

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES



FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE L'AGRONOMIE

MÉMOIRE

DE FIN D'ETUDES POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

*DOMAINE : **SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (S.N.V.)***

*FILIERE : **SCIENCES BIOLOGIE***

*SPECIALITE : **BIOLOGIE DE CONSERVATION***

INTITULE DU THEME :

Cartographiques de risque d'incendie de la forêts kounteidats
dans la Région Sidi Ali Ben Youb Wilaya de Sidi Bel Abbes en
Algérie

PRESENTE PAR : **ATTOU ABIR FATMA ZOHRA

**** DJERIRI ILHEM**

MEMOIRE SOUTENU AVEC JURY COMPOSE DE :

PRÉSIDENT DE JURY	MR :BACHIR BOUIADJRA S..E	(MCA. UDL SIDI BEL ABBES))
EXAMINATEUR	MME : AYACHE ABBASSIA	(MCA. UDL SIDI BEL ABBES)
ENCADREUR	MR : MHAMDIA CHAFIK	(MCB) UDL SIDI BEL ABBES)
CO-ENCADREUR	MR BOUZAOUI AYOUB	(MCB) DJF SIDI BEL ABBES)

ANNEE UNIVERSITAIRE 2019 - 2020

Remerciements

A Allah le Tout Puissant et son Prophète Mohamed (paix et salut sur lui).

Nous voulons tout d'abord remercier Allah qui nous a donné la volonté, et la lumière qui nous a conduits dans le bon chemin pour réaliser notre projet dans de bonnes conditions.

Nous tenons à remercier Mr BACHIR BOUIADJRA . Qui nous a fait l'honneur de président le jury de ce mémoire.

Nous remercions également Mme : AYACHE ABBASSIA De bien vouloir être l'examineur et de se joindre au jury.

Comme nous remercions aussi notre promoteur Mr MHAMDIA Chafik de son aide, ses conseils, son soutien moral et sa continuité tout au long de ce travail.

Comme nous remercions aussi notre Co promoteur Mr BOUAZZAOUI AYOUB de son aide, ses conseils, son soutien moral et sa continuité tout au long de ce travail.

Nos sincères reconnaissances exprimées à tous nos enseignants, à tout le personnel de la direction de la forêt de sidi Ali ben youb et (S.B.A)

Un grand merci à nos parents de leurs soutiens continus et de leur bon conseil. Merci à nos amis(e) pour leurs présence et encouragements de loin et de prés.

Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

A mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien, surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études

A mon frère Abderahim, Hichem et ma sœur khadija yasmine

A mes cousines hakimi ambrine, hakimi manel et ikhlef fatima zohra

A mon meilleur chr M. Khaled

A toute ma famille Attou, Ikhlef et Hakimi

Et tout ceux qui m'aident et compulseront ce modeste travail

En fin, je remercie mon binôme Them, qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail

ABIR FATIMA ZOHR



Dédicaces

A' mon père

«l'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que dieu te préserve et te procure santé et longue vie»

A' ma mère

«Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte. En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée»

A' mes très chères sœurs Sihem et Noor el hoda et à leurs enfants

Ritedj, Mohamed et Wassim

A' mon frère Fetli et à ses enfants Mariem et Ahmed

A' toute ma famille Djeriri

A' mon binôme Abir fatma zohra, sans toi je ne serai pas arrivé ici.

A' tous mes amis et collègues et la promotion biologie de la conservation

2020-2021

ILHEM



Résumé

L'incendie de forêt est un facteur majeur qui configure la composition, la structure et le fonctionnement des écosystèmes. En Algérie, environ 1 162 484 millions d'hectares ont brûlé durant la période allant de 1979 à 2009, soit une moyenne de 37 500 hectares chaque année, causant des dommages écologiques et économiques énormes, ainsi que des pertes de vies humaines, la région de Sidi Ali Benyoub n'échappe pas à ce problème.

L'objectif de ce travail est d'analyser la dynamique des surfaces forestières (perte ou gain) touchées par les incendies dans la commune de Sidi Ali Benyoub, à l'aide d'un SIG et de la télédétection, afin de pouvoir les cartographier au cours du temps, tâche considérée comme un obstacle pour les responsables de la conservation des forêts qui possèdent un archive chiffrée mais sans fin utile.

Pour cette étude, on a opté pour des images satellitaires Landsat (1984, 2014), pour lesquelles une analyse a été attribuée, en se basant sur une classification supervisée par maximum de vraisemblance. Le résultat de ce travail indique qu'il y a une perte en surface forestière de 1654,56 ha (-15,78%) durant la période (1984-2014), d'où la nécessité d'un plan de gestion d'urgence contre les incendies de forêts dans la commune en question.

Mots clés : incendies de forêts, Sidi Ali Benyoub, Dynamique, SIG, télédétection.

ملخص:

تعد حرائق الغابات عاملاً رئيسياً في تشكيل تكوين وهيكـل وعمل النظم البيئية. في الجزائر ، تم حرق ما يقرب من 1,162,484 مليون هكتار خلال الفترة من 1979 إلى 2009 ، بمعدل 37,500 سنويا مما تسبب في اضرار و خسائر بيئية واقتصادية ضخمة واضرار على حياة الانسان و منطقة سيدي علي بن يوب لا تنجو من هذه المشكلة

.الهدف من هذا العمل هو تحليل ديناميكي لمساحة الغابات (الخسارة أو الربح) المتضررة من الحرائق في بلدية سيدي علي بن يوب ، باستخدام نظام المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ، من اجل تعيينها بمرور الوقت ، وهي مهمة ينظر اليها على انها عقبة امام المسؤولين عن الحفظ الغابات التي تحتوي على أرشيف المشفرة دون غرض مفيدة.

في هذه الدراسة ، اخترنا صور القمر الصناعي لاندسات (1984 ، 2014) ، والتي تم تحليلها ، بناءً على تصنيف خاضع للإشراف حسب الاحتمالية القصوى. تشير نتيجة هذا العمل إلى أن هناك خسارة في مساحة حرجية قدرها -1654.56 هكتار (-15.78٪) خلال الفترة (1984-2014) ، و بالتالي الحاجة إلى خطة لإدارة الطوارئ ضد حرائق الغابات في البلدية المعنية.

الكلمات المفتاحية: حرائق الغابات ، سيدي علي بن يوب ، ديناميكيات ، نظم المعلومات الجغرافية ، الاستشعار عن بعد.

Abstract

Forest fire it is a major factor that configures the composition, the structure and Functioning of ecosystems. In Algeria, about 1 162 484 million hectares were burned during The period from 1979 to 2009, an average of 37 500 hectares each year, causing enormous Ecological and economic damage, as well as loss of human lifes. The region of sidi Ali Benyoub is not Safe from this danger.

The purpose of this work is to analyze the dynamics in forest areas (loss or gain) affected by Fires in sidi Ali Benyoub region, using a SIG and teledetection, in order to be able to map them over time. This task is considered as an obstacle for the grouse responsible of forest conservation who Have an encrypted archive but no useful purpose.

In this study, we chosed 3 Landsat satellite imagery (1984,2014), for which an analysis was assigned, were selected based on a maximum likelihood Supervised classification. The result of this work shows us that There is a loss in forest area About -1654.56 ha (-15.78%) during the period (1984-2014), hence the need for an emergency Fire management plan. Forests in the municipality in question

Key words:

Forest fire, sidi Ali Benyoub, SIG, teledetection, Dynamics

Liste des tableaux

Numéro	Titre de tableaux	Numéro de page
01	Principales essences forestières et leurs superficies (ha)	05
02	Superficies des plus grandes forêts de la Wilaya de Sidi Bel Abbès	06-07
03	Bilan des incendies de forêt en Algérie (1996-2005)	09
04	bilan des incendies de forêts dans la wilaya de Sidi Bel Abbès (1995-2005)	11
05	influence climatiques sur les conditions du feu les éléments du risque incendie de forêt	18-19
06	influence du taux d'humidité sur l'inflammabilité	20
07	Poids de chaque composant dans la structure des méthodes globales	24
08	Domaines d'application de la télédétection	29
09	Répartition des températures moyennes mensuelles (1985-2009)	37-38
10	Répartition des moyennes mensuelle des précipitations (1985-2009)	47
11	d'humidité moyen mensuelle (1985-2009)	48
12	Vitesse moyenne mensuelles des vents (1985-2009)	49
13	Nombre de jours de gelée (1985-2009)	50
14	Les moyennes mensuelles des températures et des précipitations (1985- 2009)	50
15	état d'infrastructure forestière	52
16	Caractéristique des bandes spectrales de Landsat 5 TM	57
17	Caractéristique des bandes spectrales Landsat 8 OLI/ TIRS	62
18	Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (TM5) 1998	64
19	Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (TM5) 2007	69
20	Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (TM5) 2007	72
21	Résultats de l'occupation pour l'image de change Détection(2007-1984)	74
22	Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (TM5) 2014	77
23	Résultats de l'occupation pour l'image de change Détection(2007-2014)	79
24	Evolution des surfaces entre deux images satellitaires 1984 et 2007	80
25	Evolution des surfaces entre deux images satellitaires 1984 et	81
26	2014. état d'infrastructure forestière	83-84

