

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département : Sciences Biologiques de l'Environnement  
Filière : Sciences de l'Environnement  
Option : Sciences Naturelles de l'Environnement



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

## **MASTER**

### *Thème*

**Essai d'analyse des incendies de forêt au  
niveau de la forêt de L'Akfadou-Est**

Présenté par :

**MAZI Amazigh**

Soutenu le : **11 Juin 2015**

Devant le jury composé de :

M. SIDI.H

MCA

Président

M. LAISSAOUI.M

MAA

Encadreur

M. BOUADAM .S

MAA

Examineur

**Année universitaire : 2014 / 2015**

# *Remerciements*

Avant de vous présenter mon travail, je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé pendant mon stage et mes études à l'université de Béjaïa. Je voudrais en particulier remercier :

-Mon promoteur M. LAISSAOUI M, qui m'a guidé dans mon travail et m'a aidé à trouver des solutions pour avancer.

-Le Président de jury M.SIDI H et l'examineur M. BOUADAM S qui me font le grand honneur d'évaluer ce travail.

-Le personnel de la conservation des forêts de la wilaya de Bejaia à leur tête M.ABANNE qui m'ont chaleureusement accueilli et aidé du mieux qu'ils ont pu lors de mon stage pratique.

-Mr HAFIR qui m'a été d'une aide précieuse, qui n'a ménagé aucun effort pour la bonne réussite de ce travail.

Je réserve une pensée à tous le personnel et les enseignants du département Sciences biologique et de l'environnement à leur tête M.BEKDOUCHE et M.LAIMOUCHE qui ont su nous donner une formation didactique et appréciable durant tout notre cursus, à la promotion SNE 2104/2015 pour la sagesse qu'elle a fait preuve. Ce geste sera gravé à jamais dans nos mémoires.

Je ne terminerai pas sans avoir exprimé des remerciements envers toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

# Dédicaces



*Je dédie ce mémoire à ... ✍*

*À ma très chère mère,*

Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

*À mon Père,*

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, L'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi.

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

*À ma sœur ,*

Ma chère petite sœur présente dans tous mes moments d'examens par son soutien moral et encouragements , Je t'exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour.

*À ma deuxième famille ACT,*

J'exprime ma gratitude à toute l'équipe ACT qui sans eux je n'aurai pas acquis toute cette richesse culturelle, ils m'ont été d'un soutien admirable et ont fait preuve de bonté et d'amitié durant tout mon cursus universitaire

*À toute la famille MAZI et mes Amis.*

## Liste des Abréviations

---

**C.C.T** : Centre canadienne de la télédétection

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

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

**C.C.T** : Centre canadienne de la télédétection

**C.F.B** : Conservation des forêt de la Wilaya de Bejaia

**DFCI**: Défense des Forêts Contre les Incendies.

**DGF** : Direction Générale des Forêts

**IH** : Indice Humaine

**IM** : Indice topomorphologique

**IR** : Indice de Risque

**M** : température moyenne Maximale

**m** : température moyenne minimale

**MNT** : Modèle Numérique du Terrain

**P** : précipitation

**SIG**: Système d'Information Géographique

**°C** : degré Celsius

**%** : pourcentage

## Liste des figures

---

<b>Figure. 1 :</b> Principe de la télédétection.....	03
<b>Figure. 2 :</b> Principales formations forestières d'Algérie.....	05
<b>Figure. 3:</b> L'indice de végétation du Nord de l'Algérie (image Spot végétation avril-2011)...	05
<b>Figure. 4 :</b> Evolution des moyennes annuelles par décennies des superficies parcourues par le feu (période 1876-2005). .....	08
<b>Figure. 5 :</b> Cartes de situation administrative de la forêt de l'Akfadou-Est.....	20
<b>Figure. 6 :</b> Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN pour la région de Larbaa NathIrathen. ....	27
<b>Figure. 7 :</b> Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN pour la région de Aghrib.....	27
<b>Figure. 8 :</b> Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN pour la région de Ain El Hammam.....	27
<b>Figure. 9 :</b> Procédure de cartographie de l'indice de risque des feux de forêts. ....	33
<b>Figure. 10:</b> Procédure de calcul raster de l'indice de risque des feux de forêts.....	37
<b>Figure. 11:</b> Indice de végétation.....	39
<b>Figure. 12:</b> Indice de pente.....	41
<b>Figure. 13:</b> Indice d'exposition.....	42
<b>Figure. 14:</b> Indice de proximité des habitations.....	44
<b>Figure. 15:</b> Indice de proximité des routes.....	45
<b>Figure. 16:</b> Indice de risque.....	47

## Liste des tableaux

---

<b>Tableau. I :</b> Principales essences forestières d'Algérie (PNR : Plan national de reboisement, Alger, 1999).....	06
<b>Tableau. II :</b> Les superficies parcourues par le feu en Algérie sur 13 décennies .....	08
<b>Tableau III :</b> La campagne des incendies 2014. Source (Conservation des forêts de la wilaya de Bejaia). .....	10
<b>Tableau IV :</b> Superficies des massifs forestiers de la wilaya de Bejaia.....	18
<b>Tableau V :</b> Répartition de surface de la forêt de l'Akfadou-Est par cantons. (Source Circonscription d'Adekar). .....	21
<b>Tableau VI :</b> Précipitations moyennes mensuelles et annuelles en mm, période de 1973 à 1993.....	24
<b>Tableau VII :</b> Températures moyenne maximales et minimales. ....	25
<b>Tableau VIII :</b> Classification des distances (ERTEN et <i>al</i> , 2004) .....	34
<b>Tableau IX :</b> Classification des pentes et des expositions (ERTEN et <i>al</i> , 2004).....	35
<b>Tableau X :</b> Classification de la végétation selon l'humidité (ERTEN et <i>al</i> , 2004).....	36

## Sommaire

---

Liste des figures

Liste des tableaux

**Introduction générale**.....01

---

### **Chapitre I : Synthèse bibliographique**

---

1. Les systèmes d'informations géographiques (SIG).....	03
2. Télédétection.....	03
3. Les feux de forêt.....	03
3.1 Les feux en forêts méditerranéennes.....	04
3.2 Les feux de forêts en Algérie.....	04
3.3 Les forêts en Algérie.....	04
3.3.1 Répartition géographique des forêts et leurs essences.....	05
3.4 Historique des feux de forêts en Algérie.....	07
3.4 Dans la wilaya de Bejaia.....	09
4. La lutte contre les feux de forêt.....	10
4.1 La lutte préventive.....	11
4.1.1 Les aménagements de DFCI.....	11
a. Les points d'eau.....	12
b. Les infrastructures routières.....	12
c. Les tranchées pare-feu.....	13
d. Le débroussaillage.....	13
4.2 La surveillance et la détection.....	13
a. Les brigades mobiles et les patrouilles aériennes.....	13
4.3 La cartographie du risque d'incendie.....	14
a. Le modèle d'évaluation temporelle du risque d'incendie.....	14
b. Le modèle de cartographie du risque d'incendie de DUCHE et DAGORNE.....	15
c. Le modèle de cartographie du risque d'incendie "Turque".....	15
4.1.4 La sensibilisation du public.....	16

4.2 La lutte curative.....	16
4.2.1 Les moyens humains.....	16
4.2.2 Les moyens matériels.....	17
a. Les moyens terrestres.....	17
b. Les moyens aériens.....	17
c. Les moyens chimiques.....	17

---

## Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

---

1. Les massifs forestiers de la wilaya de Bejaia.....	18
1.1 Constat sur le patrimoine forestier de Bejaia.....	18
2.2 Le massif d'Akfadou.....	18
2. Situation et limite de la forêt de l'Akfadou-Est.....	19
2.1 Situation géographique.....	19
2.2 Les cantons et leurs superficies.....	21
2.3 Données édaphiques.....	22
2.3.1 Relief et exposition.....	22
2.3.2 L'hydrographie.....	22
2.3.2 La pédologie.....	22
2.3.4 Description du climat de la région.....	23
a. Les précipitations.....	23
b. Les températures.....	24
c. Le vent.....	25
d. Synthèse climatique.....	25
3. La Flore et la faune.....	28
3.1 La Flore.....	28
3.2 La faune.....	29

---

## Chapitre III : Matériels et méthodes

---

1. Les données disponibles.....	31
2. Les logiciels utilisés.....	31

3. Méthodologie de travail.....	32
3.1 Modèle de calcul du risque d'incendies.....	32
3.2 Exploitation des données.....	33
3.2.1 L'indice humain.....	34
3.2.2 L'indice topomorphologique.....	34
3.2.3 L'indice de végétation.....	35
3.2.4 L'indice du risque des incendies.....	36

---

## **Chapitre IV : Résultats et Discussions**

---

1. Exploitation des données et résultats obtenu.....	38
1.1 L'indice de végétation.....	38
1.2. L'indice topo-morphologique.....	40
1.2.1 Indice de pente.....	40
1.2.2 Indice d'exposition.....	40
1.3. Indice humain.....	43
1.3.1.Indice de proximité des routes (Dr).....	43
1.3.2 Indice de proximité des habitations (Da).....	43
I.4 Indice de risque global.....	46
2. Discussion des résultats.....	48
3. Aménagements proposés.....	50
3.1 Sur le plan d'intervention.....	50
3.1.1 Mise en place des postes de vigie.....	50
3.1.2 Renforcement des moyens d'intervention.....	50
3.2 Sur le plan de prévention.....	51
3.2.I Ouverture de pistes forestières.....	51
3.3 Sur le plan de sensibilisation.....	51
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>52</b>
<b>Référence bibliographique</b> .....	<b>53</b>
<b>Résumé</b>	

---

**Introduction**

**Générale**

L'incendie est considéré comme l'agression la plus grave et la plus spectaculaire que peut subir une forêt (OSWALD, 1992 ; MISSOUMI et *al*, 2003). Il présente, à l'heure actuel le caractère le plus préoccupant et le plus marquant en région méditerranéenne, et l'explication se trouve dans la nature même de cette forêt (BLAIS, R 1974).

En effet, elle est :

1. Peu productive en bois donc peu rentable et par conséquent mal équipée et mal entretenue mais riche en essences inflammables; très fréquentée par les estivants et les touristes qui ne sont pas sensibilisés de sa vulnérabilité; abandonnée par une population rurale; caractérisée par un climat favorisant la mise à feu et la propagation des incendies : été sec et chaud, vent violent; et enfin, elle est caractérisée par un relief tourmenté rendant son équipement et sa pénétration difficile.
2. Pour ce qui est des forêts algériennes, elles sont devenues la proie des flammes à travers les années. Les données chiffrées, fournies par les services des forêts montrent la gravité et l'ampleur de ce phénomène dévastateur. Chaque année plus de 20 000 hectares de forêts sont détruites (BELHADJAÏSSA, M et *al*, 2003).

De ce fait, il est inadmissible 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.

La présente étude s'inscrit dans cette perspective, en proposant un modèle permettant de découper notre zone en différentes intensités de risques d'incendies à partir de l'intégration de la télédétection et du SIG.

Les études ont montré que les SIG combiné à la télédétection, constituent des outils de gestion efficaces.

Notre étude avait pour objectif l'élaboration une carte de risque potentiel, qui constitue un outil de prévention, de protection et de sauvegarde nécessaire avec proposition d'aménagements au niveau du future aire protégée la forêt de l'Akfadou-Est..

Notre travail est subdivisé en quatre chapitres :

Le premier chapitre est une synthèse bibliographique et se subdivise en deux parties :

- ✓ la première partie donne un aperçu les systèmes d'information géographique et la télédétection

- ✓ La deuxième partie porte sur les feux de forêts en Algérie, où nous insisterons sur les statistiques des feux de forêt en Algérie, aussi les méthodes de lutttes (préventive et active) contre les incendies.

Le deuxième chapitre concerne la présentation de la zone d'étude.

Le troisième chapitre traite de la méthodologie adoptée.

En fin, le quatrième chapitre présentera les résultats obtenus et se termine par des propositions d'aménagements.

# Chapitre I

---

## Synthèse bibliographique

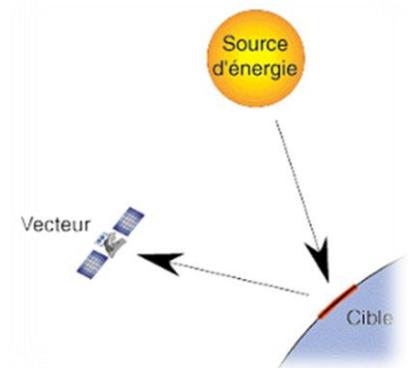
## 1. Les systèmes d'informations géographiques (SIG) :

Les systèmes d'informations géographiques (SIG) sont, historiquement, nés du croisement de la cartographie assistée par ordinateur et des systèmes de gestion de base de données (SGBD) (SITAYEB, 2006).

Appelé GIS (*Geographic information system*) dans le monde anglophone, ils sont, depuis 1988, définis aux Etats-Unis comme des « systèmes informatiques de matériels, de logiciels et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion ». Les S.I.G sont des « ensembles de données repérées dans l'espace et structurées de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision » (SITAYEB, 2006).

## 2. Télédétection

Le mot télédétection (en anglais *remote sensing*) désigne l'« Ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. » *Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale, 1988.*



**Figure 1** : Principe de la télédétection

Depuis le début des années 60, des capteurs de télédétection sont régulièrement embarqués sur des satellites artificiels en orbite autour de la terre, couvrant une vaste gamme d'altitudes (C.C.T, 1999).

## 3. Les feux de forêt

Les incendies parcourent 3 à 4 millions de km<sup>2</sup> de la planète chaque année et sont responsables de la libération de 2-3 pg (10<sup>15</sup> g) de carbone dans l'atmosphère (Giglio et al.2006). Une moyenne de 487 000 feux de végétation s'est produite par an au cours de la période 2003-2007 dans les forêts et autres terres boisées de la planète (FAO, 2010). Le Mozambique, les Etats-Unis d'Amérique, Madagascar, la Pologne, le Portugal, la

Fédération de Russie, l'Espagne, l'Argentine et la Hongrie sont en tête de la liste, avec une moyenne de plus de 10 000 feux de végétation par an (FAO, 2010).

