

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 علوم الطبيعة والحياة

Faculté des sciences de la

nature et de la vie

قسم الفلاحة وعلوم التغذية

Mémoire présentée en vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Protection des écosystèmes

Thème

Unilisation de l'outil géomatique pour l'étude De du risque d'incendie de foret cas d'un site Test choisi dans la région de saida. Algérie

Présenté par :

- Melle : KRIM Aicha

Soutenu le :

Devant le jury composé de : 11/06/2025

President	Mr TERRAS Mohamed	
examineur	Mme LAKHDARI Mama	
encadreur	Mr ANTEUR Djamel	

Année universitaire 2024/2025

Remerciement

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

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

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

Je tiens également mes vifs remerciements à Madam LAKHDARI MAMA, Maitre de conférences à l'université Dr Moulay Tahar de Saida l'honneur qu'il nous a fait en acceptée d'examiner ce mémoire.

Dédicace

À ma mère, la forteresse de mon cœur et le secret de ma force.

À mes parents, que Dieu leur fasse miséricorde.

J'offre cet humble effort. Vous êtes la sagesse que j'ai apprise hors des livres.

À mon professeur superviseur, le Dr Antar Jamal, qui a semé en moi les graines de la connaissance et de l'inspiration et m'a guidée sur le chemin du succès.

À mon mari, la prunelle de mes yeux.

À tous mes frères et à ma seule sœur.

Je leur offre ma plus profonde gratitude et ma plus profonde reconnaissance.

Vous êtes la lumière qui illumine mon chemin.

Résumé:

La forêt Algérienne comme toutes les forêts des régions méditerranéennes, est soumise à des agressions multiples d'origine tant climatique qu'anthropique. Parmi ces agressions, ce sont les incendies qui causent le plus des dégâts car ils détruisent annuellement des superficies appréciables.

À travers notre étude, nous avons tenté d'évaluer le risque d'incendie par l'application du SIG au secteur de la future forêt de Drriniene. La mise au point d'une méthode pour l'élaboration d'une carte de risque d'incendie fait intervenir trois facteurs influents sur le comportement du feu: la végétation et ses caractéristiques (le combustible); les paramètres topomorphologiques (liés surtout à l'orographie: la pente, l'exposition et l'altitude) et les facteurs anthropiques (la distance des agglomérations, la distance de voir et la distance des maisons). Les résultats obtenus montrent que 99 % du secteur présente un risque faible à élevé. Cela est

dû aux conditions topomorphologiques favorables (pente moyenne à élevée, exposition Sud et Ouest), des végétations inflammables (chêne vert et le pin d'Alep) et l'occupation humaine (routes denses, agglomérations), ce qui constitue un apport pour une meilleure prévention des incendies et une aide à la décision pour des propositions d'aménagements pour une lutte efficace.

Mots clés: incendies; risque, forêt; SIG; Drriniene, Saida.

ABSTRACT:

The Algerian forest like all the forests of the Mediterranean areas is subjected to multiple aggressions than the origin is as well climatic as anthropic. Among these aggressions, in fact the fires cause other of the damage because they destroy appreciable surfaces annually.

Through our study, we tried to assess the risk of fire by applying the GIS the future forest sector of Drriniene. The development of a method for developing a fire hazard map involves three factors influencing fire behaviour: vegetation and its characteristics (fuel); topomorphological parameters (mainly related to orography: slope, exposure and altitude) and anthropogenic factors (distance from agglomerations, distance from roads and distance from the houses).

The results show that 99% of the sector is low to high risk. This is due to favourable topomorphological conditions (medium to high slope, South exposure and west), flammable vegetation (holm oak and Aleppo pine), and human occupation (dense roads, agglomerations), which is a contribution to better fire prevention and decision support for planning proposals for effective fire management.

Keywords: fires; forests, risk, GIS; Drriniene; Saida.

ملخص :

فالغابات الجزائرية، مثلها في ذلك كمثل كل غابات منطقة البحر الأبيض المتوسط، تتعرض للعديد من الاعتداءات المناخية وكذلك الاعتداءات التي يتسبب بها الانسان .ومن بين هذه الاعتداءات في الواقع هي الحرائق ,وتسببت هذه الاخيرة في أضرار أخرى لأنها تدمر أسطحًا ملموسة سنوياً.من خلال دراستنا، حاولنا تقييم مخاطر الحريق من خلال تطبيق نظام المعلومات الجغرافية على قطاع الغابات المستقبلي في غابة درينين .وينطوي تطوير طريقة لوضع خريطة مخاطر الحريق على ثلاثة عوامل تؤثر على سلوك الحرائق: النباتات وسماتها (الوقود)؛ وعوامل التضاريس (التي ترتبط أساسا بالأورغرافيا: الانحدار والتعرض والارتفاع) والعوامل البشرية (المسافة من التجمعات السكانية، والمسافة من الطرق، والمسافة من المنازل).

الكلمات الرئيسية:نظم المعلومات الجغرافية، حرائق الغابات، المخاطر، درينين.

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Chapitre I : Synthèse bibliographique sur la forêt Algérienne

1. Introduction	4
2. Aperçu historique de la forêt algérienne	4
3. Répartition géographique de la forêt algérienne	5
4. L'état actuel de la forêt algérienne	9
5. Le rôle des forêts Algériennes	11
6. Bilan de reboisement en Algérie (à mi-parcours : 2000-2010)	13

Chapitre II : Généralité sur les feux de forêts

1. Définition	16
2. Le combustible	17
3. L'inflammabilité et la combustibilité	19
4. La combustibilité	19
5. Les différents types de feu	20
6. Les causes des feux de forêts	21
7. Les facteurs de prédisposition des feux de forêts	23
8. Les feux de forêts en Algérie	27
9. Répartition des forêts Algériennes	27

Chapitre III : Les systèmes D'Informations Géographique

Introduction	34
I. Définitions	35
1. Géomatique	35
2. La géomatique consiste donc en au moins trois activités distinctes :	36

3. Système d'Information Géographique	36
III. Domaines d'utilisation des SIG.....	37
IV. Fonctionnement du SIG	42
1. Le modèle vectoriel.....	43
2. Le modèle raster ou matriciel.....	47
3. Fonctions de base d'un SIG	49

Chapitre IV : Présentation de la zone d'étude

Présentation de la zone d'étude	51
Présentation de la forêt de Driniene.....	51
L'Altitude.....	52
La Pente.....	52
Exposition.....	53
Etude du climat :	54
Méthodologie :	55
Pluviométrie de la zone d'étude	60
Température de la zone d'étude :	60
Conclusion:	63

Chapitre V : Matériels et Méthodes

Matériels et méthodes.....	64
1. Matériels et méthodes.....	65
2. Model Numérique de Terrain :.....	65
1-1-1 Matériels utilisés:	66
1-1-2 Logiciels utilisés:.....	66
1.1.1 Principales fonctionnalités d'Excel :	67
3. Méthodologie de travail	67
Reconnaissance terrain.....	70
Résultats et discussion.....	72
Cartographie des risques individuels.....	72
Le risque végétation:	72
La pente	76
L'exposition	77

Altitude.....	78
Le risque anthropique.....	79
Distance des voiries.....	79
Distance des maisons	81
Distance des agglomérations:.....	82
Application du modèle	83
Conclusion	79
Références	81

Liste des tableaux

N°	Tableaux	Page
	Chapitre I	
01	Principales essence forestières et leurs superficies (ha)	7
02	Principales formations forestières d'Algérie (DGF, 2018).	8
03	Superficie par étage bioclimatique en Algérie (Mihi, 2002 ; Derouïche, 2007 in Karrache 2012)	9
04	L'évolution des différents types de forêt en Algérie (Elechi et Dieb, 2010)	11
05	Le volume moyen extrait du bois durant la période 1992-2007(DGF, 2010).	12
06	Bilan global des réalisations des reboisements 2000 – 2011(DGF ,2011).	14
	Chapitre II	
01	Les éléments de triangle de feux	17
02	Influences des facteurs climatiques sur les conditions du feu	23
03	Bilans des incendies en méditerranéen, période (1985 – 2010).	25
04	Principales essences de la forêt Algérienne (DGF, 2018)	28
05	Bilans des surfaces brûlées en Algérie, période (1963-2020) (DGF, 2021).	29
06	Les causes des incendies de forêt à travers le temps en Algérie	32
	Chapitre IV	
01	La pluviométrie sur une période de dix (10) ans (Station météorologique de Saida).	55
02	Les températures minimales et maximales durant 03 ans (Station météorologique de Saida).	57
03	La pluviométrie moyenne du point haut et point bas de la zone d'étude sur 10 ans	60
04	Température Min et Max du point haut de la zone d'étude	61
05	Température Min et Max du point bas de la zone d'étude	62
	Chapitre V	
01	Les paramètres et leurs poids dans la détermination du risque d'incendie	69
	Chapitre VI	
01	Le nouveau seuillage adopté pour le parameter « Végétation »	73
02	Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Pente »	76
03	Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Exposition »	77
04	Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Altitude »	78
05	Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Distance des voiries »	79
06	Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Distance des maisons	81
07	Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Distance des agglomérations (m) »	83

Liste des figures

N°	Figures	Page
	Chapitre I	
01	carte du couvert végétal de l'Afrique de nord	6
02	Carte des groupes de végétation en Algérie	8
03	Répartition des forêts en Algérie	10
04	Evolution de la production nationale de liège	13
	Chapitre II	
01	Triangle du feu (Medd, 2002).	17
02	Les différentes strates de combustibles (Medd 2002).	18
03	Les différents types des feux de forêts (Colin et al, 2001).	21
04	Carte des écosystèmes forestiers méditerranéens. (Quezel, 1985)	25
05	Le degré de gravité du feu en pourcentage (%) pour les pays du bassin méditerranéenne (Meddour-Sahar, 2014)	26
06	Carte de répartition des forêts Algériennes (D.G.F, 2018).	27
07	Superficie en (km ²) et en (%) des principales essences forestières en Algérie	28
08	Représentation graphique de bilan des incendies des années les plus touchées en Algérie (D.G.F, 2021).	30
09	Carte de sensibilité d'incendie moyen annuel en Algérie. (Meddour-Sahar, 2012)	31
	Chapitre IV	
01	Localisation géographique de la forêt de Drriniene (sidi amer. Saida) ; Anteur Dj	51
02	Le modèle numérique de terrain de la forêt de Drriniene (Dr.Anteur)	51
03	Carte hypsométrique de la forêt de Drriniene	52
04	La répartition des classes des pentes de la forêt de Drriniene	53
05	La carte d'expositions de la forêt de Drriniene (Dr.Anteur)	54
06	La pluviométrie moyenne sur 10 ans	56
07	Les températures sur dix (10) ans	57
08	Amplitude thermique	58
09	Amplitude thermique	58
10	Histogramme de la pluviométrie moyenne du point haut et bas de la zone d'étude sur 10 ans	60
11	Diagramme ombrothermique du point haut Le diagramme reflète quatre saisons qui sont :	61
12	Diagramme ombrothermique du point bas	62
	Chapitre V	
	Risque à l'incendie de la forêt	68
01	carte de localisation des relevés floristique	70
	Chapitre VI	
01	Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la végétation, (Dr.Anteur)	73
02	Formation végétal pin d'Alep	74
03	Formation végétal de Chêne vert	74
04	Formation végétal de Pistacia	75
05	Chamaerops Humilis.	75
06	Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la pente (Dr.Anteur)	76

07	Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur l'exposition (Dr.Anteur)	77
08	Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur l'Altitude (Dr.Anteur)	78
09	Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la distance des voiries, (Dr.Anteur)	79
10	Piste. Date 28 /05/2025	80
11	Route national 15/08/2024	80
12	Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la distance des maisons (Dr. Anteur)	81
13	Ferme, date 25/04/2025	82
14	Carte des agglomérations (Dr. Anteur)	82
15	Carte des risques de feux de forêt de la zone d'étude (Dr.Anteur)	84
16	Incendie foret	84

Introduction général

Introduction

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Introduction

à la décision en matière de définition de politique de prévention et de lutte contre les incendies de forêts.

Ce travail s'articule autour de quatre chapitres :

- Le premier chapitre est une **Synthèse bibliographique sur la forêt Algérienne**

Le deuxième chapitre nous présentons les feux de forêts en Algérie, où nous insisterons sur les statistiques des feux de forêt en Algérie (la superficie, nombres, essences incendiées et les wilayas les plus touchées) ; aussi les méthodes de lutttes (préventive et active) contre les incendies avec une brève description.

* Dans le troisième chapitre nous présentons Les systèmes D'Informations Géographique

* Dans le quatrième chapitre nous présentons la région d'étude.

* Le Cinquième chapitre expose la méthodologie adoptée et le matériel d'étude.

* Le sixième chapitre est consacré aux différents résultats obtenus.

* Nous terminerons par une conclusion et quelques recommandations.

Chapitre I

Synthèse bibliographique sur la forêt Algérienne

1. Introduction

Les forêts méditerranéennes, ont des caractéristiques spécifiques qui en font un patrimoine naturel mondial unique, cependant ces écosystèmes forestiers sont les plus vulnérables sur terre en raison de leur fragilité et instabilité, dues notamment aux conditions climatiques, à la pression humaine de longue date et aux incendies aux rythmes effrénés (FAO, 2010).

L'Algérie se situe parmi les pays méditerranéens qui présentent une diversité écologique sans égal sur le plan bioclimatique, morphologique et floristique. Cette diversité se traduit par une richesse de paysages et de milieux naturels de grande qualité (IUCN, 2007 in Yefsah, 2016)

La forêt Algérienne d'environ 4 Millions d'hectare a été le théâtre de diverses agressions qui ont réduit considérablement sa superficie et provoqué la régression ou la disparition de nombreuses espèces animales et végétales (DGF, 2016).

2. Aperçu historique de la forêt algérienne

L'Algérie couvre une superficie d'environ 2,4 millions de km², ce qui permet de la classer en première position en Afrique du point de vue étendue. Le Sahara couvre près de 84% de son territoire à savoir 2 millions de km² ; la partie Nord est constituée par des terres à vocation forestière qui occupent 250 000 km² soit un peu plus de 10% de la superficie totale.

Les conditions pédoclimatiques sont généralement favorables au développement des forêts (Ouelmouhoub, 2005).

2.1. L'époque précoloniale

Les grandes forêts de chêne liège n'étaient pas vraiment exploitées, les Turcs se contentaient d'utiliser le liège dans la confection des ruchers et de tablettes destinées aux dépôts de leur provision à l'intérieur de leur habitation et parfois pour la toiture

Par contre, les massifs de chêne liège étaient plus utilisés comme parcours pour leur cheptel ovin et bovin, et ce pour la richesse de leur sous-bois tant sur le plan quantitatif que qualitatif (Berriah, 2015).

2.2. L'époque coloniale

Selon Meddour Sahar(2008), la période coloniale a été fatale, pour notre patrimoine forestier. En effet, 3506 942 Ha ont été parcourus par le feu au total, sur une période de 87 ans

(1876-1962), soit une moyenne de 41 258 Ha/an. Durant cette époque, le feu a mis en péril notre patrimoine forestier, en certaines circonstances, malheureusement trop répétées, les dégâts qu'il a causés ont pris la proportion de véritables désastres.

2.3. L'époque après l'indépendance

A l'indépendance, l'Algérie a hérité une forêt dégradée, délaissée et désorganisée, son rôle économique et social était négligé.

Cette grave situation exigeait un redressement urgent du secteur forestier sur un long terme. En effet, l'Algérie mène une politique forestière en prenant compte les multiples rôles que peut jouer La forêt : protection, production et promotion sociale pour l'intégrer dans un plan global de développement économique et social.

Son action s'est axée sur trois volets :

- a. Protection et mise en valeur des forêts existantes et de l'ensemble des ressources forestières ;
- b. Extension du patrimoine forestier par le reboisement ;
- c. Lutte contre l'érosion (Kechabar, 2008)

3. Répartition géographique de la forêt algérienne

La forêt algérienne est localisée entièrement sur la partie septentrionale du pays et limitée au sud de pays par les monts de l'Atlas Saharien. Elle est inégalement répartie suivant les différentes régions écologiques, ce qui leur confère des taux de boisements très variables. En effet, ces taux décroissent d'Est en Ouest et du Nord au Sud plus particulièrement.

La forêt algérienne est constituée par une variété d'essences appartenant à la flore méditerranéenne, leur développement est lié essentiellement au climat. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral, le faciès forestier change du Nord au Sud du pays.

On peut distinguer deux principales zones bien différentes

*Le littoral et surtout les chaînes côtières de l'Est du pays comme la Grande Kabylie, Bejaïa, Jijel, El Milia, El Kala. Ces régions sont bien arrosées, et comportent les forêts les plus denses et les plus belles. C'est l'aire de répartition de deux essences principales, à savoir le chêne liège et le chêne zeen.

*Les hautes plaines continentales, plus sèches représentées par les régions steppiques situées entre les chaînes côtières et l'Atlas saharien. Ces zones contiennent dans leurs parties accidentées de grands massifs de pin d'Alep et de chêne vert (Aurès, Djelfa et Saïda) (Ouelmouhoub, 2005).

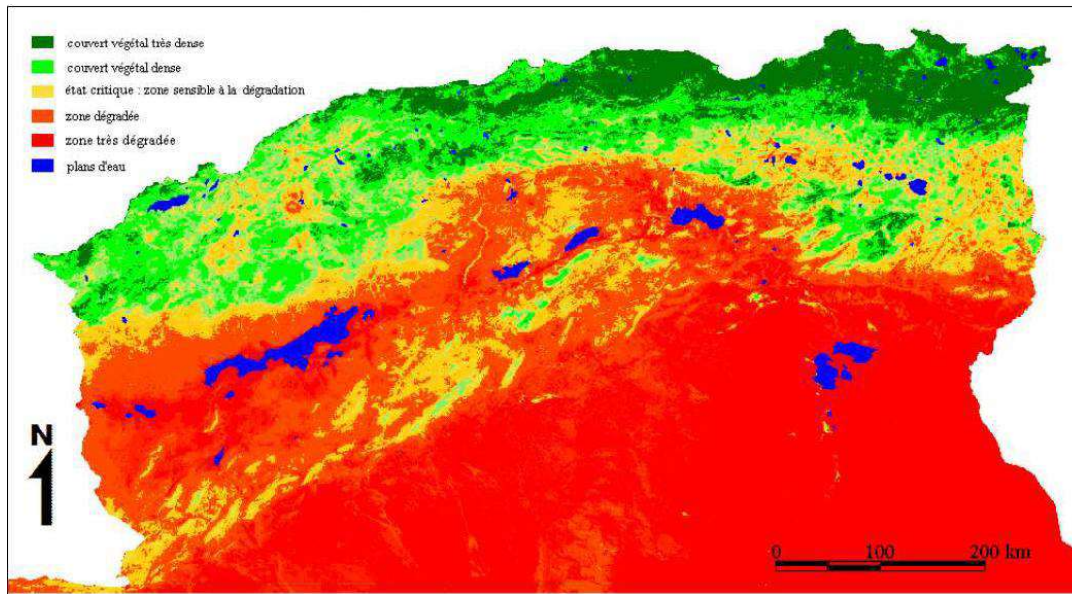


Figure n°1. carte du couvert végétal de l'Afrique de nord (Benslimane et al., 2008)

3.1. Superficie de la forêt algérienne

La sylve algérienne est formée essentiellement de trois types de formations végétales : la forêt, le maquis et la broussaille (**Louni, 1994**).

D'après **Mezali (2003)**, la superficie forestière en Algérie se cantonne à environ 2 millions d'hectares soit 7% de la couverture nationale. Cette superficie a subi diverses formes de mutilations de nature surtout anthropique.

D'autre part, **la DGF (2007)** cite une superficie de 4,1 millions d'hectares; si on associe aux formations forestières les maquis et reboisements. Cette superficie est répartie comme suit :

- * 1 481 000 d'hectares de forêts proprement dites,
- * 1 662 000 d'hectares de maquis et broussailles,
- * 717 000 d'hectares constituent les reboisements réalisés depuis l'indépendance à ce jour.

En comparant ces chiffres aux données existantes avant la colonisation française en 1830 que le patrimoine forestier qui couvrait à cette époque environ 5 millions ha se trouve en réduction de plus de la moitié. Le taux de boisement actuel reste très insuffisant pour assurer d'une part l'équilibre physique et biologique et d'autre part de permettre de couvrir les besoins en matière de produits forestiers et non forestiers et d'assurer par conséquent des recettes économiques pour le pays plus consistantes (**Ikermoud, 2000**).

3.2. Superficie des principales essences forestières

Sur la base de la littérature forestière telle que **Seigue (1985) ; Ghazi et Laouati (1997) et DGF(2007)**, les superficies des principales essences forestières sont récapitulées dans le tableau 1.

La comparaison des données dans ce tableau entre celles de la Direction Générale des Forêts (2007) et celles les plus anciennes met en évidence la stabilité et la progression des surfaces de pin d'Alep. Par contre, les superficies des formations de chêne liège, de chêne vert, de chêne zeen et afarès ont considérablement diminué. Les eucalyptus introduits dans le Nord et surtout à l'Est du pays constituent le premier groupe des forêts dites économiques totalisant une superficie de 43 000 ha (DGF, 2007) à travers toute l'Algérie.

