistique. Le
traitement d'image.

Principales fonctions d'un SIG : les « 5A »

Principales fonctions d'un SIG

- 1- La saisie, le stockage et la gestion de données
- 2- Le traitement, l'analyse, la sélection et l'affichage de données.

3- La production de cartes, de tableaux et autres synthèses d'information

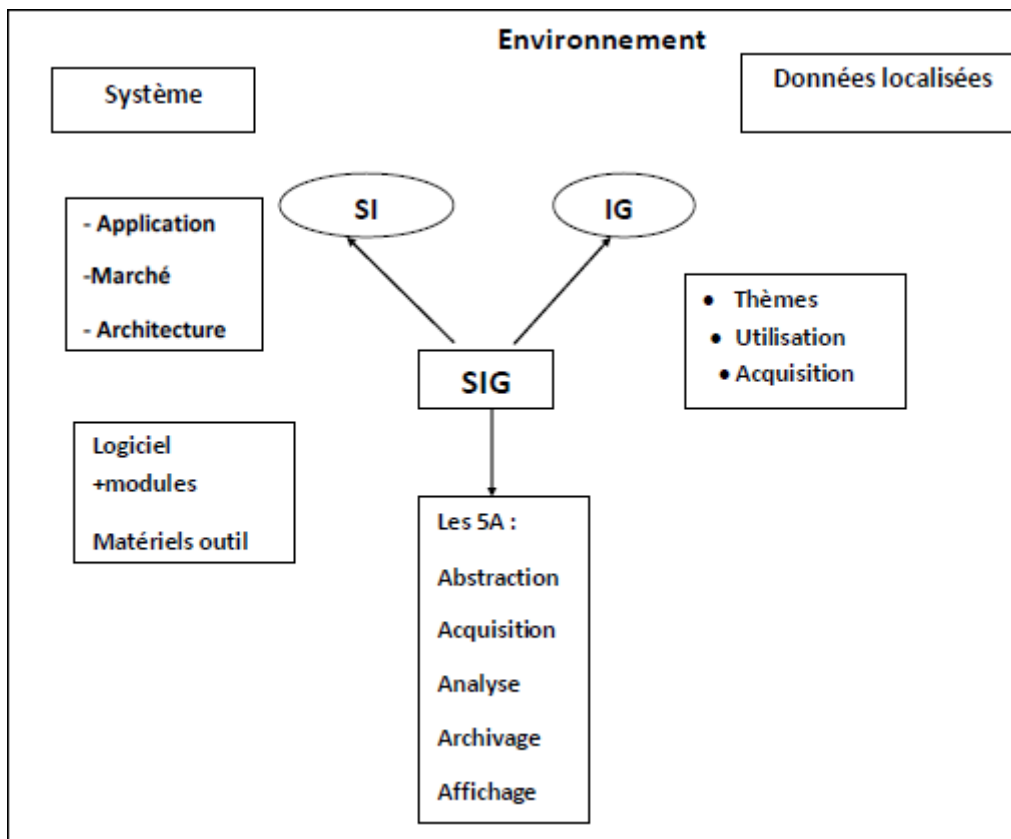


Figure. 11 : Les fonctions d'un système d'information géographique (RAVALET et PANET, 2001).

Domaines d'applications

Les domaines d'application des SIG sont nombreux que variés tels que :

La protection de la nature : mesure de la dégradation des écosystèmes (désertification, incendies de forêt) et évaluation des risques futurs dus aux pollutions.

La géomorphologie : pour évaluer les effets d'érosions afin de déterminer la façon la plus efficiente d'intervenir.

La socio économie : impact des activités entropiques (surpâturage, surexploitation, etc..) sur la dégradation de la couverture végétale.

La foresterie : analyse et suivi de la biodiversité, cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture.

Tourisme : gestion des infrastructures, itinéraires touristiques.

Planification urbaine : cadastre, voirie, réseaux assainissement.

Protection civile : gestion et prévention des catastrophes.

Transport : planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires.

Hydrologie : planification et gestion des réseaux hydriques.

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'alea correspond 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).

Le niveau de risque dépend de toute évidence d'une multitude des facteurs, dont la plupart ont une grande variabilité tant spatiale que temporelle.

Dans plusieurs pays l'évaluation du risque d'incendie est liée toujours à 3 rubriques : la météorologie, le combustible, et l'homme.

Ce qui va permettre d'obtenir des indices de risques qualitatifs et numériques du potentiel d'incendie. Plusieurs méthodes globales existent pour l'évaluation du risque incendie. Elles englobent plusieurs indices liés aux 3 rubriques précédemment citées.

Avant de décrire les méthodes d'évaluation du risque, il faut définir tout d'abord qu'est ce qu'est un risque d'incendie et les principaux facteurs ayant une influence sur les feux de forêt.

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.).

Parmi les causes ou origines des feux les plus fréquentes (VALEZ, 1999)

Les causes d'incendies sont aussi différentes que variables, on cite notamment : Causes naturelles : tel que les grandes périodes de sécheresse

Causes humaines involontaires : il peut à la fois s'agir d'imprudences ou bien d'accidents du type circulation en forêts ou en périphérie, lignes électriques, dépôt d'ordures, brulage de rémanents.

Causes humaines volontaires : il peut s'agir de pyromanie, de vengeance ou de stratégie politique ou administrative.

Causes inconnues

Risque lié à la météorologie

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

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).

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).

L'humidité relative

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).

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).

Stabilité d 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).

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.

.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.

2 .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 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. A l'heure actuelle, il existe un certain nombre de méthodes d'évaluation des risques d'incendies dans le bassin méditerranéen.

La méthode canadienne

Méthode Canadienne d'évaluation des dangers de forêt Elle se compose de quatre sous-systèmes :

Système IFM=indice forêt-météo. (Figure 12)

Système PCI = méthode de prévision du comportement des incendies .. (Figure 13)

POI= méthode de prévision des occurrences des incendies .

Système de l'humidité des combustibles secondaires .

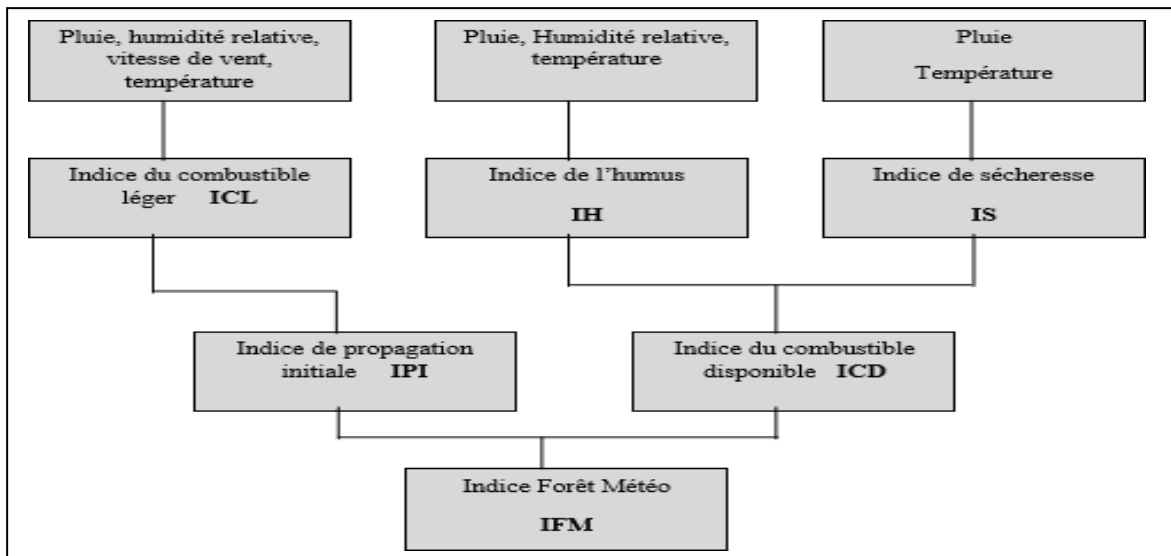


Figure. 12 : Diagramme de l'indice Forêt Météo (VANWAGNER ,1987) .

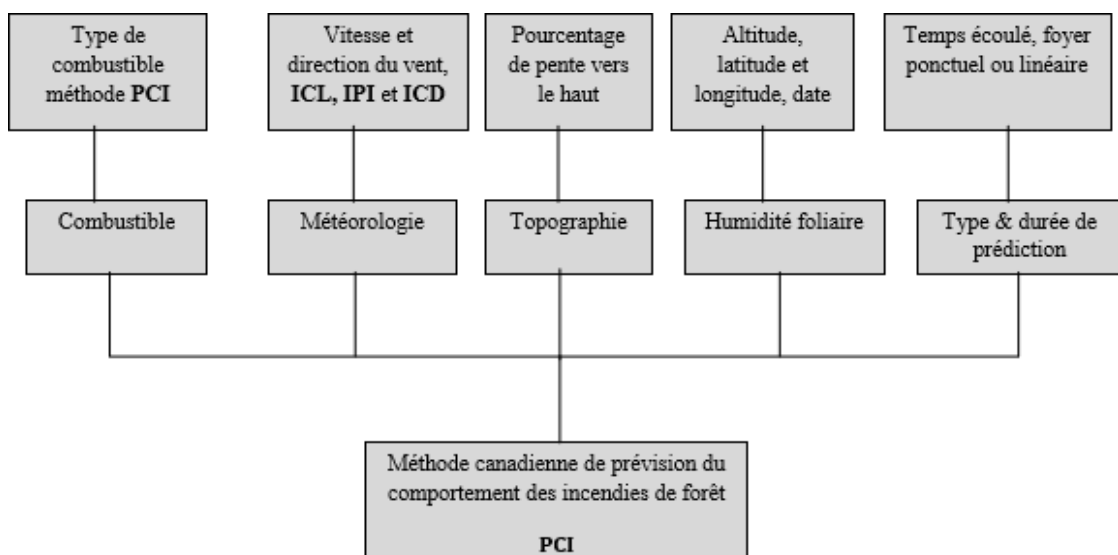


Figure. 13 : Structure de système de prévision du comportement de l'incendie (PCI).

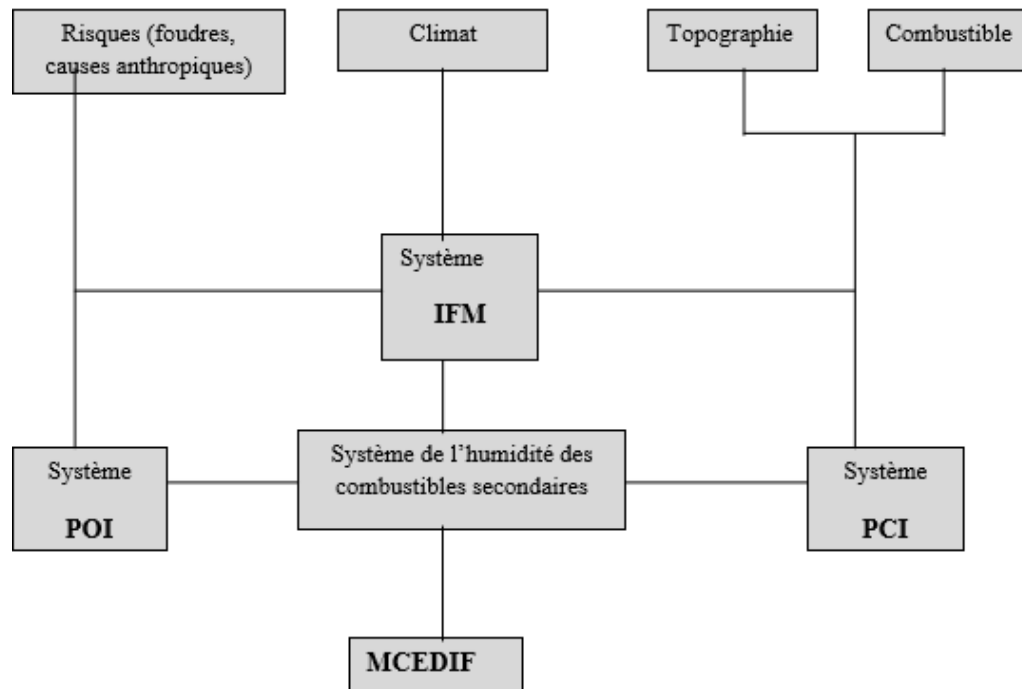


Figure. 14. : Structure de la méthode Canadienne de l'évaluation des dangers d'incendie de forêt (MCEDIF).

Méthode Française

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 caractéristiques propres 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 : la topomorphologie, le combustible et les activités humaines.

Le modèle repose sur la formule suivante :

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

IR : indice de risque de feu de forêt.

IC : indice de combustibilité.

IH : indice d'occupation humaine.

IM : indice topomorphologique.

L'indice final ou « danger d'incendie de forêt » est obtenu selon le diagramme en dessous

:

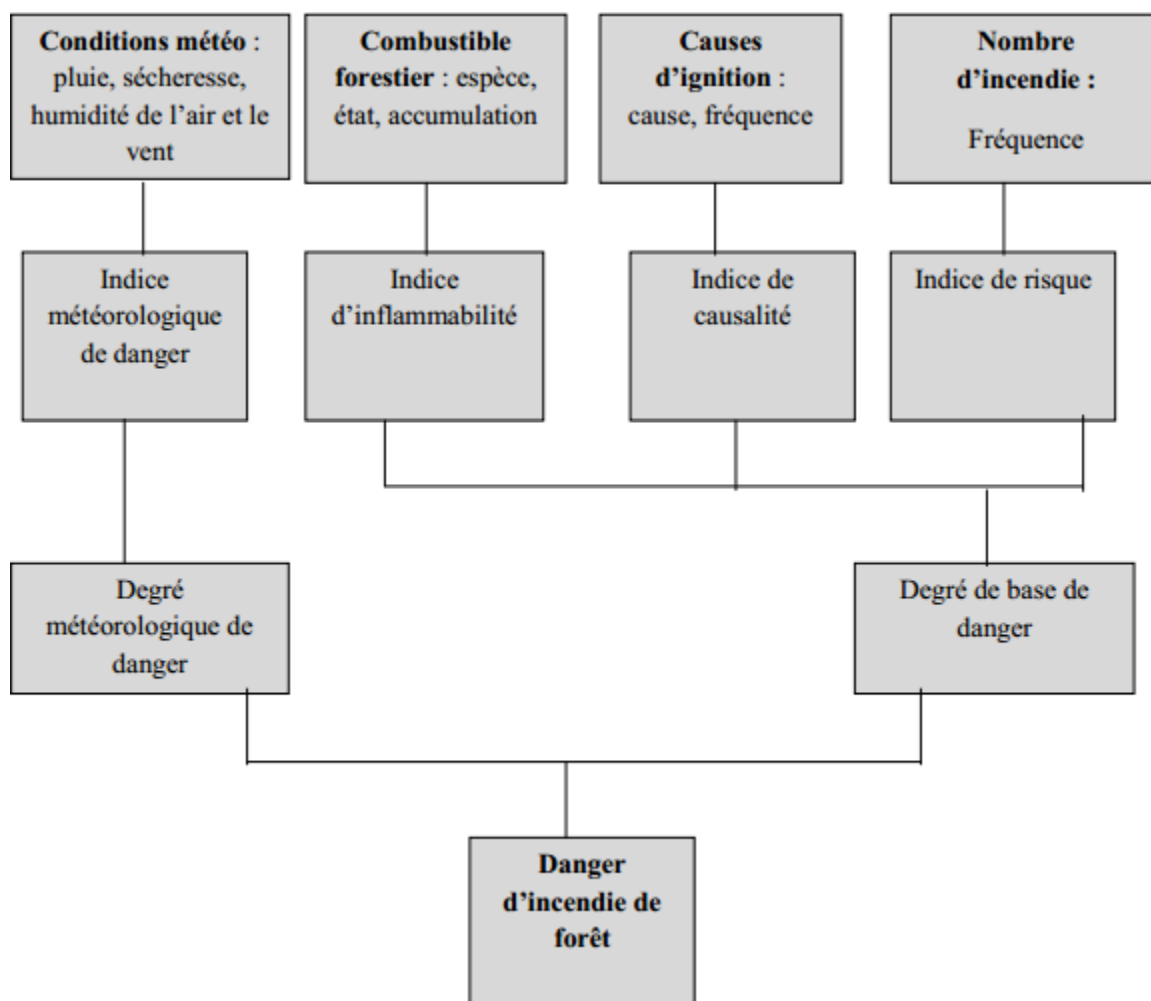


Figure .15 : Système intégré pour la détermination de danger d'incendie de forêt.

La méthode Turquie

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).

Le modèle repose sur la formule suivante :

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

1. Introduction

Les régions naturelles en Algérie se caractérisent par : le tell, les hautes plaines steppiques (hautes plateaux), l'atlas saharienne et le Sahara.

L'Oranie présente également certaines particularités comme le souligne BOUDY (1948) : " ... nous entrons en Oranie, qui est un monde à part, avec un paysage un peu steppique attesté par la présence d'alfa et de lacs salés (sebkha). Le drainage de la plaine est insuffisant. L'érosion y est en lutte avec le soulèvement orogénique ; car le pays n'a pas encore acquis son relief définitif, d'où de graves inondations par défectuosité du modèle."

THINTOIN (1946) divise cette région en cinq parties :

1. reliefs littoraux ou sahels, l'altitude oscille entre 250 et 882 mètres.
2. les plateaux néogènes situés entre des reliefs littoraux ont une altitude variant entre 100 et 200 mètres. Ils forment avec les basses plaines un seul ensemble, ces dernières communiquent avec le littoral ; leur altitude se situe entre 0 et 200 mètres et sont occupées par des marais ou des lacs salés.
3. l'atlas plissé constitué d'est en ouest des monts de Béni Chougrane, des Ouled Ali et des monts du Tessala avec des altitudes maximales respectives de 910, 726 et 1061 mètres avec un fort pourcentage de surface localisée entre 600 et 800 mètres. D'une largeur de 20 à 60 kilomètres il forme une barrière difficilement franchissable à l'exception de quelques brèches qu'empruntent les oueds El Hammam, Mektoub, Mékerra et Isser.
4. les hautes plaines telliennes représentées par celle de Sidi Bel Abbes et Sidi Ali Benyoub s'étendant au sud de l'atlas plissé et communiquent avec les basses plaines littorales. Leur altitude oscille entre 400 et 720 mètres, elles sont coincées entre l'atlas plissé et l'atlas tabulaire.
5. l'atlas tabulaire comprenant trois groupes de monts d'est en ouest : les monts de Saïda, les monts de Dhaya, les monts de Tlemcen. L'altitude est comprise entre 1000 et 1500 mètres, les points culminants sont Ain El Hadjar avec 1175 m, djebel Bougib avec 1468 m, djebel Tenouchfi avec 1843 m. Comme l'atlas plissé il constitue une barrière entre les hautes plaines steppiques et les hautes plaines telliennes ; il est également entrecoupé de brèches qu'utilisent

les rares oueds de Saïda et Taourira à l'est (monts de Saïda), la Mékerra pour les monts de Dhaya et l'oued Tafna pour les monts de Tlemcen.

2. Situation géographique et administrative de la forêt de Tafrent

La forêt domaniale «Tafrent» représente une petite partie de tout un ensemble forestier des monts de Saïda (Atlas tellien) où elle occupe les collines montagneuses sur une superficie de 12735 hectares. Située au Nord-Ouest de la ville de Saïda, Cette forêt est limitée au Nord par commune de sidi amar et sidi boubkeur, au Nord-Est par commune de sidi amar, au Nord-Ouest par hounet, au Sud par commune de saïda , à l'Est par commune de sidi amar et ouled khaled et à l'Ouest par commune doui thabet (Figure 16).

La zone d'étude s'étend entre les longitudes 0°00'00'' et 0°10'00'' Est et entre les latitudes 34° 54' 0'' et 35° 00' 00'' Nord.

Les coordonnées de cette forêt, selon la projection UTM (Universal Transverse Mercator) Algérie fuseau 31, sont :

X = 347 142 et 352 467 m Y = 3 972 490 et 3 977 397 m Sur le plan administratif la région est partagée entre la commune de sidi boubkeur, sidi amar, ouled khaled, hounet et doui thabet (Figure 16).

La végétation est dominée par trois essences, le pin d'Alep qui forme de très belles futaies, le chêne vert qui se mélange en sous-bois et le thuya disséminé sur les crêtes au sol érodé.