### 3.1 Les feux en forêts méditerranéennes

Chaque année, 35 000 à 40 000 ha du paysage méditerranéen sont réduits en cendres, ce qui correspond à 3000, voire 4000 départs de feux par an, du fait d'un climat particulièrement favorable (longue sécheresse) ; (Lopez et al .1996).

Les incendies en forêts méditerranéennes sont des "perturbations" historiquement ancrées dans la dynamique naturelle de nos écosystèmes. D'un point de vue écologique, une perturbation n'exprime pas toujours une notion désastreuse et catastrophique, au sens où elle éradiquerait définitivement les espèces touchées; au contraire en éliminant une partie des formations en présence, elle contribue grandement à établir une mosaïque de milieu hétérogène, particulièrement très riche.

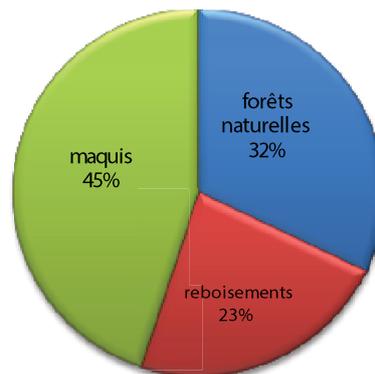
La majorité des espèces végétales de la région sont douées de stratégies adaptatives ingénieuses afin de recoloniser les zones ravagées par les flammes .Certaines d'entre elles, comme l'Inule visqueuse (*Inula viscosa*) ou le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), sont dites anémogames, c'est - à -dire quelles bénéficient d'une très bonne dispersion de leurs graines par le vent. D'autres nécessitent pour se développer des conditions thermiques favorables, c'est le cas du Ciste à feuilles de Sauge (*Cistus salvifolius*) dont la germination des spores, enfouies dans le sol, est spontanément générée après le passage d'un incendie.

### 3.2 Les feux de forêts en Algérie

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

### 3.3 Les forêts en Algérie

La superficie des forêts algériennes est estimée à 4,7 millions d'hectares de forêts et de maquis, ce qui représente un taux de boisement d'à peine 11%, en ne considérant que le nord du pays. Le patrimoine forestier est ainsi dominé par les maquis, dont la superficie est estimée à 1,8 millions d'hectares, qui représentent 45 % de la superficie forestière et arborée totale, alors que les forêts naturelles, au sens strict, n'occupent que 32 %. Les superficies reboisées représentent quant à elles 972 800 Ha, soit 23 % (Cf. figure 2).



**Figure 2 :** Principales formations forestières d'Algérie(DGF 2000)

### 3.3.1 Répartition géographique des forêts et leurs essences

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

Cette forêt est localisée entièrement sur la partie septentrionale du pays et elle est limitée au Sud par les monts de l'Atlas saharien. La Figure 3, indique que la forêt (indice de végétation élevé) est surtout concentrée au nord-est du pays.



**Figure 3:** L'indice de végétation du Nord de l'Algérie (image Spot végétation, avril-2011).

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

- **Le littoral**

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

- **L'Atlas tellien central et occidental**

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

- **L'Atlas saharien**

Il abrite les grands massifs de pin d'Alep des Aurès-Nememcha, des Monts du Hodna, des Monts de Ouled Nail et Amour, ainsi que la majeure partie de la cédraie des Aurès en altitude, au dessus de 1200m. Sur les versants de cet Atlas, on rencontre également le chêne vert et surtout le genévrier.

Les essences principales composant les formations forestières et leurs superficies sont reportées dans le Tableau 1.

**Tableau I :** Principales essences forestières d'Algérie (PNR : Plan national de reboisement, Alger, 1999)

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

On peut constater d'après le tableau 3, que les formations résineuses dépassent légèrement les formations feuillues, 53,5 % contre 46,5 %. La formation prédominante est la pineraie de pin d'Alep, qui occupe 35,4 % de la superficie forestière totale, et se rencontre principalement dans les zones semi-arides.

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

La pineraie du pin maritime, à l'état naturel, est localisée dans le nord-est du pays et couvre 1,7 %. Les cédraies sont disséminées en îlots discontinus dans le Tell central et surtout les Aurès (0,5 %).

Ces essences constituent le premier groupe de forêts, dites économiques, en comptant les eucalyptus introduits avec 52 000 Ha, soit 2,3 %, dans le Nord et surtout à l'Est du pays, elles totalisent 63,3 % de la superficie forestière de notre pays.

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

### **3.4 Historique des feux de forêts en Algérie**

L'analyse des statistiques des feux de forêts en Algérie permettra de retracer leur historique, fait inédit en région méditerranéenne, sur une très longue période continue de 130 ans (1876-2005) Tableau 2. En effet, l'Algérie est l'un des rares pays possédant des statistiques sur les feux de forêts sur une période de plus d'un siècle ! Les principales sources de données utilisées sont celles de MARC (1916), BOUDY (1948), GRIM (1989) et DGF (2007) ; leur compilation permettra de reconstituer une série chronologique comportant diverses étapes historiques des feux de forêt en Algérie.

Nous allons tenter dans les lignes qui suivent d'analyser l'évolution temporelle des feux de forêts, à l'échelle décennale et annuelle, afin de déceler les tendances générales de cette évolution et en particulier de mettre en évidence s'il y a ou non aggravation des feux de forêts, notamment lors des deux dernières décennies.

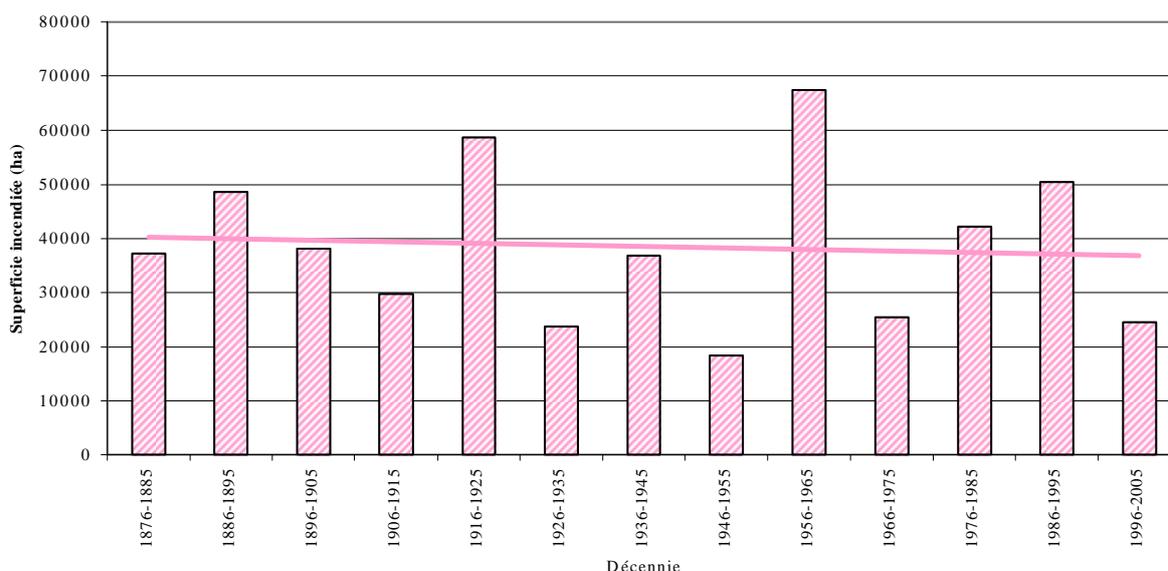
Sur le plan méthodologique, le phénomène « incendie de forêts » est habituellement caractérisé par trois paramètres, à savoir : la surface brûlée et le nombre de feux, exprimés par une moyenne annuelle ou une somme pour une période donnée, auxquels on adjoint

souvent la surface unitaire par feu (ou feu moyen), qui est le rapport des deux premiers et un indicateur de la gravité relative des incendies.

**Tableau II** : Les superficies parcourues par le feu en Algérie sur 13 décennies. (D.G.F)

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

\*Absence de données pour 1950 et 1962, les moyennes sont donc calculées sur 9 ans pour les décennies correspondantes.



**Figure 4** : Evolution des moyennes annuelles par décennies des superficies parcourues par le feu (période 1876-2005).(D.G.F)

Tout d'abord, la droite indique une légère tendance à la baisse.

D'une part, on note que la superficie incendiée cumulée durant la période 1876-2005(130 ans) est évaluée à près de 5 millions d'hectares (4 998 894 ha). Autrement dit, la totalité de la surface boisée de l'Algérie, qui était de 5 millions d'ha en 1830, a été totalement parcourue par les incendies pendant cet intervalle de temps. Mais, il convient ici de rappeler que le feu est plus souvent récurrent dans certains endroits que dans d'autres, et que ces surfaces cumulées ne sont que des indicateurs de l'ampleur des dégâts. D'autre part, la moyenne des surfaces incendiées depuis 130 ans est de 39 054 ha par an, représentant sensiblement 1 % de l'ensemble des boisements actuels du pays, qui compte 4,14millions d'ha (FOSA, 2000).

L'examen de la figure 4 ayant trait aux treize décennies, de la période s'étalant de 1876 à 2005, permet de se rendre compte aisément qu'un maximum absolu a été atteint, pendant la période 1956-1965, correspondant en grande partie à la guerre de libération nationale, avec une moyenne annuelle hors du commun de 67 396 ha. Incontestablement, c'est la période la plus dévastatrice pour notre patrimoine forestier.

Mais, les incendies catastrophiques, dépassant largement la moyenne annuelle précitée (39 000 ha), se sont malheureusement répétés durant d'autres décennies, aussi bien lors de la période coloniale, comme en 1886-1895 (48 657 ha/an) et 1916-1925 (58 709ha/an), qu'après l'indépendance, en 1986-1995, avec 50 511 ha/an. Cette décennie contemporaine, où les forêts algériennes ont été gravement touchées par les incendies, correspond du moins en partie à une période d'instabilité politique.

Fort heureusement, la dernière décennie 1996-2005 montre une amélioration notable par rapport aux précédentes, puisque sa moyenne annuelle est l'une des plus basses de la chronologie, soit 24 602 ha.

### **3.4 Dans la wilaya de Bejaia**

La wilaya de Bejaia n'échappe pas à cette logique d'incendie de forêt. La campagne des incendies faite par la conservation des forêts de Bejaia chaque année nous montre le nombre d'incendies enregistrés, les superficies brulées le nombre d'intervention, Ratio incendie, les travaux préventifs ....

La campagne des incendies 2014 est relativement catastrophique, vu la superficie brulée (4321.24 ha). Le nombre de départs de feux est le plus élevé de toute la décennie (440

foyers). Le dispositif de lutte contre les incendies de forêt s'est avéré efficace, vu que le ratio (superficie incendiée /le nombre d'incendies enregistrés) est relativement faible comparé à ceux des 10 dernières années.

**Tableau III** : La campagne des incendies 2014. Source (Conservation des forêts de la wilaya de Bejaia).

Années	Nombre d'incendies	Superficies brûlées (Ha)	Ratio incendie
2005	154	1 863,38	12.09
2006	220	2 974,62	13.52
2007	137	2 719,95	19.85
2008	183	2 797,91	20.27
2009	145	2 022,30	13.94
2010	394	3 706,31	9.40
2011	254	2 529,97	9.96
2012	399	8 266,82	20.71
2013	104	496.19	4.77
2014	440	4321.24	9.80

#### 4. La lutte contre les feux de forêt

Les statistiques sur les causes des feux de forêt dans la région méditerranéenne sont loin d'être complètes, mais il ressort que la majorité des feux sont dus à l'homme. Des causes naturelles comme la foudre peut effectivement être à l'origine des feux de forêt et quand de tels feux se déclarent dans des zones isolées, l'étendue des dégâts peut être considérable. Toutefois, le nombre de feux d'origine naturelle est faible comparé à ceux causés par l'homme (CIHEAM, 2008).

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

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

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

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

#### **4.1 La lutte préventive :**

Le terme de prévention est utilisé dans un sens large, il désigne l'ensemble des mesures prises avant l'incendie. Il englobe les mesures destinées à réduire les risques d'incendie ainsi que toutes les mesures antérieures au sinistre qui concourent à limiter son extension (DUBORDIEU, 1997).

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

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

##### **4.1.1 Les aménagements de DFCI (Défense des forêts contre l'incendie)**

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

### **a. Les points d'eau**

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

On utilise des forages, des réserves aménagées sur ruisseaux ou lagunes, des bâches à eau et des citernes. L'idéal est de disposer d'une cuve de 60 m<sup>3</sup> pour 500 Ha de forêt. Ce volume permet le remplissage des citernes tout les trois minutes pendant deux heures, car la capacité des engins de lutte est de 0,5 à 2 m<sup>3</sup> (KERN, 1975).

### **b. Les infrastructures routières**

L'infrastructure routière est l'outil indispensable dans la lutte contre le feu, tant pour la protection des forêts menacées par de futurs incendies que pour la reconstitution des forêts détruites par le feu. Les zones forestières doivent être sillonnées de voies d'accès pour faciliter leur surveillance et pour permettre aux sapeurs pompiers d'arriver rapidement sur un feu naissant.

#### **- Les pistes**

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

#### **- Les routes**

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

### **c. Les tranchées pare-feu**

Il est possible d'équiper massivement les forêts d'un certain nombre d'obstacles, qui vont servir à couper le passage au feu ou bien comme base d'intervention, ceux sont les tranchées pare-feu. Ces dernières doivent s'opposer au passage du feu sur les fronts où l'avancement du feu est très rapide. Le choix de l'emplacement des tranchées obéit à des considérations à la fois stratégiques et techniques, en tenant compte de la topographie, de la météorologie et de la répartition du combustible dans les zones menacées (PUTOD 1975 in CHIBANE, 2006).

### **d. Le débroussaillage**

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

## **4.2 La surveillance et la détection :**

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

La détection est assurée par les postes de vigies, il serait essentiel d'équiper les tours de guet d'appareils de mesure essentiels pour un fonctionnement efficace, notamment : jumelle, GPS, des cartes, une boussole, un instrument de mesure de direction et de vitesse du vent. (PUTOD, 1979)

### **a. Les brigades mobiles et les patrouilles aériennes**

Sont aussi des moyens très efficaces de surveillance et de détection si les conditions budgétaires le permettent.