Liste des figures

Figure 01 :carte des écosystèmes forestiers méditerranéens.....	04
Figure 02 : Degré de gravité des incendies en % dans les pays du bassin méditerranéenne. (Colin et al ., 2001).....	08
Figure 03 : Evolution des superficies incendiées de (1996-2005).....	10
Figure 04 : Evolution des superficies incendiées dans la Wilaya de Sidi Bel Abbes (1995-2005)).....	11
Figure 05 :Bilan des incendies de la forêt Kounteidat durant les dernières années(2012-2019).....	10
Figure 06 : le triangle du feu.....	12
Figure 07 : types d'incendies de forêt	15
Figure 08 :mécanisme de propagation d'un feu de forêt	16
Figure 09 : définition d'un SIG.	30
Figure 10 : Les fonctionnalités de SIG.....	32
Figure 11 : Archivage.	34
Figure 12 : Processus de télédétection.....	36
Figure 13 : Onde électromagnétique simple (monochromatique, plane).....	39

Figure 14 : Superposition d'ondes simples.....	40
Figure 15 : Dispersion spectrale de la lumière au moyen d'un prisme.....	41
Figure 16 : Le spectre électromagnétique.....	42
Figure 17 : Réponse spectrale des surfaces naturelles.....	43
Figure 18 : localisation de la zone d'étude.....	46
Figure 19 : Variation des températures moyennes mensuelles	48
Figure 20 : Variation des précipitations moyennes mensuelles (1985-2009)...	49
Figure 21 : Taux d'humidité moyen mensuelle (1985-2009)	49
Figure 22 : Vitesse moyenne mensuelles des vents (1985-2009).....	50
Figure 23 : Diagramme Ombrothermique ($P \leq 2T$) (1985-2009).....	52
<i>Figure 24</i> :Climagramme pluviothermique d'emberger de la forêt Kounteidat.	53
Figure 25 : Altimétrie de la Forêt Domaniale de Kounteidat.....	54
Figure 26 : Carte des pentes.....	55
Figure 27 : Carte des expositions.....	56
Figure 28 : Approche méthodologique.....	66
Figure 29 : Carte NDVI de l'image 1984.....	68
Figure 30 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 1984.....	69
Figure 31 : Histogrammes des superficies des classes de l'image 1984.....	70
Figure 32 : Carte NDVI de l'image 2007.....	71
Figure 33 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 2007.....	72
Figure 34 : Histogrammes des superficies des classes de l'image 2007.....	73
Figure 35 : Carte de change Detection (2007-1984)	74
Figure 36 : Dynamique du couvert végétal, scène « 1984- 2007 »	75

Figure 37 : Carte NDVI de l'image 2007.....	76
Figure38 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 2014.....	77
Figure39 : Histogrammes des superficies des classes de l'image 2014.....	78
Figure40 : Carte de change Detection	78
Figure 41 : Dynamique du couvert végétal, scène «2007 - 2014»	79
Figure42 : Histogramme des superficies par classes « 1984-2007 ».	81
Figure43 : Histogramme des superficies par classes « 2007-2014 »	82

Liste des abréviations

CFS.A .B : conservation des forêts Sidi Ali Ben youb °

C: Degrés Celsius;

ENVI: Environment for visualising image;

ETM+: Enhanced thematic mapper plus

FAO: Food and agriculture organisation

GPS: Global Positioning System;

h: heure;

ha: hectare;

KM: Kilomètre;

LAND SAT: land satellite;

Mm: Millimètre ;

MNT : modèle numérique de terrain

NDVI : Indice de Végétation par Différence Normalisée

nm : Nanomètre;

ONM : Office National de météorologie ;

OLT: operational land imager

P: Precipitation;

PIR: Canal Proche infra-rouge ;

P.V: poste de vigie

R: Canal Rouge ;

SIG : Système d'Information Géographique

; SWIR : ShortWave Infra Red ;

t: temp

T: Temperature;

TPF: tranche par feu

UTM: Universal TransverseMercator;

UV: Ultra violet

WGS 84: World Geodetic System (revisione 1984)

%: pourcent

Sommaire

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Résumé

الملخص

Abstract

La liste les tableaux

La liste des figures

La liste abréviation

Introduction générale 01-02

CHAPITRE I : RISQUE D'INCENDIE DE FORETS

1. Présentation de la forêt méditerranéenne.....03

1.2. Présentation de la forêt algérienne.....04

2-1 : Caractéristiques majeures des forêts algériennes.....05

2-2 : Potentialités des forêts algériennes.....05

2-2-1 : Superficie des principales essences forestières06

1.3. Présentation de la forêt de Wilaya de Sidi Bel Abbés.....06

3.1 : superficies forestières.....06

1.4 : Présentation de la circonscription de sidi Ali Benyoub.....07

1.5 : les incendies des forêts.....07

5.1 : les incendies des forêts dans le bassin méditerranéennes07

5.2 : les incendies des forêts en Algérie.....08

5.3 : Les incendies des forêts en Wilaya de Sidi Bel Abbas.....10

Sommaire

5.4 : Les incendies de forêt de Kounteidat.....	11
1.6 : généralité sur l'incendie de forêt.....	12
6.1 : Définition d'incendie.....	12
6.2 : Causes des incendies de forêts.....	15
6.2.1- Causes naturelles.....	15
6.2.2- Causes humaines.....	15
6.3: la propagation d'incendie.....	16
6.3.1 : le mécanisme de propagation.....	16
6.3.2 : Modes de transfert de la chaleur	16
6.4 : Conséquence de l'incendie.....	17
6.5 : facteurs favorables aux incendies de forêts en région méditerranéen.....	17
6.5.1.Les facteurs climatiques.....	18
6.5.2. La végétation forestière en tant que combustible	19
6.5.3.Les facteurs socio-économiques.....	19
6.5.4. Les facteurs topographiques	20
1.7 : Risque d'incendie.....	20
7.1 : Risque liée à l'homme.....	22
7.2 : Risque lié à la topographie.....	23
7.3 : Risque lié à la météorologie.....	24
7.4 : Risque lié à la végétation ou au combustible	26
1.8. Méthodes d'évaluation du risque incendie.....	27
8.1. La méthode canadienne : méthode canadienne d'évaluation des dangers de forêt.....	27
8.2. Méthode Française =méthode de détermination du risque de feu de forêt grâce Au SIG.....	28
8.3. Méthode Espagnole = Système intégré pour la détermination du danger d'incendie de forêt.....	28

Sommaire

8.4. La Méthode turque.....	29
-----------------------------	----

CHAPITRE II: SIG ET TELEDETECTION

II.1- Système d'information géographique.....	30
---	----

1.1- Définition de SIG.....	30
-----------------------------	----

1.2-Nature des données dans un SIG.....	31
---	----

1.3-Les fonctionnalités de SIG.....	34
-------------------------------------	----

1.4- Domaine application SIG.....	35
-----------------------------------	----

II.2- Télédétection.....	35
--------------------------	----

2.1- Définition.....	36
----------------------	----

2.2- Processus de télédétection.....	37
--------------------------------------	----

2.3- Les domaines d'application de la télédétection.....	38
--	----

2.4 - physique de la télédétection.....	38
---	----

2.4.1- Le rayonnement électromagnétique.....	40
--	----

2.4.2- Rayonnement et énergie	40
-------------------------------------	----

2.4.3- Spectre électromagnétique.....	43
---------------------------------------	----