Les formations de maquis et de broussailles résultants de la dégradation des forêts ont pris de l'extension ; ils occupent une superficie de 1 662 000ha

Tableau n°1. Principales essence forestières et leurs superficies (ha)

Essence forestières	1985 (Seigue)	1997(Ghazi & lahouati)	2007 (DGF)
Pin d'Alep	855 000	800 000	881 000
Chêne liège	440 000	463 000	229 000
Chêne vert	680 000	354 000	108 000
Chêne zeen et afarès	67 000	65 000	48 000
Genévriers	-	217 000	-
Thuya de Berbérie	160 000	143 000	-
Cèdre de l'Atlas	30 000	12 000	16 000
Pin maritime	12 000	38 000	31 000
Sapin de Numidie	300	-	-
Maquis	-	-	1662 000

La superficie des forêts algériennes est estimée à environ 4,1 millions d'hectares dont les essences les plus importantes sont représentées dans le tableau 2 et figure 2, ainsi les maquis et les broussailles qui représentent environ 2 413 000 ha (**DGF, 2018**)

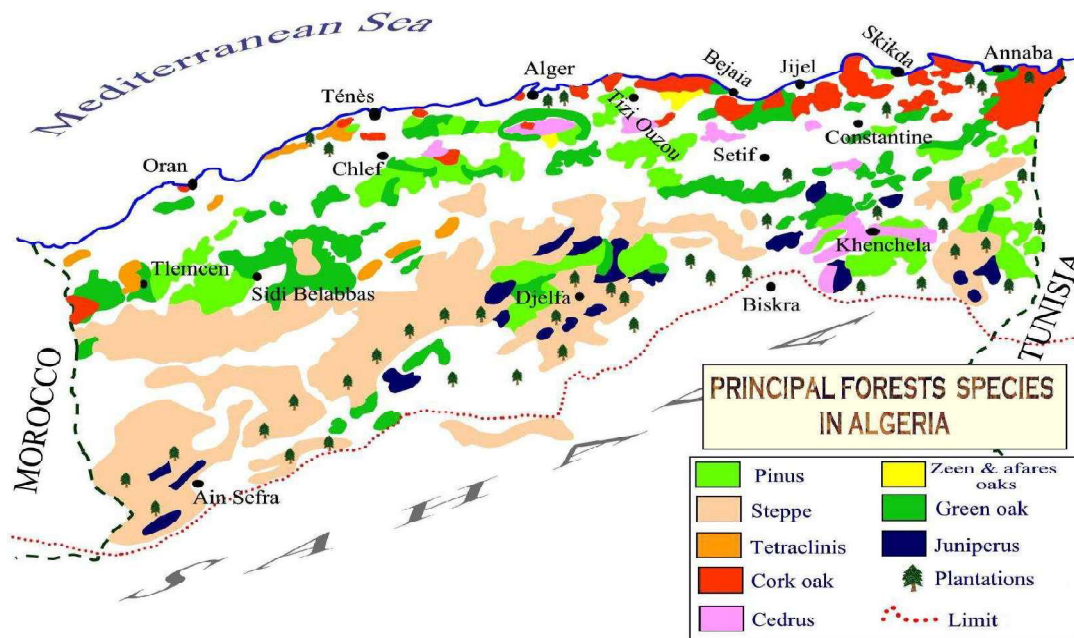


Figure n°2. Carte des groupes de végétation en Algérie

Tableau n°2. Principales formations forestières d'Algérie (DGF, 2018).

Essences forestières	Superficie (ha)	Pourcentages (%)
Pin d'Alep	1 145 464	69,20%
Chêne liege	345 285	20,80%
Chêne zéen et afares	43 922	2,65%
Autres (Thuya, Genévrier et frêne...)	39 243	2,36%
Cèdre de l'Atlas	33 522	2%
Eucalyptus	30 318	1,82%
Pin maritime	19 476	1,17%

3-3 Superficie par étage bioclimatique

Le climat est à l'origine des caractères physiques fondamentaux, celui d'Algérie relève du régime méditerranéen à deux saisons tranchées, celles des pluies et celles de la sécheresse (Kadik, 1986). Les régions du Nord de l'Algérie où les conditions du climat et du milieu permettent le développement des formations forestières occupent 250000 km² soit un peu plus de 10 % de la superficie totale. Dans cette partie du territoire dite régions silvatiques tous les bioclimats méditerranéens sont représentés (tableau 3) depuis le per-humide au Nord jusqu'au

per-aride au Sud pour les étages bioclimatiques et depuis le froid jusqu'au chaud pour les variantes thermiques (Mihi, 2002), ces nuances bioclimatiques donnent lieu à des formes de végétation très diversifiées et au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral, le faciès forestier change du Nord au Sud du pays

Tableau 3. Superficie par étage bioclimatique en Algérie (Mihi, 2002 ; Derouiche, 2007 in Karrassi 2012)

étages bioclimatiques	Pluviométrie	superficie(Ha)	pourcentage(%)
per- humide	1200-1800	185275	0,08
Humide	900-1200	773433	0,32
Subhumide	600-900	3401128	1,42
semi-aride	300-600	9814985	4,12
Aride	100-300	11232270	4,72
Saharien	<100	212766944	89,3

4. L'état actuel de la forêt algérienne

La forêt algérienne apparaît comme une formation végétale dont les arbres sont en état de lutte continuelle contre les facteurs de dégradation. Compte tenu de tous les éléments historiques qui la marquèrent et des pressions anthropiques exercées sans cesse sur elle, la forêt semble glisser rapidement sur la voie d'une dégradation progressive des essences principales et son remplacement par le maquis et les broussailles. C'est pourquoi elle est clairsemée en formation ouverte, entrecoupée par de nombreux vides et les forêts méritant leur appellation sont plutôt rares (FAO, 2000) (figure 3).



Figure n°3. Répartition des forêts en Algérie (BNEDER, 2009 in Meddour-Sahar, 2014)

Les grands traits caractérisant la forêt algérienne actuelle peuvent donc se résumer comme suit :

- forêt essentiellement de lumière, irrégulière, avec des peuplements feuillus ou résineux le plus souvent ouverts formés d'arbres de toutes tailles et de tous âges en mélange parfois désordonné ;
- présence d'un épais sous-bois composé d'un grand nombre d'espèces secondaires limitant la visibilité et l'accessibilité et favorisant la propagation des feux (Boudy, 1955)
- existence d'un pâturage important (surtout dans les subéraies) et empiètement sur les surfaces forestières par les populations riveraines (Madani et al. 2001).
- suite à l'action des usagers et de leurs troupeaux, ou aux incendies, les troncs des arbres sont souvent courts, ou tordus et les bois affectés de nombreuses pourritures ce qui réduit fortement leur aptitude au sciage, d'où une faiblesse du rendement moyen En volume ligneux (Ouelmouhoub, 2005).

5. Le rôle des forêts Algériennes

Outre la fonction écologique, la forêt algérienne prend part à la fonction de production, protection et sociale. Les forêts pour la conservation et d'utilité sociale ont quasiment été classées ou réalisées dans les années 1980. Depuis, leur superficie n'a pas significativement évolué et a de ce fait été considérée constante. Pour les forêts de production et de protection, ce sont les ratios déterminés par l'INF (40 et 60%), qui ont servi de base pour le calcul de leurs superficies présentées ci-dessous (Elechi et Dieb, 2010 in Mihi, 2012) :

Tableau n°4. L'évolution des différents types de forêt en Algérie (Elechi et Dieb, 2010)

Fonction	Forêt (Ha)			
	1990	2000	2005	2010
Production	596422	561526	544078	526630
Protection	894634	842290	816118	789946
Conservation	172800	172800	172800	172800
Utilité sociale	2800	2800	2800	2800
Total	1 666 656	1 579 416	1 535 796	1 492 176

5.1. Fonction économique

Les forêts algériennes jouent un faible rôle dans la production des produits forestiers ligneux comparés aux produits forestiers non ligneux. Les forêts productives ne couvrent qu'un tiers du patrimoine forestier national. Elles sont constituées de peuplement de pin d'Alep, d'eucalyptus, de chêne liège, de chêne zeen, de pin maritime et de cèdre. Les forêts de pin d'Alep représentent la grande proportion parmi les feuillus, les eucalyptus et les chênes sont les plus importants (BNEDER, 2009).

Les produits de la forêt algérienne sont essentiellement : le bois, le liège (FAO, 2000)

5.1.1 Le bois

Le bois, comme combustible, comme matériau propre à la construction et à l'ameublement (bois d'oeuvre) ou alors le bois comme matière première approvisionnant une chaîne d'industries de transformation, tient une place souvent sous estimée dans les économies nationales. Le bois « industriel » dans tous ses degrés de transformation, a un poids important,

que ce soit en termes d'emplois, en termes de valeur ajoutée par rapport au produit national brut, ou en termes d'incidence sur les balances commerciales (FAO, 2000).

De par sa nature et les espèces méditerranéennes qui lui donnent le cachet forestier, la forêt algérienne ne fournit pas une grosse quantité de bois (Seigue, 1985 ; Mezali, 2003).

Tableau n°5. Le volume moyen extrait du bois durant la période 1992-2007(DGF, 2010).

Catégorie de bois	Extraction de bois industriel			Extraction de bois de feu		
	1999-1995	1998-2002	2003-2007	1992-1998	1998-2002	2003-2007
Volume total (1000 m ³ sur écorce	80	136	73	50	56	77
Valeur unitaire (DA/m ³)	1000	1300	1800	150	200	250
Valeur totale (1000 monnaie nationale)	80000	176800	131400	7500	11200	19250

5.1.2. Le liège

L'inventaire forestier national établi en 1984 par le BNEDER, indique que sur les 230 000 hectares de chêne-liège, 61 % sont représentés par de vieilles futaies, 37 % par de jeunes futaies, 1 % par des perchis et 1 % par des taillis. Durant cette époque, la production moyenne nationale ne dépasse guère les 134 000 Qx, soit une chute de 38,3 % de la production par rapport à l'année 1965 (Dehaneetal., 2013).

La filière liège a connu, durant la période (1993-2003), ses moments les plus difficiles. En effet, la crise sécuritaire qu'a traversée le pays a donné un coup très dur notamment au domaine forestier. Ceci a occasionné une réduction alarmante de la superficie des peuplements de chêne liège causée par une série d'incendies catastrophiques ayant parcouru de grandes surfaces, soit un chiffre de 63 328 ha en 1994. A ceci s'ajoute la désorganisation de la récolte du liège, due principalement à l'inaccessibilité aux peuplements arrivant à l'âge d'exploitation à cause de

l'insécurité, mais aussi aux coupes illicites de grande envergure, profitant de l'absence des forestiers.

La production de liège a atteint des niveaux aussi bas qu'au temps des premières concessions coloniales. A titre indicatif, en 1994, la production nationale n'a pas dépassé le seuil de 40 000 Qx, puis elle a atteint subitement les 160 000 q en 1998. Le taux de croissance moyen annuel de la production frôlait 1,8%, tandis que la production a baissé de 24,3% par rapport à celle de 1965. La figure 8 résume les fluctuations de la production annuelle de la filière liège entre 1993 et 2010 (Dehane et al., 2013).

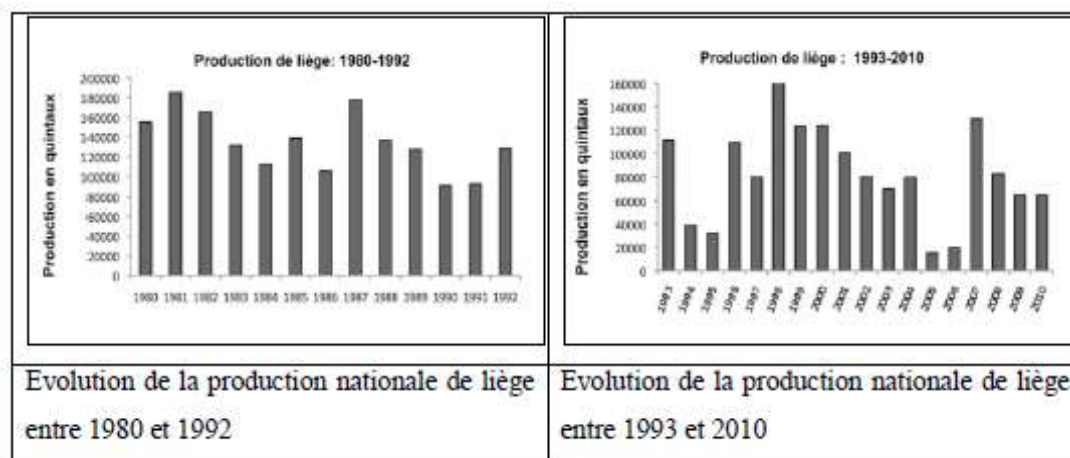


Figure n°4. Evolution de la production nationale de liège (Dehane et al., 2013)

6. Bilan de reboisement en Algérie (à mi-parcours : 2000-2010)

Le tableau 6 donne un bilan de réalisation des opérations de reboisement à mi-parcours du projet.

L'analyse du tableau nous permet de constater que les réalisations sont toujours restées en deçà des objectifs tout au long de la période considérée à l'exception des années 2007 et 2008. Le taux de réalisation moyen est d'environ 78%. Cela montre bien que l'administration forestière et ses administrations décentralisées trouvent des difficultés pour réaliser tous ces programmes ambitieux (DGF, 2011).

Tableau 6. Bilan global des réalisations des reboisements 2000 – 2011(DGF ,2011).

Année	Objectifs De PNR	Réalisation (Ha)			
		Plantation forestières	Plantation fruitières	Total	Taux
2000	40 847	11 650	17 299	28 949	71
2001	44 447	7 930	35 035	42 965	97
2002	49 497	8 680	28 241	36 921	75
2003	53 997	13 390	21 094	34 484	64
2004	57 697	17 313	13 798	31 111	54
2005	60 827	18 835	9 520	28 355	47
2006	63 057	34 753	9 937	44 690	71
2007	64 477	64 895	8 194	73 089	113
2008	65 000	65 766	7 651	73 417	112
2009	66 000	42 726	5 308	48 034	73
2010	66 800	42 357	10 060	52 417	76
Total	632 646	328 295	166 137	494 432	78

L'urgence d'une préservation et d'une restauration du patrimoine et du paysage forestier sont devenues capitales. A cet effet, le gouvernement Algérien a financé plusieurs programmes de reboisements depuis 1962, et à travers lesquels, plus de 2 milliards de plants ont été mis en terre, mais la dégradation persiste.

C'est dans ce cadre que le gouvernement a lancé un programme national de reboisement et de reverdissement par la plantation de 43 millions de plants durant la période 2019-2021, sous le slogan « un arbre pour chaque citoyen », à travers tout le territoire national en impliquant toutes les institutions publiques et privés ainsi que le mouvement associatif, dans le but de sensibiliser la populations sur les conséquences de la dégradation du patrimoine forestier en particulier et de la couverture végétale en général.

Chapitre II

Généralité sur les feux de forets

La dégradation de forêts dans la région de Méditerranéenne a fait et continue à faire jusqu'au nos jours, l'objet d'intérêt de plusieurs auteurs, tels que : (**TOMASELLI. 1976**) ; (**NAHAL. 1984**) ; (**BENABID. 1985**) ; (**HOUEROU. 1988**) ; (**MARCHAND et al. 1990**) ; (**SKOURI. 1994**) ; (**M'HIRIRT et MAGHOUI. 1994**). Alors que les incendies de forêts sont déjà une préoccupation forte dans la région Méditerranéenne, à la lumière des diagnostics du monde scientifique et des nouveaux scénarios climatiques.

Des taux élevés de feux sont d'origine inconnue et qui sont majoritaires dans la plupart des pays notamment en Algérie (**Khaouani, 2011**).

1.Définition

D'après une recherche bibliographique et visite sur site, on définit une liste des concepts liés à notre thématique, analyser des exemples similaires et opposant au sujet d'étude.

Le terme « **incendie** » vient du latin que veut dire « **incendium** » (embrasement), dérivé de « **incendre** » qu'a été emprunté par la langue française au **XVI siècle**. Il désigne un feu violent, un embrasement qui se propage à une forêt, un édifice ou une maison.

L'incendie :L'innccendieest une réaction de combustion non maitrisée dans le temps et dans l'espace (**Cemagref. 1994**) ; (Jappiote et al. 2002) ; (**Khalid, 2008**).

Les feux de forêt ou incendies :Ils se déclarent dans une formation végétale, généralement de type forestière (forêt de feuillus ou/et de conifères) ou sub-forestière (garrigues, maquis&). Ce terme désigne globalement les feux de forêt, de maquis ou de garrigues ayant brûlé au moins 1 ha de massif (**Berrichi, 2013**).

Période d'éclosion du feu : généralement, la période de l'année la plus propice aux feux de forêts est durant l'été, car aux effets conjugués de la sécheresse et d'une faible teneur en eau des sols, viennent s'ajouter les travaux dans les forêts.

La pyrologie forestière est une science qui consiste à étudier les feux de forêt et leurs propriétés, elle explique le processus de combustion, les caractéristiques des incendies de forêt, les facteurs qui influencent leur origine et leur développement, etc.

1.1.Mécanisme des feux de forêt

Pour qu'un feu de forêt se déclenche, il faut que trois paramètres fondamentaux soient en présence : le combustible, le comburant et la chaleur (**Carbonnellet al. 2004**). Le combustible et l'oxygène existent en abondance en forêt. Le seul élément qui manque pour compléter le symbolique triangle du feu est une source de chaleur suffisante.

La réaction chimique de combustion ne peut se faire qu'à la présence de ces trois éléments. On représente de façon symbolique cette association par le triangle du feu suivant :

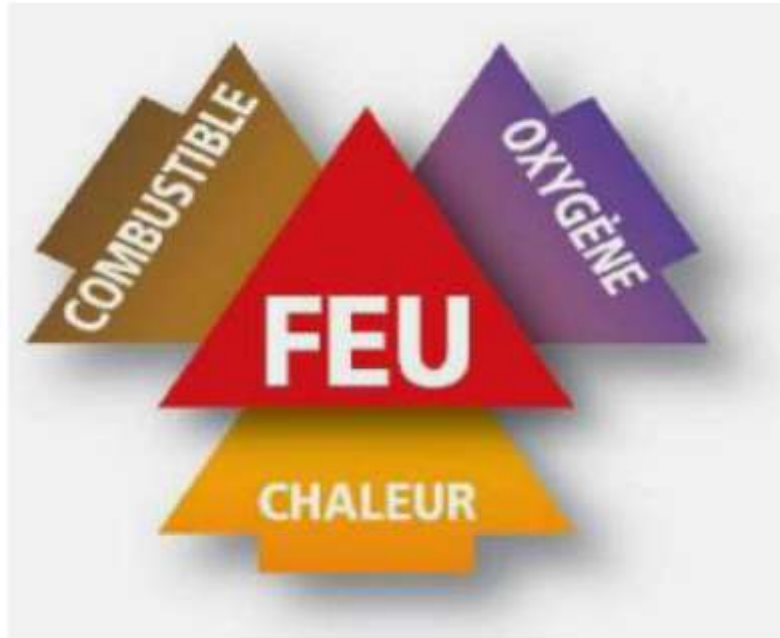


Figure n° 1 : Triangle du feu (Medd, 2002).

Tableau n° 1 : Les éléments de triangle de feux

I. Combustible (carburant)	Essence, propane, bois, tissus, plastique, huile, pétrole.
II. Comburant Oxygène (O ₂).	Oxygène (O ₂).
III. Chaleur (énergie d'activation)	Soleil, allumette, éclairs, électricité, frottement, étincelles, cigarette, lampe, fer à souder, etc.

(C.E.M.A. G.R.F, 1989)

2.Le combustible

Les diverses parties, vivantes ou mortes de la plante constituent des éléments combustibles de différentes tailles et formes (**Brown, 1970**). Il se répartit en quatre strates, comme montre la (**Fig.2**) :

2.1.La litière

Est l'ensemble des débris végétaux de toute nature très inflammable, elle est à l'origine d'un grand nombre de départs de feux, difficiles à détecter, car se consumant lentement.

2.2.La strate herbacée

Hauteur inférieure à 2mètres et d'une grande inflammabilité, le vent peut y propager le feu sur des grandes superficies.

2.3.La strate arbustive

Constituant souvent des formations de type matorral (maquis ou garrigue), ce sont des ligneux dont la hauteur est comprise entre 2 à 10 m, d'inflammabilité moyenne, ils transmettent rapidement le feu aux strates supérieures.

2.4.La strate arborée (ligneux hauts)

Supérieur à 10 mètres et rarement à l'origine d'un feu, elle permet cependant la propagation des flammes lorsqu'elle est atteinte ; ce sont les feux de cimes.

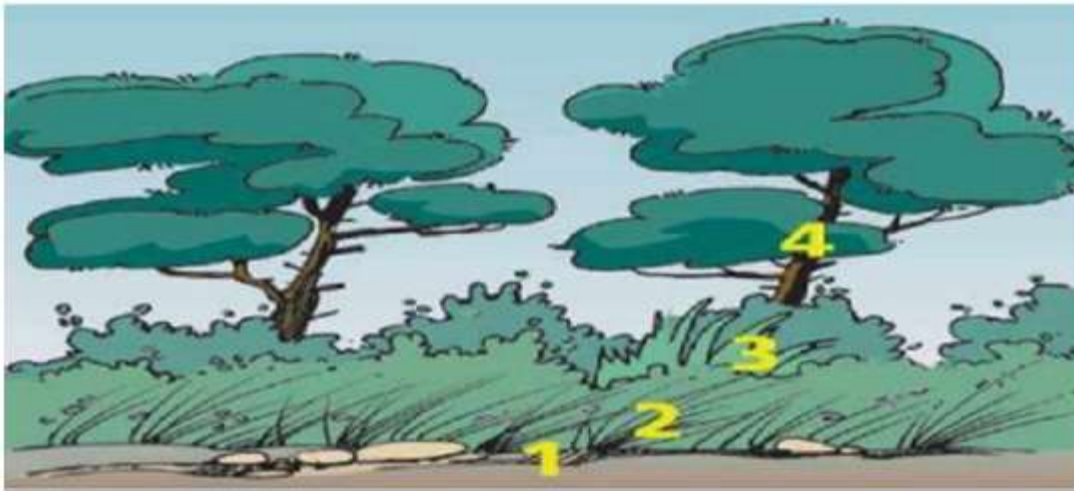


Figure n°2:Les différentes strates de combustibles (Medd 2002).

2.5.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.

2.6.La chaleur

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

3.L'inflammabilité et la combustibilité

3.1.L'inflammabilité

L'inflammabilité est la capacité d'un combustible à s'enflammer et à maintenir sa combustion. Selon (Anderson, 1970 et Martin et al., 1993), quatre (4) composantes sont définies concernant l'étude de l'inflammabilité, tels que :

- **L'ignitabilité** : capacité du combustible à s'enflammer ;
- **La combustibilité** : intensité du brulage ;
- **La durabilité** : capacité du combustible à maintenir sa combustion ;

3.2.La consommabilité

Il présente le taux de consommation du combustible par le feu.

