

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة مولاي الطاهر، سعيدة

Université MOULAY Tahar, Saida



كلية العلوم

Faculté des Sciences

قسم البيولوجيا

Département de Biologie

N° d'Ordre :

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

En Sciences biologiques

Spécialité : Protection des écosystèmes

Thème

Intégration des données multi sources dans un SIG pour la cartographie des risques d'incendie de forêt. Cas du foret de Terziza dans la commune de Nesmoth (Mascara)

Présenté par :

- Mr.: ZANOUN Mokhtar
- Mr.: RABLI Lakhdar

Soutenu le :

Devant le jury composé de :

Président

Examineur

Rapporteur

Mr. AMMAM Abdelkader

Mme. HENDI Amina

Mr. ANTEUR Djamel

PR Université UMTS

MCA Université UMTS

MCB Université UMTS

Année universitaire 2021/2022

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à ma mère **Kheira**, la bougie qui éclaire mon chemin depuis ma naissance, et qui est la source de ma vie et de mon bonheur, grâce à laquelle j'ai pu franchir toutes les étapes les plus importantes de ma vie, puisse Dieu la protéger et prend soin d'elle.*

*A mon frère **Mohamed** et mes **sœurs**.*

*A mes **tantes** et **oncles** pour son affection et sa contribution à mon épanouissement.*

*Et à mes chers amis **Mokhtar**, **Salah**, **Abdellatif** pour leur fidélité.*

*Et à mes amis et camarades de classe **Nazha**, **Meriem**, **Milouda**, **Ahlem***

A tous ceux que je connais et j'ai oublié de Mentionner.

Lakhdar

Dédicace

*Par la grâce de Dieu Tout-Puissant, j'ai terminé ce
travail ;*

*Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes
que j'aime particulièrement*

*À mes chers parents, l'amour de ma vie pour tous
leurs sacrifices, leur tendresse, leur soutien, leurs
encouragements et leurs prières tout au long de mes
études ; « Que Dieu les protège et prenne soin d'eux
»*

A mon frère Mohamed et mes sœurs.

À tout la famille ZANOUN

A tous mes ami (e)s et collègues ;

A tous qui j'aime et qui m'aiment,

Mokhtar

Remerciements

Au terme de cette étude, nous remercions Dieu avant tout de nous avoir donné

Foi et courage pour nous guider dans la réalisation de ce travail. Nous sommes honorés de remercier tous ceux qui ont collaboré directement ou indirectement avec nous à l'élaboration

Ce travail, et nous citons en premier lieu, notre superviseur le Dr. **ANTEUR Djamel** Qui a continué ce travail avec nous. C'est un Nous y trouvons l'expression de notre gratitude et de notre profond respect pour ses précieux conseils, son aide et sa disponibilité.

Je remercie chaleureusement Monsieur **AMMAM Abdelkader**. Professeur à l'Université Saida, pour avoir accepté de présider le jury de cette thèse. Ses conseils, sa disponibilité, ses encouragements.

Nos sincères remerciements à Mme **HENDI Amina**. Conférence à l'Université de Saida pour bien vouloir arbitrer ce travail. Ses critiques, suggestions et conseils nous seront utiles.

Enfin, nous tenons à remercier tous les enseignants de la Faculté des sciences Des biologistes qui ont contribué à notre formation ainsi que toute personne qui a contribué développer ce business de près ou de loin.

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

Chacun à sa manière, pour faire avancer notre travail.

Table des matières

Dédicace

Remerciements

Liste des figures

Liste des photos

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale.....01

CHAPITRE I : Les forêts en Algérie

I.1. Les forêts Algériennes	2
I.1.1 Un aperçu des forêts en Algérie.....	2
I.1.2 Description de la forêt algérienne :	2
I.1.3. Répartition géographique des forêts et leurs essences	3
I.1.4. Principales zones forestières en Algérie.....	4
I.1.5. Superficie forestière :	4
I.2. Groupements des forêts par essence	6
I.2.1 Groupement à Pins d'Alep (<i>Pinus halepensis</i>).....	6
I.2.2 Groupement à chênes liège (<i>Quercus suber</i>).....	7
I.2.3. Groupements à cèdre de l'atlas (<i>Cedrus atlantica</i>)	7
I.2.4 Groupement à chênes verts (<i>Quercus ilex</i>).....	8
I.2.5 Groupement à pins maritimes (<i>Pinus pinaster</i>)	8
I.2.6 Groupement à Thuya (<i>Tetraclinis articulata</i>).....	9
I.2.7 Groupement à genévrier :	9
I.3 Les fonctions de la forêt	9
I.3.1 Le liège	10
I.3.2 Le bois :	10
I.3.3 Les fonctions écologiques de base de la forêt	11

I.3.4. La fonction sociale :	11
I.4. Le plan national de reboisement	11

CHAPITRE II : Les incendies des forêts

II.1 Introduction :	13
II.2. Définition de l'incendie	13
II.3. LE MICANISME DU FEU	13
II.3.1. LE COMBUSTIBLE	14
II.3.1.1 Les strates :	14
II.3.1.2. La division du combustible	14
II.3.2. LE COMBURANT	14
II.3.3. LE FLUX DE CHALEUR	15
II.3.3.1. La conduction	15
II.3.3.2. Le rayonnement	15
II.3.3.3. La convection	15
II.4. Le processus de combustion	16
II.5. Les types de feux de forêts :	17
II.5.1 Les feux de sol	17
II.5.2 Les feux de surface,	17
II.5.3 Les feux de cimes	17
II.6. Impact du feu sur l'environnement	17
II.6.1 Effets sur le sol	17
II.6.2. Effets sur la dynamique de végétation	18
II.6.3. Effets sur le paysage	19
II.7. Les incendies dans la région méditerranéenne	19
II.8. Facteurs de prédisposition aux incendies de forêts	19
II.8.1. Type de végétation et Climat	19
II.8.2. L'occupation du territoire	20

II.9 Les causes des feux	20
II.9.1. Causes naturelles.....	21
II.9.2. Les causes humaines	21
II.9.2.1 Causes involontaires.....	21
II.9.2.1.1 Les imprudences :	21
II.9.2.1.2 Les accidents.....	22
II.9.2.2 Cause volontaires :	22
II.10. Le risque incendie de forêt	22
II.11. Historique des incendies.	24
II.11.1 Historique des incendies de forêts en Algérie (Période 1963-2013) :.....	24
II.11.2. Feux de forêt de 2021 en Algérie.....	25
II.12. Méthodes d'évaluation du risque incendie :	25
II.12.1. La méthode canadienne : méthode canadienne d'évaluation des dangers de forêt :	25
II.12.2. Méthode Française =méthode de détermination du risque de feu de forêt grâce à SIG :.....	26
II.12.3. La Méthode turque :	26
II.13. Les stratégies de lutte contre l'incendie	27
II.13.1. Les moyennes de lutte contre les incendies de forêt en Algérie :	27
II.13.2. L'installation de poste de vigie :	28
II.13.3. La réalisation et l'aménagement de point d'eau :	29
II.13.4. Les brigades mobiles :.....	29
II.13.5. Les moyens matériels et humains :	30
II.13.6. Les moyennes organisationnelles :.....	31
CHAPITRE III : Les Systèmes d'Informations Géographiques	
III.1. Définition	32
III.2. Les domaines d'application des S.I.G.	32
III.3. Les rôles de SIG	33

III.4 La structure de l'information géographique.....	34
III.5. Type des données dans un SIG.....	35
III.5.1. La base des données spatiales.....	35
III.5.2. La base de données attributs,	35
III.6. Données spatiales :.....	35
III.7. Les formats utilisés dans un SIG.....	36
III.7.1. Mode vecteur :	36
III.7.1.1. Les avantages du vecteur :	37
III.7.1.2. Les inconvénients du vecteur :.....	37
III.7.2. Formats des données raster :	37
III.7.2.1. Les avantages du raster :	38
III.7.2.2. Les inconvénients du raster :.....	38
III.8. Les éléments constitutifs d'un SIG	38
III.8.1. Matériel :	38
III.8.2. Les Logiciels :.....	38
III.8.3. Les Données.....	39
III.8.4. Les Personnes.....	39

CHAPITRE IV: Présentation de la zone d'étude

IV.1 Présentation de la forêt de terziza :.....	40
IV.1.1. Situation géographique de la zone d'étude :	40
IV.1.2. Cadre géomorphologique :.....	41
IV.1.2.1. L'Altitude :	42
IV.1.2.2. Le pente :	42
IV.1.2.3. Exposition :.....	43
IV.1.3. Cadre socioéconomique de commune nasmoth :	44
IV.1.4. Occupation du sol :	45
IV.2. Etude du climat de la forêt de terziza :.....	46
IV.2.1. Climat de la station de Mascara :.....	46

IV.2.1.1. Méthodologie:.....	46
IV.2.1.2. Pluviométrie de la station de Mascara :.....	46
IV.2.1.3. Températures de la station de Mascara:.....	48
IV.2.2. Climat de zone d'étude:.....	50
IV.2.2.1. Pluviométrie de la zone d'étude:	50
IV.2.2.2. Température de la zone d'étude:.....	51
IV.2.2.3. Etage bioclimatique de la zone d'étude:	54

CHAPITRE V: Matériels et méthode

V.1. Objectif de travail.....	55
V.2. Matériels utilisés :.....	55
V.2.1. Matériels Sur terrain :	55
V.2.2. Logiciels utilisés :.....	55
V.2.3. Les cartes.....	56
V.2.4. Les données satellitaires	54
V.2.4. Model Numérique de Terrain :	57
V.3. Méthodologie de travail	57
V.5. Reconnaissance terrain :.....	60

CHAPITRE VI: Résultats et discussion

VI. Résultats et discussion:.....	61
VI.1. La cartographie du risque d'incendies :	59
VI.2. Le risque topographique :.....	61
VI.2.1. La pente :	62
VI.2.2. L'exposition :.....	63
VI.2.3. Altitude :	64
VI.3 Le risque végétation :	65
VI.4. Le risque anthropique :.....	66
VI.4.1. Distance des voiries :	67
VI.4.2. Distance des agglomérations :.....	68
VI.4.3. Distance des maisons :	69
VI.5. Application du modèle :	70
VI.5.1. Discussion des résultats :.....	70
VI.6. Zones d'incendie dans la forêt de Nesmoth :.....	72
Conclusion général	73

Liste des figures

Fig. n° 1 : Principales formations forestières d'Algérie (DGF 2000)	2
Fig. n° 2 : Carte de répartition des forêts Algérienne (Dr. Anteur. Dj)	4
Fig. n° 3 : Evolution des reboisements réalisés durant la période (2000 - 2015).....	12
Fig. n° 4 : Triangle Du Feu	13
Fig. n° 5 : Les différentes strates du combustible (MEDD, 2002)	14
Fig. n° 6 : Mécanisme de propagation d'un feu de forêt.	16
Fig. n° 7 : Types de feux de forêts.....	17
Fig. n° 8 : Répartition des causes par pays (COLIN et al., 2001).	20
Fig. n° 9 : Les surfaces parcourues par le feu en Algérie, période 1963-2013 (DGF 2013).....	25
Fig. n° 10 : Informatisation des données géo référencées à l'aide du SIG.....	32
Fig. n° 11 : Fonctionnalité d'un SIG (IN ANTEUR DJ.2008).....	34
Fig. n° 12 : La structure de l'information spatiale dans un S.I.G.....	35
Fig. n° 13 : deux types de formats de stockage de données	36
Fig. n° 14 : Exemples de données vectorielles.	36
Fig. n° 15 : Exemple d'une donnée raster.....	37
Fig. n° 16 : Les éléments constitutifs d'un SIG.....	38
Fig. n° 17 : Localisation géographique de la forêt de terziza (nasmoth Mascara), (Dr. Anteur) .	40
Fig. n° 18 : Le modèle numérique de terrain de la forêt de terziza	41
Fig. n° 19 : Carte hypsométrique de la forêt de terziza	42
Fig. n° 20 : La répartition des classes des pentes de la forêt de terziza.....	43
Fig. n° 21 : La carte d'expositions de la forêt de terziza.	44
Fig. n° 22 : La composition colorée de l'image Sentinel-2 du forêt de terziza(Dr. anteur dj.2022)	45
Fig. n°23 : La carte d'occupation du sol de la forêt de terziza (Dr. anteur)	43
Fig. n° 24 : La pluviométrie moyenne sur 10 ans.....	47
Fig. n° 25 : Les températures sur dix (10) ans.....	48
Fig. n° 26 : Amplitude thermique	49
Fig. n° 27 : Histogramme de la pluviométrie moyenne du point haut et bas de la zone d'étude sur 10 ans.....	50
Fig. n° 28 : Diagramme ombrothermique du point haut.....	52
Fig. n° 29 : Diagramme ombrothermique du point bas	53
Fig. n° 30 : Etage bioclimatique de la zone d'étude.....	54
Fig. n° 31 : Risque à l'incendie de la forêt	58
Fig. n° 32 : Le modèle numérique de terrain de la forêt de terziza.	61
Fig. n° 33 : Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la pente(Dr. Anteur)	62
Fig. n° 34 : Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur l'exposition(Dr. Anteur)	63
Fig. n° 35 : Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur l'Altitude(Dr. Anteur)	64
Fig. n° 36 : Carte de végétation de la zone d'étude,(Dr. Anteur	65
Fig. n° 37 : Carte de risque densité de végétation de la zone d'étude,(Dr. Anteur)	66
Fig. n° 38 : Carte de facteur indicateur de la présence humaine(Dr. Anteur)	67
Fig. n°39 : Carte des infrastructures Routiers (Dr. Anteur)	67
Fig. n° 40 : Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la distance des voiries	68
Fig. n° 41 : L'indice de Distance d'agglomération	69

Fig. n° 42 : Carte des fermes agricole(DR. ANTEUR)	70
Fig. n° 43 : Carte des risques de feux de forêt de la zone d'étude(DR. ANTEUR)	71
Fig. n° 44 : Carte des zones d'incendie dans la forêt de Nesmoth(Dr. Anteur).....	72

Liste des photos:

Photo n° 1 : foret de pin d'Alep	7
Photo n° 2 : foret de chêne liège DR ANTEUR.....	7
Photo n° 3 : Photos du Cèdre de Nesmoth	8
Photo n° 4 : Photos du chêne verts.....	8
Photo n° 5 : Photos du Cèdre	9
Photo n° 6 : poste vigie au niveau de forêt.....	28
Photo n° 7 : Rôles des Postes de vigie dans la détection du feu.	29
Photo n° 8 : Les Brigades mobiles pour facilité la lutte contre les incendies.	30
Photo n° 9 : les moyennes humaines pour la lutte contre l'incendie	30
Photo n° 10 : Feu de camp.....	60
Photo n° 11 : effets de feu	60
Photo n° 12 : Déchets de verre	60

Liste des tableaux :

Tableau n° 1 : Répartition des forêts en Algérie.....	6
Tableau n° 2 : Les types d'imprudences.....	22
Tableau n° 3 : Les éléments du risque incendie de forêt	23
Tableau n° 4 : Les superficies parcourues par le feu en Algérie sur 13 décennies.....	24
Tableau n° 5 : Poids de chaque composant dans la structure des méthodes globales	27
Tableau n° 6 : La pluviométrie sur une période de dix (10) ans.....	47
Tableau n° 7 : Les températures minimales et maximales durant 03 ans.....	48
Tableau n° 8 : La pluviométrie moyenne du point haut et point bas de la zone d'étude sur 10 ans	51
Tableau n° 9 : Température Min et Max du point haut de la zone d'étude.....	51
Tableau n° 10 : Température Min et Max du point bas de la zone d'étude	53
Tableau n° 11 : Les paramètres et leurs poids dans la détermination du risque d'incendie	59
Tableau n° 12 : Le paramètre de pente dans la détermination du risque d'incendie	62
Tableau n° 13 : Le paramètre d'exposition dans la détermination du risque d'incendie	63
Tableau n° 14 : Le paramètre d'altitude dans la détermination du risque d'incendie	64
Tableau n° 15 : Le paramètre de végétation dans la détermination du risque d'incendie	65
Tableau n° 16 : Le paramètre distance des voiries dans la détermination du risque d'incendie .	68
Tableau n° 17 : Le paramètre des agglomérations dans la détermination du risque d'incendie .	68
Tableau n° 18 : Le paramètre des distances des maisons dans la détermination du risque d'incendie	69

Liste des abréviations

% : pourcentage

°C : degré Celsius

A : exposition

DF : distance des maisons et/ou terres cultivées.

DGF : Direction Générale de Forêts.

DR : distance des routes

DS : distance des agglomérations

E : élévation

GPS : Global Position System

MNT : modèle numérique de terrain

P : précipitation

RFF : facteur Risque de Feu de Forêts ;

S : la pente

SIG : Système d'Information Géographique

T : Température

VT : Type de végétation ;

Résumé

L'objectif de ce travail porte sur l'apport du SIG à la protection des forêts de Terziza commune Nesmoth (Mascara) 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, l'altitude la proximité des routes et la proximité des habitations.

Les résultats obtenus ont révélé qu'environ 1248,42 Ha de notre zone de travail, présente un risque élevé. Ces risques sont liés à la végétation très inflammable, la pente forte, l'exposition sud, 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 : risque d'incendie, SIG, feu de forêt, indice du risque, aménagement,

Abstract

The objective of this work focuses on the contribution of GIS to the protection of forests of common Terziza Nesmoth (Mascara) against fires. For this we used a fire risk mapping model which is based on a number of parameters, namely the type of vegetation, the slope, the exposure, the altitude, the proximity of roads and the proximity of dwellings.

The results obtained revealed that approximately 1248.42 Ha of our work area presents a high risk. These risks are linked to the highly flammable vegetation, the steep slope, the southern exposure, the dense road network and the heavy human traffic. Based on the fire risk map, and in relation to existing equipment and accessibility, facilities are proposed for more effective firefighting.

Keywords: fire risk, GIS, forest fire, risk index, management,

ملخص

يركز الهدف من هذا العمل على مساهمة نظم المعلومات الجغرافية في حماية غابات ترزيزة بلدية نسموث (معسكر) من الحرائق. لهذا الغرض، استخدمنا نموذجًا لرسم خرائط مخاطر الحريق الذي يعتمد على عدد من المعلومات، وهي نوع الغطاء النباتي، والمنحدر، والتعرض، والارتفاع، وقرب الطرق وقرب المساكن

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن ما يقرب من 1248.42 هكتار من منطقة عملنا تمثل مخاطر عالية. ترتبط هذه المخاطر بالنباتات شديدة الاشتعال والمنحدرات الشديدة والتعرض الجنوبي وشبكة الطرق الكثيفة وحركة المرور البشرية الكثيفة. استنادًا إلى خريطة مخاطر الحريق، وفيما يتعلق بالمعدات الموجودة وإمكانية الوصول، يُقترح إنشاء مرافق لمكافحة الحرائق بشكل أكثر فعالية

الكلمات المفتاحية: مخاطر الحرائق، نظم المعلومات الجغرافية، حرائق الغابات، مؤشر المخاطر، الإدارة،

Introduction

Générale

Introduction générale

Introduction générale

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

Le risque d'incendie de forêt est estimé par le degré de dégât causé après chaque passage d'un feu (Benabdeli,2002), les forestiers sont obligés de déterminer les causes à fin d'imposer différentes règles préventives. Dans les forêts où le risque d'incendie est élevé, la planification forestière et les normes techniques de construction doivent prévoir des méthodes et des systèmes anti-incendie, adaptés à chaque cas, de façon à sauvegarder : les vies humaines ; les constructions ; les écosystèmes forestiers et la faune ; les zones adjacentes (Forenza, 1994).

En Algérie, La surface parcourue annuellement par le feu varie entre 20 000 et 30 000hectares. Il en résulte de très lourdes charges pour la société toute entière, pour l'Etat et les collectivités locales en particulier (**Missoumi et Tadjerouni., 2003**).

La forêt de Terziza Nesmoth est l'une des plus grandes forêts de l'État de Mascara d'importance environnementale, économique et sociale, avec une superficie de 1248,42097 hectares. (**ANTEUR. 2022**)

En raison de l'exposition de la forêt à plusieurs incendies, nous avons étudié le risque d'incendies des forêts dans la région. En raison de l'augmentation de la pression humaine sur les ressources naturelles de la région de Terziza, en particulier sur la communauté de Nesmoth, et les écosystèmes forestiers enclavés au sein des terres agricoles et des établissements ruraux, a accéléré leur dégradation, entraînant la conversion de ces hautes forêts en terres dégradées ou en plaines de pâturage, destruction des habitats fauniques et exposition Phénomène d'érosion des sols.

Ce qui a conduit à réduire la superficie du couvert forestier et à affaiblir le rôle de protection et de production dans la région de Terziza, notamment pour le liège, qui est de bonne qualité. Cette dégradation répétée et continue transformera le reste de la forêt en abri et entraînera la disparition de cet écosystème unique dans la forêt de Terziza de la commune de Nesmoth.

CHAPITRE I :

Les forêts en Algérie

I.1.Les forêts Algériennes**I.1.1 Un aperçu des 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 % (fig.1).

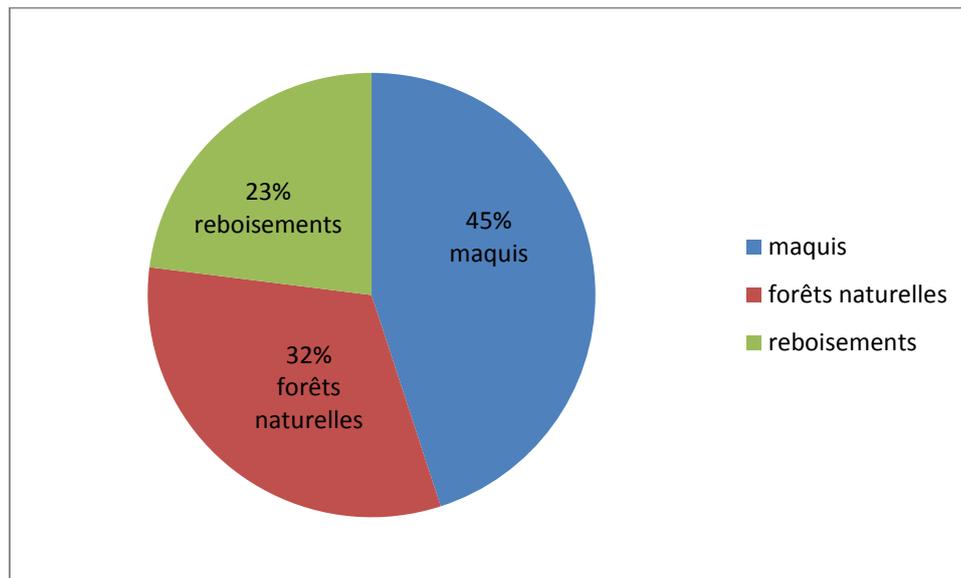


Fig. n° 1 : Principales formations forestières d'Algérie (DGF 2000)

I.1.2 Description de la forêt algérienne :

L'Algérie couvre une superficie de 2,388 millions de km². Le Sahara l'un des plus vastes déserts du monde en occupe plus de 2 millions de km² soit 84% du territoire.

En les régions du nord de l'Algérie les conditions de climat et de milieu permettent le développement des formations forestières occupent 250 000 km² soit un peu plus de 10% de la superficie totale.

