

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN -**  
**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE**  
**LA TERRE ET DE L'UNIVERS**  
**DEPARTEMENT D'ÉCOLOGIE ET ENVIRONNEMENT**



**MEMOIRE**

**Présenté par: M<sup>r</sup> Hachemi M'hamed Abdelillah**

**POUR L'OBTENTION DU DIPLOME**

**Master en écologie et environnement**

**THEME :**

**Apport de la géomatique dans la protection des forêts contre les incendies (cas la forêt Fenouane Ain el Hdjar, Saida).**

**Soutenu le :**

**devant jury:**

**D<sup>R</sup> BOUDRAA KAMEL**

**MCB**

**Président**

**D<sup>R</sup> SI TAYEB TAYEB**

**MCB**

**Rapporteur.**

**M<sup>R</sup> NASRALLAH YAHIA**

**MAA**

**Examineur.**

**D<sup>R</sup> KEFFIFA ABDELKARIME**

**MCA**

**Examineur.**

**M<sup>R</sup> NASRALLAH OUSSAMA**

**Doctorant**

**Examineur.**

**2013-2014**

## Dédicace

Je dédie ce modeste travail:

A mon père qui grâce à lui je suis arrivé à franchir toutes les étapes les plus importantes de ma vie.

A la bougie qui a éclairé mon chemin depuis ma naissance, à celle don j'ai prononcé le premier mot, source de ma vie et de mon bonheur, à ma mère que  
Dieu la protège

A toute ma grande famille.

A ma petite sœur RANIA que j'aime énormément  
Tous mes amis et tous mes collègues du travail

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

# *Remerciements*

---

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements et ma sincère reconnaissance à :

**Dieu Le Tout Puissant** qui m'a donné la foi, qui m'a guidé durant toute ma vie et qui m'a donné la volonté et la patience pour la réalisation de ce modeste travail et durant le long de mon cursus éducatif.

**Mr SI TAYEB**, Maître de conférences à l'université de Saida, pour m'avoir guidé et dirigé dans mon travail et pour les conseils et les orientations qu'il m'a prodigués. Son aide et sa compréhension ont été de réels stimulants pour mener ce travail à terme.

**Mme NASRALLAH** Maître assistante à l'université de Saida, je tiens à présenter vivement ma reconnaissance pour sa compétence et ses sacrifices dans le domaine d'écologie, ainsi que son aide aux étudiants qui malgré ses nombreuses préoccupations.

**Mr KAHLOULA** Maître de conférences à l'université de Saida. Un remerciement spécial d'avoir accepté l'invitation. Je lui exprime toute ma gratitude pour son aide précieuse et ses qualités humaines.

**Mr BERROUKCHE** Maître de conférences à l'université de Saida qui me fait l'honneur de présider mon jury de thèse. Mes respectueux hommages.

**Mr MENNAD** Un Remerciement spécial d'avoir accepté d'examiner ce travail.

**Mr HASNAOUI** Maître de conférences à l'université de Saida, d'avoir accepté de juger ce travail et pour tout l'intérêt qu'il m'a accordé.

A tous mes enseignants durant toutes ces six années d'étude : **M. HACHEM M. LABANI BOUKABANE, M. LOTH, M. BORSALI, M KEFFIFA, ....ETC.**

**Je remercie également l'équipe de la conservation des forêts de la wilaya de Saida**

**M, RACHID FETATI** pour son aide précieuse tant sur le plan travail de bureau et de terrain. Un grand remerciement à **M, OURFI** le chef de circonscription des forêts de la Daïra d' Ain El Hadjar et à toute l'équipe forestière: **FATIMA-GHAZOUANI, BERRKANE-LARBI, DJEBBOURI-MOHAMED.**

# TABLE DES MATIERES

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Liste des Annexe

**Introduction générale** .....01

## *Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE*

<b>I. Géomatique</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.1. Définition : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.2. Objectifs de la géomatique : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.3. Télédétection : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.3.1. Définition : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.3.2. Historique : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.3.3. Eléments essentiels en télédétection : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.3.4. Principes de la télédétection : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.3.5. Principaux satellites d'observation de la terre : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
a) Le système Spot .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
b) La série LANDSAT .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
c) Le système ASTER .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.3.6. Traitement des données de télédétection : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
a) Prétraitement des images satellitaires .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
b) Les corrections radiométriques .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
c) Les corrections géométriques .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.3.7. Classification des données : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.3.7.1. La classification non supervisée : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.3.7.2. La classification supervisée : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
a) Définition de la légende .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
b) Sélection d'échantillons représentatifs .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
c) Description des classes .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
d) Choix d'un algorithme de classification .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
e) Lancement de la classification .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

# TABLE DES MATIERES

f) Evaluation de la classification.....	Erreur ! Signet non défini.
1.4.présentation des systèmes d'informations géographiques (SIG): .....	Erreur ! Signet non défini.
1.4.1. Définition :.....	Erreur ! Signet non défini.
1.4.2. Composition d'un SIG : .....	Erreur ! Signet non défini.
1.4.2.1. La base de données géographique (BDG) :.....	Erreur ! Signet non défini.
1.4.2.2. La saisie numérique :.....	Erreur ! Signet non défini.
1.4.2.3. La représentation cartographique :.....	Erreur ! Signet non défini.
1.4.2.4. Le système de gestion de base de données (SGBD) :.....	Erreur ! Signet non défini.
1.4.2.5. L'analyse spatiale :.....	Erreur ! Signet non défini.
1.4.2.6. L'analyse statistique :.....	Erreur ! Signet non défini.
1.4.2.7. Le traitement d'image :.....	Erreur ! Signet non défini.
1.4.3. Principales fonctions d'un SIG :.....	Erreur ! Signet non défini.
1.4.4. Modes de représentation des données géographiques :.....	Erreur ! Signet non défini.
1.4.4.1. Mode vecteur :.....	Erreur ! Signet non défini.
1.4.4.2. Mode raster :.....	Erreur ! Signet non défini.
1.4.5. Domaines d'applications :.....	Erreur ! Signet non défini.
<b>II .Les feux de forêts en Algérie .....</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.1 Les forêts en Algérie :.....	Erreur ! Signet non défini.
2.2. Répartition géographique des forêts et leurs essences :.....	Erreur ! Signet non défini.
2.3. Analyse des statistiques des feux de forêts en Algérie .....	Erreur ! Signet non défini.
2.3.1 Historique des incendies de forêts en Algérie (Période 1963-2013) : .	Erreur ! Signet non défini.
2.3.2 Les surfaces incendiées selon les formations végétales (1980-2005) :	Erreur ! Signet non défini.
2.3.3 Les surfaces incendiées selon les essences forestières (1988, 1997) :	Erreur ! Signet non défini.
2.3.4. Les surfaces incendiées par wilaya (période 1986-2005) :.....	Erreur ! Signet non défini.
2.3.5 .Dans la wilaya de Saïda :.....	Erreur ! Signet non défini.
<b>III La lutte contre les feux de forêts.....</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.1 .La lutte préventive:.....	Erreur ! Signet non défini.
3.1.1. Les aménagements de DFCI:.....	Erreur ! Signet non défini.
a. Les points d'eau: .....	Erreur ! Signet non défini.
b. Les infrastructures routières: .....	Erreur ! Signet non défini.
c. Les tranchés pare-feu:.....	Erreur ! Signet non défini.
d. Le débroussaillage: .....	Erreur ! Signet non défini.
3.1.2. La surveillance et la détection :.....	Erreur ! Signet non défini.
3.1.3. La cartographie du risque d'incendie.....	Erreur ! Signet non défini.

# TABLE DES MATIERES

f. Le modèle de cartographie du risque d'incendie de DUCHE et DAGORNE	Erreur ! Signet non défini.
g. Le modèle de cartographie du risque d'incendie "Turque" .....	Erreur ! Signet non défini.
3.1.4. La sensibilisation du public : .....	Erreur ! Signet non défini.
3.2. La lutte curative : .....	Erreur ! Signet non défini.
3.2.1. Les moyens humains : .....	Erreur ! Signet non défini.
a. Les moyens terrestres : .....	Erreur ! Signet non défini.
b. Les moyens aériens : .....	Erreur ! Signet non défini.
c. Les moyens chimiques : .....	Erreur ! Signet non défini.
3.2.3. L'extinction : .....	Erreur ! Signet non défini.

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

<b>I. Présentation générale de la zone d'étude</b> .....	Erreur ! Signet non défini.
1. Présentation de la wilaya de Saida .....	Erreur ! Signet non défini.
1.1. Situation géographique de la wilaya de Saida : .....	Erreur ! Signet non défini.
2. Présentation de la commune d'Ain El Hadjar : .....	Erreur ! Signet non défini.
2.1. Situation Administrative : .....	Erreur ! Signet non défini.
2.2. Les forêts de la commune.....	Erreur ! Signet non défini.
3. Présentation de la forêt Fenouane : .....	Erreur ! Signet non défini.
<b>II. Etude du milieu Physique</b> .....	Erreur ! Signet non défini.
1. L'altitude : .....	Erreur ! Signet non défini.
2. Les reliefs : .....	Erreur ! Signet non défini.
4. La géologie .....	Erreur ! Signet non défini.
5. La pédologie : .....	Erreur ! Signet non défini.
6. L'hydrologie : .....	Erreur ! Signet non défini.
<b>III . Description de climat de la région</b> .....	Erreur ! Signet non défini.
1. Pluviométrie : .....	Erreur ! Signet non défini.
2. Les températures : .....	Erreur ! Signet non défini.
a) Moyennes des minimums : .....	Erreur ! Signet non défini.
b) Moyennes des maximums : .....	Erreur ! Signet non défini.
3. Le vent : .....	Erreur ! Signet non défini.
4. Le siroco : .....	Erreur ! Signet non défini.
5. La gelé : .....	Erreur ! Signet non défini.
6. Humidité : .....	Erreur ! Signet non défini.
7. L'évaporation et l'évapotranspiration : .....	Erreur ! Signet non défini.
8. Synthèse climatique : .....	Erreur ! Signet non défini.

# TABLE DES MATIERES

9. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953 et 1957) :...	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
10. Le Quotient Pluviométrique et Climagramme d'EMBERGER :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
11. Indice d'aridité proposée par MARTONNE :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>IV. Analyse socio-économique :</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1. Structure de la population :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2. La végétation : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3. La faune : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

## *Chapitre III : Matériel et Méthode*

Les données disponibles .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1. Les données satellitaires :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.1. Le modèle numérique de terrain :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.2. Les données topographiques :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.3. Les données géologiques :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.4. Les données climatiques :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
a) Matériels utilisés :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
b) Les logiciels utilisés : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2. Méthodologie de travail : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.1. Modèle de calcul du risque d'incendies :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.2. Démarche :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.2.1. Le géoréférencement :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.2.2. La digitalisation :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.2.3. La superposition des couches d'informations : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.2.4. La classification et l'analyse des indices de risques :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.3. L'indice humain :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.4. L'indice de végétation :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.5. L'indice topomorphologique :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.6. L'indice du risque des incendies :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

## *Chapitre IV : Résultats et discussion*

1. La cartographie du risque d'incendies :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.1. L'indice de végétation :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.2. L'indice topomorphologique :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

# TABLE DES MATIERES

a) L'indice « pente » .....	Erreur ! Signet non défini.
b) L'indice « exposition » : .....	Erreur ! Signet non défini.
1.3 L'indice humain .....	Erreur ! Signet non défini.
a) L'indice de proximité des routes : .....	Erreur ! Signet non défini.
b) L'indice de proximité des agglomérations : .....	Erreur ! Signet non défini.
1.4. L'indice de risque d'incendie : .....	Erreur ! Signet non défini.
1.5. Discussion des résultats : .....	Erreur ! Signet non défini.
<b>2. Proposition d'aménagements</b> : .....	Erreur ! Signet non défini.
2.1. Les postes de vigie : .....	Erreur ! Signet non défini.
2.2. Les points d'eau : .....	Erreur ! Signet non défini.
2.3. Les pistes et les tranchées par feu : .....	Erreur ! Signet non défini.
2.4. La lutte active : .....	Erreur ! Signet non défini.
2.5. La sensibilisation et l'information du public : .....	
.....	Erreur ! Signet non défini.
<b>Conclusion</b> .....	82

**Références bibliographiques**

**Annexe**

**Résumé**

<b>Figure :</b> .....	<b>Page</b>
Figure 1 : Processus de la télédétection.....	7
Figure 2 : Principe de classification des images.....	13
Figure 3 : Les étapes de la classification non supervisée .....	14
Figure 4 : Les étapes de classification supervisée .....	16
Figure 5 : Les fonctions d'un système d'information géographique.....	20
Figure 6 : Les modes de représentation des données géographiques.....	21
Figure 7 : principales formation forestières d'Algérie.....	23
Figure 8 : L'indice de végétation du nord d'Algérie.....	23
Figure 9 : Les surfaces parcourues par le feu en Algérie, période (1963-2013).....	26
Figure 10 : Les surfaces incendiées par wilaya, période (1986-2005).....	27
Figure 11 : Le nombre de feux par wilaya, période (1986-2005).....	28
Figure12 : Situation de la wilaya da Saïda.....	38
Figure 13 : découpage administrative de la wilaya de Saida.....	39
Figure14 : Localisation de la forêt de Fenouane dans la wilaya de Saida.....	42
Figure 15 : La structure géologique de la forêt de Fenouane.....	44
Figure 16 : histogramme des précipitations moyennes mensuelles et saisonnières.....	47
Figure 17 : Présentation graphique des températures moyennes mensuelles.....	48
Figure 18 : La fréquence des vents selon la direction .....	50
Figure 19 : Présentation graphique de vent moyenne mensuelle.....	50
Figure 20 : histogramme des Fréquences moyennes mensuelles des gelées.....	52
Figure 21 : Histogramme d'humidité relative moyenne mensuelle.....	52
Figure 22 : histogramme d'évaporation moyenne mensuelle .....	53
Figure 23 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussien .....	54
Figure 24: Climagramme d'Emberger de la commune d' Ain El Hadjar.....	56
Figure 25 : Modèle numérique de terrain (MNT) de la zone d'étude.....	61
Figure 26 : Procédure de cartographie de l'indice de risque des feux de forêts.....	65
Figure 27 : Conversion des expositions en degré.....	68
Figure 28 : Procédure de calcul raster de l'indice de risque des feux de forêts.....	70
Figure29 : Carte de l'indice de végétation.....	71
Figure30 : Carte de l'indice de pente.....	72

## Liste des figures

Figure31 : Carte de l'indice d'exposition.....	73
Figure 32 : Carte de l'indice de proximité des routes.....	76
Figure 33 : Carte de l'indice de proximité des habitations.....	77
Figure 34 : Carte du risque d'incendie.....	78
Figure 35 : carte des aménagements propose .....	81

# Liste des tableaux

Table.....	Page
<b>Tableau 1</b> : Caractéristiques des principaux systèmes satellitaires d'observation de la terre dans les bandes du visible et du proche infrarouge .....	10
<b>Tableau 2</b> : Caractéristiques du capteur ASTER .....	11
<b>Tableau 3</b> : Principales essences forestières d'Algérie .....	24
<b>Tableau 4</b> : Les superficies incendiées selon les formations végétales, .....	26
<b>Tableau 5</b> : Les surfaces incendiées selon les essences .....	27
<b>Tableau 6</b> : Superficie des formations forestières dans la commune .....	41
<b>Tableau 7</b> : Répartition des classes des pentes dans la commune .....	43
<b>Tableau 8</b> : Situation de la station météorologique de Saïda .....	47
<b>Tableau 9</b> : Classification des mois .....	49
<b>Tableau 10</b> : Nombre des jours moyens de siroco .....	51
<b>Tableau 11</b> : Précipitations et températures moyennes mensuelles .....	54
<b>Tableau 12</b> : Quotient pluviométrique et étage bioclimatique .....	55
<b>Tableau 13</b> : Valeurs de quotient pluviométrique de la commune de Saïda .....	56
<b>Tableau 14</b> : Population résidente des ménages ordinaires et collectifs (MOC) selon la commune de résidence et le sexe et le taux d'accroissement annuel moyen .....	58
<b>Tableau 15</b> : Population résidente des ménages ordinaires et collectifs (MOC) selon la commune de résidence et le sexe et le taux d'accroissement annuel moyen .....	59
<b>Tableau 16</b> : Classification des distances des routes et des habitations.....	66
<b>Tableau 17</b> : Classification du type de végétation méditerranéenne.....	67
<b>Tableau 18</b> : Classification des pentes et des expositions.....	69

## LISTE DES ABREVIATIONS

**ASTER**: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

**BDG** : La base de données géographique

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

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

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

**C.N.I.G** : conseil national de l'information géographique

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

**DGF**: Direction Générale de Forêts.

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

**D.S.A** : Direction des services agricole

**GPS**: Global Positioning System

**H**: humidité

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

**IC**: Indice de Combustibilité.

**IDL** : interactif data language

**IH** : Indice Humain.

**IM**: Indice topomorphologique.

**INCT**: Institut National de Cartographie et de la Télédétection.

**IR** :Indice des risques de feux de forêts.

**MNT** : modèle numérique de terrain

**MOC** : ménages ordinaires et collectifs

**N**: numéro

**nbr** : nombre

**NDVI** : indice de végétation normalisé

**P** : précipitation

**PIR** : proche infra rouge

**ROI** : région of interst

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

**S.A.T.E.C** : Société d'Assistance Technique d'Etudes et Conseils (Bureau d'étude Français).

**SIG** : Système d'Information Géographique

**SPOT** : Satellite pour l'Observation de la Terre.

**T** : Température

**TIN**: triangular interpolation network.

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

**°C** : degré Celsius

**%** : pourcentage

**annexe 1** : les superficies parcourues annuellement par le feu pour la période (1963- 2013). ..

**Annexe.2** : estimation de la population par commune et par tranche d'ages 2011.....

**Annexe 3** : Importance Des Nombres De Feux Et Les Surfaces Incendiées Par Wilaya Pour La Période (1986-2005).....

**Annexe 4** : Coordonnées des postes de vigie proposés .....

### Introduction générale :

La superficie des forêts algériennes est estimée à 4,7 millions d'hectares de forêts et de maquis, ce qui représente environ 1% du territoire national (**DGF, 2000**)

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 de 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 Mascara (forêt de Nesmouth).

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.

C'est 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 du forêt de **Fenouane**. Les documents cartographiques réalisés constitueront un outil de

## Introduction

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

Ce travail s'articule autour de quatre chapitres:

- Le premier chapitre est une synthèse bibliographique et se subdivise en deux parties:
  - ✓ la première partie donne un aperçu sur la technique de la géomatique pour la cartographie des risques des incendies.
  - ✓ La deuxième partie porte sur 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 deuxième chapitre nous présentons la région d'étude.
- Le troisième chapitre expose la méthodologie adoptée et le matériel d'étude.
- Le quatrième chapitre est consacré aux différents résultats obtenus.
- Nous terminerons par une conclusion et quelques recommandations.

Ce chapitre est consacré en premier lieu à une généralité sur l'outil géomatique, En second lieu à la présentation de la forêt algérienne, de ces principales caractéristique et à l'historique des feux de forêts (Période 1963-2013) dans le but d'évaluer la gravité de ce problème en Algérie. aussi nous abordons les différentes méthodes de lutte contre les incendies, à savoir la lutte préventive et la lutte active, dans le but de protéger les forêts contre les incendies, de diminuer les surfaces parcourue par les feux et d'arrêter la propagation des feux.

## **I. Géomatique :**

De tous temps, la connaissance du territoire a été une préoccupation des sociétés. Qu'il s'agisse de localiser des ressources, d'analyser les conséquences des phénomènes climatiques, de prévoir des récoltes...etc., les hommes ont toujours eu besoin, pour tenter d'asseoir leur dominance sur le monde, de représenter graphiquement des événements ou des informations.

La carte était une première tentative, datant de plusieurs siècles, pour répondre à ces besoins sociaux, économiques et surtout militaires. Au regard des efforts que nécessitait l'établissement du document cartographique et des apports de l'outil informatique, l'association entre cartographie et informatique ; s'est développée dès la fin des années soixante avec l'apparition des logiciels d'aide à l'établissement des cartes. C'est la naissance de la cartographie numérique qui permet d'effectuer un très grand nombre de travaux classiques par ordinateur (exemple : calcul des projections, stockage de l'information géographique numérisée,...etc.).

Avec l'essor de l'informatique, se traduisant par un développement croissant et rapide du matériel et des logiciels, on a confié à l'ordinateur l'une des taches les plus fastidieuses du cartographe, la gestion de l'information géographique numérisée.

L'ordinateur est devenu alors l'auxiliaire précieux du géographe et son assistant pour la production cartographique et l'analyse spatiale. Ainsi est né le concept de système d'information géographique.

Les outils SIG et télédétection sont désormais devenus nécessaires pour les études thématiques à l'échelle régionale. Ce sont deux atouts qui, grâce aux avantages qu'ils offrent, se sont imposés et devenus des techniques efficaces pour la gestion de l'espace et les études d'aménagements. Dans ce cadre, ces deux outils sont très complémentaires et permettent :

- L'acquisition des données multi sources et multi-temporelles ;
- La cartographie numérique ;
- Le suivie et l'analyse des données ;
- La restitution de produits d'aide à la décision.

### 1.1. Définition :

C'est au début des années 70 qu'un ingénieur géographe employa pour la première fois le mot « géomatique » pour faire allusion au mariage des sciences de l'étude et des mesures de la terre avec l'informatique. De nos jours, la géomatique est définie comme étant un champ d'activités qui a pour but d'intégrer les moyens d'acquisition et de gestion des données à référence spatiale en vue d'aboutir à une information d'aide à la décision. Dans un cadre systémique la notion de système explique la prise en compte de tout ce qui concourt à la réalisation d'un projet de géomatique : les données, les équipements, les spécialistes, le cadre physique de travail ainsi que les procédures qui les coordonnent (C.C.T, 1999).

### 1.2. Objectifs de la géomatique :

De façon générale, la géomatique vise à :

- Définir les bases de la référence spatiale ;
  - Développer et utiliser les méthodes, techniques et outils pour localiser et mesurer les différents éléments du territoire, existants ou les mettre en place ;
  - Intégrer ou rendre intégrables les données obtenues en fonction des systèmes de référence choisis (modélisation mathématique pour transformer un besoin du monde réel) ;
  - Offrir des données et informations de qualité ;
  - Améliorer leur traitement, stockage et diffusion grâce à l'informatique ;
  - Analyser différents scénarios décisionnels à partir des informations obtenues en tirant profit des méthodes mathématiques d'optimisation (analyse multi variée, recherche opérationnelle...)
- (C.C.T, 1999).

La géomatique est la science et la technologie de la cueillette, de l'analyse, de l'interprétation, de la distribution et de l'utilisation de l'information géographique. Elle englobe une foule de disciplines qui, dans un système à référence spatiale commune, concourent à créer une représentation à la fois détaillée et compréhensible du monde physique et de l'espace que nous y occupons (C.C.T, 1999).

Parmi ces disciplines, on compte :

- La télédétection ;
- Les systèmes d'information géographiques ;
- La cartographie.

### 1.3. Télédétection :

La cartographie de la végétation est une activité en perpétuel renouvellement. L'avènement de la photographie aérienne et ultérieurement, de la photographie IRC (infrarouge couleur) et de l'imagerie satellite ont modifié la façon de dresser les cartes et amélioré les précisions. Suite à cela et avec le développement actuel des techniques de l'informatique des SIG et celles de la télédétection, ces derniers ont conduit plusieurs cartographes « à repenser » les méthodes de cartographie traditionnelles, car elles sont très lentes, coûteuses et donc les substituer par des méthodes automatiques, rapides, moins coûteuses et plus adaptées à la demande. Ces techniques permettent de passer l'information géographique d'un rôle passif telle la carte sur papier à un rôle actif avec les études des tracés géographiques par ordinateur (NAERT, 1995).

La cartographie automatique a pu se développer rapidement et se substituer aux méthodes traditionnelles, pour certains thèmes, comme la météorologie par exemple, parce que les paramètres sont peu nombreux, directement perceptibles à distance. Par contre sur d'autres thèmes plus complexes comme le sol ou la végétation, la cartographie automatique progresse lentement et souvent plus pour raisons d'économie que pour des critères de qualité (NAERT, 1995).

#### 1.3.1. Définition :

La définition par la commission ministérielle canadienne de terminologie de la télédétection aérospatiale publiée au journal officiel canadien le 11 décembre 1980 est : « la télédétection regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et d'images obtenues à l'aide de plates-formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes. Ceci suppose l'acquisition d'informations à distance, sans contact direct avec l'objet détecté » (C.C.T, 1999).

#### 1.3.2. Historique :

Le premier vecteur utilisé en télédétection a été le ballon. En 1855, Nadar prend la première photographie aérienne de ballon déposé en 1858 (GIRARD, 2000). Un brevet pour un « nouveau système de photographie aérostatique » permettant le « levé des plants topographiques, hydrographiques et cadastraux » ainsi que la direction des « opérations stratégiques par le levé des fortifications ». Par la suite, le développement de la télédétection a été intimement lié à celui

de l'aviation, et même si l'hélicoptère, le ballon ou le drone sont utilisés pour prendre des images, l'avion reste le porteur le plus répandu (C.C.T, 1999) :

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) :

- Des orbites très basses (200 à 400km) pour des missions de courte durée (typiquement quelques jours) à bord de la navette spatiale par exemple ;
- Des orbites de 500 à 1500km, polaires ou quasi-polaires, les plus utilisées en observation de la terre (SPOT, LANDSAT, NOAA...) ;

L'orbite géostationnaire, utilisée par des satellites météorologiques comme METEOSAT.