4.La combustibilité

La combustibilité désigne la facilité avec laquelle le feu se propage. Elle dépend des espèces présentes dans les peuplements mais aussi de la structure des peuplements et de la saison.

On la distingue de l'inflammabilité qui est la facilité avec laquelle le feu apparaît. Elle dépend de la végétation et de la sécheresse.

4.1.Processus de combustion

Il est à distinguer trois phases dans le processus de combustion (Trabaud, 1976) :

4.1.1.Première phase : Préchauffage

Sous l'influence d'une source de chaleur intense, l'eau s'évapore à **100 °C**, c'est ainsi et à ce moment-là que les acides, les résines et les autres liquides commencent à se transformer en gaz.

A ce stade le combustible est modifié chimiquement d'où destruction moléculaire (des tissus, des résines) pour donner 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** ».

4.1.2. Deuxième phase : 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** et est caractérisée par une fumée grise.

Troisième phase : Combustions du charbon

A ce stade, les résidus de charbon de bois, produit lors du deuxième stade, continuent de se consumer à **1225°C**, jusqu'à devenir des cendres et est caractérisée par une fumée noire.

5. Les différents types de feu

Une fois éclos, un feu peut prendre différentes formes, chacune, étant conditionnée par les caractéristiques de la végétation et les conditions climatiques dans lesquelles il se développe. (Margerit, 1998). Les feux de forêts peuvent être de trois types :

5.1. Les feux de sol

Les feux de sol, ils consomment la matière organique de la litière et de l'humus situé sous celle-ci et ne produisent pas de flamme apparente (**fig.2**). Ils peuvent pénétrer dans des dépôts organiques très profonds et cheminer à plusieurs dizaines de centimètres sous la surface. Ils sont relativement rares en région méditerranéenne.

5.2. Les feux de surface

Les feux de surface, ils brûlent les strates basses et contiguës au sol (litière, tapis herbacé, broussailles). Ce sont les plus communs. Ils se propagent rapidement, en dégageant beaucoup de flammes et de chaleur.

5.3. Les feux de cimes :

Les feux de cimes embrasent les houppiers et se propagent rapidement. Ils sont de deux types :

- **Indépendants** : ils se propagent dans les cimes sans dépendre du feu de surface ;
- **Dépendants** : ils ne se maintiennent dans les cimes qu'en raison de la chaleur dégagée par le feu de surface. Ils sont passifs, ils contribuent moins à la propagation que le feu de surface qui les accompagne (Colin et al. 2001).

5.4. Les sautes de feu

Les sautes de feu sont des projections de particules enflammées ou incandescentes (brandons) en avant du front de flamme. Ces particules, entraînées dans la colonne de convection et transportées par le vent, peuvent être à l'origine de foyers secondaires à l'avant de l'incendie.

Les gros brandons peuvent brûler longtemps et être transportés très loin (jusqu'à 10 ou 20 km dans les cas exceptionnels). Des sautes de feux très nombreuses (Colin et al. 2001).

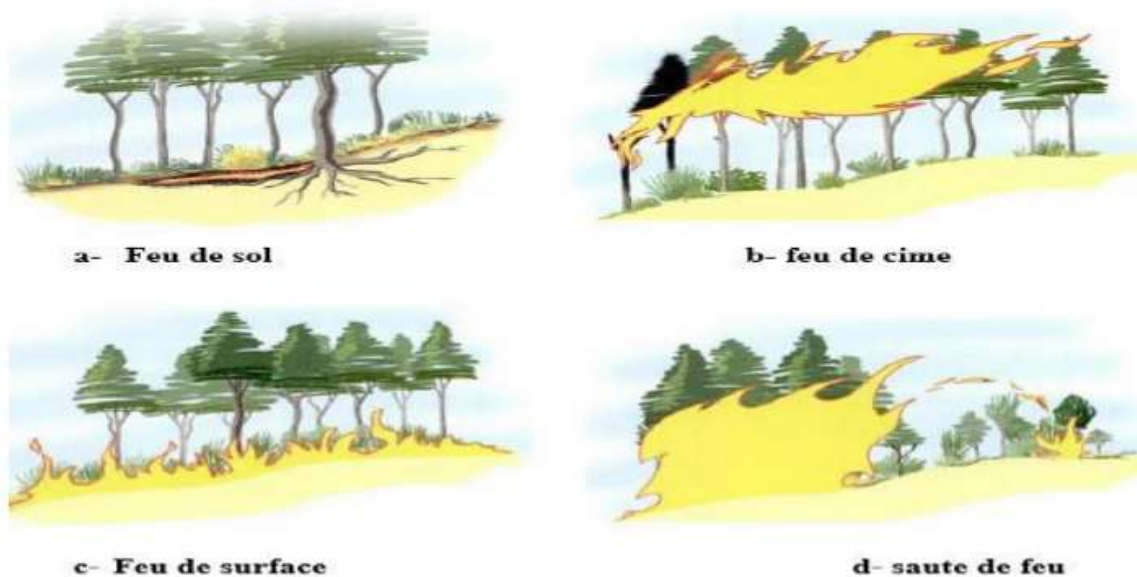


Figure n° 3: Les différents types des feux de forêts (Colin et al, 2001).

6. Les causes des feux de forêts

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 (Alexandrain et al. 1998).

Dans le Bassin Méditerranéen, les incendies sont en grande majorité d'origine humaine, que ce soit par accident, par négligence ou intentionnellement. Cependant, la partie des feux dont l'origine reste inconnue est encore importante (Long et al. 2008).

Parmi les origines connues, ce sont les causes involontaires (négligence ou accident) qui sont les plus fréquentes dans l'ensemble des pays, sauf la Turquie, où les incendies criminels semblent être la majorité (**Canakcioglu, 1986**).

6.1. Les causes accidentelles

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**).

6.2. Causes naturelles

La végétation ne s'enflammant 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 %** des départs de feu (Aragon :**38%** et Castille-la Manche : **29 %**). 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**).

6.3. Causes humaines

Les Causes humaines représentent l'essentiel des origines des incendies de forêts. Globalement, pour l'ensemble des pays du Bassin Méditerranéen, on retrouve des causes involontaires et des causes volontaires. Leur répartition dépend étroitement du contexte social, économique, politique et législatif de chaque pays (**Colin et al. 2001**).

6.4. Causes involontaires

Les causes involontaires Elles constituent les causes principales pour la majorité des pays du Bassin Méditerranéen (**Colin et al. 2001**). Les causes volontaires sont diversifiées dont on distingue :

6.5. Les incendies criminels :

Les incendies criminels peuvent apporter un gain matériel direct (amélioration des pâturages, exploitation du bois) ou indirect par appropriation foncières (Khalid, 2008).

Les feux mis par jeu ou par plaisir :

Une des causes qui est fréquente surtout chez la population jeune car au plaisir de mettre le feu, s'ajoute celui de voir manœuvrer les colonnes des pompiers et des collectivités locales.

6.6. Les imprudences

Les imprudences 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 des feux se situent alors très souvent en bordure de forêt (Colin et al. 2001).

7. Les facteurs de prédisposition des feux de forêts

Le type de végétation et le climat sont des facteurs importants de prédisposition au feu. Certaines formations végétales sont plus sensibles au feu que d'autres : les maquis et garrigues sont plus vulnérables que les zones forestières. (Velez, 1994).

7.1. Les facteurs climatiques

Les incendies de forêt dans le Bassin Méditerranéen dépendent pour une bonne part des conditions climatiques dominantes. Des étés prolongés (s'étendant de juin à octobre et parfois plus longtemps), avec une absence éventuelle de pluie et des températures diurnes moyennes bien supérieures à 30 °C réduisent la teneur en eau de litière forestière à moins de 5 %. (Dimitrakopoulos, 1994 et Mitsopoulos, 2006).

Tableau n°2: Influences des facteurs climatiques sur les conditions du feu

Facteurs climatiques	Influences sur les conditions du feu
Précipitations	Rôle décisif dans le bilan hydrique des sols et du végétal
Température de l'air	Augmentation de la température des combustibles, diminution de la teneur en eau et réduction de l'humidité atmosphérique lorsque la température de l'air

	augmente
Humidité atmosphérique	Réduction de la teneur en eau des combustibles si l'air est sec
Vitesse du vent	Accélération du dessèchement des combustibles, fléchissement de la colonne de convection, transport de matières enflammées en avant de l'incendie (sautes de feu), accélération de la propagation de l'incendie
Direction du vent	Vent dirigeant l'incendie vers des zones à propagations illimitée (boisement d'un seul tenant)
Saisons	Au printemps, dessèchement des combustibles de surface ; en été, augmentation des combustibles secs et abaissement de la nappe phréatique

(Source : Alexander et al., 1996)

7.2.La végétation forestière en tant que combustible

Les forêts méditerranéennes sont donc principalement composées de zones de forêts claires ou de formations arbustives, de maquis et de pâturages herbeux parsemés de végétation ligneuse. Ses peuplements forestiers, comme ceux du chêne vert, du chêne liège ou du pin d'Alep, constitués essentiellement d'espèces arborées ou arbustives pyrophytiques. (Ramade, 1977).

7.3.Les facteurs socio-économiques

L'incendie n'est donc pas un phénomène récent et il a largement contribué à façonner le paysage végétal. Pendant des siècles ce facteur principal de l'anthropisation a toujours été présent dans le paysage rural et a été utilisé pour des activités agricoles et pastorales, qui formaient des discontinuités entre les massifs forestiers, (Quezel et Medail, 2003).

7.4.Les feux de forêt en méditerranéenne

Les forêts méditerranéennes constituent l'un des lieux de diversité végétale les plus importants de la planète, représentant **10%** des plantes à fleurs dans le monde sur guère plus de **1,6%** de la surface de la terre mais inégalement réparties (**figure 05**). Située dans une zone de transition entre les continents Européen, Africain et Asiatique.



Figure n°4: Carte des écosystèmes forestiers méditerranéens. (Quezel, 1985)

Les forêts couvraient **82%** des terres en Méditerranée ; aujourd'hui, la couverture n'est que de **17%**. Cette dégradation est due essentiellement aux activités humaines et en particulier aux feux. Le feu est un danger naturel le plus important pour les forêts et les zones boisées du bassin méditerranéen. Chaque année, environ **50 000** feux ravagent entre **700 000** et **1million** d'hectares de terres causant d'énormes dommages sur le plan social, économique et écologique ainsi que la perte de vies humaines (KAZAKIS et Ghosn. 2008).

Tableau n°3: Bilans des incendies en méditerranéen, période (1985 – 2010).

Pays	Superficie brûlées/an (ha)	Nombre de feu / an
Portugal	101.166	16.578
Espagne	132.305	13.740
France	21.323	3.771
Italie	77.262	7.867
Grèce	32.856	1.308
Algérie	35.025	1.637

(Source : European commission, 2010)

En région méditerranéenne, des surfaces brûlées record en Espagne (132.305 ha) avec nombre de feu 13.740 ha et au Portugal (101.166 ha) avec nombre de feu 16.578 ha, l'Algérie se place en quatrième position avant l'Italie et après la Grèce et la France.

1.9 Risques d'incendie en région méditerranéenne

Selon Meddour-Sahar (2014), il existe cinq catégories de risque d'incendie en région méditerranéenne, à savoir (fig. 5) :

- La première classe est de **0,1 %**, c'est à dire un risque d'incendie presque nul et qui inclue le Maroc, la Lybie, l'Egypte, la Turquie et la Bulgarie ;
- La France et la Tunisie appartient à la catégorie de la deuxième classe (**0,1 à 0,5 %**) qui se présente un risque du feu faible ;
- Les risques moyens entre (**0,5 à 1 %**) sont enregistrés pour l'Algérie et l'Espagne ;
- Les risques les plus élevés concernent l'Italie, tandis que le Portugal est classé la première au niveau de risque d'incendie avec une classe supérieur à **2 %**.



Figure n°5: Le degré de gravité du feu en pourcentage (%) pour les pays du bassin méditerranéen (Meddour-Sahar, 2014)

8. Les feux de forêts en Algérie

L'Algérie en **2021** est toujours le plus vaste pays d'Afrique avec une superficie de **2, 382** millions km² dont **84%** est occupé par le Sahara. Cependant, les **16%** restant se répartissent entre différentes qualités de sol ne laissant que quelques **250 000** km² de superficie propice à la végétation dont seulement **41 000** km² de couvert forestier. Cette superficie ne représente que **16%** du nord de l'Algérie ou **1,7 %** de l'ensemble du territoire, ce qui est jugé insuffisant par le rapport algérien de la **FOSA**, (**FAO 2002**). En effet, pour assurer l'équilibre physique et biologique du territoire, le taux de couverture forestière devrait s'élever à **28 %** du nord de l'Algérie soit environ **70 000** km², le couvert existant ne représente donc que **57 %** de cet optimum. Ces superficies sont subies diverses formes de mutilations (colonialisme, les feux de forêts et l'action anthropique marquée).

9. Répartition des forêts Algériennes

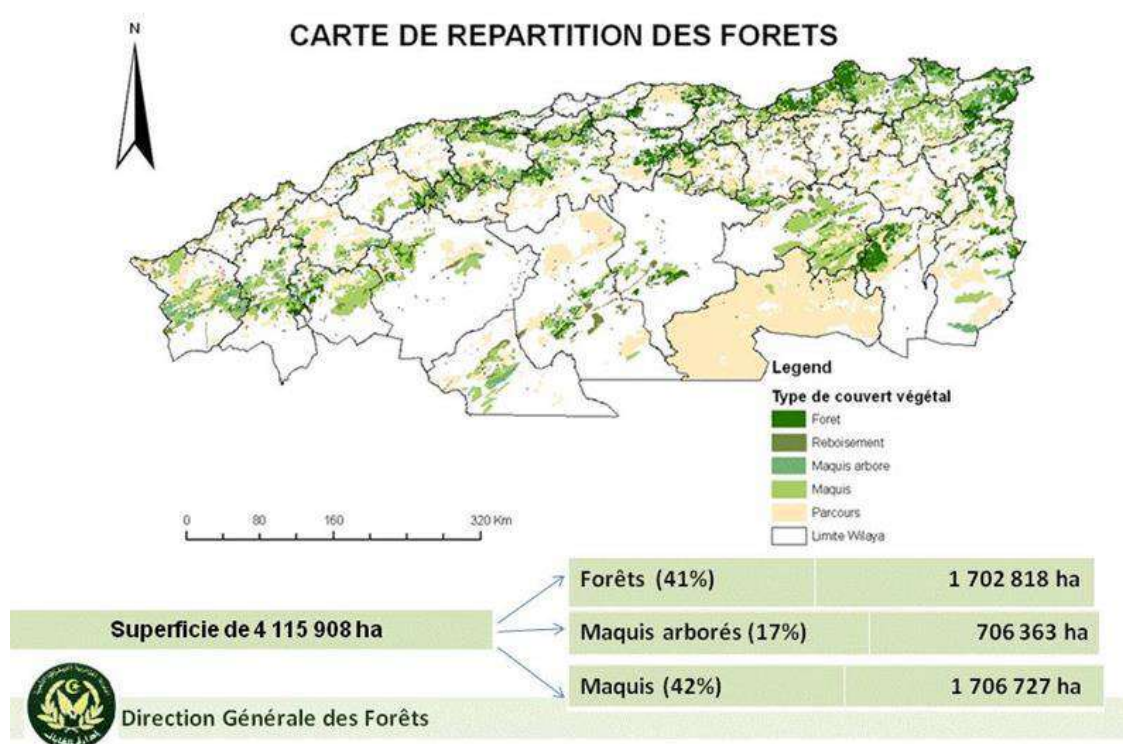
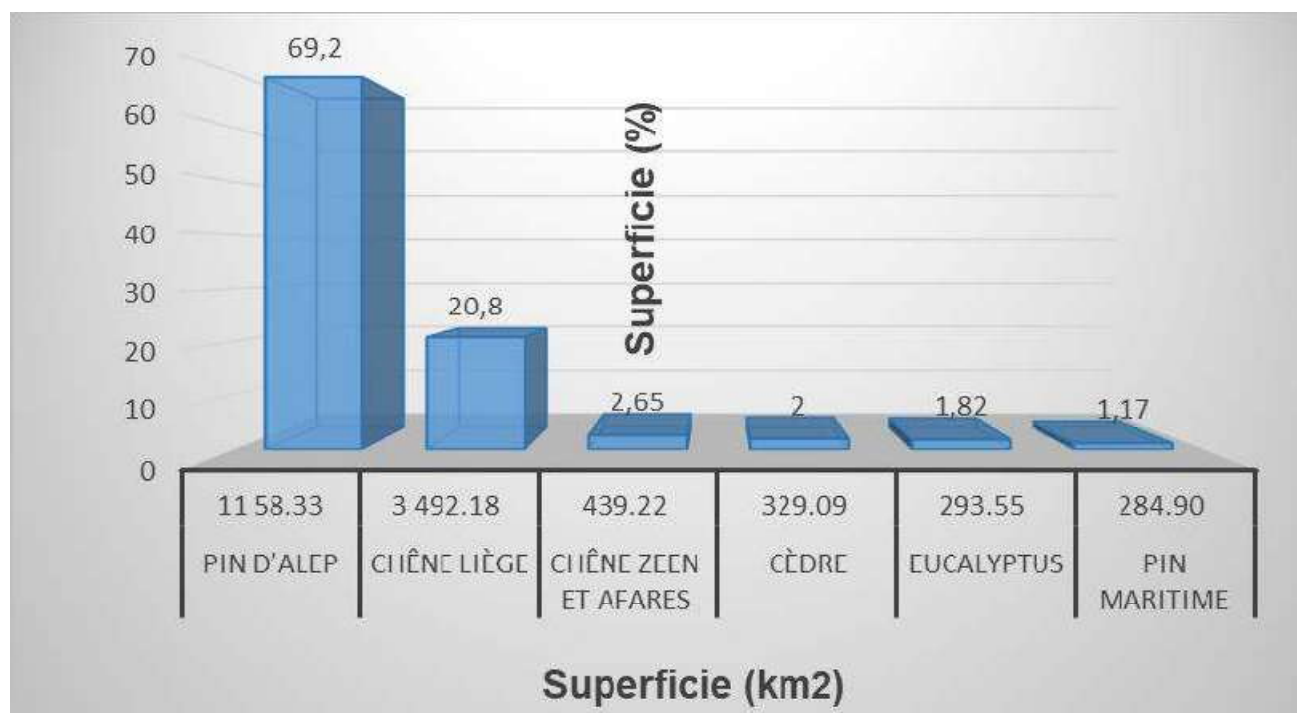


Figure n° 6: Carte de répartition des forêts Algériennes (D.G.F, 2018).

Tableau n°4: Principales essences de la forêt Algérienne (DGF, 2018)

Essences	Superficies (km ²)	Superficies (%)
Pin d'Alep	11 45.464 km ²	69,20 %
Chêne liège	3 45,285 km ²	20,80 %
Chêne zeen et afares	439.22 km ²	2 ,65 %
Cèdre	33,522 km ²	2 %
Eucalyptus	30,318 km ²	1,82 %
Pin maritime	19,476 km ²	1,17 %
Divers	39,243 km ²	2,36 %

(D.G.F, 2018)

**Figure n°7:** Superficie en (km²) et en (%) des principales essences forestières en Algérie

Le pin d'Alep reste dominant avec 69,2 %, mais est loin d'être la première essence forestière en Algérie, car elle a été massivement plantée lors des campagnes de reboisement. Le chêne liège est principalement au littoral, à 1300 m d'altitude dans l'étage subhumide, avec 20,8%. La forêt de chênes zeen et afares, avec 2,65%, située dans les wilayas de Bejaïa, Jijel,

Guelma, Souk ahras et Taref dans le nord-est de l'Algérie et les Cèdres avec 2%, présentent depuis l'été humide jusqu'au semi-aride entre 900 et 200 m d'altitude.

L'Eucalyptus avec 1,82% et Pin maritime moins dominant, se développe entre 500 et 700 m d'altitude dans le nord-est, avec 1,17%.

9.1. Les grands incendies en Algérie :

Le facteur de dégradation probablement le plus significatif du point de vue des massifs forestiers est les feux de forêt ravageant annuellement plus de 320 km² (moyenne calculée au cours des 20 dernières années). Selon les propos recueillis auprès du DGF, Mr ALI MAHMOUDI alors d'une interview à la Radio Algérienne le **14 juillet 2019**, l'année la plus catastrophique fut **1881** quand l'Algérie perdit environ **2000 km²**. Une des difficultés dans la lutte contre les incendies de forêts est la méconnaissance de leurs causes, un domaine qui pèse dans les statistiques de l'Algérie avec plus de 80% de causes de nature inconnue (**MEDDOUR et al. 2012**).

Après l'indépendance, les superficies affectées ont légèrement régressé avec une moyenne de **35 315 ha/an** sur la période (**1963 à 2012**). Cela n'a pas empêché la survenue de nouvelles années noires en **1965 ; 1967 ; 1971 ; 1977 ; 1978 ; 1993 ; 2000 ; 2007 et 2012**. Trois d'entre elles ont été particulièrement catastrophiques : **1983, 1994 et 2012** avec respectivement **221 367 ha, 271 598 ha et 99 061 ha** parcourus. Ces trois années totalisent, à elles seules, près de **600 000 ha** de surfaces brûlées, soit **34 %** du total de la période **1963 jusqu'à 2012**. De telles surfaces « hors du commun » peuvent bien sûr être favorisées, du moins en grande partie, par des conditions climatiques très propices au déclenchement et à la propagation du feu mais elles dépendent essentiellement du facteur humain (**Marc, 1916**).

Tableau n°5: Bilans des surfaces brûlées en Algérie, période (1963-2020) (**DGF, 2021**).