Ce vaste territoire soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude présente un climat de type méditerranéen. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines et supérieur à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien.

Etant donnée son extension en latitude, le territoire algérien touche plusieurs zones climatiques. Tous les bioclimats méditerranéens (humide, sub humide, semi-aride et saharien) sont ainsi représentés.

L'Algérie est caractérisée par deux chaînes montagneuses importantes : l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud. Celles -ci séparent le pays en trois types de milieux qui se distinguent par leur relief et leur morphologie donnant lieu à une importante diversité biologique. On distingue du Nord au Sud, le Système Tellien, les Hautes Plaines steppiques et le Sahara **(INRF et al. 2012)**.

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

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

I.1.3. Répartition géographique des forêts et leurs essences

L'irrégularité des formations forestières naturelles est caractéristique du territoire algérien. En effet, de fortes variations tant en termes d'âge qu'en termes de types de végétation sont présentes au sein d'une même formation où l'on recensera généralement un mélange désordonné de feuillus et de résineux de tout âge et de toute taille. La grande majorité des forêts sont dites de lumière et sont de ce fait caractérisées par des peuplements ouverts avec sous-bois épais. Des essences de diverses origines peuvent être recensées, essentiellement méditerranéennes mais aussi européennes, asiatiques, circumboréales et paléotropicales, fournissant une diversité de 70 taxons arborés dont 07 espèces sont à caractère endémique incluant deux exclusivement algériennes : *Abies numidica* au Babors (W. Sétif) et *Cupressus dupreziana* au Tassili N'Ajjer (Djanet, W. Illizi) **(INRF et al. 2012)**.

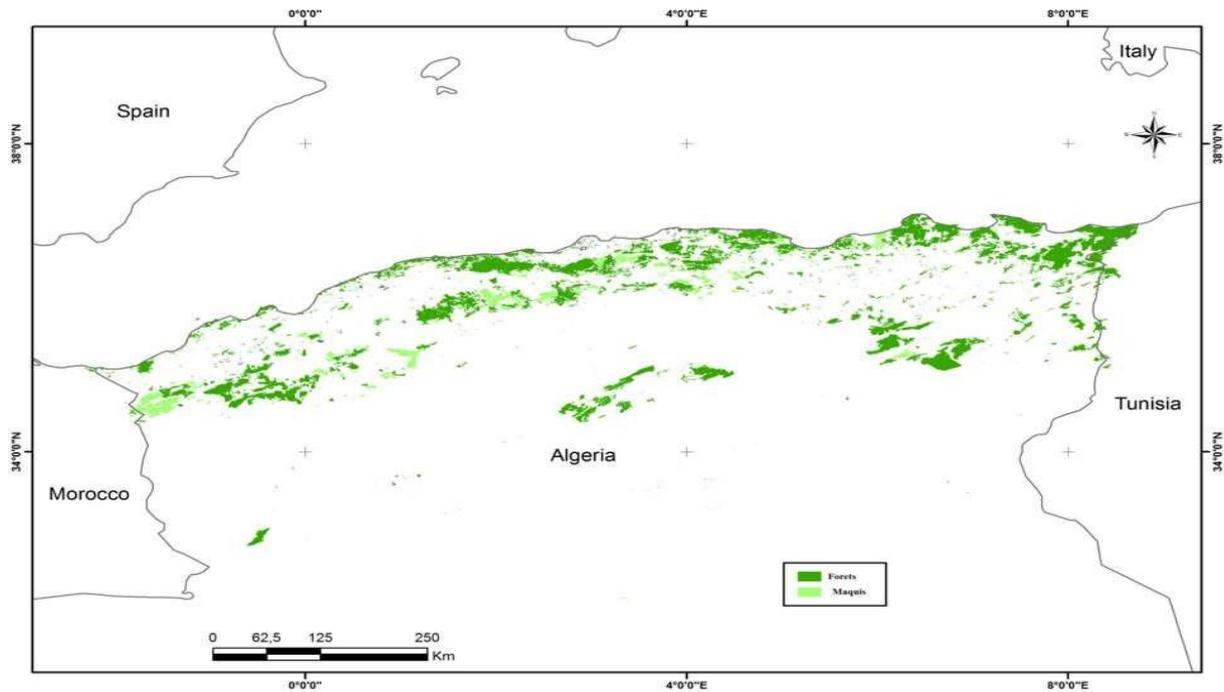


Fig. n° 2 : Carte de répartition des forêts Algérienne (Dr. Anteur. Dj)

I.1.4. Principales zones forestières en Algérie

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 celles de : *Tizi-Ouzou, Bejaia, Jijel, Collo, Skikda, El Milia 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 a farés et du pin maritime localement.

- **L'Atlas tellien centrale toccidental**

C'est une région moins arrosée, où l'on retrouve les grands massifs de pin d'Alep et du chêne vert dans les zones 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.

I.1.5. Superficie forestière :

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

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

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

BOUDY en **1955** montre que la superficie forestière est de 3. 800.000 ha.

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

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

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

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

Tableau n° 1 : Répartition des forêts en Algérie

ESSENCES	Superficie en Ha et % (KADIK 1987)	INRF (1994) in MATA (2003)	DGF (2007)
Pin d'Alep	792.000 / 34,8%	881302	881 000
Chêne Liège	463.000 / 20,4%	228925	230 000
Chêne vert	354.000 / 15.6%	108221	108000
Genévrier de Phénicie	227.000 / 10%	/	/
Thuya	191.00 / 8,4%	/	/
Chêne zeen+ Chêne afarès	65.000 / 2,9%	48 034	48 000
Cèdre de l'Atlas	23.000 / 1 ,0%	23 000	16 000
Pin maritime	12.000 / 0,5%	31 513	31 000
Divers	143.00 / 6,4%	/	/
Total	2.270.000 / 100%	/	/
Maquis et Broussaille	2.720.000	1 876000	1 662 000
Total (F+M)	3.050.000	/	/
Alfa	3.037.000	/	/

I.2.Groupements des forêts par essence**I.2.1Groupement à Pins d'Alep (*Pinushalepensis*)**

Le pin d'Alep, avec 68%, est de loin la première essence forestière en Algérie, car elle a été massivement plantée lors des campagnes de reboisement. De ce fait, elle a une structure assez équilibrée : 18,6% de jeunes peuplements ; 23% en perchis ; 28% en jeunes futaies et 25,4% de vieilles futaies. Les pinèdes sont des groupements assez plastiques rencontrés dans les étages subhumides ou semi arides et abritent essentiellement des espèces telles que le romarin, l'hélianthème, la globulaire buissonnante, le thym, la leuzée et la *fumana* à feuilles de thym.



Photo n° 1 : forêt de pin d'Alep

I.2.2 Groupement à chênes liège (*Quercus suber*)

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

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



Photo n° 2 : forêt de chêne liège DR ANTEUR

I.2.3. Groupements à cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica*)

Les cédraies se rencontrent entre 900 et 2000 m d'altitude et dans l'étage humide et jusqu'au semi-aride dans les hautes montagnes (Atlas tellien et Atlas saharien). Le groupement à

cèdre est caractérisé essentiellement par : *Ilexaquifolium*, *Taxusbaccata*, *Acer monspesulanum*, *Viola mumbyana*, *Buniumalpinum* et *Luzulgraeca*. Le groupement à *Cedrusatlantica* et *Quercus ilex* se localise entre 1400 et 1600 m d'altitude. Le groupement à *Cédrusatlantica* et *Ilexaquifolium* localisé dans les ravins frais et humides de Theniet – El – Gontos. Le groupement à *Cedrusatlantica*, *Quercus faginea* et *Acer obtusatum*, se développe entre 1500 et 1700 m d'altitude.



Photo n° 3 : Photos du Cèdre de Nesmoth

I.2.4 Groupement à chênes verts (*Quercus ilex*)

Il se trouve dans les étages humides ; sub humide et semi-aride et se développe entre 400 et 1700 m. Les taxons caractéristiques de ce groupement sont : *Rhamnus alaternus*, *Loniceraimplexa*, *Oleauropea* et *Ruscusaculeatus*.

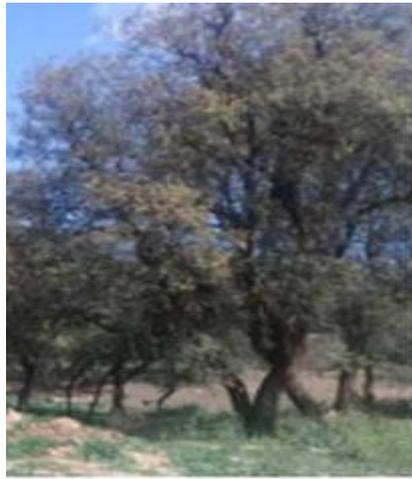


Photo n° 4 : Photos du chêne vert

I.2.5 Groupement à pins maritimes (*Pinuspinaster*)

Il s'étend sur plus de 31.513 ha et se rencontre surtout dans le nord- est de l'Algérie. Cette espèce se développe dans l'étage bioclimatique sub humide et à une altitude comprise entre 500 et 700 m.

I.2.6 Groupement à Thuya (Tetraclinis articulata)

Endémique nord-africain. Ce groupement occupe des stations Xérophiles où les précipitations varient entre 300 et 600 mm Il occupe 72.300 ha répartis dans le secteur oranais et algérois entre 150 et 850 m.



Photo n° 5 : Photos du Cèdre

I.2.7 Groupement à genévrier :

Il existe trois sortes de genévriers en Algérie :

Genévrier de Phénicie, Genévrier Oxycèdre, Genévrier Thurifère

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

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

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

I.3 Les fonctions de la forêt

Les fonctions traditionnelles de la forêt ont été très longtemps réduites à des fonctions directement utilitaires comme : **(Claude Villeneuve)**

La production de bois de chauffage ou d'œuvre

L'apport de produits de cueillette, de chasse ou de pêche

La ressource de médicaments

I.3.1 Le liège

De loin, le plus valorisé des produits forestiers, le liège constitue une ressource stratégique du fait de ses multiples usages (bouchonnerie, parquet, isolation thermique). Les potentialités nationales sont estimées à plus de 200 000 qx/an. Avec une production relativement faible ces dernières années (100 000 à 150 000 qx/an), l'Algérie occupe le troisième rang des producteurs de liège (7% de la production mondiale), mais loin derrière le Portugal (57%) et l'Espagne (23%). Cependant, avec une meilleure gestion et une exploitation plus rationnelle des peuplements, la production nationale de liège peut connaître une sensible augmentation à court terme (**FOSA**)

I.3.2 Le bois :

La possibilité annuelle globale, toutes catégories de bois confondues, s'élève à environ 1 200 000 m³ (PNDF, 1984). L'accroissement moyen annuel s'élèverait donc à peine à 1 m³/ha/an si l'on considère la superficie occupée par les forêts productives. Les peuplements de pin d'Alep renferment plus de 80% de la possibilité totale annuelle. Le reste est fourni par les eucalyptus, le chêne zéen et le chêne afarès. La superficie des forêts ayant fait l'objet d'études d'aménagement s'élève à près d'un million d'hectares toutes essences confondues (y compris les peuplements artificiels d'eucalyptus).

Ces forêts représentent une possibilité annuelle d'environ 460 000 m³. La production de bois a suivi un rythme très irrégulier depuis l'indépendance. Faible de 1963 à 1990, celle-ci a connu une augmentation sensible à partir de 1991 culminant en 1993 avec 240 000 m³. Cette augmentation est essentiellement due aux moyens humains et matériels mis en œuvre par le secteur pour une meilleure prise en charge des plans de gestion.

Ces dernières années, on enregistre un accroissement sensible des besoins nationaux en bois et, parallèlement, une régression des importations, ce qui engendre des tensions sur le marché. Cette situation a contraint les pouvoirs publics à encourager l'exploitation des ressources locales. Le secteur des forêts devra désormais améliorer son niveau de participation au développement de l'économie nationale. C'est ainsi qu'il se fixe l'objectif de mobiliser annuellement durant les années à venir plus de 500 000 m³ de bois, l'objectif étant, bien entendu, la réalisation de la possibilité globale de plus d'un million de m³/an.

I.3.3 Les fonctions écologiques de base de la forêt

- Captation de l'énergie solaire et redistribution de cette énergie sur lesquelles l'homme peut agir à l'intérieur du système (éclaircies, modification du peuplement...);
- Transport et recyclage des minéraux et de la matière organique à travers la chaîne alimentaire dont l'homme peut faire partie ;
- Transport et redistribution des diaspores dont l'homme peut être un agent ;
- Formation et maintien du sol en place pour lesquels l'homme peut apporter des actions correctives ou complétives ;
- Conservation de la biocénose pour laquelle l'homme peut apporter des actions correctives ou complétives et dont l'homme peut faire partie s'il y habite. (**Claude Villeneuve**)

I.3.4. La fonction sociale :

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

I.4. Le plan national de reboisement

Le reboisement signifie une reconstitution du couvert forestier par des moyens naturels ou artificiels, tels la plantation et l'ensemencement (OIFQ, 2003).

Les reboisements réalisés en Algérie ont été réalisés dès l'indépendance, dans le cadre des chantiers populaires, les plans triennaux, quadriennaux et annuels. Depuis l'année 2000, ils s'insèrent dans le cadre de la mise en œuvre du plan national de reboisement examiné et adopté par le conseil du Gouvernement du 26 septembre 1999.

Le Plan National de Reboisement, traduit les préoccupations forestières du pays, il a pour but également d'intégrer autant que possible les dimensions écologiques et sociales affectées à la forêt.

Son action s'associe aux orientations du Plan National de Développement Agricole et Rurale matière de développement de l'agriculture de montagne, de la mise en valeur des terres, de la lutte contre la désertification, de la protection et de la valorisation

des ressources naturelles dans le cadre d'un développement durable.

C'est ainsi que le P.N.R a été initié avec pour objectif l'émergence de systèmes économiques viables qui permettant aux populations rurales de disposer de moyens adéquats de subsistance, de stabilités de développement.

Aussi, il est utile de rappeler que le taux de boisement est estimé à 11%, c'est ainsi qu'il est proposé à travers la mise en œuvre du PNR de relever ce taux à 13%. (DGF, 2016).

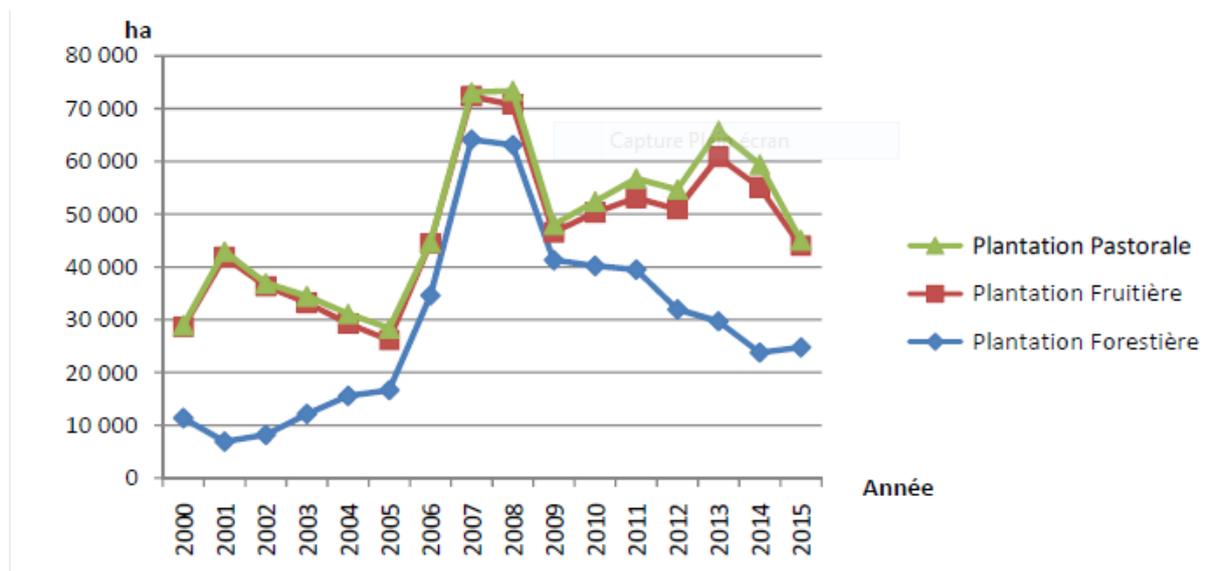


Fig. n° 3 : Evolution des reboisements réalisés durant la période (2000 - 2015).

CHAPITRE II :

Les incendies des forêts

II.1 Introduction :

Parmi les facteurs menaçant les forêts du monde méditerranéen, le feu est Bien sûr, le plus terrifiant est la perte et ses conséquences l'environnement et l'économie nationale. Reconnu depuis longtemps comme Le facteur le plus spectaculaire et le plus grave, son intensité et sa cruauté, l'ampleur Surfaces couvertes et niveau de dégâts effectués dans les plus brefs délais Cependant, ce feu existe depuis des milliers d'années, il y a longtemps

II.2. Définition de l'incendie

L'incendie se définit comme un grand feu qui se propage rapidement et occasionne des dégâts généralement importants (Cemagref, 1994 ; Jappiot et al. 2002 ; Khalid, 2008). L'incendie est aussi considéré comme une perturbation d'origine abiotique dont l'origine est externe à l'écosystème, dont la source est réelle et qui peut ensuite se propager à travers le paysage (Turner et Bratton ,1987).

II.3. LE MICANISME DU FEU

Le feu, pour apparaître et se propager, a besoin de trois éléments : • un combustible : la végétation forestière, • un comburant : l'oxygène de l'air, • un flux de chaleur pour porter le combustible à une température initiale suffisamment élevée



Fig. n° 4 : Triangle Du Feu (MEDDOUR., 2014).

II.3.1. LE COMBUSTIBLE

Il se répartit en quatre strates :

II.3.1.1 Les strates :

- **Les ligneux hauts** : de plus de 2m essentiellement taillis feuillus et futaies résineuses.
- **Les ligneux bas** : de moins de 2m (broussailles), abondants en région méditerranéenne où ils constituent l'essentiel du maquis et de la garrigue.
- **La strate herbacée** : en fin de période de végétation, les parties aériennes desséchées constituent une couverture morte très inflammable.
- **La litière** : souvent peu épaisse et discontinue, en région méditerranéenne

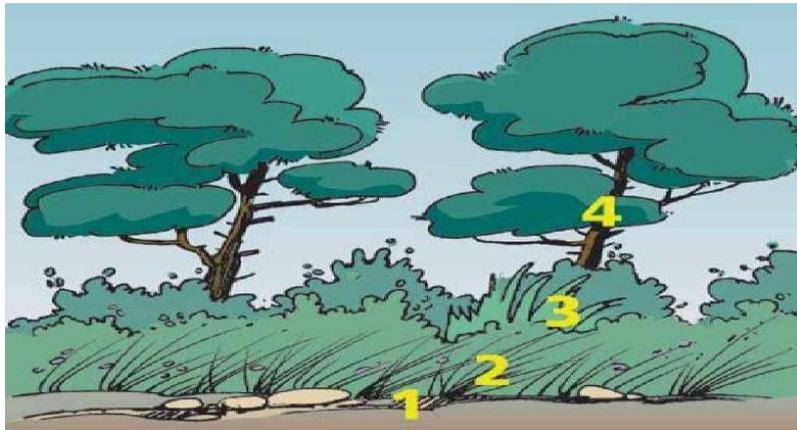


Fig. n° 5 : Les différentes strates du combustible (MEDD, 2002)

II.3.1.2. La division du combustible

Plus un combustible est finement divisé, plus sa surface de contact avec l'air est importante : le mélange combustible comburant, plus intime, est alors plus inflammable. Les litières foisonnantes ou les herbes sèches sur pied brûlent beaucoup mieux que les litières très denses (aiguilles de résineux à couvert sombre). Les plantes à feuilles très fines et nombreuses (bruyères) brûlent mieux que les plantes à grosses feuilles coriaces (arbousiers). Lors du passage d'un front de flammes (qui dure environ 30 secondes), ce sont surtout les feuilles et les rameaux de moins de 3 millimètres de diamètre qui brûlent. Les rameaux plus importants peuvent ensuite brûler plus lentement, en arrière du front de feu, mais il est rare que des rameaux de plus de 8 millimètres de diamètre disparaissent totalement (**Jean de Montgolfier**)

II.3.2. LE COMBURANT

Dans le cas des feux de forêts, il s'agit de l'oxygène de l'air. La combustion dépend également fortement de cet élément, puisque, pour qu'une flamme se produise et s'entretienne, il faut que le pourcentage en volume d'oxygène restant présent dans l'air soit supérieur à 15,75 %. Pour que les braises se consomment, il faut qu'il soit supérieur à 10,5 % (C.E.M.A.G.R.E. F,

1989). Cet élément, qui est indispensable pour qu'il y ait combustion, est fourni par la réaction elle-même, c'est-à-dire, la combustion, car celle-ci produit son propre courant d'air ; ajouté à cela, le vent contribue très largement à l'approvisionnement en oxygène.

II.3.3. LE FLUX DE CHALEUR

Les calories produites en un point donné par la réaction chimique de combustion peuvent être transportées selon trois processus

II.3.3.1. La conduction

Dans le bois, bon isolant, la conduction n'évacue les calories que très lentement et joue un rôle mineur dans la progression du feu. En revanche, le feu peut « couvrir » très longtemps (plusieurs jours) dans une grosse masse de combustible (vieilles souches, andains) et donner lieu à une « reprise » d'incendie ultérieure.

II.3.3.2. Le rayonnement

La quantité d'énergie émise par rayonnement augmente rapidement avec la température de l'objet en ignition. Le flux de rayonnement, émis par une source ponctuelle et reçu par une surface donnée, est inversement proportionnel au carré de la distance de cette surface à la source. Il diminue donc très rapidement avec la distance. Cependant un front de feu ne constitue pas une source ponctuelle, mais un « panneau radiant ». En pratique, le rayonnement est extrêmement intense à proximité immédiate du feu. A une distance égale à cinq ou dix fois la hauteur des flammes, il n'est plus très intense. C'est surtout le rayonnement à courte distance qui cause le dessèchement et l'élévation de température du combustible en avant du front de feu et assure la progression de celui-ci, à une vitesse qui reste toujours faible en l'absence de vent.

II.3.3.3. La convection

Elle évacue la majeure partie des calories (80 % à 90 %), sous forme de gaz brûlés et d'air chaud. Lorsque la colonne d'air chaud monte dans le ciel, les calories sont « perdues » pour l'incendie. En revanche, lorsque le feu remonte une pente forte ou lorsqu'un vent violent maintient cette colonne près du sol, elle contribue à dessécher la végétation, parfois assez loin en avant du front de feu, et accélère ainsi sa progression. Cette colonne de convection transporte des matières en ignition, des « brandons » (ex : rameaux feuillés de l'année), qui peuvent retomber plusieurs centaines de mètres en avant du feu, et donner l'impression que celui-ci « saute ».