2.5- Réponses spectrales des objets de surface.....	44
---	----

2.6- Classification d'image.....	44
----------------------------------	----

2.6.1- Classification non supervisée.....	44
---	----

2.6.2- Classification supervisée.....	44
---------------------------------------	----

CHAPITRE III : étude milieu physique

I-Situation géographique.....	46
-------------------------------	----

2- caractéristique climatiques.....	46
-------------------------------------	----

2.1 température.....	47
----------------------	----

Sommaire

2.2- Précipitations.....	48
2.3-Humidité.....	49
2.4 –Vent.....	50
2.5- Gelées.....	50
3- synthèse climatiques.....	51
3.1 Indice de DEMARTONNE.....	52
3.2 Diagramme Ombrothermique de Bangnouls et Gaussen.....	53
3.3 Climagramme pluviothermique d’Emberger.....	52
1.4 Hydrographie.....	53
1.5 Géologie.....	53
1.6 Pédologie.....	53
1.7 Topographie et relief.....	54
7.1 Altitudes.....	54
7.2. Pente.....	55
7.3 Exposition.....	56
1.8 Infrastructure forestier.....	56
1.9 La végétation.....	57
Chapitre IV : matériels et méthodes	
IV.1. Objectif de l’étude.....	60
IV.2 Matériel utilisé	60
2.1 Logiciels	60
2.2 Outils de prospection:.....	61
IV.3 .Collecte et traitement des données	61

Sommaire

3.1. Collecte des informations sur les incendies	61
3.2. Donnée de terrain.....	61
3.3. Carte utilisé.....	62
IV.4 .Méthodologie.....	62
4.1. Images satellitaires utilisées.....	62
4.2. Composition colorée en trichromie.....	62
4.3. Classification de l'image satellitaire.....	65
4.3.1 Classification supervisée.....	65
4.3.2. Extraction des comptes numérique	65
Chapitre V: résultat et discussions	
V.1. Classification des images.....	67
V.2 Résultat de classification	68
2.1 Occup du sol.....	68
2.1.1 Image satellitaire NDVI 1984.....	68
2.2. Image satellitaire LANDSAT 1984.....	69
2.3 . Image satellitaire de NDVI 2007.....	71
2.4. Image satellitaire LANDSAT 2007.....	72
2.5. Dynamique du couvert végétal entre 1984 et 2007.....	74
5.1 .1. Image satellitaire de change Détection(2007-1984).....	74
2.6 . Image satellitaire de NDVI 2014.....	76
2.7. Image satellitaire LANDSAT 2007.....	77
2.8. Dynamique du couvert végétal entre 2007 et 2014.....	78
2.8.1. Image satellitaire de change Détection(2007-2014).....	78
V .3. Etat actuelle de la Forêts	80
V.4. Comparaison des superficies	81
V.5. Politique de la lutte contre les incendies de forêt dans la commune de Sidi Ali ben youb.....	81

Sommaire

5.1. Sur le plan sensibilisation.....	83
5.2. Infrastructure forestier	83
5.3. Réseau de points d'eaux	
Conclusion.....	85-86
Références bibliographiques.....	87
Annexes	

Introduction Générale

Introduction général

Les incendies de forêt et des espaces naturelles constituent le désastre le plus Dangereux à la vie humaine dans plusieurs pays méditerranéens, entre autre l'Algérie. Les Conséquences sur le milieu naturel sont beaucoup plus graves, puisqu'elles aboutissent à des Pertes forestières immédiates. En Algérie, la surface parcourue annuellement par le feu est de 26.015 hectares (ANONYME ,2008). La mise en place des moyens de lutte contre les Incendies de forêt exigel'implantation d'une politique forestière nationale permettant la Gestion et la protection du patrimoine forestier. Il est donc devenu nécessaire de mieux Connaitre le phénomène de feu de forêt, ses aléas, et ses enjeux.

De nombreux organismes se sont dotés depuis longtemps d'outils permettant le suivi De l'espace géré et l'aide à la décision. De nombreuses cartes thématiques ont été élaborées.

Elles correspondent à leurs besoins spécifiques (cartes géologiques, cartes de risques, cartes Touristiques,...). Ces cartes peuvent être une aide à la gestion). Parallèlement au Développement de l'informatique et des SIG, une nouvelle source de données localisées est Apparue : il s'agit de l'image numérique obtenue par télédétection satellitaire qui s'est avérée Très utile pour le suivi de phénomènes évolutifs tels que la désertification, l'érosion, les Inondations et les incendies de forêt. (DIDON, 1990)

La gestion des incendies s'est toujours appuyée sur des méthodes classiques qui Présentent des difficultés majeures liées à la lourdeur et au coût élevé. Les cartes réalisées de Manière traditionnelle ne sont plus adaptées aux besoins actuels, les outils et techniques Traditionnels ne permettent plus de traiter la situation complexe sur la base du volume D'informations important et dans des délais de décisions courts. La complexité et la diversité Des données relatives à l'environnement ont favorisé le développement des systèmes capables De répondre aux besoins de collecte, d'analyse et de représentation des phénomènes

Environnementaux et exige des modèles ou indices décrivant l'intensité du risque d'incendies. A l'heure actuelle, il existe une forte demande en matière de cartographie du risque D'incendie de forêt (MISSOUMI et TADJROUNI, 2003).

A cet effet, des travaux reposant sur la télédétection et le SIG, tel que (BELGHERBI (2002) sur la forêt de GUETARIA, KHADER et al (2009) sur la forêt de NESMOTH au Sud-Est de Mascara, BELHADJ-AISSA et al (2003) sur la forêt domaniale de BAÏNEM, MISSOUMI et TADJROUNI (2003) sur la forêt domaniale de Kounteidat (Sidi Bel Abbes) et ZEMIH (2010) sur le secteur de TIKJDA au parc national de Djurdjura, Ont montré leur efficacité et leur rapidité en matière d'élaboration des cartes d'évaluation du Risque en zone forestière grâce à l'analyse thématique des images satellitaires, les résultats Obtenus sont intéressants et

Introduction Générale

constituent un apport pour une meilleure prévention des incendies De forêt, et une aide à la décision certaine.

La présente étude s'inscrit dans cette perspective, en proposant un modèle permettant de découper notre zone en différentes intensités de risques des incendies à partir de l'intégration de la télédétection et du SIG. Les études ont montré que les SIG combiné à la télédétection, constituent des outils de gestion efficaces.

Notre étude a pour objectif de faire une analyse de l'évolution des surfaces Incendiées à l'aide d'un Système d'Information Géographique « SIG » et de la Télédétection, les surfaces touchées par les incendies de forêt pour chaque commune (Bilans d'incendies) seront calculés pour pouvoir les comparer au cours du temps, tâche considérée comme obstacle pour les responsables de la conservation des forêts qui possède un archive chiffré mais sans fin utile. Cette tâche va permettre d'aider les gestionnaires et les décideurs pour l'aménagement sylvicoles.

Notre travail se structure en deux parties, une bibliographique et l'autre expérimentale, la première est subdivisée en deux chapitres :

Chapitre I : Risque d'incendie de forêts ; Chapitre II : SIG et télédétection ;

La seconde partie comprend :

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude, dans laquelle nous avons fait la description

De la commune de Sidi Ali Benyoub et une synthèse climatique des paramètres météorologiques.

Chapitre IV : Présente la description de la méthodologie adoptée pour la réalisation de ce Travail.

Chapitre V : Regroupe les différents résultats obtenus, leurs interprétations et discussion.

Chapitre I:
Risque d'incendie des forêts

Chapitre I : Risque d'incendie des forets

1. Présentation de la forêt méditerranéenne

La conception classique (**Braun-Blanquet, 1936 ; Rikli, 1943**) était de considérer que les forêts de chênes sclérophylles, de caroubier, d'Olivier et les pinèdes de pin d'Alep, de pin mésogéen de pin pignon représentaient à elles seules les forêts méditerranéennes typiques.