Période	Superficies incendiées (ha)	Moyenne (ha)	Année la plus touchée de la décennie	
			Année	Superficie incendiée (ha)
1963-1970	174,485.51	21,811	1965	50,809
1971-1980	292,847.82	36,284.782	1971	57,835

1981-1990	365,846.5	36,584.65	1983	221,367
1991-2000	549,238.91	54,923.891	1994	271,598
2001-2010	246,656.596	24,665.66	2007	47,939
2011-2020	328,161.531	32,816.153	2012	99,012

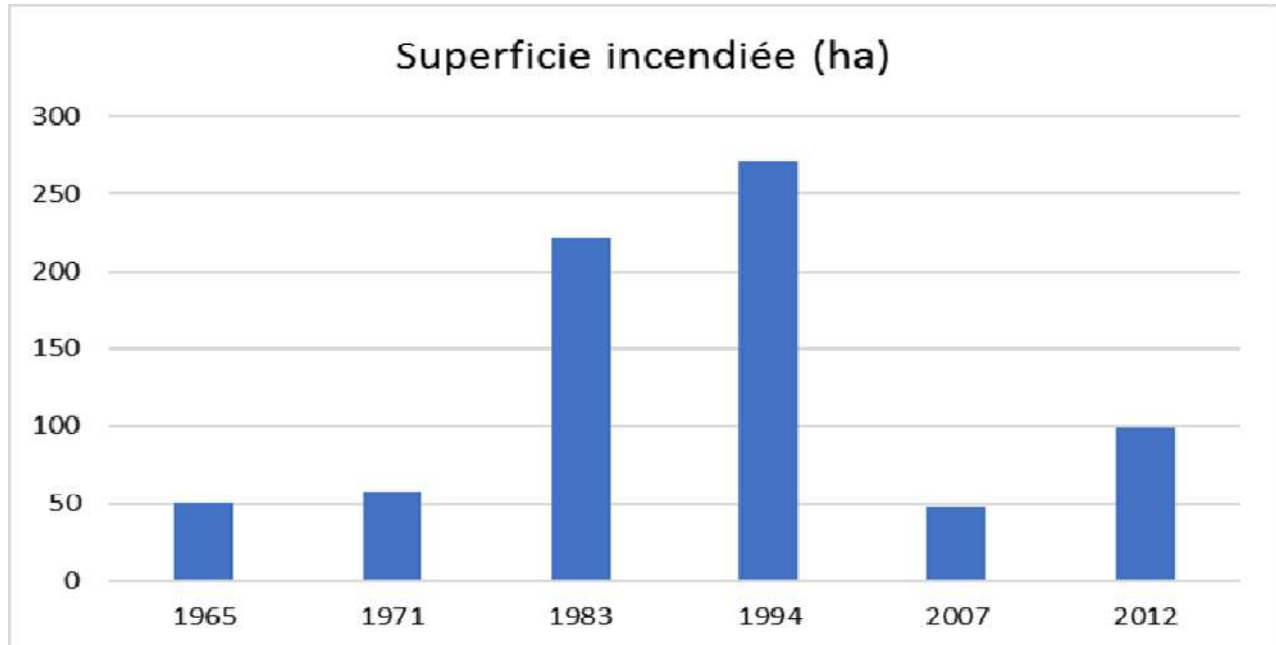


Figure n°8 : Représentation graphique de bilan des incendies des années les plus touchées en Algérie (D.G.F, 2021).

9.2. Les zones de sensibilité en Algérie

Ramade (1997) évoque qu'en Algérie, durant les années 1990, plusieurs incendies ont ravagé de vastes forêts, en particulier en Kabylie. Spatialement, on note que le risque feux de forêts se concentre surtout dans les wilayas littorales du nord-est algérien, de Tizi-Ouzou à El Tarf (fig.7), correspondant à des wilayas très boisées et accidentées, avec une forte densité de population et un manque de terres pour l'urbanisation

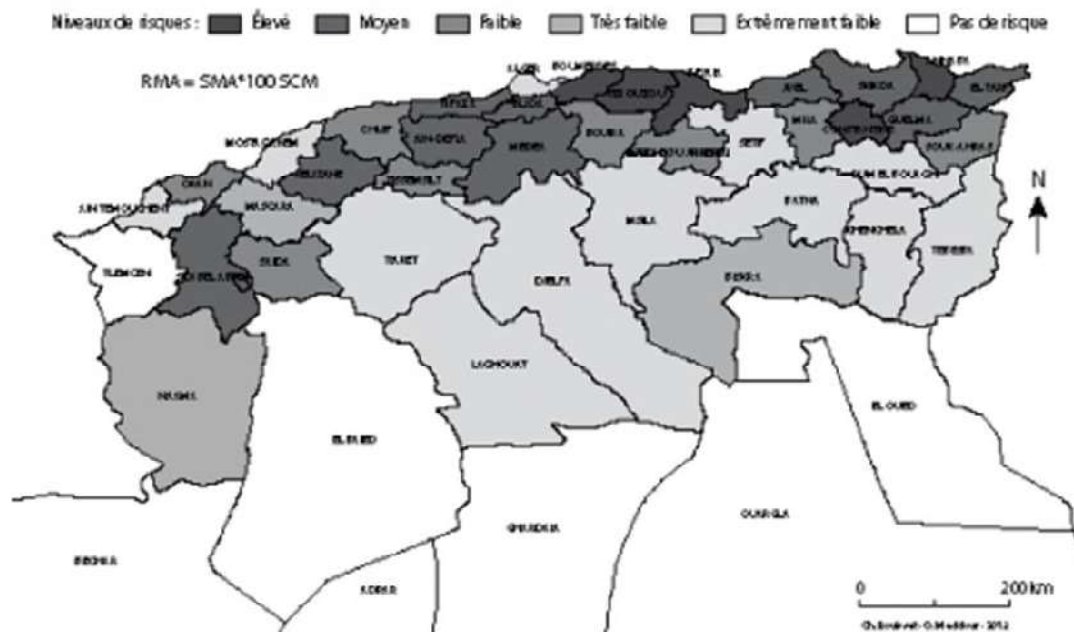


Figure n°9: Carte de sensibilité d'incendie moyen annuel en Algérie. (Meddour-Sahar, 2012)

9.3. Les causes d'incendies de forêts en Algérie

Les statistiques officielles algériennes admettent en effet que plus de 80 % des causes sont inconnues et, pour les 20 % restants, elles tendent à proposer des interprétations comme « l'origine naturelle » du phénomène ou bien « les conditions climatiques », dont l'action comme facteur déclenchant est inexistante (Berchiche, 1986 ; Meddour-Sahar, 2008 ; FAO, 2013).

Classification des causes de feu de forêts

Les causes identifiées de départs d'incendie de forêts sont classées soit d'origine naturelle, soit d'origine humaine. (FAO, 2013).

9.3.1. L'origine naturelle

Les causes de l'origine naturelle, il s'agit uniquement de la foudre, celle-ci ne contribue qu'à un faible pourcentage au nombre de départs de feux (4 à 7% en général).

9.3.2. L'origine anthropique

Les causes d'origine humaine sont les plus nombreuses et peuvent être classées en cinq grandes catégories :

- a. Les causes accidentelles : (lignes électriques, chemins de fer, véhicules automobiles, dépôts d'ordures) ;
- b. Les imprudences : (jets de mégots, pique-nique en forêt, jeux d'enfants, etc.) ;

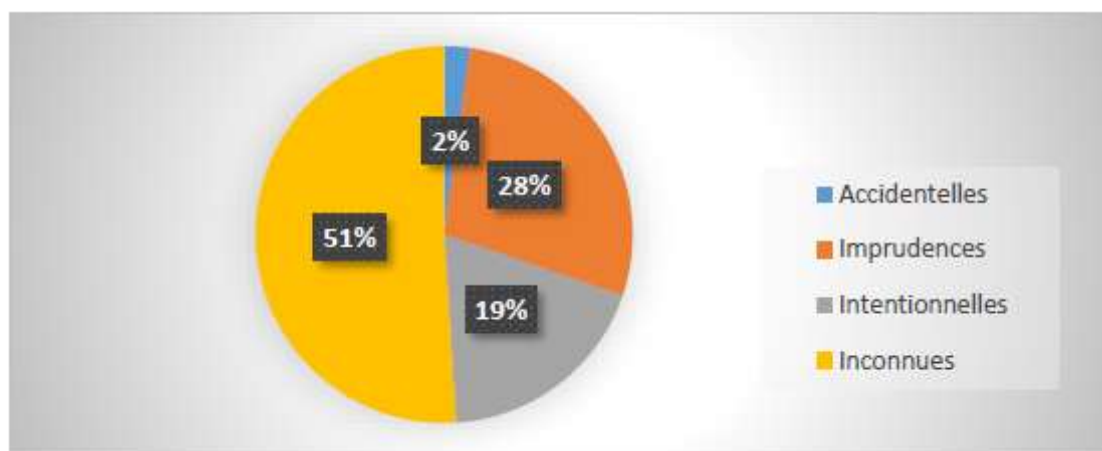
- c. Les travaux agricoles ;
- d. Les travaux forestiers ;
- e. La malveillance.

Notre recherche est orientée sur les incendies d'origine anthropique, parce que les incendies d'origine naturelle (foudre) sont presque inconnus en Algérie. Sur sujet de la mise à feu d'origine anthropique, nous n'avons que des listes de motifs possibles, mais peu de recherches dédiées pour les plus récentes. (Meddour-S. et al., 2013). Cela souligne la nécessité d'améliorer la capacité d'enquêter sur les motifs des incendies en Algérie, comme actions préliminaire incontournable de toute initiative de prévention (FAO, 2008 ; Fernandes, 2008).

Tableau 6: Les causes des incendies de forêt à travers le temps en Algérie

Causes	Sources bibliographiques				Total
	1866-1915 (Marc. 1916)	1886-1945 (Boudy.1952)	1970-1982 (Rebai.1982)	1985-2010 (Meddour, al.2012)	
Accidentelles	8	-----	-----	1	9
Imprudences	32	50	27	3	112
Intentionnelles	23	20	16	16	75
Inconnues	37	30	57	80	204

(Meddour-Sahar et al., 2013)



Chapitre III

Les systèmes D'Informations Géographique

Introduction

La cartographie a été considérée pendant longtemps comme un outil efficace de stockage, de mesures, de localisation et de dessin des données et des phénomènes géographiques. Ses objectifs, ses règles et ses méthodes ont été de tout temps et restent les principaux moyens de planifier des projets d'aménagements des villes, des bassins versants et des stratégies politiques et militaires. Cependant, les développements de la technologie et l'apparition de normes nouvelles dans l'aménagement du territoire posent un grand nombre de contraintes qui entravent et diminuent l'efficacité de la carte sur papier qui a commencé à montrer ses limites. Parmi ces contraintes citons ;

- La difficulté d'actualisation des données géographiques qui sont en constante évolution.
- La difficulté de la liaison entre les éléments géographiques et leurs bases de données généralement énormes.
- La difficulté d'analyse et de prise de décision rapide devant la quantité importante de données.

Devant ces difficultés, la géomatique a est intervenu d'une façon croissante dans le domaine des sciences de la terre. Dans un premiers temps, la géomatique a réussi à faciliter l'acquisition et le traitement des données géographique en produisant des cartes de meilleure qualité par des programmes qui sont des logiciels de dessin et de cartographie automatique (Autocad, Mapviewer, Surfer, Corel Draw, Canvas...), par la suite une génération de programmes beaucoup plus complets appelés les systèmes d'information géographique sont apparus (Mapinfo, Arcgis, Erdas, Idrissi, Géomédia, Sagagis, Quantum GIS...). Les systèmes d'information géographique sont apparus comme une nouvelle technologie où l'efficacité réside dans leur capacité d'acquérir, rassembler, stocker, manipuler, analyser, et afficher les données géographiquement référencées. Ces programmes sont à la fois des logiciels de dessins, de base de données et de traitement de textes capables de lier l'élément géographique dessiné à sa base de données dans laquelle les informations stockés et bien organisés peuvent être, logiques, sous forme de caractères ou numériques permettant l'application d'opérations mathématiques complexes et présentant les résultats sous forme de cartes, graphiquement ou simplement sous forme de tableaux.

Le développement de la télédétection au cours des deux dernières décennies a permis une analyse spatiale importante des phénomènes se produisant à la surface de la terre ce qui a poussé les géologues et les géomorphologues de développer ces programmes pour lire et analyser les

résultats de la télédétection fournis par les instances spécialisées dans l'information spatiale de la surface de la terre.

Cette nouvelle technologie est devenue inévitable dans une large gamme de thèmes de la recherche scientifique. La part de la géologie et la géomorphologie est très importante dans ce domaine. Les modélisations mathématiques des phénomènes géologiques, le traitement de diverses données spatiales, l'utilisation des GPS (Global Positionning System) et le traitement des données de télédétection ont conduit les chercheurs à utiliser les SIG pour mettre en relation les diverses disciplines qui traite de la surface de la terre. La plupart des grandes entreprises, administrations, et collectivités locales sont, à l'heure actuelle, équipées de logiciel SIG pour gérer l'information géographique sur leur territoire de compétence.

I. Définitions

1. Géomatique

C'est au Canada où le mot fait son apparition en 1993 quand l'Office de la langue française du Québec adopte le terme géomatique comme « la discipline ayant pour objet la gestion des données à référence spatiale et qui fait appel aux sciences et aux technologies reliées à leur acquisition, leur stockage, leur traitement et leur diffusion ». Dans ce pays, la géomatique apparaît comme une des quatre composantes du secteur des sciences de la terre au Ministère des Ressources Naturelles du Canada.

En France, Les lexiques des écoles de géographie la définissent comme une science qui regroupe l'ensemble des disciplines et moyens technologiques et surtout informatiques permettant de représenter, d'analyser et d'intégrer des données géographiques.

Pour le site "hypergeo.free.fr" La géomatique se réfère à un grand nombre d'outils, de technologies et de disciplines, reposant elles-mêmes sur des théories mathématiques sans lesquelles elles n'existeraient pas. Les connexions principales de l'outil "Système d'Information Géographique" décomposé selon ses fonctionnalités essentielles, d'abord vers les technologies informatiques, puis leur rattachement à des disciplines en sciences géographiques et à des théories mathématiques (ou autres), le graphe d'ensemble structurant ainsi le paradigme géomatique.

2. La géomatique consiste donc en au moins trois activités distinctes :

- La **collecte** des données géographiques représentant au mieux la réalité de terrain à partir de diverses sources d'informations :
 - o la photographie aérienne, dont la version exploitable, après correction des aberrations optiques et erreurs s'appelle **orthophotographie**.
 - o l'image satellite (type Spot, Landsat, Ikonos...) ; o le relevé direct sur le terrain, désormais effectué principalement à l'aide de GPS, qui permettent de saisir en même temps l'objet géographique et sa localisation.
- la **numérisation** des données et leur intégration dans les systèmes d'Information Géographique.
- Le **traitement** et l'**analyse** des données géographiques par les SIG (systèmes d'Information Géographique, en anglais GIS)

L'intérêt d'un SIG dépendant fortement des données. Le but de ces outils est non seulement de pouvoir afficher les informations géographiques mais aussi de réaliser des croisements, de créer des cartes synthétiques ou thématiques.

. **L'information géographique** appelée aussi "données spatiales » peut être définie comme l'ensemble de éléments descriptifs d'un objet et de sa position géographique à la surface de la Terre. Elle se divise en deux entités :

- **l'information spatiale**, représentée par des objets graphiques tels que des lignes, points ou polygones sur des cartes.
- **la donnée d'attributaire** ou descriptive (sous forme de statistiques ou de données alphanumériques telles que la pente, le type de sol, le couvert végétal, etc.). Cette information est structurée sous forme de table attributaire.

3. Système d'Information Géographique

Depuis la définition de Dueker 1979 en passant par Parker (1979), Burrough (1986), Smith et al (1987), Cowen (1988), CNIG (1990) pour arriver à celle de l'Institut ESRI (1990), La définition du système d'information géographique a connu une évolution continue qui a suivi le développement de ses applications et des objectifs recherchés selon les spécialités et les domaines d'application.

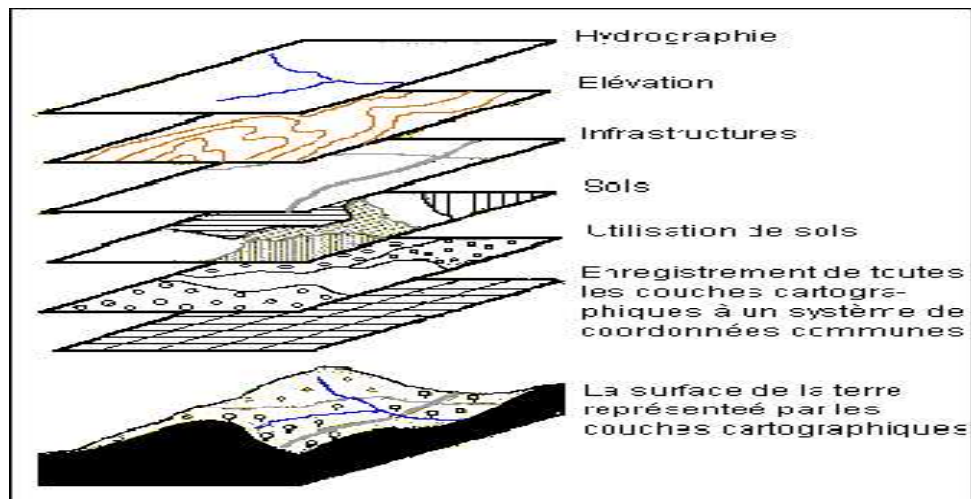
Les Systèmes d'Information Géographique sont des outils informatiques composés par du matériel (Hardware : Ordinateur, scanner, tables à digitaliser, imprimantes...) et de logiciels

(software : Mapinfo, Arcgis, Erdas, Idrissi, Géomédia, Sagagis) capables d'acquérir, de rassembler, stocker, manipuler, analyser, et afficher les données géographiquement référencées. Ils permettent la liaison entre les éléments géographiques cartographiés et leurs bases de données généralement énorme.

Le rôle du système d'information est de proposer une représentation plus ou moins réaliste de **l'information spatial** des objets terrestres en se basant sur des éléments géométriques telles que des points, des arcs, des polygones (vecteurs : modèle vectoriel) ou des maillages (modèle raster). À ces éléments est associée la base de données ou les **données**

attributaires sous forme de tableaux où sont rangés des informations qualitatives telles que la nature de l'objet (affleurement géologique, failles, route, voie ferrée, forêt...) ou quantitative (altitude, débit...) ou toute autre information géographique.

Les données spatiales sont généralement sous forme de couches d'information issues de carte thématique (voir la figure ci-dessous), qui peuvent décrire entre autres: la topographie, la disponibilité en eau, la nature du sol, le couvert végétal, le climat, la géologie, la population, la propriété foncière, les bornes administratives ou bien encore les infrastructures (route principales, voies ferrées, réseau électrique, etc).



III. Domaines d'utilisation des SIG

Suite à la prise de conscience de l'interrelation entre les différents phénomènes qui se déroulent à la surface de la terre, la nécessité de développer des outils de gestion global et pluridisciplinaire, s'est rapidement imposée.

La capacité des SIG de gérer l'information spatiale et à confronter des informations issues de cartes distincte a facilité la prise de décision. Les SIG ont pris une place croissante pour la proposition de solutions pratiques dans divers domaines :

- **Aménagement du territoire** : Schémas d'organisation territoriale, Plans d'urbanisme, choix de tracés routiers, autoroutiers ou ferroviaires, études d'impacts....
- **Gestion urbaine** : gestion de la voirie, des réseaux de distribution, des espaces verts, du patrimoine, de la sécurité, simulation d'insertion de projets architecturaux....
- **Circulation et conduite automobile** : choix d'itinéraires, suivi de flottes de véhicules, aide à la conduite assistée par ordinateur,
- **Agriculture** : génie rural, gestion des ressources en eau, suivi et prévision des récoltes, gestion des forêts, aide à la mise en oeuvre de la Politique Agricole Commune,
- **Protection de l'environnement** : définition des zones sensibles, suivi des évolutions, alerte aux pollutions, protection des paysages, évaluation de l'impact des interventions
- **Risques naturels et technologiques majeurs** : définition et suivi des zones à risque, prévention de catastrophes, intervention en cas de sinistre, organisation des secours.

IV. Composants des SIG

Les composants nécessaires pour une bonne utilisation des SIG se répartissent en 3 ensembles :

- Le matériel :

Le matériel nécessaire pour l'utilisation d'un SIG se compose principalement de trois ensembles d'unités :



unités d'intégration des informations

L'entrée de données implique la conversion des données cartographiques d'observations terrestres, d'images satellitaires ou bien encore de photographies aériennes dans des formats numériques compatibles avec le système. L'intégration des données géographiques se fait par la souris, le clavier, la table à digitaliser (table numérique) ou le scanner en précisant la nature des données et le degré de résolution souhaité par l'utilisateur.

La plupart de SIG sont équipés de table numériques qui permettent à l'aide d'un curseur (créé par une souris ou un stylo électronique), de tracer directement de nouveaux plans d'information à partir de cartes sur papiers. Ce travail nécessite une certaine expérience et requiert parfois un travail ultérieur de structuration et/ou de nettoyage des fichiers résultants (pour fermer par exemple les surfaces ou résoudre des intersections erronées).

L'utilisation de scanner est un moyen de plus en plus utilisé pour automatiser la numérisation de grandes quantités d'information. Ce système élimine le travail de digitalisation manuelle des lignes et assure une bonne qualité géométrique. Bien que cette méthode soit plus rapide que la digitalisation manuelle, elle n'est pas adaptée à tous les cas de figure et nécessite d'une carte d'origine peu chargée, au risque de numériser une partie des informations toponymique ou d'un long travail de nettoyage des fichiers scannés.

La qualité des sources des données et la méthode d'intégration choisie pour ces données, affecteront la qualité des produits finaux issus du SIG; et ceci quelque soit la sophistication du matériel ou des logiciels utilisés.

- unités de traitement et de stockage des informations

L'unité centrale de l'ordinateur est le principal élément qui permet le stockage, le traitement et l'analyse des données. La gestion de base de données comprend principalement les fonctions suivantes: structuration, requête, analyse et enregistrement des données attributaires. Le traitement des données couvre deux types d'exécution:

- la préparation des données par l'élimination d'erreurs ou la mise à jour
- l'analyse des données pour fournir des réponses aux questions que l'utilisateur pose au SIG.