### **1.3.3. Eléments essentiels en télédétection :**

La télédétection est une méthode qui permet d'obtenir des informations sur des objets en recueillant et en analysant des données sans contact direct entre l'instrument utilisé et l'objet analysé (GIRARD, 2000).

Les éléments essentiels en télédétection sont :

- Une plate-forme pour tenir l'instrument ;
- Un objet cible à observer ;
- Un instrument ou capteur pour observer la cible ;
- L'information obtenue à partir des données de l'image et la manière dont cette information est exploitée et stockée.

Lorsque les scientifiques parlent de télédétection, l'objet observé est la terre. En général pour eux, la télédétection est un moyen pour observer la terre, sa surface terrestre, ses océans, son atmosphère et sa dynamique depuis l'espace (GIRARD, 2000).

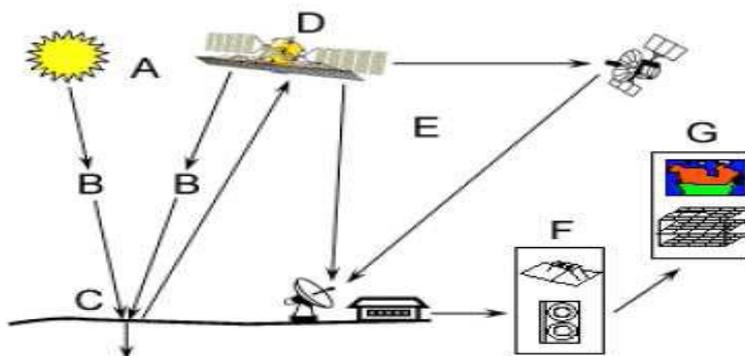
Désormais, quand le terme de télédétection sera utilisé, il sera au sens que lui donnent les scientifiques qui observent la terre. La télédétection est une technologie qui a pour objectif principal de découvrir et d'observer le système « terre », l'environnement et sa dynamique à différentes échelles (GIRARD, 2000).

### 1.3.4. Principes de la télédétection :

Dans la plupart des cas, la télédétection implique une interaction entre l'énergie incidente et les cibles. Le processus de télédétection au moyen de systèmes imageurs comporte les sept étapes (KLUSER, 2000).

Notons cependant que la télédétection peut également impliquer l'énergie émise (infrarouge) on utilise des capteurs non-imageurs (sismique, gravimétrie...) les processus de la télédétection sont les suivants (figure 1) (KLUSER, 2000) :

- Source d'énergie ou d'illumination (A) ;
- Rayonnement et atmosphère (B).durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, et entre la cible et le capteur, le rayonnement interagit avec l'atmosphère ;
- Interaction avec la cible (C) ;
- Enregistrement de l'énergie par le capteur (D). Une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible pour être enfin enregistrée ;
- Transmission, réception et traitement (E). L'énergie enregistrée par le système d'acquisition est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques) ;
- Interprétation et analyse (F). Une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible ;
- Application (G). La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraire de l'image pour mieux comprendre la cible.



**Figure.1** : Processus de la télédétection (KLUSER, 2000).

### 1.3.5. Principaux satellites d'observation de la terre :

On distingue les satellites géostationnaires placés sur une orbite équatoriale à 35800 km d'altitude. Ceux-ci sont généralement des satellites météorologiques. Les satellites de télédétection à défilement ont une orbite quasi-circulaire polaire à une altitude située entre 700 et 900 km.

Ces satellites ont une orbite héliosynchrone, c'est-à-dire que le satellite survole une latitude donnée à une heure locale sensiblement constante d'une révolution à l'autre. Ceci permet de bénéficier d'un éclairage solaire assez peu variable. Le satellite américain LANDSAT, le satellite ASTER. Le satellite français SPOT et le satellite algérien ALSAT1 appartiennent à cette catégorie (GIRARD, 2000).

#### a) Le système Spot

Le programme SPOT (Satellite pour l'Observation de la Terre) a été lancé en 1978 à l'initiative du CNES, réalisé par la France en collaboration avec la Belgique et la Suède. Le but de ce programme est de réaliser des prises de vues de Hautes résolutions de la surface du globe. Le premier satellite SPOT-1 a été lancé en 1986, SPOT-2 en 1990, SPOT-3 en 1996 et SPOT-4 en 1998 avec une nouvelle bande en moyen infrarouge (capteur HRV-IR) et le capteur végétation (GIRARD, 2000).

Chaque satellite est équipé de deux systèmes d'acquisition HRV (Haute résolution visible) indépendants et autonomes. Le HRV permet d'acquérir indifféremment des images en mode Panchromatique (P) ou Multi spectral (XS) (GIRARD, 2000).

En mode Panchromatique, l'observation s'effectue par une seule bande spectrale correspondant à la partie visible du spectre sans le bleu ( $0.51 \mu\text{m} < \lambda < 0.73 \mu\text{m}$ ) pour SPOT-1, 2,3 et ( $0.61 \mu\text{m} < \lambda < 0.68 \mu\text{m}$ ) pour SPOT- 4.

Cette prise de vue donne des images en noir et blanc. La taille du pixel est alors de 10 m. Ce mode permet donc d'obtenir des images de très Haute résolution (GIRARD, 2000).

En mode Multi spectral, l'observation s'effectue dans trois bandes spectrales dont le choix a été optimisé pour obtenir une discrimination maximale des différents types de cibles terrestres observables (GIRARD, 2000) :

- ❖ Vert :  $0.50 \mu\text{m} < \lambda < 0.59 \mu\text{m}$  ;
- ❖ Rouge :  $0.61 \mu\text{m} < \lambda < 0.68 \mu\text{m}$  ;

- ❖ Proche infrarouge :  $0.79 \mu\text{m} < \lambda < 0.89 \mu\text{m}$  ;
- ❖ Moyen infrarouge :  $1.58 \mu\text{m} < \lambda < 1.75 \mu\text{m}$ .

La combinaison des trois canaux permet d'obtenir des images en couleurs. La taille du pixel est alors de 20 m (GIRARD, 2000).

Ce satellite présentait de nettes améliorations par rapport aux satellites Landsat dont une résolution plus fine (jusqu'à dix mètres) et des possibilités stéréoscopiques. Le principe de la stéréoscopie permettant analyse et vision en 3 dimensions, et construire des modèles numériques de terrain (GIRARD, 2000).

Le cycle orbital du satellite (période de temps qui sépare deux passages au dessus du même point) est de 26 jours. Il ne permet donc pas de suivre de façon précise l'évolution temporelle des couverts végétaux (GIRARD, 2000).

#### **b) La série LANDSAT**

Le programme Earth Ressources Technological Satellite (ERTS) utilisant les satellites ERTS-1 dont le nom a été transformé en LANDSAT (land satellite) est dû à la NASA (GIRARD, 2000). Le premier satellite, LANDSAT-1 fut lancé en 1972 et suivit de 5 autres (LANDSAT 2 à 6). Les trois premiers constituent la première génération, équipée de deux systèmes d'acquisition : le RBV (Return Beam Vidicom) et le MSS (Multi Spectral Scanner).

En 1982, le satellite LANDSAT-4 est le premier de la seconde génération, en apportant quelques modifications majeures sur le scanner et en remplaçant les caméras RBV par un nouveau capteur de résolution spatiale plus élevée 30 m contre 80 m, le Thématique Mapper « TM », possédant sept bandes spectrales plus fines, du bleu à l'infrarouge thermique (GIRARD, 2000).

En 1999, le satellite LANDSAT-7 a été lancé avec un nouvel capteur (ETM+) Enhanced Thématique Mapper Plus, l'instrument d'ETM+ comporte huit bandes spectrales capables de fournir des informations à Haute résolution. Il détecte le rayonnement spectral filtré dans le visible, proche-infrarouge, et l'infrarouge thermique. Les tailles des "Pixel" sont de 15 mètres dans la bande panchromatique ; 30 mètres dans les bandes de visible et l'infrarouge moyen et proche, et 60 mètres dans la bande infrarouge thermique (GIRARD, 2000).

Les satellites 1 à 5 n'ayant pas d'enregistreur embarqué, les données sont envoyées en temps réel aux stations de réception, quand il ne peut y avoir de liaison directe, les informations sont envoyées par des relais en utilisant des satellites de communication TDRS (Tracking and Data

Relay Systems). Pour LANDSAT-7, il y a une possibilité d'enregistrement à bord (tableau 1) (GIRARD, 2000).

**Tableau.1** : Caractéristiques des principaux systèmes satellitaires d'observation de la terre dans les bandes du visible et du proche infrarouge (GIRARD, 2000).

Caractéristique du système	SPOT 1, 2 et 3	SPOT 4	LANDSAT MSS	LANDSAT TM
<b>Orbite :</b> Type d'orbite Altitude km répétitivité	Sub-polaire héliosynchrone 830 26 jours	Sub-polaire héliosynchrone 830 26 jours	Sub-polaire héliosynchrone 705 16 jours	Sub-polaire héliosynchrone 705 16 jours
<b>Capteurs :</b> Acquisition Résolution spatiale (pixel)	Barrettes CCD 10M(pan) 20m(s)	Barrettes CCD 10M(pan) 20m(s)	Miroir oscillant 56 x 79 m	Miroir oscillant 30 m
<b>Bandes spectrales :</b> (um) S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 Panchromatique	0,50-0,59 0,61-0,68 0,79-0,89 0,51-073	0,51-0,59 0,61-0,68 0,79-0,89 1,58-1,75 0,61-0,68	0,5-0,6 0,6-0,7 0,7-0,8 0,8-1,1	0,45-0,52 0,52-0,60 0,63-0,69 0,76-0,90 1,55-1,75 10,4-12,5 2,0-2,35
<b>Dimensions de la scène :</b> (km)	60	60	185	185

### c) Le système ASTER

"TERRA-EOS" (Earth Observing System) est un satellite lancé le 18 décembre 1999 par la NASA. TERRA-EOS est un satellite multi-national et multi-disciplinaire, équipé de cinq instruments de télédétection, qui ont pour but de permettre une meilleure compréhension des interactions entre la biosphère, l'hydrosphère, la lithosphère et l'atmosphère (ABRAMS et HOOK, 2001).

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) est un des cinq instruments placés à bord de la plateforme TERRA-EOS (<http://asterweb.jpl.nasa.gov>).

Il est né d'une coopération entre la NASA, le ministère Japonais de l'Economie, du Commerce et de l'Industrie (METI) et the Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC, fondé en 1981 sous l'égide du METI, a pour objectif d'accélérer la recherche et le développement de technologies en télédétection) (tableau 2) (ABRAMS et HOOK, 2001).

**Tableau.2** : Caractéristiques du capteur ASTER (ABRAMS et HOOK, 2001).

	Bandes	Domaines Spectraux (uM)	Résolution Spatiale (M)	Dimension de Scène
<b>VPIR</b>	BANDE 1	0,52 - 0,60	15	60KM2
	BANDE 2	0,63 - 0,6		
	BANDE 3N	0,76 - 0,86 (NADIR LOOKING)		
	BANDE 3B	0,76 - 0,86 (BACK WARD LOOKING)		
<b>MIR</b>	BANDE 4	1,6 - 1,7	30	60KM2
	BANDE 5	2,145 - 2,185		
	BANDE 6	2,185 - 2,225		
	BANDE 7	2,235 - 2,285		
	BANDE 8	2,295 - 2,365		
	BANDE 9	2,36 - 2,43		
<b>IRT</b>	BANDE 10	8,125 - 8,475	90	60KM2
	BANDE 11	8,475 - 8,825		
	BANDE 12	8,925 - 9,275		
	BANDE 13	10,25 - 10,95		
	BANDE 14	10,95 - 11,65		

### 1.3.6. Traitement des données de télédétection :

Les réflectances enregistrées par les capteurs sont transmises à des stations de réception terrestres, soit en temps réel (directement ou via un autre satellite) soit en temps différé (lorsque le satellite arrive « en vue » d'une station de réception). Dans tous les cas, les données transmises se présentent sous la forme brute d'un flux de données qui doit être traité avant d'être délivré à des utilisateurs (ESCADAFAL et al, 1999)

#### a) Prétraitement des images satellitaires

Les prétraitements sont des opérations réalisées sur les images de télédétection avant l'analyse et l'interprétation des images. Les corrections visent à compenser les perturbations de la radiométrie et la géométrie de l'image intervenant lors de la prise de vue.

La mise au point d'une méthode concertée de surveillance par télédétection suppose un certain nombre d'étapes techniques incontournables. Parmi celles-ci, les corrections

géométriques et radiométriques sont fondamentales pour la détermination de changements (ESCADAFAL et al, 1999).

### **b) Les corrections radiométriques**

Les données radiométriques acquises par un capteur satellitaire sont affectées par un certain nombre de facteurs tels que les caractéristiques du capteur et l'état de l'atmosphère. Le passage des données brutes enregistrées par le capteur aux images corrigées de ces facteurs se fait en quatre étapes (BOUZIRI, 1999) :

1. Tout d'abord, il faut éliminer les perturbations dues à l'instrumentation pour rétablir les contrastes existant entre les objets ;

2. Ensuite, les données brutes sont transformées en grandeurs physiques par l'introduction de coefficients d'étalonnage (étalonnage absolu) et par la prise en compte des conditions d'acquisition (orientation et inclinaison de la visée, position de soleil, résolution spectrale et spatiale). Les données obtenues sont alors exprimées en réflectance apparente au niveau du satellite ;

3. La troisième étape consiste à éliminer les perturbations induites par l'atmosphère (correction atmosphérique) afin d'obtenir la réflectance des objets au niveau du sol. Les données ainsi obtenues sont relatives à une surface fictive, plane et horizontale en supposant un éclairage uniforme et constant ;

4. Enfin, des corrections au niveau de la topographie (correction topographiques) sur l'éclairage sont effectuées pour acquérir des caractéristiques optiques réelles de la surface.

Les effets dus aux instruments étant corrigés avant la distribution des images par les fournisseurs, seules les trois dernières étapes ont dû être réalisées (BOUZIRI, 1999).

### **c) Les corrections géométriques**

Il reste de corriger les déformations géométriques de l'image dues à plusieurs sources d'erreurs. Ces corrections sont nécessaires pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les données enregistrées par le capteur du satellite ne sont pas présentées dans une projection cartographique courante, rendant difficile la comparaison avec des données géo référencées comme les cartes thématiques, de plus, ces corrections sont essentielles pour comparer et superposer une série d'images. Les méthodes de correction géométrique appliquées aux images numériques de télédétection peuvent être classées en deux grandes catégories : les méthodes de

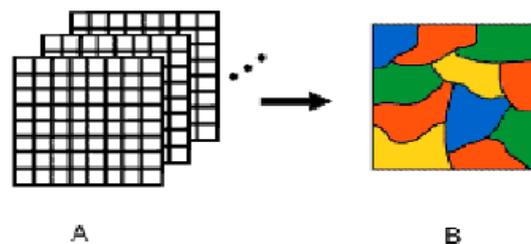
corrections à partir des paramètres du satellite et les méthodes de corrections par référence à des points de coordonnées connues dans un autre système (BOUZIRI, 1999).

### 1.3.7. Classification des données :

L'objectif général des classifications est de traduire des informations spectrales en classes thématiques (d'occupation du sol, par exemple). La segmentation de l'image en classes thématiques est aussi appelée zonage (figure2). Les stratégies de zonage sont multiples (KLUSER, 2000) :

- Approches par pixel (analyse multi-spectrale, segmentation d'indice) ;
- Approche par zone (détection de contour, texture) ;
- Approche par objet (analyse morphologique, détection de formes).

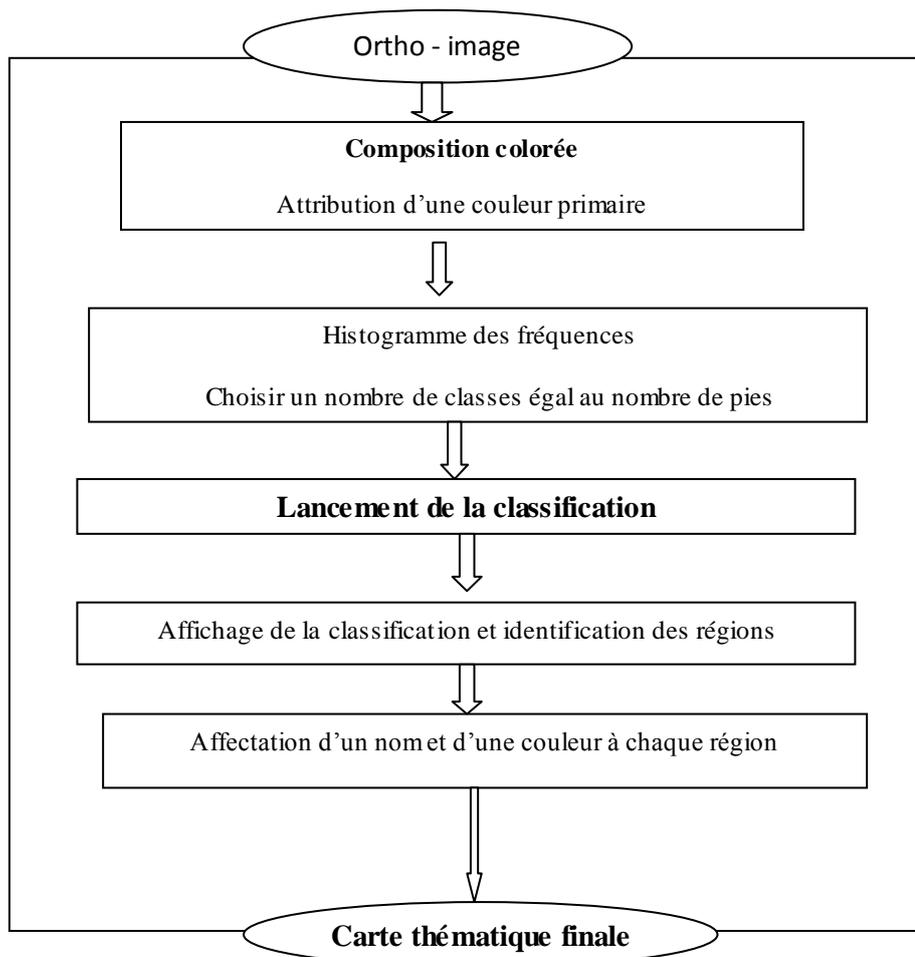
Deux types de méthodes de classification sont employés pour analyser les changements de milieu, la classification non supervisée et la classification supervisée.



**Figure.2:** Principe de classification des images (KLUSER, 2000).

#### 1.3.7.1. La classification non supervisée :

Elles sont effectuées sans prise en compte de données de terrain (figure3). Il s'agit d'un découpage entièrement mathématique des données radiométriques en un nombre de classes définies. Il existe des algorithmes de classification, composés de plusieurs itérations, permettant de créer des regroupements de pixels ayant des signatures spectrales similaires. L'utilisateur procède ensuite à la reconnaissance des classes créées par l'algorithme en affectant un nom et une couleur à chaque classe. Un des algorithmes de classification non supervisée est appelé « agrégation autour des centre mobiles ou méthode ISODATA » (DOS SANTOS, 2001)



**Figure.3** : Les étapes de la classification non supervisée (DOS SANTOS, 2001).

### 1.3.7.2. La classification supervisée :

Le principe de la classification supervisée est de regrouper les pixels à des classes thématiques, basées sur une connaissance préalable de la zone à étudier. Les classes sont définies sur la base de zones d'apprentissage, qui sont des échantillons représentatifs des classes (figure 4). Cette méthode de classification comporte les étapes suivantes (DOSSANTOS, 2001) :

#### a) Définition de la légende

Choix des classes souhaitées suivant la problématique de recherche.

**b) Sélection d'échantillons représentatifs**

Pour chaque type d'occupation du sol, on identifie sur l'image des zones représentatives appelées échantillons. Si possible, deux jeux d'échantillons sont définis :

- Des zones d'apprentissage, qui permettront de décrire les classes en termes de valeurs ;
- Des zones de test, qui serviront à la vérification de la classification.

**c) Description des classes**

Les classes sont décrites en termes de paramètres statistiques (valeur moyenne, minimum, maximum, variance, etc.) calculés à partir des zones d'apprentissage sélectionnées sur l'image.

**d) Choix d'un algorithme de classification**

Il faut ensuite choisir l'algorithme de classification et les règles de décisions appropriés. Les classifications sont basées sur des critères de distance ou de probabilité (maximum de vraisemblance, distance minimum...etc.). A ce stade, il importe d'évaluer le contenu et la séparabilité des classes :

❖ De manière visuelle, sur une représentation graphique des signatures spectrales (courbes de signatures, histogrammes, diagrammes à deux dimensions...etc.).

**e) Lancement de la classification**

A ce stade, tous les pixels de l'image sont classés selon l'algorithme de classification choisi.

**f) Evaluation de la classification**

Le résultat de la classification est évalué en le comparant à des informations de référence qui peuvent être fournies par :

- Des zones test sélectionnées sur l'image ;
- D'autres cartes ou images ;
- Des relevés de terrain.

L'interprétation des données multi-spectrales s'effectue le plus souvent par une méthode statistique de classement par maximum de vraisemblance, méthode généralement considérée comme la plus heureuse. Il est cependant difficile en pratique de dépasser une proportion de 65 % de pixels bien classés (PORCHIER, 1993)

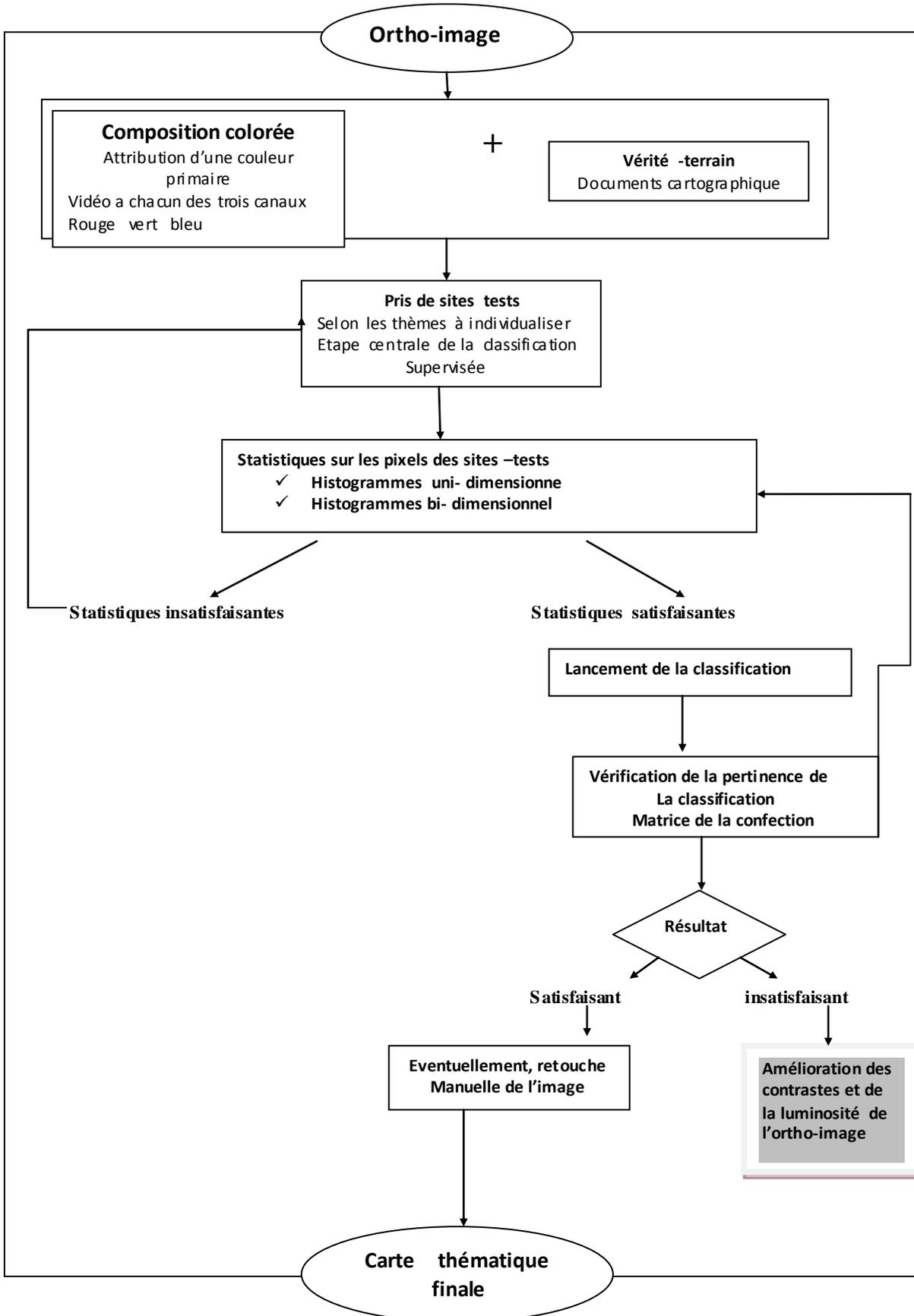


Figure.4 : Les étapes de classification supervisée (DOS SANTOS, 2001).

## **1.4. Présentation des systèmes d'informations géographiques (SIG) :**

Grâce au développement des nouvelles technologies (satellites et mise au point d'ordinateurs puissants) le Système d'Information Géographique (SIG), qui était assimilé au départ à un moyen de représenter les données sur une simple carte géographique, devient de plus en plus un outil important d'aide à la prise de décision ; un outil de portée relativement grande et élargie à des domaines connexes à la gestion globale du développement (SITAYEB, 2006).

L'objectif fondamental du SIG est de fournir une base de prise de décision, dans plusieurs domaines, à partir des données satellitaires (SITAYEB, 2006).

### **1.4.1. Définition :**

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

Appelés GIS (Géographique 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 ». En France, la définition, est adoptée par le conseil national de l'information géographique (C.N.I.G.1) en 1990. 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).