En fait cette conception a largement évolué puisqu'actuellement (**Abi-Saleh, Barbéro , Nahalet Quézel, 1976 ; Akman, Barbéro , et Quézel, 1979**) sont considérées comme méditerranéennes, les forêts soumises au bioclimat méditerranéen lui-même subdivise en plusieurs ensembles bioclimatiques en fonction en particulier de la valeur du coefficient pluviothermique d'emberger (1936-1955) mais aussi de la durée de la sécheresse estivale (**Nahal, 1981**) qui représente un phénomène régulier (stress-climatique) mais variable selon ces types bioclimatiques (aride, semi-aride, subhumide, humide, per humide) en fonction des étages de végétation (**Quézel 1976, 1979, 1981**).

Les forêts méditerranéennes constituent un milieu naturel fragile déjà profondément perturbé par les utilisations multiples, dont les origines remontent au début du néolithique. Les agressions qu'elles ont subies ont cependant et en intensité au cours des déterminé des phases de régression ou de progression de leurs surfaces (**Quézel et Barbéro 1990**)



Figure 1 :carte des écosystèmes forestiers méditerranéens

Source :état des forêts méditerranéennes 2013

Les forêts méditerranéennes sont représentées en **verteet** les autres terres boisées sont indiqué en **jaune**.la ligne **orange** indique les limites bioclimatiques de la région méditerranéennes (adapté de Quézel- 1985)

1.2. Présentation de la forêt algérienne :

En Algérie, la forêt revêt un caractère particulièrement important car elle constitue un élément essentiel de l'équilibre écologique et socio-économique des régions rurales en particulier et du pays en général. Nulle part ailleurs, la forêt n'apparaît aussi nécessaire à la protection contre l'érosion, la désertification, à l'amélioration des activités agricoles et pastorales et à la protection de l'environnement.

Actuellement le couvert forestier global en Algérie est de 4,1 millionsd'hectares soit un taux de boisement de 16,4% pour le Nord de l'Algérie et de 1,7 % seulement si les régions sahariennes sont également prises en considération. Néanmoins seuls 1.3 millions d'hectares représentent la vraie forêt naturelle. A l'instar des pays du pourtour méditerranéen l'Algérie assiste à une dégradation intense de son patrimoine forestier **COSSON (1853) ; BOUDY (1955); MANJAUZE (1958); KILLIAN (1961);QUEZEL & SANTA (1962); GRECO (1966); OZENDA (1977); ABDESSEMED (1981,1985) ; GAOUAR (1980) ; ZERAÏA (1981) ; ALCARAZ (1982, 1991); BENABDELI (1983,1996, 1998) ; KADIK (1987) ; QUEZEL & BARBERO (1989) ; AIME (1991); LETREUCHB. (1991, 1995) ; KHELIFI & al. (1994) ; DAHMANI (1997).**

Chapitre I : Risque d'incendie des forets

2-1 : Caractéristiques majeures des forêts algériennes :

Les grands traits de la forêt algérienne peuvent se résumer comme suit :

- Forêt essentiellement de lumière, irrégulière avec des peuplements feuillus ou résineux le plus souvent ;
- Forêt souvent ouverte formée d'arbres de toutes tailles et de tous âges en mélange ;
- Forêt avec présence d'un épais sous-bois composé d'un grand nombre d'espèces secondaires limitant l'accessibilité et favorisant la propagation des feux ;
- Productivité moyenne annuelle très faible ;
- Utilisation de toutes les formations forestières comme terrains de parcours avec toutes les conséquences.

2-2 : Potentialités des forêts algériennes :

2-2-1 : Superficie des principales essences forestières

Sur la base des différents travaux de **BOUDY (1955)** ; **SEIGUE (1985)** ; **GHAZI & LAHOUATI (1997)**; **RNE (2000)** ; **DGF (2005)**. Les superficies des principales essences forestières sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau n°1: Principales essences forestières et leurs superficies (ha)

Essees forestières	1955 (Body)	1985 (Seigue)	1997(Ghazi et lahouati)	2000 (RNE)	2005 (DGF)
Pin d'Alep	852 000	855 000	800 000	881 000	881 000
Chêne liège	426 000	440 000	463 000	229 000	230 000
Chêne vert	679 000	680 000	354 000	219 000	108 000
Chênes zeen et afarès	-	67 000	65 000	48 000	48 000
Genévriers	279 000	-	217 000	-	-
Thuya de Berbérie	157 000	160 000	143 000	-	-
Cèdre de l'Atlas	45 000	30 000	12 000	16 000	16 000
Pin maritime	-	12 000	38 000	32 000	31 000
Sapin de Numidie	-	300	-	-	-
Maquis	780 000	-	-	-	1 902 000

Chapitre I : Risque d'incendie des forets

Source : KHALIFI &al. (1994) actualisée

La comparaison des données de la direction générale des forêts (2005) avec celles de **BOUDY (1955)** met en évidence malgré une incertitude sur l'homogénéité des définitions, la stabilité et la progression des surfaces de pin d'Alep imputable pour partie à l'importance des plantations auxquelles il a donné lieu sur des centaines de milliers d'hectares au cours de ces dernières décennies. Par contre, les superficies des formations de chêne liège, de chêne vert, de chêne zeen et afarès ont considérablement diminué.

Les eucalyptus introduits dans le Nord et surtout à l'Est du pays constituent le premier groupe de forêts dites économiques totalisant une superficie de 43 000 ha à travers toute l'Algérie.

Les formations de maquis et de broussailles résultants de la dégradation des forêts ont pris de l'extension, ils occupent une superficie de 1 902 000 ha. S'ajoutent à ces superficies forestières les nappes d'alfa qui totalisent 2,7 millions d'hectares.

1.3. Présentation de la forêt de Wilaya de Sidi Bel Abbés :

La wilaya de Sidi-Bel-Abbès est une zone de type agro-sylvo-pastorale à cause de ses Richesses naturelles. Elle est connue par son patrimoine forestier qui fait d'elle l'une des Wilayas fortement boisée. Son massif forestier occupe une place importante avec un taux de Boisement de 22%, et une superficie forestière de 209 489 ha englobant 20 forêts domaniales. Néanmoins il faut souligner que plus de 10% de la superficie totale est sous forme de formations dégradées utilisées le plus souvent comme parcours.

3.1 : superficies forestières :

Du point de vue forestier, la wilaya de Sidi Bel Abbés regroupe 20 forêts dont les plus Importantes sont situées dans les monts de Dhaya, telles que les forêts de :

Tableau 2 : Superficies des plus grandes forêts de la Wilaya de Sidi Bel Abbas

Forêts	Conservation des forêts (2005)	BNEF (1979)	Différence
Zegla	57 558	56.634	924
Touazizine	13 220	12.224	696
Bouyetas	14 566	14.564	2
Slissen	13 493	38.590	-25 087
Beni Mathar	9 600	9600	0
Toumiet Sud	9765	9775	-10
Toumiet Nord	5641	5662	-21
Autres : ha	/	/	/

Chapitre I : Risque d'incendie des forêts

Le problème de la précision des données reste entier. Les données avancées par le **BNEF (1979)** et les données utilisées par la **conservation des forêts (2005)** concernant les superficies des plus importants massifs forestiers de la wilaya de Sidi Bel Abbés relatifs aux 7 forêts suscitées diffèrent.

1.4 : Présentation de la circonscription de sidi Ali Benyoub

Le territoire de la circonscription de Sidi Ali Benyoub est un territoire à vocation **Agro-sylvo-pastorale**, Située au nord- Ouest de la wilaya de sidi bel abbés.

La circonscription est nouvellement créée (2010), elle inclut 03 Daira (Sidi Ali Benyoub, Benbadis, et Sidi Ali Boussidi)

- Superficie de la circonscription **76 000 Ha**
- Superficie forestière **8 514Ha soit 11,20 %.**

1.5 : les incendies des forêts

Les incendies de forêt et des espaces naturelles constituent le désastre le plus Dangereux à la vie humaine dans plusieurs pays méditerranéens, entre autre l'Algérie. Les Conséquences sur le milieu naturel sont beaucoup plus graves, puisqu'elles aboutissent à des Pertes forestières immédiates. En Algérie, la surface parcourue annuellement par le feu est de 26.015 hectares (**ANONYME ,2008**). La mise en place des moyens de lutte contre les Incendies de forêt exige l'implantation d'une politique forestière nationale permettant la Gestion et la protection du patrimoine forestier. Il est donc devenu nécessaire de mieux Connaitre le phénomène de feu de forêt, ses aléas, et ses enjeux.