Le traitement, selon sa nature, peut opérer conjointement sur les données spatiales et attributaires ou sur seulement l'un des types de données. On peut citer quelques traitements classiques tels que le croisement de différentes cartes thématiques, traitement des superficies et des distances, acquisition d'information statistique à partir de données attributaires; changement des légendes, le

changement d'échelle et de projection, la création d'une zone tampon, ou bien encore la représentation en trois dimensions à partir d'un modèle numérique de données d'élévation de terrain.

- unités de restitution des données et de présentation des résultats

Le matériel nécessaire pour la restitution des données et de présentation des résultats comporte l'écran dont la netteté d'affichage dépend de la résolution choisie, de la taille de l'écran et de la carte graphique (super VGA de préférence). Cette visualisation peut être exportée sous forme de fichiers graphiques ou sous forme de sortie cartographique papier à l'aide d'imprimantes ou de tables traçantes.

- Les logiciels :

Les logiciels S.I.G offrent une panoplie d'outils et de fonctionnalités qui permettent d'acquérir, de stocker, d'analyser et d'afficher des données géographiques: les plus utilisés actuellement sont MapInfo, ArcInfo, Arcview, GRASS, IDRISI, GéoConcept... mais de nouveaux SIG apparaissent de plus en plus.

Un programme n'est considéré comme SIG que s'il comporte un ensemble de systèmes informatiques dont les principaux sont :

- un système de numérisation des cartes : c'est l'élément de base pour intégrer des données géographiquement référencés qu'elles soient des données spatiales localisées par des coordonnées (x,y,z) ou des données descriptives sous formes de texte (noms de régions, d'affleurements, type de sol...) ou numériques (débit de cours d'eau, précipitations...).
- un système de gestion des bases de données capable d'organiser les données sous forme de tableaux. Chaque tableau contenant des champs ou des colonnes où sont emmagasinées les données descriptives liées aux différents éléments des couches de la carte.

Le SIG permet d'analyser ces données et de répondre aux requêtes de l'utilisateur.

- un système d'analyse spatiale utilisant des outils statistiques et cartographique pour démêler la complexité et l'interdépendance des facteurs déterminants des phénomènes géographiques par croisements successifs des couches informatiques relatives aux cartes thématiques.
- Un système d'aide à la décision. Les décideurs se basent sur cette fonction du SIG pour élaborer des scénarios futurs, voir l'impact des interventions sur l'environnement et prévoir les stratégies de développement sans nuire à l'environnement.

- un système riche en outils de réalisation de cartes pour exposer l'information géographique de manière simple et efficace.

- Les données :

Ce sont certainement les composantes les plus importantes d'un S.I.G. On différencie les données selon leur nature (numériques, descriptives en caractères, en image ou en schémas)

Les données géographiques collectées directement sur le terrain ou acquises auprès de producteurs de données.



- Les méthodes

Une des manières les plus intuitives pour aborder les domaines d'application des SIG consiste à formuler les questions auxquelles serait confronté un utilisateur potentiel. Il est essentiel que ces utilisateurs potentiels définissent de manière la plus précise et exhaustive possible leurs besoins en information et leurs besoins en traitement de cette information (par exemple envisager les différents croisements).

Les champs d'application des SIG sont très divers et les besoins très différents. La manipulation d'un S.I.G ne peut donc s'effectuer sans l'application de méthodes, de règles et de procédures très strictes et propres à chaque application. Ces méthodes permettent une utilisation rigoureuse et cohérente du matériel, des logiciels et des données du S.I.G par l'ensemble des utilisateurs et cela afin de répondre aux objectifs fixés au préalable dans tout projet.

- Les utilisateurs

Le composant humain est important. Un S.I.G étant avant tout un outil, ce sont ses utilisateurs (et le personnel qui entretient et gère le système) qui lui permettent d'exister et de donner toute l'efficacité dont il peut être porteur. Les utilisateurs doivent avoir différentes compétences :

- expérience dans les techniques informatiques de traitement de texte, de gestion des bases de données et de dessin assisté par ordinateur

- expérience dans la sémiologie cartographique

La coordination entre des spécialistes d'horizons divers est également un des éléments clés de la réussite d'un projet.

L'expertise spécifique, apportée par des thématiciens devra être mise à profit tout au long du développement des applications et permettra aux informaticiens et spécialistes de base de données, de construire un modèle de données adapté à ces contraintes thématiques.



IV. Fonctionnement du SIG

Les SIG proposent une représentation plus ou moins réaliste de l'environnement spatial en se basant sur deux types de modèles.

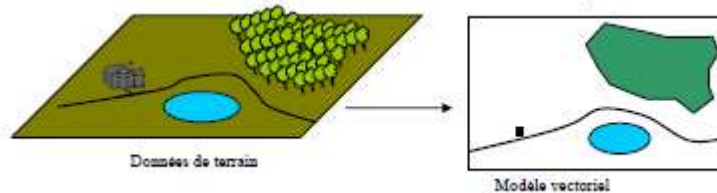
Le modèle vectoriel : l'ensemble des objets sont représentés par les éléments géométriques que sont les points, les lignes ou les polygones, définies en coordonnées réelles (X,Y).

Le modèle raster ou maillé: le monde réel est représenté par une succession régulière de cellules (surfaces élémentaires), selon un maillage défini. A chaque cellule est associée une valeur donnée

L'utilisation de l'un ou l'autre modèle dépend d'un ensemble de facteurs liés aux sources des données, au matériel disponible et aux objectifs de l'utilisation du SIG. La plupart des SIG ont la capacité de transformer les données d'un format à l'autre.

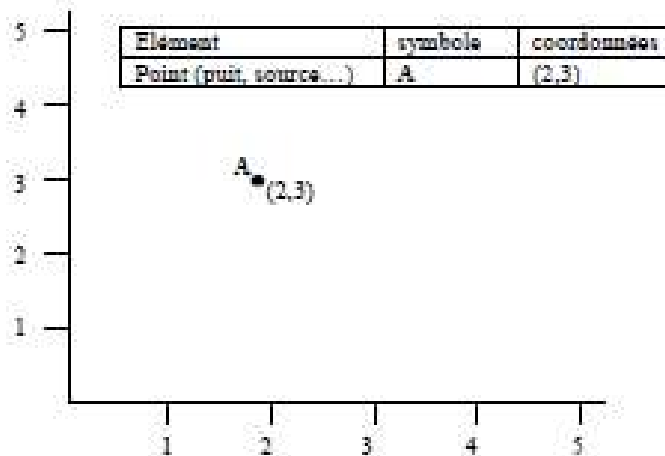
1. Le modèle vectoriel

Trois types d'éléments géographiques peuvent être intégrés dans le modèle vectoriel ; les éléments ponctuels, les éléments linéaires et les éléments surfaciques.



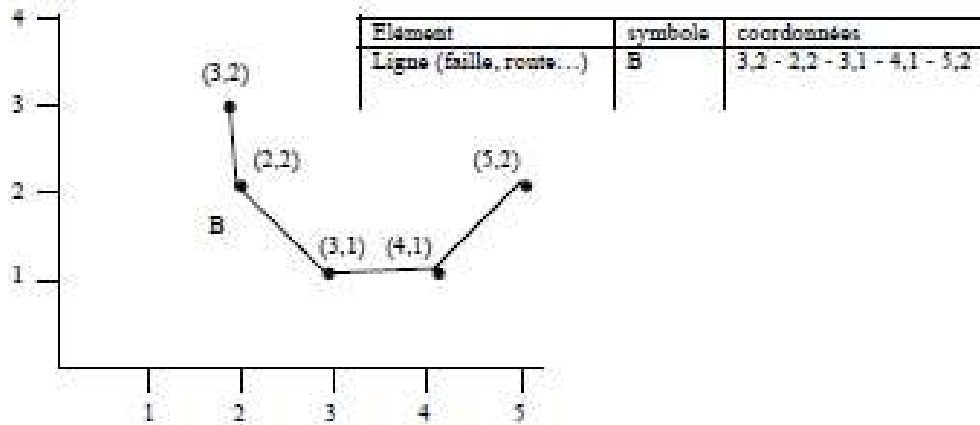
1. 1. Les éléments ponctuels

Ce sont des éléments représentés sur une carte par des points qui ont des coordonnées x,y (puit, source, localité...)



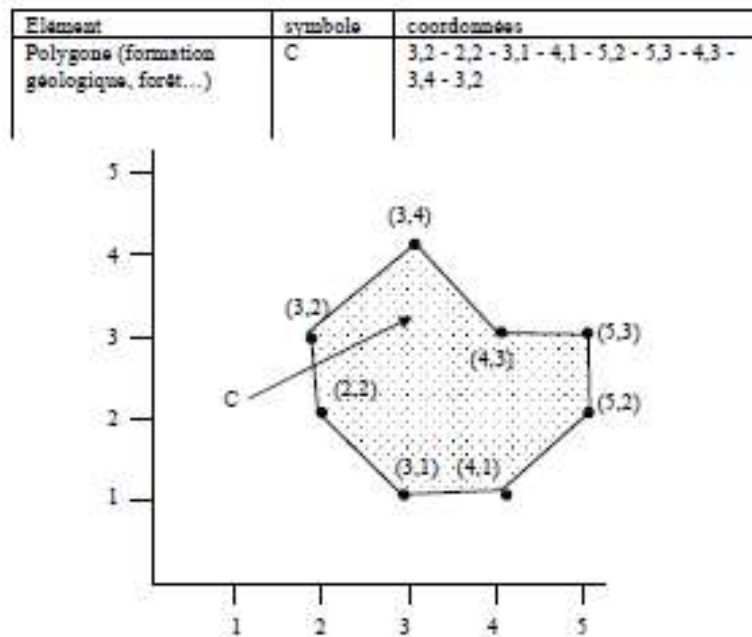
1. 2. Les éléments linéaires

Ce sont des éléments représentés sur la carte par un trait. Ils sont réalisés en joignant une série de points. (Faille, réseau hydrographique, route ...). Chaque point a des coordonnées x,y



1. 3. Les éléments surfaciques (polygones)

Ils constituent des surfaces limitées par un trait fermé (polygones), où les coordonnées du point de départ coïncident avec celles du point d'arrivée.



La représentation de la topographie nécessite l'ajout d'un troisième paramètre (z) ou coordonné réel représentant les valeurs d'altitude.

1.4 Intégration des données géographiques dans un SIG à modèle vectoriel

Dans le modèle vectoriel, les éléments sont intégrés par ;

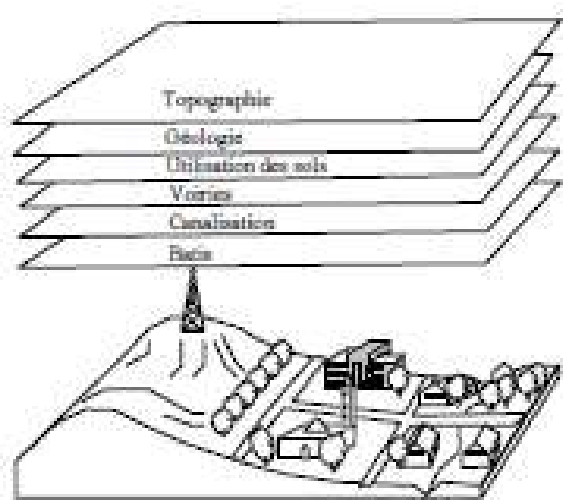
- une table à digitalisation qui transforme les données imprimées en données numériques
- en les important directement de supports informatiques
- en digitalisant directement sur une image géoréférencée (image raster)

1.4.1. Notion de couches informatiques

Les données spatiales sont généralement intégrées dans un SIG sous forme de couches. Une couche informatique est un plan sur le quelle sont représenté un ensemble d'entités géographiques indiquant un thème donné.

Chaque couche représente un sous ensemble thématique. C'est un espace à cartographier où on regroupe les éléments géographiques du même thème.

Exemple, tous les éléments indiquant la topographie (courbes de niveau, points cotés,...) sont représentées sur une seul couches. Les éléments indiquant l'hydrographie (cours d'eaux temporaires, ou pérennes, les lacs...) sont représentés sur une autre couche...



Le SIG peut, par la superposition des couches, élaborer une carte thématique dans la quelle les bases de données des différentes couches fusionnent en une seule.

1. 4. 2. Base de données

Les données descriptives (qualitatives ou quantitatives) en relation avec les différentes entités géographiques sont organisées selon un mode relationnel. Ce mode consiste à placer les données dans des tableaux où les différentes colonnes constituent un ensemble d'attributs.

a. Définitions**Enregistrement ou tuple**

Le tuple ou l'enregistrement est l'élément fondamental de la base de données.

Chaque tuple représente un fait, un ensemble de valeur d'un attribut (l'ensemble des faciès lithologiques affleurant dans une carte ; marnes, calcaire, grès, schiste représentent tous des tuples de l'attribut lithologie)

Champ ou Attribut

C'est une variable qui renseigne sur une caractéristique d'une entité. L'attribut correspond au champ.

Dans une table géologie, les attributs des différents affleurements peuvent être la lithologie, l'étage, les fossiles... (la lithologie est l'attribut de l'ensemble des tuples ; marnes, calcaire, grès, schiste)

b. Représentations informatique des chiffres et des caractères

Pour qu'ils soient enregistrés dans le fichier informatique de la base de données, les attributs doivent être exprimés d'après des types préétablis selon qu'il s'agit de données exclusivement numériques ou numériques et alphabétiques:

Les nombres sont exprimés selon plusieurs catégories (entiers, réels avec des décimales...) avec des longueurs variables.

Les caractères alphanumériques représentent des chiffres et des lettres.

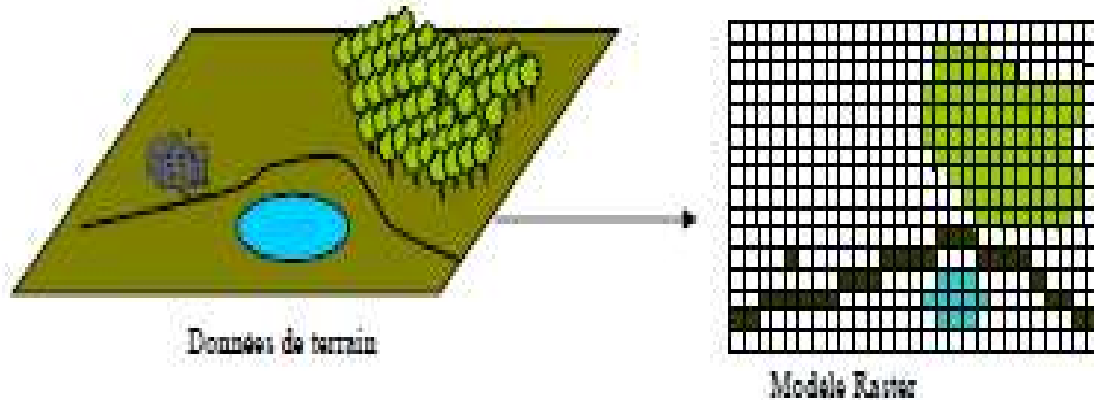
Les types préétablis des données doivent être préparés lors de la structuration de la base de données.

Le SQL de son appellation anglaise "structured Query Language" c'est-à-dire langage structuré de requête est un langage qui fut développé pour gérer et interroger les base de données.

Les différents SIG disposent d'un langage relativement commun pour établir un lien entre l'utilisateur et la base de données. Ce langage permet de modifier, sélectionner ou créer des données.

2. Le modèle raster ou matriciel

Le modèle raster traite les données par une grille (grid) de surfaces élémentaires (ou cellule) appelées "pixel" de l'anglais "picture element" qu'on intègre à l'ordinateur à l'aide d'un scanner, par l'importation à partir de fichiers de satellites ou par la conversion de modèle vectoriel.



Dans ce modèle l'élément ponctuel est représenté par un carré, l'élément linéaire par une série de carrés qui se succèdent, l'élément surfacique par un ensemble de carrés voisins dans deux directions de l'espace. Selon le type de données, les valeurs conservées dans les cellules peuvent être des nombres entiers, des nombres réels ou des caractères alphanumériques.

2. 1. La couche matricielle

Les valeurs entières, réelles ou alphanumériques liées aux différents pixels d'une couche correspondent souvent à des codes enregistrés dans un tableau ou dans une légende.

Les données correspondant à un terrain peuvent être visualisées comme un ensemble de couches thématiques superposables.

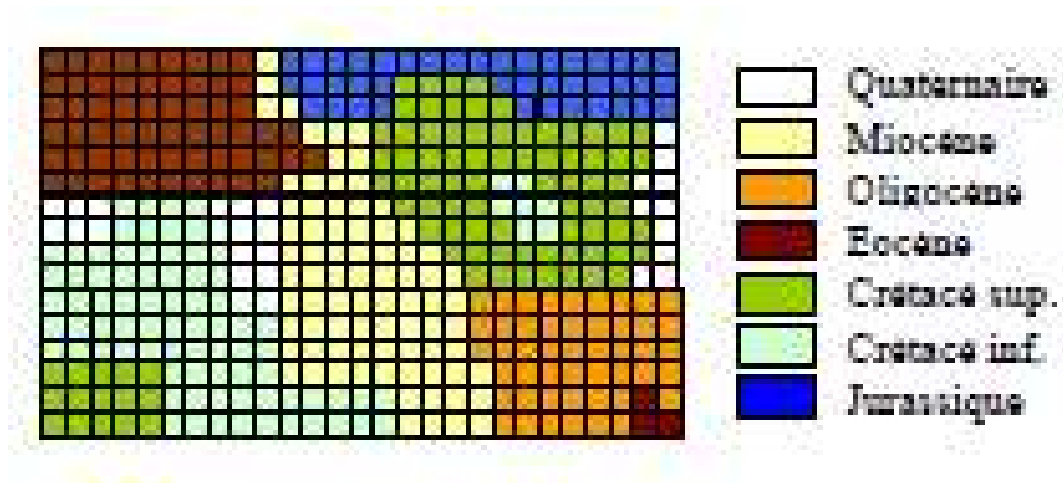
2. 2. La résolution

La précision de l'information géographique dans ce modèle est liée au degré de résolution (taille des pixels et nombre de pixels dans une surface donnée). Selon l'échelle, le pixel peut avoir une taille de quelques m² à plusieurs hectares. Chaque pixel contient une seule valeur, ce qui entraîne souvent une perte de précision pour des résolutions faibles puisque la limite entre deux classes de sols peut se situer au milieu d'un pixel.

Sur une couche, les cellules contiguës possédant la même valeur (ou même code) forment une zone. Ces zones correspondent à des entités géographiques surfaciques (sols, affleurements géologiques, lacs, ...). Ces surfaces peuvent être discontinues ou continues

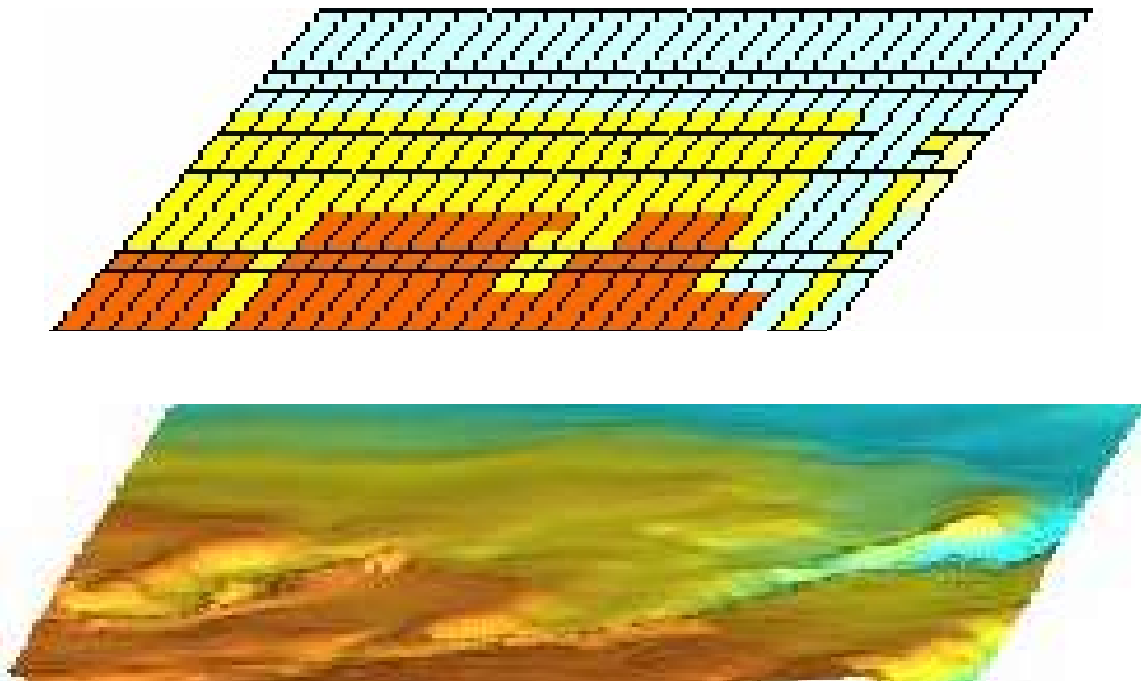
2. 3. 1. Surfaces discontinues

Les pixels isolés et les zones non contiguës utilisant le même code ou possédant la même valeur forme une classe thématiques (Exemple, une couche d'affleurements géologiques).



Il existe deux types de surfaces continues représentées par les modèles matriciels.

a. Chaque point de la surface représentée résulte de la concentration ou de l'intensité du phénomène étudié (topographie, précipitations, températures...)



b. La relation par rapport à une source de diffusion d'un phénomène (modélisation de pollution par les margines des barrages ou par les marées noires sur l'océan, de propagations de maladies...)