### **1.4.2. Composition d'un SIG :**

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

#### **1.4.2.1. La base de données géographique (BDG) :**

Elle est constituée d'un ensemble numérique de « cartes » et d'information associée. Comme cette base de données décrit des objets à la surface de la terre, elle est composée de deux éléments : une base de données décrivant les objets spatiaux (localisation, forme) et une autre définissant les caractéristiques thématiques (attributs) de ces objets (SITAYEB, 2006).

**3.4.2.2. La saisie numérique :**

La saisie numérique d'une information à caractère spatial telle que les documents cartographiques constitue un autre système de base. Celui-ci permet de convertir l'information analogique d'une carte en une information numérique (PRASUHN et MOHNI, 2003).

**1.4.2.3. La représentation cartographique :**

Elle permet de sélectionner des éléments de la BDG et de les représenter cartographiquement à l'écran ou à l'imprimante.

**1.4.2.4. Le système de gestion de base de données (SGBD) :**

Ce terme fait référence à un type de logiciels chargé de gérer des données thématiques mais il est aussi nécessaire de gérer l'information spatiale. En fait, un SIG contient non seulement un SGBD traditionnel, mais aussi une variété d'outils capables de gérer à la fois les dimensions thématiques et spatiales de l'information. A l'aide d'un SGBD, il est possible d'introduire des informations thématiques, sous la forme de tables ou de statistiques et subséquemment d'en extraire des éléments spécifiques sous les deux mêmes formes. Un SGBD permet l'analyse de ce contenu thématique (SITAYEB, 2006).

**1.4.2.5. L'analyse spatiale :**

L'analyse spatiale de l'information est une extension des capacités d'interrogation des bases de données traditionnelles, en prenant en compte la localisation des observations. L'exemple le plus simple consiste à combiner dans une requête la présence conjointe de deux caractéristiques spécifiques à deux ensembles d'objets spatiaux distincts. Un SIG est nécessaire car il permet de considérer le recouvrement spatial d'entités. La procédure, appelée recouvrement ou superposition, correspond à l'opération manuelle de superposition d'une carte transparente et d'une seconde carte. A l'instar du SGBD, le système d'analyse spatiale a une liaison bidirectionnelle avec la BDG pour permettre un traitement de type analytique.

Ainsi, il prélève à la fois de l'information de la BDG et la complète à l'aide des résultats de l'analyse. Ainsi, les capacités analytiques d'un système d'analyse spatiale et du SGBD jouent un rôle essentiel dans l'extension de la base de données, au travers des connaissances sur les relations qui existent entre les objets. Bien que la notion de superposition soit le mot-clé des SIG, l'analyse spatiale assistée par ordinateur a beaucoup évolué et propose des opérations bien plus riches et complexes (SITAYEB, 2006).

#### 1.4.2.6. L'analyse statistique :

Des outils de statistique descriptive de données spatiales ont été développées pour prendre en compte le caractère spatial des données et aussi parce que ce type de données pose des problèmes particuliers d'application des procédures classiques (SITAYEB, 2006).

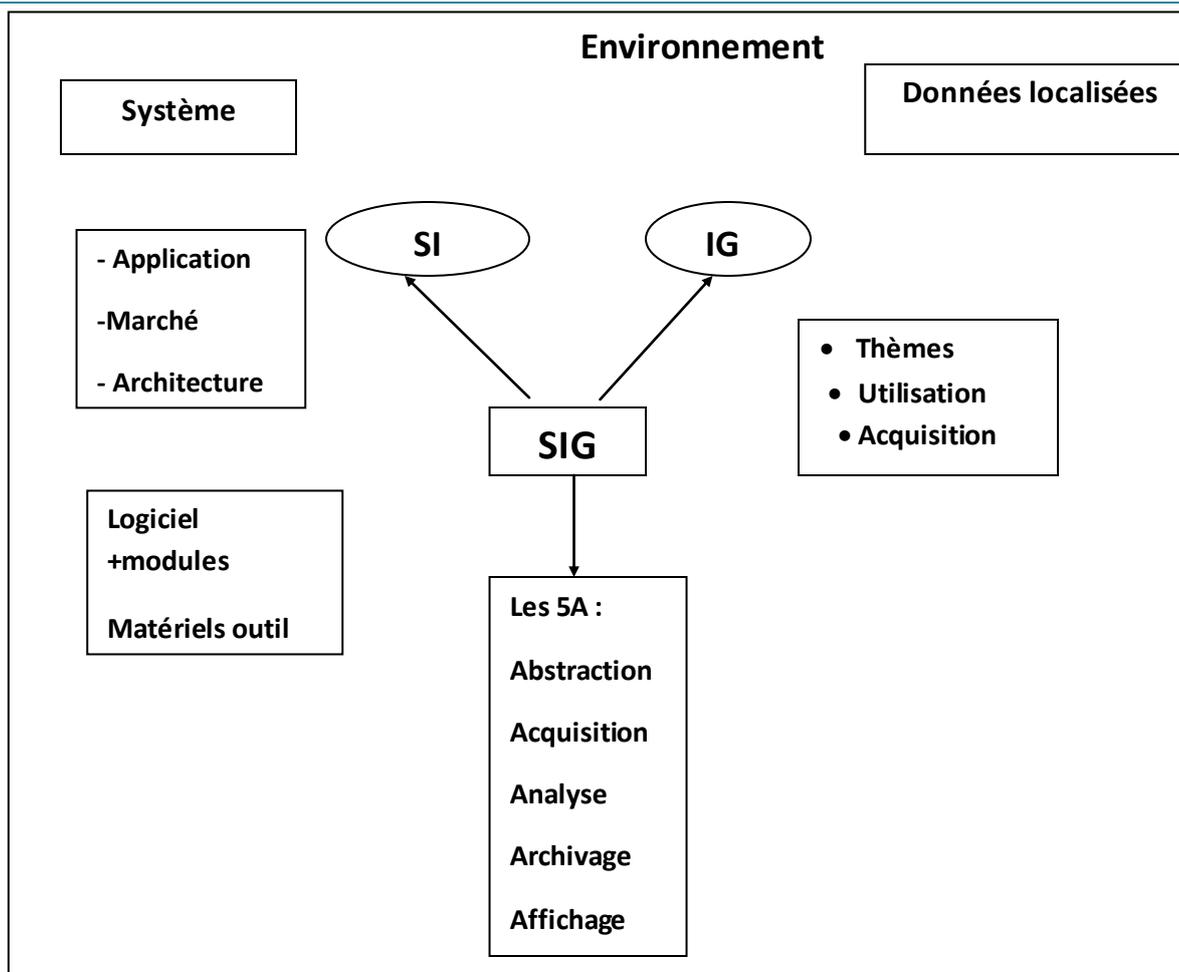
#### 1.4.2.7. Le traitement d'image :

Le traitement d'image de télédétection permet de transformer le contenu originel d'une image en une information au contenu thématique exploitable à l'aide de procédures de classification. Le traitement d'image permet de transformer le contenu originel d'une image de télédétection en une information au contenu thématique exploitable à l'aide de procédures de classification (SITAYEB, 2006).

### 1.4.3. Principales fonctions d'un SIG :

Les systèmes d'information géographique peuvent être constitués pour répondre à différentes demandes. Comme le système universel n'existe pas, il faut les adapter selon les objectifs fixés. Toutefois ils ont en commun des fonctionnalités que l'on retrouve dans chaque système regroupées en 5 familles sous le terme des « 5A » (figure 5) pour : Abstraction, Acquisition, Archivage, Affichage et Analyse (MARMONNIER, 2002) :

- a) **Abstraction** : modélisation du réel selon une certaine vision du monde.
- b) **Acquisition** : intégration et échange de données. (Import-export). L'acquisition des données est faite par trois types :
  - *Digitalisations* : la numérisation des plans cartographiques scannés par l'ordinateur ou la table a digitalisé.
  - *Scanner* : les cartes, les photos aériennes sont introduites sous forme des données raster.
  - *Clavier* : la saisie des données attributaires.
- c) **Archivage** : structuration et stockage de l'information géographique sous forme numérique.
- d) **Affichage** : représentation et mise en forme, notamment sous forme cartographique
- e) **Analyse** : analyse spatiale (calculs liés à la géométrie des objets, croisement de données thématique...)



**Figure.5** : Les fonctions d'un système d'information géographique (RAVALET et PANET, 2001).

#### 1.4.4. Modes de représentation des données géographiques :

Les données spatiales sont représentées dans un SIG suivant deux modes : vecteur ou raster (figure 6).

##### 1.4.4.1. Mode vecteur :

En mode vecteur, les objets sont définis par des points, par des arcs ou des polygones. A chaque objet est alors assigné un identifiant unique, à travers lequel lui sont associées des caractéristiques attributaires quantitatives et /ou qualitatives. Le mode vecteur est de ce fait plus adapté à la représentation de variables discrètes. Il permet de représenter les objets tels qu'on les perçoit dans le monde réel (SITAYEB, 2006)

❖ **Les points :**

Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.

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

❖ **Les polygones**

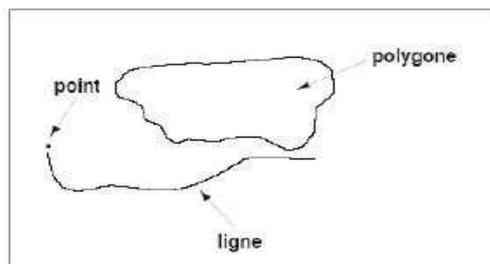
Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de formation végétales.

**1.4.4.2. Mode raster :**

Les données sont stockées sous forme des cellules de taille et de forme identiques pour représenter l'espace, en le découpant de manière. Généralement de forme carrée, les cellules (ou pixels) sont organisées en lignes et colonnes. A chaque pixel correspond une valeur unique. Les images satellitaires ou scannées sont des exemples de données représentées en mode raster (SITAYEB, 2006).



Mode raster



Mode vecteur

**Figure.6 :** Les modes de représentation des données géographiques (SITAYEB, 2006).

**1.4.5. Domaines d'applications :**

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

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

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

- **La socio économie** : impact des activités entropiques (surpâturage, surexploitation, etc..) sur la dégradation de la couverture végétale.
- **La foresterie** : analyse et suivi de la biodiversité, cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture.
- **Tourisme** : gestion des infrastructures, itinéraires touristiques.
- **Planification urbaine** : cadastre, voirie, réseaux assainissement.
- **Protection civile** : gestion et prévention des catastrophes.
- **Transport** : planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires.
- **Hydrologie** : planification et gestion des réseaux hydriques.

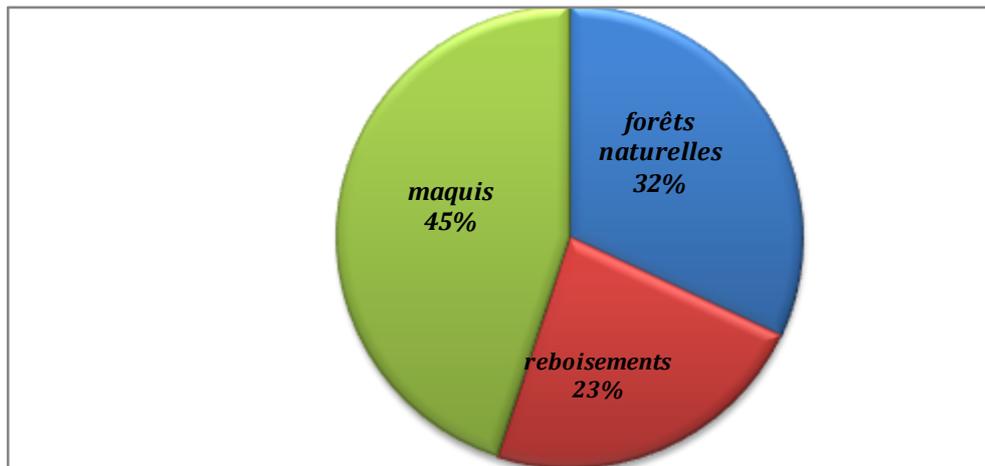
## II .Les feux de forêts en Algérie

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.

### 2.1 Les forêts en Algérie :

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

Le patrimoine forestier est ainsi dominé par les maquis, dont la superficie est estimée à 1,8 millions d'hectares, qui représentent 45 % de la superficie forestière et arborée totale, alors que les forêts naturelles, au sens strict, n'occupent que 32 %. Les superficies reboisées représentent quant à elles 972 800 Ha, soit 23 % (figure 7).



**Figure.7** : principales formation forestières d'Algérie (DGF 2000).

## 2.2. Répartition géographique des forêts et leurs essences :

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

Cette forêt est localisée entièrement sur la partie septentrionale du pays (figure 8) et elle est limitée au sud par les monts de l'atlas saharien. La Figure 8, indique que la forêt (indice de végétation élevé) est surtout concentrée au nord-est du pays.



**Figure.8** : L'indice de végétation du nord d'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 celle de *Tizi-Ouzou*, *Bejaia*, *Jijel*, *Collo*, *Skikda*, *El Mila* et *El kala*. Ces régions sont très arrosées et elles comportent les forêts les plus denses. C'est l'aire de répartition d'essences principales à savoir le chêne liège et le chêne zen mais également du chêne afarès et du pin maritime localement.

#### - L'atlas tellien central et occidental

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

#### - L'atlas saharien

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

Les essences principales composant les formations forestières et leurs superficies sont reportées dans (tableau3).

**Tableau.3** : Principales essences forestières d'Algérie (PNR, 1999).

Espèces forestières	Superficie Ha	Taux(%)
pin d'Alep ( <i>Pinus Halipensis</i> )	800 000	35,4
genévrier de Phénicie ( <i>Juniperus phoenicea</i> )	217 000	9,6
thuya de Berbérie ( <i>Tétraclinis 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 du 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 zéen et afarès (2,9 %), occupent les milieux les plus frais au-dessus de l'étage de la subéraie.

La pineraie de pin maritime, à l'état naturel, est localisée dans le nord-est du pays et couvre 1,7 %. Les cédraies sont disséminées en îlots discontinus dans le Tell central et surtout les Aurès (0,5 %). Ces essences constituent le premier groupe de forêts, dites économiques, en comptant les eucalyptus introduits avec 52 000 Ha, soit 2,3 %, dans le Nord et surtout à l'Est du pays, elles totalisent 63,3 % de la superficie forestière de notre pays. Le second groupe de forêts, dites de protection, est constitué par le chêne vert (15,7 %), surtout abondant dans le nord-ouest du pays, le thuya de Berbérie (6,3 %) et le genévrier de Phénicie (9,6 %).

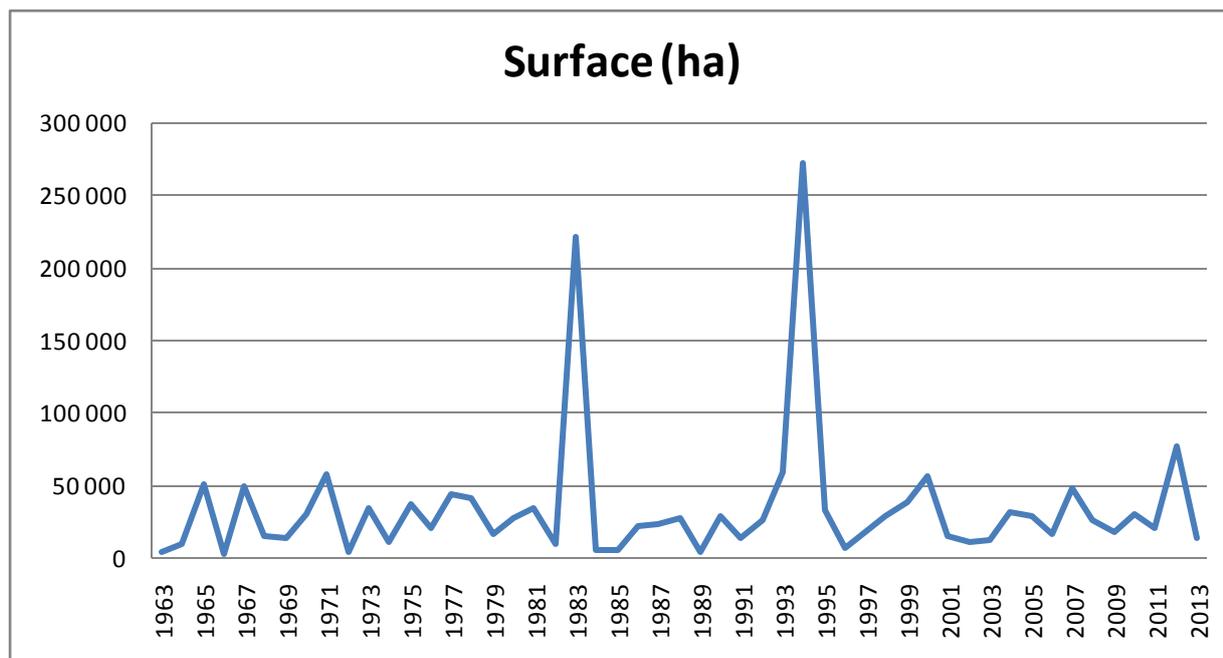
### **2.3. Analyse des statistiques des feux de forêts en Algérie**

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

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

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

Mais lors de certaines années, la forêt algérienne a été touchée par de grands feux néfastes, dépassant largement la moyenne de la période 1963-2013, notamment les deux années catastrophiques 1983 et 1994 (figure 9), avec respectivement 221 367 Ha et 271 598 Ha. De sa part, AIT MOUHOU (1998) ces deux sont peut être dues, du moins en grande partie, à des conditions climatiques très favorables au déclenchement et à la propagation du feu (sécheresse, vent).



**Figure.9** : Les surfaces parcourues par le feu en Algérie, période 1963-2013 (DGF 2013).

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

Durant cette période de 26 ans, la superficie totale incendiée est de 1 045 353 Ha, soit une moyenne annuelle de 40 203 Ha (tableau 4).

**Tableau 4** : Les superficies incendiées selon les formations végétales, période 1980-2005 (DGF, 2005).

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

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

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

En Algérie l'essence la plus touchée par le feu est le pin d'Alep, avec 30,8 % du total de la surface brûlée (tableau 5). Cette espèce résineuse prédomine et représente 35 % du total de la superficie forestière de notre pays (tableau 3).

Le chêne liège vient en seconde position avec 19,6% de surface totale incendiée. Ce peuplement très inflammable, permet la progression rapide du feu, qui est considérablement

favoriser par l'abondance de son sous-bois qui constitue le matériel de propagation de l'incendie en premier lieu.

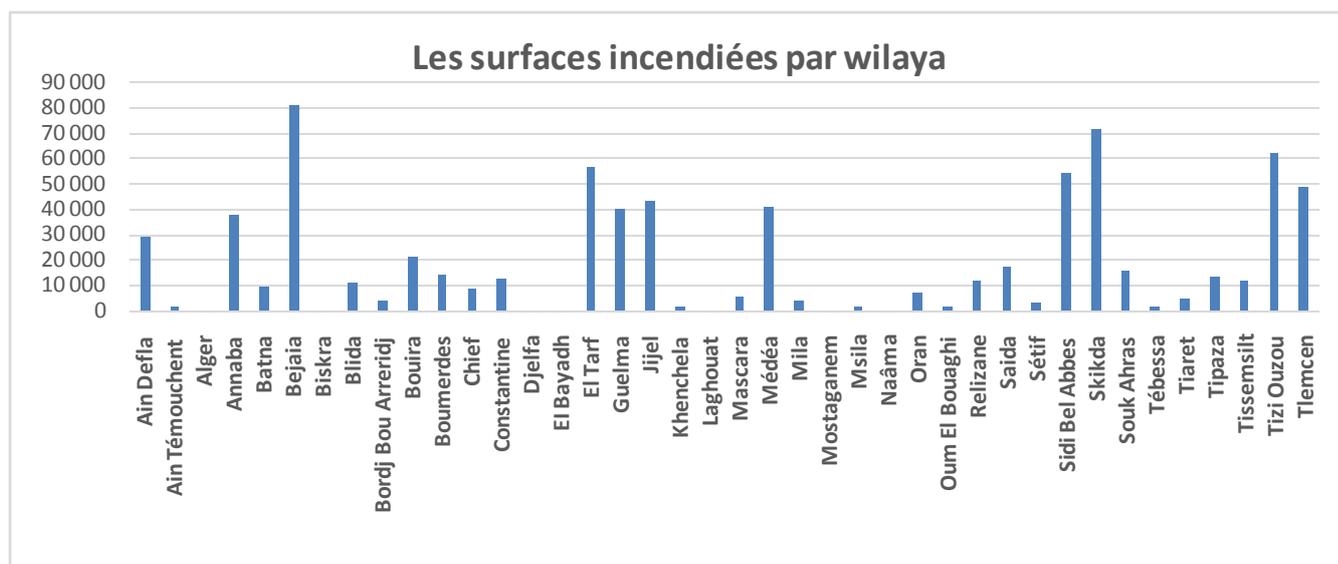
Les formations maquis et broussailles, qui représentent 45 % des formations végétales ligneuses en Algérie, ont une quote-part proportionnelle de 40,2 % des surfaces brûlées.

**Tableau. 5:** Les surfaces incendiées selon les essences 1988-1997 (DGF, 1997).

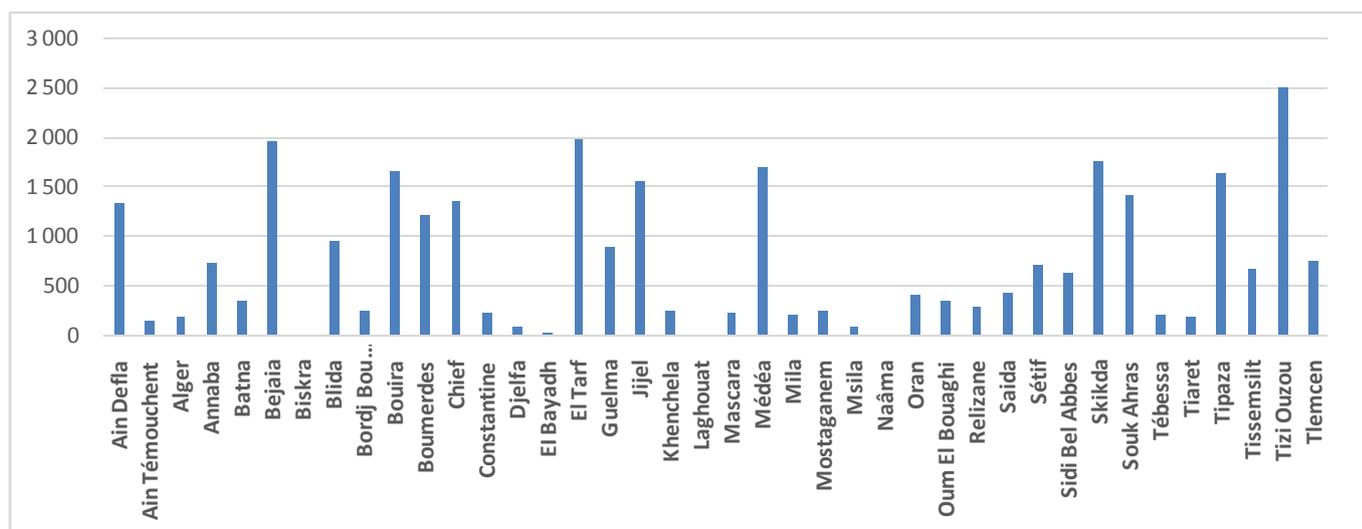
Espèces Forestières	Surface (Ha)	Taux (%)
Pin d'Alep	149 825	30,8
Thuya de Berbérie	2 166	0,4
Pin Maritime	10 070	2,1
Cèdre de L'atlas	335	0,1
<b>Total Résineux</b>	<b>161 823</b>	<b>33,3</b>
Chêne Liège	95 562	19,7
Chêne Vert	13 778	2,8
Chêne Zen et Chêne Afarès	8 527	1,8
Eucalyptus	10 435	2,2
<b>Total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

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

Durant la période 1986-2005, les wilayas les plus affectées par les incendies se localisent au nord. Ces wilayas sont Bejaïa (qui la plus touchée avec plus de 80 000 Ha), Skikda (plus de 70 000 Ha), Tizi Ouzou (plus de 60 000 Ha), El Tarf (56 000 Ha) et Sidi Bel Abbès (48 000 Ha) (figure 10).



**Figure.10 :** Les surfaces incendiées par wilaya, période 1986-2005 (DGF, 2005).



**Figure.11 :** Le nombre de feux par wilaya, période 1986-2005 (DGF, 2005).

### 2.3.5 .Dans la wilaya de Saïda :

Les données fournies par la conservation des forêts concernant les incendies de 1972 à 1977 montrent que les superficies touchées par le feu représentent 4067 Ha. Le nombre total des incendies a été de 50, ce qui représente une superficie moyenne sur 6 ans de 81 Ha/an. Le nombre moyen annuel est d'environ 8 incendies. Les statistiques concernant la période 1980-1990 portent sur une surface de 4690 Ha, soit une moyenne annuelle de 469 Ha. Les incendies de forêts sont les plus importants par rapport aux feux de broussailles et d'alfa. Ils représentent 81 % de la superficie totale. Le facteur anthropique est pour une grande part responsable des incendies de forêts : Incinération des chaumes, Brûlis de rémanents à la suite de travaux d'assainissement, extension des zones de pâturage, Extension des zones d'agriculture marginale (B.N.E.D.R, 1992).

## III La lutte contre les feux de forêts

Les incendies de forêt constituent, en région méditerranéenne un risque important, par la fréquence et l'ampleur des dommages dont ils sont responsables (OSWALD, 1992). Des efforts considérables sont consentis depuis des dizaines d'années pour tenter de maîtriser ce fléau.