(Jean de Montgolfier)

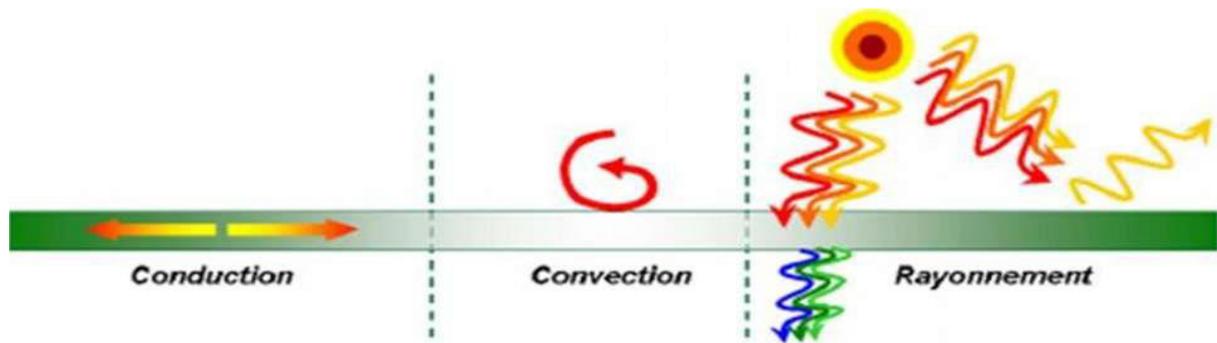


Fig. n° 6 : Mécanisme de propagation d'un feu de forêt.

II.4. Le processus de combustion

La combustion est définie comme étant la manière dont brûlent les végétaux une fois qu'ils sont enflammés (Trabaud, 1976). Selon Trabaud (1976) il est à distinguer trois phases dans le processus de combustion :

Phase 1 : Préchauffage

A une source de chaleur intense (100 °C), l'eau s'évapore, les acides, les résines et les autres liquides commencent à se transformer en gaz, le combustible est modifié chimiquement d'où destruction moléculaire (donne des gaz volatiles particulièrement inflammables de type hydrocarbures (C-H-O)). La combustion est caractérisée par une fumée blanche (vapeur d'eau provenant de l'évaporation dès que la température parvient aux environs de 200 °C, c'est la « pyrolyse »).

Phase 2 : combustion des gaz

La distillation des substances gazeuses se poursuit jusqu'à 315 °C environ. L'incandescence ne commence qu'à partir de 425 °C et le bois s'enflamme à 450 °C.

Phase 3 : combustion du charbon

A ce stade, les résidus de charbon de bois, produit lors du deuxième stade, continuent de se consumer jusqu'à devenir des cendres.

II.5. Les type de feux de forêts :

Les feux de forêts peuvent être de quatre types (Margerit J., 1998).



Fig. n° 7 : Types de feux de forêts

II.5.1 Les feux de sol

Sont des feux qui se propagent dans la litière et l'humus. Ce sont des feux qui sont difficiles à détecter, car ils sont sans flammes. Leur vitesse de propagation est faible. Ces feux peuvent endommager les racines des arbres.

II.5.2 Les feux de surface,

Dits aussi feux courants, se propagent dans les sous-bois des forêts. Ils brûlent l'herbe et les broussailles. Ces feux sont avec flammes et peuvent se propager rapidement. Ce sont les feux les plus communs. Ils peuvent avoir comme origine un feu de sol ou se terminer en un feu de sol susceptible de se transformer en un nouveau feu de surface après l'intervention des pompiers.

II.5.3 Les feux de cimes

Sont des feux qui se propagent au niveau de la couronne des arbres. Leur vitesse de propagation est très grande. Ils sont généralement déclenchés par un feu de surface qui gagne en intensité et atteint la couronne des arbres.

4. Enfin, des feux avec braises peuvent se produire. Les braises sont produites par des feux de cimes ou pour certaines conditions de vent et de topographie

II.6. Impact du feu sur l'environnement**II.6.1 Effets sur le sol**

Le passage du feu agit sur la structure et la composition du sol et sur les microorganismes présents.

- **Sur la structure**

Le feu induit une diminution de la stabilité des agrégats conduisant à une structure articulaire. Cette transformation entraîne la réduction de la capacité de rétention en eau et du taux

d'infiltration de l'eau, la porosité des sols étant comblée par des particules (Mangas, V.J., et al.1992)

- **Sur la composition**

Le feu entraîne une minéralisation rapide de la biomasse, des litières et des humus, qui court-circuite le cycle biologique normal, au détriment des décomposeurs de l'écosystème (Champignons, bactéries, microfaune). La fertilisation est ainsi réduite à moyen terme, malgré un " coup de fouet " qui se manifeste à très court terme. Le feu provoque également des pertes en minéraux dans l'atmosphère.

- **Sur les micro-organismes**

La stérilisation intervient entre 50 et 125 °C et concerne généralement les 5 ou 10 Premiers centimètres du sol. Ce sont les couches superficielles les plus riches en matière organique et les plus actives biologiquement qui sont les plus touchées. La microfaune est détruite et se reconstitue lentement. (Mangas, V.J., et al. 1992)

II.6.2. Effets sur la dynamique de végétation

Dans presque tous les cas, après l'incendie, la végétation retourne rapidement à son état initial, sans intervention humaine. Cependant, la reconstitution du couvert végétal dépend de l'intensité et de la fréquence des feux Trabaud, L. (1993).

- Suite à un feu modéré, la couverture végétale se reconstitue progressivement, par rejets, par germination, ou à partir d'organes souterrains de survie (bulbes, rhizomes).

L'écosystème évolue vers un état comparable à la situation floristique initiale, avant le feu, progressivement pour la structure, quasi immédiatement pour la composition, mis-à-part l'apparition de végétaux transitoires colonisateurs qui disparaissent petit à petit.

- Un feu intense réduit les capacités de régénération : la chaleur peut détruire les organes souterrains de survie ou les graines, et donc limiter fortement la régénération de la végétation.

Il en résulte un appauvrissement floristique.

- Des feux répétés conduisent à un appauvrissement floristique marqué. De nombreux végétaux n'ont pas le temps d'arriver à maturité sexuelle avant le passage d'un nouveau feu.

Les espèces ayant les capacités de dissémination et de résistance à la chaleur les plus élevées

(Ciste, Calycotome) constituent alors l'essentiel de la couverture végétale.

II.6.3. Effets sur le paysage

L'incendie entraîne un changement brutal du paysage transformant le cadre de vie de la population en un environnement calciné. La disparition d'une végétation basse semble toutefois plus facile à accepter que celle des arbres d'une forêt. (Bornancin, M., et al. 1992)

II.7. Les incendies dans la région méditerranéenne

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

Cela signifie que la diversité floristique et structure de la végétation naturelle, tout comme la richesse et l'abondance des espèces animales, est en constante régression.

Malheureusement, les écosystèmes méditerranéens sont très vulnérables aux différents facteurs conduisant aux diverses formes de dégradation.

D'un point de vue botanique, la flore méditerranéenne est bien connue. De nombreuses informations concernant la botanique et l'écologie, la distribution et la fréquence, la valeur et l'utilisation de nombreuses espèces sont disponibles. Toutefois, les connaissances sur leur régénération naturelle et artificielle restent réduites. La faible disponibilité de ces informations est un sérieux problème car elle constitue un manque de savoir nécessaire à une approche générale de la sylviculture (boisement, restauration)

II.8. Facteurs de prédisposition aux incendies de forêts**II.8.1. Type de végétation et Climat**

La probabilité qu'un feu parte et se propage dans un peuplement forestier n'est jamais nulle. Cependant, les caractéristiques de la végétation et le climat peuvent créer des conditions favorables au développement des incendies (Meddour et al. 2008 ; Abdi, 2013).

Selon Jappiot et al. (2002), L'intensité, la fréquence et l'importance de l'incendie sont en rapport avec le milieu physique et végétal qui se caractérise par les facteurs climatiques déterminants, la structure et la composition de la végétation. La naissance et la propagation des incendies sont dépendantes de la présence et de la réunion de différentes conditions naturelles et des causes d'origine souvent humaines. Ces conditions de prédisposition ne sont pas constantes dans le temps. Elles évoluent, par exemple, en fonction de l'état de la végétation qui est le résultat à la fois de sa dynamique naturelle, de la sylviculture qui lui est appliquée et des passages éventuels du feu.

II.8.2. L'occupation du territoire

De nombreux facteurs humains contribuent dans une certaine mesure au développement des incendies de forêts. C'est le fait des activités humaines : loisirs, production, certaines infrastructures de transport (routes, voies ferrées) qui peuvent être à l'origine de l'écllosion et de la propagation des feux **Jappiot et al. 2002 ; Abdi, 2013**).

« De même, l'évolution de l'occupation du sol influe notablement sur le risque d'incendie de forêt en raison du développement de l'interface forêt - habitat et de l'absence de zone tampon que constituent les espaces cultivés. Cet état est lié d'une part à l'abandon des espaces ruraux qui a pour conséquence la constitution de massifs entiers sans coupures pour les incendies et d'autre part à l'extension des villes et villages jusqu'aux abords des zones boisées (**JAPPIOT et al. 2004**).

II.9 Les causes des feux

Les causes d'incendie de forêt sont diverses et leur répartition varie selon les zones géographiques mais aussi en fonction du temps (**Long et al. 2008**). Contrairement aux autres parties du monde, où un pourcentage élevé de feux est d'origine naturelle (essentiellement la foudre). Le bassin méditerranéen se caractérise par la prévalence de feux provoqués par l'homme. Les causes naturelles ne représentent qu'un faible pourcentage « de 1 à 5 % en fonction des pays », probablement à cause de l'absence de phénomènes climatiques comme les tempêtes sèches (**ALEXANDRIAN et al. 1998**)

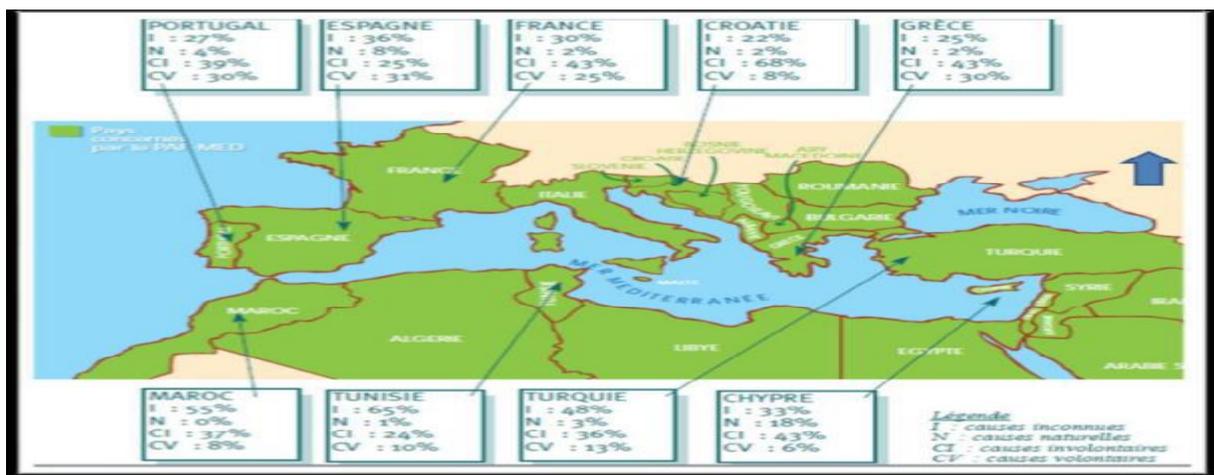


Fig. n° 8 : Répartition des causes par pays (COLIN et al. 2001).

Dans le Bassin Méditerranéen, les incendies sont en grande majorité d'origine humaine, que ce soit par accident, par négligence, ou intentionnellement. Cependant, la part des feux dont l'origine reste inconnue est encore importante (**COLIN et al. 2001**). Parmi les origines connues,

ce sont les causes involontaires « négligence ou accident » qui sont les plus fréquentes dans l'ensemble des pays, hormis la Turquie, où les incendies criminels semblent être la majorité (CANAKCIOGLU, 1986).

Les causes accidentelles varient d'un pays à l'autre. Certaines sont liées aux installations fixes

(Lignes électriques, décharges) et d'autres sont directement associées aux activités humaines

« Fours à charbon mal réglés, feux non maîtrisés, fumeurs, feux de camp, feux allumés par les bergers ». Il semble toutefois, que ces incendies involontaires soient directement liés aux activités agricoles et forestières :

Les parties en cause sont principalement les résidents permanents, « et rarement les touristes de passage » (ALEXANDRIAN et al. 1998).

II.9.1. Causes naturelles

La végétation ne s'enflamme pas seule, même par forte sécheresse ; l'unique cause naturelle connue dans le Bassin Méditerranéen est la foudre. Ce phénomène, très répandu en forêt boréale, (orages secs), est relativement rare en région méditerranéenne où il ne concerne que 1 à 5 % des cas d'incendies. Des exceptions peuvent toutefois être observées, notamment en Espagne, où, dans certaines régions, la foudre représente 30,00 % des départs de feu

(Aragon : 38,00 % et Castille-la Manche : 29,00 %). Les éruptions volcaniques peuvent également être à l'origine d'incendies de forêt. Ce phénomène est cependant exceptionnel dans le Bassin Méditerranéen (COLIN et al. 2001).

II.9.2. Les causes humaines

Parmi les origines connues, ce sont les causes involontaires (négligence ou accident) qui sont les plus fréquentes dans l'ensemble des pays, hormis la Turquie, où les incendies criminels semblent être la majorité (Canakcioglu, 1986). L'homme est désormais la cause principale des feux avec un pourcentage de 93% (Blanchi et Godfrin, 2001).

Selon Colin et al (2001), pour l'ensemble des pays du bassin méditerranéen, on retrouve deux types de causes humaines, leur répartition dépend du contexte social, économique, politique, législatif de chaque pays

II.9.2.1 Causes involontaires

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

II.9.2.1.1 Les imprudences :

Elles résultent de négligence par rapport aux risques d'incendie, et sont corrélées à l'importance de la fréquentation des forêts ou de leurs abords immédiats. La nature des

imprudences dépend des activités en forêt et aux abords immédiats. La répartition des causes pour chaque pays est très variable : - Pour les pays où l'économie est basée sur l'agriculture et où la pression de la population rurale est forte, les travaux agricoles et forestiers représentent une des causes les plus importantes. Les départs de feux se situent alors très souvent en bordure de forêt (COLIN et al. 2001).

Tableau n° 2 : Les types d'imprudences.

Liées aux travaux agricoles ou forestiers	Liées au loisir en forêt	Liées à l'urbanisation et aux habitations
-Brulage du chaume. -Les broussailles coupées sur les « pare-feu ». Sapements de vigne, les rémanents d'exploitations forestières	Pique-nique (barbecue) ; -La chasse (les armes) ; -Jet de mégot.	-Les maisons ; l'extension des villes et des villages. -L'incinération des déchets ; -Jeux d'enfant (allumettes, pétards).

II.9.2.1.2 Les accidents

Les accidents sont liés à la circulation en forêt ou en périphérie (routes, infrastructure de transport), et aussi aux lignes électriques (arc électrique entre arbre et fil électrique), et aux décharges non contrôlées ou clandestines (Alexandrian et al. 1999)

II.9.2.2 Cause volontaires :

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

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

II.10. Le risque incendie de forêt

Selon **Jappiot et al (2002)** ; le risque est composé de différents éléments imbriqués (Tab.3).

Tableau n° 3 : Les éléments du risque incendie de forêt

Risque			
Aléa		Vulnérabilité	
Occurrence		Intensité	
Probabilité d'éclosion	Probabilité d'incendie	Surface menacée	Intensité de l'incendie
		Enjeu	Parade

- **L'aléa**

L'aléa est défini comme la probabilité qu'un phénomène naturel d'intensité donnée se produit en un lieu. Deux notions sont à préciser : la probabilité d'occurrence et l'intensité (Jappiot et al. 2002).

- **La probabilité d'occurrence**

Elle se manifeste sous deux aspects :

- La probabilité d'éclosion :

Elle s'exprime généralement en nombre de feux par unité de temps et par unité de surface.

- La probabilité d'incendie :

La probabilité d'incendie peut s'exprimer : soit en probabilité annuelle de connaître un incendie (une chance sur n années), soit en durée de retour de l'incendie (un feu toutes les n années).

- **L'intensité**

L'intensité représente la quantité de chaleur ou d'énergie déployée par le feu. Il est également possible d'appréhender la notion d'intensité en définissant pour chaque point de départ potentiel la surface qu'il menace (**Jappiot et al. 2002**)

- **La vulnérabilité**

La vulnérabilité correspond aux « conséquences prévisibles d'un phénomène naturel d'intensité donnée sur les enjeux ». Elle est donc fonction de deux éléments : les enjeux et les parades (Jappait et al. 2004) :

- **L'enjeu**

Les enjeux sont l'ensemble des biens exposés pouvant être affectés par un phénomène naturel. Par rapport aux autres phénomènes naturels, il faut ajouter aux enjeux matériels et humains les enjeux spécifiques des feux de forêts, liés à la forêt et à ses usages.

- **Parade**

Les parades sont les moyens de prévention, d'équipement et de lutte dont la mise en œuvre réduit le taux d'endommagement des enjeux. On peut distinguer les parades actives (moyens de DFCI, moyens de lutte, ...) et les parades passives (débroussaillage, pare-feu, ...). Ces deux types de parades visent à diminuer les conséquences des sinistres. S'agissant de feux d'origine humaine, on doit aussi y ajouter les parades destinées à éviter les éclosions, agissant alors directement sur l'aléa.

II.11. Historique des incendies.

II.11.1 Historique des incendies de forêts en Algérie (Période 1963-2013) :

L'analyse des statistiques des feux de forêts en Algérie permettra de retracer leur historique, fait inédit en région méditerranéenne, sur une très longue période continue de 130 ans (1876-2005)

Tableau 2

. En effet, l'Algérie est l'un des rares pays possédant des statistiques sur les feux de forêts sur une période de plus d'un siècle ! Les principales sources de données utilisées sont celles de MARC (1916), BOUDY (1948), GRIM (1989) et DGF (2007) ; leur compilation permettra de reconstituer une série chronologique comportant diverses étapes historiques des feux de forêt en Algérie.

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).

Tableau n° 4 : Les superficies parcourues par le feu en Algérie sur 13 décennies

Periods	Superficie totale incendiée par décennie (ha)	Moyenne Aran(ha)
1876-1885	372 749	37 275
1886-1895	486 569	48 657
1896-1905	380 375	38 037
1906-1915	297 828	29 783
1916-1925	587 087	58 709
1926-1935	237 627	23 763
1936-1945	368 537	36 854
1946-1955	166 138*	18 460
1956-1965	673 965*	67 396
1966-1975	255 164	25 516
1976-1985	421 719	42 172
1986-1995	505 112	50 511
1996-2005	246 023	24 602
Total	4 998 894	39 054

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).

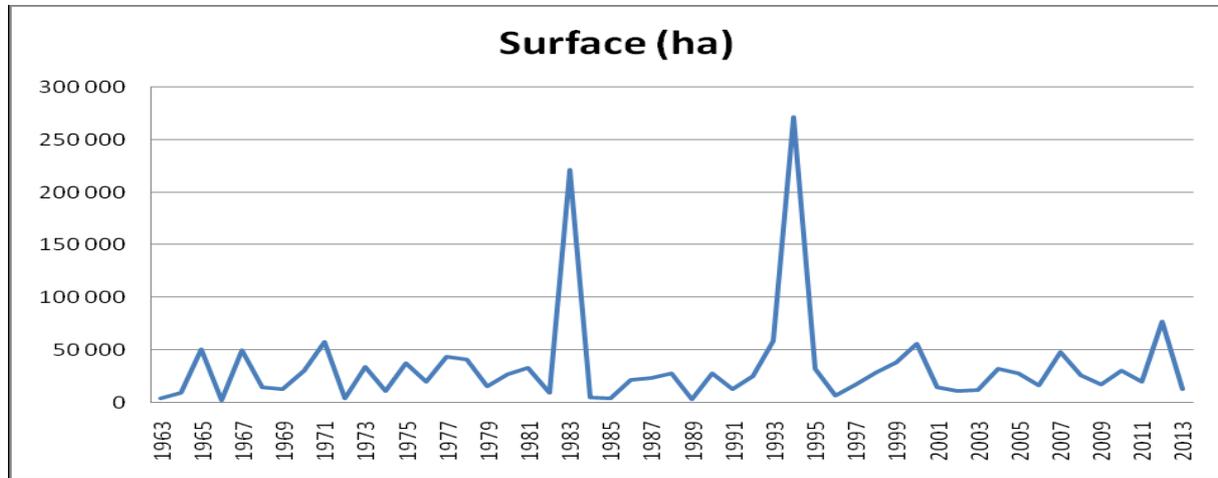


Fig. n° 9 : Les surfaces parcourues par le feu en Algérie, période 1963-2013 (DGF 2013).

II.11.2. Feux de forêt de 2021 en Algérie

Les feux de forêt de 2021 en Algérie sont une série d'incendies qui se déroulent en juillet et août 2021 dans le nord de l'Algérie principalement dans la région de Kabylie

Les feux ont brûlé 89 mille hectares de superficies sur 35 wilayas³, notamment : Tizi-Ouzou, Béjaïa, Bouira, Sétif, Jijel, Boumerdès, Bordj Bou Arreridj, Blida, Médéa, Khenchela, Guelma, Tébessa, Tiaret et Skikda.

II.12. 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).

Il y a plusieurs façons d'évaluation du risque d'incendie dans le bassin méditerranéen

II.12.1. La méthode canadienne : méthode canadienne d'évaluation des dangers de forêt :

Elle se compose de quatre sous-systèmes :

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

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

• Système PCI = méthode de prévision du comportement des incendies :

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

• Système POI = méthode de prévision des occurrences des incendies :

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

• Système de l'humidité des combustibles secondaires :

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

II.12.2. Méthode Française = méthode de détermination du risque de feu de forêt grâce à SIG :

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

Le modèle repose sur la formule suivante :

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

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

IH : indice d'occupation humaine ;

IM : indice topo morphologique.

II.12.3. La Méthode turque :

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

Le modèle repose sur la formule suivante :

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

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

Tableau n° 5 : Poids de chaque composant dans la structure des méthodes globales

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

Source : GUENDOUL (2011)

II.13. Les stratégies de lutte contre l'incendie

La lutte contre un incendie est une opération difficile, fatigante et dangereuse, puis que la qualité de la formation des personnels de lutte est un facteur de réussite important dans la lutte contre les incendies de forêt.

Selon Grim (1989), sur le plan de la prévention et de la lutte contre les incendies, un certain nombre de travaux forestiers qui sont : débroussaillage, ouverture et entretien de tranchées pare-feux (TPF) et de pistes, réseau de prévision météorologique, postes vigie... L'aménagement forestier est l'un des moyens de lutte contre les incendies de forêt.

Il faut intervenir directement avec des engins conçus spécifiquement pour la lutte véhicules avec petite réserve d'eau pour la première intervention puis camion-citerne, avions bombardier d'eau et les tactiques d'attaque au sol, utilisation des moyens aériens

(Colin, Jappiot et al. 2001).

II.13.1. Les moyennes de lutte contre les incendies de forêt en Algérie :

Les plans d'aménagement intègrent toutes les infrastructures nécessaires en matière de défense des forêts contre les incendies à savoir :

- l'ouverture et l'entretien de piste.
- l'ouverture et l'entretien de T.P.F.
- l'installation de poste vigie.
- la réalisation et l'aménagement de point d'eau.