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

### 4.1.3 La cartographie du risque d'incendie

La cartographie du risque d'incendie est un moyen visant à la protection des zones sensibles aux incendies de forêt. Ce n'est pas une idée nouvelle, car elle a été proposée en Californie par **Frederick lawOlmsteal Jr** dès 1930 comme moyen de limiter les destructions des incendies de Malibu (BABBITT, 1999).

Dans le domaine de la prévention, ces cartes peuvent servir de référence pour l'implantation future de points d'eau, de nouvelles pistes ou de pare-feu et bien entendus à la détermination des zones à Haut risque. Dans le domaine de la détection, elles seront utiles pour l'implantation des tours de guet et la multiplication de patrouille de surveillance dans des zones présentant un risque élevé (ESNAULT, 1995).

L'objectif de la cartographie du risque d'incendie est donc de permettre une meilleure anticipation de l'intervention, en prédisposant à l'avance sur le terrain des groupes d'intervention, au plus près des zones potentielles d'éclosion, en fonction de la difficulté pressentie de l'intervention (ALEXANDRIAN, 1999).

L'établissement de la carte de risque d'incendie fait appel à l'application d'un modèle de calcul de l'indice du risque. Parmi de nombreux indices relevés dans la bibliographie, nous citons :

**a. Le modèle d'évaluation temporelle du risque d'incendie – couplage entre une base de données sur les incendies et une base de données météorologiques**

ALEXANDRIAN (1999) souligne que les méthodes d'évaluation temporelles du risque (par opposition aux méthodes spatiales) reposent sur les formules de calcul plus ou moins complexes, incluant les paramètres météorologiques de base tels que la pluie, le vent, l'humidité, et la température.

L'indice "Carrega I85/90" a été à la source de l'indice Météo France- DK (Drouet-Carrega), utilisé par les pompiers et forestiers des Alpes-Maritimes vers la fin des années 80 (CARREGA et *al*, 2007).

La formule de l'indice s'écrit :

$$I85/90 = [500 - (R0.5 H / V)] / 25$$

Où, R : la réserve d'eau du sol

H : l'humidité relative

V : la vitesse du vent.

### **b. Le modèle de cartographie du risque d'incendie de DUCHE et DAGORNE**

Modèle mis en place par DUCHE et DAGORNE (1993) et testé sur les massifs forestiers de la région méditerranéenne.

Ce modèle fait intervenir les trois principaux facteurs pour l'évaluation du risque de feu de forêt à savoir : la topomorphologie, le combustible et l'activité humaine.

Le modèle en question repose sur la formule suivante :

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

Où, IR : Indice de risque de feu de forêt

IC : Indice de combustibilité (facteur lié au type de végétation)

IH : Indice d'occupation humaine

IM : Indice topomorphologique (facteur lié à l'altitude, à la pente et à l'exposition)

Ce modèle a été utilisé en Algérie sur la forêt domaniale de Kounteidat, située dans la wilaya de Sidi Bel Abbès (MISSOUMI A. et *al*, 2003), sur la forêt de Bainem à Alger (BELHADJ- et *al*, 2003) et sur la forêt de Nesmouth située au Sud-Est de Mascara (KHADER et *al*, 2009).

### **c. Le modèle de cartographie du risque d'incendie "Turque"**

C'est un modèle qui a été développé par des universitaires turques (ERTEN et *al*, 2004).

Il fait intervenir cinq facteurs pour l'évaluation du risque de feu de forêt (**IR**) à savoir le type de végétation (**Tveg**), la pente (**P**), l'exposition (**E**), les distances à partir des routes (**Dr**) et les distances à partir des agglomérations (**Da**).

Le modèle repose sur la formule suivante :

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

Ce modèle a été utilisé en Algérie sur la forêt de Tiaret (RAMAT et AL, 2009).

Pour notre zone d'étude nous avons opté pour ce modèle de part son adaptabilité aux régions méditerranéenne et sa simplicité d'exécution.

#### 4.1.4 La sensibilisation du public

Plus de neuf feux sur dix sont dus à l'homme et à ses activités, les trois quarts des mises à feu dont l'origine est connue résultent d'imprudences. ROSENBERG (2001) estime que l'éducation s'adresse aux jeunes en âge scolaire, particulièrement réceptifs aux impératifs de la protection de la nature, elle les met en contact avec les hommes de la prévention soit au sein des établissements scolaires lors des journées spéciales, soit au cours des classes verte. La sensibilisation s'efforce de mobiliser des publics moins réceptifs et ceux qui ne sont que de passage dans les zones à risque, les touristes notamment (MOLNIER, 1972). La sensibilisation du public se fait par plusieurs moyens tels que :

- La signalisation le long des routes et en forêt invitant la population à la prudence ;
- La distribution d'objets par les services forestiers : porte-clés, cartes touristiques, cendrier, assiettes dont on trouve des rappels pour la protection de la forêt ;
- Information par la presse, la radio, la télévision et internet ;
- Réunions et séminaires sur l'intérêt des forêts et leurs avantages et pour donner au public une conscience écologique.

#### 4.2 La lutte curative

Selon SEIGUE (1980) les progrès de la lutte active ne sont jamais suffisants, le risque d'incendie subsistera, *"on pourra en réduire, mais on ne le supprimera jamais"*.

Les moyens de lutte active sont nombreux et différent d'un pays à un autre. Ces moyens sont soit humains ou matériels.

##### 4.2.1 Les moyens humains

Selon l'ampleur du problème, beaucoup d'organismes y participent en plus du personnel consacré exclusivement à la lutte. Parmi ces moyens, on distingue :

- Les sapeurs pompiers volontaires qui sont mobilisés sur le terrain avant toute éclosion d'incendie, dès que le risque météorologique constitue un danger ;
- Les sapeurs pompiers professionnels dont la formation technique est plus élevée ;

- Les sapeurs pompiers militaires qui renforcent les deux premiers.

En Algérie, la lutte contre les incendies est assurée par les agents des parcs nationaux, des conservations des forêts, de la protection civile et par la population riveraine.

#### **4.2.2 Les moyens matériels**

L'équipement de première nécessité pour la défense des forêts contre les incendies consiste en :

##### **a. Les moyens terrestres**

Ils se résument aux véhicules tout terrains, citernes, pompes, outils manuels (pelles, pioche, etc...), points d'eau, tronçonneuses, débroussailleuses et l'entrepôt de matières d'extinction qui doivent être placées à proximité des zones forestières.

##### **b. Les moyens aériens :**

Avec ces moyens, la lutte contre les feux est libérée sur une indication même approximative, du lieu du sinistre, les moyens aériens peuvent le découvrir et l'atteindre directement et rapidement. L'avion et l'hélicoptère permet de déposer au plus près du feu une équipe de sauveteurs puis de la ravitailler en eau et permet surtout de projeter très efficacement de l'eau sur le feu. Toutefois, ces moyens restent coûteux (SEIGUE, 1985).

##### **c. Les moyens chimiques :**

La lutte chimique consiste à l'utilisation de retardant qui sont des produits chimiques, qui dissolvent dans l'eau et améliorent son efficacité contre le feu (SEIGUE, 1985).

# Chapitre II

---

## Présentation de la zone d'étude

## 1. Les massifs forestiers de la wilaya de Bejaia

La wilaya de Bejaia s'étale sur une superficie de 326 126 ha. Le patrimoine forestier est estimé par le BNEDER (Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural) à 122 050 ha, soit un taux de boisement de 37%. S'agissant des forêts en charge par l'administration des forêts, la superficie est de 58 700 ha. Elle est répartie comme illustré dans le tableau 4.

**Tableau IV** : Superficies des massifs forestiers de la wilaya de Bejaia.

Massifs Forestiers	Superficie	Massifs Forestiers	Superficie
Beni melloul	2114 HA	Beni Immel	462 HA
Oued Djemâa	2575 HA	Bande côtière Aokas	68 HA
Beni Mimoun	3811 HA	Gouraya	383 HA
Chaâbet El Akhra	1318 HA	Madala	441 HA
Beni Hessaine	270 HA	Ait Timsiit	23 1 HA
Taurirt Ighil	6670 HA	Laârache	129 HA
Darguina	2106 HA	Illoula	433 HA
Oued Agueriou	3665 HA	Metchik	1130 HA
Beni Segouel	1390 HA	Laâlam	1700 HA
Bouhaten	6978 HA	Taguemount	665 HA
Akfadou	5436 HA	M'Zala	1869 HA
Beni Abbas	5022 HA	Beni Slimane	1867

### 1.1 Constat sur le patrimoine forestier de Bejaia

La situation est particulièrement préoccupante dans le secteur forestier de Bejaia, où près de 19 320,53 ha de forêt ont été brûlés par des incendies entre 2010 et 2014. Le phénomène de la déforestation continue à un rythme très préoccupant et compromettant tous les modes de vie des populations ainsi que la biodiversité et l'équilibre global du climat. (C.F.B).

### 1.2 Le massif d'Akfadou

Le massif d'Akfadou se situe dans l'Atlas tellien à quelque 150 km à l'Est d'Alger et à 20 km du littoral méditerranéen. Il représente à lui seul 25% des forêts feuillues d'Algérie. Il est localisé entre les coordonnées 4°33' et 4°41' de longitude Est et 36°30' et 36°86' de latitude Nord.

La forêt d'Akfadou couvre une superficie de 10 000 ha. Elle est limitée au Nord par la route nationale n°12 reliant Tizi Ouzou à Bejaia ; à l'Ouest par la ligne de crête qui délimite la forêt d'Ath Ghobri du col de l'Akfadou; au Sud-ouest elle est limitée par oued Acif; au Sud par oued Cheria et à l'Est par les limites naturelles des peuplements forestiers. B.N.E.F,1988 (Bureau National d'Etude Forestière)

## **2. Situation et limite de la forêt de l'Akfadou-Est**

### **2.1 Situation géographique**

La forêt d'Akfadou-Est qui couvre une superficie de 5436 ha, est la partie orientale de la forêt domaniale d'Akfadou. Elle est située dans l'Atlas tellien oriental qui prolonge le socle Kabyle par les monts de Collo, de Skikda et Djbell'Edough. Elle longe la partie ouest de la région de l'Akfadou (B.N.E.F 1988), se localisant ainsi entre les coordonnées LAMBERT :

(X = 662.4 Km ; Y= 380.8 Km) : carte IGN Djebba Cap sigli, feuilles n°26 et 10, échelle 1/50.000.

(X= 675.1Km ; Y= 378.8 Km): carte IGN Sidi Aiche, feuille n°46, échelle 1/50.000.

(X=663.3Km ; Y= 383.7 Km): carte IGN Sidi Aiche, feuille n°46, échelle 1/50.000.

(X=666.5Km ; Y= 337 Km): carte IGN Sidi Aiche, feuille n°46, échelle 1/50.000.

La forêt de l'Akfadou-Est fait partie de la future aire protégée de la Wilaya de Bejaia qui est limitée au Nord, par les limites administrative de la commune d'Adekar ; à l'Ouest, elle rencontre la partie occidentale de la forêt domaniale de l'Akfadou relevant du territoire de la wilaya de Tizi Ouzou, à l'Est, par les limites administrative des communes d'Adekar, Tifra et Chemini ; au Sud, par les limites de la commune de Chemini

Du point de vue administratif, la forêt de l'Akfadou-Est fait partie de la wilaya de Bejaia. Elle chevauche sur quatre communes différentes : Akfadou, Adekar, Chemini et Tifra. Notons que la plus grande partie de la forêt se localise dans les deux communes Akfadou et Adekar.

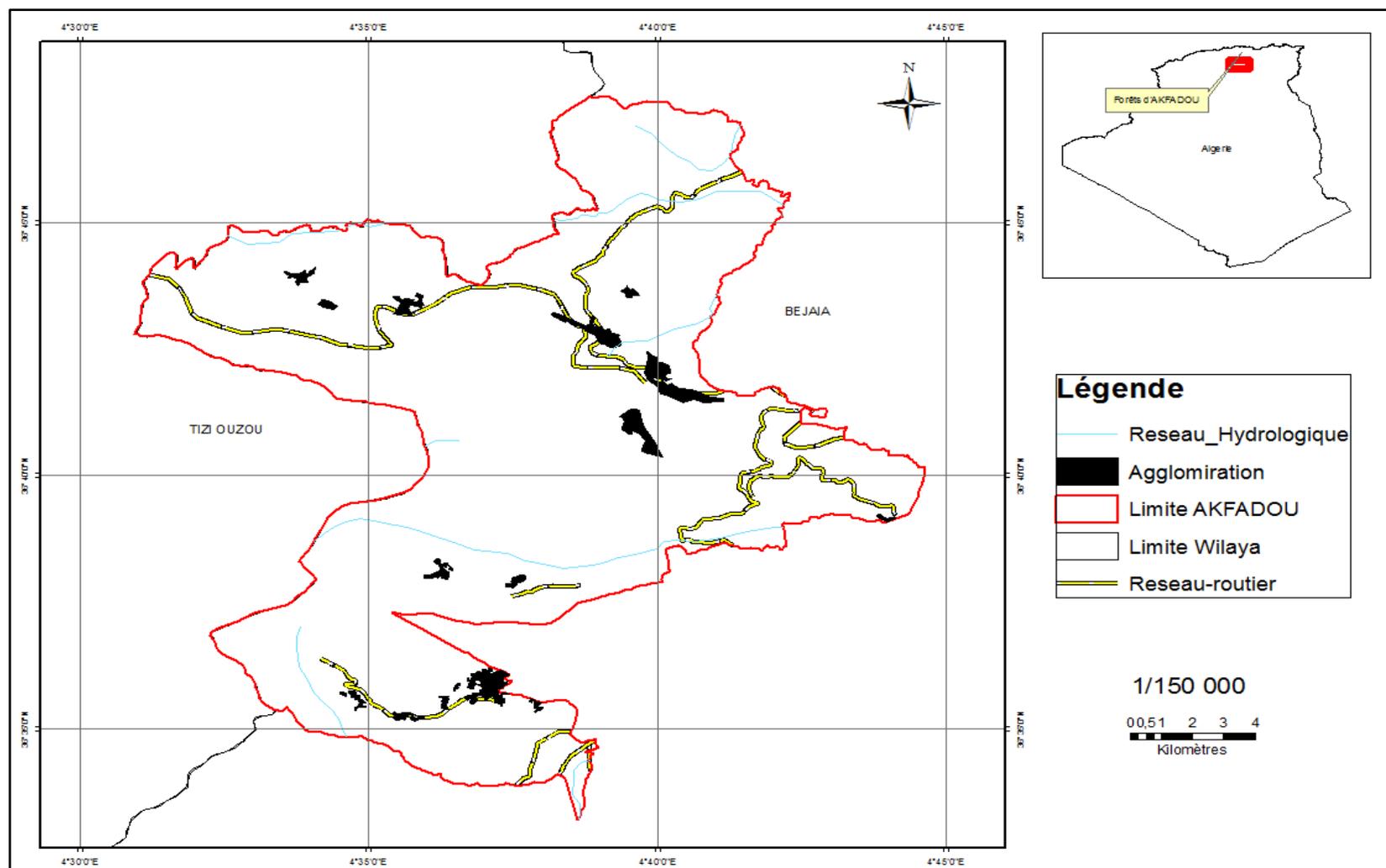


Figure 5 : Cartes de situation administrative de la forêt de l'Akfadou-Est

## 2.2 Les cantons et leurs superficies :

La superficie totale de la forêt de l'Akfadou-Est est répartie sur quinze cantons, comme mentionnés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau V** : Répartition de surface de la forêt de l'Akfadou-Est par cantons.