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

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

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

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

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

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

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

### **3.1 .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.

**3.1.1. Les aménagements de DFCI:**

L'aménagement des forêts peut être assuré par des actions et des travaux à l'intérieur de la forêt tel que les points 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.

Selon CROISE & CROUZET (1975), La rapidité des interventions est directement liée à la facilité de pénétration des moyens mécaniques de transport et de lutte, la qualité et la signalisation des voies.

On distingue deux catégories de voie de desserte :

**- Les pistes:**

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

**- Les routes:**

C'est des voies carrossables en tout temps, accessible à tous les véhicules et notamment aux camions approvisionneurs d'eau, elles assurent des liaisons plus rapides et plus sûres que les pistes.

Actuellement le principe de base de la défense de forêt contre les incendies veut que tout tranché pare-feu soit obligatoirement desservi par un chemin, il faut toujours s'efforcer de faire coïncider le tracé de pare-feu et les voies, qui sont souvent développées selon les courbes de niveau.

**c. Les tranchés pare-feu:**

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

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

**d. Le débroussaillage:**

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

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

Il existe plusieurs types de débroussaillage et se résumant sur :

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

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

### **3.1.2. La surveillance et la détection :**

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

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

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

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

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

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).

### **3.1.3. La cartographie du risque d'incendie**

L'existence d'un risque naturel est liée à la présence des hommes dans un territoire où sont susceptible de se produire des phénomènes naturel dangereux. Les incendies de forêt font partie

des aléas naturels de même pour les inondations, les avalanches, les glissements de terrain et le tremblement de terre (JAPPIOT, 1999).

Une méthodologie générale d'approche du risque a été mise au point, dans laquelle le modèle théorique du risque sépare la vulnérabilité de l'aléa.

- L'aléa fait référence à la notion de probabilité qu'un phénomène naturel se produise (CHOQUET, 1995). Il s'agit de déterminer qu'elles sont les critères qui induisent l'apparition et le développement de ce phénomène. Pour cela, on se base en général sur l'étude des phénomènes passés, afin de connaître les causes (*méthode statistique*) ou le déroulement (*méthode de modélisation*).
- La vulnérabilité fait référence aux dommages potentiels que peut provoquer la manifestation du phénomène (ERCOL, 1994).

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 law Olmsteal 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 entendu 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 :

### **e. 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 :

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

Où, R : la réserve d'eau du sol

H : l'humidité relative

V : la vitesse du vent.

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

Modèle mis en place par DUCHE et DAGORNE (1993) et testés 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).

### **g. 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 :

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

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.

#### **3.1.4. 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. Les actions de formation, d'éducation et de sensibilisation sont donc essentielles pour la prévention (ROSENBERG, 2001)

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.

### **3.2. 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.

#### **3.2.1. 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.

#### **3.2.2. 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 sur les 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).

**3.2.3. L'extinction :**

Il existe trois méthodes pour maîtriser un incendie.

- **L'attaque directe**, qui consiste à attaquer le feu de front, est utilisée quand l'incendie n'est pas étendu.
- **L'attaque parallèle** suppose la construction d'une ligne de feu parallèle proche du front de l'incendie.
- **L'attaque indirecte** est pratiquée quand l'intensité du feu est telle qu'on ne peut avoir recours à aucune autre méthode. Elle implique la construction de ligne de feu à une certaine distance du front de l'incendie et le brûlage de tous les combustibles existants (CHANDLER *et al*, 1983).

SCWEITHELM (1998) souligne que l'extinction repose sur les quatre actions suivantes :

- **Détection** : la détection est la transmission des informations et des instructions doivent être rapides.
- **Définition des priorités** : il faut décider quelles seront les zones ou les types d'incendie prioritaires en matière d'extinction.
- **Mobilisation** : c'est la capacité de transporter rapidement sur le lieu de l'incendie les moyens d'extinctions appropriés.
- **Connaissances** : informations et compétences nécessaires à l'exécution des mesures d'extinction appropriées.

## I. Présentation générale de la zone d'étude

### 1. Présentation de la wilaya de Saïda

#### 1.1. Situation géographique de la wilaya de Saïda :

C'est dans l'ensemble géographique des hauts plateaux que se situe la wilaya de Saïda ; elle est limitée naturellement au Sud par le chott Chergui et au Nord par les monts de Dhaya Localisée au nord-ouest de l'Algérie. La wilaya de Saïda couvre une superficie totale de 6765 km<sup>2</sup>, elle est limitée administrativement :

- Au Nord par la wilaya de Mascara,
- Au Sud par celle d'El Bayadh,
- À l'est par la wilaya de Tiaret et à l'Ouest par la wilaya de Sidi bel Abbas.

La wilaya de Saïda est aussi un point de passage obligé entre le Nord, le centre et le Sud –

Ouest de l'Algérie avec les distances suivantes :

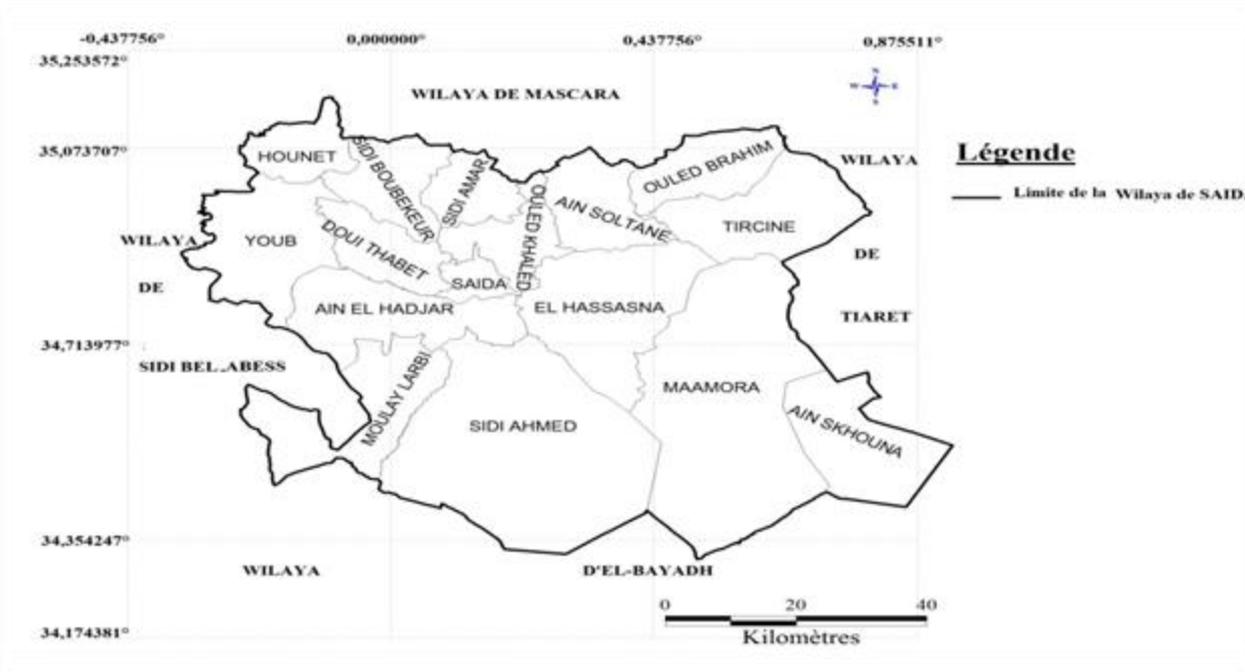
- 174 km d'Oran
- 434 km d'Alger
- 74 km de Mascara
- 97 km de Sidi Bel Abbas
- 170 km de Tiaret
- 526 km de Bechar
- 186 km de Naama
- 210 km d'El Bayadh



**Figure.12** : Situation de la wilaya da Saïda.

Cette position géographique centrale dans l'Oranie lui confère un rôle d'espace de transition entre les hautes plaines steppiques et la chaîne tellienne.

Elle comprend 06 dairates composées de 16 communes (figure13) et sa population est de 340000 habitants (D.P.A.T, DE SAIDA 2011).



**Figure .13:** découpage administrative de la wilaya de Saida.

Sur le plan physique, le territoire de la wilaya se repartie comme suite :

- Superficie agricole totale(S.A.T) = 477.471 Ha.
- Forêt et Alfa = 195.144 Ha.
- Superficie agricole utile (SAU) = 308.206 Ha.
- Superficie agricole utile dont irrigué = 9.492 Ha.
- Parcours = 125.513 Ha.
- Terres improductives = 48.870 Ha.

Ce qui confère à la wilaya une vocation agro-sylvo-pastorale (D.S.A, 2013).

- **Patrimoine forestier** : Selon la conservation des forêts (2003), les formations forestières couvrent une superficie de 156.401 ha, représentant un taux de couverture de 23 %. Juridiquement, cette superficie se subdivise en :
- Domaine public (domaniale) = 91.612 Ha.
  - Domaine privé de l'état = 57.657 Ha.
  - Privé (Melk) = 7.987 Ha.
- **Composition des essences forestières** : Selon la conservation des forêts (2003), la composition de ce patrimoine par essence est représenté par :
- Pin d'Alep = 54.740 Ha soit 35%
  - Chêne vert = 44.920 Ha soit 30 %
  - Thuya = 15.640 Ha soit 10%
  - Génévrier = 7.820 Ha soit 5 %
  - Chêne Kermès = 7.820 Ha soit 5%
  - Autre = 23.460 Ha soit 15 %

Sur cette distribution, la majorité de ces essences est constituée de maquis clair à dense (arboré) à un taux de 65%. Approximativement ; 35% de cette superficie constitue essentiellement de pin d'Alep, qui représente la forêt proprement dite.

## 2. Présentation de la commune d'Ain El Hadjar :

La commune de Ain El Hadjar rattachée a la daïra du même nom, une des six daïrates de la wilaya de Saïda, qui s'étend sur 417,3Km<sup>2</sup> elle compte environ 28670 Habitants. Ceci correspond à une densité moyenne de l'ordre de 68,75 hab. /km<sup>2</sup>

### 2.1. Situation Administrative :

La nouvelle commune d'Ain El Hadjar issue du découpage administratif de 1985 est limitée comme suit :

- Au Nord par les communes de Saïda et Douï-Thabet.
- Au Nord-ouest par la commune de Youb.
- Au Sud-ouest par la wilaya de Sidi Bel Abbas.
- Au Sud par les communes da Moulay Larbi et Sidi Ahmed
- A l'Est par la commune de Hassasna

## 2.2. Les forêts de la commune :

Selon B.N.E.D.E.R (1992), les terres forestières (Tableau6) comprennent :

- Les formations forestières naturelles qui regroupent les forêts denses, les forêts claires, les maquis denses, et les maquis clairs.
- Les reboisements à base de pin d'Alep.
- A ces reboisements, s'ajoutent les travaux de repeuplement.

**Tableau.6:** Superficie des formations forestières dans la commune (B.N.E.D.E.R, 1992).

<b>Formation</b>	Forêts denses	Forêts claires	Maquis denses	Maquis claires	Reboisements	Repeuplement	Total
<b>Superficie (Ha)</b>	8074	4037	457	2938	549	490	16545

Selon U.R.S.A (2005), le patrimoine forestier de la commune, se compose principalement de pin d'Alep. Il existe d'autres essences au niveau des sous bois, mais qui ne sont pas importantes tel le thuya.

Les zones forestières se répartissent comme suit :

- Forêt domaniale de Djaafra Chérage : 9 cantons d'une superficie totale de 7901 Ha.
- Forêt domaniale de Tandfelt : 6 cantons d'une superficie totale de 7414 Ha.
- Forêt domaniale de Fenouane : 3 cantons d'une superficie totale de 2570 Ha.

La répartition des forêts par statut juridique nous donne :

- **Forêt communales :**
  - 1 600 Ha à Fenouane
- **Forêt privées :**
  - 20 Ha à Fenouane
  - 19.5 Ha à Tendfelt
  - 16 Ha à Djaafra Chérage

## 3. Présentation de la forêt Fenouane :

La Forêt de Fenouane, se trouve dans la commune d'Ain El Hadjer. Elle est représentative des groupements thermophiles de l'Oranie dominé par le pin d'Alep et le thuya avec cependant un

remarquable sous-bois broussailleux qui joue un rôle non négligeable dans la régénération du pin d'Alep et dans l'atténuation des effets du parcours (BENABDELI, 1996)

La forêt de Fenouane se situe dans le territoire de la wilaya de Saida à quelques 550 km au Sud Ouest d'Alger et à une trentaine de kilomètres à l'Ouest de la wilaya de Saida (B.N.E.F, 1990). Elle est traversée par deux chemins de wilaya (N°36 et N°3).

Elle est gérée par la conservation des forêts de Saida et fait partie de la circonscription d'Ain El-Hadjar (Figure14).

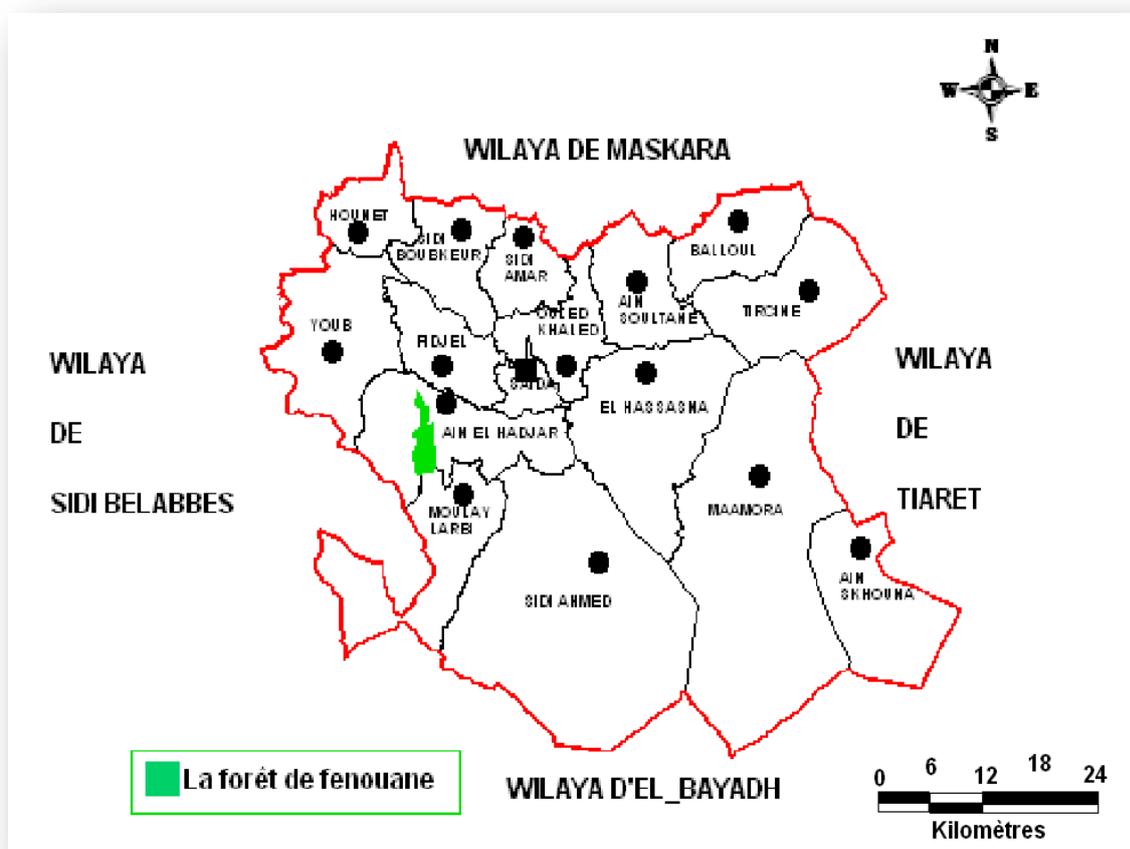


Figure .14: Localisation de la forêt de Fenouane dans la wilaya de Saida.

**Coordonnées géographiques de la forêt Fenouane :**

X 1 : 34° 49' 50.39"

Y1 : 0°4'34.6" Est

X2 : 34° 42' 32.47"

Y2 : 0°0'59.31"

Tirées de Google Earth projection Latitude / Longitude Degré, Min, Sec

**II. Etude du milieu Physique****1. L'altitude :**

Selon le B.N.E.F (1990) l'altitude moyenne de cette forêt est de 850 m, les altitudes les plus importantes se rencontrent au sud de la forêt jusqu'au Centre Est, pour s'adoucir vers le Nord et atteindre 829 m à Sidi kada Ben Mokhtar.

**2. Les reliefs :**

L'orientation des reliefs est du Sud Ouest vers le Nord Est (B.N.E.F, 1990).

**3. Les pentes :**

Dans le cadre de l'aménagement de cette forêt cinq classes de pentes ont été retenues. (Tableau7)

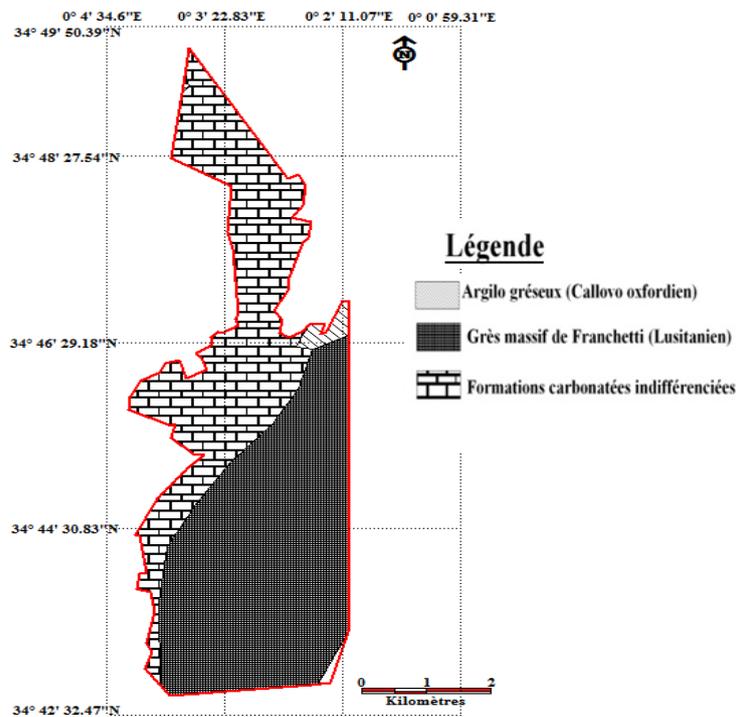
**Tableau .7:** Répartition des classes des pentes dans la commune (B.N.E.D.R, 1992).

Commune	Classe des pentes										Total
	0 - 5%		5 - 10%		10 -15%		15 - 25%		> 25%		
	Superficie	%	Superficie	%	Superficie	%	Superficie	%	Superficie	%	Ha
			Ha		Ha		Ha		Ha		
Ain El Hadjar	16268	40	12200	30	8134	20	2033	5	2033	5	40668

D'une manière générale, la topographie générale de la commune d'Ain El Hadjar est relativement plane car les classes des pentes inférieures à 10 % occupent environ 70 % de la superficie totale de la commune.

#### 4. La géologie

Selon le B.N.E.F (1990), le substrat de forêts de Fenouane laisse apparaître des grès massifs du Franchetti avec altération carbonatée et argile sableuses sur toutes les parties centrales et sud de la forêt de Fenouane (figure15).



**Figure .15** : La structure géologique de la forêt de Fenouane (S.A.T.E.C, 1976).

#### 5. La pédologie :

L'étude pédologique de la forêt de Fenouane permet de dégager 5 types de sols repartis dans les classes suivantes :

- Classe des sols peu évolués : Ces sols développés sur roche dure appartiennent au sous groupe lithique accusée.

- Classe des sols sesquioxydes de fer : Ces sols évolués caractérisés par l'individualisation des sesquioxydes du fer qui leur confère des couleurs très accusées rouge et rouillé.

- Classe des sols calcimagnésiques : Les principales propriétés de ces sols sont déterminées par la présence du calcaire actif et celle d'ions alcalino-terreux mais dans lesquels la partie inférieure de la roche mère ne montre ni les caractères des vertisols ni ceux des sols isohumiques.

Selon l'importance du calcaire actif et la présence ou l'absence de la partie inférieure du sol, on a pu distinguer dans la forêt deux grands groupes :

- Groupe de rendzines.
- Groupe des sols bruns calcaires

(B.N.E.F, 1990).

## 6. L'hydrologie :

Les ressources en eau se caractérisent par la présence de deux principaux bassins versants avec un écoulement vers le nord, ceux des oueds Tebouda et Bouatrous. Les ressources en eau mobilisable pour la population et l'agriculture se résument à 16 sources naturelles réparties à travers le territoire de la commune avec un débit variant entre 0,5 et 30 L/s et de deux forages assurant un débit moyen de 42 L/s (LABANI *et al.*, 2006).

Un seul oued réceptionné toutes les eaux collectées au niveau de la forêt de Fenouane et la forêt de Oum graf, cet oued situé à l'aval de ces forêts est l'oued berbour.

Oued Fenouane qui traverse la forêt de Fenouane porte son nom se divisé à son tour en deux sous affluants (Oued Maadjedj et oued Haddad).

Ces deux oueds sont temporaires et reçoivent les eaux recueillis par des cheveux d'écoulement en amont (B.N.E.F, 1990).

## III. Description de climat de la région:

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques (température, pression atmosphérique, vents, précipitations) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné. C'est un élément essentiel dans l'étude des différentes régions du monde. C'est le facteur qui se place en amont de toute étude relative du fonctionnement des écosystèmes écologiques (THINTHOIN R., 1948)

Le facteur climatique est toujours important dans n'importe quelle étude (Agriculture, paysage, utilisation des sols...), dans notre travail, les facteurs climatiques constituent un

élément déterminant dans le développement de cette zone du point de vue agriculture, paysage et activité humaine. (TERRAS, 2011)

Le climat méditerranéen constitue un climat de transition entre les climats tempérés et tropicaux secs (EMBERGER, 1933 Di CASTRI. 1981).

Le climat méditerranéen représente pour les climatologues un climat tempéré, voire subtropical (MARTONNE, 1927 ; PEGUY, 1970), mais son originalité ne peut s'affirmer que par l'existence d'une période sèche axée sur la saison chaude, de durée variable et imposant une phase annuelle de stress xérique à la végétation en place. C'est donc l'existence d'étés chauds et secs qui constitue le critère déterminant pour individualiser ce type de climat (QUEZEL et MEDAIL , 2003)

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) ; LE. 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)

Tous les auteurs qui ont étudié la pluviométrie en Algérie ont démontré que la répartition de la pluie est influencé par l'altitude, les conditions de topographie de la longitude et vers la fin l'éloignement à la mer

### **Station de référence :**

En absence de station météorologique au niveau de la forêt de Fenouane et au niveau de la commune de Ain El Hadjar ; les données recueillies au niveau de la station météorologique de Rebahia seront utilisés dans cette étude, c'est la station la plus proche de la forêt est située à environ 4 km (au nord de la ville de Saida).

Le tableau suivant nous renseigne sur la situation géographique de cette station.

Les données climatiques sont de la période 1983-2012

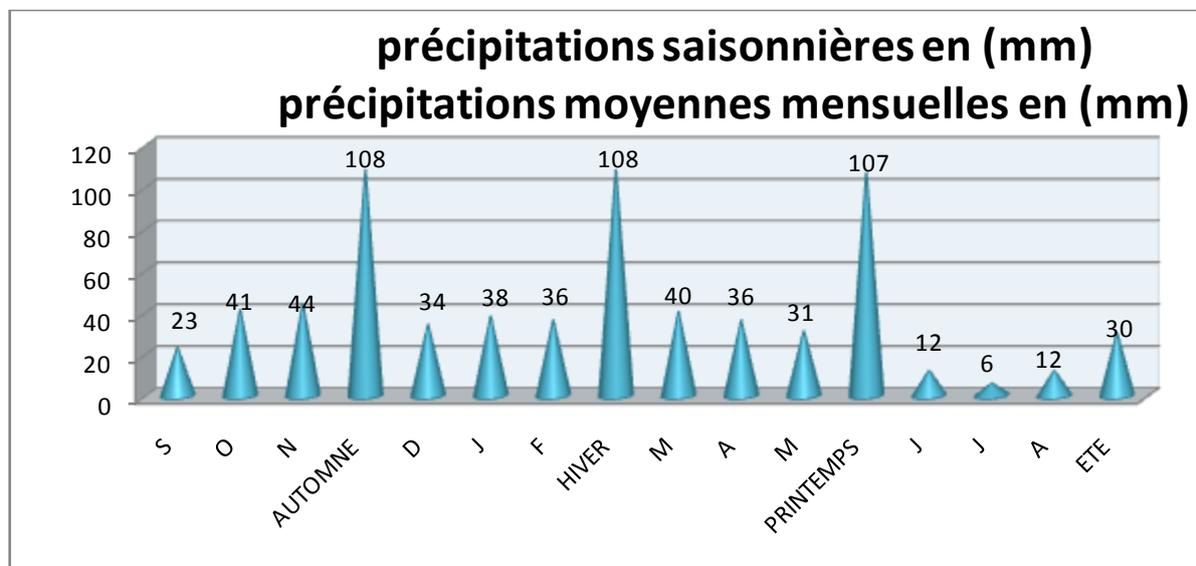
**Tableau.8:** Situation de la station météorologique de Saïda (Rebahia).