II.13.2. L'installation de poste de vigie :

En matière de poste de vigie, les normes sont 1 poste tous les 25 km, nos forêts en sont très faiblement dotées. L'objectif est de détecter au plus tôt le départ de feux de façon à pouvoir intervenir le plus rapidement possible sur les feux naissants, dans un délai inférieur à 10 minutes

, D'interroger, de représenter cartographiquement, la base de données, selon des critères sémantiques et spatiaux ». **GILLIOT (2000)**



Photo n° 6 : poste vigie au niveau de forêt

. Le système repose sur un réseau de surveillance composé de poste d'observation fixe installée sur des points stratégiques, opérant 24 heures sur 24 pendant la saison d'incendies.

Les surveillants sont munis d'émetteurs- récepteurs qu'ils utilisent pour donner l'alarme aux bureaux locaux chargés de la mobilisation des moyens d'extinction. Cependant, les statistiques révèlent bien souvent que ce sont les habitants eux-mêmes qui donnent l'alerte avant que les vigies ou les patrouilles ne les localisent.

- Mais, lorsque les incendies sont détectés par le réseau de surveillance, l'information traduite est plus précise



Photo n° 7 : Rôles des Postes de vigie dans la détection du feu.

II.13.3. La réalisation et l'aménagement de point d'eau :

Les normes requises en matière de point d'eau varient en fonction de la dimension de celui-ci, mais en moyenne nous considérons qu'il faut un point d'eau tous les 500 ces infrastructures et moyens nos forêts sont inégalement dotées

II.13.4. Les brigades mobiles :

Un des aspects les plus importants de la prévention des feux de forêts et un système permettent de localiser les incendies avant qu'ils ne s'étendent. Pour cela, on doit avoir recours aux patrouilles sur le terrain. Les brigades mobiles sont conduites par les grands forestiers et des surveillants spécialement engagés à cet effet



Photo n° 8 : Les Brigades mobiles pour faciliter la lutte contre les incendies.

II.13.5. Les moyens matériels et humains :

Pour la lutte contre les incendies de forêt, les services chargés des forêts, disposent de camion citernes feux de forêt (11000 litres), de camion citernes feux de forêt légers (600 litres)

Et de camions ravitailleurs les camion citernes feux de forêt légers sont très pratiques - malgré leurs faibles capacités, car ils permettent une intervention rapide sur les feux naissants en ce qui concerne les moyens humains il s'agit surtout de chantiers d'intervention



Photo n° 9 : les moyennes humaines pour la lutte contre l'incendie (les forestiers, protection civile).

Les bénéfices divers de la direction de l'incendie ne pouvaient pas être mis en place sans le développement d'un système de communication efficace. On doit transmettre au personnel compétent les informations concernant les foyers d'incendies détectés en vue de les maîtriser pendant qu'ils sont encore petits.

Une communication efficace doit être opérationnelle au moment de l'opération d'extinction des feux.

L'appareil radioélectrique est le meilleur appareil de communication mobile, utilisé par le patrouilleur ainsi que par l'observation depuis son poste de vigie. Il est primordial d'établir de bons réseaux de communication pour chaque unité d'opération par le téléphone, la télécopie, l'internet

II.13.6. Les moyennes organisationnelles :

Une fois l'alerte donnée, la lutte contre les incendies de forêts exige une parfaite coordination des moyens de secours assurée par les communications radios. De gros efforts ont été consentis ces dernières années en Algérie, en plus du service forestier, les partenaires suivantes doivent être directement impliquées en cas d'incendies en forêts :

- La protection civile.
- La région militaire.

CHAPITRE III :

Les Systèmes d'Informations

Géographique

CHAPITRE III : Les Systèmes d'Informations Géographiques

III.1. Définition

Plusieurs définitions d'un système d'information géographique peuvent être proposées par les auteurs et qui se distinguent les unes des autres par leur domaine d'application.

"Un Système d'information Géographique (SIG) est un "ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision

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

« Un Système d'Information Géographique est un ensemble de données structurées de façon à pouvoir en extraire des synthèses utiles à la décision ». BURROUGH (1986)

Selon **Blomac (1994)** définit un SIG comme « un ensemble organisé de matériels informatiques, de logiciels, de données géographiques et de personnel capable de saisir, stocker, mettre à jour, manipuler, analyser et présenter toutes formes d'informations géographiquement référencées ».

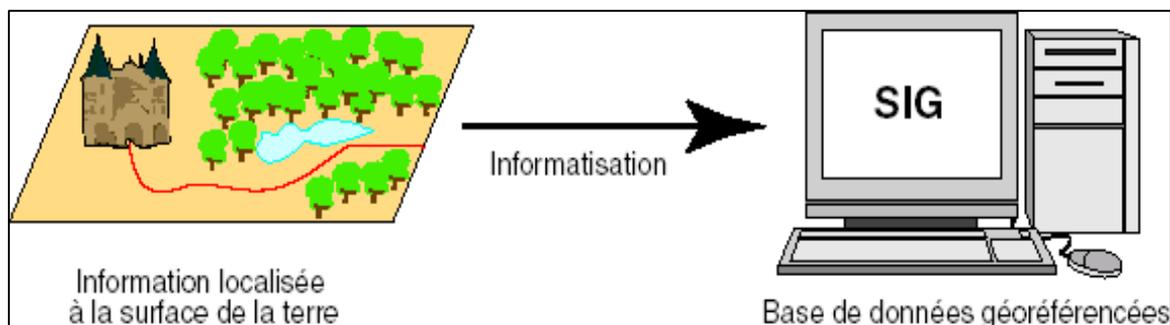


Fig. n° 10 : Informatisation des données géo référencées à l'aide du SIG

III.2. Les domaines d'application des S.I.G.

- Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés.
- Tourisme : gestion des infrastructures, itinéraires touristiques.
- Marketing : localisation des clients, analyse d'un site sur le plan commercial.
- Planification urbaine : cadastre, POS, voirie, réseaux assainissement.
- Protection civile : gestion et prévention des catastrophes.

CHAPITRE III : Les Systèmes d'Informations Géographiques

- Transport : planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires
- Hydrologie : état des eaux superficielles, réseau d'observations sur les eaux de charriage.
- Forêt : cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture.
- Géologie: prospection manière.
- Biologie : études du déplacement des populations animales.
- Télécoms : implantation d'antennes pour les téléphones mobiles.

III.3. Les rôles de SIG

Les rôles de SIG sont :

- **Analyse** : Réponse aux questions posées ;
- **Abstraction** : Modélisation de la base de données en définissant les objets, leurs attributs et leurs relations ;
- **Géographiques** : et d'autre part leurs attributs et relations ;
- **Archivage** : Transfert des données de l'espace de travail vers l'espace d'archivage (disque dur)
- **Acquisition** : Alimentation du SIG en données, il faut d'une part définir la forme des objets
- **Affichage** : Production des cartes de façon automatique **Ashok (2008)**

CHAPITRE III : Les Systèmes d'Informations Géographiques

ACQUISITION DES DONNEES

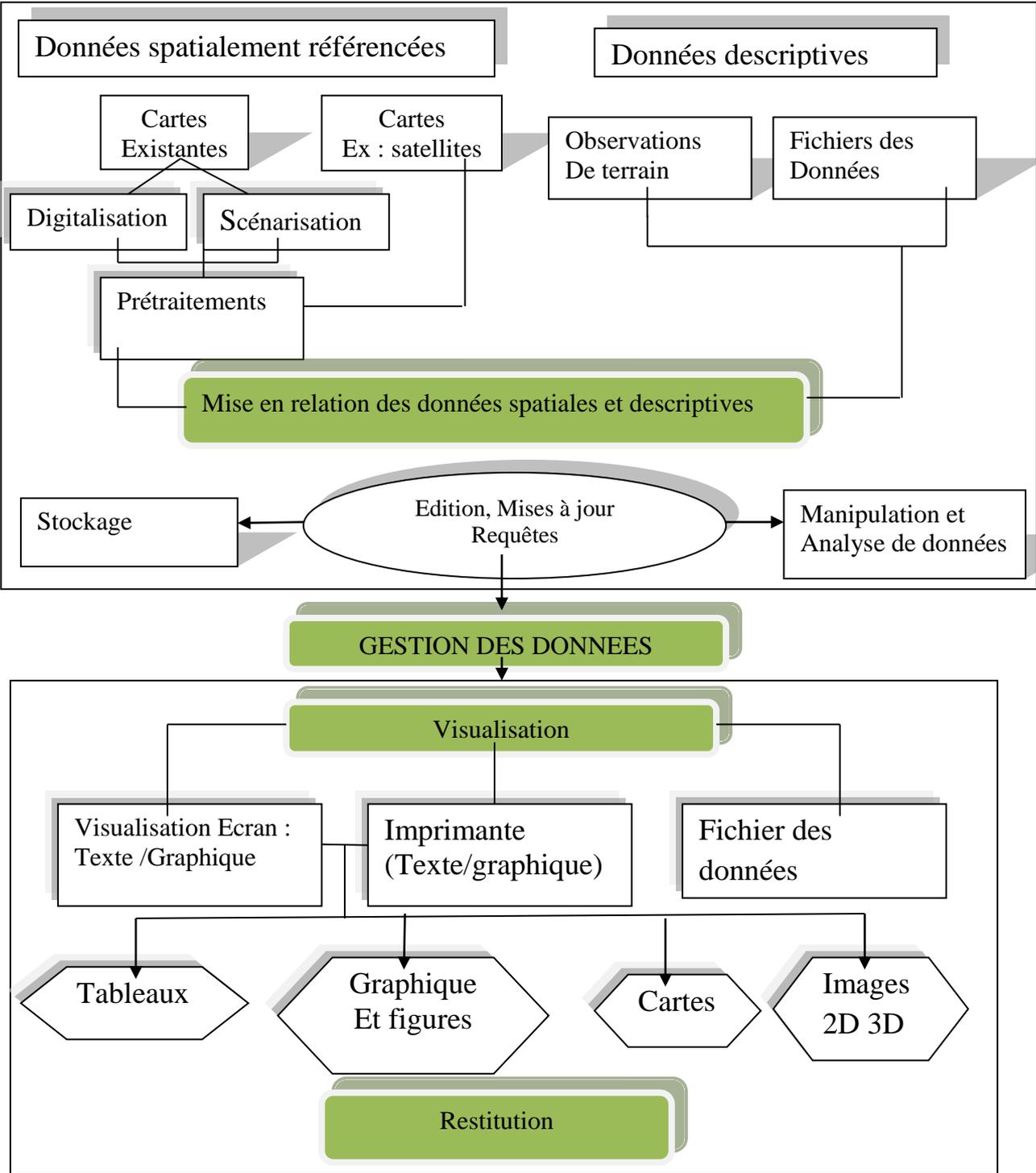


Fig. n° 11 : Fonctionnalité d'un SIG (IN ANTEUR DJ.2008)

III.4 La structure de l'information géographique.

L'information spatiale dans un S.I.G est sous forme de couches superposables reliées à des données alpha numériques structurées dans une base de données (**Figure.3**).

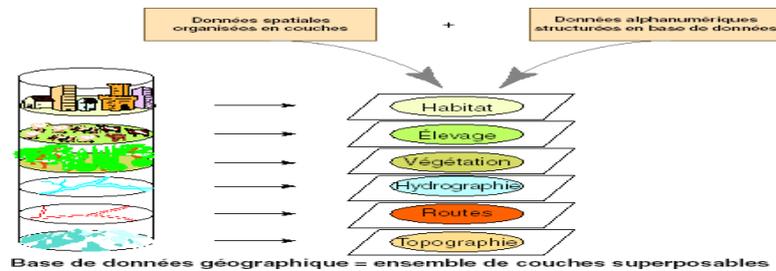


Fig. n° 12 : La structure de l'information spatiale dans un S.I.G

III.5. Type des données dans un SIG

D'après **Fauconnier (1994)**, un SIG comprend deux types de bases de données :

III.5.1. La base des données spatiales

Qui décrit les coordonnées et la forme géographiques des éléments de la base ;

III.5.2. La base de données attributs,

Qui comprend les caractéristiques diverses de ces éléments.

Ces deux bases peuvent être distinctes, ou intégrées dans une même entité.

III.6. Données spatiales :

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

Les données ponctuelles existent quand un objet est associé à un emplacement unique dans l'espace. Emplacement des villes etc.

Les données linéaires existent quand l'emplacement d'un objet est décrit par une chaîne de coordonnées spatiales. Rivières, routes, canalisations.

Les données surfaciques existent quand un objet est décrit par une chaîne fermée de coordonnées spatiales. Un objet surfacique fait généralement référence à un polygone.

Limites administratives, zones climatiques.

III.7. Les formats utilisés dans un SIG

Dans un SIG, deux types de formats de stockage de données sont possibles **format vectoriel** et le **format raster** :

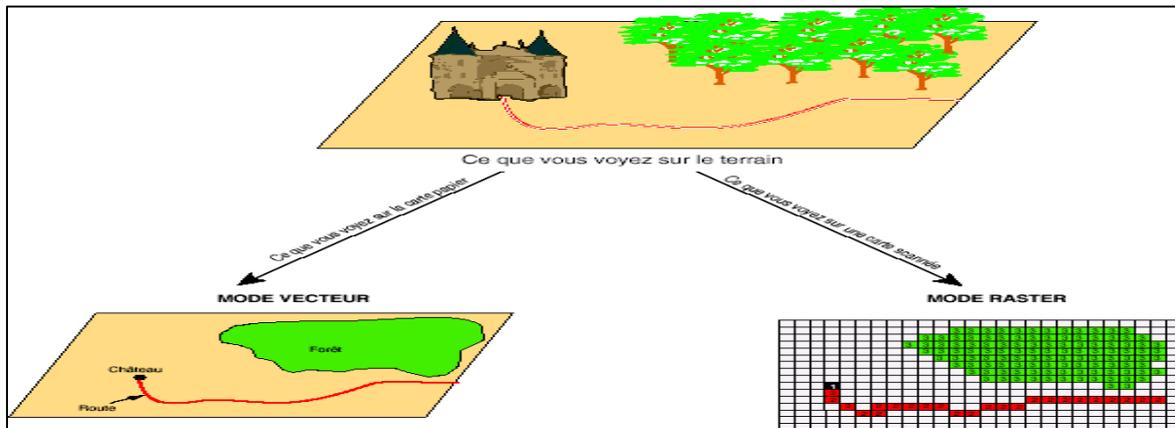


Fig. n° 13 : deux types de formats de stockage de données

III.7.1. Mode vecteur :

En mode vecteur, les objets sont définis par.

Les points : ils définissent des localisations séparées

Les lignes : représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex : rivières ou rue) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau

Les polygones : représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles des types de formation végétales **Fig. n° 13**

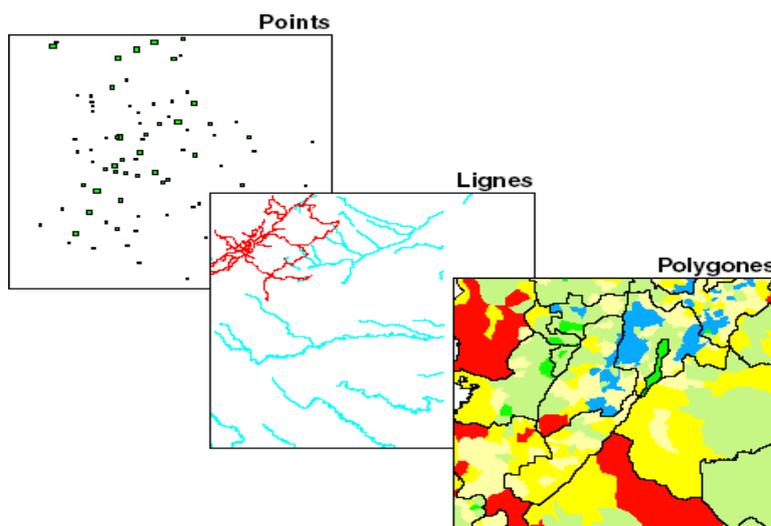


Fig. n° 14 : Exemples de données vectorielles.

III.7.1.1. Les avantages du vecteur :

- Il permet de représenter les objets géographiques en étant plus conforme au monde réel ;
- La localisation et la dimension des objets peuvent être calculée avec précision ;
- Le mode vecteur permet d'individualiser les objets et de leur associer un attribut.

D'autre part, on peut exprimer les relations qui existent entre eux (la topologie).

III.7.1.2. Les inconvénients du vecteur :

- Les données en mode vecteur doivent avoir été créées de façon parfaite ; toute imperfection crée des problèmes lors de la gestion des données (Laurent, 2013).

III.7.2. Formats des données raster :

En mode raster, l'image est composée par un ensemble d'éléments carrés de même dimension, le pixel. Parmi les données graphiques en mode raster, on retrouve, l'image satellitaire, l'ortho photographie, l'ortho photo plan. C'est également un mode de représentation des phénomènes alternatifs au mode vectoriel en ce qu'il permet une représentation homogène et généralisée des processus, phénomènes et des territoires.

La réalité est décomposée en une grille régulière et rectangulaire, organisée en lignes et en colonnes, chaque maille de cette grille ayant une intensité de gris ou une couleur. La juxtaposition des points recrée l'apparence visuelle du plan et de chaque information. Une forêt sera "représentée" par un ensemble de points d'intensité identique. On peut distinguer deux types de données raster :

- **Les images** : utilisées essentiellement pour la représentation graphique (photo aérienne, carte scannée). L'information contenue dans la matrice de pixel concerne la couleur de représentation de l'information. Cette information n'est pas directement accessible.

- **Les grilles** : utilisé pour du calcul et de la modélisation (modèle numérique du terrain). L'information contenue dans la matrice de pixel concerne une valeur quantitative (ex. Altitude), cette information peut être vue ou modifier dans la table attributaire

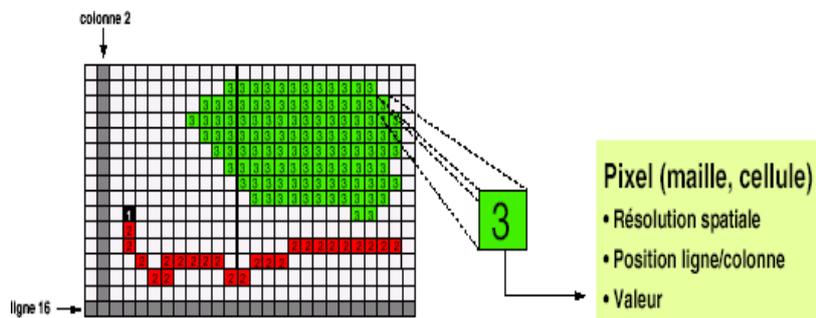


Fig. n° 15 : Exemple d'une donnée raster

CHAPITRE III : Les Systèmes d'Informations Géographiques

III.7.2.1. Les avantages du raster :

- Sa structure est très simple ; les données sont structurées sous forme de tableau, elles sont faciles à manipuler par l'ordinateur.
- D'autre part, les croisements de données sont faciles à réaliser, car toutes les grandeurs sont ramenées au pixel

III.7.2.2. Les inconvénients du raster :

- La capacité de mémoire nécessaire est importante, même si des compressions sont possibles (Ex : une image SPOT contient 9 millions de pixels de 20 m de côté) ;
- Le raster se caractérise par un manque de précision dans les positionnements des objets et pour les mesures des distances (dépend de la résolution) ;
- Il n'est pas possible d'individualiser les objets (routes,) (Laurent, 2013).

III.8. Les éléments constitutifs d'un SIG

Le terme de système d'information géographique englobe en fait quatre composantes, représentées sur la figure 16.

Un SIG comprend quatre composantes

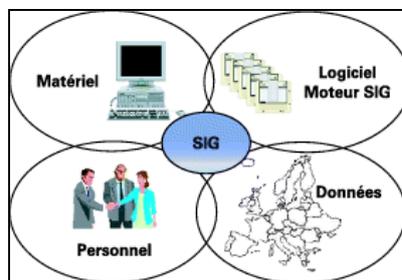


Fig. n° 16 : Les éléments constitutifs d'un SIG

III.8.1. Matériel :

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

III.8.2. Les Logiciels :

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

- **SIG generalists:** Arc info, MGE, Small World, Geomédia, Dynamo ETDynagen,

SPANS.

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

III.8.3. Les Données

Probablement la partie la plus importante du SIG. Le SIG peut intégrer des données spatiales et autres ressources de données existantes, généralement stockées dans un SGBD.

L'intégration des données spatiales et attributaires est une caractéristique clé Système d'information géographique

III.8.4. Les Personnes

Les SIG sans systèmes d'exploitation ni développeurs ont une valeur limitée Prévoyez de l'appliquer à des problèmes réels. Les utilisateurs du SIG vont des techniciens Concevoir et maintenir des systèmes pour ceux qui l'utilisent pour les aider à faire leur travail Tous les jours (par exemple, les responsables et les divisions thématiques). Bien identifier les rôles de chacun est souvent signe de bonne exécution. Travail SIG

CHAPITRE IV :

Présentation de la zone **d'étude**

IV.1 Présentation de la forêt de Terziza :

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

La forêt de Terziza est située au sud de la commune de Nesmoth

Elle est située entre la longitude 0°20'0'' et 0°25'0'' Est et la latitude 35°15'0'' Nord

S'étend sur une superficie de 1248,42097ha.