Chaque modèle a ses propres avantages et inconvénients (Tableau ci-dessous):

	Avantages	Inconvénients
Raster	- Il est plus facile d'écrire des programmes pour traiter les données - Modèle assurant une meilleure compatibilité avec les données maillées telles que images satellitaires numériques - Meilleure compatibilité avec certaines sorties du type traceurs à jet d'encre ou terminaux graphiques	- Requiert beaucoup de mémoire pour des bases de données contenant beaucoup d'attributs - Difficulté à représenter exactement les lignes (lignes topographiques, route, chemin de fer, etc.) à moins que la taille de la cellule soit petite. - Nécessite de disposer d'un dispositif de conversion vecteur raster pour intégrer des données vecteur
Vecteur	- Beaucoup moins de mémoire requise - Possibilité de représenter la carte dans sa résolution initiale - Possibilité de représentation d'attributs multiples.	- Les fonctions spatiales d'analyse sont beaucoup plus complexes - Certaines données de variable continues (ex: altitude, images satellitaires) ne peuvent être représentées sans traitement préalable.

3. Fonctions de base d'un SIG

Le SIG facilite l'intégration de données spatiales diverses sous formes de couches. Il permet de les croiser, de les analyser et enfin d'afficher le résultat de ces analyses sous forme cartographique. Les fonctionnalités de base des SIG sont les suivantes:

- production de cartes synthétiques, à différentes échelles, et selon différents systèmes de projections,
- changement d'échelle, de projections, de légendes, d'annotations, etc.
- extraction de cartes issues du croisement de plusieurs informations et qui représente l'ensemble des attributs issus de différentes cartes thématiques.
- création de zones tampon ou de proximité, correspondant à la distance par rapport à des objets graphique de type linéaire ou surfacique. Cette technique est utilisée notamment pour la recherche de zones favorables à une distance donnée de réseaux de communication (voies ferrées, autoroutes, routes, etc.) ou de ressources hydriques (fleuves, canaux d'irrigation). Ces zones tampons peuvent alors être utilisées dans de nouveaux croisements.
- requête de type spatiale ou attributaire, ou conjointe.

Chapitre IV

Présentation de la zone d'étude

Présentation de la zone d'étude

Présentation de la forêt de Drriniene

Situation géographique de la zone d'étude

La forêt domaniale de Drriniene est située au Nord-Est de la commune de Sidi Amar Wilaya de Saida géographiquement, entre les longitudes 0° 4' ouest et 0° 15' est, et les latitudes 34° 57' et 35° 5' nord. S'étend sur une superficie de 7035.38 ha.

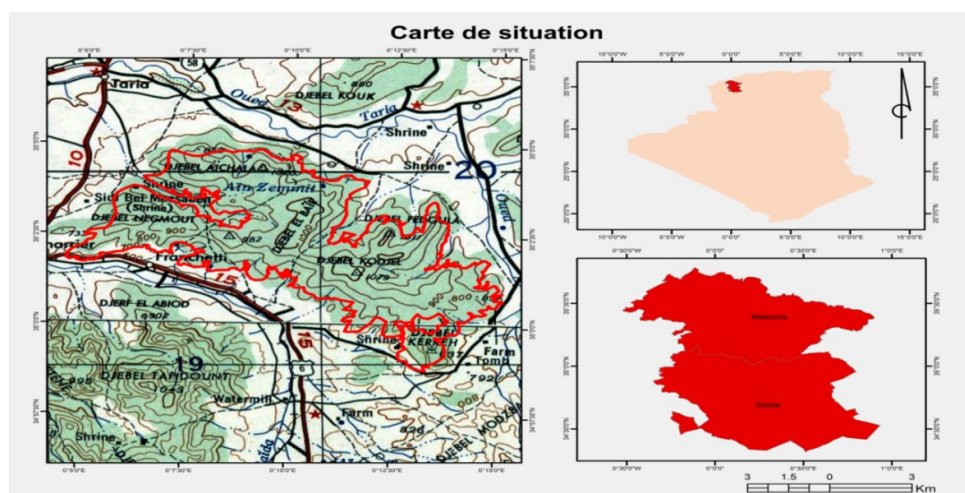


Figure n°01 : Localisation géographique de la forêt de Drriniene (sidi amer. Saida) ; Anteur Dj

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

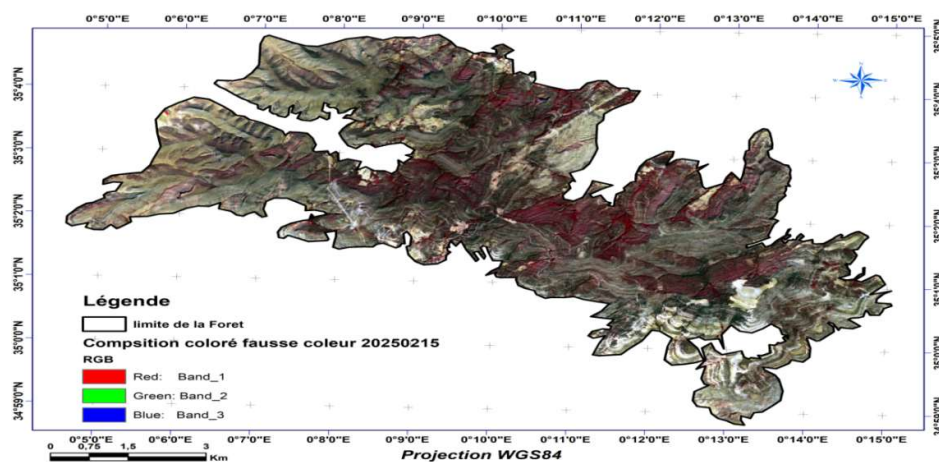


Figure n° 02 : Le modèle numérique de terrain de la forêt de Drriniene (Dr.Anteur)

L'Altitude

L'influence du relief est encore plus évidente sur la répartition des espèces médicinales. Le relief est indiqué sur la carte topographique par la disposition et la valeur des courbes de niveau.

La carte qui différencie les tranches d'altitude est appelée, carte hypsométrique.

Carte hypsométrique. Elle est caractérisée par un terrain montagneux à une altitude minimale de 619mètres et une altitude maximale de 1130 mètres.

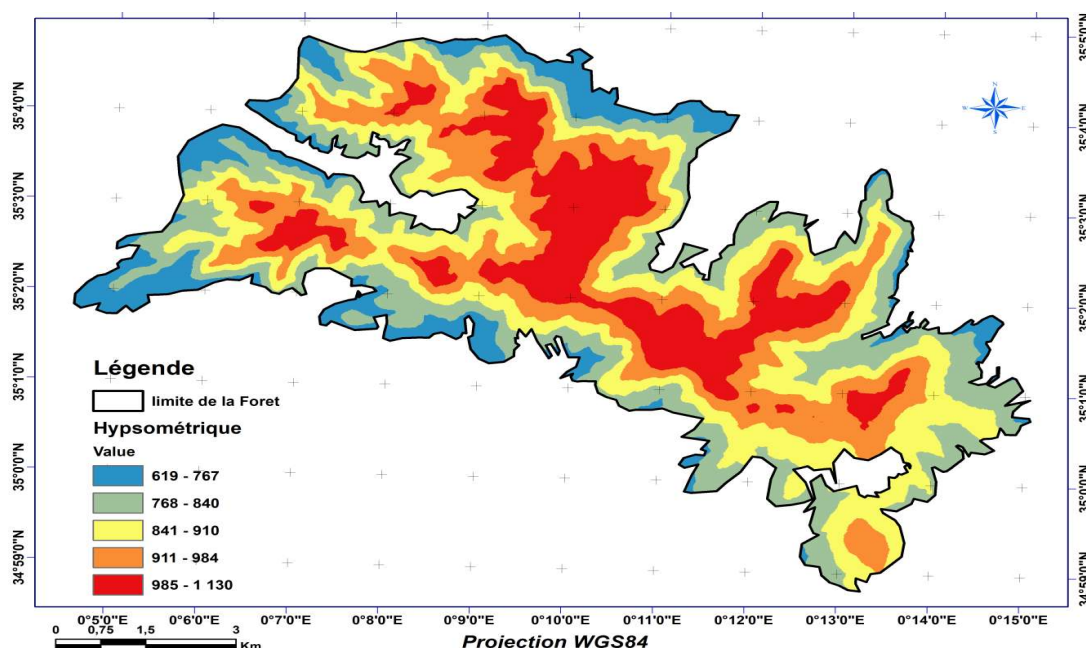


Figure n° 03 : Carte hypsométrique de la forêt de Drriniene

La Pente

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

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

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

En termes d'incendie de forêts, l'effet de la pente est dans la modification de l'inclinaison des flammes par rapport au sol, ce qui favorise les transferts thermiques vers la végétation située en amont. Par conséquent, plus la pente est forte et plus le risque augmente.

Ce paramètre a son impact également sur la difficulté d'accessibilité pour la lutte contre les incendies ou ce qu'on appelle les parades. La pente, du site d'étude, varie entre 0, pour les pixels horizontaux, jusqu'à 75% pour les zones les plus inclinées. Ces dernières se localisent surtout à l'extrême Est de la zone d'étude

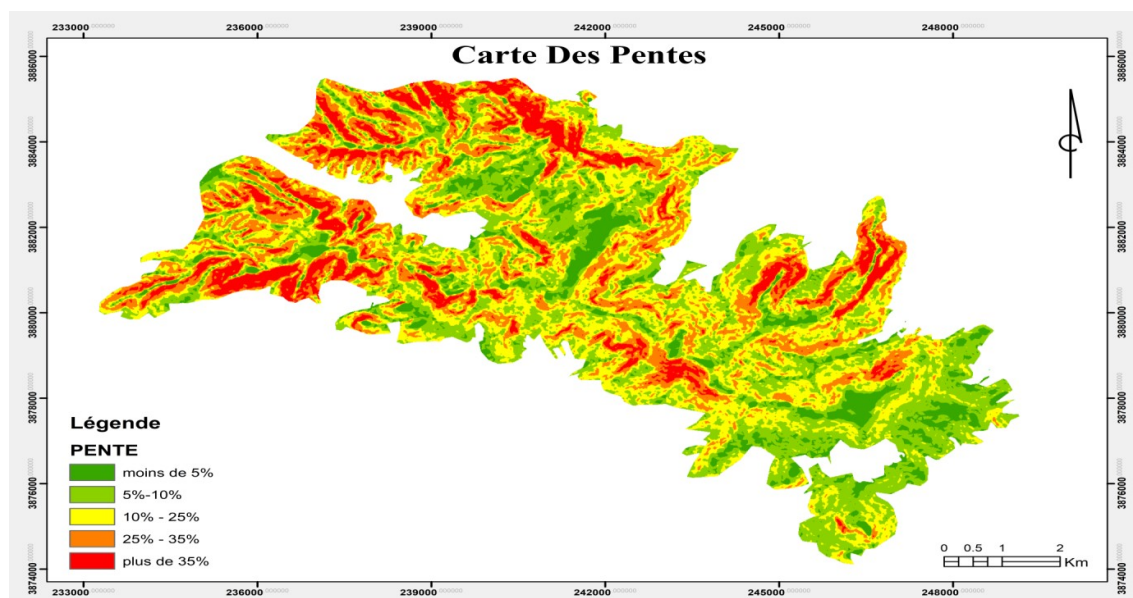


Figure n°04: La répartition des classes des pentes de la forêt de Driniene

Exposition

L'influence de l'orientation des versants sur la végétation est déterminée par l'intermédiaire de fonctions telles que les ensoleillements et l'humidité (des facteurs favorables pour la régénération des groupements végétaux). On peut dire que la zone d'étude est orientée sur les quatre directions en inégalités.

L'exposition Nord peut avoir une quantité importante d'humidité vue qu'elle reçoit l'aire de la mer. Tandis que la partie orientée vers le sud et l'Est reçoit une quantité importante d'ensoleillement. Ces deux facteurs (ensoleillement, humidité) sont parmi les paramètres déterminant le type de végétation de la zone d'étude.

Ceci influence la température et l'humidité de l'air qui influence le risque d'éclosion et de propagation des feux. Le calcul des expositions à partir du MNT produit un raster qui contient des valeurs exprimées en degrés, avec le nord comme origine.

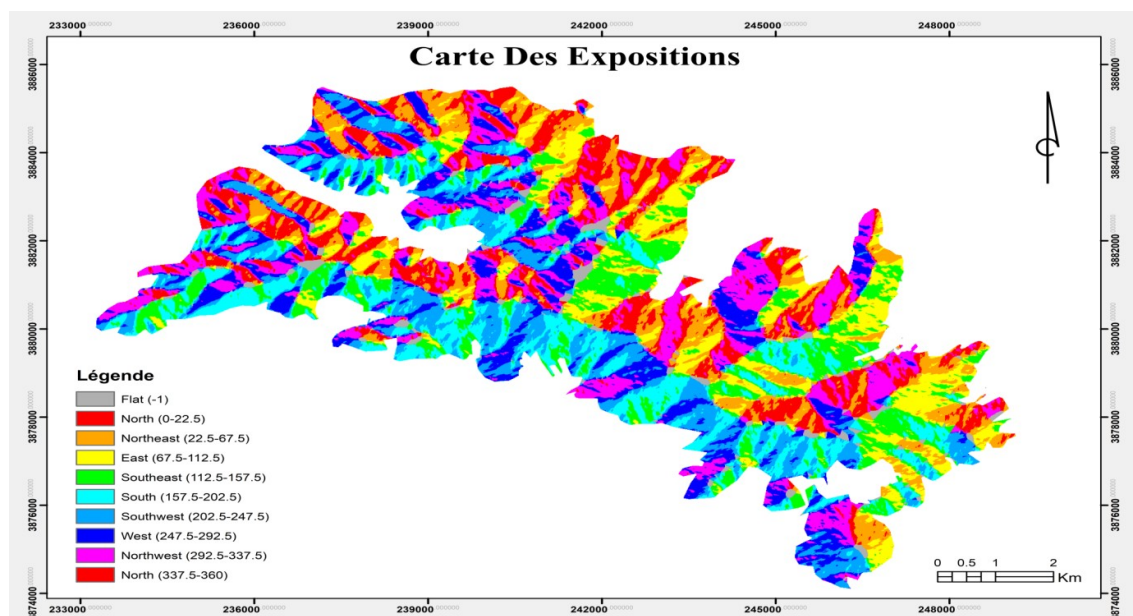


Figure n°05 : La carte d'expositions de la forêt de Driniene (Dr.Anteur)

Etude du climat :

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

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

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

Le type de climat dans notre zone d'étude est méditerranéen appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride frais, avec des précipitations irrégulières et faibles (entre 300 et 370mm/an). On y distingue deux périodes contrastées, une période humide et froide, l'autre sèche chaude. Les précipitations estivales sont souvent des pluies torrentielles et les températures présentent des amplitudes importantes. Les mois de Janvier et Février sont les mois les plus froids durant toute l'année (3.3°C) et le mois de Juillet et Août sont les mois les

plus chauds (35.5°C). Le vent est de direction dominante avec une présence du vent chaud (sirocco) pendant la période estivale qui peut accélérer le phénomène de l'érosion éolienne dans les zones dépourvus de couvert végétal. Le déficit hydrique s'étale sur une période de 5 mois

Méthodologie :

Le calcul de la pluviométrie du périmètre d'étude, objet de notre mémoire, s'effectue par extrapolation à partir des données obtenue auprès de la station de Saida 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.

.Pluviométrie de la station de

La tranche d'eau enregistrée à la station de saida qui se trouve à une altitude de 740 mètres varie de 240 mm à plus de 400 mm par an, telle que définie dans le tableau ci-dessous sur une période de dix(10) ans allant de m'année 2003 à l'année 2012.

Tableaun°1 : La pluviométrie sur une période de dix (10) ans (Station météorologique de Saida).

Année	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Total /an
2003	12	25	40	50	40	35	45	50	30	10	5	8	350
2004	10	20	45	52	42	30	48	55	28	12	6	7	355
2005	11	22	48	58	38	32	50	60	35	14	7	6	381
2006	13	30	50	55	45	40	52	65	32	13	5	9	409
2007	10	18	38	46	36	28	40	45	25	11	4	6	327
2008	14	28	42	54	50	37	55	62	33	15	8	9	417
2009	12	20	35	45	30	25	38	40	26	10	5	7	323
2010	10	27	45	52	47	38	50	60	34	13	6	8	390
2011	13	26	41	50	44	36	53	57	31	14	7	9	381
2012	11	24	39	48	41	34	47	52	29	12	6	7	380
Total/mois	116	240	423	510	413	335	478	546	333	124	59	80	3657

Moyenne mensuelle	11,6	24,0	42,3	51,0	41,3	33,5	47,8	54,6	33,3	12,4	5,9	8,0	365,7
-------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----	-------

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

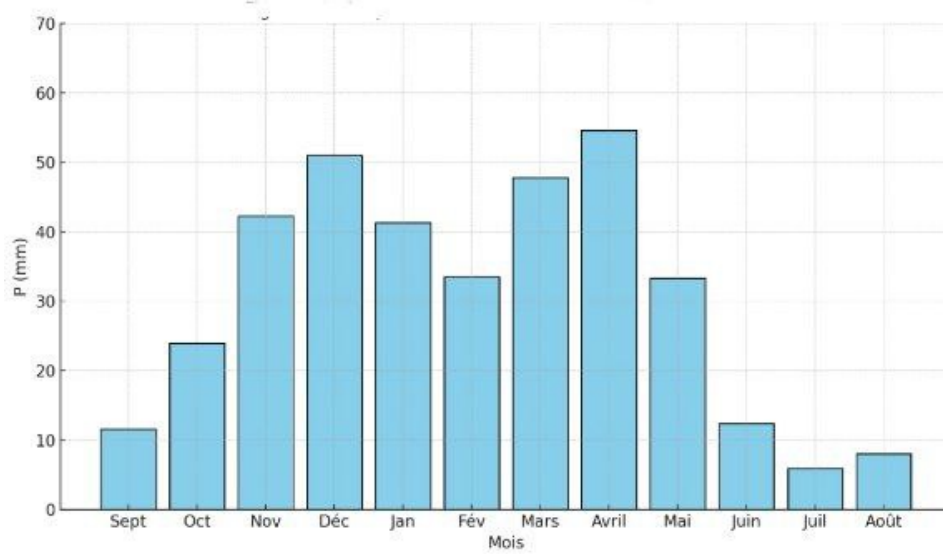


Figure n° 06: La pluviométrie moyenne sur 10 ans

Le graphe montre que la plus forte tranche pluviométrique est enregistrée au mois de Avril soit 50% de la pluviométrie annuelle. La période la mieux arrosée s'étale sur 04 mois allant de Novembre à Février.

Températures de la station de Saida:

Les températures moyennes enregistrées au niveau de la station de référence varient de huit 8°C au mois de janvier pour atteindre 29°C au mois de juillet. Le mois le plus froid de l'année est janvier ou décembre et le mois le plus chaud est juillet ou Aout selon les années.

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

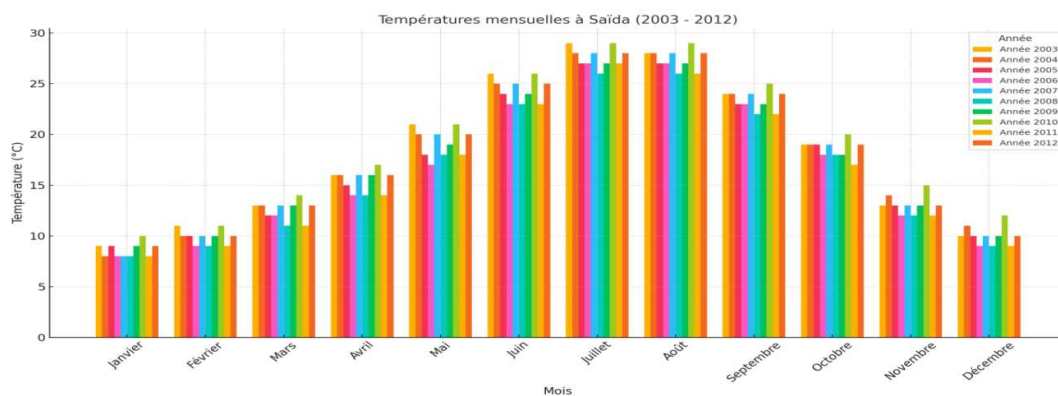


Figure n°07: Les températures sur dix (10) ans

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°02 : Les températures minimales et maximales durant 03 ans (Station météorologique de Saïda).