Station (lieu)	Latitude	Longitude	Altitude
Rebahia	34°53'31''Nord	00°09'27'' Est	748 M

### 1. Pluviométrie :

On désigne sous le terme général de pluviométrie la quantité totale de précipitations (pluie, grêle, neige) reçue par unité de surface et unité de temps (FRANÇOIS R, 2005)

Selon les données de la station météorologique de REBAHIA, la moyenne de la pluviométrie pour la période s'étalon entre 1983-2012 est une moyenne de 353 mm/an



**Figure .16:** histogramme des précipitations moyennes mensuelles et saisonnières.

D'après le (tableau 9) des précipitations, on constate que le régime pluviométrique repose sur le calcul de la somme des précipitations par saison (hiver, printemps, été et automne). Ensuite, un classement des précipitations par ordre décroissant pour caractériser le type climatique de la région *H.P.A.E*, calculé sur les 30 ans

## 2. Les températures :

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère. (FRANÇOIS R .2005)

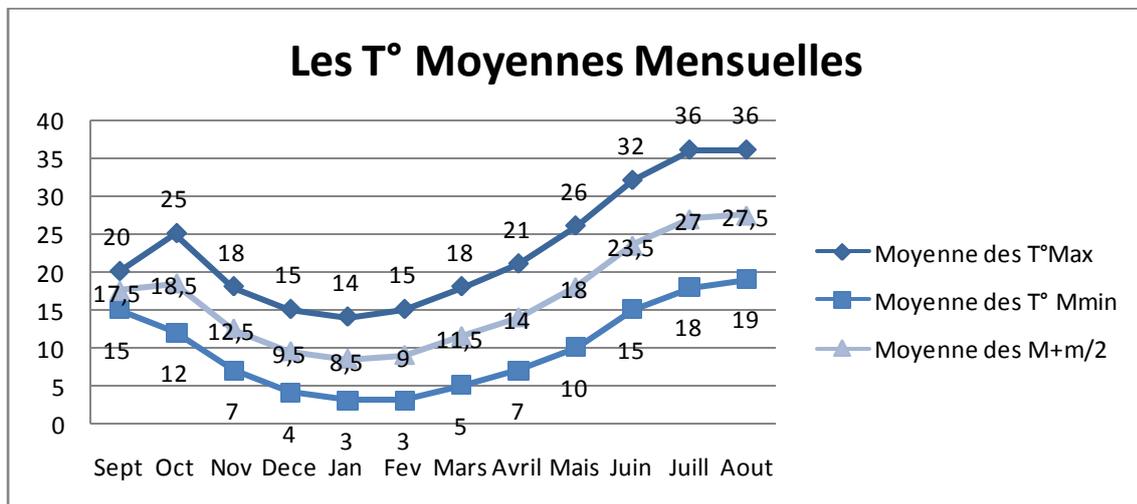
Parmi les facteurs limitant la présence et la répartition des espèces forestières, la température est l'un des éléments le plus déterminant dans la caractérisation de la végétation. Chaque espèce présente un seuil minima ou maxima qui lui permet de se maintenir en vie. Au-delà de ces limites la survie de l'espèce peut être compromise. (BENTOUATIA ,2006)

### a) Moyennes des minimums :

D'après le tableau ci-dessous, on remarque que les valeurs des températures minimales sont généralement observées au mois de Janvier et Février par une moyenne de 3°C par la suite on constate une augmentation sensible jusqu'au mois d'Aout où ces valeurs sont élevées jusqu'à (19°C), puis de nouveau une diminution remarquable de la T° a partir du mois d'Octobre

### b) Moyennes des maximums :

Une forte température notée durant les mois de juillet et Aout par une moyenne maximal de 36°C



**Figure .17:** Présentation graphique des températures T(C°) moyennes mensuelles.

Le régime thermique de la région est caractérisé par des températures élevées en été et relativement basses en hiver. Les températures les plus élevées sont enregistrées durant les mois de Juillet et Août, où elles atteignent un maximum de 36°C en moyenne, ce qui correspond à une forte évaporation. Les basses températures se manifestent au mois de janvier

et février avec une température moyenne de 14°C et 15°C et une minimale moyenne de 3°C pour les deux dernier mois. La (figure 17) représente les variations mensuelles de Température sur 30 ans de la région de Saida

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

On peut distinguer deux grandes périodes :

- Une période froide allant du mois du novembre jusqu'au mois de mars caractérisée par un minimum absolu de température de 3°C, au mois de janvier et février.
- Une période chaude avec un maximum absolu 36°C correspondant à la période allant du mois de Juillet jusqu'au mois d'Août.

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

Ce tableau nous montre que la zone est caractérisée par 5 mois humides, et 4 mois sec et 3 mois Sub-sec.

**Tableau.9:** Classification des mois (période 1983– 2012), station météorologique REBAHIA, Saida.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mais	Juin	Juill	Aout
P(mm)	23	41	44	34	38	36	40	36	31	12	6	12
T(C°)	17.5	18.5	12.5	9.5	8.5	9	11.5	14	18	23.5	27	27.5
2T(C°)	34	37	25	19	17	18	23	28	36	47	54	55
3T(C°)	51,5	55,5	37,5	28,5	25,5	27	34,5	42	54	70,5	81	82,5
Class	S	S-S	H	H	H	H	H	S-S	S-S	S	S	S

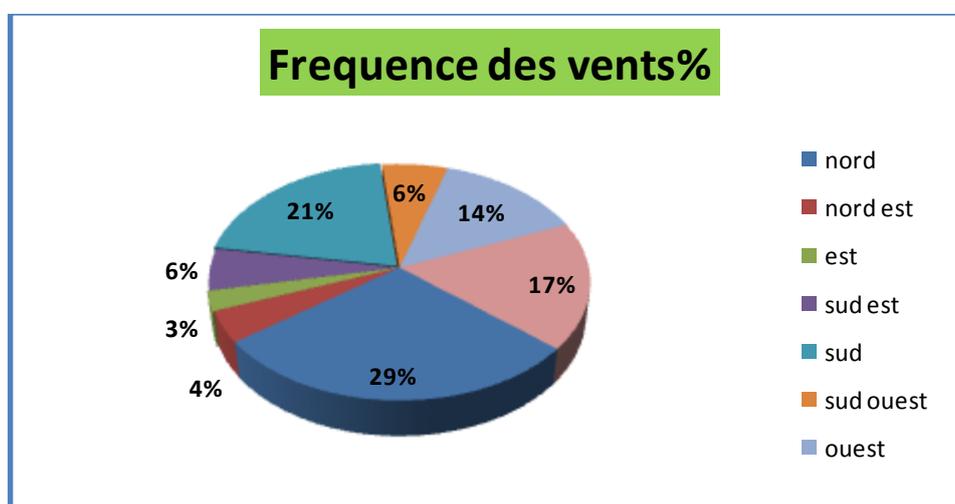
### 3. Le vent :

Le vent est un phénomène continuels au désert où il joue un rôle considérable en provoquant une érosion intense grâce aux particules sableuses qu'il transporte, et en

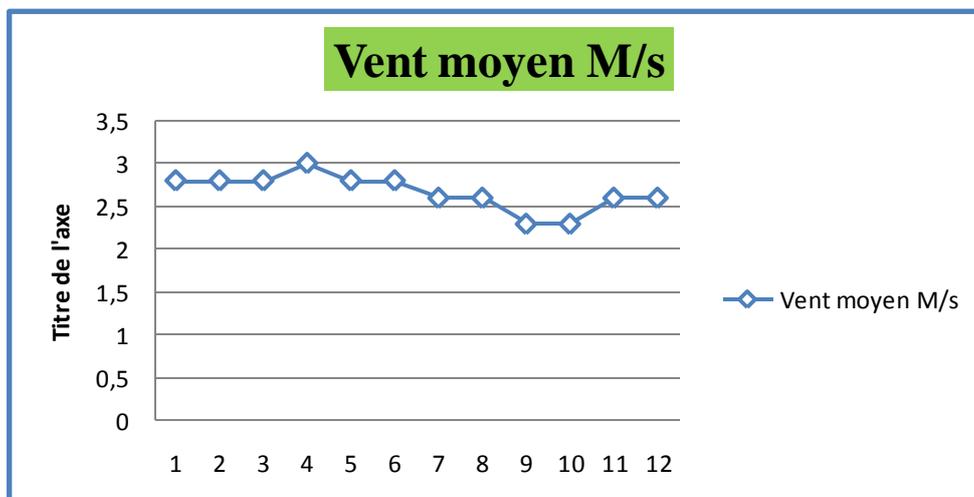
contrepartie une sédimentation également importante qui se traduit par la formation de dunes ( PAUL OZENDA , 1991)

Le vent agit soit directement par une action mécanique sur le sol et les végétaux, soit indirectement en modifiant l'humidité et la température

Les vents dominants sont particulièrement ceux du Nord et du Sud. Ceux du Nord soufflent avec une fréquence de 14.7 % et ceux de Sud avec une fréquence de 10.6 % jouant le rôle de la dégradation mécanique du sol et agissent sur l'amplitude et la température. Ils constituent ainsi un agent d'érosion efficace dans les régions à couverture végétale faible ou nulle, surtout durant la période sèche où beaucoup de sols acquièrent une structure micro- polyédrique (pseudo-sables).



**Figure .18** : La fréquence des vents selon la direction en%.



**Figure 19** : Présentation graphique de vent moyenne mensuelle en M/s

#### 4. Le siroco :

Le sirocco est un vent chaud et sec au pouvoir desséchant élevé par l'augmentation brutale de la température, et l'abaissement simultané de l'humidité de l'air qu'il provoque.

Le sirocco en Algérie est lié aux perturbations de nature orageuse. Indépendamment de son caractère local, le sirocco est plus fréquent à l'Est (30 jours/an en moyenne) qu'à l'Ouest (15 jours/an) ; Rare en hiver, il souffle surtout en été. (DJEBAÏLI Y, 2004)

Le sirocco souffle du Sud vers le Nord, il est fréquents durant la période du mois de Mai jusqu'au mois d'Août. La zone d'étude est le siège des vents de différentes directions.

**Tableau.10:** Nombre des jours moyens de siroco. Période 1983-2012.

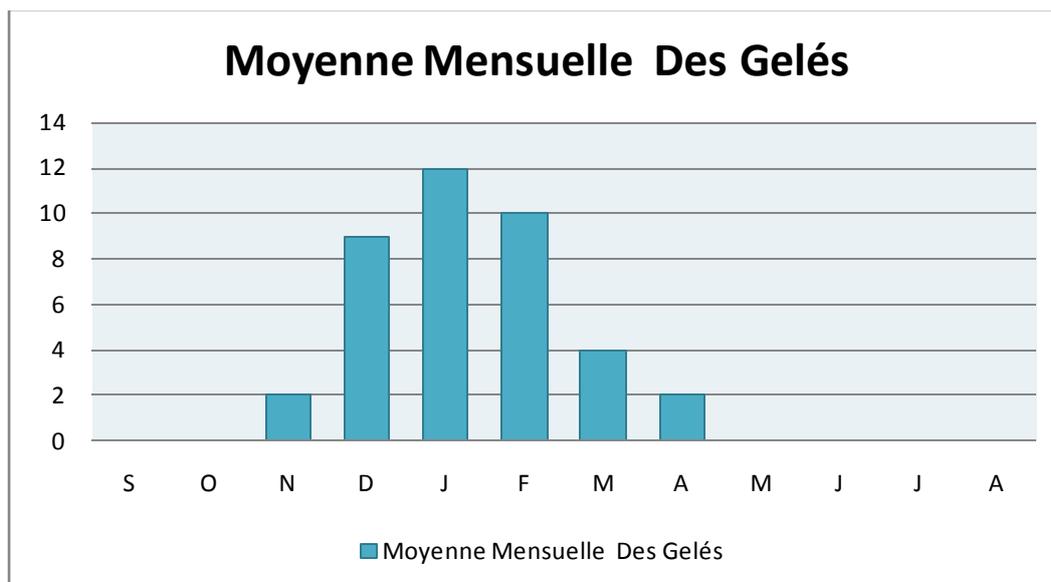
Paramètres	Jan	Fev	Mars	Avril	Mais	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dece	totale
Nbr de jours	0	0	1	1	2	3	3	3	1	2	0	0	16

La station de météorologique de REBAHIA, 30 ans

#### 5. La gelé :

La nuit les températures les plus basses s'observent alors à la surface supérieure de la strate herbacée. Un plant enfoui dans une strate herbacée sera protégé au départ, mais dès qu'il dépassera cette strate, il se trouvera dans de mauvaises conditions, et le risque de gel des bourgeons terminaux devient considérable

Les gelées enregistrées varient d'une moyenne de 9 à 12 jour/an (dans la période 1983 à 2012), essentiellement en décembre, Janvier et Février. (Station de Rebahia).

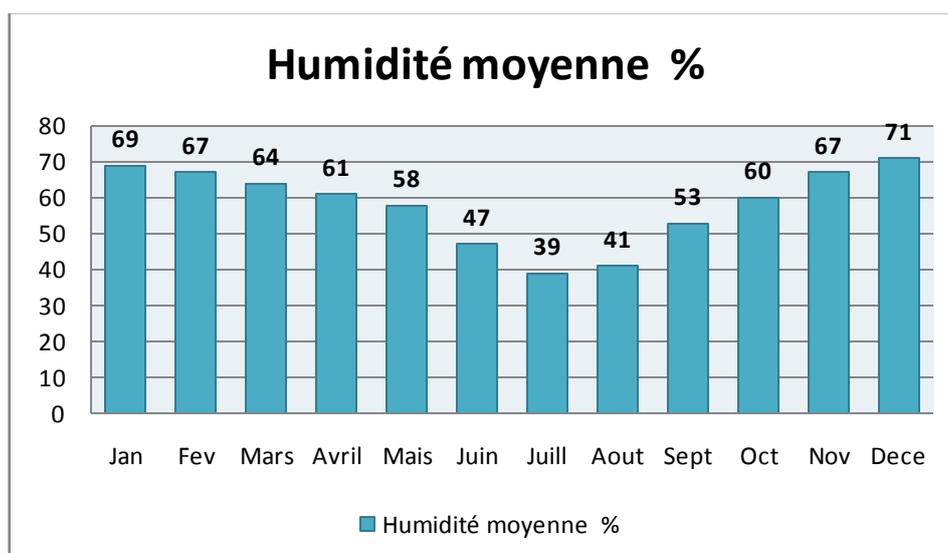


**Figure.20:** histogramme des Fréquences moyennes mensuelles des gelées. (1983-2012).

## 6. Humidité :

L'humidité relative c'est le pourcentage de vapeur d'eau que contient un volume d'air donné, à une température donnée, par rapport à la quantité de vapeur d'eau que peut contenir ce même volume d'air à cette température.

Durant les 7 Mois de l'année le taux d'humidité est supérieure à 60 % et ce à partir de mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril, le taux maximum d'humidité relatif enregistre 69% alors que le minimum est de 39% dans le mois de juillet

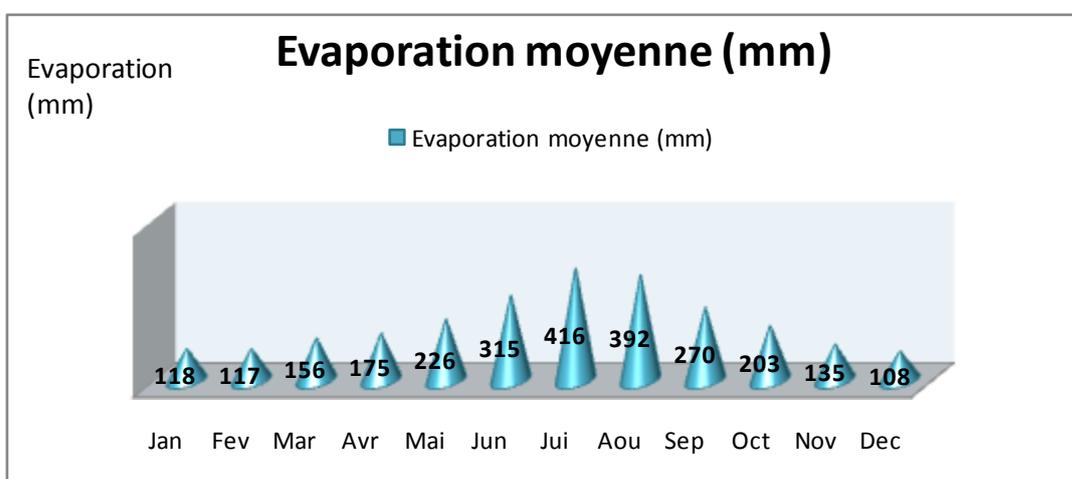


**Figure.21:** Histogramme d'humidité relative moyenne mensuelle ,1983 – 2012.

## 7. L'évaporation et l'évapotranspiration :

L'évaporation est un phénomène physique qui augmente avec la température, la sécheresse de l'air et l'agitation de cet air (on sait par exemple que le linge sèche d'autant plus vite qu'il fait plus chaud et qu'il y a davantage de vent). (P.OZENDA 1991)

L'émission de la vapeur d'eau ou évapotranspiration (exprimée en mm), résulte de deux phénomènes : l'évaporation, qui est un phénomène purement physique, et la transpiration des plantes. La recharge des nappes phréatiques par les précipitations tombant en période d'activité du couvert végétal peut être limitée. En effet, la majorité de l'eau est évapotranspirée par la végétation. Elle englobe la perte en eau due au climat, les pertes provenant de l'évaporation du sol et de la transpiration des plantes.



**Figure. 22:** histogramme d'évaporation moyenne mensuelle. 1979-2009.

## 8. 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).

### 9. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953 et 1957) :

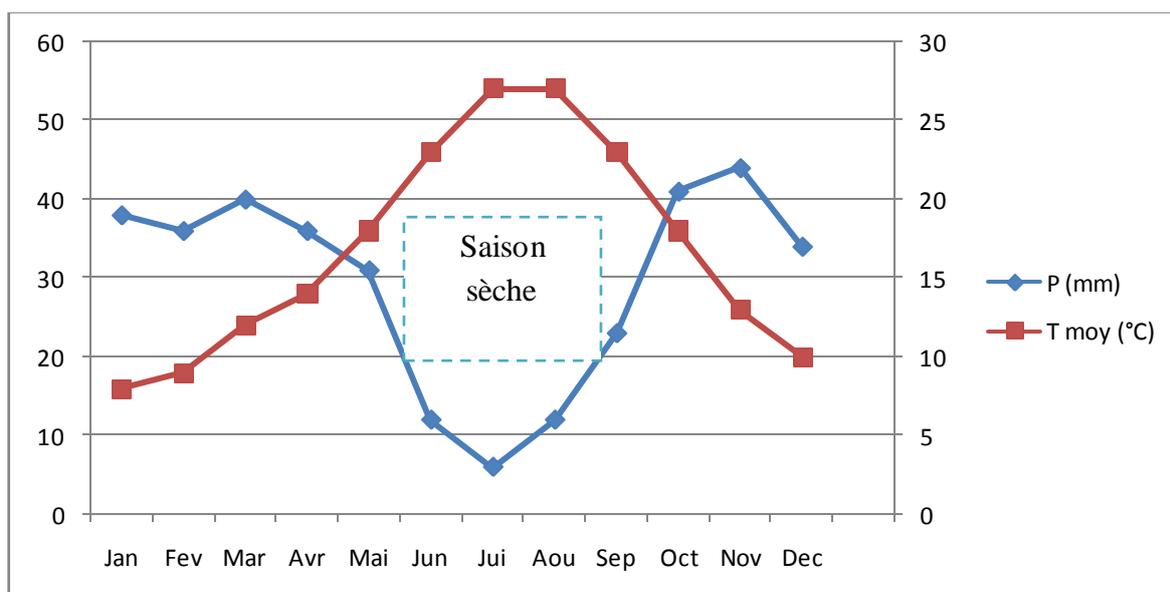
C'est une comparaison graphique entre les précipitations et la température (humidité et chaleur). Il repose sur la notion de mois sec et qui se caractérise par la relation  $P$  (précipitations) inférieur ou égal à  $2T$  (température en degré centigrade).

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)

**Tableau.11:** Précipitations et températures moyennes mensuelles.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou
<b>(P) Moy en (mm)</b>	23	41	44	34	38	36	40	36	31	12	6	12
<b>T(C°)</b>	23	18	13	10	8	9	12	14	18	23	27	27
<b>2Tm(C°)</b>	46	36	26	20	16	18	24	28	36	46	54	54



**Figure.23:** Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен entre (1983-2012).

-Ce diagramme permet d'identifier la saison sèche : été (suite de mois secs où le total des précipitations exprimées en mm est égal ou inférieur au double de la température indiquée en degrés centigrades),

-Un mois est considéré comme chaud lorsque la température mensuelle est supérieure à 20°C.

-Une période froide peut être identifiée (celle le ou les mois successifs ont une température mensuelle inférieure à 0°C).

### 10. Le Quotient Pluviométrique et Climagramme d'EMBERGER :

- Le quotient d'Emberger permet empiriquement de faire ressortir des paramètres bioclimatiques comme la sécheresse et l'amplitude thermique.

La représentation du quotient en fonction de « m » (moyenne des températures minimales du mois le plus froid) est la base du climagramme, permettant de situer une localité, une essence, une formation végétale ou un groupement.

- EMBERGER (1942) mis au point une formule  $Q_2 = 1000 P / (M + m/2) (M - m)$ , c'est le quotient le plus connu et le plus utilisé en région méditerranéenne à défaut d'autres indices. Ce quotient prend en considération les facteurs climatiques essentiellement les précipitations moyennes annuelles (P), la température annuelle moyenne du mois le plus chaud (M) et du mois le plus froid (m).

- STEWART (1969) a repris et amélioré en simplifiant le quotient pluviométrique EMBERGER en vue d'une meilleure application pour l'Algérie. La formule allégée est la suivante:

$$Q_2 = 3.43 P / (M - m) \text{ in LABANI, A. (2005)}$$

**Tableau.12** : Quotient pluviométrique et étage bioclimatique. (BEN ABDELI, 2006)

Etage Bioclimatique	Quotient Pluviométrique
Humide	$Q_2 > 100$ .
Subhumide	$100 > Q_2 > 50$
Semi-aride	$50 > Q_2 > 25$ .
Aride	$25 > Q_2 > 10$ .
Saharien	$Q_2 < 10$ .

-Les variantes sont distinguées en fonction de la valeur des températures moyennes minimales du mois le plus froid ( $m$ ) comme suite :

- Hiver froid  $m < 1$ .
- Hivers frais  $1 < m < 3$ .
- Hivers tempérés  $3 < m < 5$ .
- Hivers doux  $5 < m < 7$ .
- Hivers chauds  $m > 7$ .

**Tableau.13** : Valeurs de quotient pluviométrique de la commune de Saida.

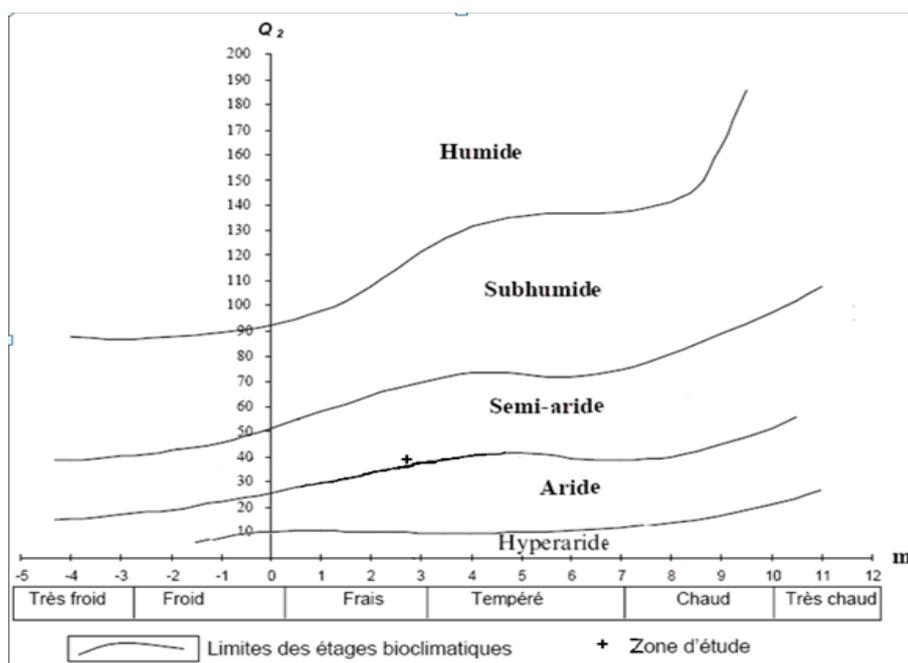
Stations	P (mm)	T° C (Max)	T° C (m)	Q <sup>2</sup>	Zone bioclimatique
Saida ( Ain El Hadjar )	353	36	3	36.69	Semi Aride frais

**P:** Pluviométrie moyenne annuelle.

**M:** Moyenne des maximums du mois le plus chaud.

**m:** Moyenne des minimums du mois le plus froid.

**T:** Température moyenne annuelle.



**Figure.24:** Climagramme d'Emberger de la commune de El Hadjar.

### 11. Indice d'aridité proposée par MARTONNE :

Cet indice nous permet de connaître l'aridité du climat d'une région donnée. Il s'exprime comme suit :

$$I = P/T+10$$

**P** : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

**T** : Température moyenne annuelle en (°C).

Pour :

$20 < I < 30$ : Climat tempéré

$10 < I < 20$ : Climat semi - aride

$7.5 < I < 10$ : Climat steppique

$5 < I < 7.5$  : Climat désertique

$I < 5$  : Climat hyper - aride.

- **P** = 29.42 mm.
- **T** = 16.83°C.
- **I** =  $29.42 / 10 + 16.83 = 19.77$

La valeur trouvée de l'indice d'aridité pour la forêt de Fenouane se traduit par un climat semi-aride

### Conclusion :

D'après les résultats obtenus de l'analyse des données climatiques, on constate une très grande variation des précipitations et des températures.