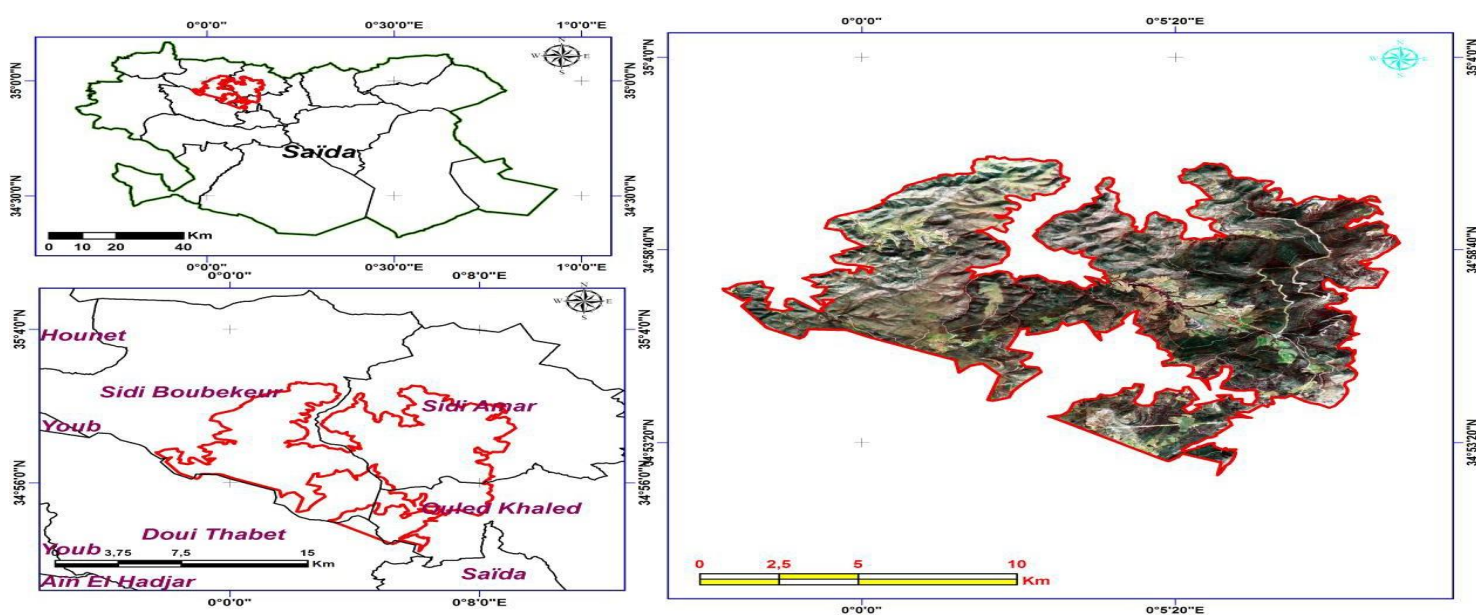


Figure .16 : Localisation générale des régions et des zones d'étude (Dr Anteur Dj 2022).

3. Topographie de la forêt de Tafrent

Les cartes suivantes sont réalisées par le modèle numérique du terrain (MNT).

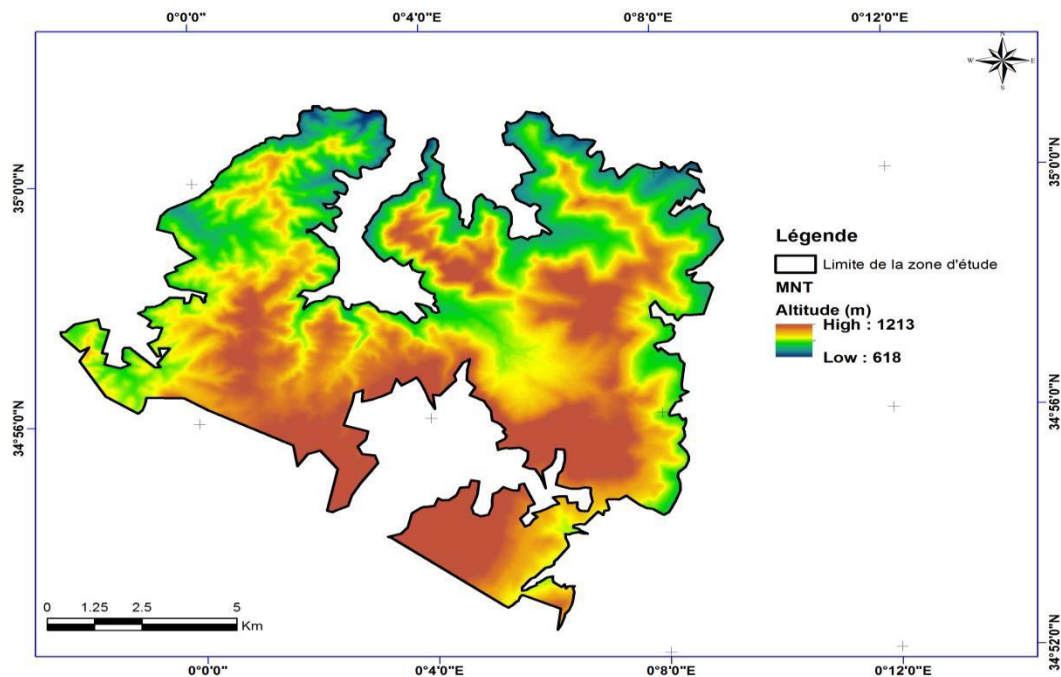


Figure .17 : Carte du modèle numérique de la zone d'étude (Dr Anteur Dj 2022).

<http://www.vertex.daac.asf.alasca.edu> (12.5 m de résolution).

3.2. Carte des pente

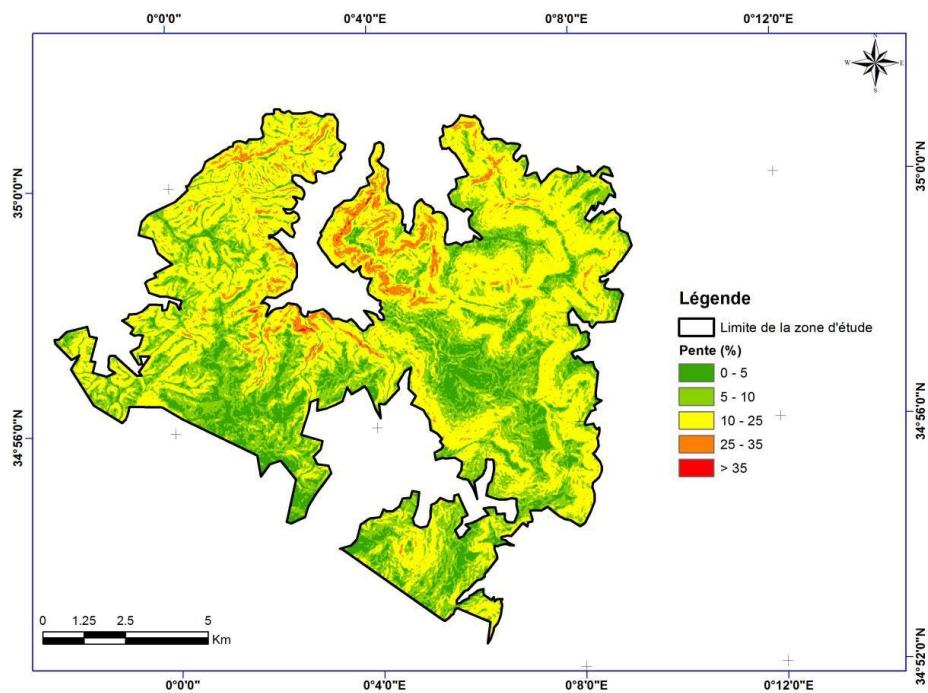


Figure .18 : Carte des pentes (extrait MNT 12.5 m de résolution).

Interprétation :

Cinq classes de pentes ont été prises en considération comme référence pour caractériser le relief (Figure19) :

La classe de pente 0-5 % caractérise l'ensemble des fonds de vallées et les plaines. Cette classe témoigne la stabilité des terrains avec aucun risque d'érosion très faible. Elle couvre une superficie de 2078 ha soit 17 % de la superficie totale de la forêt.

La classe de pente 5-10 % caractérise les terrains de plateau ou de bas piedmonts de collines, elle occupe une superficie de 1222 ha soit 10 % de la superficie totale.

La classe de pentes 10-25 % caractérise le plus souvent les zones de piedmonts qui sont le prolongement des massifs montagneux. Ce sont généralement des terrains de parcours et des terrains forestiers (maquis clairs). Ces terrains qui ont une déclivité de 10 à 25 % s'étendent sur presque 1222 ha soit 59 % de la superficie totale.

La classe de pentes 25-30 % caractérise les hauts piémonts des massifs montagneux de la forêt. La classe plus de 35% est également présente. Ces deux classes de pentes occupent respectivement (10% et 4%) de la superficie totale.

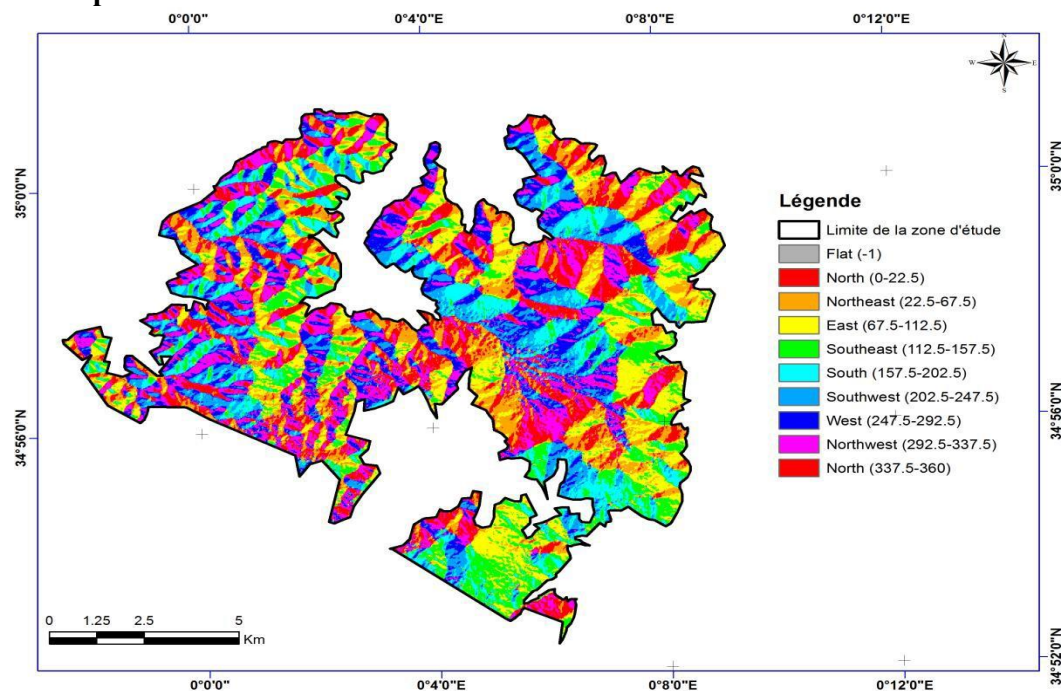
Carte des expositions

Figure. 19 : Carte des expositions (extrait MNT 12.5 m de résolution).

L'exposition correspond à l'angle que fait la normal à la surface par rapport à une direction donnée (Nord géographique). Cette orientation des versants a un effet sur la végétation par l'intermédiaire de l'ensoleillement et l'humidité. Ce paramètre joue un rôle très important dans plusieurs domaines d'étude (la distribution de précipitation, la phytogéographie...etc.). L'exposition Nord peut avoir une quantité très important 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 du territoire de la forêt (Figure 19).

Carte des altitudes

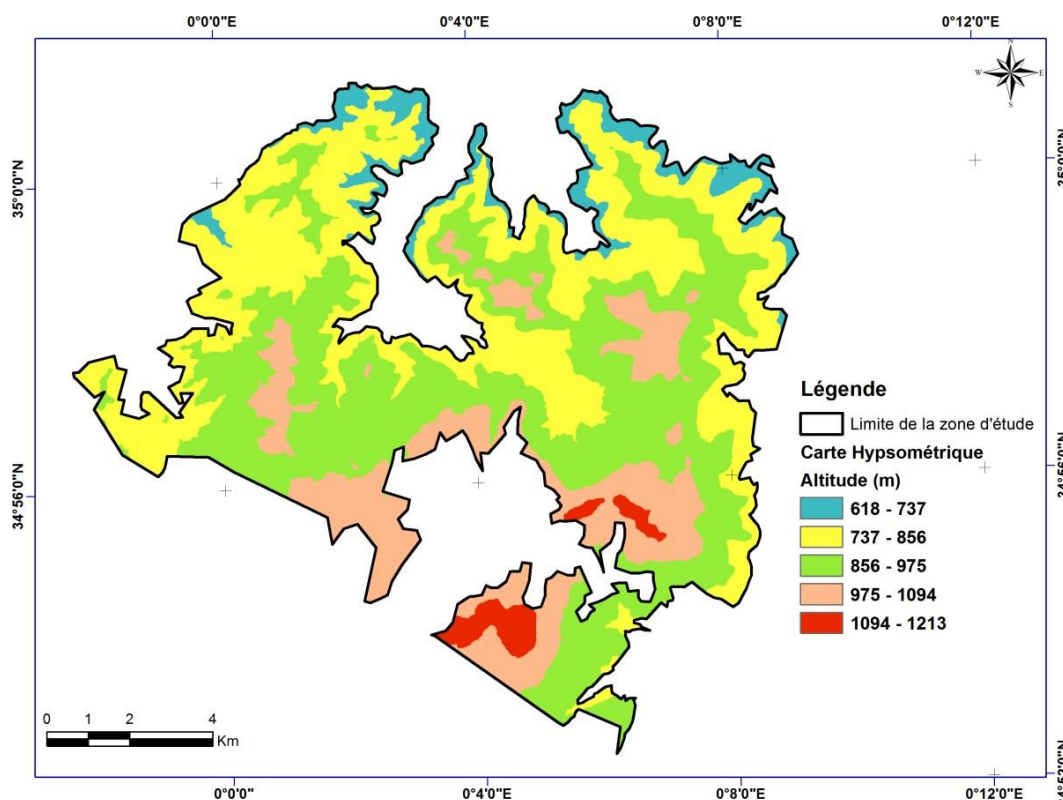


Figure .20 : Carte hypsométrique (extrait MNT 12.5 m de résolution).

La carte hypsométrique (Figure 20) reflète au mieux les plages d'altitudes et permet une meilleure gestion des phénomènes et facteurs qui sont en liaison avec l'altitude. La plus grande partie des sols de la zone d'étude (70%) est répartie entre 700m et 1000m.

Conjugée à une altitude importante du point de vue impact sur les précipitations et la brise marine, l'exposition a un effet sur les conditions écologiques de la zone d'étude. Le versant sud souffre d'une sécheresse prolongée (dépassant les 7 mois) et de sols relativement dégradés. Le versant nord bénéficie de conditions climatiques et édaphiques plus clémentes,

une brise marine avec ses effets adoucissant en été, une faible évaporation, des sols relativement équilibrés et une pluviométrie intéressante.

Carte hydrographique

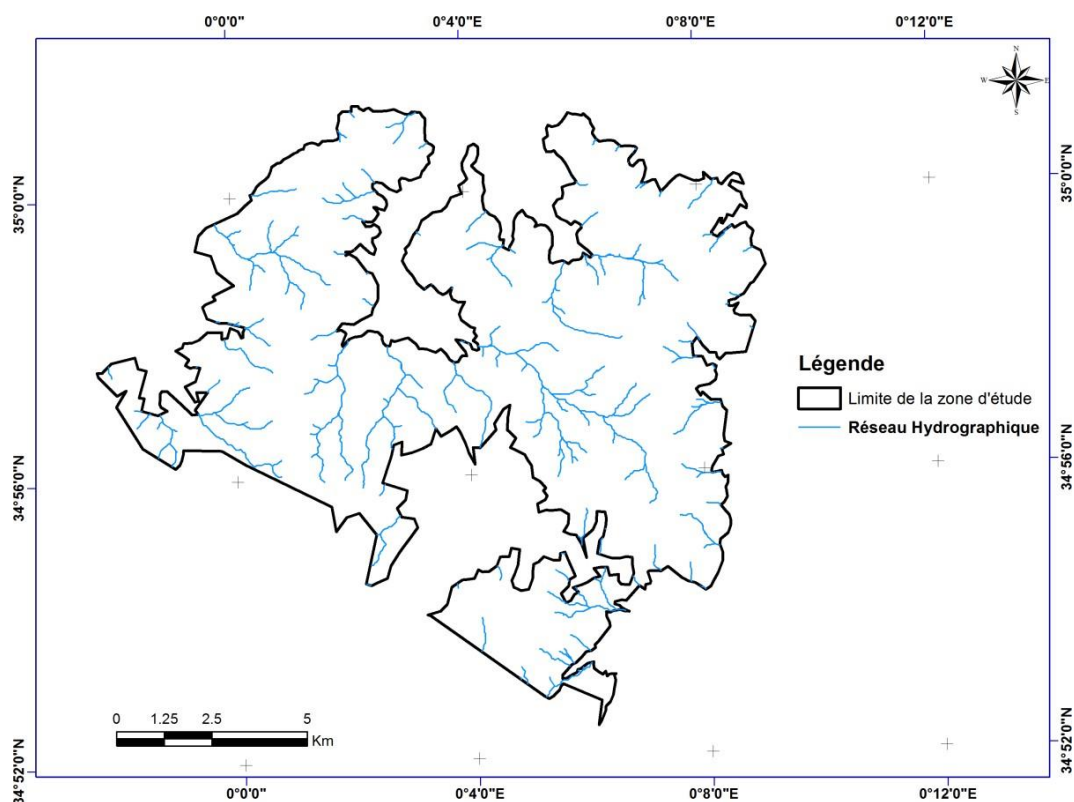


Figure .21 : Carte du réseau hydrographique (extrait MNT 12.5 m de résolution).

La géologie de ces Monts permet une perméabilité des eaux de pluie et favorise leur écoulement souterrain; c'est la raison pour laquelle on trouve de nombreuses sources.

Le réseau hydrographique est bien développé, les points d'eau existants sont captés à l'aide des sources.

L'ensemble de la zone est drainée par un talweg qui traverse le forêt d'Est en Ouest ; ce talweg reste asséché pendant plusieurs années consécutives et les écoulements ne peuvent être observés que lorsque la pluviométrie est abondante.

Sur le plan hydrographique, Oued Tafrent, Oued Bouhmar et Oued Lhalouf .sont les principales cours d'eau permanentes qui traversent la zone d'étude (Figure 21).

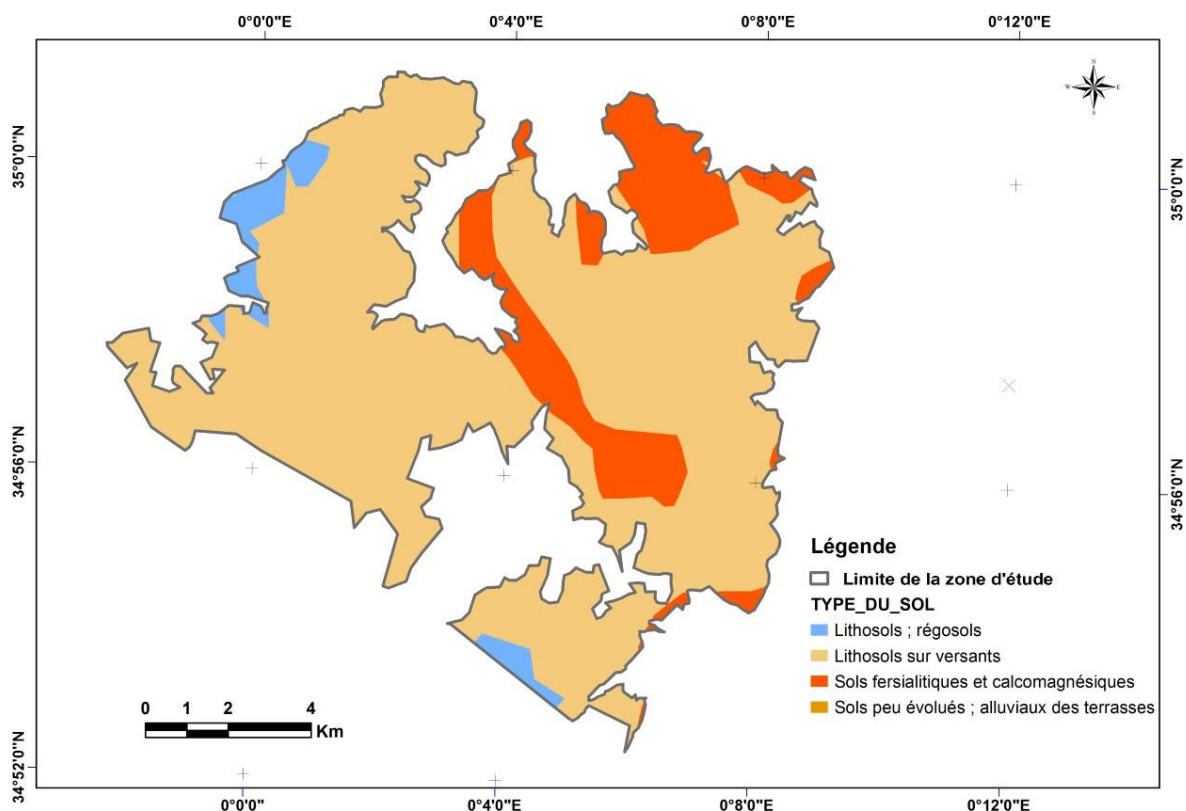
Type de sols dans la zone d'étude :

Figure. 22 : Carte pédologique de la zone d'étude (Dr Anteur Dj 2022).