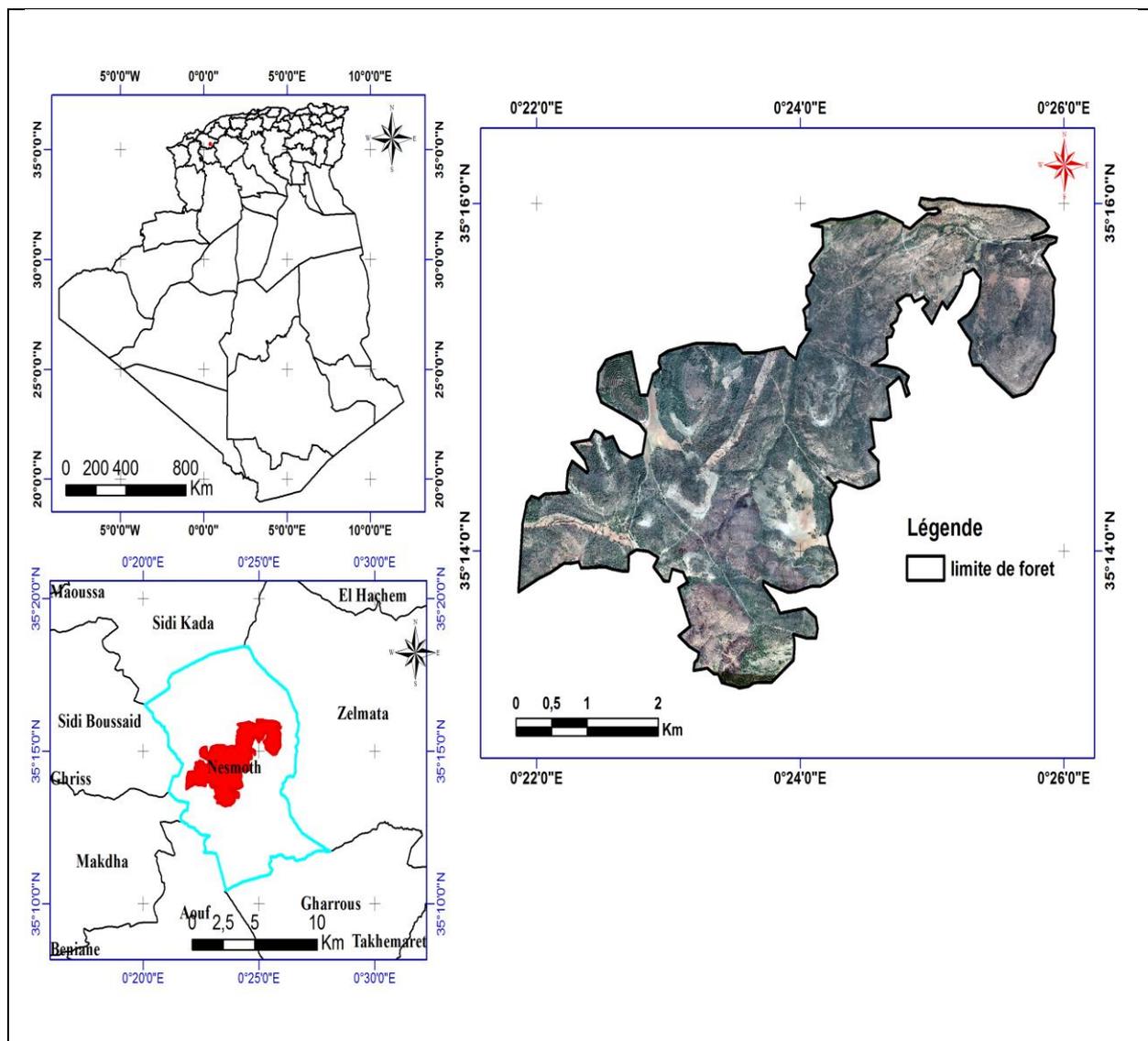


Fig. n° 17 : Localisation géographique de la forêt de Terziza (Nesmoth Mascara), (Dr. Anteur)

IV.1.2. Cadre géomorphologique :

Le terrain est un facteur clé dans la propagation du feu

L'information sur le terrain est déduite : l'exposition. La pente. L'Altitude par modèle numérique de terrain de la zone d'étude

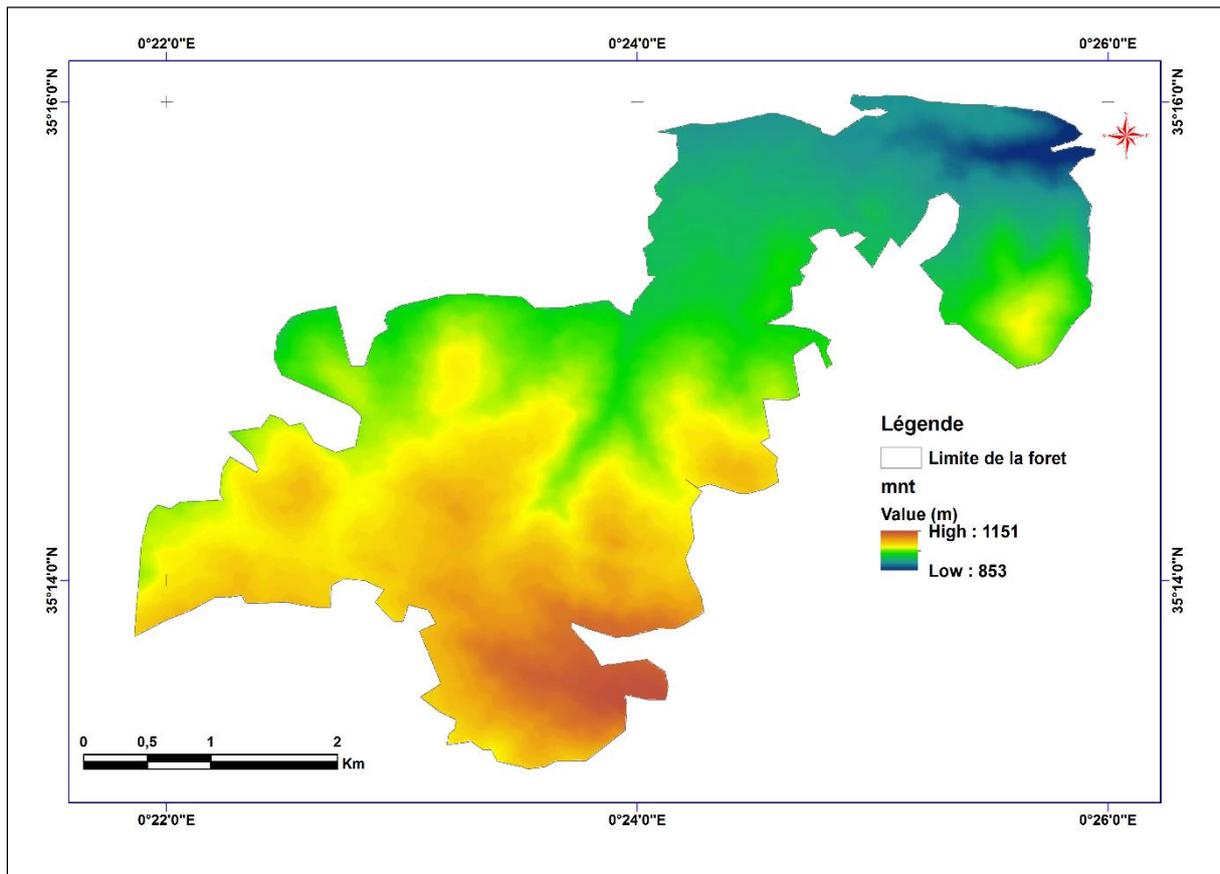


Fig. n° 18 : Le modèle numérique de terrain de la forêt de Terziza

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

IV.1.2.1. L'Altitude :

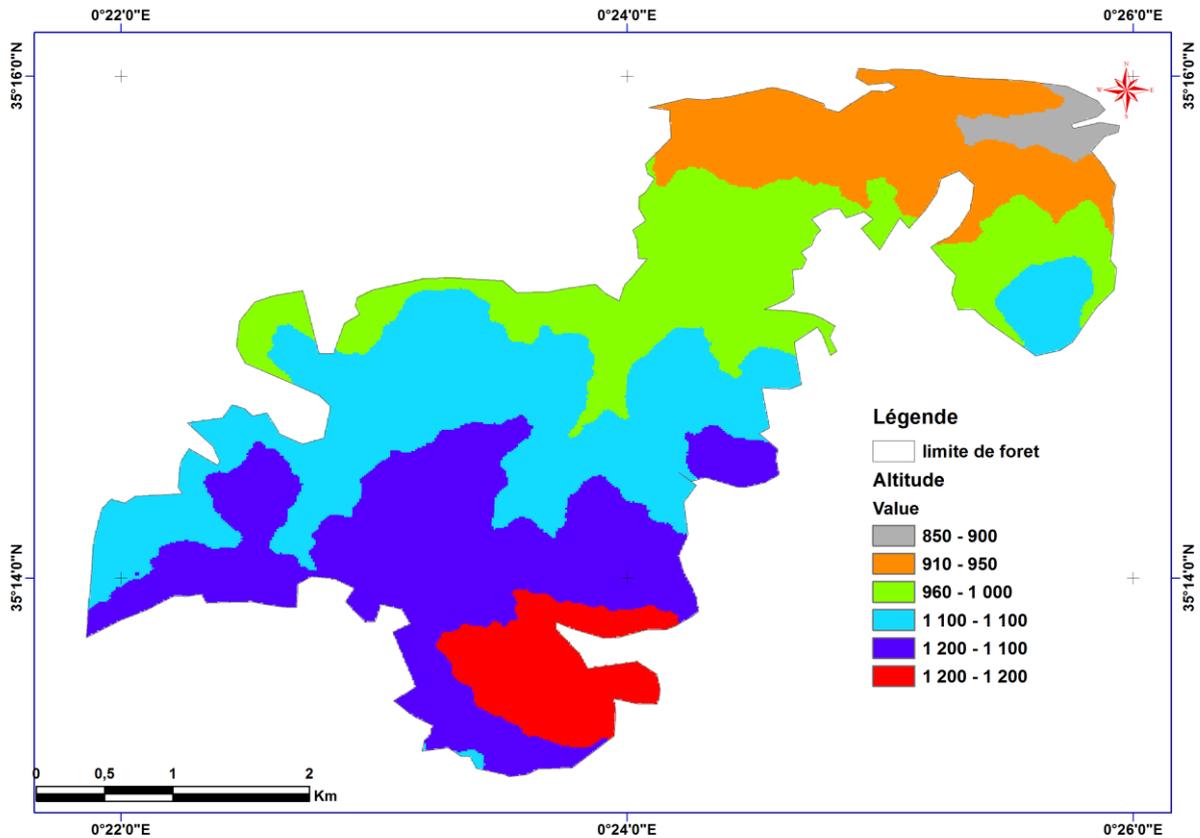


Fig. n° 19 : Carte hypsométrique de la forêt de Terziza

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

IV.1.2.2. La pente :

Le model numérique de terrain MNT nous montre une d'illustration d'imagerie topographique de la zone d'étude

Les cartes des pentes sont extraites, elles sont importantes dans le domaine des aménagements de territoire

La pente contribue aux incendies de forêt plus la pente est inclinée, plus le risque de propagation du feu est élevé, Et il est difficile de lutter contre les incendies dans la zone

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

Il existe 5 classes de pentes de 0 à plus de 25. Dans la zone d'étude (forêt de Terziza).

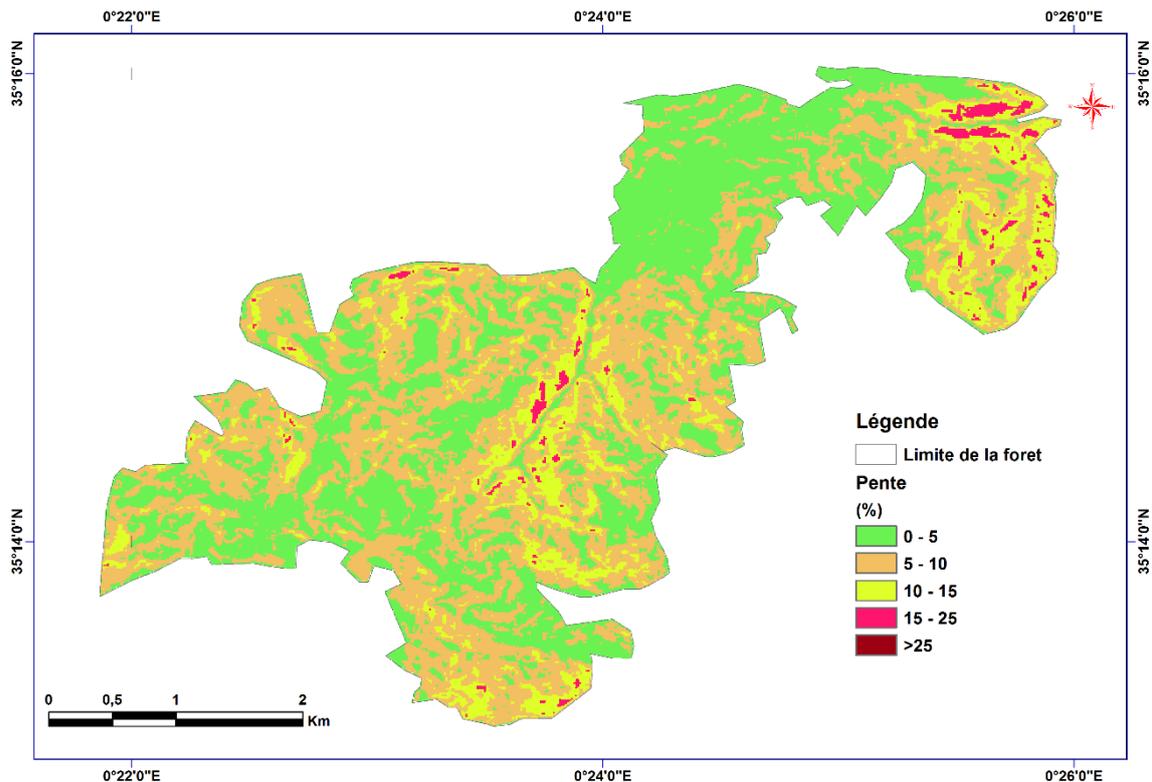


Fig. n° 20 : La répartition des classes des pentes de la forêt de Terziza

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

IV.1.2.3. Exposition :

La recherche sur les risques d'incendie associés aux zones boisées doit être Intégrer les paramètres d'exposition dans le traitement des données S.I.G pour déterminer les niveaux de risque d'incendie. De Données issues d'un modèle numérique du terrain du M.N.T, nous avons pu cartographier Expositions, ainsi que calcul de la superficie et du pourcentage des quatre catégories Exposition : Nord, Est, Sud, Ouest

Les quatre directions diffèrent en termes d'ensoleillement et d'humidité de l'air

Le côté nord est exposé à une quantité importante d'humidité, quant aux autres côtés, est exposé à une quantité importante de lumière solaire, ce qui le rend plus vulnérable au risque d'incendie.

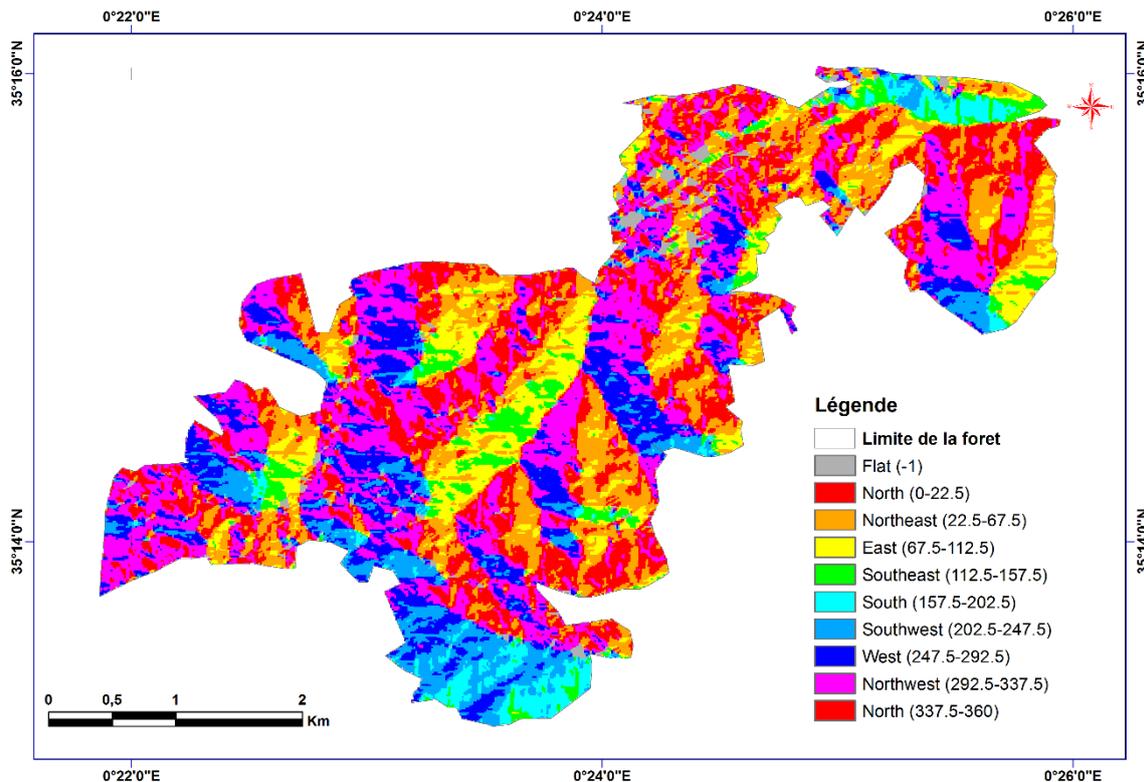


Fig. n° 21 : La carte d'expositions de la forêt de Terziza.

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

IV.1.3. Cadre socioéconomique de commune Nesmoth :

La recherche socio-économique a pour but de collecter et d'analyser des informations sur l'homme, ses conditions de vie et l'environnement dans lequel il a évolué, qui permettront des interventions pour rétablir l'équilibre naturel entre l'homme et son environnement.

Nesmoth est l'une des municipalités de l'état de Mascara elle s'étend sur une superficie de 95 km² et compte une population totale de 6446 habitants (au 31/12/2015) dont 3332 de sexe masculin soit une densité de 68 habitants par km². La population qui active dans le secteur de l'agriculture est estimée à 1385 habitants (selon les statistiques de la DPSB de Mascara)

IV.1.4. Occupation du sol :

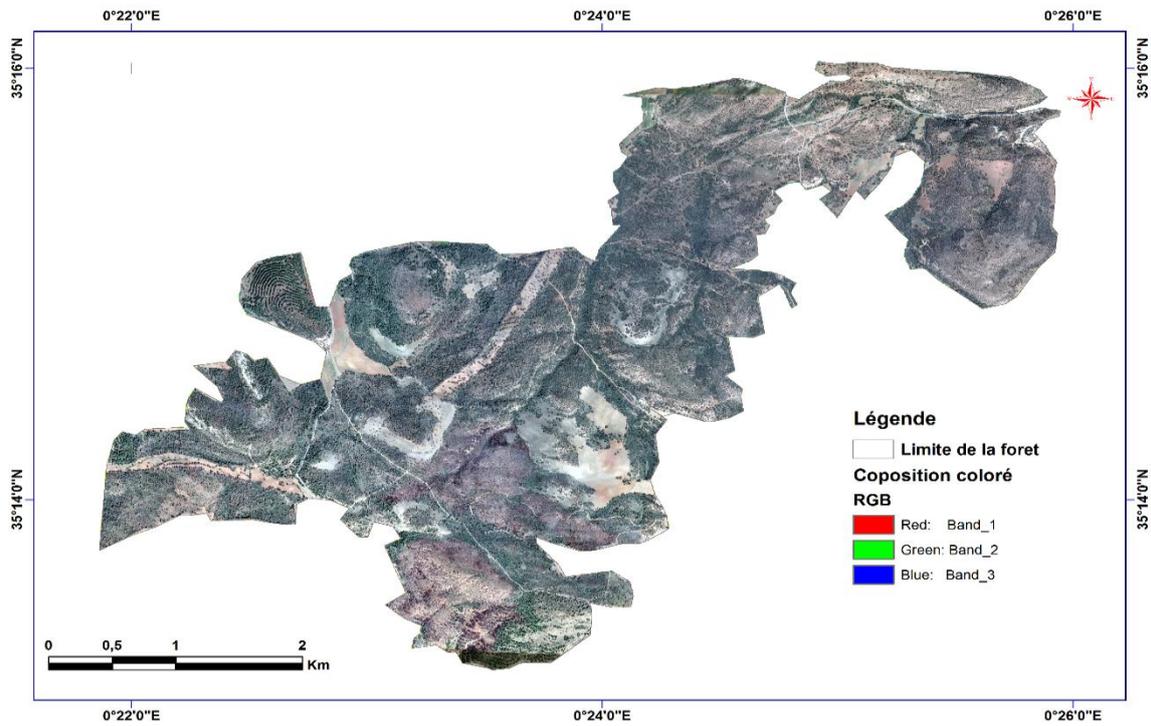


Fig. n° 22 : La composition colorée de l'image Sentinel-2 du forêt de Terziza (Dr. Anteur dj.2022)

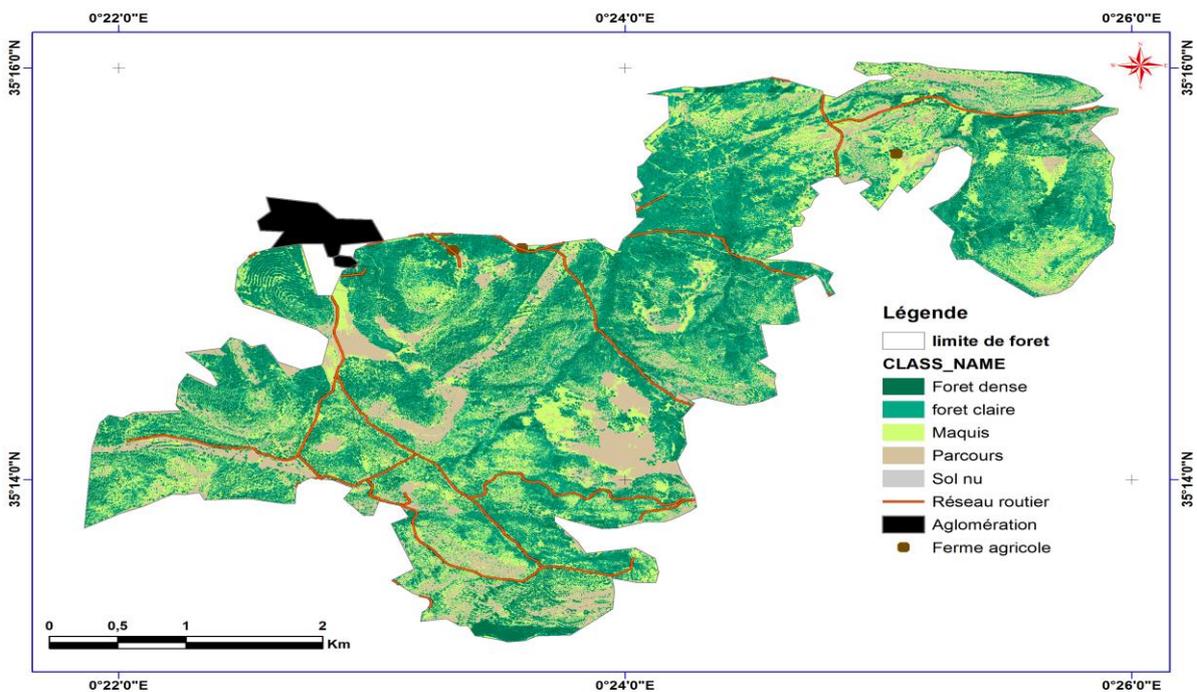


Fig. n°23 : La carte d'occupation du sol de la forêt de Terziza(Dr. Anteur)

IV.2. Etude du climat de la forêt de Terziza :**IV.2.1. Climat de la station de Mascara :**

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

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

Les éléments nécessaires à l'étude sont la pluviométrie, les températures maximales et minimales, l'évapotranspiration, les vents, les gelées et la neige. (SADAT.2016)

IV.2.1.1. Méthodologie :

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

IV.2.1.2. Pluviométrie de la station de Mascara :

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

Tableau n° 6 : La pluviométrie sur une période de dix (10) ans (Station météorologique de Mascara) **Sourde : (SADAT.2016)**

Année	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Total /an
2003	18	34	27	60	67	54	14	50	14	4	0	14	356
2004	15	46	57	78	17	40	11	19	84	9	3	2	381
2005	13	38	87	16	27	31	21	2	1	2	2	0	240
2006	7	3	6	93	114	47	14	11	50	6	2	0	353
2007	26	89	45	14	44	44	67	58	11	0	0	1	399
2008	46	44	64	85	21	18	29	15	41	3	11	0	377
2009	31	1	33	75	73	30	33	75	7	1	0	1	360
2010	5	50	55	20	78	12	64	33	42	0	0	48	407
2011	6	35	71	22	39	43	18	60	80	28	0	11	413
2012	3	40	128	46	18	72	27	63	3	2	0	15	417
Total/mois	170	380	573	509	498	391	298	386	333	55	18	92	
Moyenn e mensuelle	17	38	57	51	50	39	30	39	33	5,5	1,8	9,2	370

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

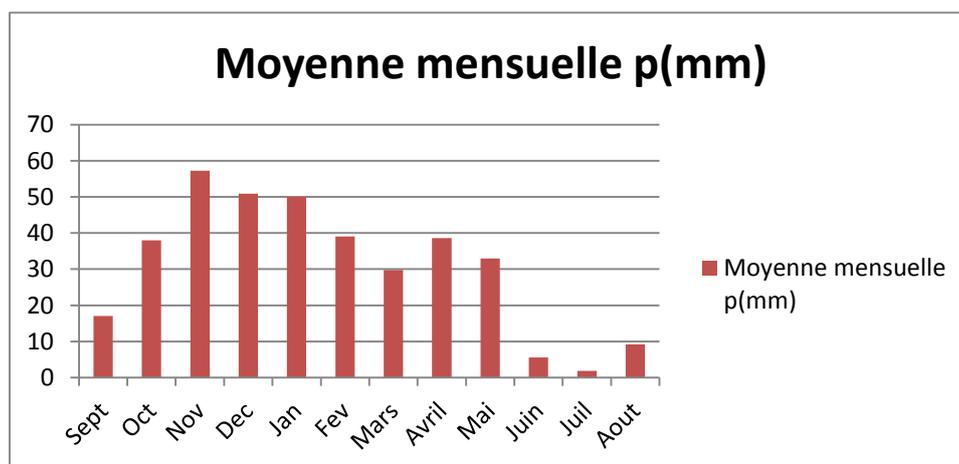


Fig. n°24 : La pluviométrie moyenne sur 10 ans

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

IV.2.1.3. Températures de la station de Mascara :

Les températures moyennes enregistrées au niveau de la station de référence varient de huit 08°C au mois de janvier pour atteindre 29°C au mois de juillet. Le mois le plus froid de l'année est janvier ou décembre et le mois le plus chaud est juillet ou Aout selon les années.