5.1 : les incendies des forêts dans le bassin méditerranéennes

Le Bassin Méditerranéen n'échappe pas à cette logique du feu, puisque les feux de forêts y représentent une part non négligeable des incendies de la planète (**Alexandrian et al, 1999**). En région méditerranéenne, le feu a toujours fait de partie de paysage méditerranéen et ce depuis que sa présence fût favorisée par un climat estival sec, caractérisé par une absence presque totale de précipitations et la présence de végétation xérophile. Les paysages méditerranéens ne représentent pratiquement jamais des stades qu'on appelle climacique où la végétation, le sol et le climat sont en équilibre stable (**Berbéro, 1988**).

Au cours de la période (1995-2004), les feux de forêts dans le bassin méditerranéen sont estimés à 50 000 foyers en moyenne par année et les superficies incendiées représentent une

Chapitre I : Risque d'incendie des forets

moyenne annuelle allant de 700 000 à 1 million d'hectares. Par rapport aux décennies Passées, le problème s'est aggravé durant les années 70 et plus encore durant les années 80, tant du point de vue du nombre d'incendies que de la superficie dévastée (**Dimitrakopoulos & Mitsopoulos, 2006**).

Dans les pays de la rive sud, les incendies sont beaucoup moins abondants en nombre et surfaces parcourues, certainement à cause des conditions socio-économiques différentes (**Dimitrakopoulos et Mitsopoulos, 2006**).



Figure 2 : Degré de gravité des incendies en % dans les pays du bassin méditerranéen. (Colin et al., 2001).

5.2 : les incendies des forêts en Algérie

Entre 1860 et 1915, 1 827 000 ha, soit au moins les 2/3 du domaine forestier de l'Algérie ont brûlé détruisant totalement 4 à 5 % des superficies forestières. Les statistiques de la Direction Générale des Forêts (tableau n°3, figure n°3) montrent qu'entre 1996 et 2005, ce ne sont pas moins de 246 977 94 ha de forêts, broussailles, alfa et autres qui ont été incendiés. En effet, dans l'été 2005, et suite à la canicule (plus de 50°C) qu'a connu le pays, près de 30 000 ha du patrimoine forestier ont flambé et pour la seule période du 1er juin au 16 juillet 2005, les dommages recensés par la Protection civile font état de la destruction de

1199 palmiers dattiers. Dans cet embrasement, tout y passe : arbres fruitiers, bottes de foin, céréales, etc. (**ZERROUK, 2006**)

Chapitre I : Risque d'incendie des forets

Même si les incendies, phénomènes naturels, font partie de l'équilibre de certains Écosystèmes car bénéfiques pour la propagation des graines et leur germination ; en Algérie,

Leur action est dévastatrice car elle est souvent aggravée par le surpâturage qui les précède. L'aménagement des forêts contre les feux suit plus ou moins les mêmes tendances dans tout le bassin méditerranéen et repose sur la création des trachées pare-feu et de réserves d'eau. Ces travaux font souvent partie des projets de gestion courante en Algérie (GRIM, 1989).

Tableau 3 : Bilan des incendies de forêt en Algérie (1996-2005)

Année	Nbr de forêts	forêt	broussailles	Alfa	autres	Total
1996	737	4430.34	1632.33	855.58	-	7301.75
1997	1809	13066.35	2940.93	1802.43	-	17.830.75
1998	1826	15593.11	8883.00	4092.47	-	28.629.68
1999	2018	23254.26	6128.98	8019.76	1023.44	38.462.12
2000	1910	35617.52	12742.01	5799.10	1603.46	55.781.60
2001	1327	9066.40	4167.11	1064.37	44.31	14.377.69
2002	1008	6959.95	3.596.63	1424.01	142.38	12.217.47
2003	1233	5448.79	3.753.73	2505.26	275.19	11.997.97
2004	1463	7010.58	17172.19	6588.72	1080.15	31.998.89
2005	2013	14283.03	8.543.16	4426.37	790.50	28.380.06
Totaux	15344	134730.33	69560.35	36578.07	4969.43	246977.94

Source : Direction générale des forêts(2005)

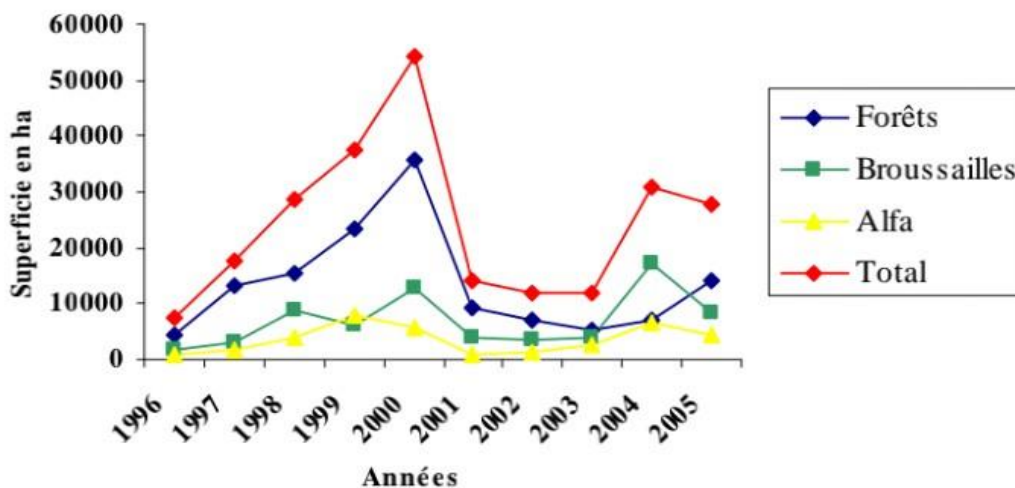


Figure 3 : Evolution des superficies incendiées de (1996-2005)

5.3 : Les incendies des forêts en Wilaya de Sidi Bel Abbas

Chaque année des incendies sont enregistrés à travers la wilaya et sont à l'origine de dégâts très importants. Ces incendies constituent actuellement un des fléaux les plus dévastateurs de notre patrimoine forestier. Cette situation est due en partie :

- 1- Aux conditions météorologiques très favorables à l'éclosion des incendies caractérisées par des vents dominants du Sud assez violents (Sirocco) qui souffle 30 à 40 jours pendant la période estivale.
- 2- La nature des peuplements composés essentiellement par des essences résineuses (Pin d'Alep, Genévrier, Thuya) très inflammables.

Les statistiques relevées auprès de la conservation des forêts sur 11 ans (1995-2005) montrent que les superficies parcourues par le feu sont d'environ 16 533 ha au total avec une moyenne de 1503 ha/an. 2002 est l'année où l'on a enregistré plus de dégâts 3060 ha, ainsi que l'année 2005 (2039 ha) suite à la canicule qu'a connu le pays. La période critique pour l'éclosion des incendies s'étend de la fin Mai au début Novembre.

On considère que certains incendies sont volontaires et proviennent des bergers qui désirent conserver leurs terrains de parcours. Ces types d'incendies sont particulièrement dangereux et parcourent toujours de grandes surfaces.

L'étude de l'aménagement forestier élaborée pour l'ensemble des forêts de la wilaya ont été mises en cause par ces incendies et nécessitent une révision d'étude complète. La lutte contre les feux de forêts est donc nécessaire et d'un intérêt général.