Les types de sols identifiés par la carte pédologique (extraits de la carte Morpho-litho-pédologie réalisée sont : des sols peu évolués, sols brun calcaires, rendzines, fersiallitiques, calcomagnésiques, et des sols isohumiques marron. (Voir carte Pédologique).

1. Sols fersiallitiques :

Ces sols peuvent se former sur substrat (calcaire, grès, schistes...). Nous les trouvons en montagne et suivant le degré de rubéfaction, ils sont bruns, soit rouge. (HADJADJ-AOUEL, 1995 *in* BENABDELLAH, 2007).

Les sols bruns fersiallitiques: ce sont des sols forestiers caractéristiques des régions Méditerranéennes humides. Leur rubéfaction correspond à une phase plus chaude à végétation sclérophylle, et a donné les sols rouges fersiallitiques ou « terra rosa » (DAHMANI, 1997)

Les sols rouges fersiallitiques « terra rosa » : il s'agit d'un paléosol. C'est une argile de décalcification sur affleurements calcaires des régions Méditerranéennes. Elle a subi une décarbonatation par lessivage et une rubéfaction des sels de fer par déshydratation plus ou moins complète. (DUCHAUFOR, 1984).

Les sols calcimagnésiques :

C'est un sol du type calcimagnésique humifère ou sol carbonaté généralement c'est des Rendzines, développés sur roches calcaires.

Les sols calcimagnésiques sont très riches en Ca^{2+} et/ou Mg^{2+} , on peut aussi distinguer les sols bruns calcaire sur substrat calcaire et les sols bruns calciques rencontrés sur grès, peu calcaire et schiste.

Les sols peu évolués :

Ces sols sont généralement formés par l'action de l'érosion sur versant de fortes pentes. DAHMANI (1997), a distingué les sols squelettiques (lithosols) rencontrés en amont des zones d'ablation où subsiste une couche peu épaisse de sol inférieur ou égale à 10cm sur roche dure, mise à nue aux endroits les plus pentus et à végétation clairsemée. Sur roche tendre, ce sont des régosols

Géologie :

La carte géologique, montre que les grands djebels de la zone d'étude (forêt domaniale de Tafrent) ont des versants sur grès massif de Franchetti (Lusitanien), lesquels comportent des intercalations de formations carbonatées indifférenciées, Argilo gréseux (Callovo oxfordien) et de Quaternaire. (Voir carte géologique)

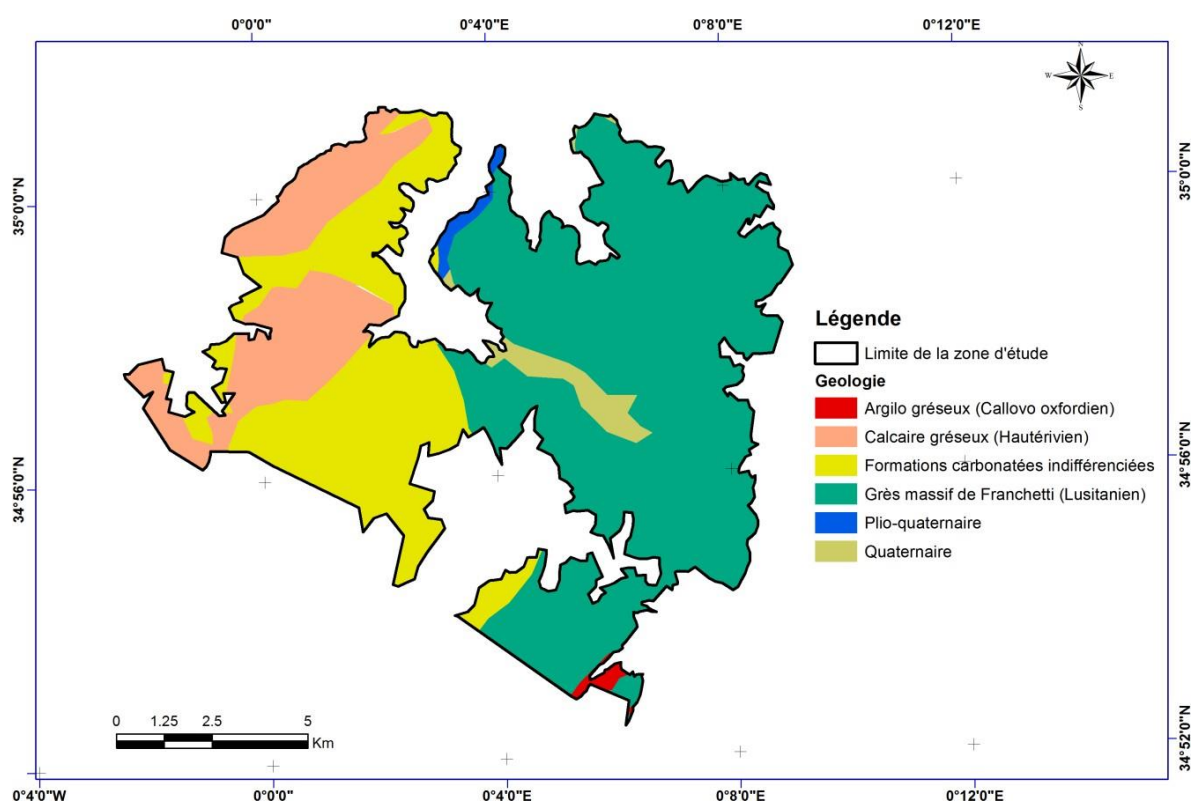


Figure .23 : Carte géologique de la zone d'étude (Dr Anteur Dj 2022)

Tectonique

Les formations anciennes sont affectées par une tectonique du type alpine caractérisée par des grands plis, donnant naissance aux Monts de Saïda, et de grandes failles de direction générale Sud-ouest Nord-Est dont les plus importantes limitant la ville de Saida vers le côté Nord-Ouest (failles de Zeboudj) et le côté Sud-Est (D.P.A.T, 2009).

Les endroits touchés par la tectonique cassante (faille) constituent des zones à risque. Ainsi toute construction aux environs de ces endroits devra se faire que sur la base d'une étude spécialisée sismo-tectonique afin de déterminer l'intensité, d'éventuelle activité de ces failles et par conséquent dégager les mesures qui s'imposent (D.P.A.T, 2009).

4. Cadre climatique

Le climat de l'Algérie a fait l'objet de nombreuses études analytiques et synthétiques, notamment par Seltzer, 1946 ; Bagnouls et Gaussen, 1953 ; Emberger, 1955 ; Stewart, 1975 ; Bottner, 1981 ; Le Houerou, 1995. Tous ces auteurs s'accordent à reconnaître l'intégration du climat algérien au climat méditerranéen, caractérisé par une saison sèche et chaude coïncidant avec la saison estivale, et une saison froide et pluvieuse qui coïncide avec la saison hivernale. En Algérie, cette pluviométrie peut être soumise à l'orographie et aux influences maritimes. En effet, tous les auteurs qui ont étudié la pluviométrie en Algérie ont montré que la répartition de la pluie subit quatre influences. Il s'agit de l'altitude, les conditions de topographie, de la longitude et enfin celle de l'éloignement de la mer.

Pluviométrie

La pluviosité est le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat. En effet, cette dernière conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal (DJEBAÏLI, 1978). L'altitude, la longitude et la latitude sont les principaux gradients définissant la variation de la pluviosité. En effet, la quantité de pluie diminue du Nord au Sud, de l'Est à l'Ouest et devient importante au niveau des montagnes (CHAABANE, 1993). Les zones recevant plus de 400 mm sont considérées comme semi-arides, subhumides ou humides (EMBERGER, 1930) selon l'importance des précipitations. Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat (Le HOUEROU et *al*, 1977). Il convient de signaler que l'origine de pluie en Algérie est orographique. Cependant la tranche pluviométrique à l'ouest est atténuée à celle de l'est du pays et ceci à cause de l'existence d'obstacle topographique, tels que la Sierra Nevada espagnole et l'Atlas marocain.

La faible pluviosité est enregistrée durant le mois de Juillet avec une pluviométrie égale à 183 mm (Figure 24).

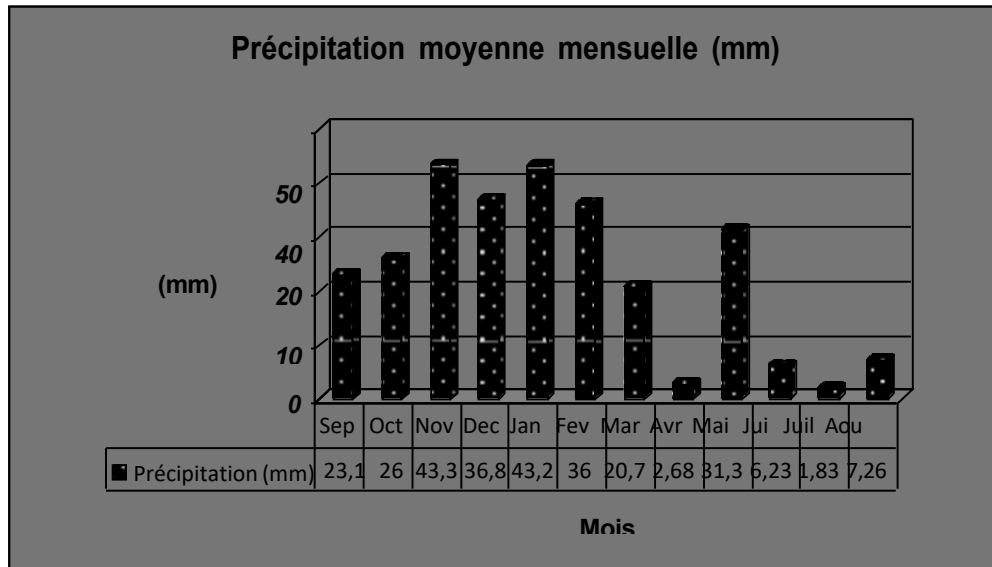


Figure. 24 : Précipitations mensuelles moyennes (1980 à 2015) (Station météorologique, 2017).

Dans la zone d'étude, la répartition mensuelle de la pluviométrie montre que les mois les plus humides, en hiver et au printemps, renferment plus de 70 % du total interannuel avec un maximum au mois de Décembre et Janvier (46 et 43.2 mm), et que les mois secs, moins de 30%, se situent en été avec des précipitations non significatives.

Statistiquement, on observe deux saisons orageuses similaires; l'automne et le printemps, relevant des quantités pluviométrique comparables (environ 56 % du total annuel). L'hiver, de Décembre à Mars, est la saison la plus pluvieuse, représentant ainsi plus de 38.5 % de précipitation annuelle, l'été représenté la saison sèche pendant laquelle les précipitations sont assez rares (5 % de précipitation annuelle). Le mois d'octobre constitue le début de la saison pluviale (Tableau 04).

Pour faciliter les traitements des données climatiques, un découpage en saisons de la pluviosité annuelle est indispensable.

C'est MUSSET qui est le premier à avoir défini cette notion. Elle consiste à calculer la somme des précipitations par saison et à effectuer les classements des stations par ordre de pluviosité décroissant en désignant chaque saison par l'initiale P, H, E et A, désignant respectivement Printemps, Hiver, Eté et Automne.

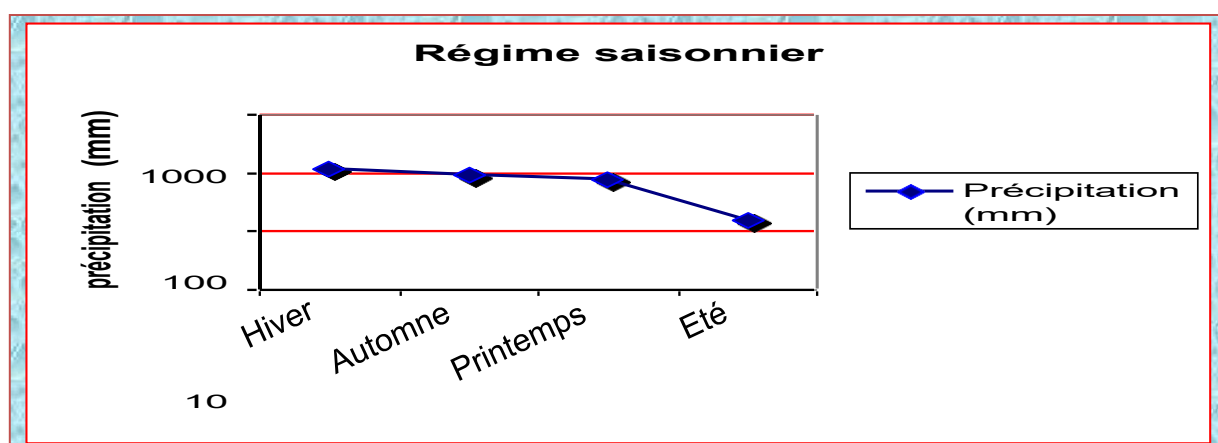
$$\text{Crs} = \frac{(Ps \times 4)}{Pa}$$

où Ps : précipitations saisonnières.
 Pa : précipitation annuelles.
 Crs : coefficient relatif saisonnier de Musset.

Tableau. 04: Répartition saisonnière des précipitations (1980-2015) (Station météorologique, 2017).

Saison	Automne		Hiver		Printemps		Été		Total
	P (mm)	%	P (mm)	%	P (mm)	%	P (mm)	%	
Valeur	93.19	31	115.79	38.5	76.67	25.5	15.32	5	300

Ce tableau montre aussi que le régime pluvieux de la région est de type HAPE (Figure 24).

**Figure .25 :** Régime saisonnier de la zone d'étude (1980-2005).

Les températures

La température est un facteur écologique fondamental et un élément vital pour les formations végétales, le facteur climatique a été défini par (PEGUY, 1970) comme une qualité de l'atmosphère et non une grandeur physique mesurable. L'une de nos préoccupations est de montrer l'importance des fluctuations thermiques dans l'installation et l'adaptation des espèces dans la région. La caractérisation de la température en un lieu donné se fait généralement à partir de la connaissance des variables suivantes :

- Température moyenne mensuelle « T ».
- Température maximale « M ».
- Température minimale « m ».

Le régime thermique de la région est caractérisé par des températures élevées en été et relativement basses en hiver. Les températures les plus élevées sont enregistrées durant les mois de Juillet et Août, où elles atteignent un maximum de 35.7 °C en moyenne, ce qui correspond

à une forte évaporation. Les basses températures se manifestent au mois de février avec une température moyenne de 9.1°C et une minimale moyenne de 2.9 °C (figure 28 et tableau 05).

La figure 28 représentée les variations mensuelles de Température sur 25 ans de la région :

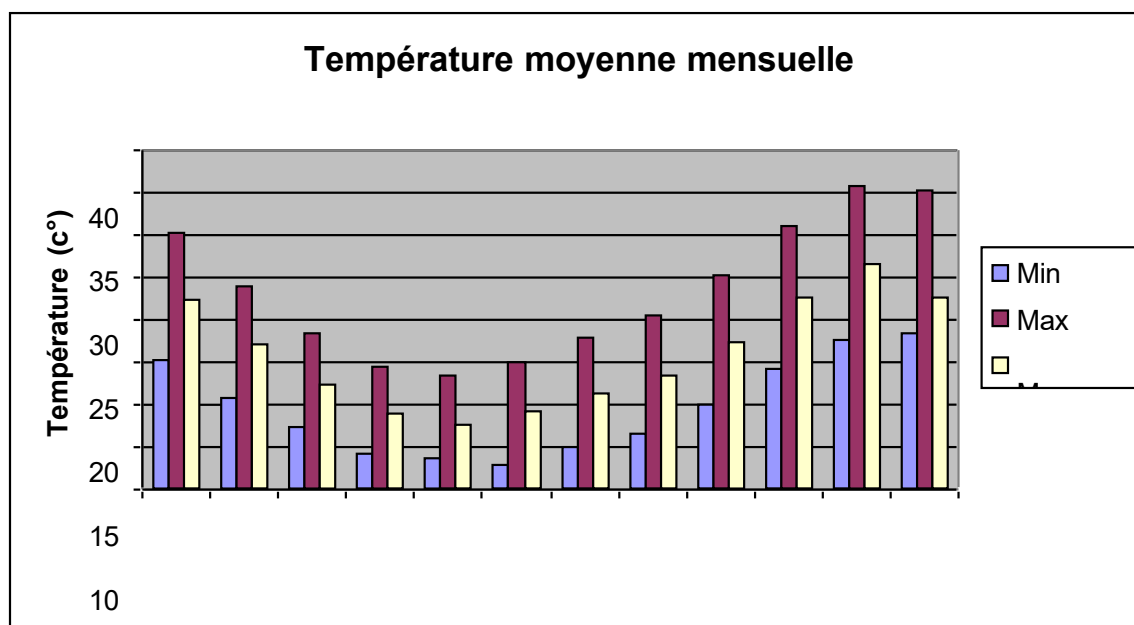


Figure .26 : Température moyenne mensuel (1980-2015).

Cette figure représente les variations mensuelles moyennes de la température. Elle montre une décroissance des températures entre le mois de Septembre jusqu'à Janvier, suivie d'une croissance jusqu'au mois d'Août.

On peut distinguer deux grandes périodes :

- Période froide allant du mois du novembre jusqu'au mois de mars est caractérisée par un minimum absolu de température de 7.56°C, au mois de janvier ;
- Périodes chaudes avec un maximum absolu correspondant à la période allant du mois de Juillet jusqu'au mois d'Août.

Tableau .05 : Classification des mois (période 1980-2015) (Station météorologique, 2017).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août
P (mm)	23.06	26.0	43.33	36.75	43.20	36.01	20.71	2.68	31.28	6.23	1.83	7.26
T (°C)	22.77	17.68	12.58	9.28	7.56	8.97	10.84	12.30	17.25	24.40	2.90	28.01
2T (°C)	45.54	35.36	25.16	18.56	15.12	17.94	21.68	24.60	34.70	48.80	55.80	56.02
3T (°C)	68.31	53.04	37.74	27.84	22.68	26.91	32.52	36.60	52.05	73.20	83.70	84.03
Classe	S	S	H	H	H	H	S	SS	S	S	S	S

$P \leq 2T$: Mois sec (S), $2T < P \leq 3T$: Mois sub-sec (SS), $P > 3T$: Mois humide (H).

Ce tableau nous montre que la zone est caractérisée par 4 mois humides, un mois sub sec et 7 mois sec.

L'évapotranspiration (ETP)

Elle est définie comme étant la valeur maximale possible de l'évaporation dans des conditions climatiques données. Elle résulte de deux phénomènes l'un physique : l'évaporation, l'autre biologique : la transpiration. L'évapotranspiration potentielle estimée selon la formule de Penman est de 160mm/an (Station météorologique, 2015).

Évaporation

L'évaporation la plus élevée est enregistrée durant les mois de Juillet et Août où elles atteignent un maximum de 300 mm lorsque la température est très élevée (Figure 27).