Le graphe ci-dessous montre l'irrégularité de la température à l'échelle mensuelle.

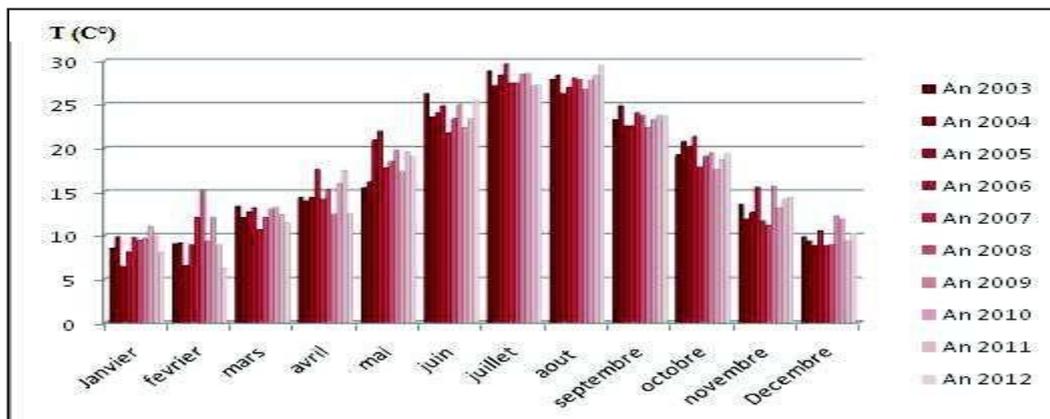


Fig. n° 25 : Les températures sur dix (10) ans

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

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

Tableau n° 7 : Les températures minimales et maximales durant 03 ans (Station météorologique de Mascara)

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

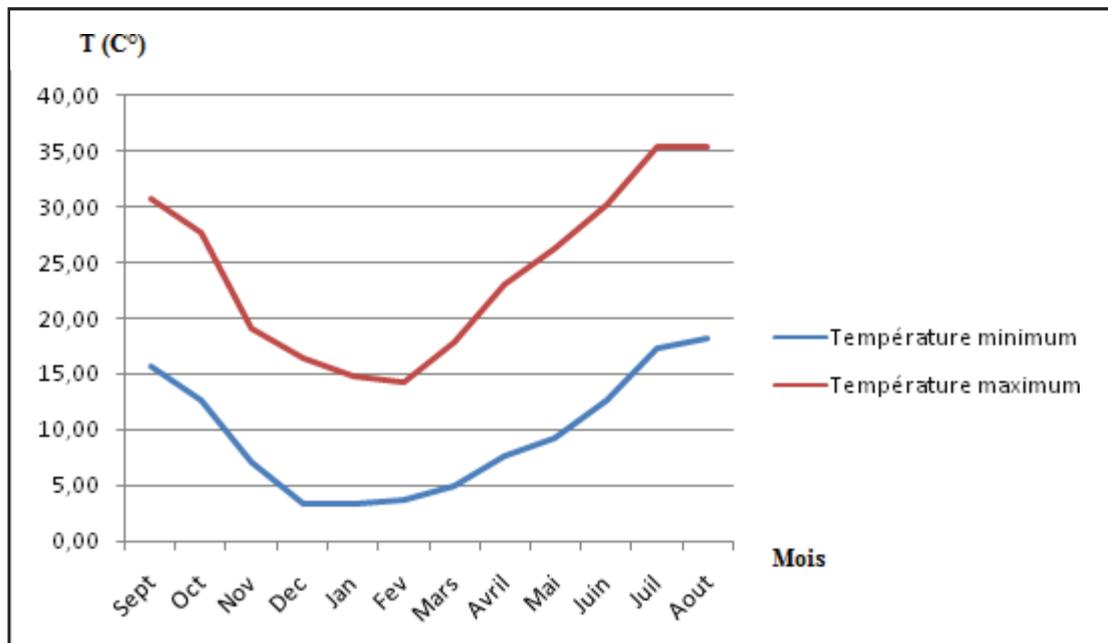


Fig. n° 26 : Amplitude thermique

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

a) Les gelées :

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

b) Neige :

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

Vents :

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

-**Les premiers :** vents du Nord-Ouest, bénéfique au végétale de la faite qu'ils présentent un taux d'humidité important.

-Les seconds : Vents du Sud, néfaste pour le végétale et le sol. Ils sont secs et violent en été

IV.2.2. Climat de zone d'étude :

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

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

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

- Température maximum (M) : Diminution de 0,7°C tous les 100 mètres d'altitude
- Température minimum (m) : Diminution de 0,4°C tous les 100 mètres d'altitude.

IV.2.2.1. Pluviométrie de la zone d'étude :

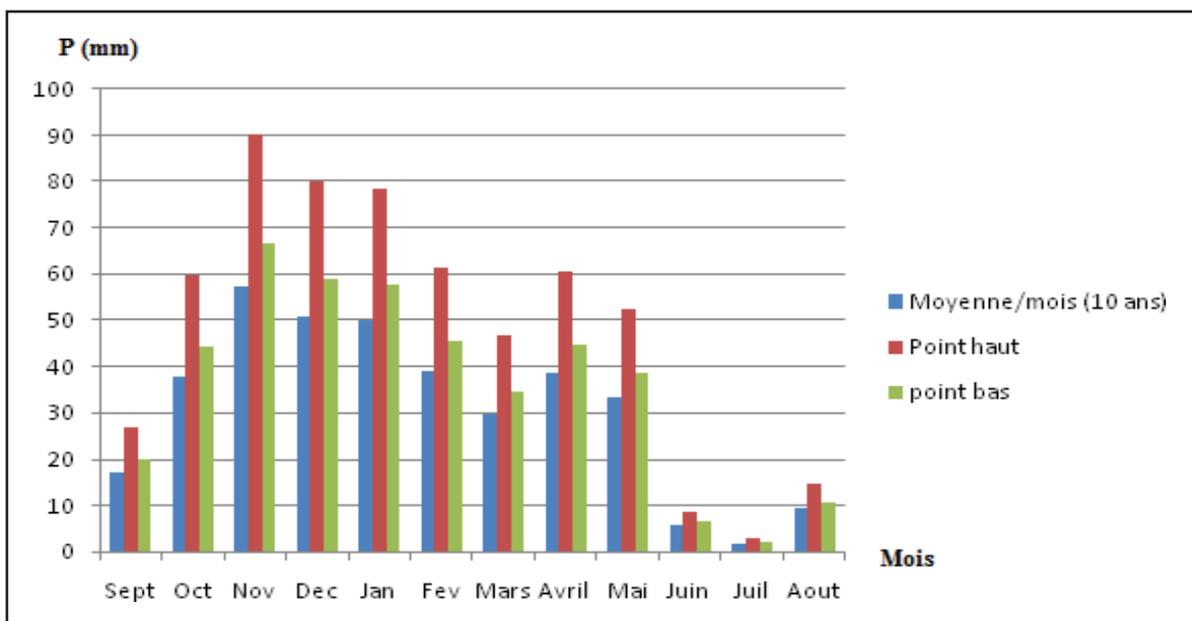


Fig. n° 27 : Histogramme de la pluviométrie moyenne du point haut et bas de la zone d'étude sur 10 ans

Tableau n° 8 : La pluviométrie moyenne du point haut et point bas de la zone d'étude sur 10 ans

Pluviométrie	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Total
Moye/mois sur 10 ans	17	38	57,3	50,9	49,8	39,1	29,8	38,6	33,3	5,5	1,8	9,2	370,3
Point haut	26,73	59,76	90,1	80,04	78,31	61,48	46,86	60,7	52,36	8,65	2,83	14,47	582,3
Point bas	19,75	44,16	66,58	59,15	57,87	45,43	34,63	44,85	38,69	6,39	2,09	10,69	430,29

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

IV.2.2.2. Température de la zone d'étude :

Point Haut :

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

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

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

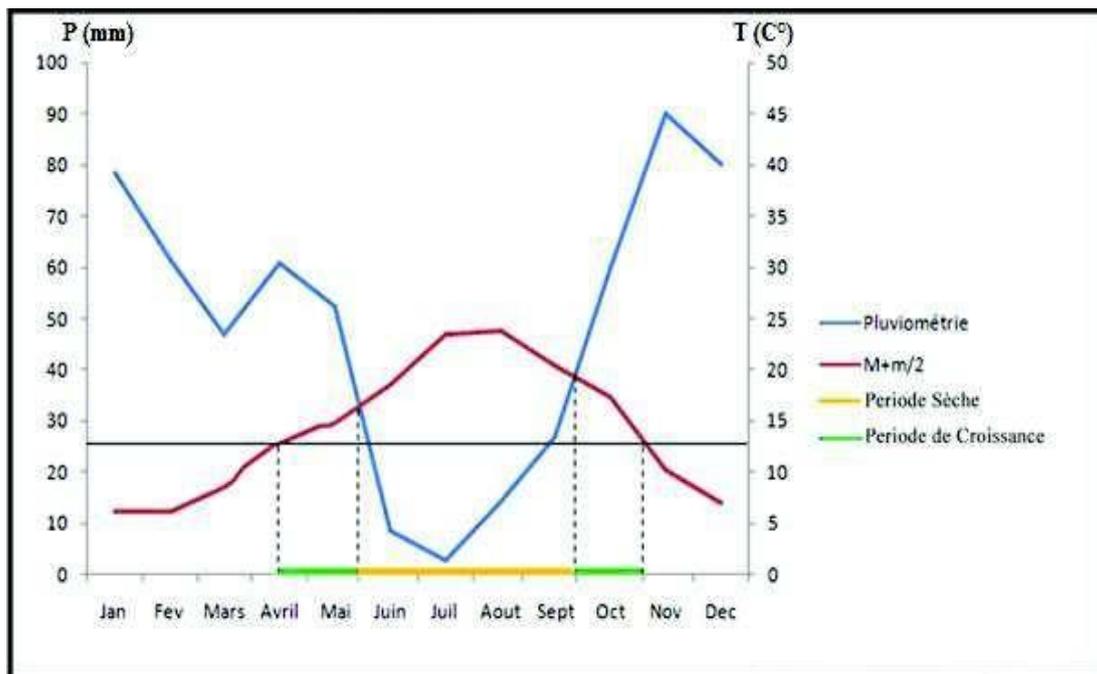


Fig. n° 28 : Diagramme ombrothermique du point haut

Le diagramme reflète trois saisons qui sont :

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

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

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

a) Point bas :

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

Tableau n° 10 : Température Min et Max du point bas de la zone d'étude

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

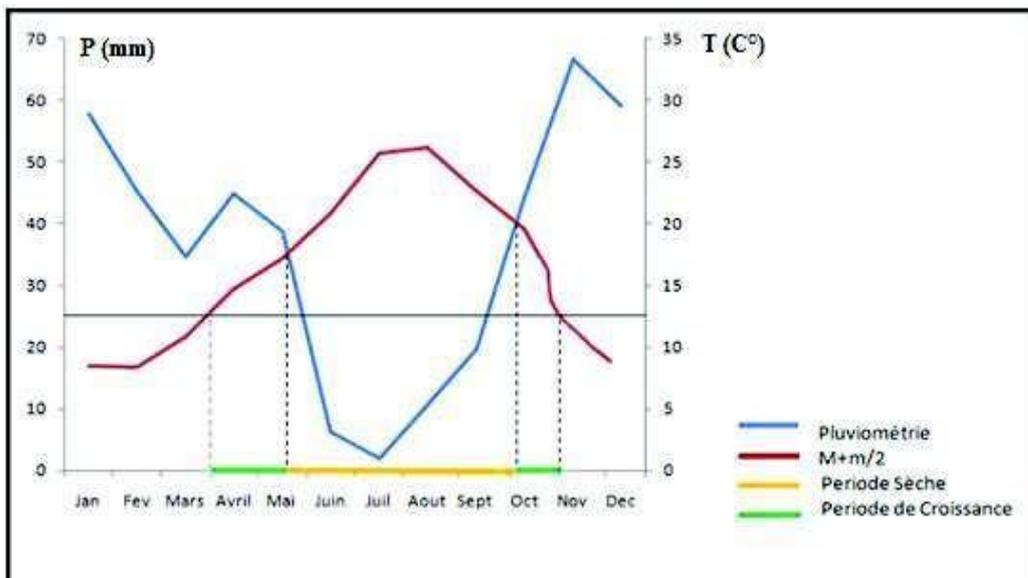


Fig. n° 29 : Diagramme ombrothermique du point bas

Le diagramme reflète trois saisons qui sont :

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

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

Saison de croissance : Elle dure plus de deux (2,5) mois et demi sur deux périodes. La première période moins importante se déroule au mois d'Octobre et la seconde à partir du 01 Avril jusqu'au 15 Mai.

IV.2.2.3. Etage bioclimatique de la zone d'étude :

Quotient pluviométrique d'Emberger

Formule utilisée : $Q = P / (M - m) \times 3,43$ ou

Q = Quotient pluviométrique

P = Pluviométrie annuelle moyenne en mm

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

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

On obtient ainsi pour le :

a) Le point Haut :

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

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

a) Le point Bas :

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

Concernant le point bas avec des minima en décembre de l'ordre de 2.77 et un quotient de 46, 08, le point bas situe dans l'étage bioclimatiques semi-aride à hivers frais.

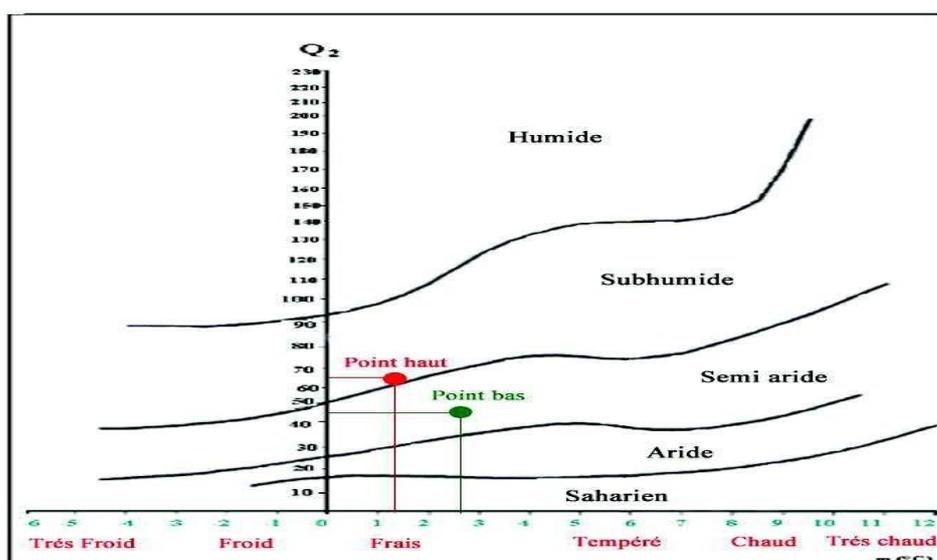


Fig. n° 30 : Etage bioclimatique de la zone d'étude

CHAPITRE V :

Matériels et méthodes

V.1. Objectif de travail

L'objectif de ce travail est d'intégrer des données multi-sources dans un SIG pour la cartographie des risques d'incendie du forêt de termina dans la commune de Nesmoth

V.2. Matériels utilisés :**V.2.1. Matériels Sur terrain :**

GPS (Global Position System) : pour connaître les coordonnées de la zone

Un appareil photo numérique : pour prendre des photos de la zone

Un ensemble d'outils (Des jalons Un mètre ruban pour calculer la surface)

V.2.2. Logiciels utilisés :

Arc GIS 10.3 : Le logiciel Arc GIS 10.3 qui est une suite de logiciels d'information géographique (ou logiciels SIG). Le support cartographique qui représenté au major par la topographique.

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

Utilisation de cartes

Compilation, mise à jour et gestion de données géographiques

Automatisation de tâches à l'aide des géo traitements

Analyse et modélisation à l'aide des géo traitements

Visualisation et affichage de résultats sur des cartes, des vues 3D et des représentations dynamiques temporelles

Gestion de bases de données géographiques multiutilisateurs

Mise à disposition de ressources et de résultats SIG vers une large gamme d'utilisateurs et d'applications :

Documentation et catalogage des résultats (jeux de données géographiques, cartes, globes, scripts de géo traitement, services SIG, applications, etc.)

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

Arc GIS Desktop comprend une suite d'applications :

Arc Catalog, Arc Map, Arc Globe, Arc Scene, Arc Toolbox ET Model Builder.

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

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

1. Arc View
2. Arc Editor
3. Arc Info

Sas Planet : Logiciel de téléchargement des images satellites à haute résolution. Pour créer une carte sous un des logiciels des Systèmes d'Informations géographiques (SIG),

ENVI : Le logiciel ENVI est logiciel complète de visualisation et d'analyse d'image issues de la télédétection. Son interface logique et intuitive permet de lire, de visualiser et d'analyser différents formats d'images, de toutes tailles et sur une grande variété de plateformes. De plus, ENVI inclut également le puissant langage de développement IDL (Interactif Data Langage) qui permet d'étendre les fonctionnalités d'ENVI ou de créer ses propres routines.

V.2.3. Les cartes

· Une carte topographique de forêt de Terziza (échelle 1/25000) ;

Carte Lithologique (échelle 1/500000)

V.1.2. Les données satellitaires :

Pour étudier les risques d'incendies en forêt de Terziza et pour la réalisation de la carte d'occupation du sol d'observation on a utilisé :

Une image satellitaire du programme Sentinel 2A du 00/00/0000

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

Ces images sont téléchargeables gratuitement à partir du site :

(<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/#>).

V.2.4. Model Numérique de Terrain :

Le MNT (modèle numérique de terrain) est une représentation numérique et mathématique de l'altitude d'un point quelconque de la surface terrestre d'une zone géographique, dans un système référentiel bien défini. Même si le MNT représenté sous forme de triangles irréguliers présente certains avantages (**Peucker et al. 1978**),

La base de données altimétriques est constituée d'un modèle numérique de terrain pour obtenir un ensemble de cartes : Cadre géomorphologique et les cartes d'exposition et pente et l'altitude, vues en perspective (3D) ...etc.

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

<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/#>

V.3. Méthodologie de travail

Pour la réalisation de la carte du risque incendie de forêt, nous ont utilisé le modèle turc adopté par Erten et al. (2004) et Xu et al. (2005). Ce modèle implique cinq facteurs : le type de végétation (TV), la pente (S), l'exposition(E), la distance des routes (Dr) et la distance des agglomérations (Da). Le modèle appliqué est basé sur la formule suivante :

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

(Erten et al. 2004)

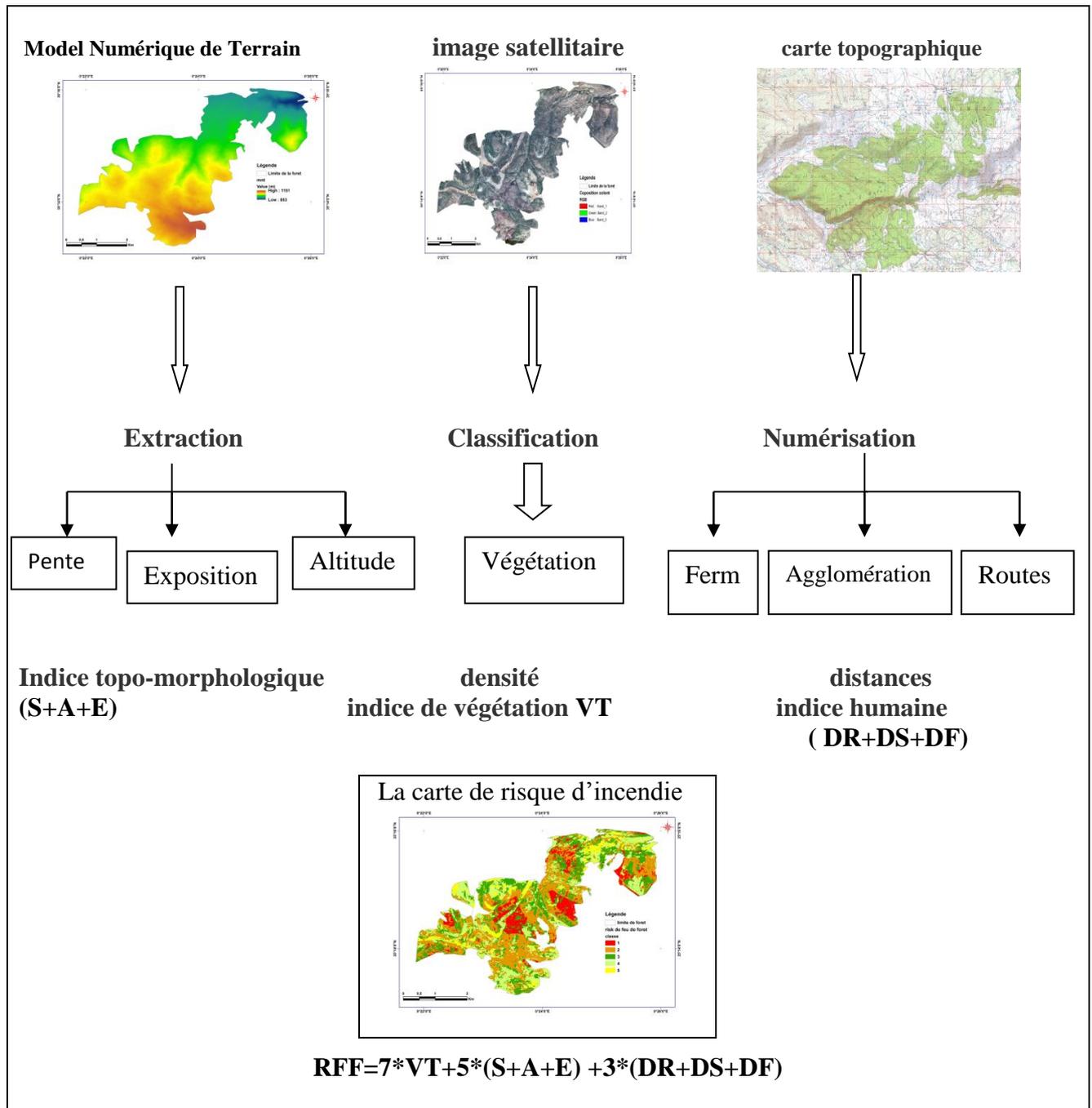


Fig. n° 31 : Risque à l'incendie de la forêt

Avec :

RFF : facteur Risque de Feu de Forêts ;

VT : Type de végétation ; S, A : respectivement la pente et son aspect ou exposition ;

E : élévation ; DR : distance des routes ; DS : distance des agglomérations ;

DF : distance des maisons et/ou terres cultivées.