Année	Température	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Année 2013	Minimum (m)	15,1	13,3	5,1	3,5	—	—	—	6,7	8,0	11,8	17,6	17,3
	Maximum (M)	30,2	29,3	16,6	14,0	—	—	—	20,3	22,1	30,4	35,3	35,7
Année 2014	Minimum (m)	16,9	12,6	8,8	3,0	4,5	4,9	4,0	7,7	9,6	13,7	17,2	17,8
	Maximum (M)	32,0	27,3	18,7	13,1	14,2	15,3	16,3	24,5	27,7	30,7	34,9	36,5
Année 2015	Minimum (m)	—	—	—	—	1,9	3,3	3,6	—	—	—	—	—
	Maximum (M)	—	—	—	—	13,5	11,0	17,9	—	—	—	—	—

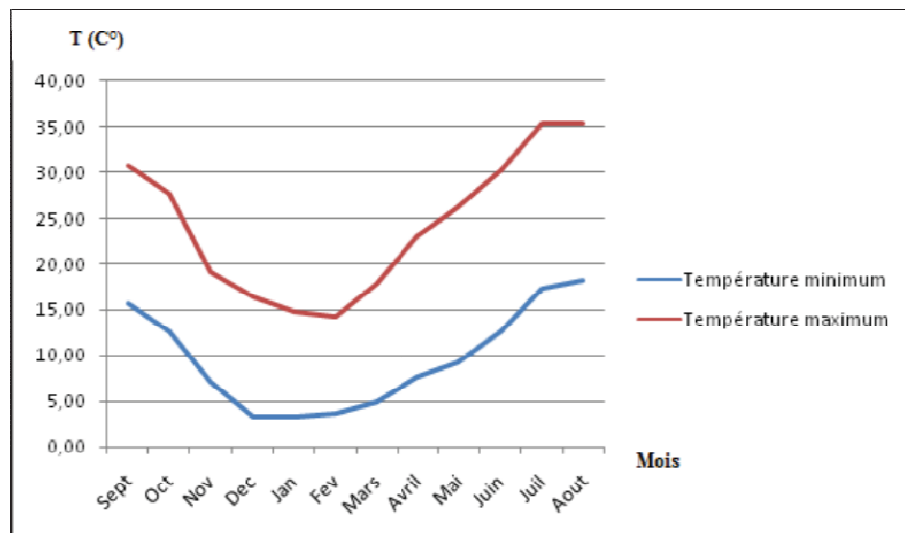


Figure n°08 : Amplitude thermique

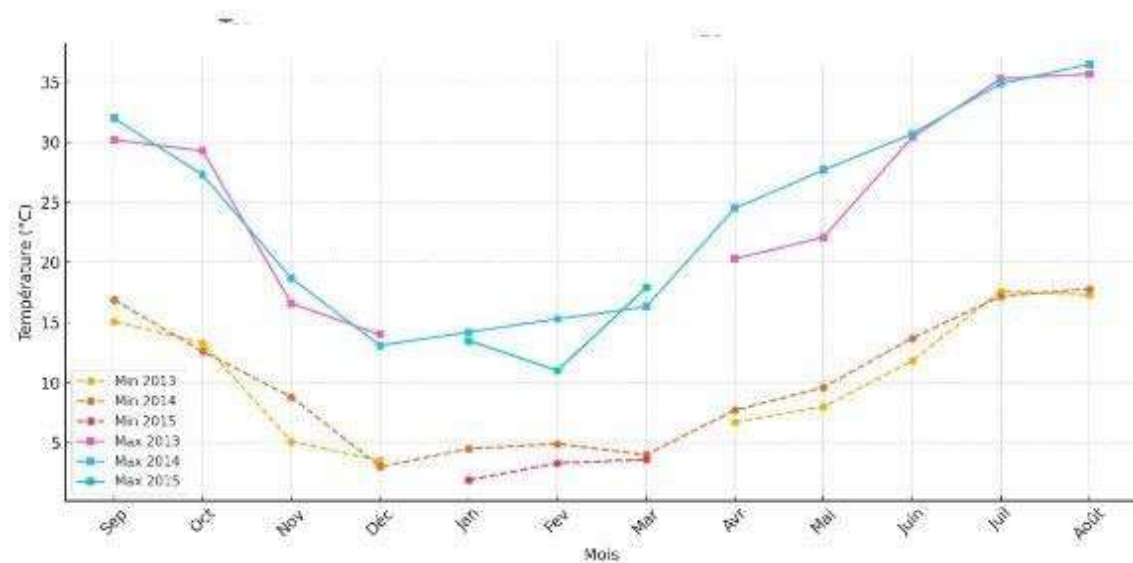


Figure n°09 : Amplitude thermique

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

Les gelées :

Le début de la prolifération des méduses dure généralement de novembre à février, généralement mars. Il n'existe pas d'informations précises sur le nombre de jours de gel annuels à Saida.

Neige :

À Saïda, l'occurrence de la neige est **rare et peu significative**, avec en moyenne **un (01) à deux (02) jours de neige par an**. Cette faible fréquence s'explique par le climat continental sec qui caractérise la région. Malgré sa rareté, la neige joue un rôle non négligeable dans **l'humidification temporaire des sols** et peut contribuer à **la recharge des nappes phréatiques**, notamment en hiver.

Vents :

La région est exposée à quatre types de vents fréquents et forts tout au long de l'année.

Le vent du nord : il vient généralement du nord ou du nord-ouest, ce vent est froid et sec, surtout en hiver, car il provient des régions européennes ou de la mer méditerranée. Il fait baisser les températures.

Le vent du sud : il vient de sud ou du sud-est, souvent chaud et sec, il augmente les températures en été et apporte parfois un air très sec.

Le vent de l'ouest : il vient de l'ouest ou de l'ouest-sud-ouest, ce vent est modéré en température et humidité, c'est l'un des vents les plus stables qui influencent le climat de saida.

Le vent de l'Est : il vient de l'est ou de l'est-nord-est, peut être humide s'il vient de la mer Méditerranée, ou sec s'il vient de l'intérieur des terres, Son influence dépend des saisons et il peut changer les conditions météorologiques.

Pluviométrie de la zone d'étude

Tableau n°03: La pluviométrie moyenne du point haut et point bas de la zone d'étude sur 10 ans

Pluviométrie	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
Moy/mois sur 10 ans	21,1	42,3	44,8	35,8	41,0	36,9	40,1	38,3	30,0	12,1	5,1	10,1	357,8
Point haut	28	56	60	51	55	50	54	52	40	18	8	13	535
Point bas	21	42	45	36	40	36	40	38	30	12	5	10	355

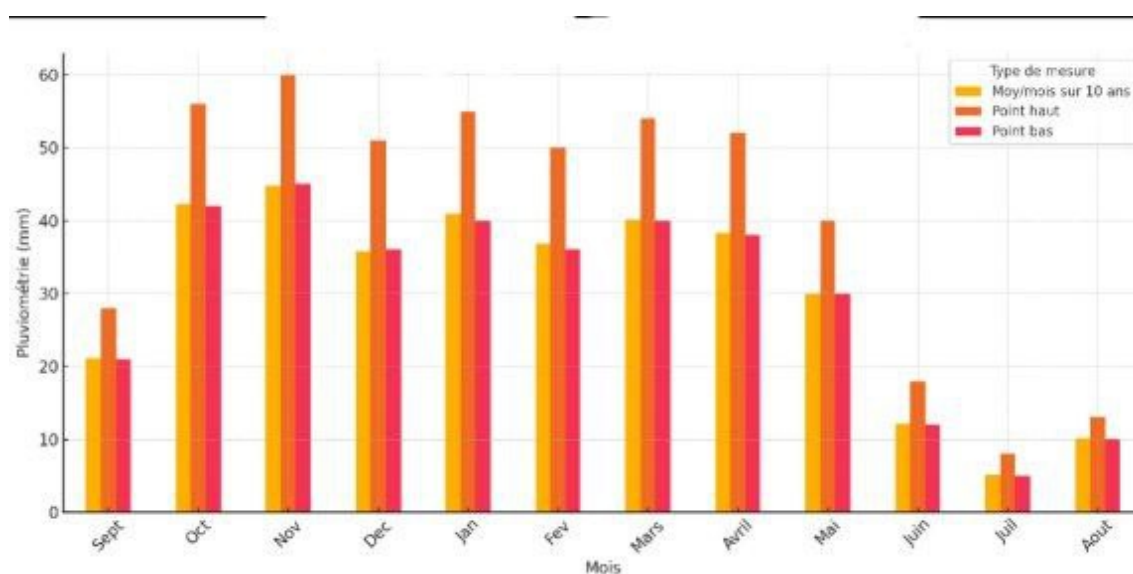


Figure n° 10: Histogramme de la pluviométrie moyenne du point haut et bas de la zone d'étude sur 10 ans

L'historgramme de la pluviométrie montre que la zone Driniene reçoit plus de pluie que la station de référence (saida), soit une différence d'environ 152 /an. Le point haut de Driniene est plus arrosé que le point bas , avec une différence annuelle estimée à environ 180 mm..

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 0,67°C et il est de 0,51°C pour les températures minimums. Le tableau ci-dessous montre les températures corrigées.

Tableau n°04 : Température Min et Max du point haut de la zone d'étude

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Température minimum	15,4	16,2	12,7	8,2	5,0	2,7	4,2	5,4	7,7	10,7	13,7	15,0
Température maximum	30,1	31,6	27,4	22,1	16,9	13,6	15,1	16,6	21,1	25,1	27,6	29,4
M+m/2	22,75	23,9	20,05	15,15	10,95	8,15	9,65	11	14,4	17,9	20,65	22,2

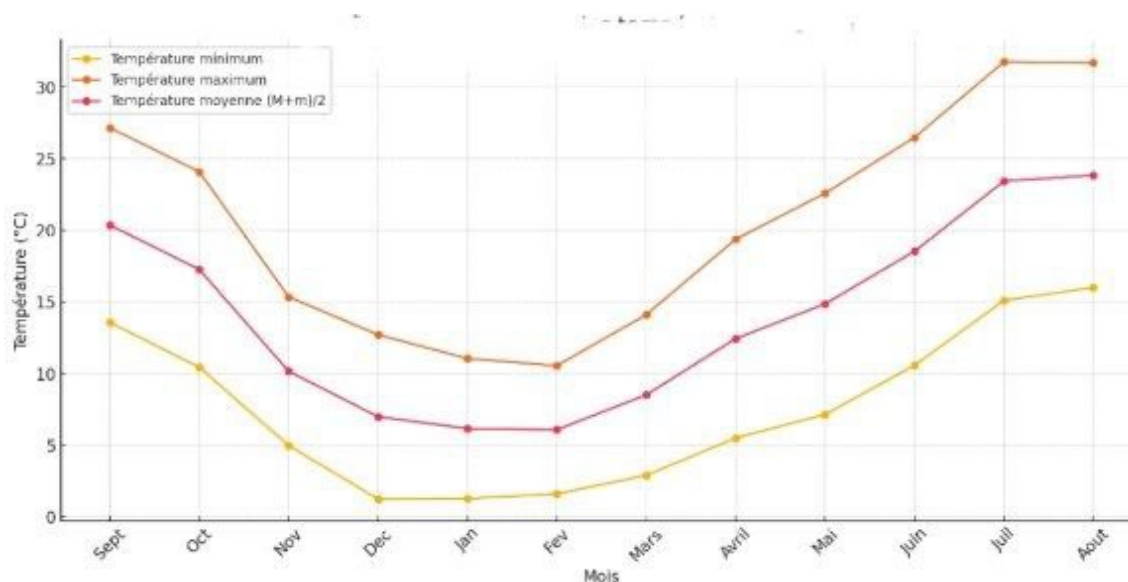


Figure n°11 : Diagramme ombrothermique du point haut Le diagramme reflète quatre saisons qui sont :

Automne(sept, oct, nov .) : Les températures commencent à baisser, surtout en novembre.

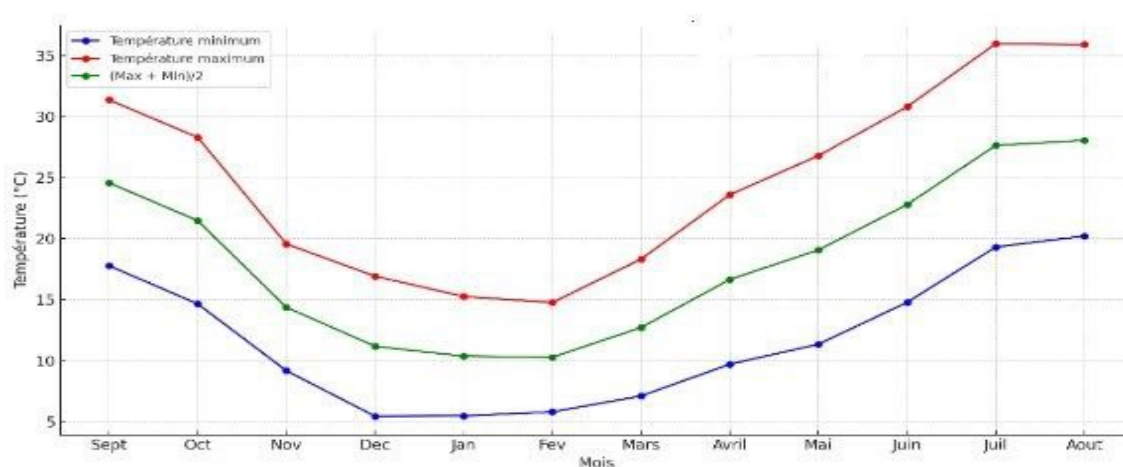
Hiver(dec, jan, fér .) : Les températures commencent à baisses de l'année, comme on le voit clairement en janvier et février.

Printemps(mars,avril,mai.) : Les températures commencent progressivement à augmenter.

Été(juin, juil, aout.) : températures élevées, surtout en juillet et aout.

Tableau n°05 : Température Min et Max du point bas de la zone d'étude

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
Température minimum	17,78	14,65	9,18	5,45	5,48	5,81	7,11	9,71	11,35	14,78	19,31	20,21
Température maximum	31,36	28,29	19,56	16,92	15,26	14,76	18,32	23,59	26,79	30,79	35,96	35,89
M+m/2	24,57	21,47	14,37	11,185	10,37	10,285	12,715	16,65	19,07	22,785	27,635	28,05

**Figure n°12 :** Diagramme ombrothermique du point bas

Le diagramme reflète quatre saisons qui sont :

Automne (septembre - novembre) : Caractérisé par une baisse progressive des températures après les chaleurs de l'été.

Hiver (décembre - février) : La saison la plus froide de l'année, avec les températures les plus basses, surtout en janvier.

Printemps (mars - mai) : Début de la remontée des températures après l'hiver, représentant une phase de transition vers l'été.

Été (juin - août) : La saison la plus chaude, avec les températures les plus élevées enregistrées, notamment en juillet et août.

Conclusion:

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

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

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

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

Chapitre V

Matériels et méthodes

1. Matériels et méthodes

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

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

2.1- Matériels utilisés pour les cartes des risques

2.1.1. Les données utilisées :

- le plan juridique de la forêt domaniale de Drriniene
- le modèle numérique de terrain (MNT), d'une résolution de 12.5 m avec une projection géographique, Datum **WGS 1984 UTM Zone 30N**, Ces images sont téléchargeables gratuitement à partir du site :

(Alaska Vertex. edu).

- image satellitaire Sentinel 2 du 23/04/2025.

Utilisation des données open street map (Rouettes, battis, utilisation des sols).

2. Model Numérique de Terrain :

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

Dans ce travail nous avons utilisé pour élaborer les cartes thématiques (carte de pente, hypsométrique, exposition et carte des réseaux hydriques) le MNT (modèle numérique de terrain, d'une résolution de 12m avec une projection géographique, Datum **WGS 1984**, 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: (Alaska vertex edu.)

1-1-1 Matériels utilisés:

Un support informatique (GpS, un appareil photo numérique, microordinateur).

1-1-2 Logiciels utilisés:

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

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

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

- ArcGIS Desktop comprend une suite d'applications :

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

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

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

1. ArcView
2. ArcEditor

3. ArcInfo

-Excel : est un logiciel de tableur développé par Microsoft. Il permet de créer, organiser, analyser et représenter des données sous forme de tableaux.

1.1.1 Principales fonctionnalités d'Excel :

- **Saisie et organisation des données** : dans des cellules disposées en lignes et en colonnes.
- **Calculs automatiques** : grâce à des formules comme =SOMME(A1:A5), =MOYENNE(...), etc.
- **Création de graphiques** : pour visualiser les données (colonnes, lignes, secteurs...).
- **Analyse de données** : avec des filtres, tris, et tableaux croisés dynamiques.
- **Automatisation des tâches** : via les **macros**.

3.Méthodologie de travail

1-1-3 Modèle de calcul du risque d'incendies :

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

$$\mathbf{IR} = 7\mathbf{Tveg} + 5(\mathbf{P} + \mathbf{E}) + 3(\mathbf{Dr} + \mathbf{Da})$$

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

L'indice de végétation -**Tveg**

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

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

Les différentes étapes de la méthodologie adoptée tout au long de ce travail sont représentées par l'organigramme synthétisé par la (figure 30).

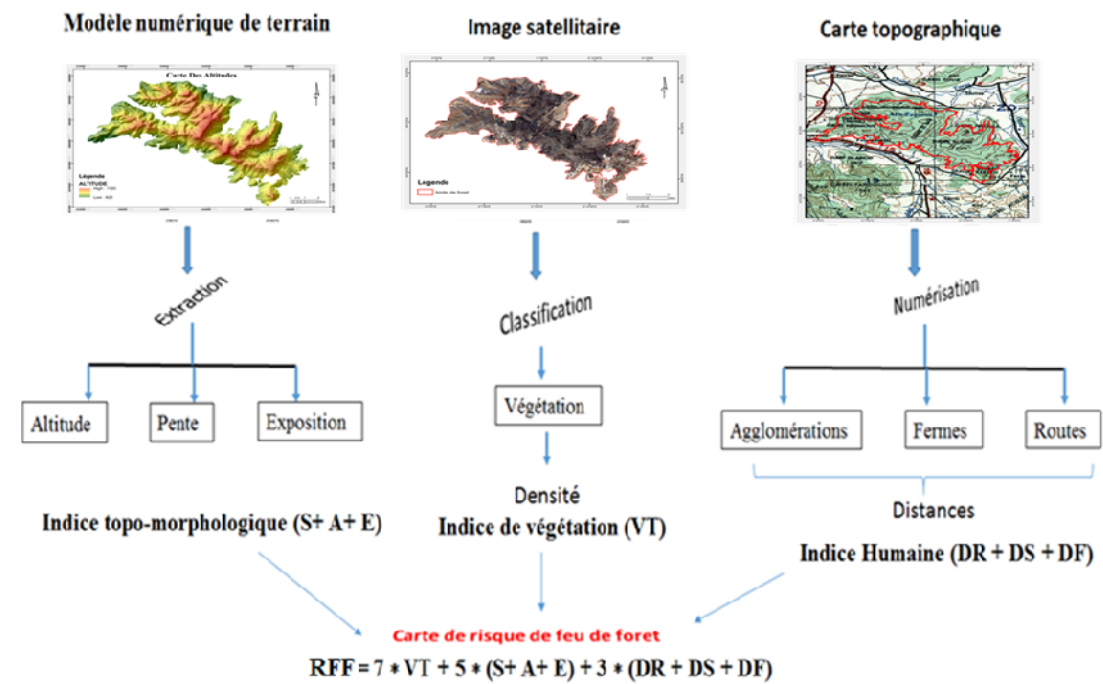


Figure n°01 : Risque à l'incendie de la forêt

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°01: 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

Reconnaissance terrain

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

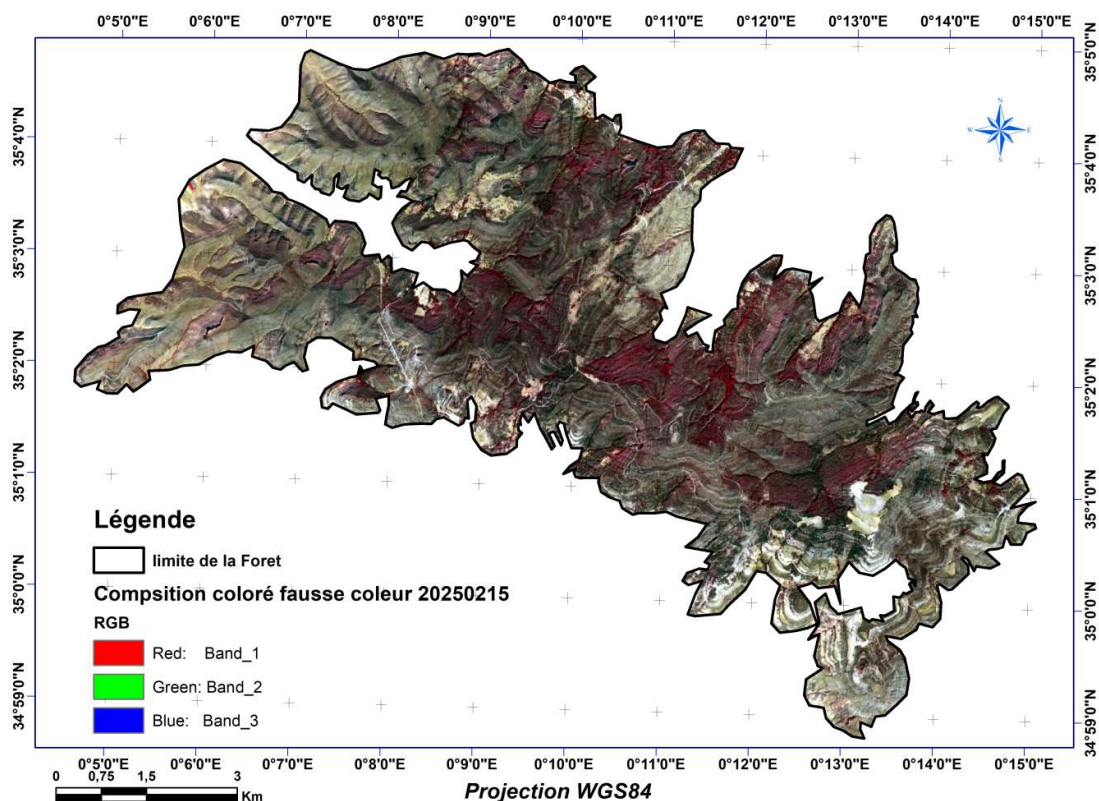


Figure n°02 : carte de localisation des relevés floristique

Chapitre VI

Résultats et discussion

Résultats et discussion**Cartographie des risques individuels**

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

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

Tous ces paramètres, en apparence individuels, sont en étroite relation entre eux. Une relation plus ou moins complexe que des approches de modélisation, comme celle adoptée dans cette recherche, tentent de mettre en évidence grâce à des indices et des pondérations spécifiques. Mais, pouvoir évaluer, l'effet de chaque facteur séparément ou de faire des combinaisons partielles de certains facteurs entre eux, est utile dans la mesure où ça permettra d'étudier et d'estimer le risque feu de forêts de différents points de vue et surtout en fonction des données disponibles. Sur le plan géomatique, le SIG en l'occurrence ArcGIS, est l'outil parfait, permettant aux utilisateurs potentiels d'établir différentes cartes de risques selon leur gré et leurs objectifs.

Le risque végétation:

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

Les formations végétales de la zone d'étude étant essentiellement composées de formations forestières dominantes sont le chêne vert et et le pin d'Alep, Genévrier et Pistachie .