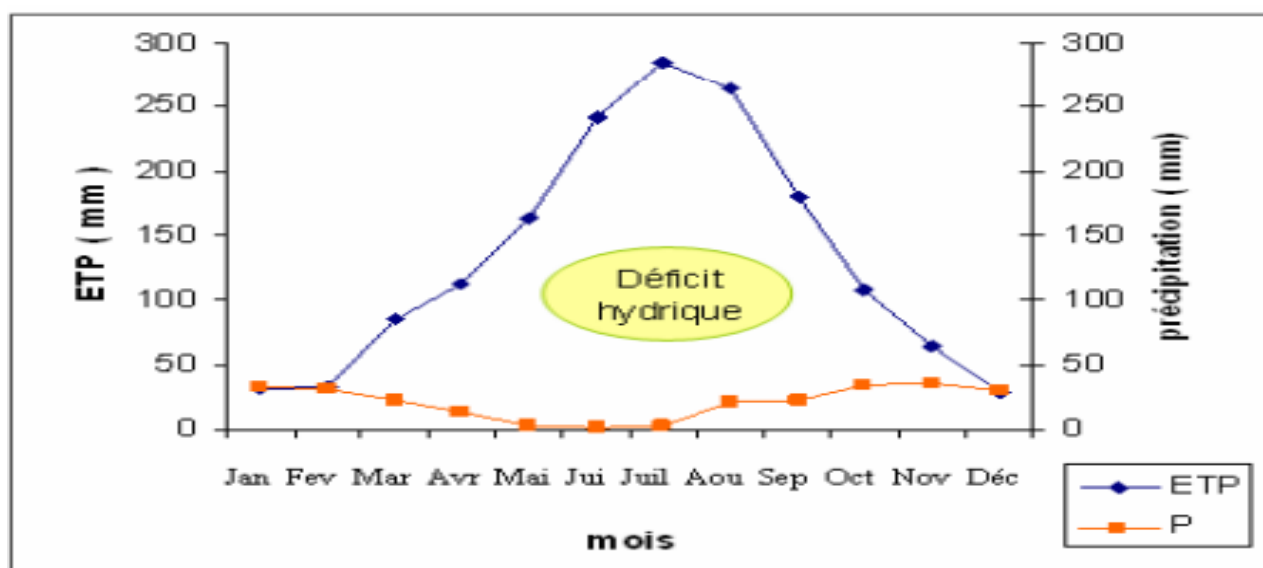


Figure .27 : Variation de L'évaporation en fonction des mois (l'évaporation moyenne mensuelle de la station) (1980-2015) (Station météorologique, 2017).

4.5 Le vent

Le vent est l'un des principaux facteurs régissant le façonnement des dunes et la répartition du couvert végétal en déracinant les plantes annuelles, modifiant la morphologie des végétaux et influant sur la répartition des graines lors de leur dissémination. Les vents d'Ouest et Nord-Ouest sont chargés de pluie et sont les plus fréquents durant toute l'année sauf en été où ils sont substitués par les vents desséchants ou sirocco du Sud et même du Sud-ouest. Le taux de fréquence global varie de 57% à 68% pour la zone d'étude. Le vent chaud et sec Sirocco est aussi défavorable à la végétation de la région d'étude. Il est plus fréquent à l'Est (30j/an) qu'à l'Ouest (15j/an) de notre région. Lorsqu'il souffle au moment où la végétation est en pleine activité, il cause des dégâts plus ou moins importants notamment sur les plantes jeunes (échaudage).

Tableau. 06 : Direction et types des vents saisonniers de la région (1980-2015) (Station météorologique, 2017).

Direction	Période	Température	Caractéristique
Nord-Ouest	Automne - Hiver	Moyen 9 C°	Averses
Sud-Ouest	Printemps - Été	Moyen 20 C°	Sirocco
O-N-Ouest	Printemps	Moyen 18 C°	Averses
NE-NO	Hiver - Printemps	Moyen 13 C°	Pluies

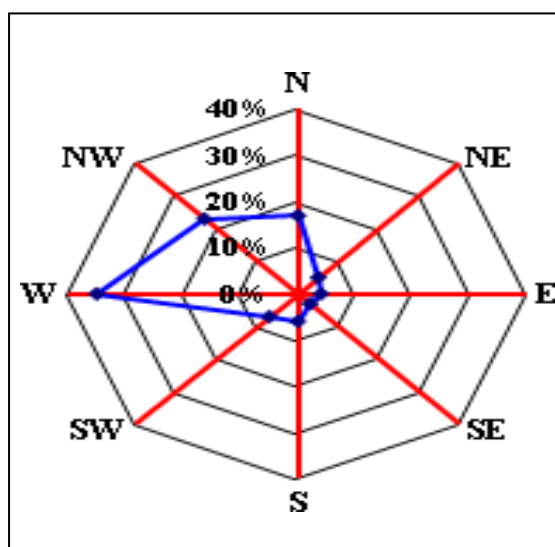


Figure .28 : Rose du vent de la zone d'étude (1980-2015) (Station météorologique, 2017).

L'humidité

L'humidité relative de l'air est généralement plus élevée le matin pour tous les mois, elle est de l'ordre de 60 à 70 % en hiver et près de 30 % en été. Elle peut compenser en un certain degré l'absence ou la rareté des précipitations en favorisant le développement des plantes. Le mois le plus humide est le mois de décembre, par contre le mois le plus sec est le mois de juillet (Station météorologique, 2015).

L'importance du brouillard

Le bioclimat semi-aride caractérise le paysage de Monts de Saida. L'orographie de la région est très caractéristique, avec un allongement parallèle au Monts de la zone d'étude et l'influence maritime par les trajets des masses d'air venant de la mer d'une part et comme barrière écologique par ces principaux reliefs au bioclimat saharien d'autre part, donnant naissance à des conditions topographiques très favorables pour capter l'humidité atmosphérique. Les reliefs de la zone d'étude jouent un rôle important pour l'installation des forêts ou pré-forêts riches arrosées par le brouillard en absence des pluies.

La neige

Selon (SELTZER, 1946), il existe une tache d'enneigement importante près de nord de Saida, le maximum d'enneigement coïncidant avec le maximum de pluviosité à la région ouest de Tafrent où la moyenne annuelle est de 24,7 jours d'enneigement. Actuellement, dans la région d'étude, il neige rarement en formant une couche de neige qui peut atteindre les 25 cm environ et pour 1-2 jours sur les versants.

La gelée blanche

Le risque de la gelée commence lorsque le minimum de la température tombe au-dessous de 10°C et il dure tant que ce minimum reste inférieur à cette valeur. Il peut rester 30 jours par an dans les hautes plaines voir 50 j/an dans l'atlas saharien.

Pour la végétation, le risque de gelées persiste pendant toute la moitié de l'année, en générale de Novembre à la fin Avril (SELTZER, 1946). D'après nos observations sur le terrain, la durée de la gelée blanche dans la forêt de Tafrent et en particulier dans la région de sud ; est

également du mois de novembre où la température diminue jusqu'au mois d'Avril et rarement jusqu'au mois de mai.

Elle provoque des dégâts sur la végétation au niveau de feuillages, surtout les sempervirentes, tel : *Pistacia lentiscus* , *Nerium oleander* Par contre, il aide à la défragmentation des sols, et de la germination de quelque graine.

Synthèse climatique

La synthèse bioclimatique met en évidence les différentes caractéristiques du climat qui permettent de délimiter les étages de végétation.

Ces étages peuvent aussi être classés en fonction des précipitations ou de la température.

Nous retiendrons :

Indice d'aridité de DEMARTONNE

Après avoir analysé les différents éléments du climat, on peut donner une classification de la région de Saida, par l'indice d'aridité annuelle (Ia) de DE MARTONNE (1923) qui est donnée par la formule suivante :

$$Ia = \frac{P}{T + 10}$$

Où :

Ia : Indice d'aridité.

P : Précipitation moyenne annuelle (P=300 mm).

T : Température moyenne annuelle (T=17.86 C°).

Donc :

$$Ia = \frac{300}{17.86+10}$$

Où :

Ia = 11.20

L'indice baisse lorsque l'aridité croît (LE HOUEROU, 2004). L'indice d'aridité annuel de DE MARTONNE définit six zones climatiques en fonction des précipitations moyennes et des températures moyennes. Ces zones sont :

A : zone à écoulement abondant.

B : zone à écoulement exoréique.

C : zone tempérée.

D : zone semi-aride.

E : zone désertique. **F**

: Hyper aride.

En projetant la valeur de l'indice d'aridité obtenu ($I_a = 11.20$) et la valeur des précipitations moyenne annuelle sur l'abaque de DE MARTONNE (Figure 29) nous pouvons en conclure que le climat de la région est du type semi-aride.

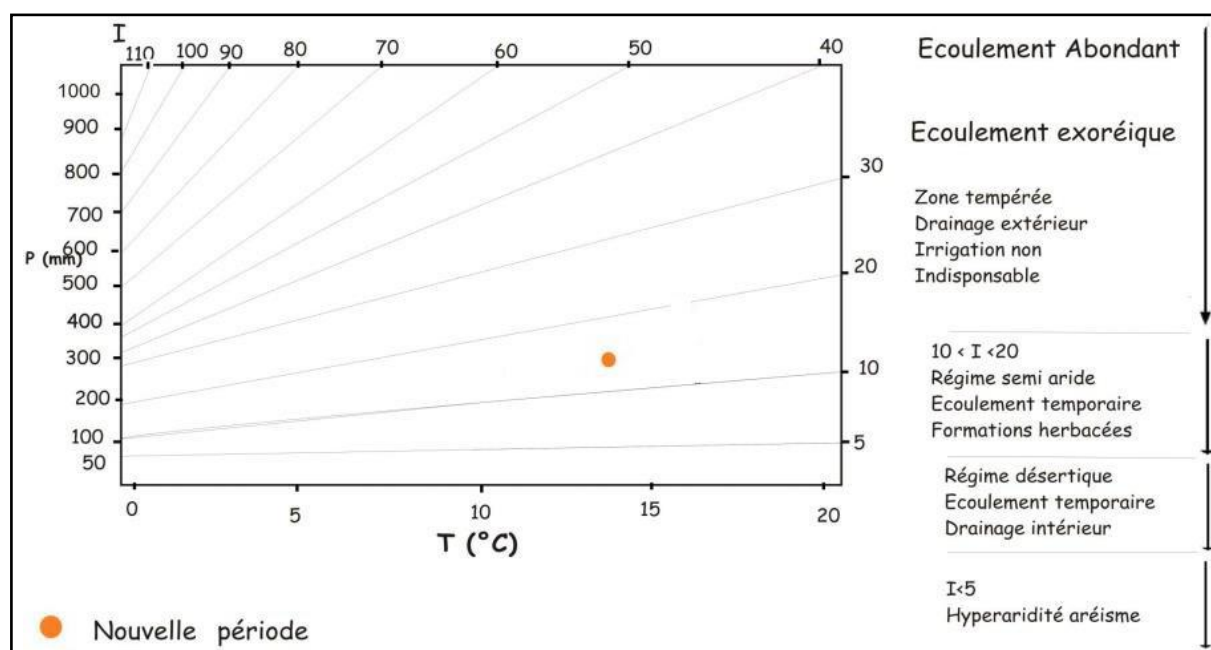


Figure. 29 : Détermination du climat à partir de l'abaque DE MARTONNE (1980-2015).

Quotient pluviothermique d'EMBERGER

L'indice pluviothermique d'EMBERGER appelé (Q_2) est ainsi formulé :

$$Q_2 = (2000 P) / M^2 - m^2$$

Avec :

Q_2 : Quotient pluviothermique.

P : Précipitation moyenne annuelle en mm.

M : Température moyenne mensuelle du mois le plus chaud exprimée en degrés Kelvin. m :

Température moyenne mensuelle du mois le plus froid exprimée en degrés Kelvin. $M-m$:

Amplitude thermique extrême moyenne.

La valeur du quotient pluviométrique varie en fonction inverse du caractère xérique du milieu. Plus la sécheresse annuelle globale est grande, moins la valeur du quotient est élevée.

Quand :

$50 < Q_2 < 100$: Climat tempéré ;

$10 < Q_2 < 50$: Climat semi-aride ;

$Q_2 < 25$: Climat aride ;

$10 < Q_2$: Climat désertique.

$$Q_2 = (2000 \times 357) / 95295.69 - 76618.24$$

$$Q_2 = 38.22$$

En reportant la valeur de Q_2 (38.22) et de m (2.9 °C) sur le climagramme d'EMBERGER (Tableau 05 et Figure 30).

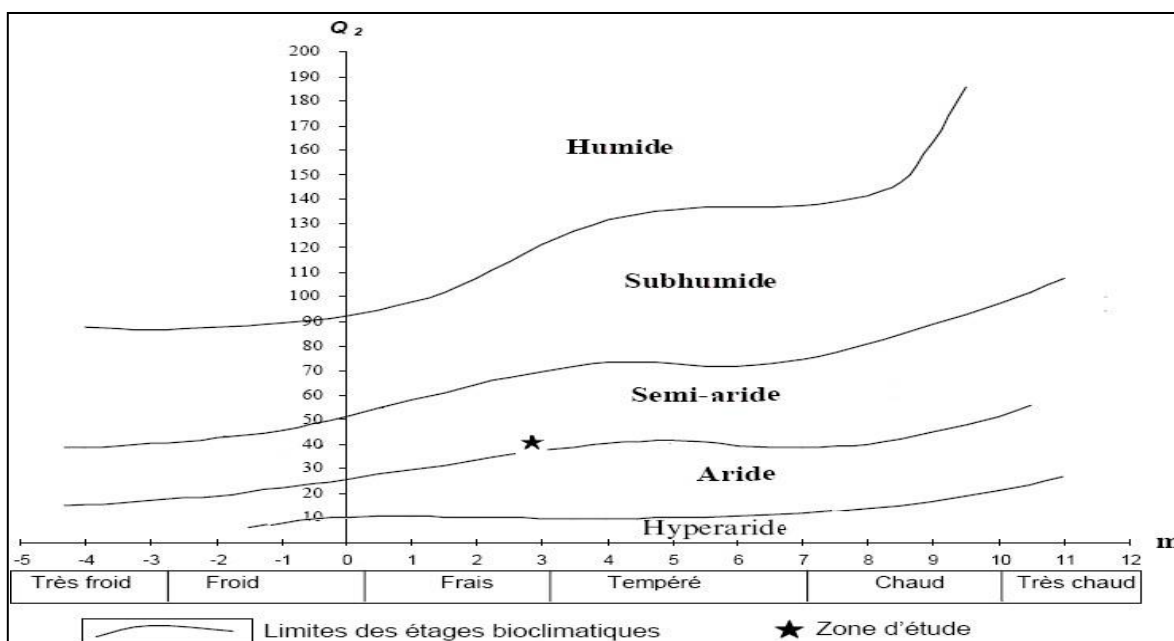


Figure. 30: Position de la zone d'étude sur le climagramme d'EMBERGER.

Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS

Les éléments climatiques n'agissent jamais indépendamment les uns des autres. Dans la synthèse climatique, parmi les formules les plus utilisées qui combinent entre les précipitations et les températures.

Nous retiendrons le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953), qui exprime la durée de la période sèche de l'année, et l'indice pluviothermique d'EMBERGER qui demeure l'indice le plus efficace dans la description du climat méditerranéen.

BAGNOULS et GAUSSEN (1953), définissent la saison sèche comme étant : « l'ensemble des mois où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètre est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle exprimée en degrés centigrades ($P \leq 2T$). ».

Le diagramme ombrothermique de la station climatique de Saida entre 1980 et 2015 (Figure 31) montre que le climat est de type méditerranéen avec une période de sécheresse longue, qui s'étale sur 6 mois, allant du début du mois de Mai jusqu'à la fin du mois d'Octobre.

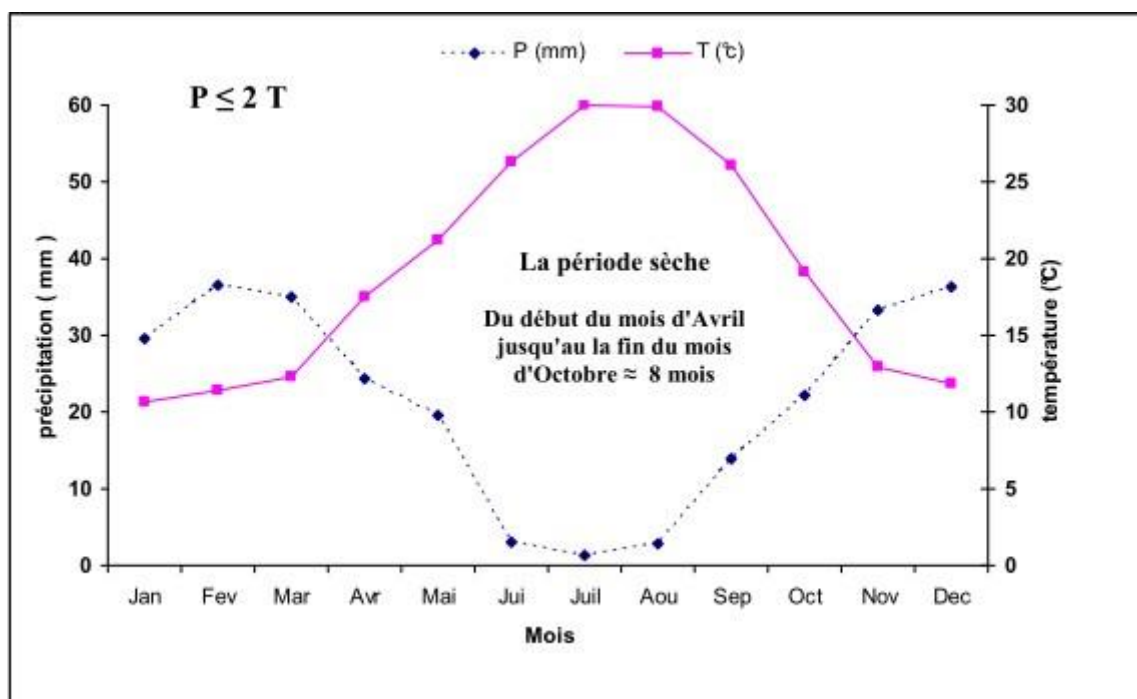


Figure. 31 : Diagramme ombrothermique de la zone d'étude (1980,2015).

Classification des ambiances bioclimatiques en fonction de "T" et "m"

La température moyenne annuelle "T" est utilisée par RIVAS-MARTINEZ (1981) avec la température moyenne des minima comme critère de définition des étages de végétation.

Thermo-méditerranéen : $T > 16^{\circ}\text{C}$ et $m > +3^{\circ}\text{C}$

Méso-méditerranéen : $12^{\circ}\text{C} < T < 16^{\circ}\text{C}$ et $0^{\circ}\text{C} < m < +3^{\circ}\text{C}$

Supra-méditerranéen : $8^{\circ}\text{C} < T < 12^{\circ}\text{C}$ et $-32^{\circ}\text{C} < m < 0^{\circ}\text{C}$

DAHMANI (1996) confirme que l'Algérie occidentale dans son ensemble correspond au seuil proposé par (RIVAS-MARTINEZ, 1982-1994) excepté la valeur du "m > 3" au thermo-méditerranéen.

Dans notre cas, la zone d'étude occupe le thermo –méditerranéen.

5. Milieu Naturel et occupation du sol

5.1 Phytogéographie

L'étude phytogéographique constitue une base essentielle à toute tentative de conservation (QUEZEL, 1991 ; *in* DAHMANI, 1997). Elle permet de connaître l'histoire d'une région donnée et constitue un véritable modèle pour interpréter les phénomènes de régression (OLIVIER et al, 1995; *in* DAHMANI, 1997). La subdivision en domaines et secteurs floristiques est le reflet de l'étroite dépendance climat-végétation, d'après le découpage phytogéographique de BARRY et al (1974) (BARRY et al, 1974 ; *in* DOUAOUI, 2005), La région de Saida appartient à l'empire holarctique, à la région méditerranéenne, sous-région eu- méditerranéenne, domaine maghrébin méditerranéen, secteur oranais et au sous-secteur des Hauts-Plateaux algérois et oranais (O3) (Figure 32).