(Source circonscription d'Adekar).

Communes	Cantons	Superficies (ha)
<b>Chemini</b>	Tamesguida	197.5
	Abtel	256.875
	Tamadart	21.8775
<b>Adekar</b>	Takamra	281.94
	Ifri loulou	175.4
	Acif El Hammam	876.10
	Takaba Nord	31.40
	Takaba Sud	06.25
	Tabourtouedrar	320.37
	AgoulmimeAberkane	1130.90
<b>Akfadou</b>	Azrou N'Tiguerfa	477.00
	AgoulmimOuroufel	753.00
	Azrou N'Taghat	345.00
<b>Tifra</b>	Azrou N'Tarath	513.10
	M'zardal	49.30
<b>Total</b>		<b>5436.0125</b>

### 3.3 Données édaphiques :

#### 3.3.1 Relief et exposition :

Le relief est très accidenté, constitué de Djebel, et de collines à pentes très abruptes dues à la nature du substrat gréseux et siliceux. Les crêtes des Djebels sont bien marquées et l'altitude moyenne est de 1200 m avec comme point culminant Djebel Zen soit 1646 m.

##### ❖ Exposition :

L'exposition est de dominance nord, ce qui explique l'épanouissement et la prospérité du chêne Zen sous l'influence du climat marin lui assurant l'humidité nécessaire (BNEF1988).

##### ❖ Pentés :

La forêt est connue par ses pentes les plus abruptes par rapport à la forêt de l'Akfadou Ouest. Les plus accentuées se trouvent au Sud et l'Est avec des pentes supérieures à 50% couvrant la majorité du terrain et d'autres comprises entre 25% - 50%. Néanmoins, il existe une proportion infime du terrain avec une pente raisonnable ne dépassant pas les 12 %.

#### 3.3.2 L'hydrographie

Le réseau hydrographique est représenté par de nombreux ruisseaux à régime torrentiel, qui alimentent pendant les période pluvieuses les principaux affluents d'Acif El Hammam au Nord, du Sebaou à l'Ouest, et de l'oued Soummam à l'Est (LARIBI, 1999)

#### 3.3.3 La pédologie

BOUDY (1955) signale que c'est dans la région du chêne liège kabyle sur les grès numidiens que sont réunies toutes les conditions climatiques et géologiques représentatives des véritables sols forestiers de l'Afrique du Nord. L'étude faite par le BNEF (1988) a fait état de la présence de quatre grands types de sols dans la forêt de l'Akfadou :

- classe des sols minéraux bruts ;
- classe des sols peu évolués ;
- classe des sols brunifiés ;
- classe des sols à sesquioxydes de fer.

### 3.3.4 Description du climat de la région:

Le climat d'Algérie a fait l'objet de nombreuses études analytiques et synthétiques, notamment par SELTZER (1946); BAGNOULS & GAUSSEN (1953) ; EMBERGER (1954); CHAUMONT & PAQUIN (1971); STEWART (1975); BOTTNER (1981). Tous ces auteurs s'accordent à reconnaître l'intégration du climat algérien au climat méditerranéen, caractérisé par une saison sèche et chaude coïncidant avec la saison estivale, et une saison froide et pluvieuse en coïncidence avec la saison hivernale (FERKA ZAZOU- 2006).

#### a. Les précipitations:

Les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale dans l'alternance saison des pluies et saison sèche, (RAMADE, 1984). Les moyennes mensuelles des précipitations exprimées en (mm) pour la période (1973-1993) enregistrées dans les postes météorologiques de référence choisis ( AIN EL HEMMAM , AIT AICHA , TAGMA, YAKOUREN, AGHRIB ET SIDI AICHE) sont reportées dans le tableau 6

**Tableau VI** : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles en mm,  
période de 1973 à 1993.

Stations Mois	Ait-Aicha	Tagma	Yakouren	Ain El Hamman	Sidi-Aiche	Aghrib
Janvier	146 ,68	153	141,18	139,25	90	152,36
Février	124,16	165 ,65	126,13	148,80	66	121,05
Mars	129,29	163,78	155,50	137,81	61	121,15
Avril	109 ,39	116,85	96,99	117,14	49	90,33
Mai	65 ,40	67 ,659	98,98	78 ,05	39	49,52
Juin	13,95	14,08	27,29	26,56	18	12,6
Juillet	5 ,35	11,49	7 ,04	16,31	4	3,78
Août	10 ,38	11 ,67	10,36	17,14	8	8,04
Septembre	37 ,50	50,25	46,54	43,14	31	26,82
Octobre	80,03	99,53	83	75,32	63	84,84
Novembre	96,68	126,41	153	127,16	71	125,14
Décembre	176,06	207,01	188,78	162,32	98	205,31
TOTAL	955	1187	1132	1078	600	1001

- b. Les températures** : Selon les données climatiques de SELTZER (1918 et 1951) relatives aux trois stations de Larbaa Nait Irathen, Aghribs et Ain El Hammam nous avons observé une évolution des températures moyennes estivales qui sont presque stables variant entre 20°C et 25° C seulement alors que la période hivernale se caractérise par la variabilité des températures minimales et maximales.

Tableau VII : Températures moyenne maximales et minimales.

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ain El-	<b>m</b>	2,6	3,2	4,8	7,1	10,2	14,7	18,6	19,1	16	11,3	7	3,4
Hammam	<b>M</b>	9	10,2	13,1	16	19,5	25,2	29,8	30,8	26,5	20,4	14,1	9,9
	<b>M+m/2</b>	5,8	6,7	9	11,6	14,8	19,9	24,2	25	21,1	15,9	10,6	6,7
Larbaa	<b>M</b>	3,5	4	5,8	8,2	11,3	16	20	20,1	17	12,2	7,9	4,3
Nath	<b>M</b>	8,9	10,3	13	16,1	19,9	25,4	30	30,5	26,4	19,8	13,7	9,5
Irathen	<b>M+M/2</b>	6,2	7,1	9,4	12,1	15,6	20,7	25	25,3	21,7	16	10,8	6,9
Aghribs	<b>m</b>	4,5	4,9	6,5	8,9	11,5	15,7	19,1	19,6	17,2	12,8	8,6	5,3
	<b>M</b>	10,3	11,5	13,8	16,8	20	25,1	29,5	29,7	26,5	20,8	15,3	11
	<b>M+m/2</b>	7,4	8,2	10,1	12,8	15,8	20,4	24,3	24,7	21,9	16,8	11,9	8,1

### c. Le vent

Le vent agit soit directement par une action mécanique sur le sol et les végétaux, soit indirectement en modifiant l'humidité et la température. La station de référence retenue par le B.N.E.F (1998) pour la fréquence des vents est Larbaa Nath irathen. Les vents de l'Est sont plus fréquents en juin, juillet et août. Les vents d'Ouest sont fréquents en hiver. AIT DJIDA et

SAHAR (1989) signalent la présence du vent chaud qui vient du Sud et qui provoque un dessèchement et un flétrissement rapide des plantes avec l'augmentation de l'évapotranspiration. Le sirocco est fréquent à Yakouren et souffle environ 21 jour par an.

### d. Synthèse climatique

Tous les facteurs climatiques que nous venons d'étudier précédemment sont liés les uns aux autres et constituent pour les plantes un milieu bioclimatique original (HUETZ DE LEMPS, 1970) car dans la nature les facteurs agissent de façon conjuguée et non séparée (AUSSENAC, 1973), la répartition des précipitations au cours de l'année et les variations de la température constituent en particulier deux éléments indissociable dans la vie des plantes et de nombreux spécialistes ont cherché à caractériser par des indices et des diagrammes les relations entre les divers facteurs climatiques (HUETZ DE LEMPS, 1970).

Ces indices ont été utilisés afin d'établir des critères de comparaison et de classification entre les climats (GUYOT, 1997).

**•Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953 et 1957)**

C'est une comparaison graphique entre les précipitations et la température (humidité et chaleur). Il repose sur la notion de mois sec et qui se caractérise par la relation  $P$  (précipitations) inférieur ou égal à  $2T$  (température en degré centigrade). Le diagramme concerne les douze mois de l'année et comprend deux courbes, une pour les précipitations et l'autre pour les températures. L'échelle retenue par l'auteur est que les températures soient le double des précipitations en valeur absolu sur le diagramme. (BENABDELI, 2006).

Les deux auteurs établissent un diagramme dit ombrothermique, pour mieux apprécier l'ampleur et la durée de la sécheresse, où en abscisses figurent les mois, en ordonnées et à gauche les précipitation mensuelle ( $P$ ) alors qu'à droite à une échelle double de celle des précipitations, sont représentées par les températures moyenne mensuelles. (Figure 6,7et8)

La saison sèche est de trois mois et demi pour Ain El Hammam et Larbaa Nath Irathen (elle commence vers le début du mois de juin jusqu'à mi-septembre), et quatre mois pour Aghribs.(elle début vers la fin du mois de mai, jusqu'à la fin du moi de septembre)

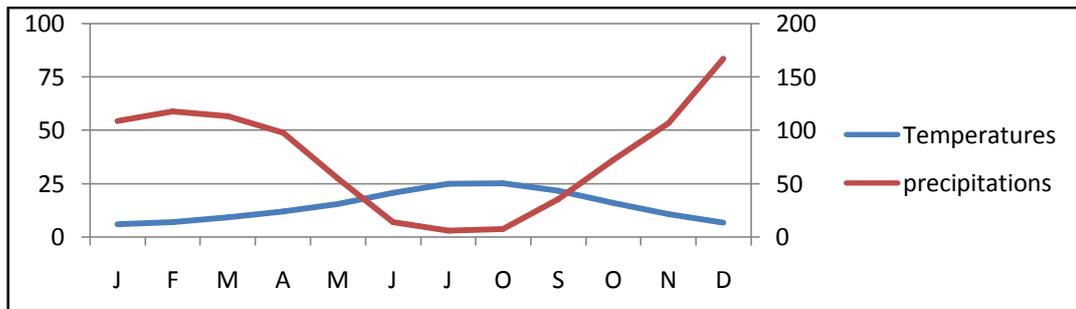


Figure 6 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN pour la région de : Larbaa NathIrathen.

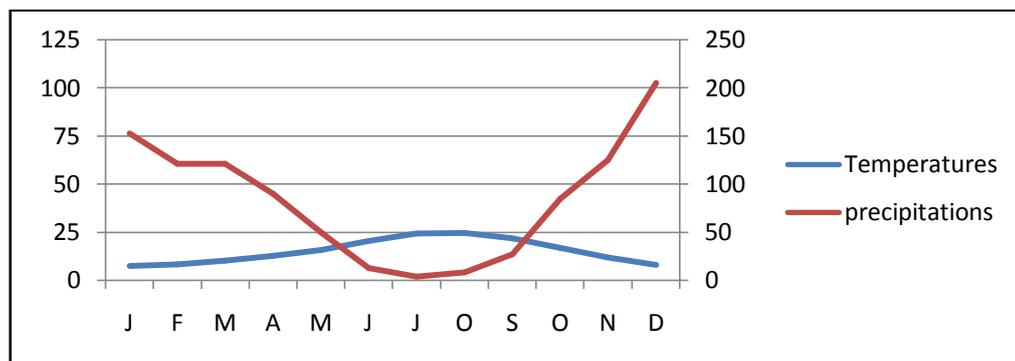


Figure 7 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN pour la région de : Aghrib

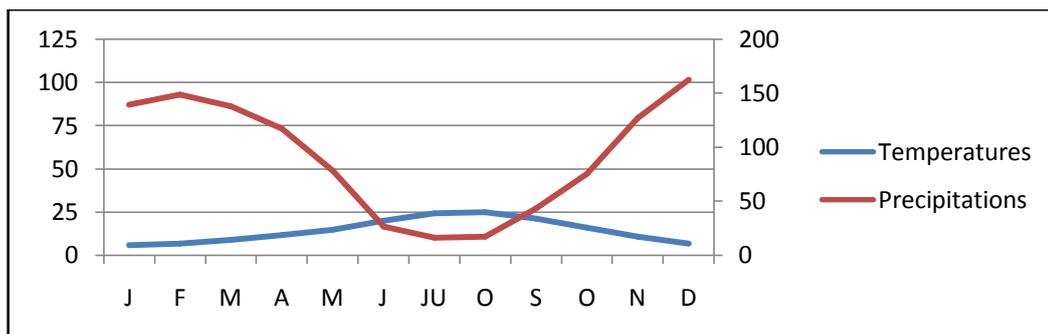


Figure 8 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN pour la région de : Ain El Hammam

L'analyse des paramètres (température et précipitations) nous permet de définir le climat de la zone d'étude. La saison pluvieuse pour la majorité des stations est importante, près de neuf mois et se concentre entre septembre et mai.