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

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

V.5. Reconnaissance terrain :

Nous avons effectué une sortie de terrain dans une forêt de Terziza dans la commune de Nesmoth le vendredi 25/03/2022, au cours de laquelle la zone d'étude a été explorée et quelques photos ont été prises des types d'arbres de la forêt : pin d'Alep et chêne vert.... Ce processus est positif pour soutenir la base de données avec les informations nécessaires au logiciel Arc Gis et une compréhension plus précise de la nature Élévation et exposition du terrain Dans la région ainsi que de la végétation pour cartographier les risques d'incendie



Photo n° 10: Feu de camp



Photo n° 11 : effets de feu



Photo n° 12 : Déchets de verre

CHAPITRE VI :

Résultats et discussion

VI. Résultats et discussion :**VI.1. La cartographie du risque d'incendies :**

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 Arc GIS, est l'outil parfait, permettant aux utilisateurs potentiels d'établir différentes cartes de risques selon leur gré et leurs objectifs.

(HABIBECHE .al 2019)

VI.2. Le risque topographique :

À l'aide d'un modèle numérique de terrain, nous avons extrait les 3 facteurs topographiques contribuant au comportement du vent et aux incendies et déterminé les risques d'incendie dans la forêt de Terziza.

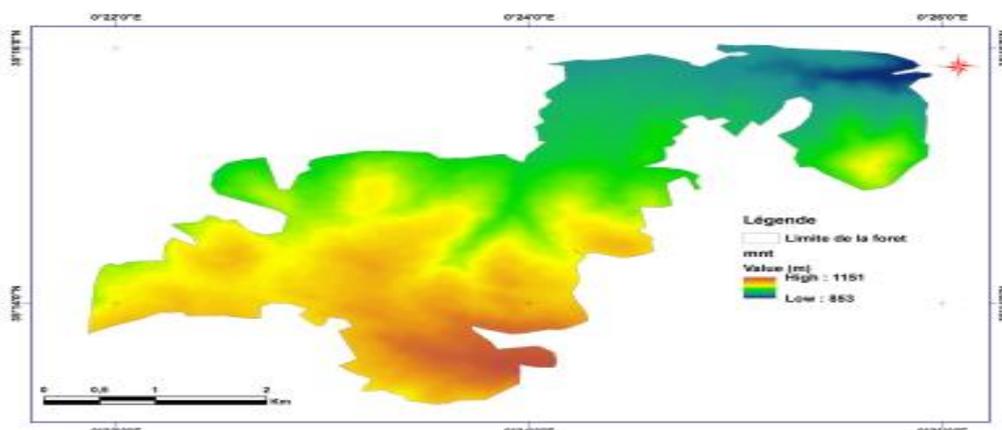


Fig. n° 32 : Le modèle numérique de terrain de la forêt de Terziza.

VI.2.1. La pente :

La pente est l'un des facteurs de propagation des feux en forêt, ce qui influe sur la pente de la flamme, qui contribue au transfert de chaleur dans la zone de feu

Par conséquent, plus la pente est forte et plus le risque augmente. Ce qui rend également difficile l'accès à la zone d'incendie pour combattre le feu

Tableau n° 12 : Le paramètre de pente dans la détermination du risque d'incendie

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

Source : FETATI (2008)

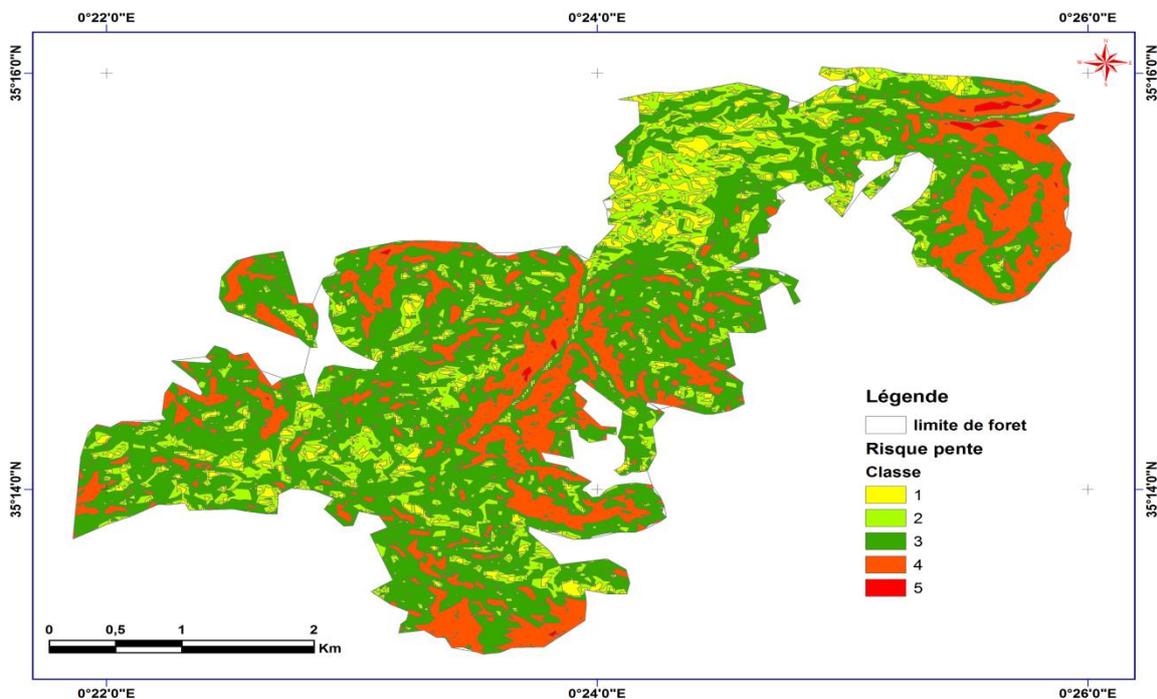


Fig. n° 33 : Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la pente (Dr. Anteur)

En cette zone il y a 5 classes :

Les classes les plus représentées sont la classe à risque moyen présenté en vert, puis la classe à risque fort, La classe à risque faible et très faible occupe un espace bas, qui est représenté en jaune, la classe à risque fort, La classe à risque fort représentée en rouge est faible

Généralement, les pentes sont des terrains pleins, les fonds de vallées et les plateaux, ces terrains n'ont aucun risque d'incendie. Le risque d'incendie dans ces zones est moyen

VI.2.2. L'exposition :

Tableau n° 13 : Le paramètre d'exposition dans la détermination du risque d'incendie

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

Source : FETATI (2008)

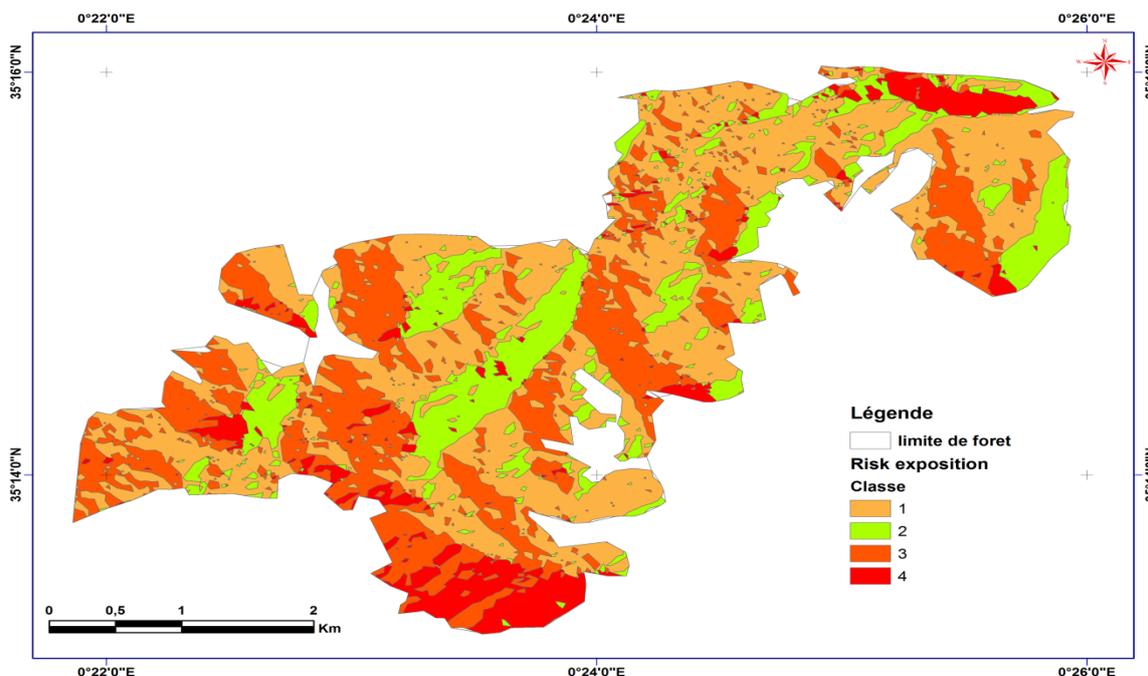


Fig. n° 34 : Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur l'exposition (Dr. Anteur)

En Figure n°30 l'indice de l'exposition :

Les classes des risques exposition est très fort S.O (180 – 270) qui est représentée en rouge.

Les classes des risques exposition est fort S.E (90-180) qui est représentée en orange

Les classes des risques exposition est moyen N.O (270-380) qui est représentée en vert

Les classes des risques exposition est faible N.E (0-90) qui est représentée en jaune

VI.2.3. Altitude :

Des altitudes plus élevées sont associées à plus d'air froid et à la probabilité de pluie, de sorte que le risque d'incendie a tendance à être plus faible. Les tendances des incendies à des altitudes plus élevées seront moins graves en raison de fortes pluies possibles.

Tableau n° 14 : Le paramètre d'altitude dans la détermination du risque d'incendie

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

Source : FETATI (2008)

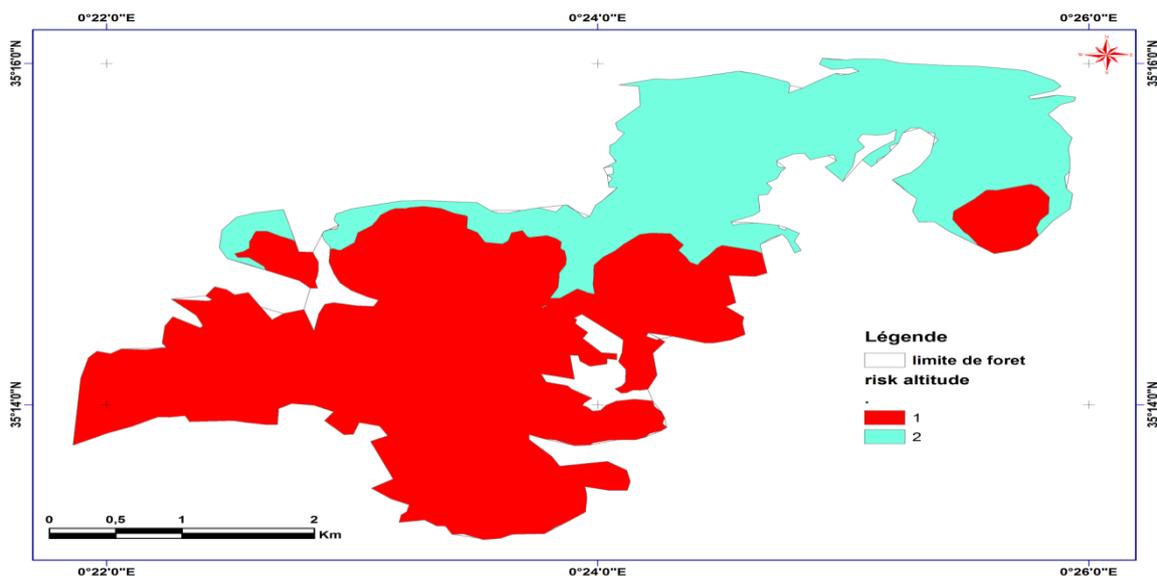


Fig. n° 35 : Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur l'Altitude (Dr. Anteur)

En la zone étude il y a 2 classes : Plus de la moitié de la zone a classe 1 de risque très faible représentée en rouge. Le reste de l'espace à classe 2 risque faible représentée en bleu

VI.3. Le risque végétation :

Le principal facteur qui affecte la propagation d'une forêt feue, est le type de végétation, l'étude des informations sur la couverture végétale, ses types et sa composition contribue à déterminer les zones de risques d'incendie dans la zone d'étude, composés des espèces principales qui sont le Pin d'Alep, le Chêne liège, l'Eucalyptus, le chêne vert, le thuya et un sujet de cèdre

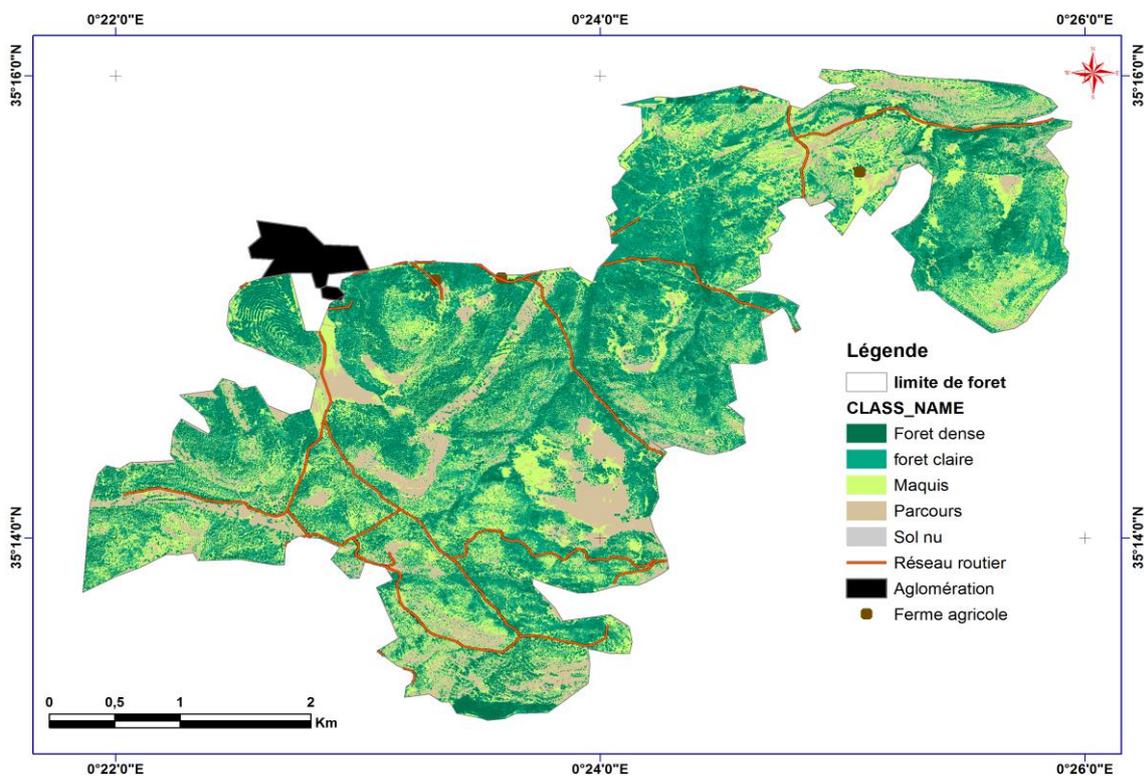


Fig. n° 36 : Carte de végétation de la zone d'étude, (Dr. Anteur)

Tableau n° 15 : Le paramètre de végétation dans la détermination du risque d'incendie

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

Source : FETATI (2008)

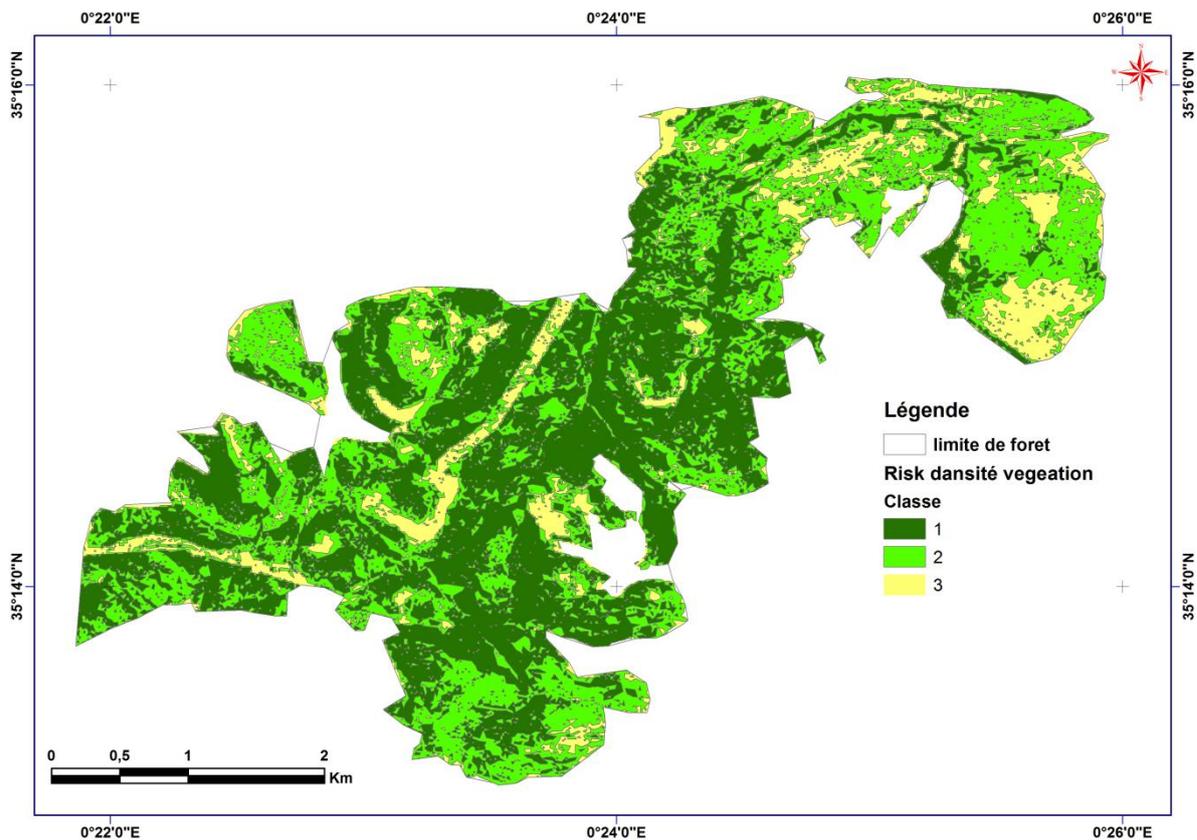


Fig. n° 37 : Carte de risque densité de végétation de la zone d'étude, (Dr. Anteur)

Dans la zone d'étude il y a 3 classifications :

Les classes 1 et 2, représentées en vert, ont une densité élevée, où le risque est fort et moyen, et représentent plus de 90 % de la superficie de la zone d'étude, La classe 3 représentée en jaune a une faible densité, où le risque est faible, et elle représente le sol nu de la zone

VI.4. Le risque anthropique :

L'indice humain est retenu comme l'un des facteurs de l'évaluation des risques. Elle est liée à la présence et à l'activité humaine (facteurs anthropiques). Cet indice humain était caractérisé par les distances des routes, des agglomérations, maisons et/ou terres agricoles. Ces paramètres impactent le début des incendies de forêt (Belkaid 2016 ; Medddour2014 ; Faleh et al. 2016). Le risque d'incendie diminue lorsqu'on s'éloigne des zones humaines

En termes de procédure de cartographie, les zones à risque de feux de forêt (Distance des voiries, Distance des maisons, Distance des agglomérations)

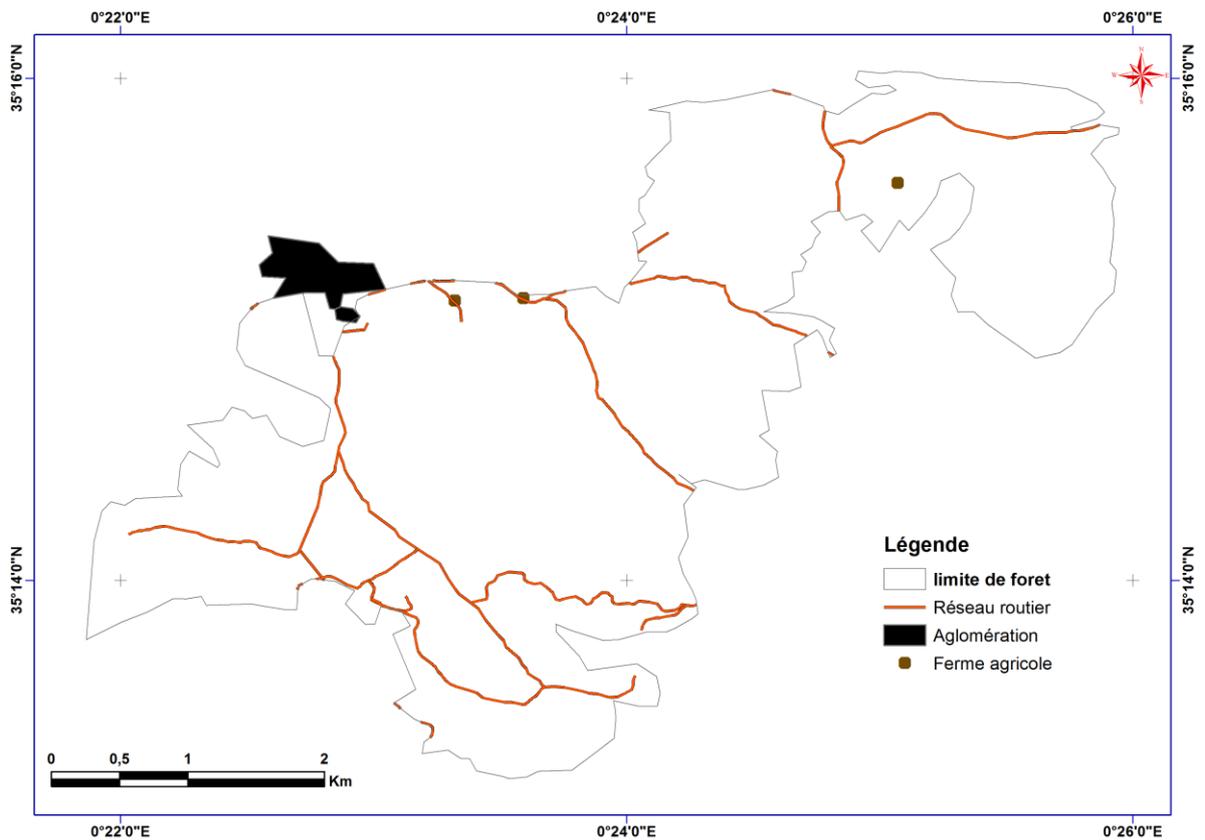


Figure n°38 : Carte de facteur indicateur de la présence humaine (Dr. Anteur)