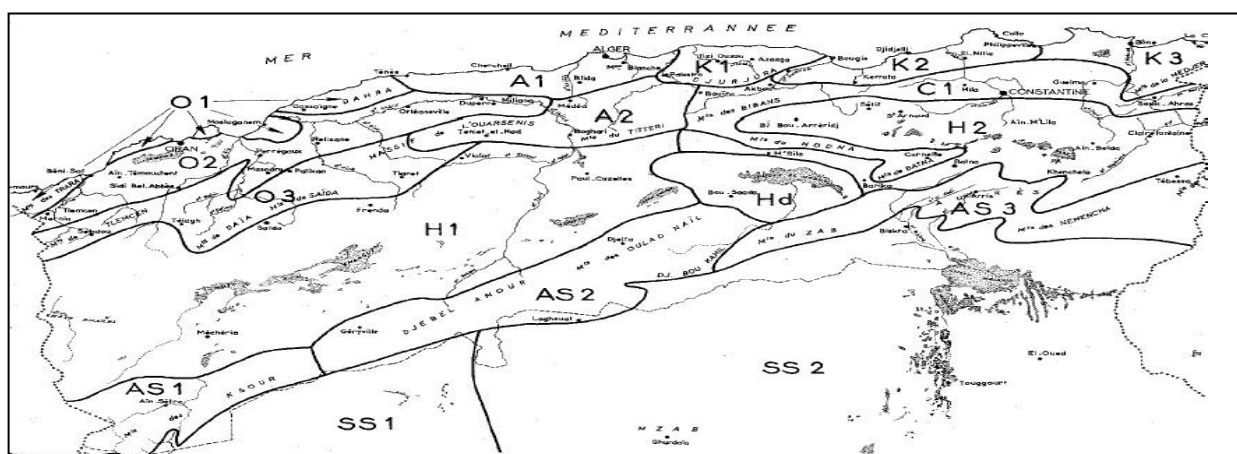


Figure. 32 : Carte des principaux territoires biogéographiques d'Algérie d'après QUEZEL et SANTA (1962, 1963).

A1: Sous-secteur littoral ; **A2:** Sous-secteur de l'Atlas Tellien ; **AS1:** Sous-secteur de l'Atlas Saharien oranais ; **AS2:** Sous-secteur de l'Atlas Saharien algérois ; **AS3:** Sous-secteur de l'Atlas Saharien constantinois ; **C1:** Secteur du Tell constantinois ; **H1:** Sous-secteur des Hauts Plateaux algérois et oranais ; **H2:** Sous-secteur des Hauts Plateaux constantinois ; **Hd:** Sous-secteur du Hodna ; **K1:** Sous-secteur de la grande Kabylie ; **K2:** Sous-secteur de la petite Kabylie ; **K3:** Sous-secteur de la Numidie (de Philippeville à la frontière tunisienne) ; **O1:** Sous-secteur des Sahels littoraux ; **O2:** Sous-secteur des plaines littoraux ; **O3:** Sous-secteur de l'Atlas Tellien.

5.2. Espace forestier

Les formations forestières occupent 20% de la surface répartie entre jeunes et vieilles futaies de pin d'Alep.

Les recrues représentent 40% de pin d'Alep à l'état pur, en mélange au thuya et aux vieilles futaies.

Les reboisements effectués, très importants, occupent plus de 28% de la surface avec des maquis dégradés et des parcours (15%).

Les forêts denses : Elles occupent environ 40 ha soit 1.96 % de la superficie totale. L'essence dominante dans ces forêts est le pin d'Alep essentiellement pur ou en association avec le Thuya (D.P.A.T, 2009).

Les forêts claires : Elles occupent environ 2124 ha soit 15 % de la superficie totale.

Les maquis denses : Ces formations forestières couvrent une superficie de 747 ha et représentent 4 % de la superficie totale de la wilaya.

Les maquis clairs : Il s'agit de la formation la plus représentée sur les terres forestières en occupant 6996 ha soit 35 %.

Les reboisements : Ils ne constituent pas un volet significatif dans les formations forestières au regard de la superficie qu'ils occupent, 1131 ha soit 7 % de la superficie totale.

Repeuplement : Elles occupent environ 1190 ha soit 8 % de la superficie totale.

Agrosystème et terrain nu : Elles occupent 28 % de la superficie totale.

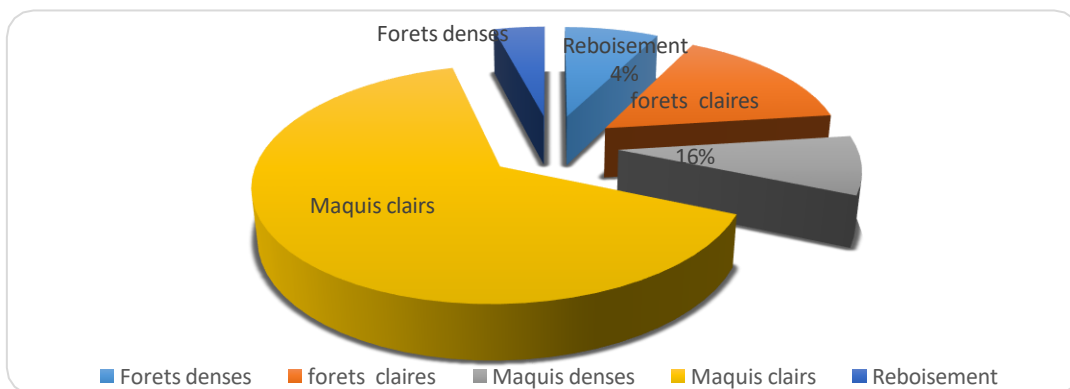


Figure. 33 : Importance des formations forestières (D.P.A.T, 2009).

5.4. Elevage

La population riveraine de la réserve possède un cheptel composé essentiellement par des ovins, de caprins et de bovins.

Dans les communes riveraines, les nombres de têtes dans toutes les communes a été multiplié par deux, ces 10 dernières années.

Ainsi, le massif forestier de la réserve se trouve exposé à un pacage accentué dans sa partie ouest étant donné que celle-ci n'est pas encore clôturée ; cette pression est estimée à 14558 bêtes.

Nous remarquons que, dans l'ensemble des populations riverain de la réserve, l'élevage ovins occupe le premier rang avec 75943 têtes (86%), en deuxième rang les caprins avec 6665 têtes (8,7%) puis les bovins avec 2360 têtes (5%) et en dernier rang l'apiculture avec 14558 ruches soit 0,3 %. (Tableau 07) Toutes ce cheptel vit grâce à la forêt et ses dérivés.

L'aviculture et l'apiculture sont des élevages peu pratiqués et qui contribuent directement à l'amélioration et l'augmentation des revenus des riverains. Ces dernières années nous ne marquons que ces activités s'accroissent de plus en plus.

Tableau .07 : Répartition de l'élevage par zone (DSA, 2020).

/	Ovin	Bovin	Caprins	Apiculture (Nmbr ruches)
Sidi Boubkeur	27291	526	5100	800
Sidi Amar	13868	616	1555	442
Ouled Khaled	34784	1418	1010	346
Total Daira	75943	2360	6665	14558

5.5. Potentiel humain:

Les actions anthropiques diverses et les changements climatiques globaux sont les principaux facteurs de la disparition d'environ 13 millions d'hectares de forêt chaque année (BERTRAND, 2009) à l'échelle mondiale ; dont les forêts méditerranéennes représentent une grande partie et constituent un milieu naturel fragile déjà profondément perturbé (QUEZEL *et al* , 1991).

(Di CASTRI, 1981) et (QUEZEL, 1989) montrent que l'intense action anthropique (Déboisement, incendie, pâturage, culture et délits variés) entraîne une diminution des surfaces forestières, chiffrée entre 1 et 3 % par an ; formées surtout par des espèces pré forestières, chamaephytiques et nano-phanérophytiques. Ce qui explique la disparition totale des forêts d'arbres sempervirents de la région méditerranéenne et leur remplacement par des milieux assez ouverts, qui occupent la quasi-totalité de la forêt actuelle.

La région d'étude est entourée par des villages comme : Sidi Amar, Sidi Boubkeur, Ouled Khaled, Sidi Aissa et Doui Thabet ; La vie traditionnelle est basée sur l'agriculture montagnard et l'élevage. La forêt reste la seule ressource pour les habitants de ces villages (le bois, l'alfa, les plantes médicinales ...) (Tableau 8).

Tableau. 08 : Taux d'accroissement des populations des communes limitrophe de Tafrent (DPAT, 2009).

Communes	Population en RGPH – 2008	T.A.A observé (%)	Zone Eparse	Indice de Ruralité
Sidi Boubkeur	20374	1,94	265	11,30
Sidi Amar	8901	0,21	2297	25,81
Ouled Khaled	22254	0,98	4469	20,08
Doui Thabet	4978	-1,11	2769	55,62

1 Matériels et méthodes

L'approche méthodologique d'évaluation des risques d'incendies adoptée se base sur différentes d'informations cartographiques, et consiste à calculer différents facteurs intervenants dans le calcul de l'indice de risque des feux de forêts (IR). Ces facteurs sont l'indice de végétation (tveg), l'indice topo-morphologique (IM) et l'indice humain (IH).

L'application du modèle de calcul permet de cartographier pour la région de Taffrent les zones sensibles aux incendies. Selon la nature et le degré du risque d'incendie, des aménagements seront proposés.

Matériels utilisés pour les cartes des risques

Les données utilisées

- le plan juridique de la forêt domaniale de Taffrent 1/25000.
- le modèle numérique de terrain (MNT), d'une résolution de 12.5 m avec une projection géographique, Datum **WGS 84**, Ces images sont téléchargeables gratuitement à partir du site : (<http://www.vertex.daac.asf.alasca.edu>).
- Image Google Earth pro.
- image Google Earth téléchargée à partir du logiciel : Universal Maps Downloader.

Matériels utilisés

Un support informatique (Scanner, Un ordinateur portable, GPS).

Logiciels utilisés

- ArcGIS 10.3
- Google Earth pro.
- Universal Maps Downloader

Méthodologie de travail

Modèle de calcul du risque d'incendies :

Le modèle appliqué fait intervenir cinq facteurs pour l'évaluation du risque de feu de forêt, à savoir le type de végétation, la pente, l'exposition, distance à partir des routes et distance à partir des agglomérations (ERTEN *et al*, 2004).

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

L'indice de risque incendies-**IR** L'indice

de végétation -**Tveg**

L'indice topo morphologique : composé de **P** (pente) et **E** (exposition)

L'indice humain composé de **Dr** : (distance à partir des routes) et **Da** (distance à partir des agglomérations).

Les différentes étapes de la méthodologie adoptée tout au long de ce travail sont représentées par l'organigramme synthétisé par la (figure 34).

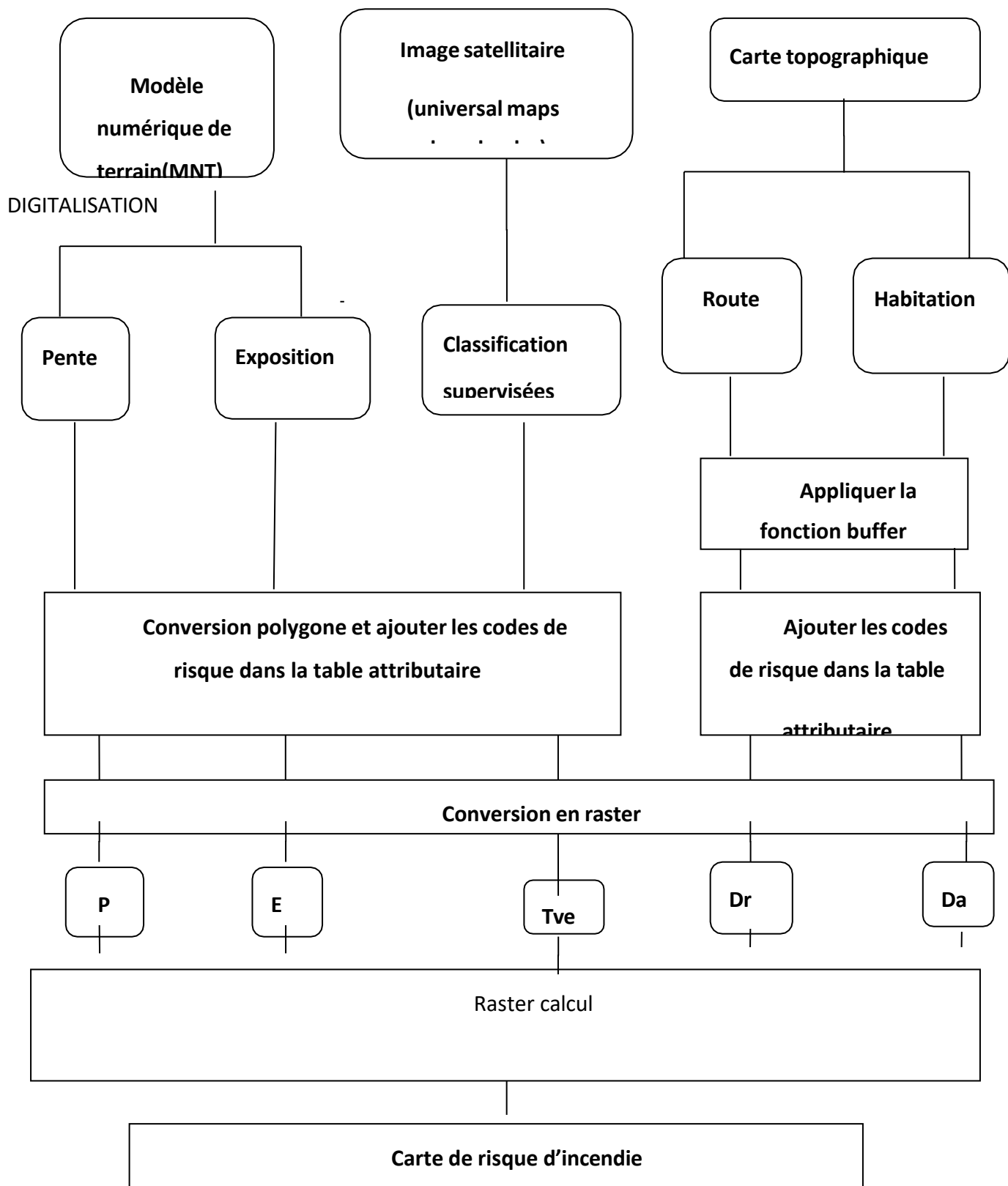


Figure. 34 : Procédure de calcul de l'indice de risque de feu de forêt.

Préparation des données

Consiste à :

Géo référencier les images satellitaires et le plan juridique de la forêt domaniale de Taffrent avec la projection projetée UTM-WGS 1984- ZONE 30 N.

Digitaliser les limites de la forêt domaniale de Taffrent à partir de le plan juridique de cette dernière

Ajouter le modèle numérique de terrain du foret Taffrent (MNT) pour réaliser les différentes cartes thématiques (pentes, exposition, altitude, réseau hydrique).

Indice humaine

Les routes et les habitations sont digitalisées avec **ArcMap** à partir de la carte topographique. le calcul des distances autour des routes et des habitations se fait à l'aide d'une fonction « **Buffer** » d'ArcMap selon les normes du modèle utilisé (tableau 09).

Les fichiers vecteurs produits (routes et habitations) sont convertis en format raster (**GRID**)

Tableau .09: Classification des distances des routes et des habitations (ERTEN et al, 2004)

Paramètres	Distance(m)	Code	Classe de risque
Distance à partir des routes(Dr)	< 100	5	Très élevé
	100-200	4	Elevé
	200-300	3	Moyen
	300-400	2	Faible
	>400	1	Très faible
Distance a partir des agglomérations (Da)	< 1000	5	Très élevé
	1000-2000	4	Elevé
	2000-3000	3	Moyen
	>3000	2	Faible

Indice topo morphologique

La topographie est un important facteur physiographique qui influence sur le comportement du vent, il a donc une incidence sur la propagation de l'incendie.

Les cartes de pente et d'exposition sont dérivées du MNT à l'aide d'une extension **spatial analyst**.

➤ La pente

Elle a une influence sur le comportement du feu. Un incendie se déplace plus rapidement sur les pentes les plus inclinées. Donc les classes des pentes ont été créés en fonction de cette règle.

Le calcul des pentes à partir du **MNT** produit un fichier de format raster qui doit être classifié selon le (tableau 10)

L'exposition

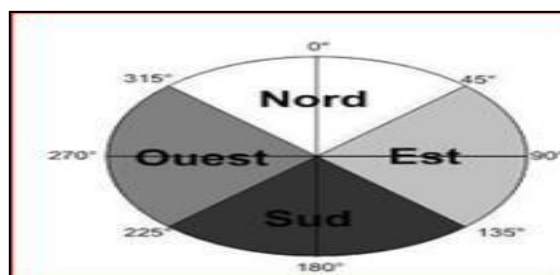
Plus les pentes sont exposées au soleil, plus les combustibles sont secs, donc le risque d'éclatement du feu est plus élevé à l'exposition Sud que l'exposition Nord.

Le calcul d'exposition à partir du **MNT** produit un fichier raster qui est classifié dans le **Tableau suivant**.

Tableau .10 : Classification des pentes et des expositions (ERTEN et al, 2004).

Paramètres	Classe	Code	Classe de risque
Pente (p)	>35%	5	Très élevé
	25-35%	4	Elevé
	10-25%	3	Moyen
	10- 5%	2	Faible
	< 5%	1	Très faible
Exposition (E)	Sud	5	Très élevé
	Ouest	4	Elevé
	Est	3	Moyen
	Nord	2	Faible

L'exposition est déterminée par rapport aux quatre points cardinaux, ces valeurs sont exprimées en degrés avec le nord comme origine. Dans ce cas aussi, nous utilisons un codage pour faciliter l'opération de calcul de l'indice de risque.

**Figure .35** : Conversion des expositions en degré.

L'indice de végétation

En absence d'une carte de végétation plus précise concernant la wilaya de Saida et même pour sa commune pour classer les types de végétation, on a élaboré une carte d'occupation du sol qui fournira des informations géographiques relatives à l'occupation du sol et pour cela ceci repose sur un travail de bureau qui consiste en un traitement des images satellitaires.

De ce fait, on a eu des images satellitaires (universal maps downloader 2022) qui étaient corrigées par l'influence de l'atmosphère ainsi du soulagement topographique. Cependant, une visite du terrain a été réalisée dans le but d'opter à une classification supervisée. Pour cela, les classes d'occupation du sol sont décrites selon la localisation (lieu-dit, communes, zones homogènes) et leurs superficies exprimées en hectares et en pourcentage. Et pour la présente étude on a obtenu ces quatre classes : forêt, erme, matorral à partir de la carte d'occupation du sol qui nous a mené à une classification de la flore selon son inflammabilité qui est liée à l'humidité de la végétation (tableau 11).

Tableau .11 : Classification du type de végétation méditerranéenne.

Type De Vegetation	Code	Classe De Risque
Quercus Coccifera	5	Très élevé
Quercus Ilex	5	Très élevé
Pinus Halepensis	4	Elevé
Juniperus Oxycedrus	4	Elevé
Pistacia Lentiscus	3	Moyen
Rosmarinus Officinalis	3	Moyen
Olea Europea	3	Moyen
Pelouse	2	Faible
Escarpement	1	Très faible

L'indice du risque des incendies

La cartographie du risque d'incendies nous permet de délimiter les zones potentielles d'éclosion des feux, tout en pouvant remonter aux causes et degré du risque (végétation très inflammable, pente élevée, proximité d'une route, ...etc).

Le calcul du risque d'incendies a été réalisé avec la fonction "raster calculator" de l'extension spatial analyst tools.

Il s'agit d'appliquer la formule du modèle adopté sur les différents indices de végétation, topo morphologique et humain en format raster (Figure 36). Sur la base de la carte du risque et la concertation avec les Forestiers de la conservation nous proposerons des aménagements défense des Forêts Contre les Incendies.