Le climat de la région de Ain El Hadjar est pratiquement du type méditerranéen caractérisé par :

- La concentration de pluies pendant la période froide (HPAE).
- Une sécheresse apparente pendant les mois les plus chauds (l'été).

La durée de la saison sèche est en moyenne de 6 mois, elle couvre la dernière semaine du mois de Mai jusqu'en début du mois d'Octobre. L'indice d'aridité de la région est estimé à 19.77 et détermine un régime semi aride.

En conclusion nous pouvons dire que le climat de la commune de Ain El Hadjar est caractérisé par :

- Une pluviométrie faible et irrégulière
- Une période sèche assez longue (de la première semaine du mois de Mai jusqu'en début du mois d'Octobre) ; Des températures fortes en saison estivale et basses en saison hivernale.

#### IV. Analyse socio-économique :

La commune de Ain El Hedjar, occupe une superficie totale de 417, 3 km<sup>2</sup>, le nombre de la population dépasse 28670habitants selon le dernier recensement 2008 avec une densité de 68.70 habitants/km<sup>2</sup>, et un taux de croissance de 2.97.

C'est cette population qui exerce une influence sur le milieu forestier ; On a observé une augmentation de population durant la période entre 1987 et 2008.

**Tableau.14** : Population résidente des ménages ordinaires et collectifs (MOC) selon la commune de résidence et le sexe et le taux d'accroissement annuel moyen (1998-2008)

COMMUNE	Unité d'analyse	Surface en km <sup>2</sup>	Population 1987	Population 1998	Taux 1998	Population 2008	Taux 2008	densité
Ain El Hadjar	U1	417,3	16206	21493	2,54	28670	2,97	68,70

(Source : RGPH 2008)

#### 1. Structure de la population :

##### ➤ Structure par sexe :

Le tableau ci-dessous présente la population dans la communes de Ain El hadjar représente une augmentation des hommes pas rapport aux femmes.

**Tableau .15:** Population résidente des ménages ordinaires et collectifs (MOC) selon la commune de résidence et le sexe et le taux d'accroissement annuel moyen (1998-2008).

Commune	Masculin	féminin	Total	Taux d'accroissement
Ain El Hadjar	14639	14384	29022	3,1

(Source : RGPH 2008)

L'évolution de la population par le groupe sexe est presque pareille, une faible différence entre le groupe masculin et le groupe féminin dans l'évolution de la population

### ➤ Structure de la population par type d'activité :

L'activité principale de la population dans notre zone d'étude est l'agriculture (Environ 48.5 %), les autres activités sont généralement liées au troisième secteur (commerce, service, secteur de construction) .On remarque l'absence totale de toute activités touristiques.

(Source : daïra de Ain El Hadjar.)

## 2. La végétation :

Le climat méditerranéen semi-aride, permet l'existence de diverses formations végétales allant de la garrigue à la forêt. Cette faible pluviométrie variant entre 350 et 500 mm en moyenne par an avec des températures moyennes maximales respectives de 36,2 et -0,8°C suffisent pour permettre l'installation et le développement de forêts à différents stades d'évolution (BENABDELI, 1996).

La forêt de Fenouane constituée de formation à base d'espèces arborescentes et arbustives très xérophiles et à forte capacité de rejeter. La principale formation rencontrée à différents stades d'évolution régressive ou progressive est le pin d'Alep et le thuya. (BENABDELI, 1996).

La végétation forestière est constituée essentiellement de peuplement de pin d'Alep auquel se joigne le thuya. Le sous bois est constitué de plusieurs espèces telles que: le lentisque, le chêne kermès, la globulaire, le romarin, l'alfa, les cistes, Le diss, le palmier nain, le genévrier, la filaire, l'olivier sauvage ... (B.E.N.F, 1990).

**3.La faune :**

Les forêts présentent des habitats d'espèces importantes, notamment comme sites de nidification des espèces. Les espèces animales recensées dans la région sont :

- Les mammifères carnivores sont :

Le lynx caracal, Le renard, Le chat forestier, La genette, la mangouste, La belette, Le chacal.

- Les mammifères charognards : une seule espèce est présente dans la zone d'étude qui est l'hyène rayée.

- Les mammifères de chasse :

La gazelle de cuvier, Le sanglier, Le lièvre, Le lapin, Le porc épic.

- Les mammifères insectivores : L'hérisson d'Algérie..... *Erinaceus hereboullet*.

- Les insectes : la chenille processionnaire. . (La direction des forêts, 2011).

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 ( $IV_{tvg}$ ), l'indice topo-morphologique (IM) et l'indice humain (IH).

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

## I Les données disponibles

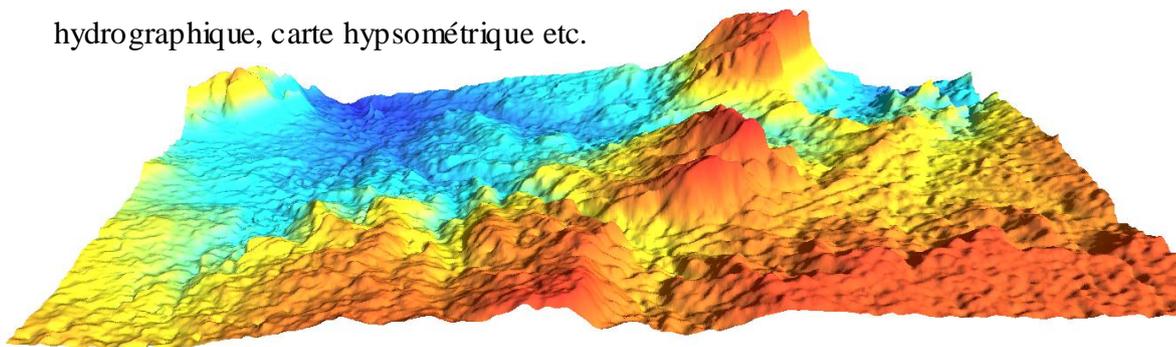
### 1. Les données satellitaires :

Pour le but de la cartographie des risques d'incendies on a pu avoir Une image acquise par les satellites du programme LANDSAT de l'année 2009 ETM acquises en 10/07/2009 un assemblage d'images Google Earth de (12/05/2004, 09/03/2005, 17/12/2005 et le 24/11/2013) téléchargées sur internet

#### 1. 1. Le model 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 recouvrent celles vues précédemment à savoir raster et vecteur. (J-M Gilliot, 2000)

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



**Figure. 25 :** Modèle numérique de terrain (MNT) de la zone d'étude aperçus en 3D.

**1.2. Les données topographiques :**

Carte topographique de Saida au 1/50000<sup>ème</sup>

**1.3. Les données géologiques :**

Cartes géologiques du Saida à l'échelle du 1/1000000<sup>ème</sup>. (Voir chapitre 2)

**1.4. Les données climatiques :**

Elles sont trouvées au niveau de la station météorologique de Rebahia d'une période d'enregistrement (période 1983– 2012) pour les différents paramètres climatiques, précipitation, température, vent, etc. (Voir chapitre 2)

**a) Matériels utilisés :**

Un support informatique (Scanner, Un ordinateur portable, un appareil photo numérique, GPS).

**b) Les logiciels utilisés :**

- ◆ Le logiciel MAPINFO est un outil de type Système d'Information Géographique qui sert à créer, traiter et à cartographier l'information géographique. Il compile, assemble, croise des données thématiques professionnelles avec les données génériques vecteurs ou raster (BARBIER, 2002).
- ◆ Le VERTICAL MAPPER est un logiciel complémentaire important de MapInfo. Les principaux apports de vertical Mapper concernent la mise à disposition de nouvelles techniques d'analyse des informations localisées qui varient de manière continue dans l'espace ; la capacité de comparaison et d'analyse sur de multiples couches de données, et des visualisations originales. Outre les types de données connues sous MapInfo que sont les points, les Polylines et les Polygones, Vertical Mapper introduit un nouveau type le grid-file mieux adapté pour représenter des données qui varient de manière continue dans l'espace comme l'ensoleillement, la pollution, la température ou l'altitude (BARBIER, 2002).
- ◆ Le logiciel ENVI est logiciel complète de visualisation et d'analyse d'image issues de la télédétection. Son interface logique et intuitive permet de lire, de visualiser et d'analyser différents formats d'images, de toutes tailles et sur une grande variété de plates-formes. De plus, ENVI inclut également le puissant langage de développement IDL (Interactif Data Language) qui permet d'étendre les fonctionnalités d'ENVI ou de créer ses propres routines.

Ses fonctions interactives et complètes d'analyse multi / hyper-spectrales et radar révolutionnent la façon dont nous observons la terre.

Il constitue le choix naturel des professionnels de part ses performances, son ouverture, sa facilité d'utilisation et la qualité de ses algorithmes,...

- Différents types de formats images : Satellites, Radar ou Aériennes ;
- Une large gamme de formats images : SPOT, IKONOS, Landsat 7, Terra (ASTER, MISR, MODIS), ERS, SeaWifs, ENVISAT, SPOT Végétation HDF-EOS, Radarsat , TOPSAR, AIRSAR, E-SAR, GEOTIF, AVIRIS, CASI.
- Des formats vecteur standard : ArcViewshapefile, Mapinfo, Microstation, DGN, AutoCAD DXF ; Des outils SIG
- Un accès facile aux données : il supporte une très large gamme de formats d'images (formats des principaux fournisseurs de données satellites, aériennes ou radar), vecteurs (formats des principaux SIG) et MNT (modèle numérique de terrain).
- Convivial : grâce à son interface logique et intuitive.
- Complet : un ensemble très complet de fonction d'analyse et de traitement.

Des algorithmes spécifiques permettent de tenir compte et profit des avantages de chacun de ces domaines :

- Traitement d'image : pré-traitement, analyse en composantes principales, NDVI, filtres ;
  - Calage : géo-référencement, orthrectification, mosaïques ;
  - Analyse multi spectrale et hyperspectrale : Roi, classifications supervisées ou non-supervisées, post-classifications, librairies spectrales ;
- 
- Analyse Radar : mono-bande, polarimétrique ;
  - Outil vecteurs : création ou éditions de couches vecteurs, interrogations des attributs ;
  - Analyse topographique ;
  - Visualisation 3D interactive ;
  - Compositions de cartes ;

- Ouvert : grâce au langage IDL, Interactive Data Language (inclus dans ENVI), l'utilisation peut rapidement intégrer ses propres algorithmes de traitement ou l'accès à de nouveaux formats d'images.
- ◆ L'Excel pour les traitements des données climatiques et leur représentation graphique de ses derniers.

## 2. Méthodologie de travail :

### 2.1. 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).

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

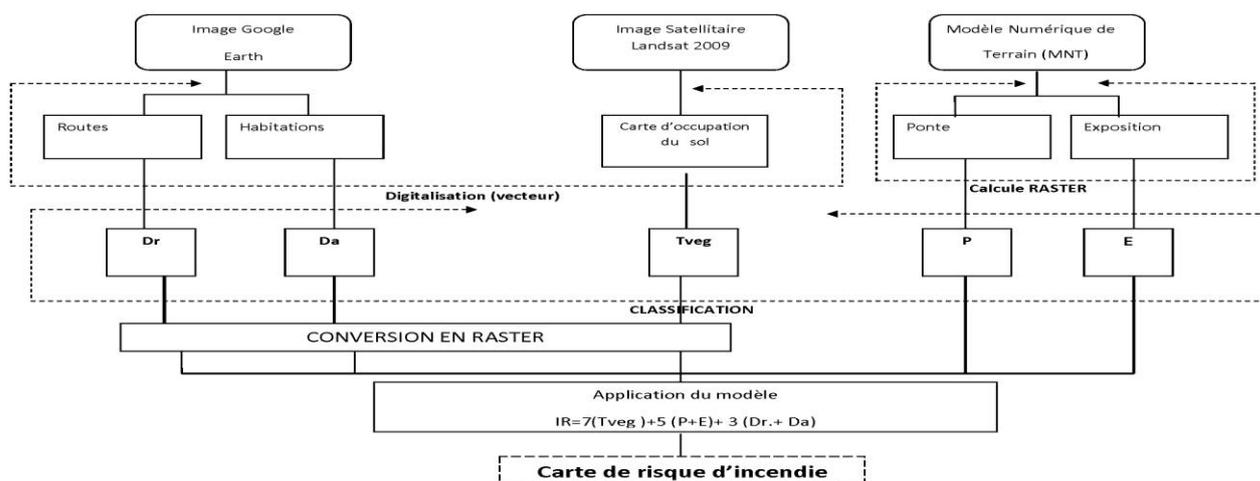
**L'indice de risque incendies-IR**

**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 (figure26)



**Figure.26** : Procédure de cartographie de l'indice de risque des feux de forêts.

## 2.2. Démarche :

La démarche retenue pour la réalisation des couches d'informations thématiques nécessaires à la création de la carte des risques incendies s'est déroulée en plusieurs étapes successives.

### 2.2.1. Le géoréférencement :

La première étape après la récupération de la carte topographique scannée et le téléchargement des images Google Earth de la région d'étude (par capture d'écran), a été le géoréférencement de ces données.

Il s'agit là d'une étape importante pour permettre une bonne superposition des couches d'informations par la suite. Elles doivent avoir la même projection et la même unité.

La projection choisie pour nos applications est Lambert V.L.U Algérie nord, l'unité est le mètre. Le calage de la carte topographique est obtenu avec quatre points de calage et avec zéro d'erreur pixel.

Les images Landsat ETM étaient déjà géoréférencées (en UTM 30 N). Après traitement sous ENVI, nous les avons importées sous MAP INFO et avons alors modifié leur projection pour les rendre compatibles avec les autres données.

**2.2.2. La digitalisation :**

Une fois la carte topographique géoréférencée, on a procédé à la digitalisation de différents objets thématiques.

Selon notre objectif on utilise soit les polygones fermés, soit les polygones.

**2.2.3. La superposition des couches d'informations :**

Cette opération permet la création d'une carte à partir de la combinaison d'une ou de plusieurs autres. C'est une fonction indispensable pour procéder à une modélisation qui est une représentation simplifiée des phénomènes d'intérêt. Elle permet d'envisager des scénarios d'évolution des risques, de les prévoir et de les quantifier. Ceci se traduit souvent par une grande masse d'informations géographiques que le thématicien devra manipuler pour l'analyse des systèmes écologiques.

**2.2.4. La classification et l'analyse des indices de risques :**

Les facteurs de risques retenus dans cette étude ont été analysés par ordre d'importance :

**2.3. L'indice humain :**

- A partir de l'image téléchargée sur Google Earth géoréférencées, les routes et les habitations sont digitalisées.

- La fonction "Buffer" permet de calculer les distances autour des habitations et des routes, en utilisant les normes du modèle adopté (Tableau16)

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

**Tableau.16 :** Classification des distances des routes et des habitations (ERTEN *et al*, 2004)

Paramètre	Distance (mètre)	Code	Classe de risque
<b>distance à partir des routes (Dr)</b>	<100	5	Très élevé
	100-200	4	Elevé
	200-300	3	Moyen
	300-400	2	Faible
	>400	1	Très Faible
<b>distance à partir des habitations (Da)</b>	<1000	5	Très élevé
	1000-2000	4	Elevé
	2000-3000	3	Moyen
	>3000	2	Faible

La fonction "Buffer" produit deux fichiers vecteurs, un pour les routes (Dr) et un pour les habitations (Da). Ces derniers sont convertis en format raster (GRID) qui servira pour le calcul de IR.

#### 2.4. L'indice de végétation :

En absence d'une carte de végétation plus précise concernant la wilaya de Saida et meme pour sa commune pour classer les types de végétation, on a élaboré une carte d'occupation du sol qui fournira des informations géographiques relatives à l'occupation du sol et pour cela ceci repose sur un travail de bureau qui consiste en un traitement des images satellitaires, d'une part, et des vérifications de terrain, d'autre part. De ce fait, on a eu des images satellitaire ETM 2009 qui étaient corrigées par l'influence de l'atmosphère ainsi du soulagement topographique. Cependant, une visite du terrain a été réalisée dans le but d'opter à une classification supervisée. Pour ce, Les classes d'occupation du sol sont décrites selon la localisation (lieu-dit, communes, zones homogènes) et leurs superficies exprimées en hectares et en pourcentage. Et pour la présente étude on a obtenu ces quatre calasses : foret, erme, matorral et sol nu à partir de la carte d'occupation du sol qui nous a mené à une classification de la flore selon son inflammabilité qui est lié à l'humidité de la végétation (tableau 17).

- Le fichier vecteur est converti en format raster qui servira pour le calcul de IR

**Tableau.17 :** Classification du type de végétation méditerranéenne.

Type de vegetation	Code	Classe de risque
Quercus coccifera	5	Très élevé
Quercus ilex	5	Très élevé
Pinus halepensis	4	Elevé
Juniperus oxycedrus	4	Elevé
Pistacia lentiscus	3	Moyen
Rosmarinus officinalis	3	Moyen
Olea europea	3	Moyen
Pelouse	2	Faible
Escarpeement	1	Très Faible

(Source CEMAGREF)

## 2.5. L'indice topomorphologique :

Le MNT nous renseigne sur les altitudes, à partir duquel sont dérivés la carte des pentes et la carte des expositions à l'aide de l'extension spatial analyste.

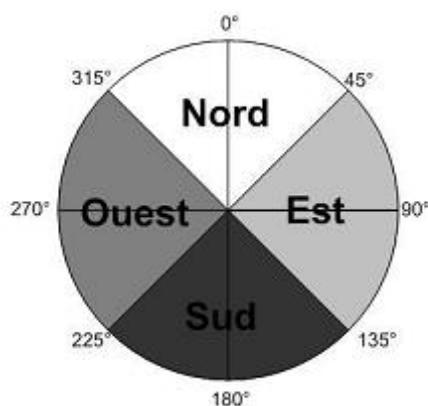
### - La pente

Elle favorise la propagation ascendante du feu entre le front incendié et la végétation encore intact. De ce fait, 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 8.

### - 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 (Figure 27). Ce fichier raster doit être classifié selon le tableau



**Figure.27** : Conversion des expositions en degré.

**Tableau.18** : Classification des pentes et des expositions (ERTEN *et al*, 2004)

Paramètre	Distance (mètre)	Code	Classe de risque
<b>Pente (p)</b>	>35%	5	Très élevé
	25-35%	4	Elevé
	10-25%	3	Moyen
	10-5%	2	Faible
	<5%	1	Très Faible
<b>Exposition (e)</b>	Sud	5	Très élevé
	Ouest	4	Elevé
	Est	3	Moyen
	Nord	2	Faible

### 2.6. L'indice du risque des incendies :

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

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

Il s'agit d'appliquer la formule du modèle adopté sur les différents indices de végétation, topomorphologique et humain en format raster (Figure 28). Sur la base de la carte du risque et la concertation avec les Forestiers de la conservation nous proposerons des aménagements défense des Forêts Contre les Incendies.

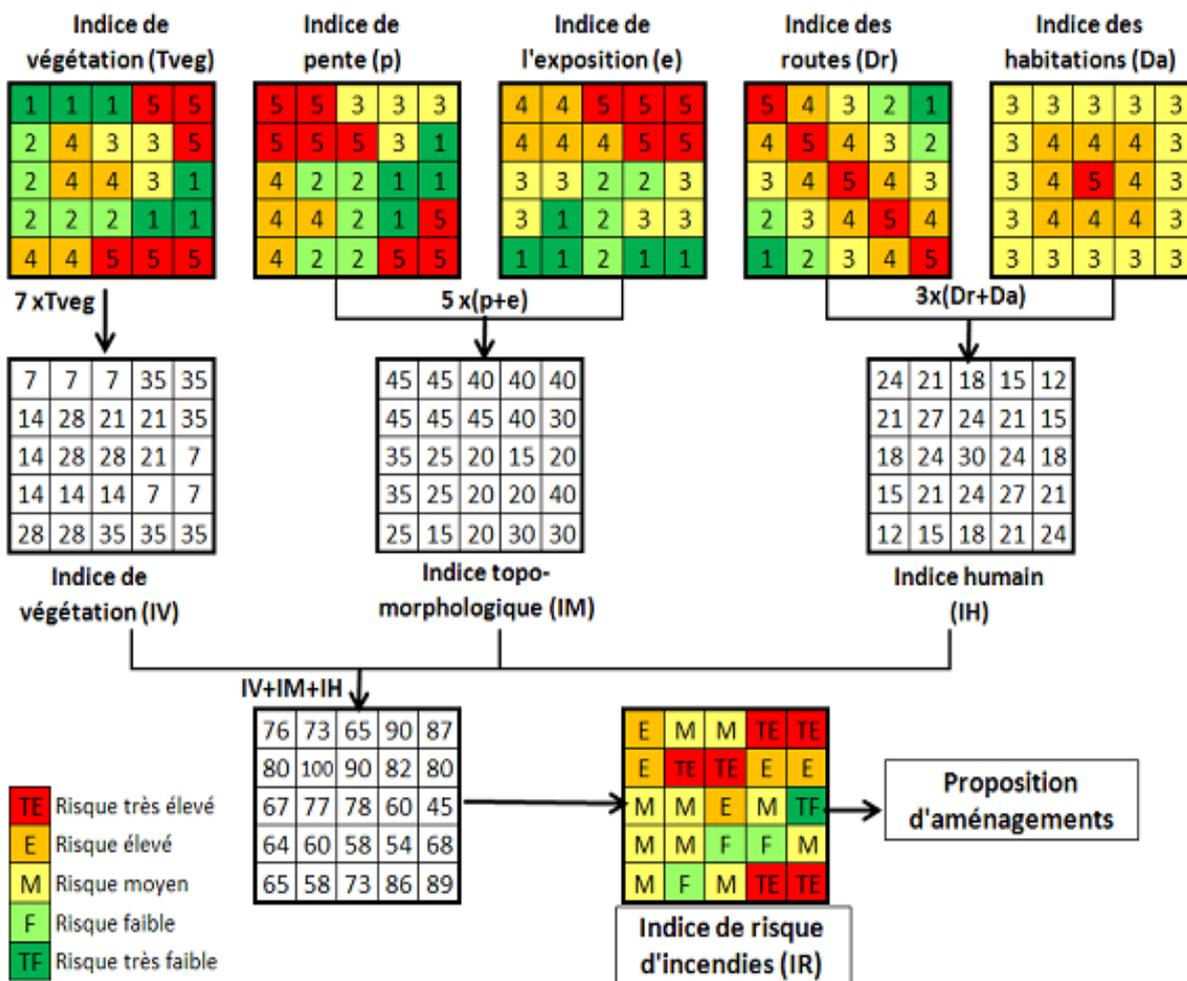


Figure.28: Procédure de calcul raster de l'indice de risque des feux de forêts

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

## 1. La cartographie du risque d'incendies :

### 1.1. L'indice de végétation :

La( figure29) indique que **32 %** de la zone étudiée présente un risque très élevé à élevé (12.051,97 Ha) dont l'espace mis en jeu regroupe une forêt et un matorral avec une prédominance de l'espèce du Pin d'Alep. Ces zones présentent un risque d'incendie plus important, tandis que les classes à risque moyen occupent **24 %** de la zone étudiée (9.119,64 Ha). D'autre part, la classe à risque faible occupe une superficie de **44 %** soit (16.928,8 Ha) de la zone d'étude et ceci représente essentiellement un sol nu.

### 1.2 .L'indice topomorphologique :

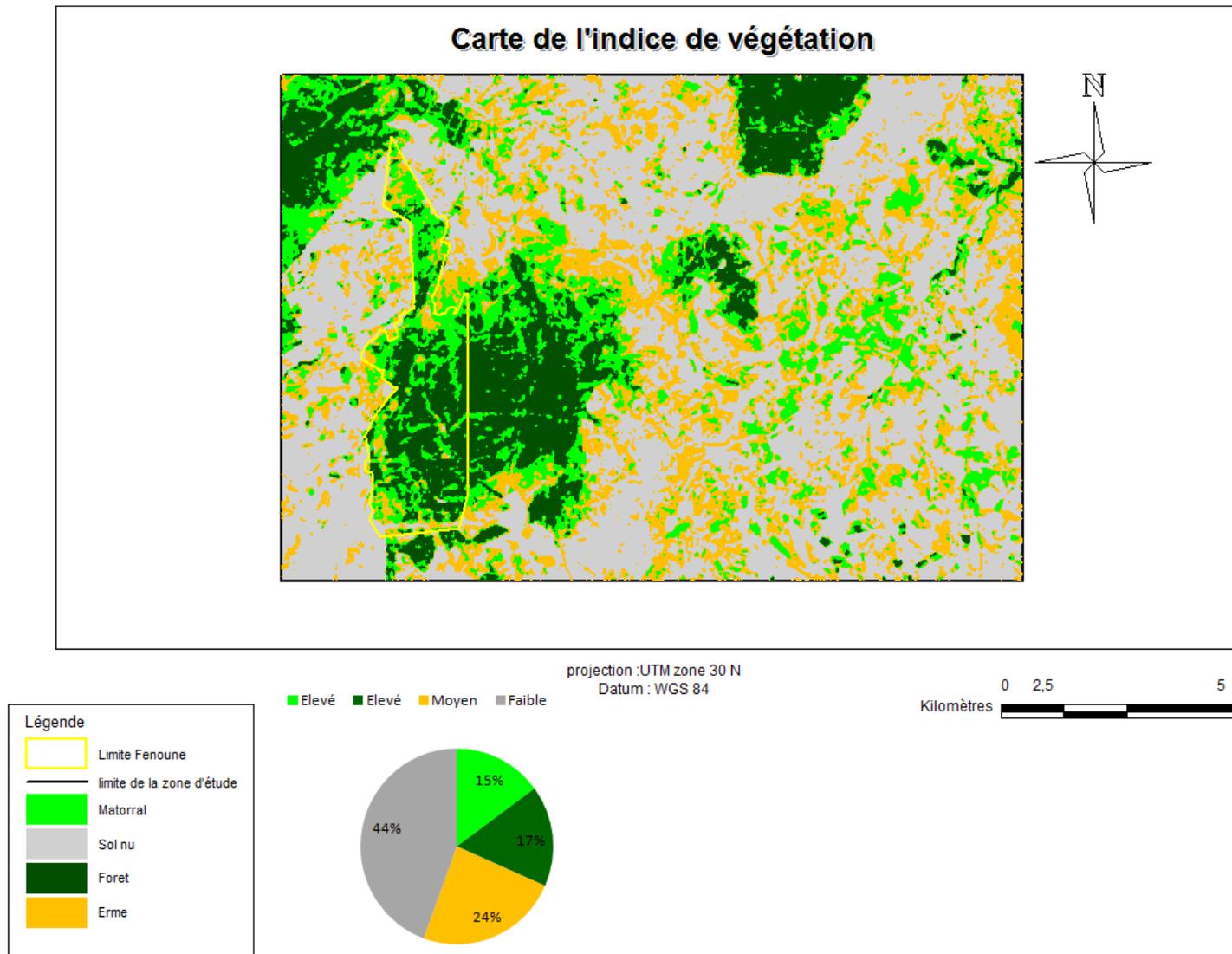
#### a) L'indice « pente »

Les classes les plus représentées sont la classe à risque faible et très faible **69 %** de la zone d'étude (24.687,5 Ha). Ces classes occupent presque toute la zone, la classe à risque moyen qui représente **06 %** (2197 Ha), et la classe à risque élevé ne représente que 5 Ha. Généralement, les pentes sont des terrains pleins, les fonds de vallées et les plateaux, ces terrains n'ont aucun risque d'incendie. Les classes moyennes sont caractérisées par des reliefs vallonnés, ceux sont des plateaux ou de bas pied monts de collines.