VI.4.1. Distance des voiries :

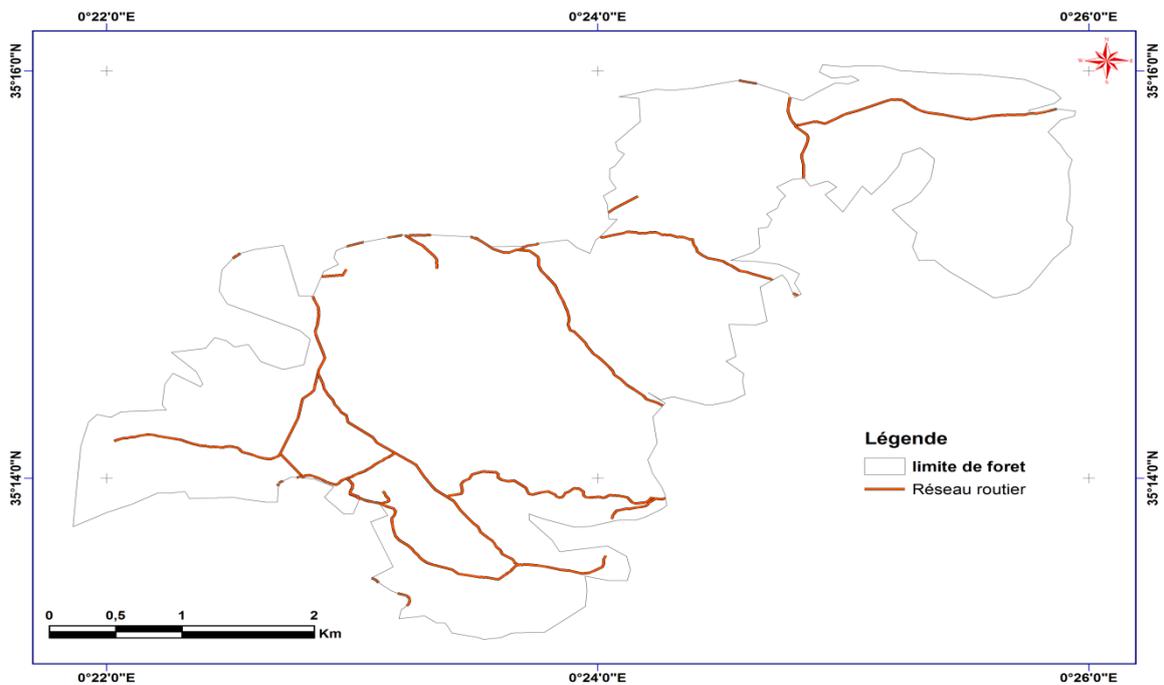


Fig. n°39 : Carte des infrastructures Routiers (Dr. Anteur)

Tableau n° 16 : Le paramètre distance des voiries dans la détermination du risque d'incendie

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

Source : FETATI (2008)

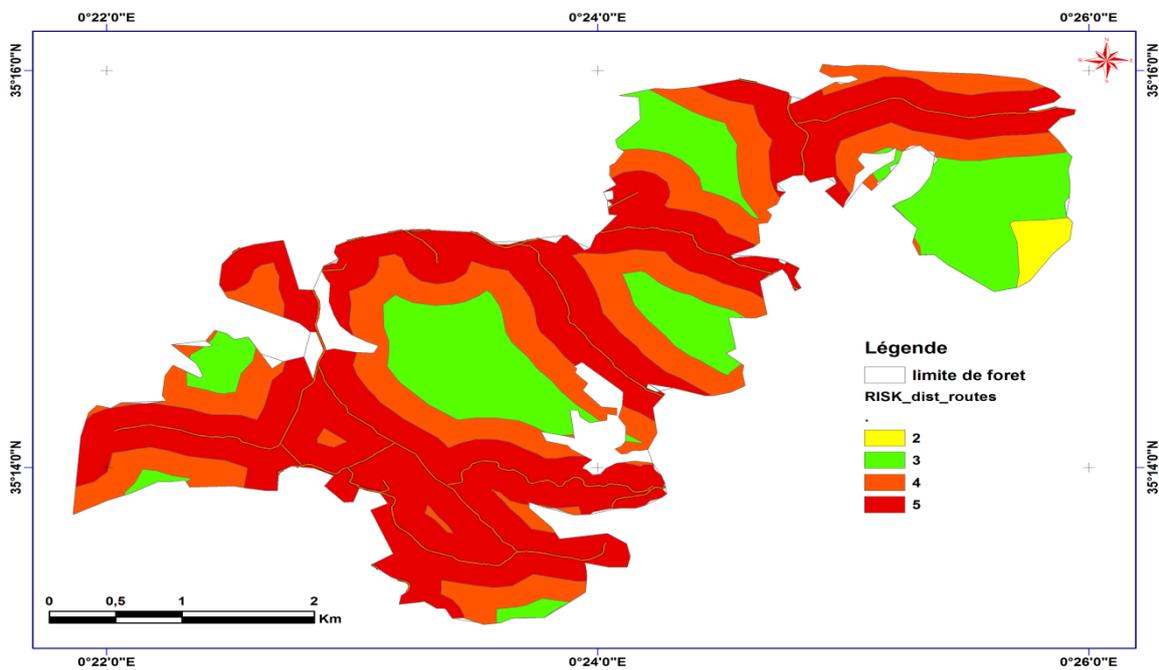


Fig. n°40 : Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la distance des voiries (Dr. Anteur)

VI.4.2. Distance des agglomérations :

Tableau n° 17 : Le paramètre des agglomérations dans la détermination du risque d'incendie

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

Source : FETATI (2008)

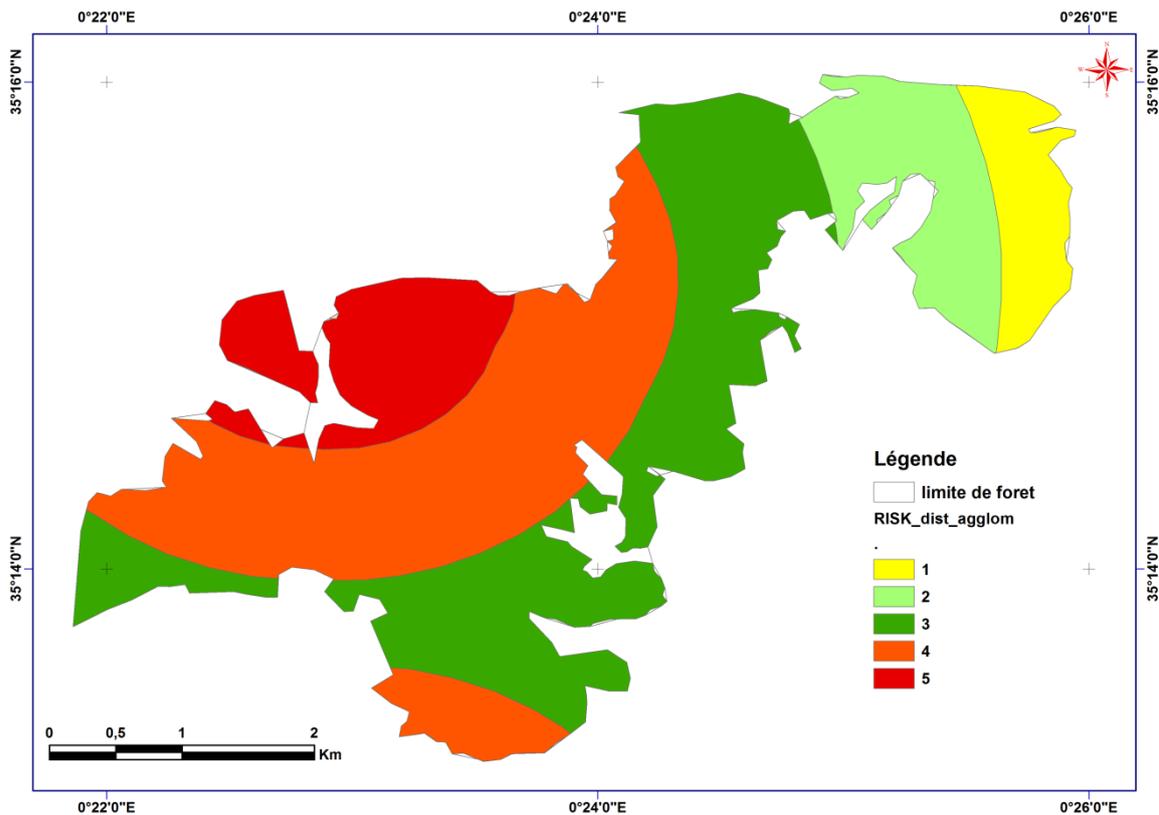


Fig. n°41 : L'indice de distance d'agglomération

Les classes des risques d'incendie sont fort et très fort (0 – 500) qui est représentée en rouge.

Les classes des risques d'incendie sont moyennes (500-1000) qui sont représentée en vert

Les classes des risques d'incendie sont

Faibles et très faibles (>1000) qui est représentée en jaune

VI.4.3. Distance des maisons :

Tableau n° 18 : Le paramètre des distances des maisons dans la détermination du risque d'incendie

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

Source : FETATI (2008)

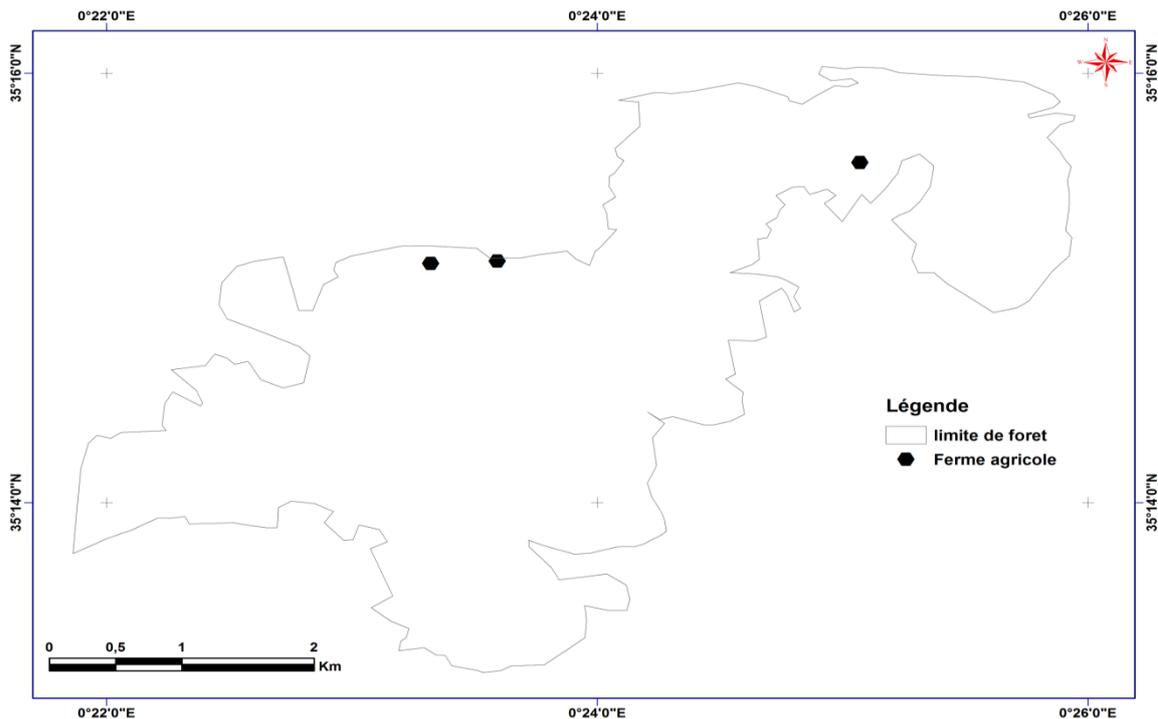


Fig. n° 42 : Carte des fermes agricole (DR. ANTEUR)

VI.5. Application du modèle :

Après extraction de la Cartographie des risques individuels (le pente, exposition, Altitude, densité de végétation).Et Le risque anthropique (Distance des voiries, Distance des maisons, Distance des agglomérations), À l'aide du SIG, les informations ont été combinées pour obtenir la carte finale des risques d'incendie dans la zone d'étude, L'utilisation des SIG a contribué de manière significative à la recherche de l'impact du risque d'incendie dans la forêt de Nesmoth Terziza et à économiser du temps et aussi en coût, a géomatique facilite beaucoup et aide à la maitrise des thématiques.

Sur un plan thématique, l'équation

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

VI.5.1. 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.

Les classes des risques fort et très fort fait : référence à la densité de la végétation et des plantes inflammables telles que (*Quercus coccifera*.*Pinushalepensis*). Et pin d'Alep, et la grande exposition au soleil et une pente élevée. et La distance des agglomérations est proche de la zone

Les classes des risques moyens : est largement répandue dans la zone

Les classes des risques faible : Cette classe occupe le moins de superficie dans la région, Représente un sol nu et une faible pente et une exposition nord.

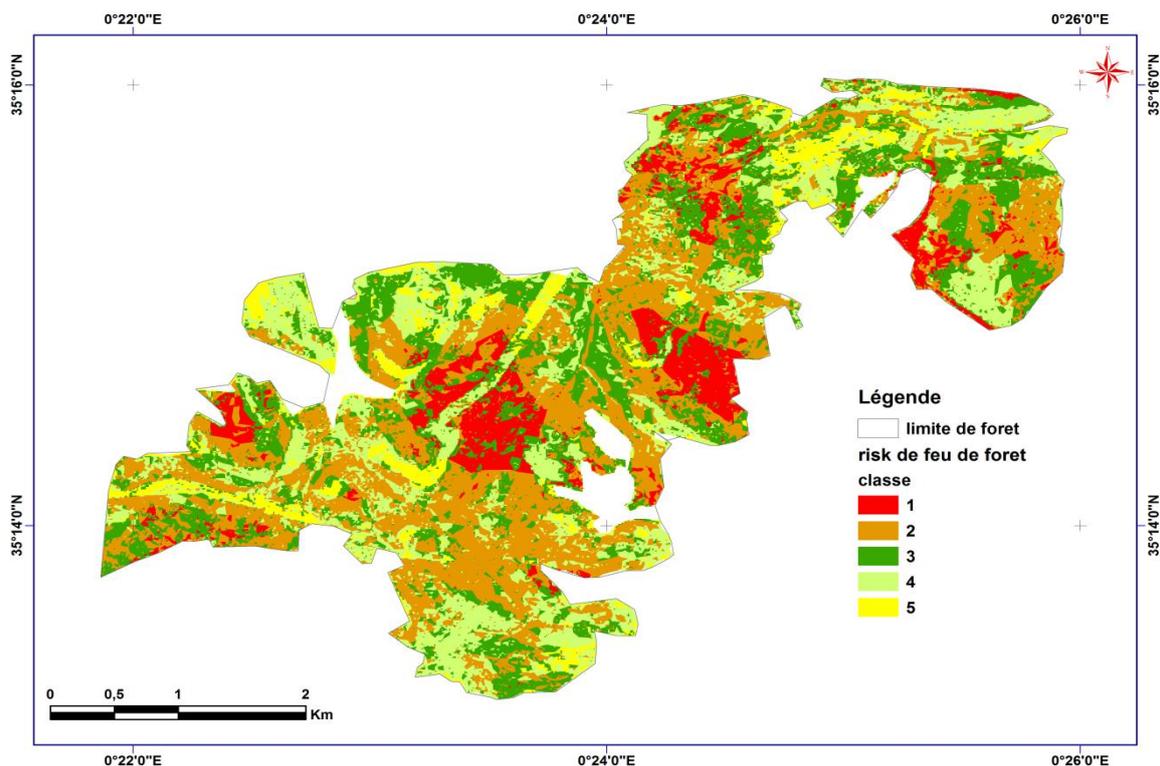


Fig. n° 43 : Carte des risques de feux de forêt de la zone d'étude (DR. ANTEUR)

Le pin d'Alep et le chêne vert représentent une grande partie de la forêt de Terziza

Ils sont l'un des principaux types dans la région méditerranéenne, ce qui affecte la haute combustibilité et l'inflammabilité selon **ARFA (2008)**

Nous concluons des résultats obtenus que les facteurs humains et climatiques affectent les risques d'incendie dans la forêt de Terziza

La forêt demeure la formation végétale la plus touchée par les feux avec 60,6% de la superficie totale brûlée. En Algérie l'essence la plus touchée par le feu est le pin d'Alep, (TALBI & AL. 2017).

VI.6. Zones d'incendie dans la forêt de Nesmoth :

La (figure 44) Indique que plusieurs zones de la forêt de Nesmoth ont été brûlées.

Le grid code représente le degré d'incendie dans les zones qui ont été brûlées

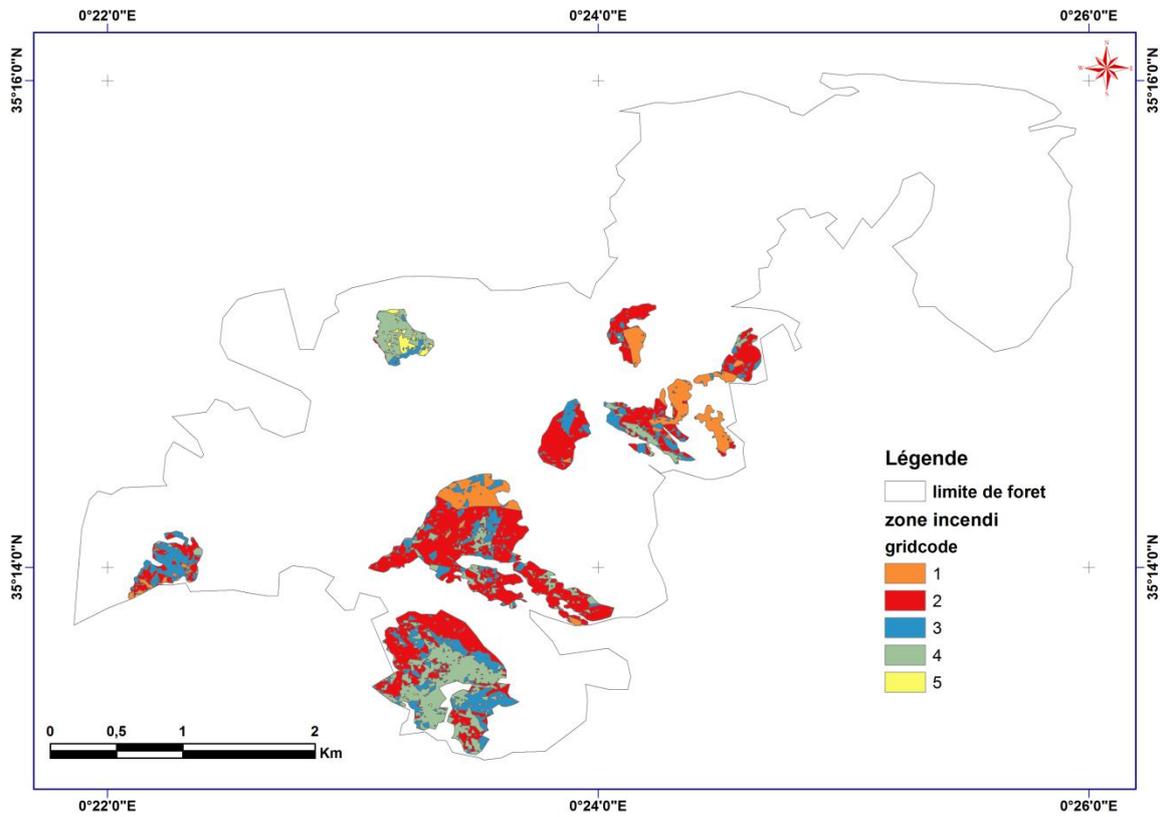


Fig. n° 44 : Carte des zones d'incendie dans la forêt de Nesmoth (Dr. Anteur)

Conclusion

Général

Conclusion générale

La forêt de Terziza sur la commune de Nesmoth est une zone d'intérêt écologique et socio-économique important pour les touristes et les riverains. Malheureusement, ils sont souvent victimes d'incendies et d'actions humaines qui entraînent leur dégradation. Par conséquent, ces forêts subiront une attention particulière pour réduire les dommages causés par le feu et les protéger pour les générations futures.

Dans le cadre de la lutte préventive contre les feux de forêt, une carte de risque d'incendie a été élaborée au niveau le foret de Terziza commune de Nesmoth (W. Mascara), afin de protéger les zones boisées situées dans cette zone.

L'aide de l'application de système d'information géographique (S.I.G), Des cartes topographiques ont été générées à l'aide d'un modèle numérique de terrain (exposition à l'altitude des pentes) et de cartes de facteurs anthropiques (humains) (distance des agglomérations, distance des routes, distance des habitations) et carte du couvert végétal.

Et Les cartes des risques d'incendie dans cette zone ont été générées à l'aide de logiciel de système d'information géographique (S.I.G),

Les résultats de la carte définitive des risques d'incendie dans la forêt de Terziza ont montré que la zone à risques fort et très fort occupe 379,98 hectares de la superficie totale. Et la zone à risques moyen occupe 313,64 hectares, Et la zone à risques faible et très faible représente 554.74 hectares de la superficie totale.

Il est très important d'effectuer des mesures de protection et de prévention contre les incendies de forêt dans la zone d'étude. La base de la gestion des incendies de forêt est de créer Infrastructures de lutte contre les incendies de forêt, telles que l'accès aux parcelles Forêts, Tranchée Pare-feu (T.P.F), Points d'Eau et Belvédères. Enfin, un plan de gestion basé sur les données de ce travail, notamment la carte Risque d'incendie par foret Terziza de commune Nesmoth, sera nécessaire pour la lutte préventive contre les feux de forêts, et ce dans cette zone qui est caractérisée par couvert végétale important.