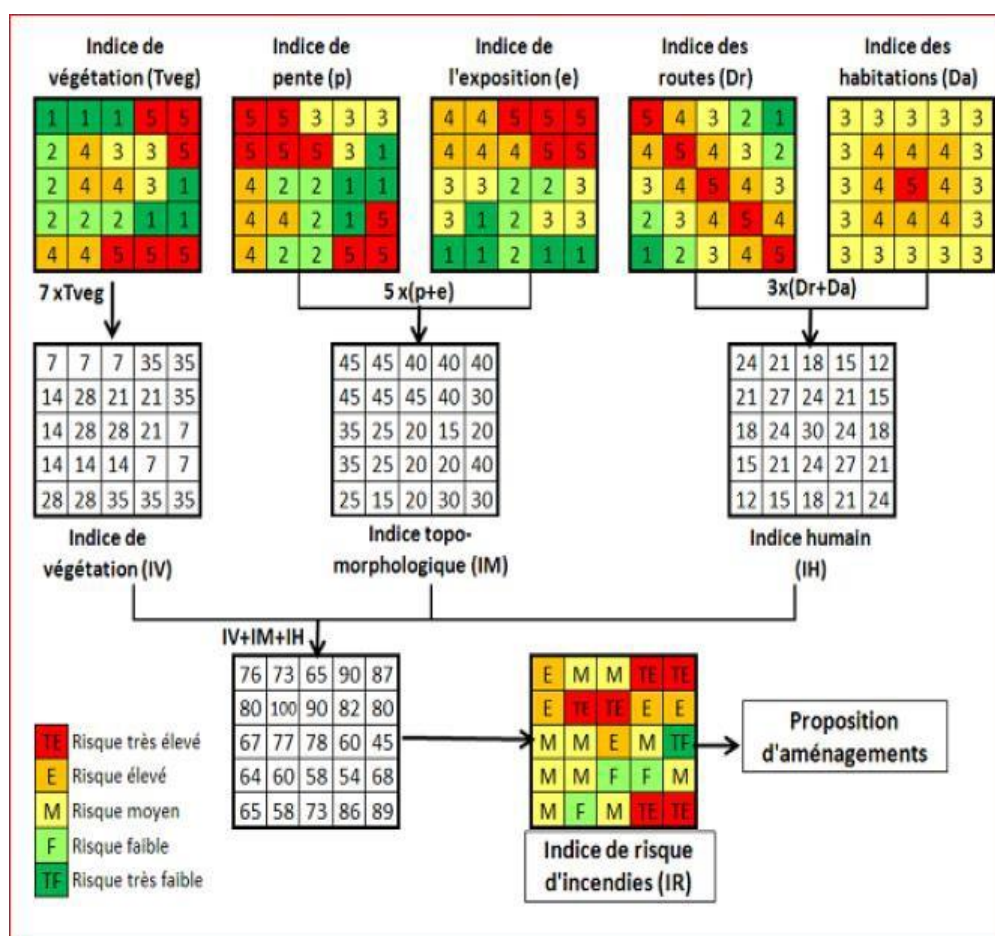


Figure.36 : Procédure de calcul raster de l'indice de risque des feux de forêt

2. Reconnaissance terrain

Une campagne a été réalisée par des sorties dans la forêt de Tafrentr . 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'occupations du sol. cette mission sur le terrain est positive dans la mesure où une certaine cohérence dans la démarche scientifique et pratique, 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.

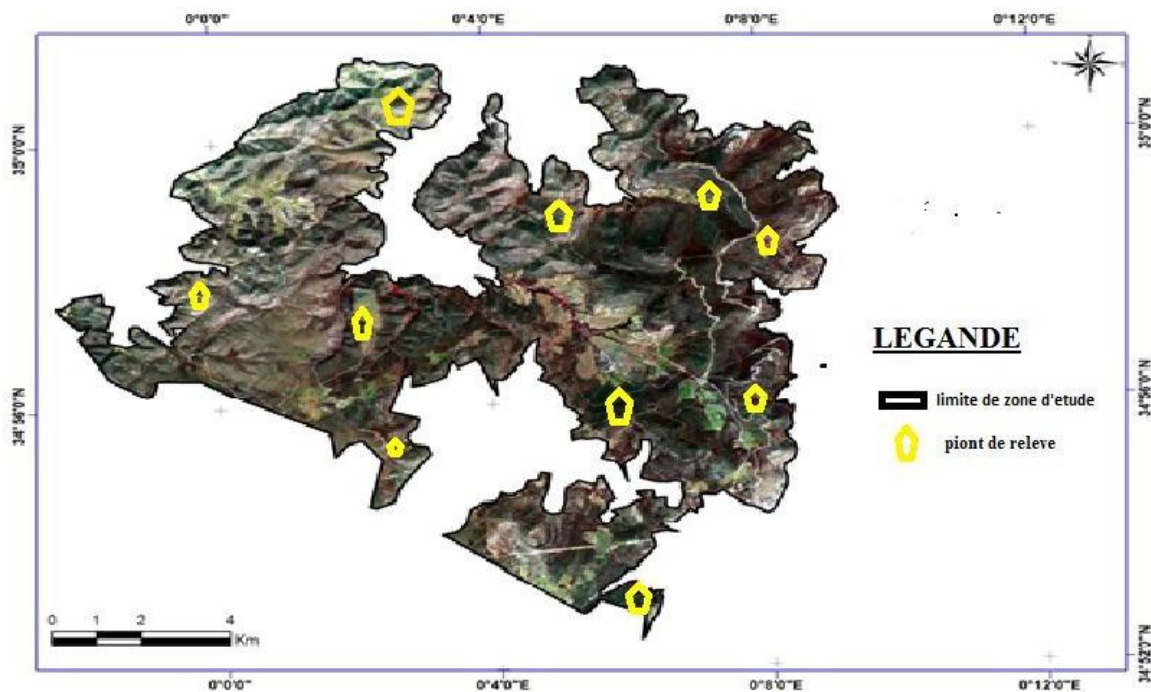


Figure. 37 : carte de localisation des relevés floristique

1 Résultats discussions

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 topo morphologiques (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 degré et leurs objectifs.

L'outil SIG et le modèle de calcul de risque d'incendies ont permis l'élaboration de différentes cartes d'indices des risques liées à la végétation, à la topographie, à la présence humaine ainsi que la proposition d'aménagements sur la base des résultats obtenus.

2 La cartographie du risque d'incendies

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 déférentes classes

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

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

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

Paramètre	Poids	Classes	Valeurs	Degré du risque
Végétation	7	Quercus , Pinus Halepensis	5	Risque très élevé
		Juniperus , Pistacia Lentiscus	4	Risque élevé
		Rosmarinus Officinalis, Olea Europea	3	Risque moyen
		Pelouse	2	Risque faible
		Escarpement	1	Risque très faible

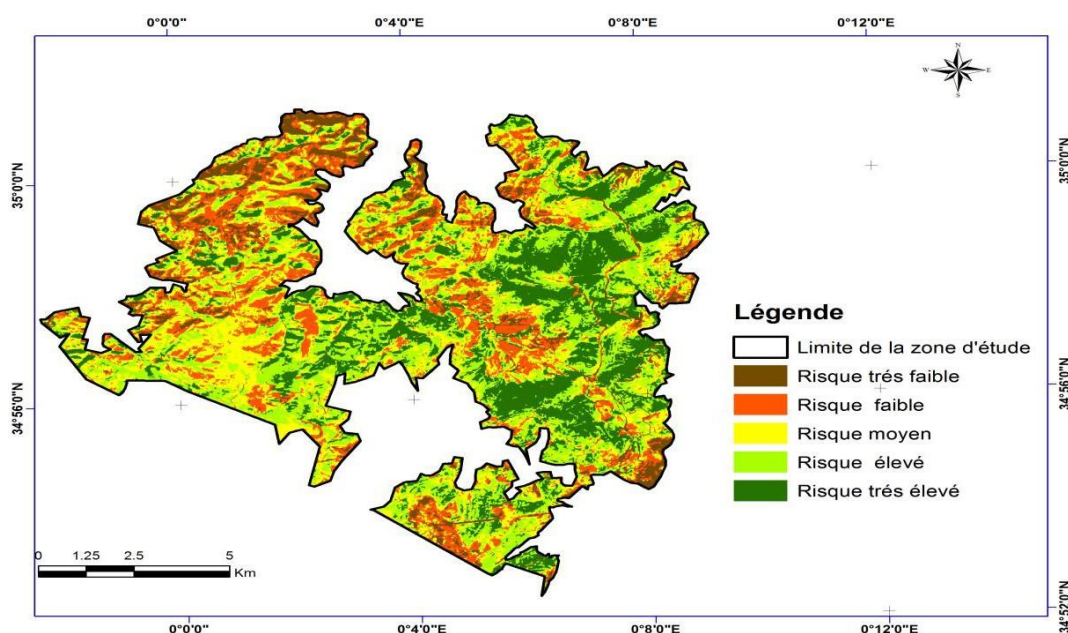


Figure.38 : carte d'indice de risque basée sur la végétation

D'après la (figure 38 et le tableau 11).indique que **21.35 %** de la zone étudiée présente un risque très élevé soit une superficie de 816 Ha 33 are elle est constituée par des herbes ou domine le *Quercus ilex* et le tapis herbacés sec. La classe de risque élevé occupe **28.83%** soit une superficie de 4633 ha dont l'espace mis en jeu regroupe une forêt avec une prédominance de l'espèce du Pin d'Alep. Ces zones présentent un risque d'incendie plus important, tandis que les classes à risque moyen occupent **49.85 %** de la zone étudiée 5858 Ha et 75 are de matorral qui dominée par les espèces de thuya , pistacia lentiscus et Rosmarinus officinalis.

Le risque topo morphologique

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. Deux paramètres topographiques interviennent dans le déclenchement et la propagation d'un feu de forêts : la pente, l'exposition. Ces paramètres ont été générés à partir du modèle numérique de terrain (M.N.T) de la région.

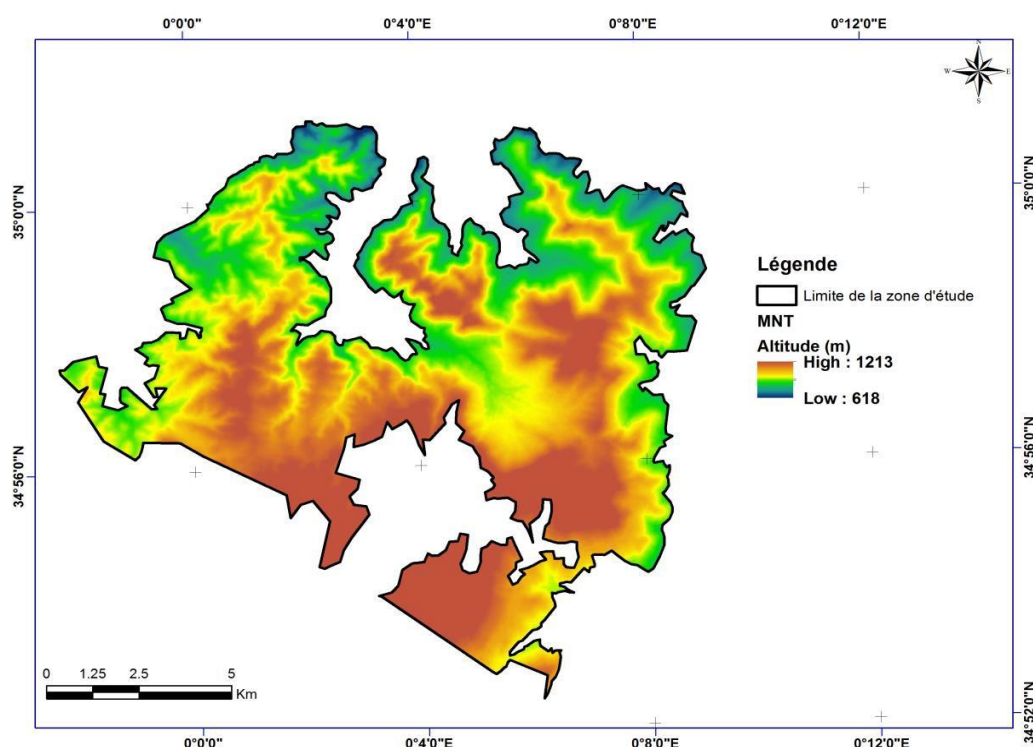


Figure. 39: Carte du MNT de la zone d'étude voir chapitre 3

L'indice « pente »

Tableau .13 : Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Pente »

Paramètre	Poids	Classe	Valeur	Degré du risque
Pente (%)	5	≥ 35	5	Tres fort
		25-35	4	Fort
		10 -25	3	Moyen
		5 -10	2	Faible
		05	1	Tres faible

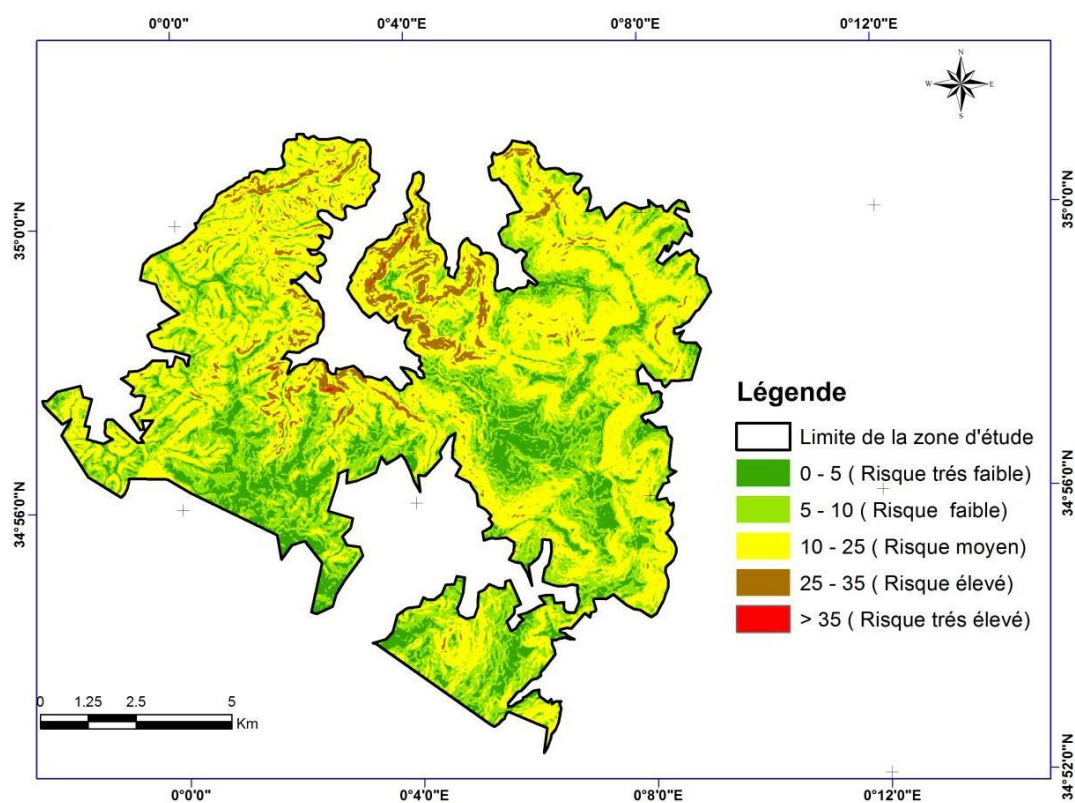


Figure .40 : carte d'indice de risque basée sur la pente

Les classes les plus représentées sont la classe à risque faible et très faible **49.15 %** de la zone d'étude. Ces classes occupent la moitié de la zone, la classe à risque moyen qui représente **21.07 %**, et la classe à risque élevé représente **24 %**. Généralement, les pentes sont des terrains pleins, les fonds de vallées et les plateaux, ces terrains n'ont aucun risque d'incendie. Les classes moyennes sont caractérisées par des reliefs vallonnés, ceux sont des plateaux ou de bas pied monts de collines. Et la classe à risque très élevé présente **14.70 %**

L'indice « exposition »

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

Paramètre	Poids	Classes	Valeurs	Degré du risque
Exposition (P)	5	Sud	5	Risque très élevé
		Ouest	4	Risque élevé
		Est	3	Risque moyen
		Nord	2	Risque faible

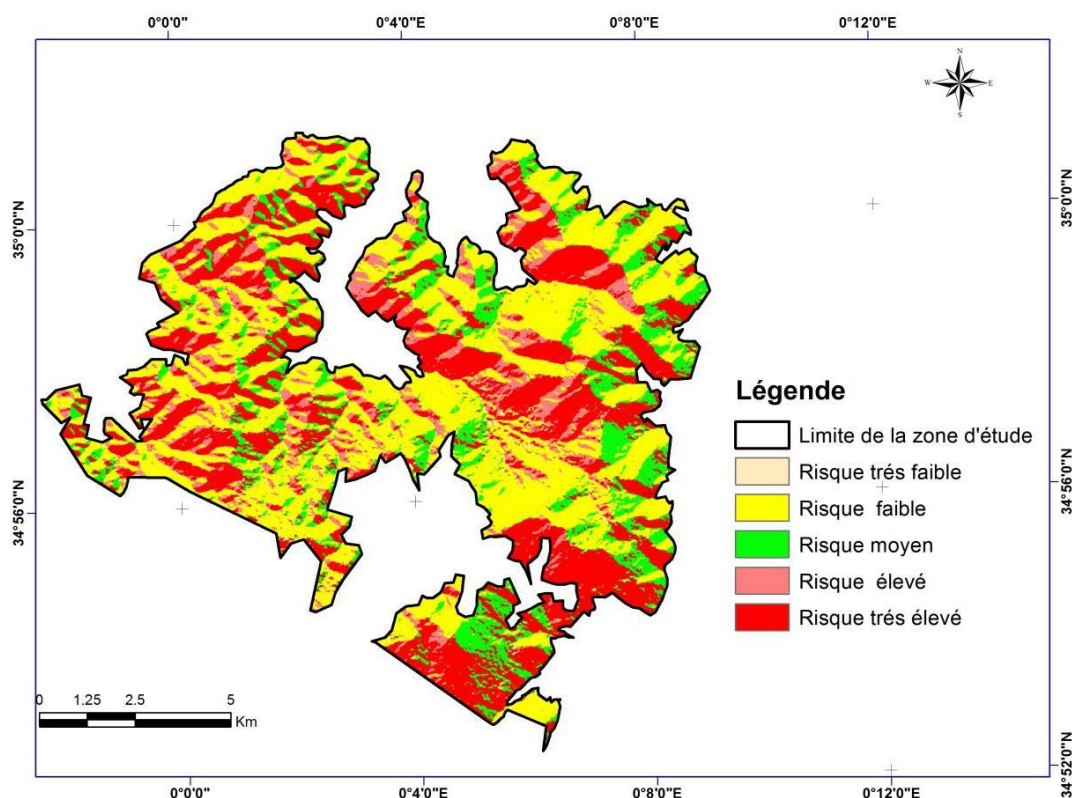


Figure .41 : carte d'indice de risque basée sur l'exposition.

La carte de risque d'exposition de notre zone d'étude est représentée par la (figure41). La classe la plus répandue est la classe à risque élevé qui représente **33.21 %** avec une superficie de (5858 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 **17.5 %** (1316 Ha) de la même zone. D'autre part, Les classes à risque moyen représentent **21.07 %** avec une superficie de (590,38 Ha), et les classes à faible risque représentent **28.22 %** avec une superficie de (790,1 Ha).

L'indice humain

L'indice de proximité des routes

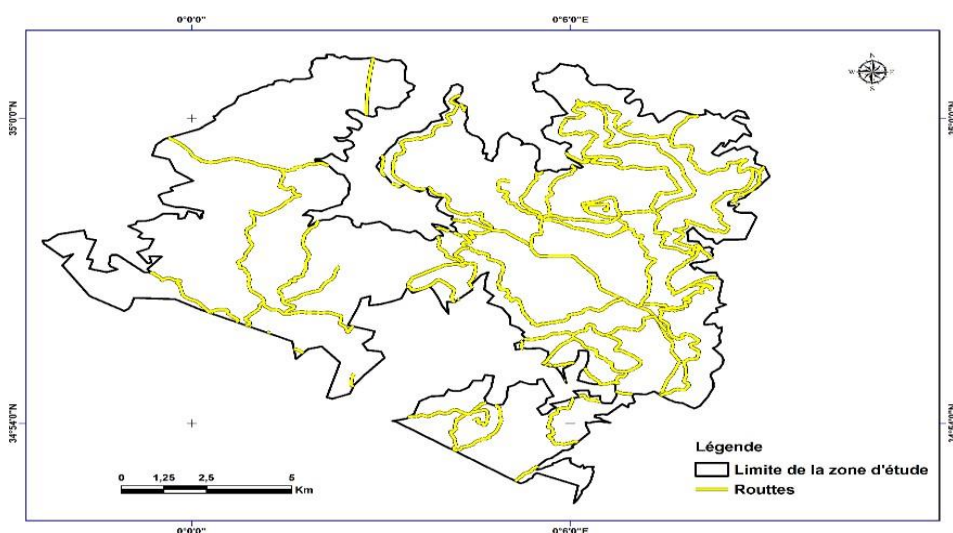


Figure.42 : Carte de réseau routier dans la zone d'étude

Tableau .15 : Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Distance des voiries »

Paramètre	Poids	Classes	Valeurs	Degré du risque
Distance à partir des routes(Dr)	3	< 100	5	Risque très élevé
		100-200	4	Risque élevé
		200-300	3	Risque moyen
		300-400	2	Risque faible
		>400	1	Risque très faible

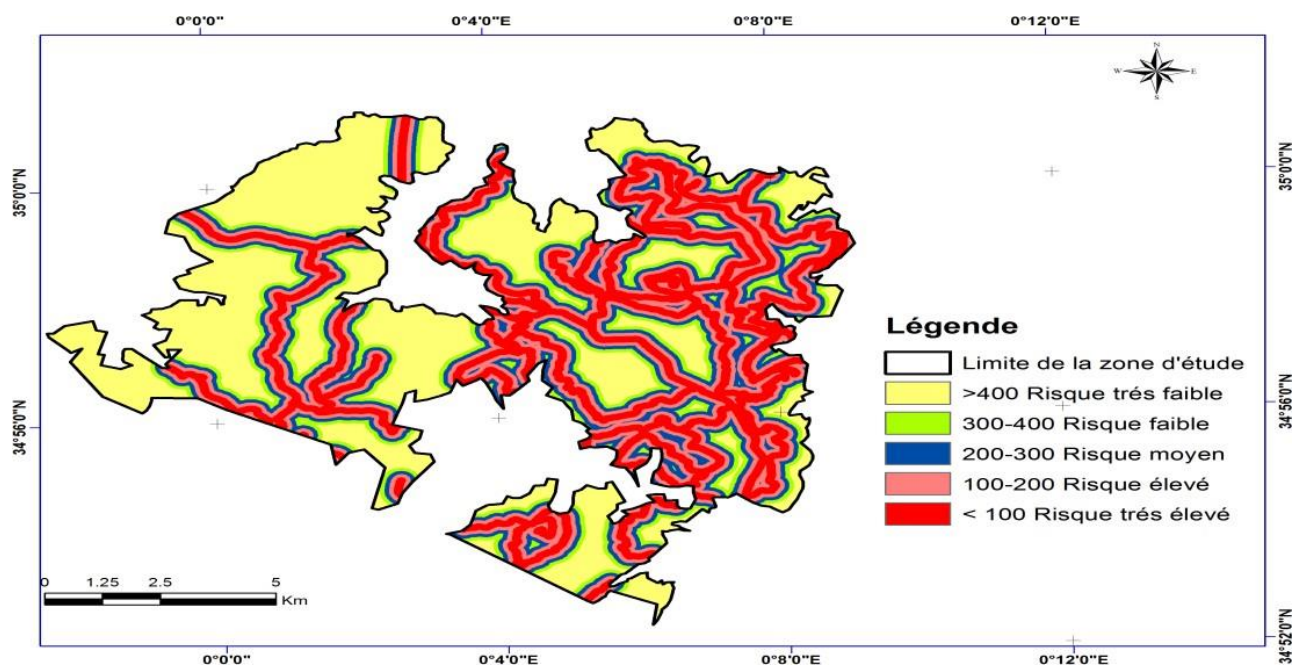


Figure .43 : carte d'indice de risque basée sur la proximité des routes.