Les températures minimales se situent entre (0,8°C Djebel Zeen et 4,5°C à Aghrifs). Quant à la saison sèche, elle dure près de trois mois, elle se limite aux mois de (juin, juillet

et août). Les températures maximales se situent entre 30,8°C à Ain El Hammam et 26,7°C à Djebel Zeen )

Le massif d'Akfadou bénéficie ainsi d'un climat méditerranéen humide à hiver tempéré favorable à la végétation forestière.

### 3. La Flore et la faune

#### 3.1 La Flore

La première carte phytogéographique réalisée par le Docteur MAIRE en 1926, classe la forêt dans le secteur numidien du domaine mauritanien méditerranéen, qui correspond à la zone du Tell algérien. Les types de végétation forestière et la flore sont très variables selon les conditions climatiques et édaphiques. Ce secteur est caractérisé par le développement de *Quercetum suberis* sur sol siliceux frais et profond.

Le massif forestier de l'Akfadou, bien que de superficie moyenne, est d'une richesse floristique très appréciable, nous avons pu dénombrer 484 taxons végétaux allant des plus communs vers les plus rares

L'Akfadou présente une richesse floristique très importante : 16,5% de la flore de l'Algérie du Nord s'y retrouve et elle vient juste derrière le Djurdjura : 39%, dépasse les Babors : 15,58% et le Gouraya 04,91 % (BELLILI, K 2003). Selon le même auteur, il existe au niveau de l'Akfadou 81 familles végétales, dont les plus riches en espèces sont :

- Les graminées
- Les papillonacés
- Les capparidacées
- Les arachiacées

La forêt de l'Akfadou-Est se compose essentiellement de trois espèces de chêne pur ou mélangé : chêne zeen (*Quercus canariensis*), chêne afarés (*Quercus afares*) et chêne liège (*Quercus suber*), avec une majorité de chêne zeen pur (BNEF, 1988). Néanmoins, il existe d'autres espèces qui sont certes pas dominantes, mais qui sont d'un intérêt économique et écologique très importants tels : le cèdre de l'Atlas, le sapin de Numidie, le chêne vert, le pin maritime ... etc.

### 3.2 La faune

De part son relief accidenté, son couvert végétal dense et son climat humide, ainsi que les affleurements rocheux, la forêt de l'Akfadou est constituée de nombreux biotope propre à satisfaire la prolifération de différentes espèces animales. à l'exception du lion, qui a disparu définitivement de la région au début du siècle (aux environ de 1920) ainsi que la panthère et le cerf de barbarie, de nombreuses espèces de mammifères, de reptiles et d'oiseaux y vivent et contribuent à l'équilibre de l'écosystème.

#### •Les mammifères

Le Bureau National des Etudes Forestières dans son étude sur la forêt domaniale de l'Akfadou en 1988 , a signalé la présence de 16 espèce de mammifères qui vivent dans des biotopes spécifiques leur assurant la niche et la nourriture , avec la présence du magot (macaca sylvanus) , qui fait partie de la liste des espèce protégées au niveau international. De par son éloignement des zones d'habitation, ce dernier montre un comportement plus méfiant et agressif (plussauvage) par rapport à celui du parc de Gouraya.

#### •Les Oiseaux

Dans l'Akfadou, on a pu dénombrer 74 espèces d'oiseaux qui appartiennent à 27 familles recouvrant 53 genres (BNEF, 1988). Selon MOALI, 1999 (in AREZKI-ALIK, 2002) il y aurait 26 espèces d'oiseaux migrateurs.

#### •Les reptiles

Les reptiles rencontrés dans la région de l'Akfadou sont les suivants :

- Le lézard vert ( Lacertaviridis )
- La vipèreaspie ( Vipera aspis )
- La couleuvre collier (Natrixnatrix).
- la couleuvre à lisse (coronellaaustriaca).
- la salamandre (Slamandrasalamandra).

#### • La faune d'eau douce

La faune d'eau douce compte les grenouilles et les crustacés :

- Crapaud (Buffobuffo).
- Crapaud (Buffomauritanicus).
- Grenouille verte.
- Grenouille rousse.
- Rainette (Hylaarborea).

-Scorpion jaunâtre.

-Crabe : (Carcinusnoera )

### •Les insectes

Concernant les espèces d'insectes vivant dans la forêt d'Akfadou, nous ne pouvons avancer des données précises en raison de l'absence d'études entomologiques antérieures ni d'inventaires prés –établis. Ceci peut constituer un champ de recherche ouvert aux futures études.

De manière générale, nous pouvons estimer que les niches écologiques dans les forêts sont très diversifiées. D'ailleurs, DAZOZ (1980) distingue les catégories suivantes : les frondicoles qui vivent parmi les feuillages des arbres, les insectes des méristèmes qui se trouvent soit dans les bourgeons soit dans le cambium, les suceurs de sève, les gallicoles, les insectes des fruits et des graines, les corticoles stricts : mangeurs de phloème, les xylophages stricts qui s'attaquent au bois, les mycétophages, les insectes hébergées par les cavités des arbres et les insectes du sol.

Selon le même auteur les insectes peuvent donner une idée de l'état de dégradation d'une forêt sous l'emprise des activités humaines. Les fourmis du groupe de *Formica rufa* ont des nids d'autant plus petits que les forêts de montagne où elles vivent sont plus perturbées.

# Chapitre III

---

## Matériels et méthodes

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

L'application du modèle de calcul Turque permet de cartographier pour la forêt de l'Akfadou-Est les zones sensibles aux incendies. Selon la nature et le degré du risque d'incendie, des aménagements seront proposés.

## 1. Les données disponibles

- **Le modèle numérique de terrain :**

Le modèle numérique de terrain fournit une information altimétrique, c'est une représentation numérique simplifiée de la surface du territoire. Intégrée dans le SIG cette information joue un rôle très important dans les méthodes d'analyse spatiale en particulier pour la prise en compte de la morphologie du terrain. Il existe de nombreuses représentations possibles des surfaces sous forme de MNT dans les SIG, les deux formes essentielles sont le format raster et le format vecteur. (J-M Gilliot, 2000)

À partir du MNT, il est possible de tirer de nombreuses informations. Selon la méthodologie d'approche les plans à dériver sont : la carte des pentes, la carte d'exposition, le réseau hydrographique, carte hypsométrique... etc.

- **La carte des limites de la forêt de l'Akfadou-Est :** un fichier au format *shapefile* qui délimite la forêt de l'Akfadou-Est ;

- **La carte d'occupation du sol de la Wilaya de Bejaia :** un fichier au format *shapefile* qui nous montre la couverture biophysique de toute la surface de la Wilaya de Bejaia

## 2. Les logiciels utilisés :

**ArcGIS :** est une suite de logiciels d'information géographique (ou logiciels SIG) développés par la société américaine ESRI (Environmental Systems Research Institute). Ce système est composé de différentes plateformes qui permettent aux utilisateurs SIG, qu'ils soient bureautiques, web, ou mobiles, de collaborer et de partager l'information géographique.

**Google Earth Pro** : une déclinaison de Google Earth orientée spécifiquement en direction des professionnels afin d'augmenter la productivité, de communiquer visuellement et de partager des informations géographiques. En effet, cette version supporte l'importation de données SIG (Systèmes d'Informations Géographiques), l'impression en haute résolution (jusqu'à 4800 pixels) et la mesure de la superficie. Google Earth Pro dispose également d'un outil d'importation de feuilles de calcul, très pratique pour l'aide à la cartographie.

**Global Mapper** : est plus qu'un simple outil de visualisation capable d'afficher les images raster, les données d'altitude et les données vectorielles les plus répandues. Il convertit, édite, imprime, acquiert des données GPS, et vous permet d'utiliser des fonctionnalités SIG sur vos jeux de données de manière peu onéreuse et simple. Global Mapper permet aussi, en son sein, un accès direct à la totalité de la base de données Terra Server d'imagerie satellitaire et de cartes topographiques de l'USGS ainsi que la visualisation des données d'altitudes en vrai 3D avec un drapage de n'importe quelles images raster ou données vectorielles.

### 3.Méthodologie de travail

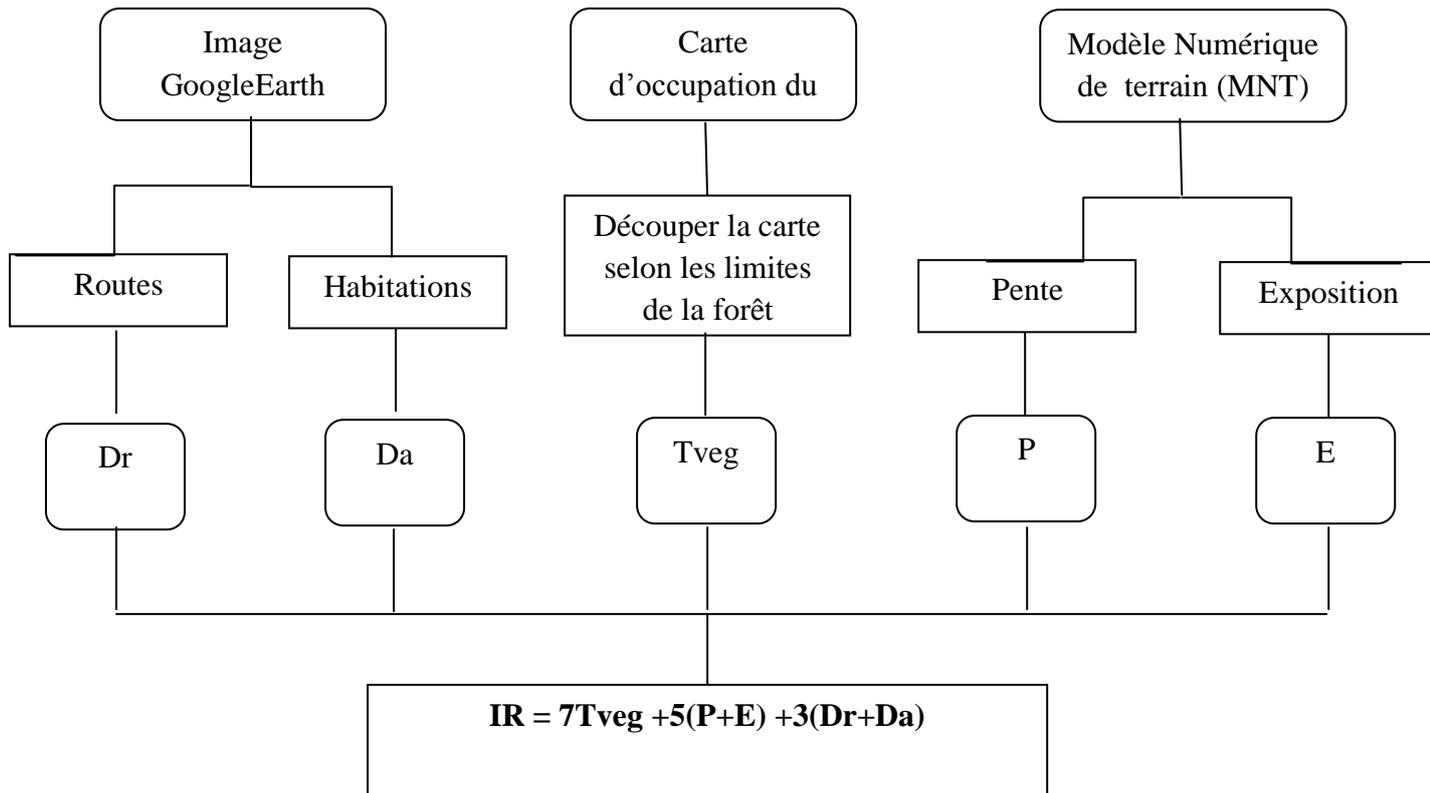
#### 3.1 Modèle de calcul du risque d'incendies

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

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

- IR : l'indice de risque d'incendies;
- Tveg : l'indice de végétation;
- 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 9).



**Figure 9** : Procédure de cartographie de l'indice de risque des feux de forêts.

### 3.2 Exploitation des données

La préparation des données consiste à:

- Découper le MNT de la wilaya de Bejaia selon les limites de la forêt avec le logiciel Global Mapper afin d'extraire la carte des pentes et la carte d'exposition avec ArcGis après les avoirs convertit au format *Img* .
- Modifier la carte d'agglomération et la carte du réseau routier. Avec Google Earth on ajoute des polygones et des lignes qui représentent les agglomérations et les routes non identifiées dans la carte d'origine, puis convertir le tout au format *Kml*
- Découper la carte d'occupation des sols de la wilaya de Bejaia selon les limites de la forêt.

### 3.2.1 L'indice humain

À partir de la carte d'agglomération et la carte du réseau routier, la fonction "Buffer" du logiciel ArcGis permet de calculer les distances autour des habitations et des routes, en utilisant les normes du modèle adopté (Tableau 8).

Plus on se rapproche des routes ou des habitations, plus le risque d'incendies est élevé.

**Tableau VIII** : Classification des distances (ERTEN et al, 2004).

Paramètres	Distances (mètre)	Codes	Classes de risque
Distance à partir des routes (Dr)	<100	5	Très élevé
	100-200	4	Elevé
	200-300	3	Moyen
	300-400	2	Faible
	>400	1	Très Faible
Distance à partir des habitations (Da)	<1000	5	Très élevé
	1000-2000	4	Elevé
	2000-3000	3	Moyen
	>3000	2	Faible

### 3.2.2 L'indice topomorphologique

Le MNT nous renseigne sur les altitudes, à partir des quelles sont dérivées la carte des pentes et la carte des expositions, à l'aide de l'extension *Spatial Analyst* du logiciel Arcgis .

• **La pente** : Plus la pente est inclinée, plus le risque de propagation du feu est élevé. Le calcul des pentes à partir du MNT produit un fichier de format raster qui doit être classifié selon le Tableau 9.

• **L'exposition** : Dans tout l'hémisphère nord de la terre, un versant exposé vers le sud se retrouve face au soleil et au contraire un versant nord se trouve ombragé. 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. Ce fichier raster doit être classifié selon le tableau 9.