Tableau 4 : bilan des incendies de forêts dans la wilaya de Sidi Bel Abbas (1995-2005)

<i>Année</i>	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	<i>Total</i>
<i>Superficie ha</i>	1032	218	1265	1807	1504	483	1572	3060	1669	1884	2039	16533

Source : conservation des forêts (2005)

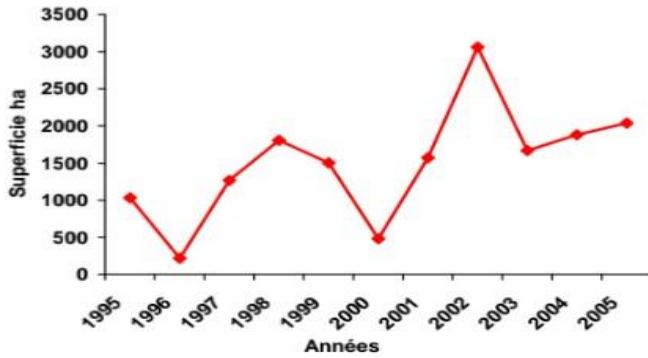


Figure 4 : Evolution des superficies incendiées dans la Wilaya de Sidi Bel Abbas (1995-2005)

5.4 : Les incendies de forêt de Kounteidat

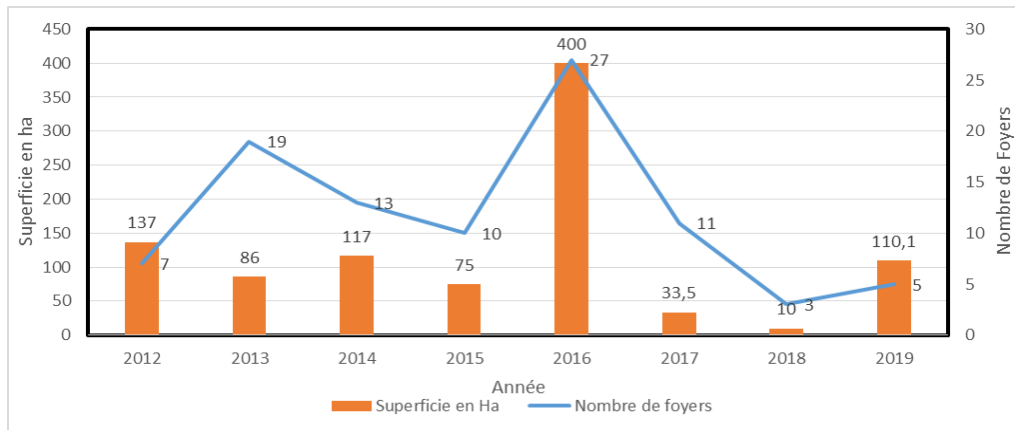


Figure 5 : Bilan des incendies de la forêt Kounteidat durant les dernières années (2012-2019)

La superficie ravagée ainsi que le nombre de foyers sont en fluctuation d'une année à une autre ; En moyenne annuelle ces deux indicateurs oscillent entre 50 à 120 ha ; pour mieux contourner ce fléau ; une bonne coordination entre les différents intervenants (les forêts, la protection civile et les différentes comités opérationnels) s'avère une nécessité qui va assurer une intervention rapide et efficace.

1.6 : généralité sur l'incendie de forêt

Le terme incendie a été emprunté par la langue française au XVI^{ème} siècle au latin "Incendium" (embrasement), dérivé de "incendie" (allumer). Il désigne un feu violent, un Embrasement qui se propage à un édifice, une maison, une forêt...etc. L'incendie est une Réaction de combustion non maîtrisée dans le temps et dans l'espace (WIKIPEDIA, 2007). L'incendie de forêt est "une combustion qui se développe sans contrôle, dans le temps et dans l'espace". Par forêt il faut entendre, en plus des

Chapitre I : Risque d'incendie des forêts

forêts au sens strict, l'ensemble des Formations végétales dégradées de substitutions (landes, garrigues, maquis.etc.)(JAPPIOT et al. 2002).

6.1 : Définition d'incendie

Plusieurs définitions ont été proposées pour définir l'incendie et parmi elles, celle de (TRABAUD, 1992), qui définit l'incendie comme « une combustion qui se développe sans contrôle dans l'espace et dans le temps. L'incendie de forêt s'alimente de tous les combustibles possibles et ainsi se propage jusqu'à l'épuisement de ceux-ci ».

On parle d'incendie de forêt lorsque le feu concerne une surface minimale de 0,5 hectare d'un seul tenant et qu'une partie au moins des étages arbustifs et/ou arborés est détruite. Le terme incendie de forêt désigne aussi les feux qui parcourent les formations sub-forestières de plus petite taille qui sont les maquis, les garrigues et les landes.

Généralement, la période de l'année la plus propice aux feux de forêt est l'été, car aux effets conjugués de la sécheresse et d'une faible teneur en eau des sols, viennent s'ajouter les

Travaux en forêt. Pour se déclencher et se propager, le feu a besoin de trois conditions :

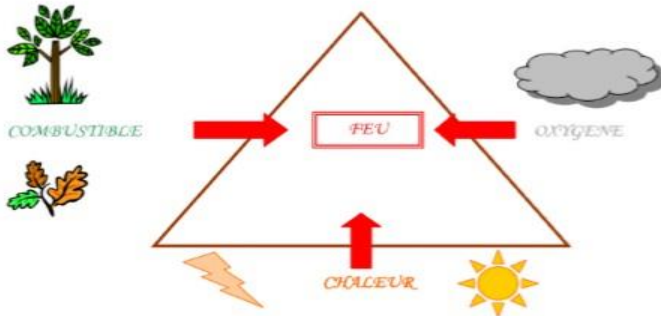


Figure 6 : le triangle du feu. **Source** : (CEREN. Rapport COV 2003)

1) Le combustible

Toute substance susceptible de brûler, c'est-à-dire pouvant être partiellement ou totalement détruite par le feu, est considérée comme combustible. Les solides et les liquides ne brûlent pas en tant que tels. Ce sont les gaz et les vapeurs qu'ils émettent qui brûlent. L'aptitude d'un combustible à s'enflammer et à entrer en combustion dépend de la teneur en eau, de la température du combustible mais aussi de son type et de sa densité

(CARBONNELL et al. 2004 et AMMARI, 2011).

2) Le comburant

Chapitre I : Risque d'incendie des forêts

Dans le cas des feux de forêts, il s'agit de l'oxygène de l'air. La combustion dépend également fortement de cet élément, puisque, pour qu'une flamme se produise et s'entretienne, il faut que le pourcentage en volume d'oxygène restant présent dans l'air soit supérieur à 15,75 %. Pour que les braises se consomment, il faut qu'il soit supérieur à 10,5 % (C.E.M.A.G.R.E.F, 1989). Cet élément, qui est indispensable pour qu'il y ait combustion, est fourni par la réaction elle-même, c'est-à-dire, la combustion, car celle-ci produit son propre courant d'air ; ajouté à cela, le vent contribue très largement à l'approvisionnement en oxygène.

3) La chaleur

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

Les différents types de feu :

Une fois éclos, un feu peut prendre différentes formes, chacune étant conditionnée par les caractéristiques de la végétation et les conditions climatiques dans lesquelles il se développe (MARGERIT, 1998). Les feux de forêt peuvent se diviser suivant trois grandes catégories (Salis 2007) : feux de sol, feux de surface et feux de cimes. Le dernier type pouvant être subdivisé en trois sous-classes si la distinction est faite entre des propagations à travers les strates arbustives hautes liées à la strate basse et celles qui en sont indépendantes. Un autre type de feu peut également être identifié : les « sautes » de feux ou les braises qui sont des incendies particuliers et peuvent jouer un rôle primordial dans l'évolution d'un feu dans certaines conditions (MORETTI, 2015).

➤ Les feux de sol :

Ces feux brûlent la matière organique contenue dans la litière, l'humus ou les tourbières. Peu virulents, la combustion des végétaux en profondeur et la propagation du feu sont lentes (3). MORETTI (2015) affirme qu'ils sont difficiles à déceler, à éteindre et peuvent durer des mois. En raison d'une combustion incomplète, il s'agit souvent de feux qui produisent beaucoup de fumée.

Chapitre I : Risque d'incendie des forêts

➤ Les feux de surface :

Dit aussi feux courants, se propageant dans les sous-bois des forêts. Ils brûlent l'herbe et les broussailles. Ils peuvent être de faible, de moyenne ou de forte intensité selon la quantité de combustible disponible. Ils peuvent avoir comme origine un feu de sol ou se terminer en un feu de sol susceptible de se transformer en un nouveau feu de surface après l'intervention des pompiers (KHALID, 2008). La propagation de ce type de feu peut être rapide lorsqu'il se développe librement, et si les conditions sont favorables à la propagation (vent, relief). Ils sont très fréquents dans les régions Méditerranéennes (MORETTI, 2015).

➤ Les feux de cimes :

Ces feux se propagent à travers des strates arbustives hautes et denses. Trois types de feux de cimes peuvent être identifiés (VAN WAGNER, 1977 ; FINNEY, 2007) : les feux de cimes indépendants, actifs et passifs.