La (figure 43) indique que **46.08 %** de la zone d'étude présente un risque élevé à très élevé (proximité < 200 m) soit une superficie de (1290.24 Ha) . Cependant, la classe à risque moyen à faible (200 m < proximité < 400 m) représente **40.87 %** de la zone soit une superficie de (1142.40 Ha) . Tandis que la classe à risque très faible est la moindre avec **13.05 %** (distance à partir des routes est supérieur à 400 m).

L'indice de proximité des agglomérations

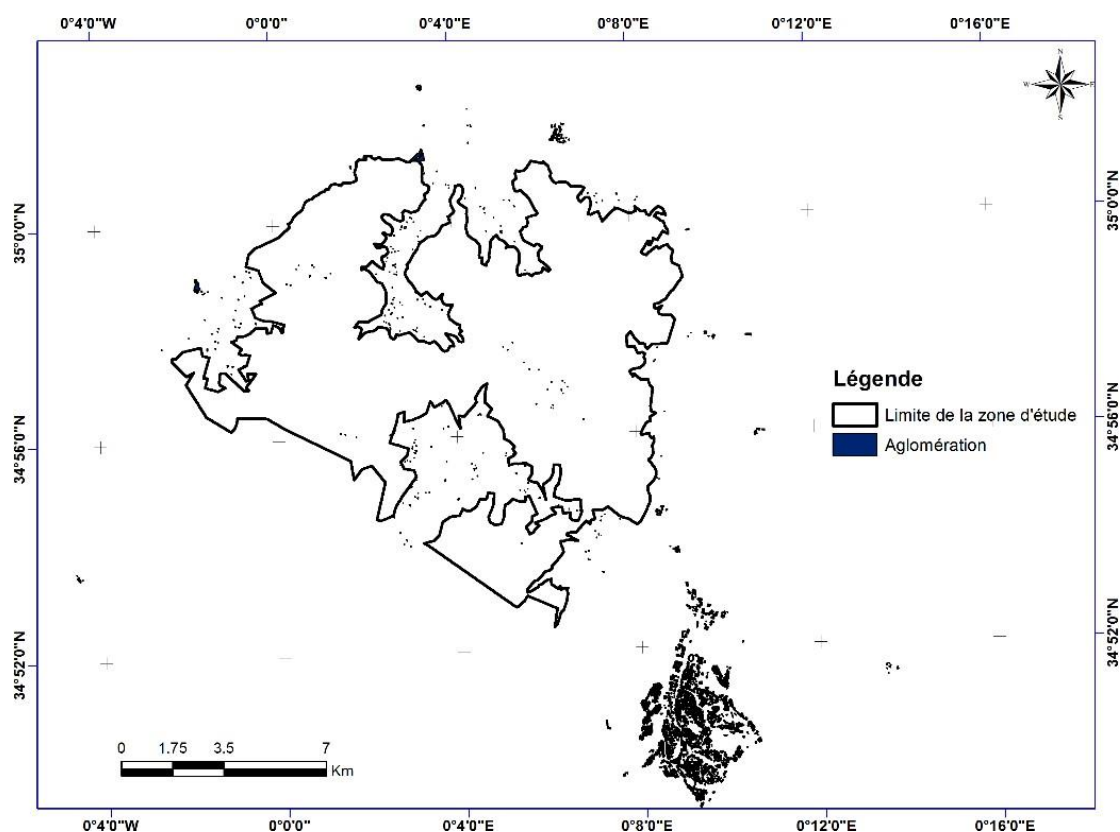


Figure. 44 : Carte de proximité des agglomérations dans la zone d'étude

Tableau .16 : Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Distance agglomérations »

Paramètre	Poids	Classes	Valeurs	Degré du risque
Distance a partir des agglomerations (Da)	3	< 1000	5	Risque très élevé
		1000-2000	4	Risque élevé
		2000-3000	3	Risque moyen
		3000-4000	2	Risque faible
		>4000	1	Risque très faible

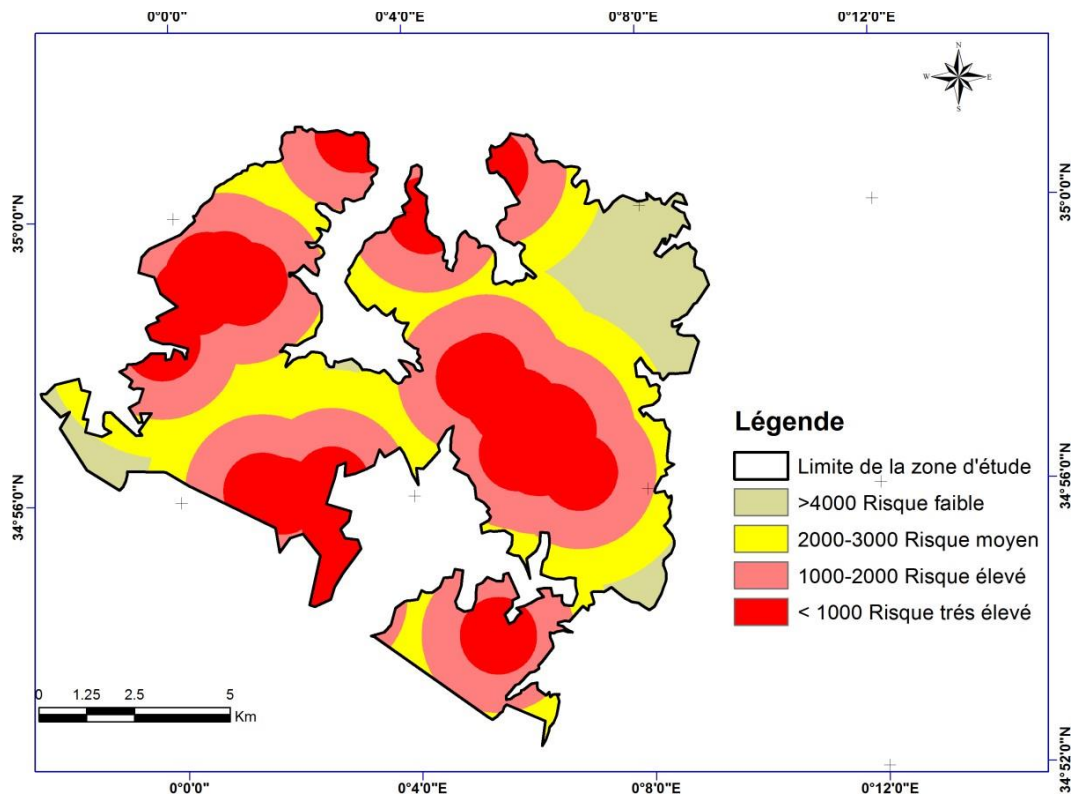


Figure .45: carte d'indice de risque basée sur la proximité des agglomérations

70.36 % de la zone d'étude présente un risque élevé à très élevé (proximité <2000 m) soit une superficie de (1970.08 Ha) se localise au niveau du douar kherarza nord et douar sidi merzoug . Cependant, La classe à risque moyen (2000 m < proximité <3000 m) représente **24.28 %** de la zone soit une superficie de (679.84 Ha), se localise a douar ouled zayed D'autre part, la classe à faible risque (>3000 m) occupe **5.36 %** de la zone se localise en plant massif .

Application du modèle

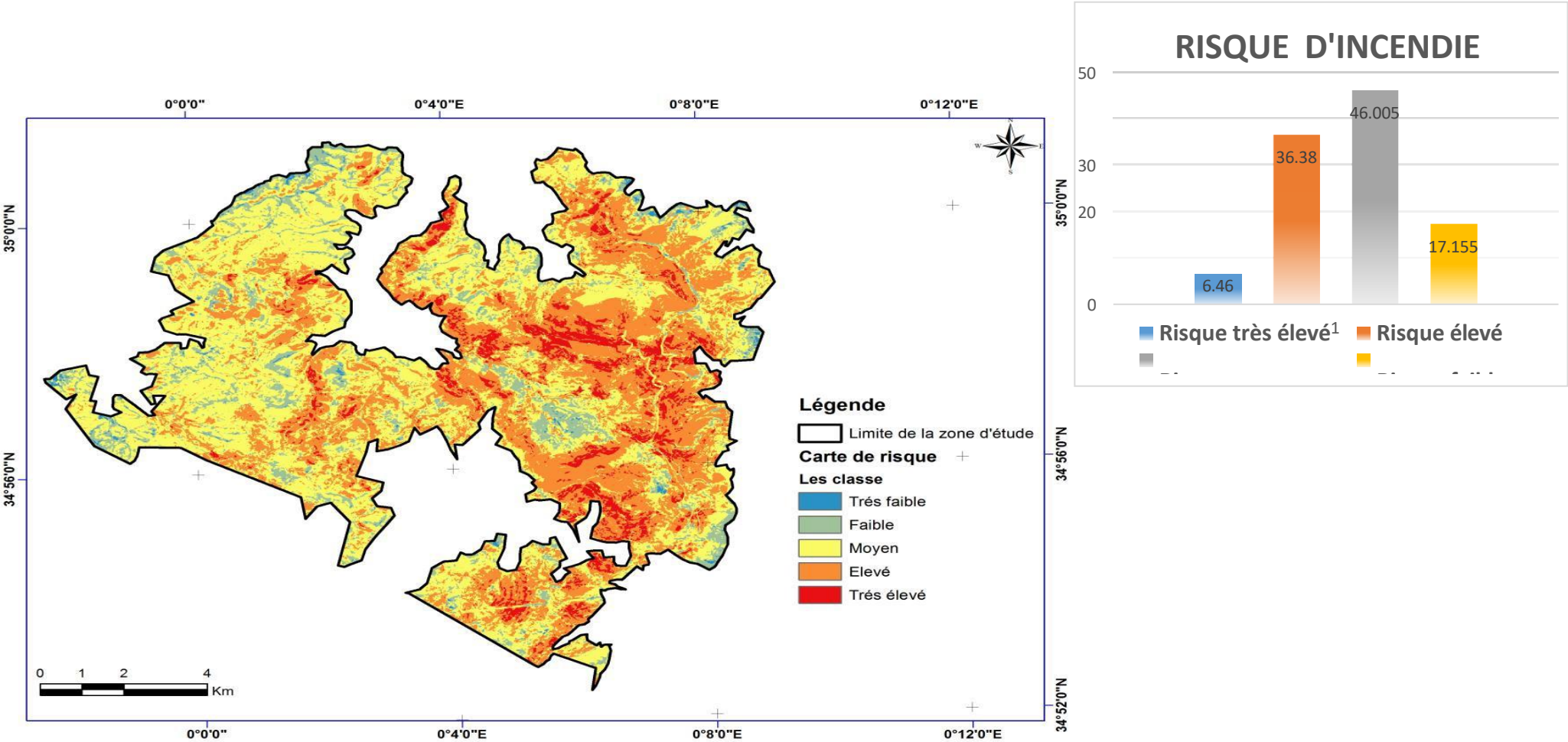
A cette étape du traitement, on dispose de toutes les couches d'informations géographiques (en mode raster) associées à chacun des paramètres du modèle. L'utilisation du SIG a permis de Tout d'abord sur un plan géomatique, il est certain que l'emploi, des outils spatiaux SIG et télédétection, a eu son 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

$$IR = 7T_{veg} + 5(P+E) + 3(D_r + D_a)$$

A été utilisée pour l'estimation du risque d'incendie lié à la végétation, aux paramètres topographiques 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 calculés, ce dernier est identique à l'exception du seuillage relatif au facteur



L'indice de risque d'incendie

Figure .46: Carte des risques de feux de forêt de la zone d'étude

88,84 % de la superficie de notre zone d'étude présente un risque moyen à très élevé le reste 11.12 % présente un risque. faible à très faible

L'analyse de la carte de risque des feux de forêts, fait ressortir que la zone d'étude est dominée par des à zones à risque moyen (5858 Ha et 75 are), soit **46.005 %** de la surface totale, on les retrouve réparties dans toute la carte. Les zones à risque élevé occupent (4633 Ha et 04 are) se retrouvent aussi réparties dans toute la zone, et représentent **36.38 %** de sa surface. La classe à risque très élevé représente que **06.46%** (816.32 Ha) de la zone, et elle se localise au sud-ouest de la forêt de Tafrent.

3 Discussion des résultats

L'indice de risque des incendies ne suffit pas, il faut revenir aux différentes causes de ce risque pour avoir une meilleure appréciation, afin de pouvoir proposer des solutions adéquates.

La zone à risque très élevé, ce risque est dû à :

- la végétation inflammable (*Quercus coccifera*, *Pinus halepensis*)
- Une fréquentation humaine élevée (élevage, agroculture)
- un réseau routier dense
- une pente élevée > 25 %
- une exposition sud.

La classe à risque élevé :

On les retrouve réparties dans tout la zone d'étude ; cette classe est caractérisée par :

- une végétation à risque élevé (pin d'Alep).
- une pente moyenne à élevée.
- une exposition sud et est.

La classe à risque moyen :

Cette classe se répartie sur toute la zone surtout au nord- est. Cette classe semble être liée aux matorrals et aux expositions est.

La classe à risque faible :

Cette classe occupe la superficie la plus importante de la zone:

- une pente faible à très faible.
- une exposition nord.
- des sols nus ou des vergers.

Nous signalons, au fait, que le réseau routier a été digitalisé à partir des images sur Google Earth, où il n'y a pas une différence entre les tranchées par feux et les pistes, et ces dernières n'apparaissent pas sur les cartes utilisées. Ceci se traduit aussi sur la carte de risque d'incendie finale par la diminution des zones à risque faible.

4 Proposition d'aménagements**Les postes de vigie**

Dans les forêts de la daïra de sidi boubkeur , la détection des incendies est assurée par les forestiers ou par les citoyens, qui interviennent volontairement pour les signaler en utilisant leurs téléphones mobiles. Cependant, il existe 02 postes de vigie dans la forêt Tafrent Aneur 1 .et Aneur 2 En se basant sur la carte de sensibilité aux risques d'incendies et de visibilité dérivée du MNT, ces deux postes de vigie couvrent la majorité de la surface de la forêt concernée .

Ce réseau de postes de vigie permet de surveiller 80 % de la surface de daïra de sidi boubkeur dont 90 % de celle-ci sont des zones à risque élevé à très élevé.

Les points d'eau Pour l'extinction des feux, les intervenants ont besoin de points d'eau (servant à ravitailler les camions citernes) le plus proche possible des zones à risque élevé d'éclosion des feux.

Les points d'eau actuellement utilisés dans notre zone d'étude sont :forage Sidi Merzoug et les réservoirs de réaménagement. Nos perspectives actuelles tentent essentiellement à la réalisation d'autres points d'eau et à l'entretien des anciens réservoirs.

Les pistes et les tranchées par feu

Dans notre zone d'étude, il y a des pistes inaccessibles. De ce fait, nous proposons aménagement des anciennes pistes et l'ouverture des nouveaux pistes sur les points inaccessibles. La tranchée pare feu reste le meilleur moyen pour stopper le feu en le privant de combustibles, ce qui permet aussi la réduction de la masse du bois mort en forêt et les traitements de la sylviculture.

La lutte active

Actuellement, les forêts de la daïra de sidi boubkeur sont prises en charge par 07 agents forestiers, ce qui est très insuffisants par rapport à la surface de celles ci. Malgré que les agents de la conservation des forêts et de la protection civile participent lors des incendies, il est indispensable de renforcer les équipes d'intervention par des recrutements.

La circonscription de Sidi Boubkeur est aussi dotée de matériels moyens et insuffisants dont :

- un seul véhicule équipé d'un dispositif de lutte contre les incendies (toyota station)
- Quelques outils manuels tels que les pompes dorsales, les pelles, les haches, des serpes... Il serait donc nécessaire de multiplier les moyens de lutte à proximité des zones sensibles.
- La sensibilisation et l'information du public.

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 TAFRENT 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.

Tout en sachant l'importance de la thématique en question, la présente étude s'est surtout attachée à l'aspect géomatique, en montrant l'apport de SIG dans ce domaine; c'est un outil incontournable. Pour cela, l'emploi du SIG permet de simplifier considérablement la cartographie descriptive et quantitative du phénomène étudié. Les paramètres du modèle y sont intégrés et peuvent être modifiés, simulés et actualisés à volonté, permettant ainsi aux thématiciens de visualiser indépendamment l'effet et l'importance de chacune de ces variables. (TALBI et al ,2017)

Cette opération de superposition de cartes est rendue assez facile avec l'outil cité permettant l'obtention de cartes rapidement ; comme celle de la vulnérabilité de la forêt au feu de la forêt de TAFRENT reposant sur un découpage en zones selon leur sensibilité au feu.

La carte du risque du feu n'est pas un moyen de lutte proprement dit, mais elle permettra au forestier de mettre en place un dispositif de lutte adéquat d'une part, et d'acquérir des équipements adéquats permettant une lutte efficace.(KHADER et al, 2009)

En termes de perspective, un grand travail de collaboration reste à faire avec d'autres thématiciens, spécialistes et utilisateurs potentiels afin d'affiner les résultats, notamment pour ajuster les nombreux seuillages empiriques considérés comme la colonne vertébrale du modèle utilisé, et pour travailler sur sa généralisation à l'échelle nationale.