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

Paramètres	Classes	Codes	Classes de risque
<b>Pente</b>	> 35%	5	Très élevé
	25 – 35 %	4	Elevé
	10-25%	3	Moyen
	10-5%	2	Faible
	<5%	1	Très faible
<b>Exposition</b>	Sud	5	Très élevé
	Ouest	4	Elevé
	Est	3	Moyen
	Nord	2	Faible

### 3.2.3 L'indice de végétation :

À partir de la carte d'occupation des sols de la wilaya de Bejaia, les Essences sont classées selon leur degré d'inflammabilité qui est lié à l'humidité de la végétation, suivant un modèle mis en place par le CEMAGREF, 1989 (voir tableau 10). Plus la végétation est sèche plus elle est inflammable et vice versa.

**Tableau X** : Classification de la végétation selon l'humidité (ERTEN et *al*, 2004).

Types de végétation	Codes	Classes de risque
Chêne liège, Agricole, Maquis	5	Très élevé
Oléiculture, chêne afarés, parcoure	4	Elevé
Chêne zeen	3	Moyen
Terre nues, urbain	1	Très faible

(Source CEMAGREF)

### 3.2.4 L'indice du risque des incendies

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

Le calcul du risque d'incendies a été réalisé avec la fonction "*MapCalculator*" de l'extension *Spatial Analyst*.

Il s'agit d'appliquer la formule du modèle adopté sur les différents indices de végétation, topomorphologique et humain en format raster (Figure 10). Sur la base de la carte du risque et la concertation avec les forestiers de la conservation des forêt de Bejaia nous proposerons des aménagements de défense des forêts contre les incendies.

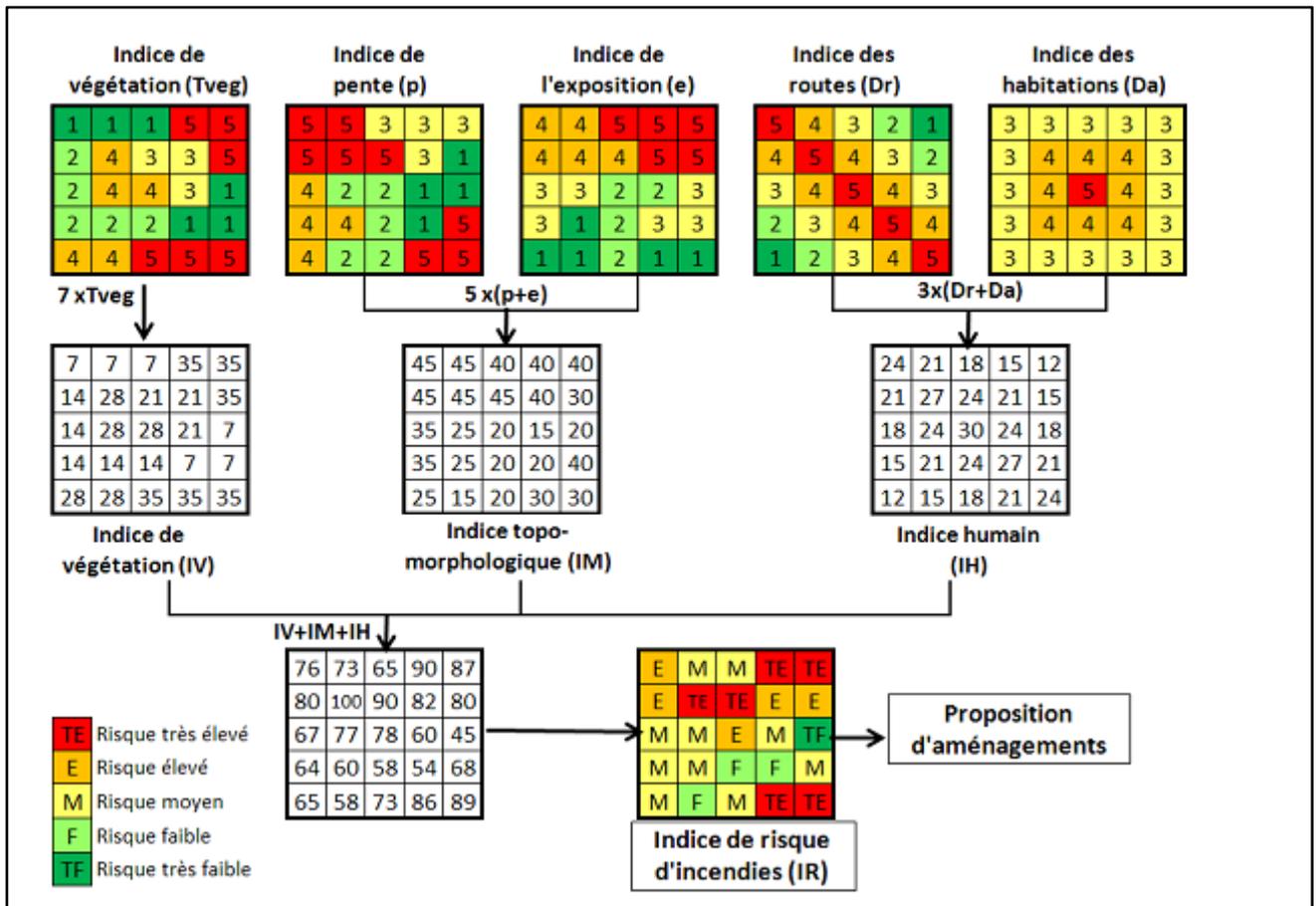


Figure. 10: Procédure de calcul raster de l'indice de risque des feux de forêts

# Chapitre IV

---

## Résultats et discussions

L'élaboration des différentes cartes du risque d'incendie selon le modèle utilisé, ainsi que la réalisation des différentes comparaisons mentionnées au niveau de la méthodologie, peut nous permettre de proposer un plan d'aménagement qui sert en quelques sortes comme un moyen de prévention de risque d'incendie au niveau du PNG. Les différents résultats obtenus sont mentionnés dans ce qui suit.

## **1. Exploitation des données et résultats obtenu**

### **1.1 L'indice de végétation**

D'après la figure 11, 51,14 % du secteur de la forêt de l'Akfadou-Est présente un risque très élevé, soit une superficie de 11645 ha et se localise au Nord et elle est constituée par des maquis, des peuplements de chêne liège et les terres agricole. La classe de risque élevé occupe 29% soit 6710 ha et se repartie principalement au Sud-est du secteur, constituées principalement des oléicultures. La classe de risque moyen et très faible occupe 19,09 % soit 4345 ha.

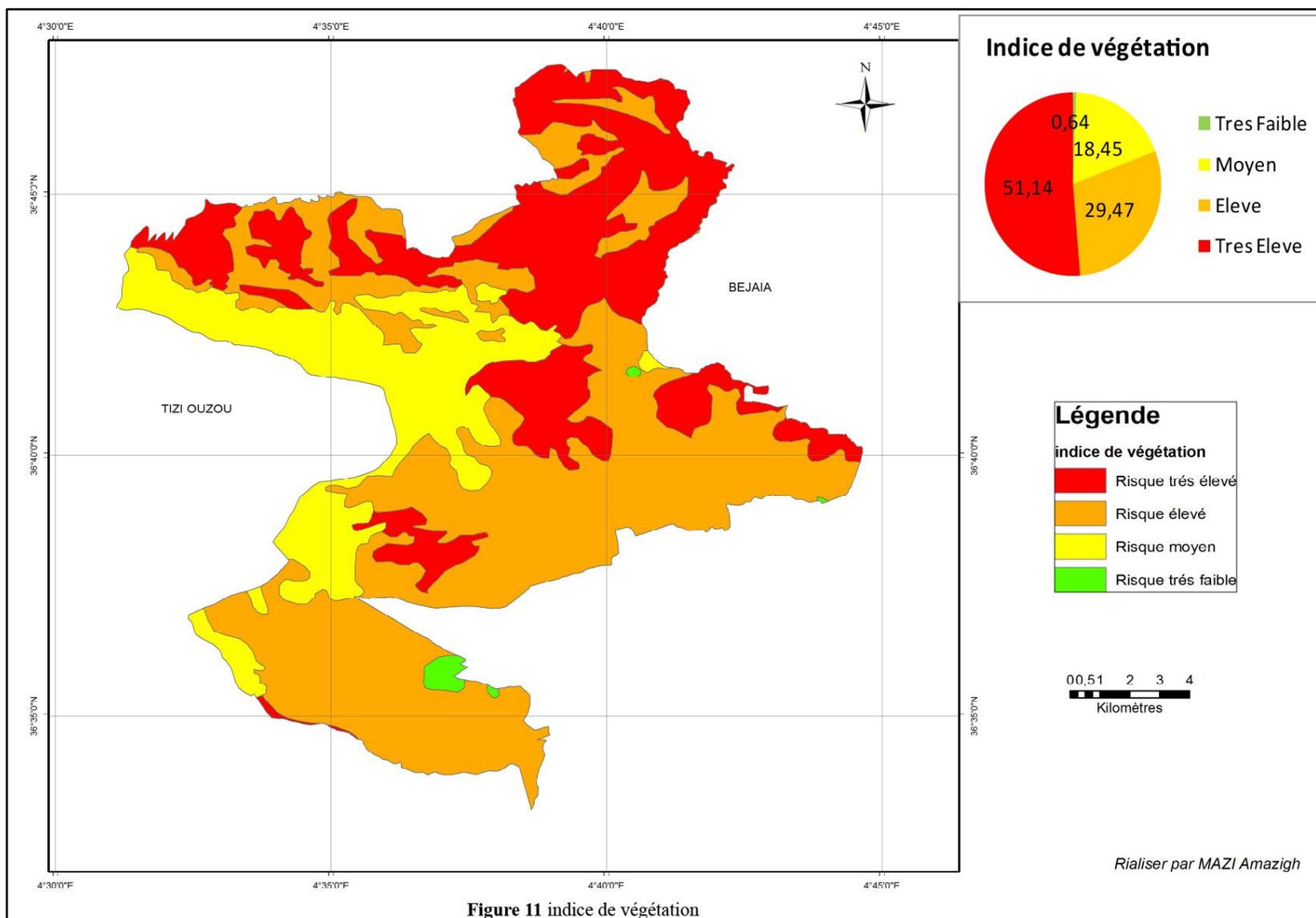


Figure 11 indice de végétation

## **1.2. L'indice topo-morphologique**

### **1.2.1 L'indice de pente**

La figure (12), nous informe que 72% du secteur, présente un risque moyen à élevé, soit une superficie de 16520 ha, le risque très élevé occupe 20,03% soit 4560 ha. Ces derniers se répartissent dans tout le secteur. Le risque faibles à faible occupe 7,42 % et se repartie dans les vallées des oueds et les bas-fonds.

### **1.2.2 L'Indice d'exposition**

D'après la figure (13), 58,02% du secteur, présente un risque moyen à élevé soit 13210 ha. La classe de risque très élevé occupe 18,02% avec une superficie de 4100 ha. La dernière classe (risque faible) occupe 23% soit 5460 ha.