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

Tableau n°01: Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Végétation »

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

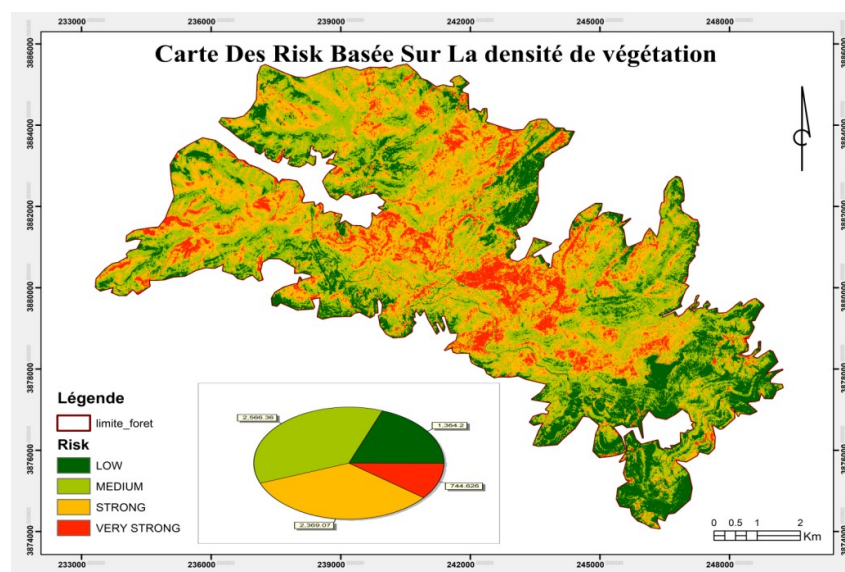


Figure n°1: Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la végétation, (Dr.Anteur)

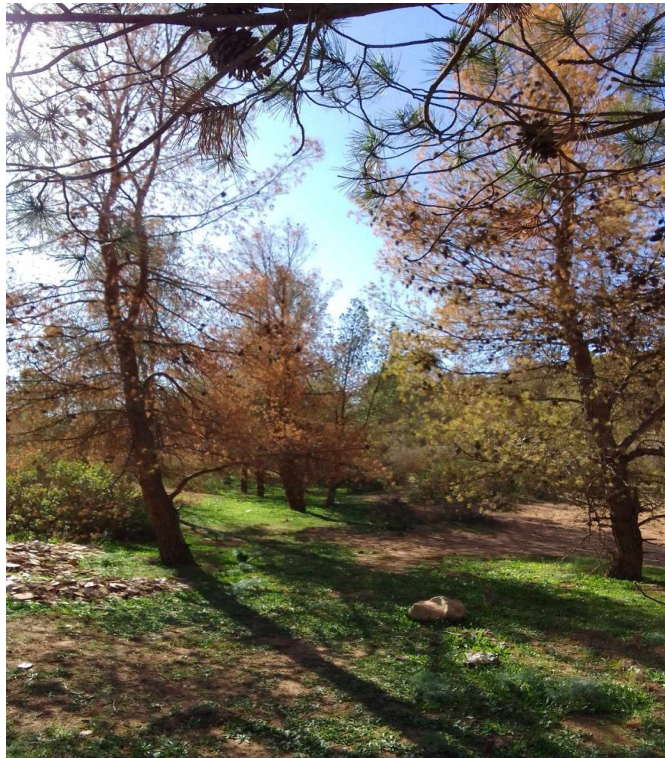


Figure n°2: Formation végétal pin d'Alep



Figure n°3: Formation végétal de Chêne vert



Figure n°4: Formation végétal de Pistacia



Figure n° 5: Chamaerops Humilis.

La pente

En termes d'incendie de forêts, l'effet de la pente est dans la modification de l'inclinaison des flammes par rapport au sol, ce qui favorise les transferts thermiques vers la végétation située en amont. Par conséquent, plus la pente est forte et plus le risque augmente. Ce paramètre a son impact également sur la difficulté d'accessibilité pour la lutte contre les incendies ou ce qu'on appelle les parades. La pente, du site d'étude, varie entre 0, pour les pixels horizontaux, jusqu'à 75% pour les zones les plus inclinées. Les classes les plus représentées sont la classe à risque faible et très faible 64,08% de la zone d'étude. Ces classes occupent presque toute la zone, la classe à risque moyen qui représente 10,31%. Généralement, les pentes sont des terrains pleins, les fonds de vallées et les plateaux, ces terrains n'ont aucun risque d'incendie.

Tableau n°01: Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Pente »

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

Source: FETATI (2008)

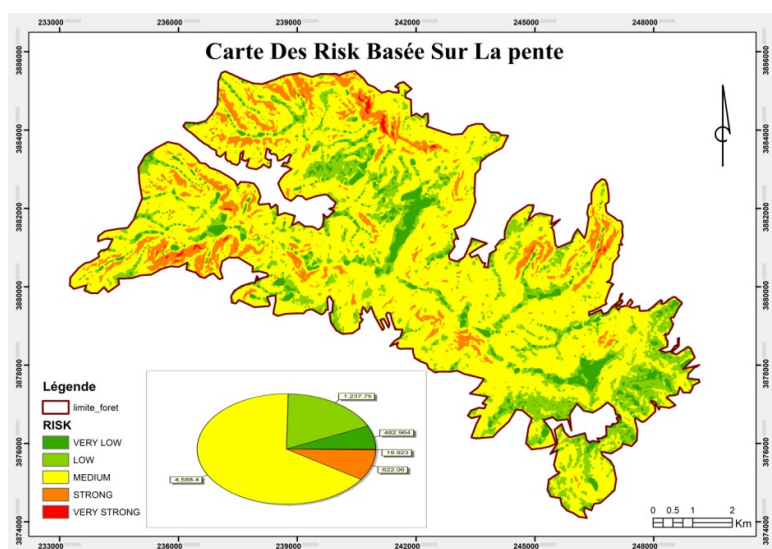


Figure n°6: Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la pente (Dr.Anteur)

L'exposition

La lecture de la carte de risque d'exposition de la zone d'étude (Fig.31), on remarque que la classe la plus répandue est la classe à risque fort qui représente **55%** avec une superficie de (69,6 Ha) de la zone d'étude. Ceci est du essentiellement, du fait, que la zone d'étude est caractérisée par des expositions diverses dont les plus dominantes sont l'exposition ouest et sud respectivement. La classe à risque très élevé représente 23,64% (29,92Ha) de la même zone. D'autre part, les classes à risque faible représentent 20,35% avec une superficie de (25,75 Ha), et les classes à moyen risque ne représentent que 1% avec une superficie de (1,26Ha).

Tableau n°03: Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Exposition »

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

Source: FETATI (2008)

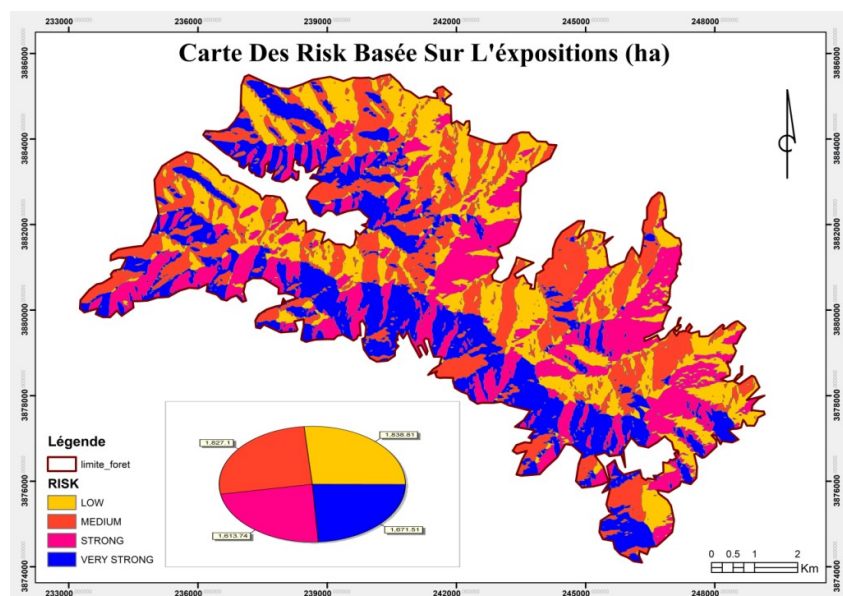


Figure n°7: Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur l'exposition (Dr.Anteur)

Altitude

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

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

Tableau n° 04: Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Altitude »

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

Source: FETATI (2008)

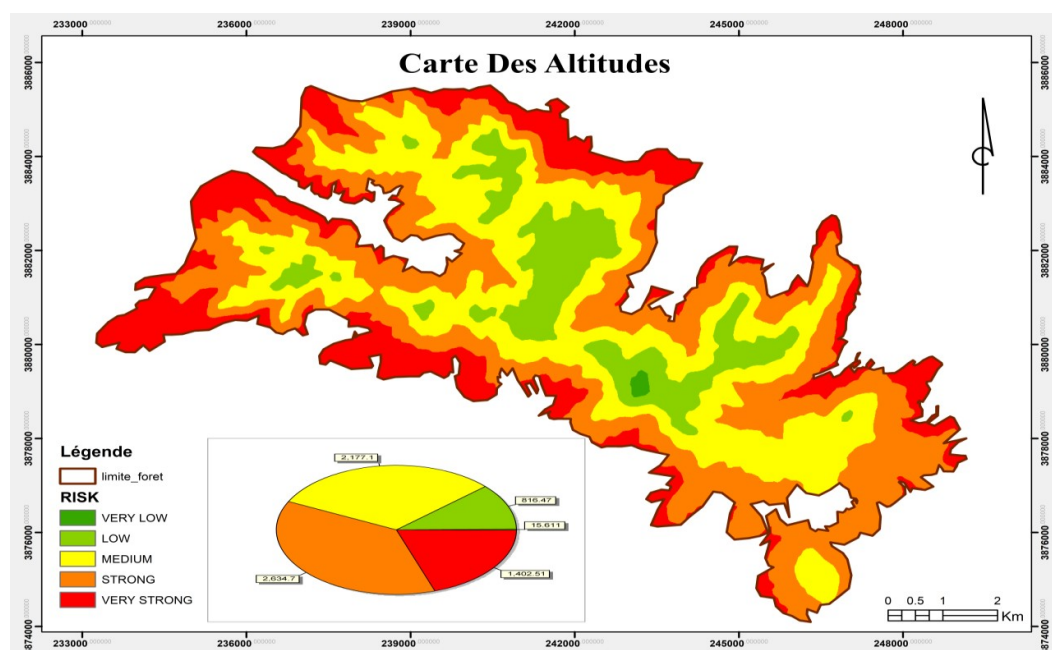


Figure n°8: Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur l'Altitude (Dr.Anteur)

Le risque anthropique

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

Distance des voiries

Tableau n°05: Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Distance des voiries »

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

Source: FETATI (2008)

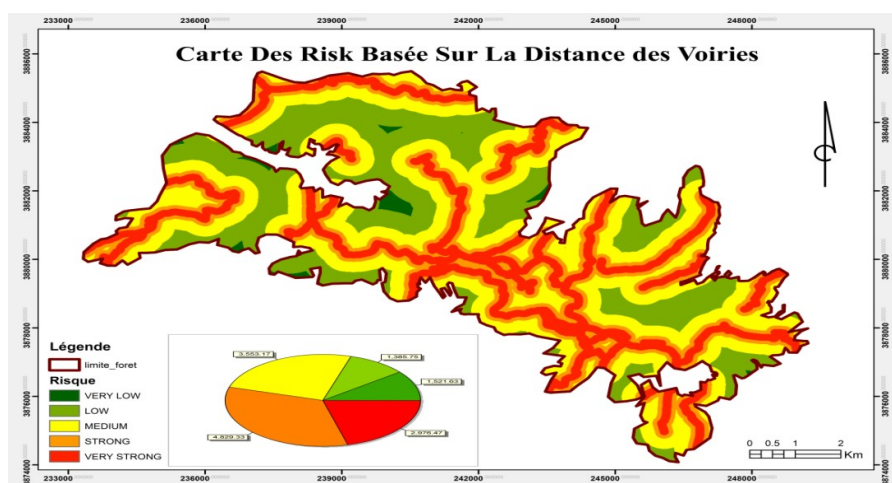


Figure n°9: Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la distance des voiries,

(Dr.Anteur)



Figure n°10: Piste. Date 28 /05/2025



Figure n°11: Route national 15/08/2024

Distance des maisons

Tableau n°06: Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Distance des maisons

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

Source: FETATI (2008)

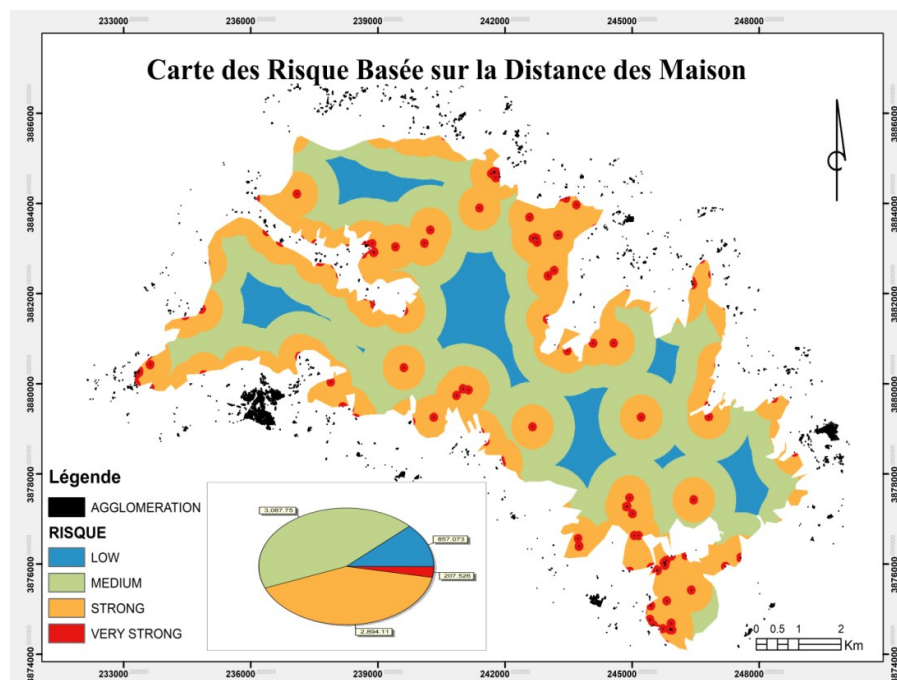


Figure n°12: Carte des zones de risque de feux de forêt basée sur la distance des maisons

(Dr. Anteur)



Figure n°13: Ferme, date 25/04/2025

Distance des agglomérations:

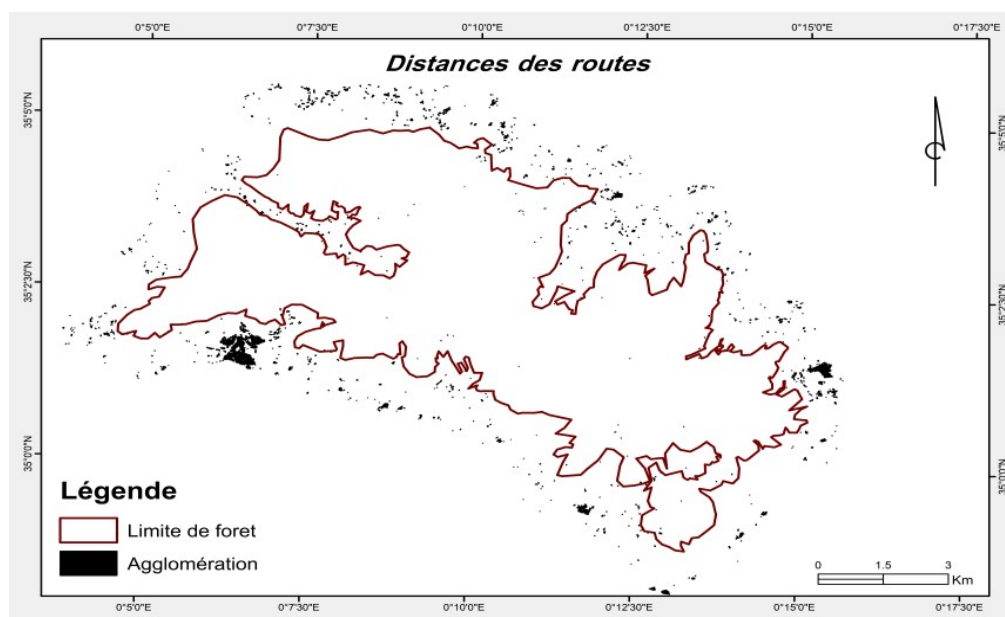


Figure n°14: Carte des agglomérations(Dr. Anteur)

Tableau n°07: *Le nouveau seuillage adopté pour le paramètre « Distance des agglomérations (m) »*

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

Source: **FETATI (2008)**

Application du modèle

A cette étape du traitement, on dispose de toutes les couches d'informations géographiques (en mode raster) associées à chacun des paramètres du modèle. L'utilisation du SIG a permis de Tout d'abord sur un plan géomatique, il est certain que l'emploi, des outils spatiaux SIG et télédétection, a eu son impact sur l'optimisation de la recherche entreprise. Ceci, se traduit, pour les futurs utilisateurs potentiels, par un gain énorme et réel en temps et aussi en coût. C'est clair, avec son grand potentiel qui ne cesse de croître, la géomatique facilite beaucoup et aide à la maîtrise des thématiques.

Sur un plan thématique, l'équation

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

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

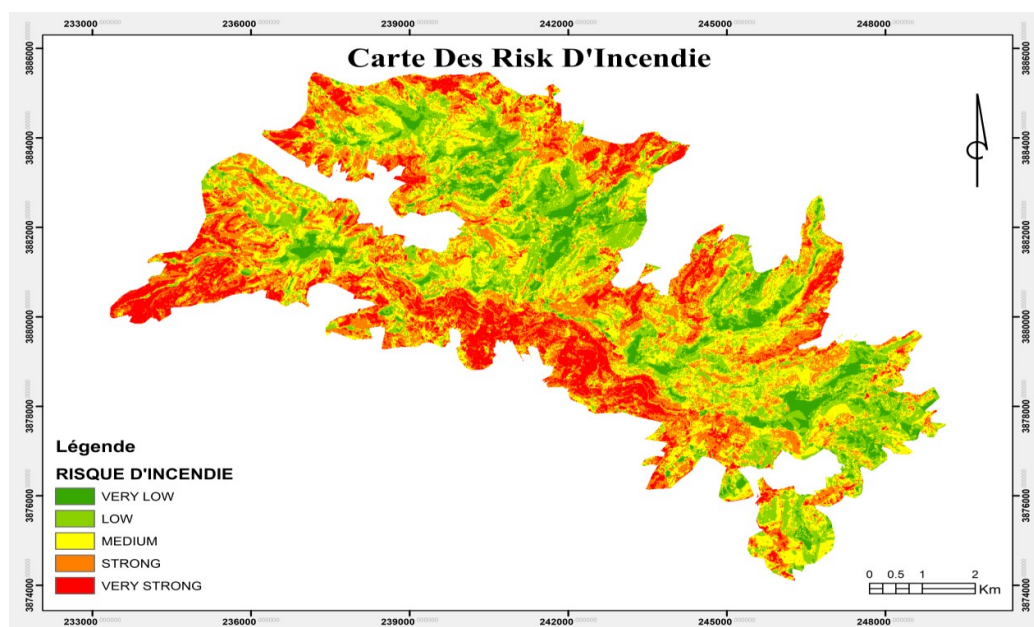


Figure n°15: Carte des risques de feux de forêt de la zone d'étude (Dr.Anteur)



Figure n°16: Incendie forêt

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

_Facilité d'accès lié à la grande densité du réseau routier implanté en alentour de la forêt

_Accroissement de la population et à la pression qu'elles ont exercée sur les ressources naturelles : la forte densité de la population préurbaine, de l'ordre de 74 hab/km², témoigne d'une surexploitation de la forêt d'étude.

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

La structure et la composition des formations végétales où dominant des espèces résineuses, accompagnées d'un sous-bois où la broussaille domine, sont autant de facteurs favorisant les feux de forêts (**Missoumi et al, 2003 ; Chiali Charif, 2018**).

Conclusion

La forêt de Drriniene est l'un des écosystèmes importants qui joue un rôle central tant sur le plan écologique que social et économique pour la population de la commune de Sidi Amar en général. Elle représente non seulement une ressource naturelle riche en biodiversité, mais offre également des opportunités économiques à la population locale à travers l'agriculture, l'élevage et l'écotourisme, tout en contribuant à préserver l'équilibre écologique et à atténuer les effets du changement climatique. Cependant, cet héritage naturel fait face à des menaces croissantes, dont la plus grave est le risque d'incendies de forêt dévastateurs qui entraînent des pertes considérables pour la flore et la faune, menaçant la stabilité des populations locales.

Les incendies de forêts ne peuvent être minimisés qu'à travers la prévention qui repose sur l'évaluation du risque. L'étude des risques d'incendies au niveau de la forêt de Drriniene à l'aide d'un SIG en superposant plusieurs couches d'informations tirées des cartes.

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

Pour faire face à ces risques de manière scientifique et efficace, une étude cartographique exhaustive a été réalisée, aidant à identifier les principaux facteurs contribuant au déclenchement des incendies, tels que le type de couverture végétale, les différentes altitudes, la proximité des zones résidentielles et des sites humains, ainsi que les conditions climatiques prédominantes. Cette étude a permis de classer les zones selon leur degré de danger, en les divisant en zones à risque faible, moyen et très élevé, permettant ainsi aux planificateurs et aux décideurs de définir des priorités et de concentrer les efforts de prévention dans les endroits les plus exposés. Ces résultats constituent une contribution importante dans le domaine de la prévention des incendies, car ils aident à établir des stratégies plus précises et efficaces, et sont un outil puissant pour soutenir la prise de décision, notamment en matière de planification et de gestion des espaces forestiers de manière durable.

références

- 1- Algérie : cas de la forêt de Béni Ghobri)
- 2- Barry, R.G, & chorley, R.J. 2010
- 3- Erten, E., Kurgun, V. and Musaoglu, N., 2004, Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS case study. XXth ISPRS Congress, Youth Forum, July 12–23, 2004, Istanbul, Turkey, 33–39.
- 4- facteurs de dégradation des forêts en Algérie, Fetati, R., 2008
- 5- Melle Bouabdallah Karima (Contribution à l'étude des principaux
- 6- Source : Alexander et al., 1996)
- 7- Source : European commission, 2010)
- 8- www.weather-atlas.com
- 9- <https://fr.scribd.com>
- 10- <https://public.wmo.int>