Un feu de cimes indépendant est un feu qui n'est pas dépendant du feu se propageant dans les strates basses de la végétation de la zone considérée. Pour les deux autres types, le feu de cimes est toujours la conséquence de l'arrivée d'un feu de surface. La différenciation entre feu passif et feu actif, peut se faire grâce à la vitesse de propagation de ce dernier. En effet, pour un feu passif, cette vitesse est similaire à celle du feu de surface, tandis que pour un feu actif, elle est plus élevée. Néanmoins, ces feux libèrent tous de grandes quantités d'énergie et la longueur des flammes est élevée. Leur prise en compte est donc de première importance dans les actions de prévention et de lutte contre les incendies (MORETTI, 2015).

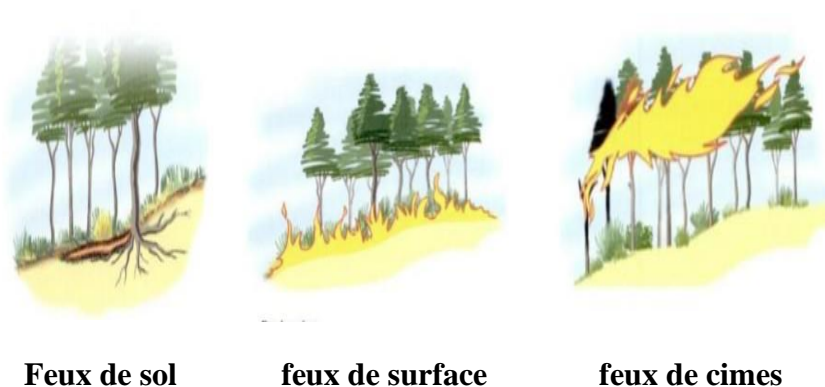


Figure 7 : types d'incendies de forêt **Source :** (protection des forêts contre l'incendie)

6.2 : Causes des incendies de forêts

6.2.1- Causes naturelles

En territoire méditerranéen, les causes naturelles (généralement la foudre) représentent environ (2%) des initiations de feux. Par contre, cette proportion est beaucoup plus élevée dans d'autres pays où la forêt recouvre un grand territoire.

6.2.2- Causes humaines

Les causes humaines constituent directement ou indirectement la principale origine des incendies de forêt en région méditerranéenne. On trouve des causes involontaires et des causes volontaires.

➤ Causes humaines involontaires

Les causes humaines involontaires sont diverses : les imprudences, les accidents, les installations électriques et les dépôts d'ordures. Le plus fréquent, les feux de forêts résultent des imprudences et des accidents humains.

•Les imprudences :

L'imprudence est cette forme de liberté prise par chacun de ne pas contrôler ses gestes et ses actions (**BERRICH, 2013**). Les imprudences sont liées aux travaux agricoles ou forestiers tels que le brûlage des chaumes, sarments de vigne et les rémanents d'exploitations forestières, ...etc. (**BENABDELI, 1996**).

•Les accidents :

Ils sont beaucoup moins fréquents que les imprudences et dus à des défauts de fonctionnement d'équipements. Ils se passent le plus souvent dans les interfaces forêt/voie de circulation (**EDDINE, 2013**).

➤ Causes humaines volontaires

Les causes volontaires voire criminelles sont diversifiées dont on distingue : la pyromanie, les vengeances et les mesures préventives de l'armée, pour éliminer les caches et abris de terros.

6.3: la propagation d'incendie

6.3.1 : le mécanisme de propagation

Chapitre I : Risque d'incendie des forêts

Le schéma le plus général de propagation d'un incendie de forêt est le suivant: le feu commence à se développer au niveau de la litière, en restant très modéré et facile à éteindre. Il prend de l'ampleur lorsqu'il atteint la strate des broussailles. La hauteur des flammes atteignant 1,5 à 3 fois la hauteur de la strate en combustion, le feu sera d'autant plus violent que la broussaille sera plus haute et plus dense. Le feu peut atteindre les cimes des ligneux hauts et les embraser si la broussaille est suffisamment dense ou si des branches basses, des lichens ou des écoulements résine, font relais (**CEMAGREF, 1989**).

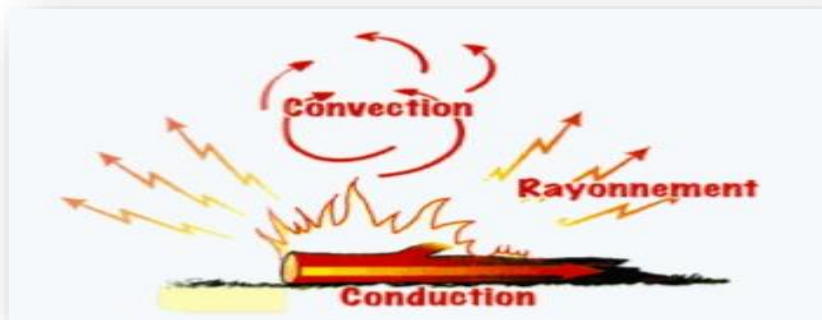


Figure 8 : mécanisme de propagation d'un feu de forêt

6.3.2 : Modes de transfert de la chaleur

Le transfert de la chaleur est un processus d'échange d'énergie entre deux points de l'espace se produisant (**KHALID, 2008**). Il est assuré par trois voies :

➤ Transmission par conduction

La chaleur émise par le foyer chauffe les gaz froids (air par exemple) qui deviennent plus légers. L'air chaud plus léger que l'air froid, a tendance à monter, remplacé par du nouvel air froid et peut ainsi enflammer un gaz situé en hauteur par rapport à la flamme (**SAUCE, 2009**).

➤ Transmission par rayonnement thermique ou radiation

La chaleur est en fait une onde électromagnétique appelée infrarouge. Cette onde peut mettre le feu, à distance, à un gaz situé loin de la source de chaleur (**SAUCE, 2009**).

➤ Transmission par convection

La convection liée aux mouvements d'air chaud, voit son importance augmenter avec le vent et la pente (**SAUCE, 2009**). **EDDINE (2013)** ajoute « Ces mouvements peuvent, en outre, contribuer au transport de particules incandescentes en avant du front de flammes. Ce processus est à l'origine de déclenchement de foyers secondaires (sautes de feu) ».

Chapitre I : Risque d'incendie des forêts

6.4 : Conséquence de l'incendie :

Bien que les incendies de forêt soient beaucoup moins meurtriers que la plus part Catastrophe naturel, ils n'en restant pas moins très coûteux en terme d'impact humain, Économique, matériel et environnemental, les atteintes aux hommes coïncement Principalement les sapeurs-pompiers et plus rarement population.

Le mitage, qui correspond à une présence diffuse d'habitations en zone forestières,

Accroît la vulnérabilité des populations face à l'aléa feu de forêt. De même, la diminution Des distances entre les zone d'habitat et les zone des forêts limite les zone tampon à de Faible périmètres, insuffisante à stopper la propagation d'un feu la destruction D'habitations, de zones d'activités économiques et industrielles, ainsi que des réseaux Communication, induit généralement un cout important et des pertes d'exploitation L'impact environnemental d'un feu est également considérable en termes de biodiversité (Faune et flore habituelles des zones boisées).

Aux conséquences immédiates, telle que les disparitions, et les modifications de Paysage, viennent s'ajoute des conséquences à plus long terme, notamment concernant les Biotopes, la perte de qualité des sols et risque importante d'érosion, consécutif à L'augmentation du ruissellement sur un sol dénudé **(D.D.C.A., 2006)**.

6.5 : facteurs favorables aux incendies de forêts en région méditerranéen

Le type de végétation et le climat sont des facteurs importants de prédisposition au feu. Certaines formations végétales sont plus sensibles au feu que d'autres : les maquis et garrigues sont plus vulnérables que les zones forestières. Cette sensibilité s'explique par la différence de composition de ces formations et par les conditions climatiques auxquelles elles sont soumises, en particulier leur teneur en eau. Celle-ci est influencée par les conditions climatiques que sont la température, le degré hygrométrique de l'air, l'absence ou l'abondance des précipitations et les épisodes de vents violents et desséchants.

Les situations idéales de développement des incendies se rencontrent lorsque sont réunies certaines conditions de climat, de végétation, de topographie et de gestion sociale et économique de l'espace.