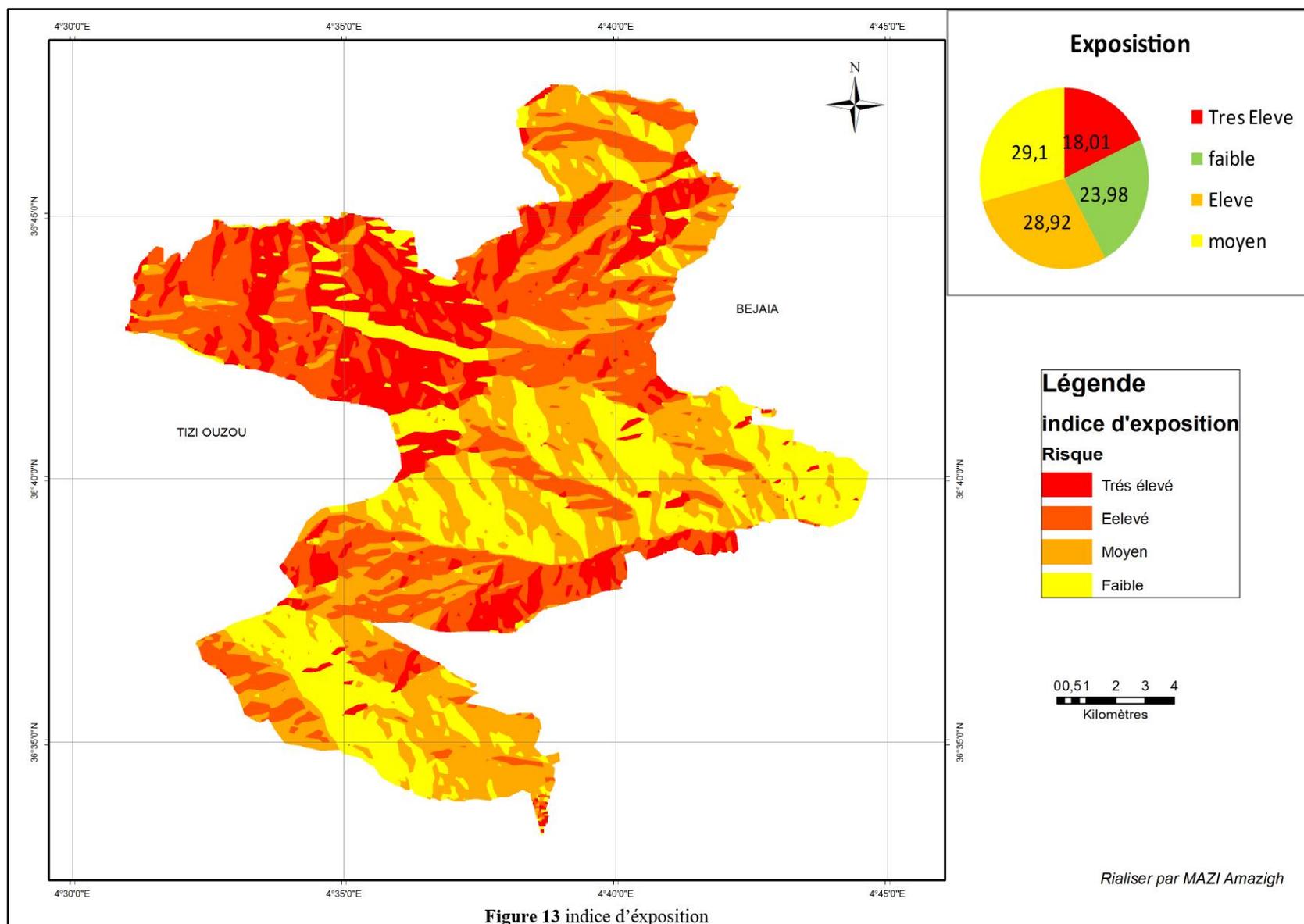


Figure 13 indice d'exposition

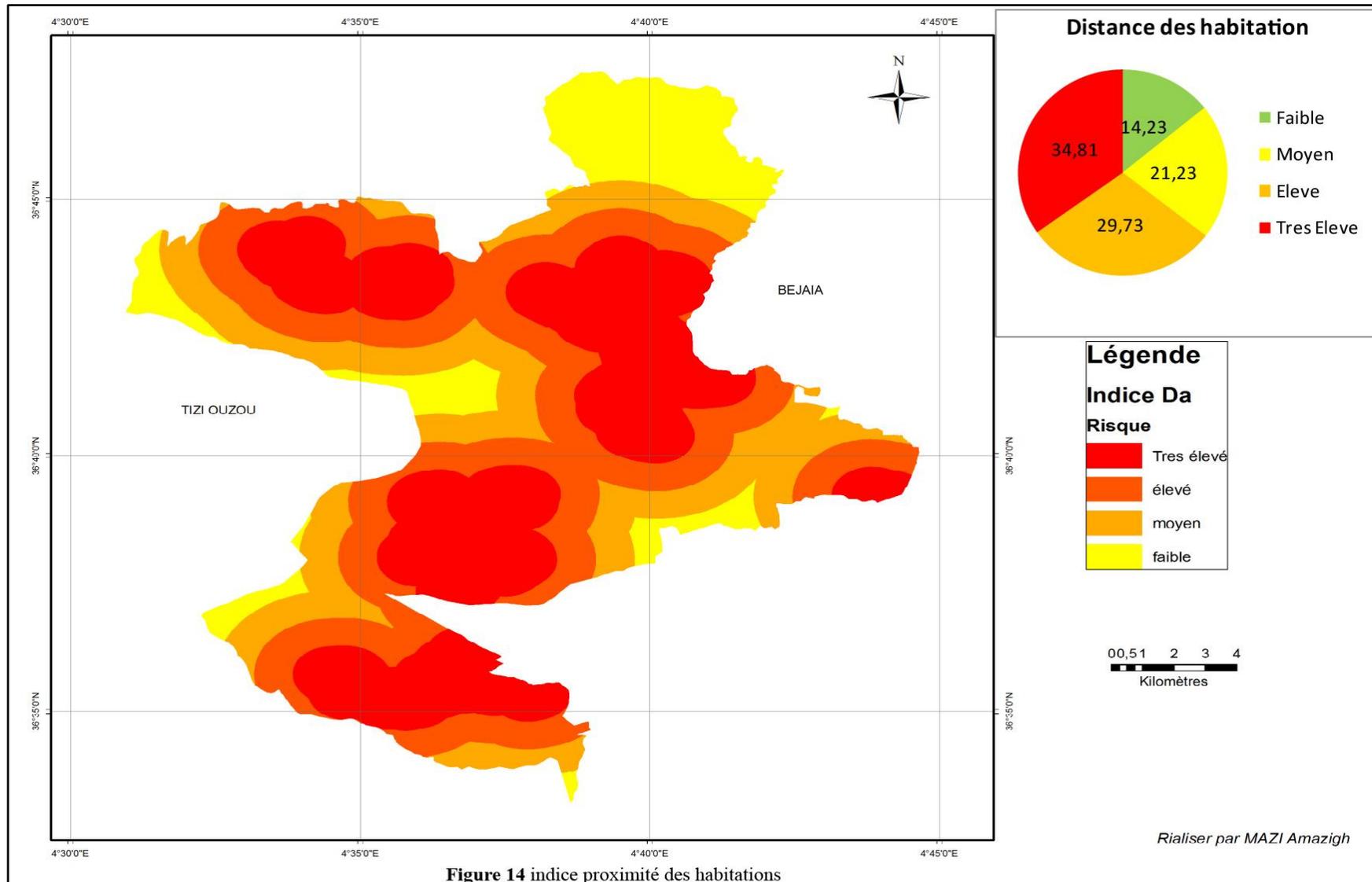
## **1.3 L'indice humain**

### **1.3.1 L'indice de proximité des routes (Dr)**

La figure (14), indique que 78,70 % du secteur présente un risque très faible (>400m) soit une superficie de 17920 ha et 11,38 % présente un risque élevé à très élevé soit une superficie de 2591 ha. La classe de risque faible à moyen ne présente que 9,93 % soit 2260 ha.

### **1.3.2 L'indice de proximité des habitations (Da)**

D'après la figure (15), on peut constater que 34,81 % de la superficie totale du notre zone d'étude représente un risque très élevé (proximité < 1000 m) soit environ 7927 ha ce risque se trouve localisé presque dans la totalité de la forêt, donc c'est toute la zone qui est menacée par l'incendie. Quant à la classe à risque élevé (proximité 2000 m), elle occupe 29,73 % de la superficie totale de la forêt soit environ de 6769 ha. Les classes à risque moyen et faible représentent respectivement 21,23% et 14,23% de la superficie totale, soit environ de 4835 ha et 3240 ha .



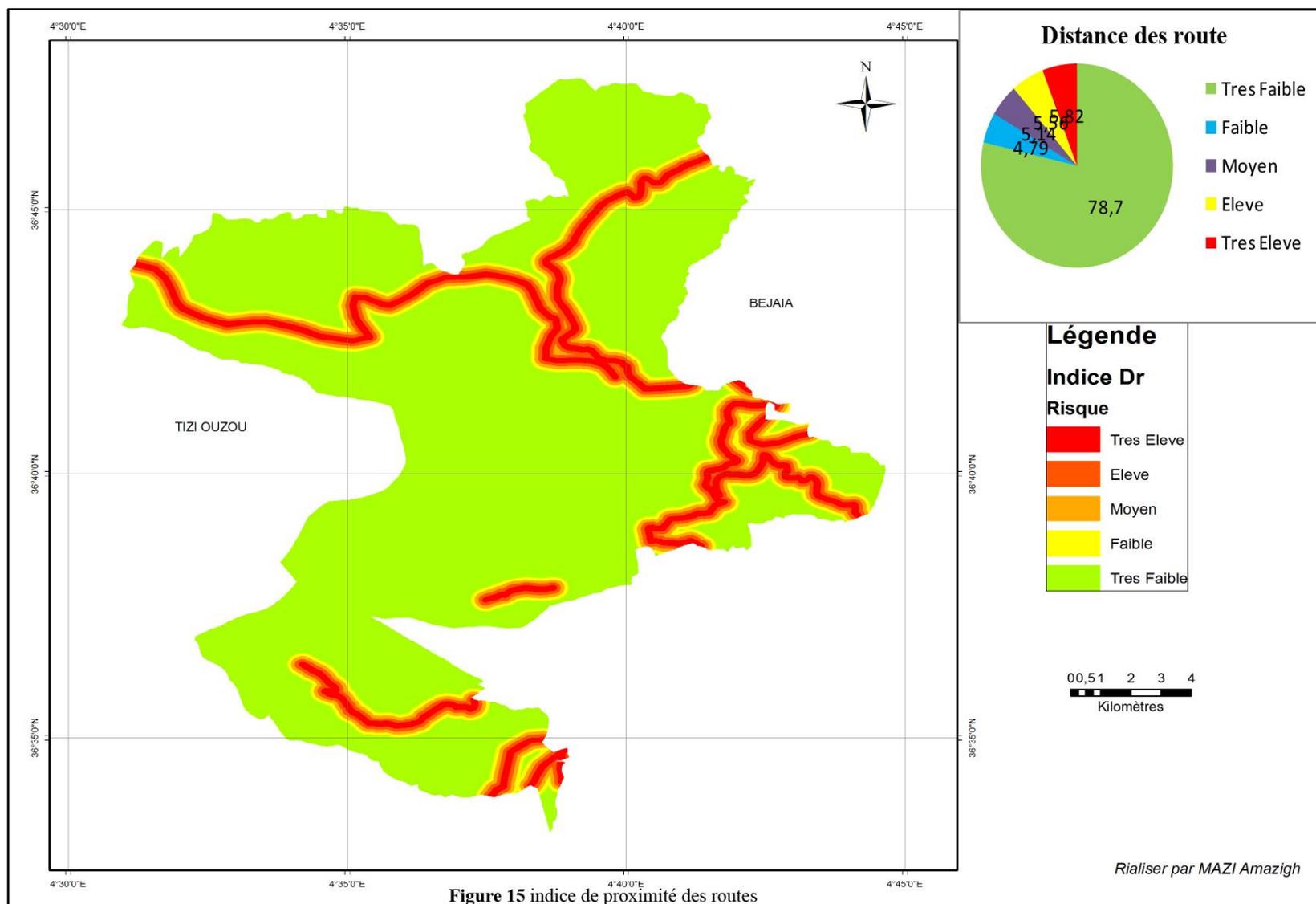


Figure 15 indice de proximité des routes

### 1.4 L'indice de risque global

On constate d'après la figure (16), que la plupart de la superficie du secteur se trouve dans un risque faible à élevé avec un taux de 93,85% soit 21370 ha. Et le reste est dans un risque très faible et très élevé 6,15 % comme le confirme les taux suivants :

- La classe de risque très faible : 3,95 % soit 900 ha, se trouve à l'Ouest du secteur.
- La classe de risque très élevé : 2,2 % soit 500 ha, se trouve au centre du secteur.

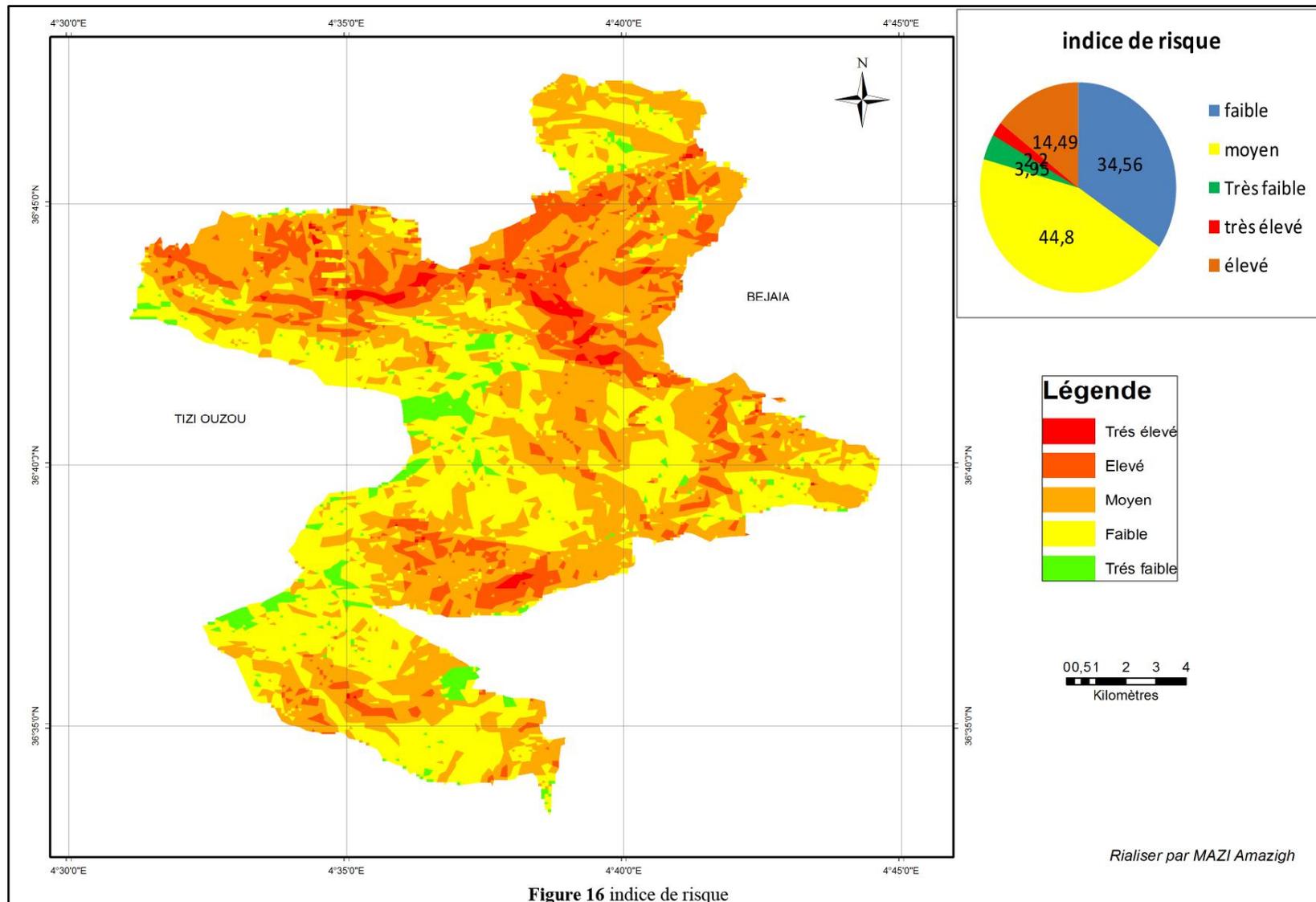


Figure 16 indice de risque

## 2. Discussion des résultats

La méthode pour la quelle nous avons opté tout au long de ce travail, à servie à l'évaluation du risque d'incendie au niveau de la forêt de l'Akfadou-Est, et l'identification des zones à risques, c'est une méthode réservée aux forêts méditerranéenne y est compris l'Algérie. Cette étude, peut en premier lieu intéresser les gestionnaires de la conservation des forêt de Bejaia, en fournissant une cartographie qui constitue un préalable indispensable à une politique raisonnée en matière de prévention des feux de forêts puis en seconde lieu, aider à mieux préciser les priorités d'implantation ou d'entretien des infrastructures, et donc une meilleure définition des programmes d'investissement et d'entretien.