- 89 ABDESSALEM M., 1995** - Structure et fonctionnement d'un karst de montagne sous climat méditerranéen : exemple du Djurdjura occidental (Grande Kabylie. Algérie). Th. Doct. Sciences de la terre, Univ. franche-comte, 232p, annexes.
- ABRAMS M. et HOOK S. (2001)** : ASTER User's Handbook, Technical report
- ADDAR A.E.K. & OUDINECHE R., 1993**- Diagnostic phytodynamique et aménagement intégré du massif de Lalla Khedidja (Djurdjura). Mem . Ing. Ecologie- Environnement, U.S.T.H.B, Alger, 208p. Annexes
- ANONYME., 2006**- Présentation de Parc National du Djurdjura. Doc. Interne, PND,.
- ANONYME., 2008**- Bilan des feux de forêt. Direction générale des forêts .
- AIT MOUHOUB D. (1998)** : Contribution à l'étude de la sécheresse sur le littoral algérien par le biais de traitement des données pluviométrique et la simulation. Thèse de magister, Ecole national polytechnique d'Alger
- ARFA A.M.T., 2008**- Les incendies de forêts en Algérie : stratégies de prévention et plan de gestion. Mem. Mag. Écologie, Univ. Mentouri, Constantine, Algérie, 105p.
- ALEXANDRIAN, D.(1999)** : Analyse de risque et cartographie, Atelier « les bases de données sur les feux de forêts en région méditerranéenne, utilisation et enseignements » Tétouan, Maroc.
- ALEXANDRIAN D. & GOUIRAN, M. (1990)**. les causes d'incendie-levons le voile.Rev.For.FR. XIII. N° Sp1990, pp : 33-39
- AUSSENAC. (1973)** : Climat, microclimat et production ligneuse, Ann.Sci. Forest 30(3), P239-258.
- BABBITT, B. (1999)** : Pour faire la paix avec des incendies de forêt, forêt méditerranéenne, XX, 3,pp.120-125.
- BAVIO, G.(1993)**: *Forest fire: an evolution of control measures in Italy*. Journal of forestry, 91, pp25-27.
- BELGHERBI B., 2002**- Intégration des données de télédétection et des données multi- sources dans un système d'information géographique (SIG) pour la protection des forêts contre les incendies (cas de la forêt de Guetaria-Ouest de l'Algérie). Mem. Mag, Université de Tlemcen. Algérie, 217p.

BELHADJ-AISSA M., BELHADJ-AISSA A & SAMRA Y., 2003- Application du SIG et

de la télédétection dans la gestion des feux de forêts en Algérie. 2ndFIG régional conférence, Marrakech, Maroc, Décembre 2-5, 16p.

BELHADJ AISSA, (2003) : Application du SIG et de la télédétection dans la gestion des feux de forêts en Algérie. CNTS d'Arzew, 16p

BENLEMALEM, Y. (1981) : Contribution à l'étude des feux de forêts .cas de la wilaya de Tizi-Ouzou, Thèse ingénieur, agr.INA, El-Harrach, p124.

BENTOUATI, A. (2006) : Croissance productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep du massif de OuledYagoub (W.Khenchela- Aures). Thèse de doctorat d'état en Sci.Agron. Univ Batna, Algérie.

BOUZIRI,S.(1999) : Méthodes de détection de changements en télédétection spatiale.Exemple d'application au suivi de la désertification en Afrique du nord. Mémoire d'ingénieur,CUST, EC- Centre Commun de Recherche, Ispra (Italie)

CARREGA P. & JERONIMO N., (2007) : Risque météorologique d'incendie de foret et méthodes de spatialisation pour une cartographie a Fine échelle. Actes du XXème colloque international de l'AIC. Tunis septembre 2007.

C.C.T. (1999) : Cours de télédétection du Centre canadien de télédétection (C.C.T.).

CHANDLER C., CHENEY P., THOMAS P., TRABAUD L. & WILLIAMS D (1983):

Fire in forest.V.1.Forest fire behavior and effects .New York, WILEY, 450p.

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

CHOQUET, A. (1995) : Recherche d'une méthodologie adaptée à l'élaboration de carte multirisque. Mémoire de DEA, analyse géograp

CIHEAM. (2008) : Analyses Le problème des incendies de forêts en Méditerranée. **COLIN**

P. & EAVES, C. (2001) : Protection des forêts contre les incendies .Ed, FAO, CEMAGRAF.p 149.

CROISE, R. (1974) : Les équipements de DFCI. Rev. fores. F. N° sp, pp 298-300.

Daira De Sidi Boubkeur : Données statistique willaya de Saïda N°527/20

DGF (2000) : Evaluation des ressources forestières nationales. 39p.

DGF(2013): Bilan des incendies de forêt en Algérie(1963-2013)□

DOS SANTOS G. (2001) : Classification automatique à partir de photographie aériennes, rapport de stage, Ademe, SET ,67p

D.S.A (2013) : Bilan Annuel du Secteur de l'Agriculture de la Wilaya de Saida

DUBORDIEU, L. (1997) : Manuel d'aménagement forestier, Lavoisier-Paris .PP171-172.

ERCOL, R. (1994) : les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse. Revue de géographies alpine, LXXXII, n°5, pp87-96.

ERTEN E, KURGUN V & MUSAOGU N., 2004- Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS a case study. Inst. Infor, Maslak Istanbul, Turkey, 7p.

ESCADAFAL R. et al. (1999): Annual progress report-years 1999 contribution of partner , CAMELEO, centre of the European Commission, Ispra, Italy, 21 p

ENSAULT, F. (1995) : l'intérêt d'une cartographie des feux de forêt. Forêt méditerranéenne, XVI, 2,159-163.

FERKA, Z. (2006) : Mémoire, Impact de l'occupation spatio-temporelle des espaces sur la conservation de l'écosystème forestier. Cas de la commune de Tessala, wilaya de Sidi bel Abbès, Algérie).

FRANÇOIS, R. (2005) : Eléments d'écologie-écologie fondamentale 4ème édition

Girard MC. (2000) : Cours de télédétection. Département agronomie environnement, INA, Paris- Grignon

Guyot. (1997) : Climatologie de l'environnement de la plante aux écosystèmes, édition Masson, Paris, 505P.

HOURCASTAGNE, A. (1975) : Le guet et l'alerte, revue forestière française, N° sp, pp82- 92.

HUETZ de LEMPS. (1970) : La végétation de la terre, Edition Masson et Cie, Paris J-M Gilliot (2000).Revue, Introduction aux SIG « Systèmes D'informations Géographiques **KERN ,F. (1975)** : les ressources de l'eau, Rev, fores, F, N°sp, pp 308-313.

KHADER M., BENABDELI K., MEDERBALK Y., FEKIR, GUEDDIM R. et MEKKOUS B., (2009) : Etude du risque incendie à l'aide de la géomatique : cas de la forêt de Nesmouth (Mascara),Rev. Mediterranea, Epoca II N°20, 39p

- KLUSER, S (2000)** : Élaboration d'une carte de couverture du sol par interprétation semiautomatisée de l'espace colorimétrique d'orthophotos Application au bassin versant du Nant D'Avril (France, Suisse), Diplôme d'études supérieures en sciences naturelles de l'environnement, Université de Lausanne
- MARMONNIER, P. (2002)** : L'information géographique. ENSG/CERSIG, 11p
- MEDDOUR, S. (2008)** : Contribution à l'étude des feux de forêt en Algérie : approche statistique exploratoire et socio-économique dans la wilaya de Tizi-Ouzou, mémoire. magister ; Dép. Foresterie et protection de la nature, I.N.A ; 275p
- MISSOUMI A. & TADJEROUNI K., (2003)** : SIG et imagerie Alsat1 pour la cartographie du risque d'incendie de forêt (Sidi Bel Abbes,) TS13 Risk Management, Marrakech, Maroc, 14p.
- MOLNIER, R. (1972)** : Protection de la forêt méditerranéenne, la prévention par l'information de public. Minis. Agri. Bult. Tech. Infor. Fran, N°268, pp 425-433.
- MOKHTARI, D. (2009)** : Apport de la télédétection dans l'évaluation de la dégradation des états de surface en milieu salin (Le Bas-Chéliff). Thèse de magister, USTHB Alger
- NAERT, (1995)** : Cartographie, télédétection, référentiel, pédologie et changement d'échelle. Bulletin de la Société française de Photogrammétrie et de télédétection N° 140 p 23-25
- OLDACHE, E. H. (2003)** : impact des incendies sur la biodiversité, Recueil des Communications de l'atelier N° 2 «Menaces pesant sur la diversité biologique» MATE- GEF/PNUD, Projet ALG97/G31, pp 69-78
- OUADAH, N. (1998)** : Incendie de forêt essai de diagnostic à travers l'étude statistique de la wilaya de Tipaza. thèse magister, INA. PP47-48.
- OZENDA, p. (1991).** : Flore et végétation du Sahara 3ème édition
- PNR, (1999)** : Plan national de reboisement, Alger. DGF. 94p.
- PORCHIER, J.C. (1993)** : La télédétection et la statistique agricole. Bulletin technique d'information du Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, n°13, 1993.
- PRASUHN V. MOHNI R. (2003)** : GIS-gestützte Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffeinträge aus diffusen Quellen in die Gewässer des Kantons Bern, interner Bericht, Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft, Kanton Bern (GSA), Gruppe Gewässerschutz, Station Fédérale de Recherches in Agroökologie und Landwirtschaft, Zürich-Reckenholz.
- PUTOD (1975) in CHIBANE, T. (2006)** : Bilan critique des actions de défense des forêts contre les incendies du Parc National de Chréa. Mém, Ing, agr. INA, El-Harrach, p90.

QUEZEL et MEDAIL, (2003) : Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen, Edition Elsevier, Paris

RAMAT, G. SAHLI, M. TAHIR, M. ZENATI, A. (2009) : Utilisation du SIG pour l'identification du risque d'incendie (Tiaret), poster, Atelier final, projet. SGIAR, INRAA- IAO, 1p.

ROSENBERG P. E., (2001) : Dossier de presse prévention des incendies de forêt.

S.A.T.E.C, (1976): Etude du développement de la Daïra de Saïda

SCWEITHELM, J. (1998): The Fire this time: An Overview of Indonesia's forest Fires in 1997/98. WWF Indonesia Discussion Paper, Jakarta.46pp.

SEIGUE, A. (1980) : Quelques réflexions en vue d'améliorer notre dispositif de protection de la forêt méditerranéenne. Rev. For. méd. T.I.N°2.

SEIGUE, A. (1985) : La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Techniques agricoles et productions méditerranéennes. Edit. G.-P. Maisonneuve et Larose

SITAYEB, T. (2006) :Thèse, Application de la géomatique dans l'étude de la dynamique de la végétation dans la plaine de la Macta. Thèse de magistère, centre universitaire de Mascara, **STATION METEOROLOGIQUE de REBAHIA**(wilaya de saïda)

SOL B., 1990- Estimation du risque météorologique d'incendie de forêts dans le Sud-Est de la France. Rev. For. Fr, vol XIII, n°sp, pp : 263-271.

TERRAS, M. (2010) : Thèse, Typologie, cartographie des stations forestières et modélisations des peuplements forestiers. Cas des massifs forestiers de la wilaya de Saida (Algérie).Magistère en Agroforesterie ; Univ. de Tlemcen.

TRABAUD L., 1980- Impact biologique et écologique des feux de végétation sur l'organisation, la structure et l'évolution de la végétation des zones de garrigues du Bas- Languedoc. Th. Doc. D'état. U.S.T.L, Montpellier, 288p.

THINTHOIN, R. (1948) : Les aspects physiques de tell Oranais, essai de morphologie de pays semi-aride. Ouvrage publié avec le concours de CNRS. Edit. L. Fouqué, 639p **ZEMIHI N., 2010-** Apport du SIG et de la télédétection à la protection des forêts contre les incendies, cas de Tikjda (Parc National du Djurdjura). Mem. Ing. Agr, E. N. S. A (ex: INA), El Harrach, Alger, 50p, Annexes

VALETTE J.C., 1990- Inflammabilité des espèces forestières méditerranéennes : conséquences sur la combustibilité des formations forestières. Rev. For. Fr, T. XLII, n°sp, 1990, pp76-92.

VELEZ MUNOZ R., 1981- Système intégré pour la détermination du danger d'incendie de forêt.
Rev. For. Med, T. III, n°01, pp. 06-16

Webographie :

<http://asterweb.jpl.nasa.gov>

<http://www.dgf.gov.dz/>

<http://www.ons.dz/>

<http://arnaud.knippel.free.fr/memiie.pdf>

http://www.afes.fr/afes/egs/EGS_3_1_boulahouat.

<http://www.vertex.daac.asf.alasca.edu>

Annexe. 1. Les infrastructures forestières par commune

Commune	Pistes	Travaux des Piste Forestière	Maisons forestières	Poste vigie
Sidi Boubekeur	38	-	-	-
Sidi Amar	50	160 km	-	1
Ouled Khaled	40	40 km	1	1

Source: Circonscription des forêts de Sidi Boubekeur,

Infrastructure	Localisation	Cordonnées
Poste de vigie N°1 (Ameur 1)	Tiberguemt (Ouled Khaled)	N : 34°54'07.3" E : 00°04'32.6"
Poste de vigie N°1 (Ameur 2)	Tafidount (Sidi Amar)	N : 34°58'15.9" E : 00°06'32.6"
Maison forestière	Ain Foulette	N : 34°54'57.8 E : 00°05'41.6"

Source: Circonscription des forêts de Sidi Boubekeur,

Annexe.2. ESTIMATION DE LA POPULATION PAR COMMUNE ET PAR TRANCHE D'AGES ANNEE 2011

COMMUNES	0-4 ANS	5-9 ANS	10-14 ANS	15-19 ANS	20-24 ANS	25-29 ANS	30-34 ANS	35-39 ANS	40-44 ANS	45-49 ANS	50-54 ANS	55-59 ANS	60-64 ANS	65-69 ANS	70-74 ANS	75-79 ANS	80 ANS & +	Total
SAIDA	12 998	9 731	10 794	11 712	13 776	13 874	12 638	10 920	9 780	7 334	6 453	4 444	2 717	2 890	2 260	1 570	1 598	135 488
DOUI THABET	610	378	416	481	561	623	609	492	312	189	173	142	132	176	75	40	47	5 456
AIN ELHADJAR	3 148	2 454	2 773	2 995	3 370	3 430	2 958	2 467	2 069	1 600	1 340	1 013	577	603	462	292	271	31 821
OULED KHALED	3 191	2 288	2 519	3 091	3 976	3 705	3 270	2 741	2 058	1 556	1 412	1 075	614	643	497	330	366	33 332
MOULAY LARBI	1 204	799	958	1 097	1 475	1 451	1 125	823	658	421	433	311	238	268	170	142	131	11 706
YOUB	1 739	1 046	1 271	1 535	2 000	2 211	1 888	1 622	1 178	779	855	658	342	459	259	217	229	18 287
HOUNET	390	285	339	435	563	634	594	407	303	202	250	159	121	137	101	72	49	5 041
SIDI AMAR	905	607	663	789	1 100	1 123	961	773	565	472	379	328	263	241	154	83	115	9 519
SIDI BOUBEKEUR	1 818	1 368	1 475	1 884	2 478	2 585	2 014	1 569	1 147	797	786	635	508	425	292	186	184	20 151
HASSASNAS	1 387	940	1 102	1 346	1 671	1 862	1 319	995	783	557	622	384	247	287	191	102	158	13 953
MAAMORA	779	602	617	647	821	951	740	556	330	273	242	202	148	183	90	70	102	7 355
SIDI AHMED	1 639	1 237	1 316	1 480	1 772	1 712	1 405	1 029	759	614	607	409	310	343	246	170	138	15 186
AIN SKHOUNA	681	619	665	754	884	856	733	569	399	343	307	205	128	116	97	95	91	7 541
OULED BRAHIM	1 986	1 433	1 570	1 826	2 474	2 385	1 958	1 703	1 214	894	950	777	472	483	338	206	191	20 859
TIRCINE	843	648	621	736	896	896	756	605	406	243	290	282	180	154	122	59	67	7 804
AIN SOLTANE	786	593	563	626	826	903	765	529	347	258	278	228	126	135	121	90	93	7 266
WILAYA	34 103	25 027	27 661	31 434	38 643	39 201	33 732	27 799	22 309	16 531	15 378	11 253	7 122	7 544	5 474	3 726	3 829	350 765

Annexe 3. Localisation de la station météorologique de Saida

Station	Latitude	Longitude	Altitude
Saida	34°55'00"Nord	00°09'00" Est	750 M

Source: Circonscription des forêts de Sidi Boubekeur,

Annexe 4.: Répartition des formations forestières par commune

Commune	Superficie (ha)	Forêt Dense	Forêt Claire	Maquis Dense	Maquis Clair	Reboisement	Repeuplement
Sidi Boubekeur	23797	-	596	135	1758	536	420
Sidi Amar	15825	40	1446	612	2987	196	650
Ouled Khaled	18696	-	82	-	2251	399	120
total	58318	40	2124	747	6996	1131	1190

Source: Circonscription des forêts de Sidi Boubekeur,

les relevés phytocologiques dans la forêt de Tafrent :

Relevé 1 : SIDI AMAR dans la zone: Bouhmar (Ain El-Beida), Maquis à *Pinus halepensis*. Les paramètres stationnelles de ce relevé sont :

Latitude N : 34°59'21.3''

Longitude E : 00°05'18.3''

Altitude : 750m.

Pente : >7%

Exposition : Est.

Topographie : a coté d'une source d'eau.

Nature de la roche : grès massif de Franchetti (Lusitanien), Type

de sol : sol brun calcaire.

Recouvrement : 35%.

Relevé phytosociologique

Strate I : (Arborée)....>3m.

Strate III : (Buissonnante).....25-50cm.

Strate II : (Arbustive)... <3m.

Strate IV :(Herbacée).....25-15cm.

Nom de l'espèce	Strate	Abondance dominance	Sociabilité	Type biologique	Observation
1 <i>Pinus halepensis</i>	I	2	3	Phanérophyte	
2 <i>Pistacia lentiscus</i>	II	1	2	Phanérophyte	
3 <i>Quercus coccifera</i>	II	1	2	Phanérophyte	
4 <i>Tetraclinis articulata</i>	II	1	1	Phanérophyte	
5 <i>Rosmarinus officinalis</i>	III	+	1	Chamaephyte	
6 <i>Calycotum spinosa</i>	III	+	1	Chamaephyte	
7 <i>Stipa tenacissima</i>	III	+	1	Géophyte	
8 <i>Asparagus acutifolius</i>	III	+	1	Géophyte	
9 <i>Ampelodesma mauritanicum</i>	III	+	1	Chamaephyte	
10 <i>Genista erioclada</i>	III	+	1	Chamaephyte	
11 <i>Cistus villosus</i>	IV	+	2	Hémicriptophyte	
12 <i>Thymus vulgaris</i>	IV	+	1	Hémicriptophyte	
13 <i>Marribium vulgare</i>	IV	+	1	Hémicriptophyte	

Relevé 2 : OULED KHALED dans la zone: Sfissifa, Maquis à *Pinus halepensis*. Les

paramètres stationnelles de ce relevé sont :

Latitude N : 34°88'96,1''

Longitude E : 00°05'54,6''

Altitude : 796m.

Pente : 5 à 7%

Exposition : Nord.

Age de la roche : argilo gréseux (callovo oxfordien)

Type de sol : peu évolué.

Recouvrement : 85%.

Relevé phytosociologique

Strate I : (Arborée)....>3m.

Strate III : (Buissonnante).... 25-50cm.

Strate II : (Arbustive)... <3m.

Strate IV : (Herbacée).....25-15cm.

Nom de l'espèce	Strate	Abondance dominance	Sociabilité	Type biologique	Observation
1 <i>Pinus halepensis</i>	I	5	4	PhanérophYTE	
2 <i>Pistacia lentiscus</i>	II	1	3	PhanérophYTE	
3 <i>Quercus coccifera</i>	II	1	3	PhanérophYTE	
4 <i>Olea europea</i> var <i>sylvestris</i>	II	1	2	PhanérophYTE	
5 <i>Calycotum spinosa</i>	III	1	2	Chamaephyte	
6 <i>Ampelodesma</i> <i>mauritanicum</i>	III	1	2	Chamaephyte	
7 <i>Stipa tenacissima</i>	III	1	1	Géophyte	

Relevé 3 : OULED KHALED dans la zone: Ouàaouià, Maquis à *Pinus halepensis*.

Les paramètres stationnelles de ce relevé sont :

Latitude N : 34°53'36.1'' Longitude E : 00°05'51.8''

Altitude : 826m. Pente : >7% Exposition : Est.

Nature de la roche : formation carbonatées indifférenciées.

Type de sol : sol brun calcaire. Recouvrement : 55%.

Relevé phytosociologique

Strate I : (Arborée)...>3m.

Strate III : (Buissonnante)... .25-50cm.

Strate II : (Arbustive)... .<3m.

Strate IV : (Herbacée).....25-15cm.

Nom de l'espèce	Strate	Abondance dominance	Sociabilité	Type biologique	Observation
1 <i>Pinus halepensis</i>	I	4	5	Phanérophyte	
2 <i>Rosmarinus officinalis</i>	III	1	3	Chamaephyte	
3 <i>Calycotum spinosa</i>	III	+	1	Chamaephyte	
4 <i>Ampelodesma mauritanicum</i>	III	+	1	Chamaephyte	
5 <i>Stipa tenacissima</i>	III	2	3	Géophyte	
6 <i>Globularia alypum</i>	III	+	1	Chamaephyte	
7 <i>Genista erioclada</i>	III	+	2	Chamaephyte	