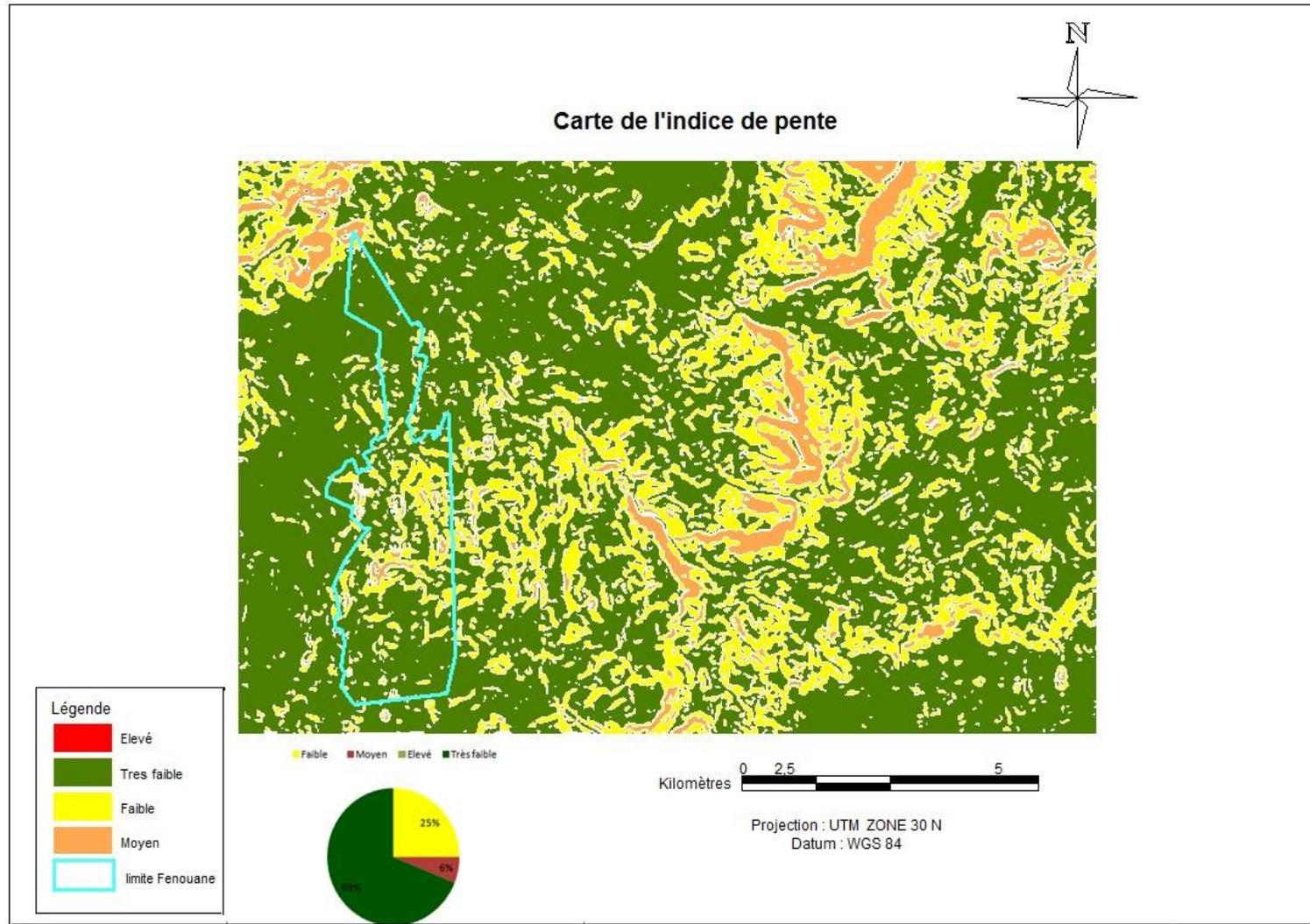
Pour les classes à risque élevé sont des prolongements de massifs montagneux, des hauts pieds monts et des montagnes, le risque d'incendie dans ces zones est très important (figure30).

#### b) L'indice « exposition » :

La carte de risque d'exposition de notre zone d'étude est représentée par la( figure31). La classe la plus répandue est la classe à risque élevé qui représente **30 %** avec une superficie de (10.854,9 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 **24 %** (10.854,9 Ha) de la même zone. D'autre part, Les classes à risque moyen représentent **19 %** avec une superficie de (6673,38 Ha), et les classes à faible risque ne représentent que **27 %** avec une superficie de (9760,1 Ha).



**Figure.29:** Carte de l'indice de végétation.



**Figure.30** : Carte de l'indice de pente.

Carte de l'indice d'exposition

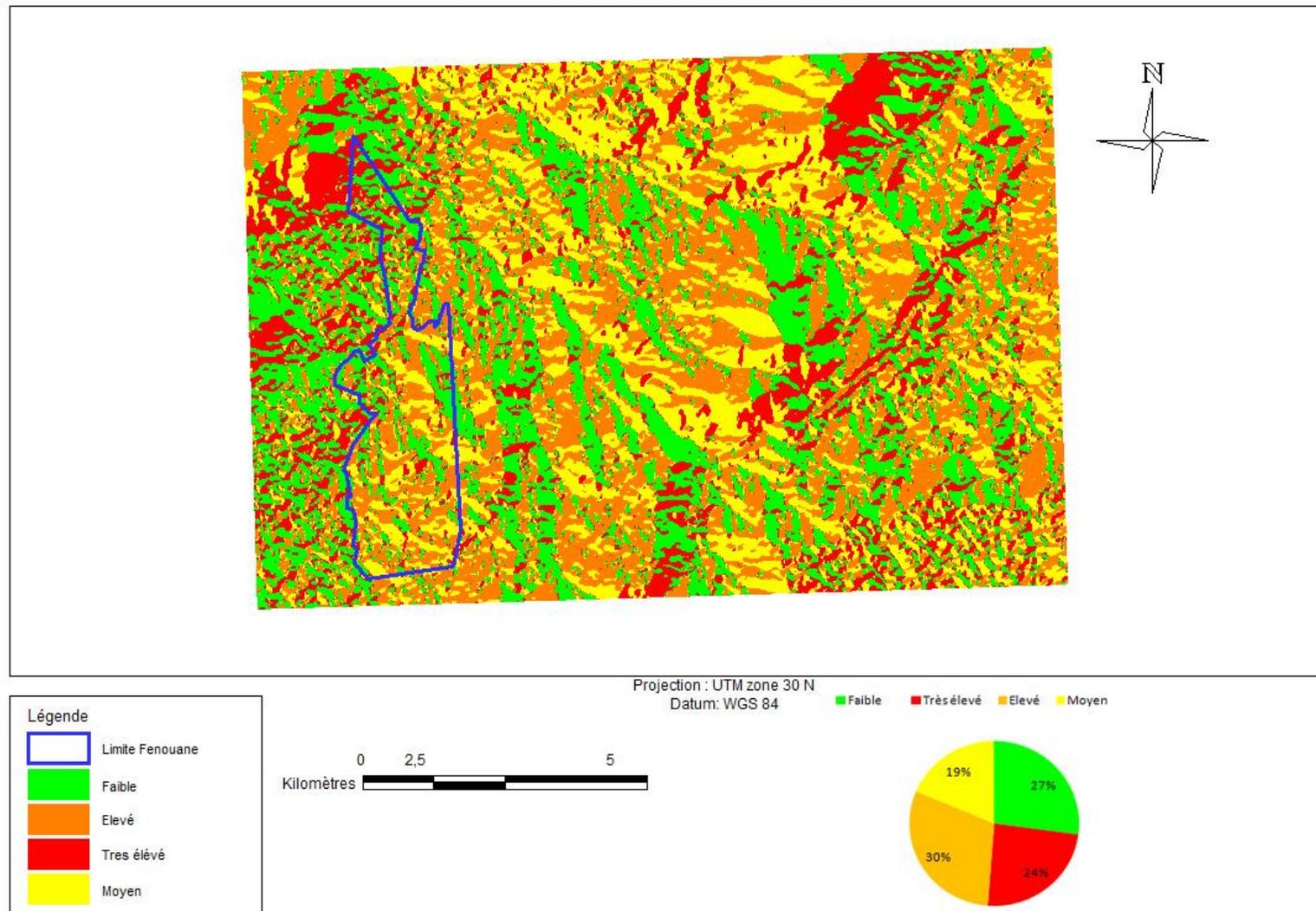


Figure.31 : Carte de l'indice d'exposition.

### 1.3 L'indice humain

#### a) L'indice de proximité des routes :

La (figure 32) indique que **66 %** de la zone d'étude présente un risque moyen à élevé (proximité <300 m). Cependant, la classe à risque élevé (proximité <200 m) représente **13%** de la superficie de la zone d'étude. Tandis que la classe à risque très faible est la plus dominante avec **34 %** (distance à partir des routes est supérieur à 400 m)

#### b) L'indice de proximité des agglomérations :

**77 %** de la zone d'étude présente un risque de moyen à très élevé (proximité <3000 m). Cependant, La classe à risque très élevé (proximité <1000 m) représente 20 % de la zone soit une superficie de (7 012,67 Ha), et se localise au niveau du village de Sidi Mebarek et la forêt de Fenouane (figure32). D'autre part, la classe à faible risque (>3000 m) occupe **23 %** de la zone et se localise surtout en est de la même zone.

### 1.4. L'indice de risque d'incendie :

**55 %** de la superficie de notre zone d'étude présente un risque faible à très faible, le reste 41 % présente un risque moyen à très élevé.

L'analyse de la carte de risque des feux de forêts, fait ressortir que la zone d'étude est dominée par des zones à risque faible (13 910,7 Ha), soit 40 % de la surface totale, on les retrouve réparties dans toute la carte. Les zones à risque élevé occupent (3 027,91 Ha) se retrouvent aussi réparties dans toute la zone, et représentent 9 % de sa surface. La classe à risque très élevé représente que (87 Ha) de la zone, et elle se localise au nord-ouest de la forêt de Fenouane.

### 1.5. Discussion des résultats :

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

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

- la végétation inflammable (*Quercus coccifera*, *Pinus halepensis*)

- une fréquentation humaine élevée (élevage, agriculture)
- un réseau routier dense (route N° 36 et N° 3)
- une pente élevée > 25 %
- une exposition sud.

➤ **La classe à risque élevé :**

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

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

➤ **La classe à risque moyen :**

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

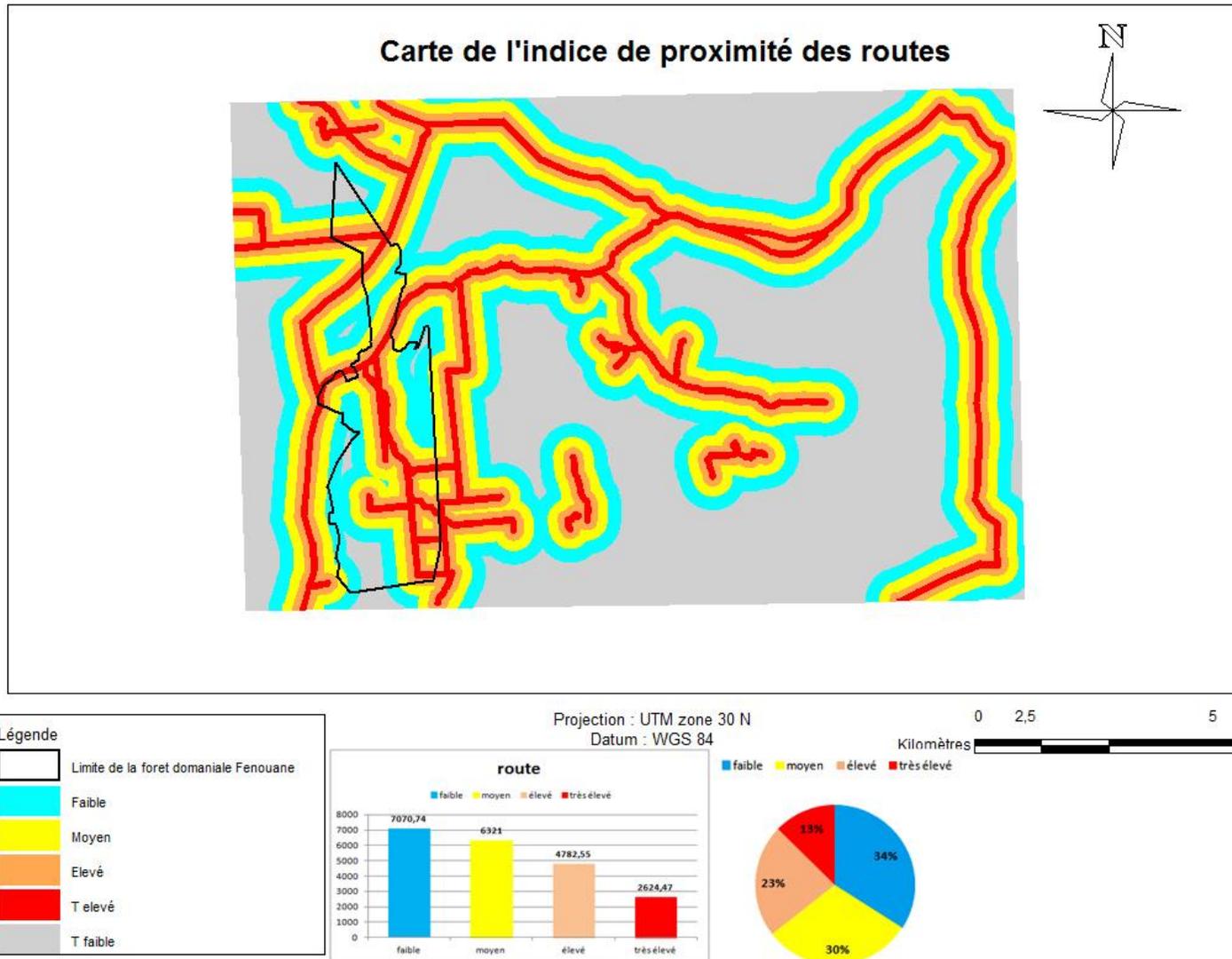
➤ **La classe à risque faible :**

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

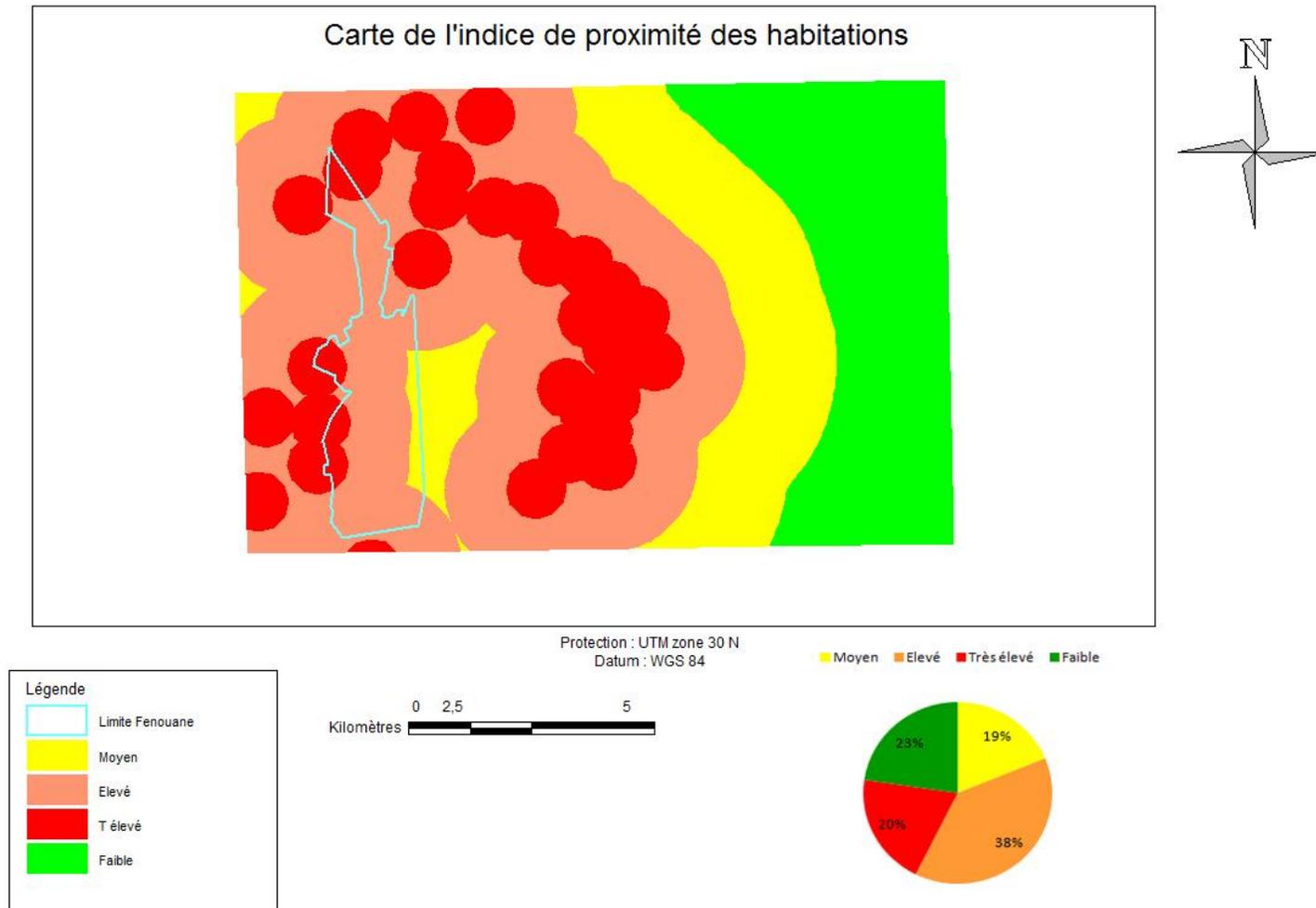
- une pente faible à très faible.
- une exposition nord.
- des sols nus ou des verges.

Nous signalons, au fait, que la carte d'occupation du sol élaborée, dominée par le sol nu, s'est avérée peu précise. En effet, lors de la sortie sur le terrain, nous avons constaté que ces sols sont en réalité, dans la plupart des cas, des èrnes qui présentent un risque d'incendie très élevé, contrairement aux sols nus qui représentent un risque très faible. Ceci se reflète sur la carte de risque d'incendie finale par la dominance de la classe à risque faible, alors que si la carte était plus précise, c'est la classe à risque très élevé qui pourrait dominer la zone.

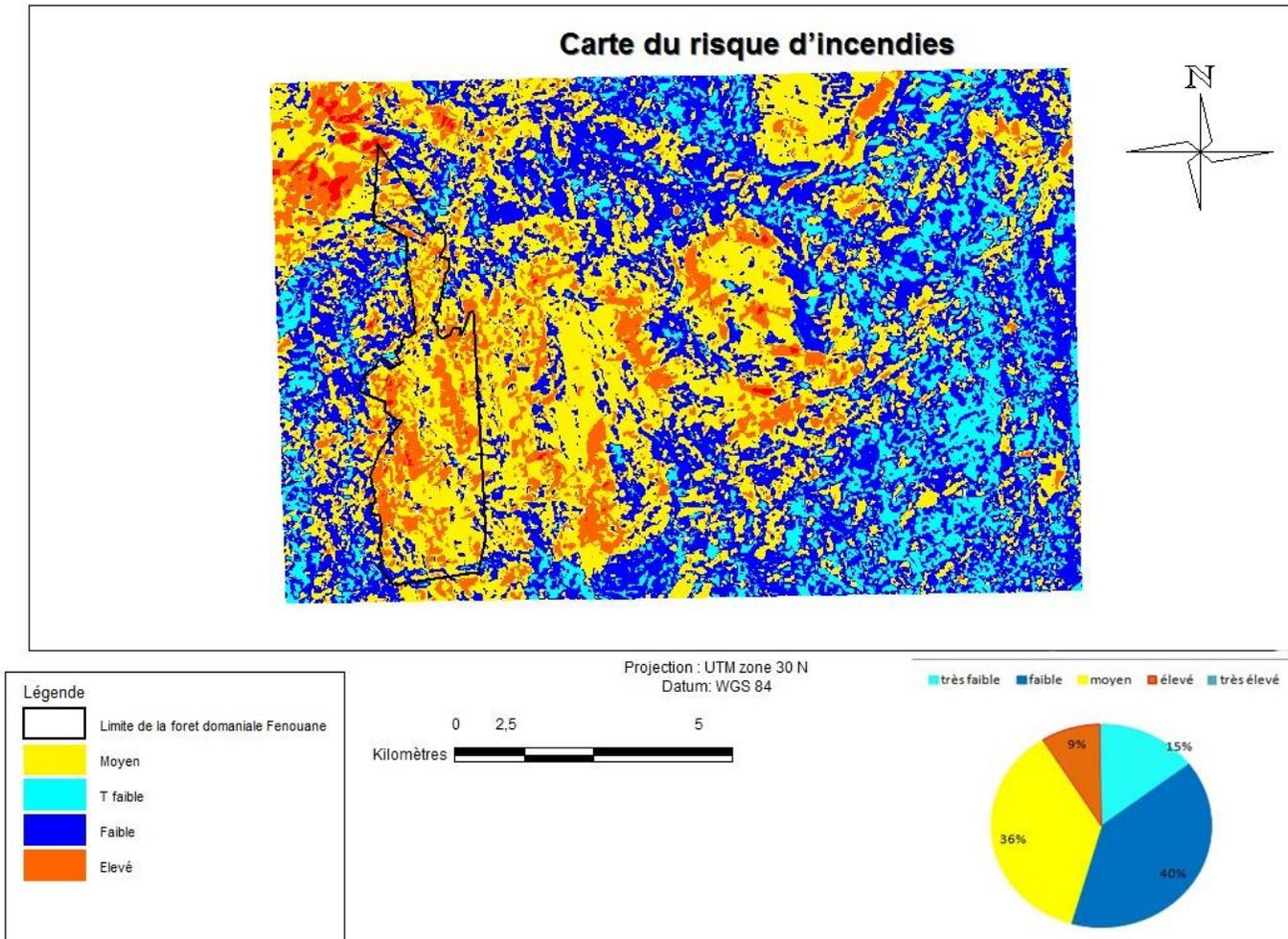
Notons aussi, au fait, que le réseau routier a été digitalisé à partir des images sur Google Earth, où il n'y a pas de différence entre les tranchées par feux et les pistes, et ces dernières n'apparaissent pas sur les cartes utilisées. Ceci se traduit aussi sur la carte de risque d'incendie finale par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



**Figure.32** : Carte de l'indice de proximité des routes.



**Figure.33** : Carte de l'indice de proximité des habitations.



**Figure.34:** Carte du risque d'incendies.

## **2. Proposition d'aménagements :**

### **2.1. Les postes de vigie :**

Dans les forêts d'Ain El Hadjar, la détection des incendies est assurée par les forestiers ou par les citoyens, qui interviennent volontairement pour les signaler en utilisant leurs téléphones mobiles. Cependant, il existe que 04 postes de vigie dans toute la forêt de la commune. En se basant sur la carte de sensibilité aux risques d'incendies et de visibilité dérivée du MNT, de l'accessibilité et des recommandations des forestiers de la circonscription d'Ain El Hadjar. 3 postes de vigie ont été proposés dans le but de détecter et signaler les foyers d'incendies rapidement.

Ce réseau de postes de vigie permet de surveiller 80 % de la surface de la zone d'étude, dont 90 % de celle-ci sont des zones à risque élevé à très élevé.

### **2.2. Les points d'eau :**

Pour l'extinction des feux, les intervenants ont besoin de points d'eau (servant à ravitailler les camions citernes) le plus proche possible des zones à risque élevé d'éclosion des feux. Les points d'eau actuellement utilisés dans notre zone d'étude sont : l'Oued Fenouane et les réservoirs de préaménagement. Nos perspectives actuelles tentent essentiellement à la réalisation d'autres points d'eau et à l'entretien des anciens réservoirs.