Le croisement des différentes cartes d'indice de risque que nous avons réalisé suivant le modèle mentionné au niveau de la méthodologie à savoir : carte d'indice de végétation, carte d'indice exposition, carte d'indice de pente, carte d'indice de proximité des routes et carte d'indice de proximité des habitations, nous a permet d'obtenir une carte de risque d'incendie globale. Cette carte montre les zones à fort risque, donc celles à protéger d'avantage. En effet on a pu mettre en évidence les classes de risque ci-dessous :

### ✓ Classe de risque très élevé

Se localise essentiellement au centre du secteur. Ce risque est dû à :

- La végétation inflammable (chêne liège, cultures (olivier)).
- L'occupation humaine (les villages ).
- La densité des réseaux routiers.
- Les pentes élevées.
- L'exposition Sud

### ✓ Classe de risque élevé

Se repartie sur tout le secteur. Ce risque est dû à :

- La végétation inflammable à base de cultures (olivier).
- Densité des routes.

- Occupation humaine.
- Pentes moyennement élevées

✓ **La classe de risque moyen**

Se répartie sur tout le secteur. Il est dû à :

- Des végétaux qui ont une inflammabilité moyenne ou des espèces sèche-humides (chêne zeen ,..).
- Pentes moyennes.
- Exposition Ouest.

✓ **Classe à risque faible**

Ce type de risque est dû à :

- Une végétations à faible inflammabilité (rupicoles ou pelouse)
- Une Exposition Est
- Une Pentes faibles.

✓ **Classe à risque très faible** La classe à risque très faible n'occupe que 4 % du secteur .

Ce type de risque est dû à :

- La végétation à très faible inflammabilité ou très humide
- Pentes très faibles.
- Exposition Nord.

### 3. Aménagements proposés

L'un des éléments de base d'une prévention efficace des incendies de forêt en zone méditerranéenne est la prévision de tout ce qui touche à leur éclosion et leur propagation (SOL, 1990).

Eu égard à la vulnérabilité de notre secteur aux feux, par sa composition floristique fortement inflammable, nous avons proposé des aménagements permettant d'éviter la naissance du feu et d'en limiter les conséquences, lorsque pour une raison ou une autre un incendie a lieu. ces aménagements s'articulent autour des axes suivants :

#### 3.1 Sur le plan d'intervention

##### 3.1.1 Mise en place des postes de vigie

La détection des feux de forêts et l'alerte rapide revêt une importance capitale dans la maîtrise des foyers, notamment pour la première intervention. A l'Afdaou-Est la détection des incendies est assurée par les forestiers ou les citoyens qui utilisent leur téléphone mobile pour signaler qu'il y a un feu naissant du fait qu'il y a un seul poste de vigie .

##### 3.1.2 Renforcement des moyens d'intervention

Le secteur de l'Akfadou-Est manque de moyens d'intervention que ce soit au niveau humain (12 agents forestiers pour une surface de 22770 ha) qu'au niveau matériels (deux brigades mobiles, deux véhicules deux camions citerne, des outils manuels de lutte contre les incendies comme les pelles, les haches et les serpes....). Il est donc nécessaire de renforcer les équipes des forestiers par le recrutement et ainsi le soutien de l'équipe de lutte contre les incendies par :

- des véhicules équipés de tout le dispositif de lutte contre les incendies.
- des camions citernes, équipé de kits de première intervention
- La constitution de brigades mobiles de première intervention.

## **3.2 Sur le plan de prévention**

### **3.2.I Ouverture de pistes forestières**

Pour faciliter l'intervention des forestiers sur les feux naissants, nous proposons de transformer des sentiers en pistes là où le risque est élevé. Nous conseillons par ailleurs : D'entretenir les accotements des routes traversant le secteur et l'aménagement des pistes et des sentiers.

- L'assainissement et le débroussaillage au niveau des forêts
- la confection de tournières autour des exploitations agricoles limitrophes au secteur

## **3.3 Sur le plan de sensibilisation**

Ces actions visent à sensibiliser les citoyens afin de limiter le nombre de mise à feu. Les actions de l'information et de sensibilisation doivent viser les adultes, les citadins et les ruraux particulièrement les enfants dans le but d'attirer leur attention sur les conséquences de leurs actes et leur indiquer les règles de conduite à suivre pour éviter les risques d'incendies. Parmi ces actions nous pouvons citer :

- l'installation de panneaux ayant pour thème la protection des forêts et du milieu naturel.
- un lancement d'appels à la prudence et au respect du milieu naturel par la radio, la télévision et la presse écrite.
- L'organisation de journées d'étude et d'information, des conférences sur le feu de forêt.

---

**Conclusion**

**Générale**

## Conclusion générale

---

Le patrimoine forestier, qui constitue notre zone d'étude, future aire protégée, subit des effets de la dégradation, eu égard de sa composition floristique en espèces inflammables et de climat sec et chaud en été favorise l'éclosion des feux de forêt. Ce dernier engendre des pertes forestières immédiates. D'où la nécessité de préserver ce patrimoine et de le protéger.

La présente étude a pour but d'évaluer le risque incendie à l'aide de l'application de SIG et de la télédétection, ce qui nous a permis d'établir une carte de risque de feu en superposant plusieurs couches d'informations. Pour cela nous avons eu recours à l'application d'un modèle qui fait intervenir cinq paramètres : à savoir le type de végétation, la pente, l'exposition, la proximité des routes et la proximité des habitations

La carte de risque nous renseigne que 93 % de notre secteur d'étude est caractérisé par une oscillation entre risque faible et élevé. Les classes de risque faible et moyen occupent respectivement 34% et 44% et se répartissent dans tout le secteur, la classe risque élevé, quand à elle, occupe 21%. Le risque très élevé n'occupe que 6% de notre zone d'étude.

La carte de risque n'est pas un moyen de lutte proprement dit, mais nous permet de mettre en place un dispositif de lutte adéquat d'une part, et acquérir des équipements permettant une lutte efficace, du fait que le secteur manque d'infrastructures et d'équipements forestiers nécessaires, à la prévention et des moyens de lutte, notamment les pistes, les points d'eau et les postes de vigie.

L'approche cartographique que nous avons utilisée, permet la gestion et la protection du secteur et ceci par l'élaboration de différentes cartes qui vont constituer une base de données intéressantes où il sera précisé les zones à risque pour une meilleure gestion. Ces méthodes d'intelligence artificielle peuvent aider les gestionnaires à mieux modéliser et structurer leurs connaissances, de suivre l'évolution de la situation et d'analyser en temps réel. Ceci va permettre de présenter les informations pertinentes, de la manière la plus efficace, afin qu'ils puissent prendre leurs décisions dans les meilleures conditions.

---

# **Bibliographie**

- ALEXANDRIAN, D.(1999)** . Analyse de risque et cartographie, Atelier « les bases de données sur les feux de forêts en région méditerranéenne, utilisation et enseignements » Tétouan, Maroc
- ALEXANDRIAN D. & GOUIRAN, M. (1990)**. les causes d'incendie-levons le voile.Rev.For.FR. XIII. N° Sp1990, pp : 33-39
- AUSSENAC. (1973)** . Climat, microclimat et production ligneuse, Ann.Sci. Forest 30(3), P239-258.
- BABBITT, B. (1999)** . Pour faire la paix avec des incendies de forêt, forêt méditerranéenne, XX, 3,pp.120-125.
- BAVIO, G.(1993)**. *Forest fire: an evolution of control measures in Italy*. Journal of forestry, 91, pp25-27.
- BELHADJAÏSSA,M (2003)** . Application du SIG et de la télédétection dans la gestion des feux de forêts en Algérie. CNTS d'Arzew
- Bellili, Karim (2003)**. Etude socioéconomique de la région d'Akfadou [texte imprimé] : Dans le cadre de classement du foret d'Akfadou est en aire protégée thèse Université A.Mira de Bejaia
- BLAIS R. (1974)**- les incendies de forêts en France. R.F.F. n° sp, pp : 19-20
- B.N.E.F(1988)** .Bureau National des Etude forestières)- Etude d'aménagement de la forêt d'Akfadou-Est . Document interne D.G.F
- CARREGA P. & JERONIMO N., (2007)**. Risque météorologique d'incendie de foret et méthodes de spatialisation pour une cartographie a Fine échelle. Actes du XXème colloque international de l'AIC. Tunis septembre 2007.
- C.C.T. (1999)**. Cours de télédétection du Centre canadien de télédétection (C.C.T.).
- CHANDLER,C et al.(1983)**. Fire in forest.V.1.Forest fire behavior and effects .New York, WILEY, 450p.
- CHOQUET, A. (1995)** . Recherche d'une méthodologie adaptée à l'élaboration de carte multirisque. Mémoire de DEA, analyse géographique
- CIHEAM. (2008)** . Analyses Le problème des incendies de forêts en Méditerranée
- COLIN P. & EAVES, C. (2001)** . Protection des forêts contre les incendies .Ed, FAO, CEMAGRAF.p 149.
- CROISE, R. (1974)** . Les équipements de DFCI. Rev. fores. F. N° sp, pp 298-300.
- DUBORDIEU, L. (1997)** . Manuel d'aménagement forestier, Lavoisier-Paris .PP171-172.

**DUCHE & DAGORNE (1993)** . Cartographie du niveau de risque d'incendie, exemple du massif des Télédétection en agriculture Première partie : Principes généraux de la télédétection (image spatiale et son contenu), Actes colloques de Montpellier, 13-15 Mars 1990, pp 11-27

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

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

**ERTEN E., KURGUN V., MUSAOGLU N., (2004)**. forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS a case study, XXth Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), 12-25 July 2004, Istanbul, Turkey.

**F.A.O 2010** *Food and Agriculture Organization of the United Nations*

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

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

**HICHAME,M.A (2013)**. Apport de la géomantique dans la protection des forêts contre les incendies (cas la forêt Fenouane Ain el Hdjar, Saida).Master en écologie et environnement. UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID TLEMCEN

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

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

**HUETZ de LEMPS. (1970)** . La végétation de la terre, Edition Masson et Cie, Paris

**JAPPIOT, M. (1999)** . Evaluation et cartographie du risque d'incendie de forêt à l'aide d'un SIG Atelier « les bases des feux de forêts en région méditerranéenne, utilisation et enseignements » 27avril-1er mai 1999, Tétouan, Maroc.

**KHADER M., et al. (2009)** . Etude du risque incendie à l'aide de la géomantique : cas de la forêt de Nesmouth (Mascara),Rev. Mediterranea, Epoca II N°20, 39p

**KHADER M., et al., (2009)** . Etude du risque incendie à l'aide de la géomantique : cas de la forêt de Nesmouth (Mascara),Rev. Mediterranea, Epoca II N°20, 39p

- MISSOUMI A. & TADJEROUNI K. (2003)** : SIG et imagerie Alsat1 pour la cartographie du risque d'incendie de forêt (Sidi Bel Abbes,) TS13 Risk Management, Marrakech, Maroc
- MOALI, 1999** . Déterminisme écologique de la répartition et biologie des population des oiseaux nicheurs en Kabylie. Thèse de doctorat . université . Tizi-Ouzou
- MOLNIER,R. (1972)** . Protection de la forêt méditerranéenne, la prévention par l'information de public. Minis. Agri. Bult. Tech. Infor. Fran, N°268, pp 425-433.
- OUADAH, N. (1998)** . Incendie de forêt essai de diagnostique à travers l'étude statistique de la wilaya de Tipaza. thèse magister
- OSWALD, H.** 1993. Rencontre forestier-chercheurs en forêt méditerranéenne. Ed. INRA. 376 p.
- PNR, (1999)** : Plan national de reboisement, Alger. DGF. 94p.
- PUTOD ,(1975) in CHIBANE, T. (2006)** . Bilan critique des actions de défense des forêts contre les incendies du Parc National de Chréa. Mémoire, Ingénieur, agr.INA, El-Harrach, p90.
- ROSENBERG P. E. (2001)** . Dossier de presse prévention des incendies de forêt.
- SEIGUE, A. (1980)** . Quelque réflexion en vue d'améliorer notre dispositif de protection de la forêt méditerranéenne. Revue. Forêt. Méditerranéenne. T.I.N°2.
- SEIGUE, A. (1985)** . La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Techniques agricoles et productions méditerranéennes. Edit. G.-P. Maisonneuve et Larose
- SELTZER,P. (1946)** . La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Technique agricole et production méditerranéen. Edit G.P. Maison neuve & la rose P 502
- SITAYEB, T. (2006).** Application de la géomantique dans l'étude de la dynamique de la végétation dans la plaine de la Macta. Thèse de magistère, centre universitaire de Mascara

## 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.

A travers notre étude, nous avons tenté d'évaluer le risque d'incendie par l'application du SIG et la télédétection au secteur de la future aire protégée l'Akfadou-Est. La mise au point d'une méthode pour l'élaboration d'une carte de risque d'incendie fait intervenir cinq facteurs influant sur le comportement du feu : le type de végétation, la pente, l'exposition, la proximité des routes et la proximité des habitations.

Les résultats obtenus montrent que 93 % 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 zéen, culture (olivier),...) 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 :** SIG, Télédétection, incendies des forêts, risque, aire protégée, l'Akfadou-Est.

## 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.

With through our study, we tried to evaluate the fire hazard by the application of GIS and the remote sensing with the sector of the futur protected air of east Akfadou. The setting in point of a method for the development of a chart of fire hazard utilizing five factors influencing the behavior of fire: the type of vegetation, the slope, the exposure, the proximity of the roads and the proximity of the dwellings.

The results obtained shows that 91% the risk in sector is between weak to high. That is due to the conditions topomorphologic favorable (average slope with raised, Southern exposure and West), of the flammable vegetations ( Algerian oak, culture (olive-tree) )

and the human occupation (dense roads, agglomerations). This work constitutes a contribution for a better prevention of fire and a help to decision with the proposal of installations for an effective fight.

**Key words:** GIS, Remote sensing, fires of the forests, risk, the futur protected air of east Akfadou