### **2.3. Les pistes et les tranchées par feu :**

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

### **2.4. La lutte active :**

Actuellement, les forêts d'Ain El Hadjar sont prises en charge par 13 agents forestiers, ce qui est très insuffisants par rapport à la surface de celles ci. Malgré que les agents de la conservation des forêts et de la protection civile participent lors des incendies, il est indispensable de renforcer les équipes d'intervention par des recrutements.

La circonscription d'Ain El Hadjar est aussi dotée de matériels moyens et insuffisants dont :

- Deux véhicules équipés d'un dispositif de lutte contre les incendies,
- Un camion citerne

- Quelques outils manuels tels que les pompes dorsales, les pelles, les haches, des serpes...

Il serait donc nécessaire de multiplier les moyens de lutte à proximité des zones sensibles.

### **2.5. La sensibilisation et l'information du public :**

Les actions de sensibilisation qui sont menées dans notre région d'étude se résument en :

- l'implantation de panneaux de sensibilisation sur le bord des routes,
- l'information par les agents du district pour sensibiliser les bergers et la population des villages voisins.

Les forêts d'Ain El Hadjar sont fréquentées par les actions de chasse notamment au printemps. En outre, les incendies aussi prennent place et présentent un effet néfaste surtout dans la période de la récolte à cause de l'usage du matériel ancien.

En effet les efforts de sensibilisation doivent être concentrés pendant ces périodes pour toucher un grand nombre de touristes.

Pour les écoliers, des excursions peuvent être organisées, pour à la fois leur faire découvrir la beauté de la nature et les sensibiliser en ce qui concerne les causes des incendies et les dégâts Occasionnés.



### Conclusion Générale

Les forêts de la commune d'Ain El Hadjar constituent un espace d'un grand intérêt écologique et socio-économique pour les touristes et la population riveraine. Malheureusement, elles sont souvent victimes d'incendies et d'actions anthropiques qui provoquent leurs dégradations. De ce fait, ces forêts nécessitent une attention particulière pour réduire les dégâts occasionnés par les feux et les préserver pour les générations futures.

Cette présente étude a porté sur l'utilisation du SIG et de la télédétection pour la protection de la forêt de Fenouane contre les incendies. Le modèle appliqué a fait intervenir cinq paramètres pour l'évaluation du risque d'incendies, à savoir le type de végétation, la pente, l'exposition, la proximité des routes et la proximité des agglomérations.

La carte de risque d'incendies montre que 45 % de la zone d'étude présente un risque moyen très élevé, les classes à risque élevé et très élevé occupent 09 % de la surface totale, et se localisent dans la partie Est de la zone. Alors que la classe à risque moyen représente 36 % de la zone d'étude, et se repartie sur toute la zone dont le reste soit 55 % présentant un risque faible à risque très faible.

A travers l'analyse du dispositif de lutte actuel, nous relevons le manque de moyens matériels et humains. Il est indispensable de renforcer les équipes d'intervention par des recrutements, il serait aussi nécessaire de multiplier les moyens de lutte à proximité des zones sensibles.

Sur la base de la carte de risque d'incendies que nous avons élaboré, des équipements existants, de la visualisation en 3D (dérivée du MNT), de l'accessibilité et des recommandations des forestiers de la circonscription d'Ain El Hadjar, des aménagements ont été proposés, à savoir des postes de vigie, des points d'eau, des retenues collinaires et des pistes. Ces aménagements sont projetés sur la carte de risque, ce qui constitue une carte de défense contre les incendies.

L'approche cartographique informatisée que nous avons adoptée dans ce travail, nous a permis d'élaborer, d'une part, les différentes cartes qui figurent dans ce document, et d'autre part, une base de données géographiques. Cette dernière permet de définir et de mieux préciser les zones à protéger, ce qui constitue un véritable outil d'aide à la décision pour les gestionnaires forestiers pour mieux localiser les zones exposées au risque d'incendie et donc

## Conclusion

à protéger en priorité. De plus, cette base de données géographique pourra servir à d'autres études (lutte contre l'érosion, reboisement,...etc.).

Toutefois, la précision des cartes élaborées dépend de la précision des cartes de bases, telles que la carte de végétation et la carte de réseaux routiers. Il serait souhaitable de refaire le même travail avec une carte de végétation plus précise et une carte de réseau routier mis à jour.

## Références bibliographiques

- **ABRAMS M. et HOOK S. (2001)** : ASTER User's Handbook, Technical report
- **AIT MOUHOUB D. (1998)** : Contribution à l'étude de la sécheresse sur le littoral algérien par le biais de traitement des données pluviométrique et la simulation. Thèse de magister, Ecole national polytechnique d'Alger
- **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.
- **BELHADJAISSA, (2003)** : Application du SIG et de la télédétection dans la gestion des feux de forêts en Algérie. CNTS d'Arzew, 16p
- **BENABDELI, K. (1996)** :Dynamique des écosystèmes forestiers . Thèse de doctorat d'état, université Marseille , 190 p
- **BENABDELI, K. (2006)** : Thèse, Notes de cours d'écologie forestière, Univ de Mascara
- **BENLEMALEM, Y. (1981)** : Contribution à l'étude des feux de forêts .cas de la wilaya de Tizi-Ouzou, Thèse ingénieur, agr.INA, El-Harrach, p124.
- **BENTOUATI, A. (2006)** : Croissance productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep du massif de Ouled Yagoub (W.Khenchela- Aures). Thèse de doctorat d'état en Sci.Agron. Univ Batna, Algérie.
- **B.N.E.D.R, (1992)** : Etude du développement agricole dans la wilaya de Saida. Aménagement des zones forestières et montagne, rapport principal, Tipaza, Algérie, 226p.
- **B.N.E.F, 1990** : Etude d'aménagement des forêts domaniales d'Oum Graf et Zeddim, phase II, 66p.
- **BOUZIRI,S.(1999)** : Méthodes de détection de changements en télédétection spatiale.Exemple d'application au suivi de la désertification en Afrique du nord. Mémoire d'ingénieur,CUST, EC- Centre Commun de Recherche, Ispra (Italie)

## Références bibliographiques

- **CARREGA P. & JERONIMO N., (2007)** : Risque météorologique d'incendie de forêt et méthodes de spatialisation pour une cartographie à Fine échelle. Actes du XXème colloque international de l'AIC. Tunis septembre 2007.
- **C.C.T. (1999)** : Cours de télédétection du Centre canadien de télédétection (C.C.T.).
- **CHANDLER C., CHENEY P., THOMAS P., TRABAUD L. & WILLIAMS D (1983)**: Fire in forest.V.1.Forest fire behavior and effects .New York, WILEY, 450p.
- **CHIBANE, T. (2006)** : Bilan critique des actions de défense des forêts contre les incendies du Parc National de Chréa. Mém, Ing, agr.INA, El-Harrach, p90.
- **CHOQUET, A. (1995)** : Recherche d'une méthodologie adaptée à l'élaboration de carte multirisque. Mémoire de DEA, analyse géograp
- **CIHEAM. (2008)** : Analyses Le problème des incendies de forêts en Méditerranée.
- **COLIN P. & EAVES, C. (2001)** : Protection des forêts contre les incendies .Ed, FAO, CEMAGRAF.p 149.
- **CROISE, R. (1974)** : Les équipements de DFCI. Rev. fores. F. N° sp, pp 298-300.
- **CONSERVATION DES FORETS** (wilaya de Saida), (2003)
- **Daira d'Ain El Hadjar** : Données statistique willaya de Saïda N°527/20
- **DGF (2000)** : Evaluation des ressources forestières nationales. 39p.
  
- **DGF(2013)**: Bilan des incendies de forêt en Algérie(1963-2013)
- **DJEBAILI, Y. (2004)** : Thèse, Inventaire des potentialités hydriques de la wilaya, RapportPhytoécologique et pastoral (wilaya de Djelfa), U.R.B.T, 159.
- **DOS SANTOS G. (2001)** : Classification automatique à partir de photographie aériennes, rapport de stage, Ademe, SET ,67p
- **D.P.A.T (2011)** : Revue, Monographie De La Wilaya De Saida
- **D.S.A (2013)** : Bilan Annuel du Secteur de l'Agriculture de la Wilaya de Saida
- **DUBORDIEU, L. (1997)** : Manuel d'aménagement forestier, Lavoisier-Paris .PP171-172.
- **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
- **ERCOL, R. (1994)** : les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse. Revue de geographies 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

## Références bibliographiques

- Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), 12-25 July 2004, Istanbul, Turkey.
- **ESCADAFAL R. et al. (1999)**: Annual progress report-years 1999 contribution of partner , CAMELEO, centre of the European Commission, Ispra, Italy, 21 p
  - **ENSAULT, F. (1995)** : l'intérêt d'une cartographie des feux de forêt. Forêt méditerranéenne, XVI, 2,159-163.
  - **FERKA, Z. (2006)** : Mémoire, Impact de l'occupation spatio-temporelle des espaces sur la conservation de l'écosystème forestier. Cas de la commune de Tessala, wilaya de Sidi bel Abbes, Algérie).
  - **FRANÇOIS, R. (2005)** : Eléments d'écologie-écologie fondamental 4ème édition
  - **Girard MC. (2000)** : Cours de télédétection. Département agronomie environnement, INA, Paris- Grignon
  - **Guyot. (1997)** : Climatologie de l'environnement de la plante aux écosystèmes, édition Masson, Paris, 505P.
  - **HOURCASTAGNE, A. (1975)** : Le guet et l'alerte, revue forestière française, N° sp, pp82-92.
  - **HUETZ de LEMPS. (1970)** : La végétation de la terre, Edition Masson et Cie, Paris
  - **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.
  - J-M Gilliot (2000).Revue, Introduction aux SIG « Systèmes D'informations Géographiques
  - **KERN ,F. (1975)** : les ressources de l'eau, Rev, fores, F, N°sp, pp 308-313.
  - **KHADER M., BENABDELI K., MEDERBALK Y., FEKIR, GUEDDIM R. et MEKKOUS B., (2009)** : Etude du risque incendie à l'aide de la géomatique : cas de la forêt de Nesmouth (Mascara),Rev. Mediterranea, Epoca II N°20, 39p
  - **KLUSER, S (2000)** : Élaboration d'une carte de couverture du sol par interprétation semiautomatisée de l'espace colorimétrique d'orthophotos Application au bassin versant duNant D'Avril (France, Suisse), Diplôme d'études supérieures en sciences naturelles del'environnement, Université de Lausanne
  - **LABANI, BENABDELI et KEFIFA. (2006)**: Fluctuations climatiques et dynamique de l'occupation de l'espace dans la commune d'Ain El Hadjar (Saïda, Algérie), Sécheresse, vol 17, N°3, P391-399
  - **MARMONNIER, P. (2002)** : L'information géographique. ENSG/CERSIG ,11p

## Références bibliographiques

- **MEDDOUR,S. (2008)** : Contribution a l'étude des feux de forêt en Algérie : approche statistique exploratoire et socio-économique dans la wilaya de Tizi-Ouzou, mémoire. magister ; Dép. Foresterie etprotection de la nature, I.N.A ; 275p
- **MISSOUMI A. & TADJEROUNI K., (2003)** : SIG et imagerie Alsat1 pour la cartographie du risque d'incendie de forêt (Sidi Bel Abbes,) TS13 Risk Management, Marrakech, Moroc, 14p.
- **MOLNIER,R. (1972)** : Protection de la forêt méditerranéenne, la prévention par l'information de public. Minis. Agri. Bult. Tech. Inför. Fran, N°268, pp 425-433.
- **MOKHTARI, D. (2009)** : Apport de la télédétection dans l'évaluation de la dégradation des états de surface en milieu salin (Le Bas-Chélif).Thèse de magister, USTHB Alger
- **NAERT, (1995)** :Cartographie, télédétection, référentiel, pédologie et changement d'échelle. Bulletin de la Société française de Photogrammétrie et de télédétection N° 140 p 23-25
- **OLDACHE,E. H. (2003)** : impact des incendies sur la biodiversité, Recueil des Communications de l'atelier N° 2 «Menaces pesant sur la diversité biologique» MATE-GEF/PNUD, Projet ALG97/G31, pp 69-78
- **OUADAH, N. (1998)** : Incendie de forêt essai de diagnostique à travers l'étude statistique de la wilaya de Tipaza. thèse magister, INA. PP47-48.
- **OZENDA, p. (1991).** : Flore et végétation du Sahara 3éme édition
- **PNR, (1999)** : Plan national de reboisement, Alger. DGF. 94p.
- **PORCHIER, J.C. (1993)** :La télédétection et la statistique agricole. Bulletin technique d'information du Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, n°13, 1993.
- **PRASUHN V. MOHNI R. (2003)** : GIS-gestützte Abschätzung der Phosphor- undStickstoffe inträgeaus diffusen quellen in die gewässer des kantonsbern, interner berichtfal, amtfürge wässerschutz undabfall wirtschaft, kantonbern (gsa), gruppege wässerschutz, station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture, zürich-reckenholz.
- **PUTOD (1975) in CHIBANE, T. (2006)** : Bilan critique des actions de défense des forêts contre les incendies du Parc National de Chréa. Mém, Ing, agr.INA, El-Harrach, p90.
- **QUEZEL et MEDAIL, (2003)** : Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen, Edition Elsevier, Paris
- **RAMAT, G. SAHLI, M. TAHIR, M. ZENATI, A. (2009)** : Utilisation du SIG pour l'identification du risque d'incendie (Tiaret), poster, Atelier final, projet. SGIAR, INRAA-IAO, 1p.

## Références bibliographiques

- **ROSENBERG P. E., (2001)** : Dossier de presse prévention des incendies de forêt.
- **S.A.T.E.C, (1976)**: Etude du développement de la Daïra de Saïda
- **SCWEITHELM, J. (1998)**: The Fire this time: An Overview of Indonesia's forest Fires in 1997/98. WWF Indonesia Discussion Paper, Jakarta.46pp.
- **SEIGUE, A. (1980)** : Quelques réflexions en vue d'améliorer notre dispositif de protection de la forêt méditerranéenne. Rev. For. méd. T.I.N°2.
- **SEIGUE, A. (1985)** : La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Techniques agricoles et productions méditerranéennes. Edit. G.-P. Maisonneuve et Larose
- **SITAYEB, T. (2006)** :Thèse, Application de la géomatique dans l'étude de la dynamique de la végétation dans la plaine de la Macta. Thèse de magistère, centre universitaire de Mascara,
- **STATION METEOROLOGIQUE de REBAHIA**(wilaya de saïda )
- **TERRAS, M. (2010)** : Thèse, Typologie, cartographie des stations forestières et modélisations des peuplements forestiers. Cas des massifs forestiers de la wilaya de Saida (Algérie).Magistère en Agroforesterie ; Univ. de Tlemcen.
- **THINTHOIN, R. (1948)** : Les aspects physiques de tell Oranais, essai de morphologie de pays semi-aride. Ouvrage publié avec le concours de CNRS. Edit. L. Fouqué, 639p

### Webographie :

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

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

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

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

[http://www.afes.fr/afes/egs/EGS\\_3\\_1\\_boulahouat.pdf](http://www.afes.fr/afes/egs/EGS_3_1_boulahouat.pdf)

**Annexe 1. Les superficies parcourues annuellement par le feu pour la  
Période 1963 2013.**

<b>Année</b>	<b>Surface (ha)</b>	<b>Année</b>	<b>Surface (ha)</b>
1963	3 923	1989	3 237
1964	9 386	1990	28 047
1965	50 624	1991	13 176
1966	2 503	1992	25 621
1967	49 561	1993	58 681
1968	14 550	1994	271 598
1969	13 314	1995	32 157
1970	30 439	1996	7 302
1971	57 835	1997	17 831
1972	4 098	1998	28 630
1973	34 530	1999	38 462
1974	11 003	2000	55 782
1975	37 331	2001	14 378
1976	19 946	2002	11 264
1977	43 947	2003	11 998
1978	41 552	2004	31 999
1979	15 663	2005	28 379
1980	26 945	2006	16 916
1981	33 518	2007	47 939
1982	9 382	2008	26 015
1983	221 367	2009	17 076
1984	4 732	2010	30 632
1985	4 668	2011	19 926
1986	21 538	2012	77 000
1987	23 300	2013	13 102
1988	27 758		

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

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

### Annexe 3. Importance des nombres de feux et les surfaces incendiées par wilaya pour la Période 1986-2005 (DGF, 2005)

Wilayas	Nombre d'incendies	Superficie incendiée (ha)	Wilayas	Nombre d'incendies	Superficie incendiée (ha)
Ain Defla	1 331		Mascara	235	5 425
Ain Témouchent	154	1 392	Médéa	1690	41 452
Alger	189	197	Mila	216	3 927
Annaba	735	37 584	Mostaganem	254	347
Batna	345	9 564	Msila	85	1 300
Bejaia	1 963	80 991	Naâma	13	152
Biskra	8	27	Oran	402	7 125
Blida	947	11 355	Oum El Bouaghi	356	1 481
Bordj Bou Arreridj	250	3 710	Relizane	284	12 240
Bouira	1 662	21 008	Saida	436	17 428
Boumerdes	1 212	14 095	Sétif	703	3 199
Chlef	1 354	8 408	Sidi Bel Abbes	626	54 448
Constantine	225	12 413	Skikda	1 765	71 956
Djelfa	81	302	Souk Ahras	1 412	15 873
El Bayadh	28	66	Tébessa	213	1 960
El Tarf	1 966	56 634	Tiaret	185	5 101
Guelma	883	40 535	Tipaza	1 629	13 432
Jijel	1 552	43 683	Tissemsilt	666	11 749
Khenchela	250	1 457	Tizi Ouzou	2 500	62 428
Laghouat	11	26	Tlemcen	743	48 971
<b>Total</b>				<b>29 559</b>	<b>752 823</b>

#### **Annexe 4. Coordonnées des postes de vigie proposés**

<b>Poste</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Altitude (m)</b>
<b>Poste 1</b>			
<b>Poste 2</b>			
<b>Poste3</b>			

## Résumé

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

Les résultats obtenues ont révélés qu'environ 3027,91 Ha de notre zone de travail, présente un risque élevé. Ces risques sont liés à la végétation très inflammable, la pente forte, l'exposition sud, le réseau routier dense et la fréquentation humaine importante. Sur la base de la carte de risque d'incendies, et en relation avec les équipements existant et de l'accessibilité des aménagements sont proposés pour une lutte plus efficace contre les incendies.

**Mots clés :** SIG, télédétection, feu de forêt, indice du risque, aménagement, Ain El Hadjar.

## Abstract

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

The results obtained revealed that approximately 3027, 91 Ha of our working area presents a high risk. These risks are linked to the very inflammable vegetation, strong slope, south exposure, dense road network and the important human frequentation. On the basis on the fire risk map, and in relation with the existing equipments and the planning's accessibility, are proposed for more effective fight against the fires.

**Keywords :** GIS, remote sensing, forest fire, risk index, forest planning, Ain El Hadjar

## المخلص:

الهدف من هنا العمل هو استعمال النظام المعلوماتي الجغرافي و الكشف عن بعد لحماية غابات عين الحجر ضد الحرائق لهذا استعملنا نمودجا لخرائط خطر الحرائق الذي يعتمد على نوع النباتات، الانحدار، الاتجاه، البعد عن الطرق و البعد عن المساكن.

النتائج المحصل عليها بينت أنه حوالي 3027,91 هكتار من المنطقة المدروسة معرضة لخطر عال . هذا الأخير مرهون بالنباتات سريعة الالتهاب بالأراضي المنحدرة جدا بالاتجاه الجنوبي بشبكة الطرق الكثيفة و التواجد الكثيف للإنسان ولهذا اعتمدنا على خريطة خطر الحرائق و على التجهيزات المتوفرة حاليا لاقتراح تجهيزات إضافية لحماية غابات عين الحجر ضد الحرائق.

**الكلمات المفتاحية:** النظام المعلوماتي الجغرافي ، الكشف عن بعد، حرائق الغابات ، مؤشر الخطر ، عين الحجر

[Tapez un texte]

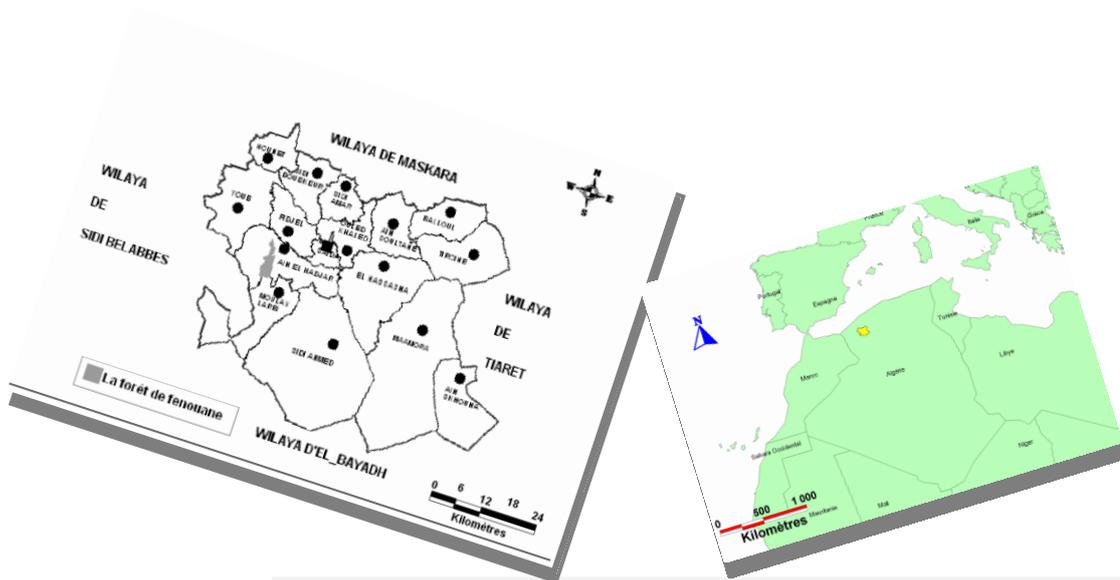


*Recommandations*



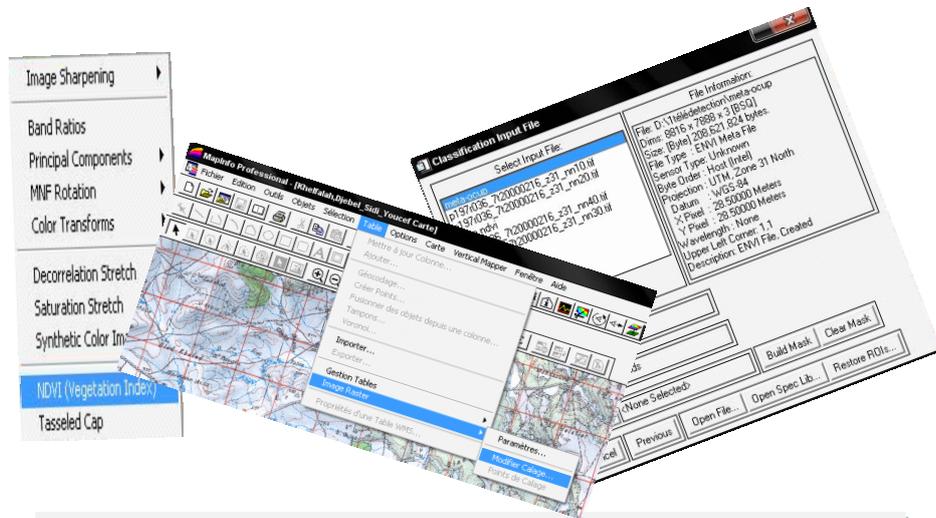
# *CHAPITRE I*

*Recherche bibliographique*



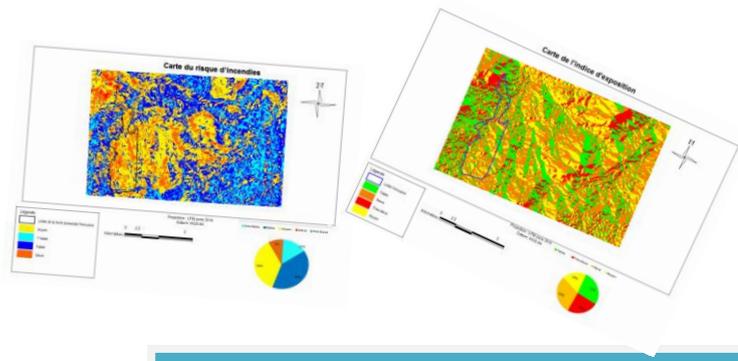
# CHAPITRE II

## *Présentation de la zone d'étude*



## CHAPITRE III

### Méthodologie adoptée

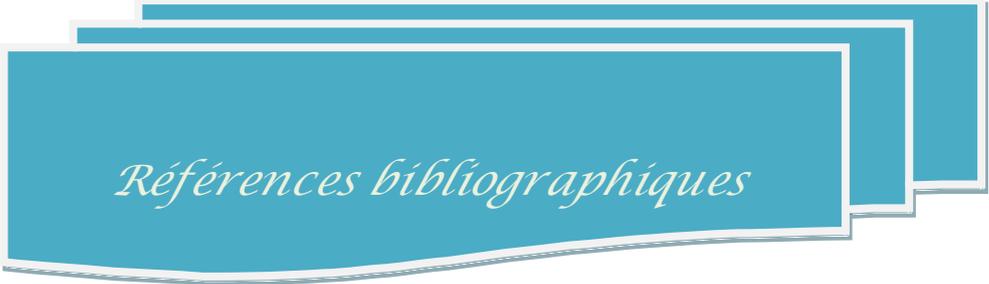


## CHAPITRE IV

### Résultats et discussion



*Introduction générale*



*Références bibliographiques*



*Annexes*