A côté des causes immédiates, c'est à dire des agents de mise à feu, qui apportent une quantité de chaleur suffisante pour que le matériel végétal s'enflamme, les causes profondes ou structurelles des incendies de forêts en région méditerranéenne sont bien établies **(VELEZ,**

Chapitre I : Risque d'incendie des forets

1994). Il s'agit de la sécheresse estivale et des vents qui marquent le climat méditerranéen, de la végétation qui, par sa composition floristique et sa structure, est très inflammable, du relief et, enfin, du contexte social, qui se traduit, soit par l'abandon et l'embroussaillage de beaucoup de zones rurales (notamment en Grèce et au Portugal) (**ANGELIDIS, 1994**).

L'évolution de l'occupation du sol, qui conduit, depuis quelques décennies, à l'augmentation de l'interface forêt/habitat, influe notablement sur le risque d'incendie. En effet, l'habitat disséminé dans l'espace naturel combustible ou bien à son contact est reconnu par tous comme un facteur aggravant majeur dans la lutte contre les incendies de forêt (**CASTELLI & RIGOLOTT, 2003**).

Enfin, les modifications du climat et les changements des modes d'usage des terres représentent des facteurs clés dans l'évolution actuelle des régimes d'incendies en région méditerranéenne (**QUEZEL & MEDAIL, 2003**).

6.5.1. Les facteurs climatiques

Les incendies de forêt dans le Bassin Méditerranéen dépendent pour une bonne part des conditions climatiques dominantes. Des étés prolongés (s'étendant de juin à octobre et parfois plus longtemps), avec une absence éventuelle de pluie et des températures diurnes moyennes bien supérieures à 30 °C réduisent la teneur en eau de la litière forestière à moins de 5 % (**1994 ; DIMITRAKOPOULOS & MITSOPOULOS, 2006**). Dans ces conditions même une légère augmentation de chaleur (éclair, étincelle, allumette, mégot de cigarette) peut suffire à déclencher un incendie violent.

Tableau 5 : influence climatiques sur les conditions du feu

Facteurs climatiques	Influences sur les conditions du feu
précipitations	Rôle décisif dans le bilan hydrique des sols et du végétal
Température de l'air	Augmentation de la température des combustibles, diminution de la teneur en eau et réduction de l'humidité atmosphérique lorsque la température de l'air augmente
Humidité atmosphérique	Réduction de la teneur en eau des combustibles si l'air est sec
Vitesse du vent	Accélération du dessèchement des combustibles, fléchissement de la colonne de convection, transport de matières enflammées en avant de l'incendie (sauts de feu), accélération de la propagation de l'incendie
Direction du vent	Vent dirigeant l'incendie vers des zones à propagation illimitée (boisement d'un seul tenant)
Saisons	Au printemps, dessèchement des combustibles de surface ; en été, augmentation des combustibles secs et abaissement de la nappe phréatique

Source : MEDDOUR-SAHAR et al, 2008

6.5.2. La végétation forestière en tant que combustible

Le caractère particulier des forêts méditerranéennes est en rapport, d'une part avec leur grande hétérogénéité biogéographique, historique, climatique et physionomique et, d'autre part avec leur instabilité et leur vulnérabilité, liées à la fois à l'environnement méditerranéen et à l'activité humaine. Les écosystèmes méditerranéens sont, dans une large mesure, déterminées par une influence humaine prolongée et intense. Pendant des siècles, l'homme, les animaux domestiques et le feu ont modelé les forêts méditerranéennes, en créant des mosaïques formées d'unités ou de peuplements aux caractéristiques structurelles et fonctionnelles distinctes (**MONTERO & CANELLAS, 2000**). Les forêts méditerranéennes sont donc principalement composées de zones de forêts claires ou de formations arbustives, de maquis et de pâturages herbeux parsemés de végétation ligneuse.

Reflétant le climat dominé par de longues périodes de sécheresses, les forêts méditerranéennes sont souvent caractérisées par des essences pyroclimaciques, c'est à dire par des essences qui dépendent de la présence du feu durant leur cycle reproductif (**VELEZ, 1994**). Le feu a toujours représenté un facteur écologique naturel dans le bassin méditerranéen et ses peuplements forestiers, comme ceux du chêne vert, du chêne liège ou du pin d'Alep, constitués essentiellement d'espèces arborées ou arbustives pyrophytiques (**RAMADE, 1997**).

6.5.3. Les facteurs socio-économiques

L'impact de l'action humaine sur l'environnement naturel dans la région méditerranéenne a été considérable durant 7 000 à 8 000 ans. Au Proche-Orient, les débuts de la culture et de l'élevage, qui ont affecté la forêt par le défrichement et le feu, remontent à 10 000 ans.

Ces activités anthropiques se sont ensuite étendues dans le bassin de la Méditerranée occidentale vers 5 500 à 4 500 ans avant J.-C. (**M'HIRIT, 1999**). Ainsi, l'homme brûle la forêt méditerranéenne, depuis plus de 4 000 ans, à la recherche de meilleurs pâturages et de terres de cultures (**M'HIRIT, 1999**). L'incendie n'est donc pas un phénomène récent et il a largement contribué à façonner le paysage végétal. Pendant, des siècles ce facteur principal de l'anthropisation (**QUEZEL & MEDAIL, 2003**) a toujours été présent dans le paysage rural et a été utilisé pour des activités agricoles et pastorales, qui formaient des discontinuités entre les massifs forestiers.

6.5.4. Les facteurs topographiques

Chapitre I : Risque d'incendie des forets

Les variations topographiques (par exemple exposition, la pente et l'altitude) Influencent sur les précipitations, les eaux de ruissellement, la température, le vent et le Rayonnement solaire, qui à leur tour ont une incidence sur l'inflammabilité à travers la Production du combustible et sa teneur en eau. L'influence des facteurs topographiques et météorologiques est confirmée par une Corrélation significative entre l'exposition, les pentes, la hauteur du soleil sur l'horizon et le degré d'inflammabilité des combustibles au cours de l'année (**De oliveira, 2012 in Meddour-sahar, 2014**).

1.7 : Risque d'incendie

Les incendies de forêt sont des risques, pour la prévention desquels, de nos jours, les attentes sociales sont extrêmes. Pourtant, le phénomène de feu de forêt est à la fois naturel et essentiel pour l'écosystème forestier. La suppression de tous les feux n'est ni physiquement possible, ni écologiquement souhaitable (**Conard et Latham, 2000**).

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

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

Tableau 6: les éléments du risque incendie de forêt

➤ L'aléa

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

➤ La probabilité d'occurrence

Elle se manifeste sous deux aspects:

A : La probabilité d'éclosion:

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

Chapitre I : Risque d'incendie des forêts

B : La probabilité d'incendie :

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

➤ **L'intensité**

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

➤ **La vulnérabilité**

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

➤ **L'enjeu**

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

➤ **Parade**

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

7.1 : Risque liée à l'homme

D'après **Boudy (1952)**, c'est en Algérie que l'étude des causes d'incendies a été entreprise en détail et c'est le facteur humain qui joue un rôle prépondérant dans leurs

Causes originelles et leurs fréquences. Les riverains ont toujours incendiés la forêt pour se procurer des terres de cultures et de pâturage. L'imprudence a aussi sa part dans la propagation de l'incendie (charbonnier négligeant, passant jetant une allumette, etc.).

Selon **Valez (1999)**, parmi les causes ou origines des feux les plus fréquentes :

Chapitre I : Risque d'incendie des forets

Les bergers causent souvent des incendies en brûlant les forêts et les maquis pour favoriser la repousse d'une nouvelle végétation herbacée pour les animaux au pâturage ;

Les paysans utilisent aussi le feu afin d'éliminer les chaumes et de repousser la forêt pour faire place à l'agriculture ;

Les populations urbaines sont particulièrement insensibles au danger des incendies et Leurs conséquences dangereuses (incon science des fumeurs et des touristes qui font du feu pour cuire leurs aliments et qui est la source d'un grand nombre d'incendies)

L'élimination des ordures par brûlage, qui est souvent effectuée sans prendre les précautions nécessaires et le risque d'incendie est grand ;

Les principales causes en Algérie sont :

- Les bergers
- Les charbonniers
- Les chercheurs de miel
- Le renouvellement de parcours, incinération des chaumes
- Echappements de véhicules
- Volontaires
- Pyromanie
- Inconnus.

7.2 : Risque lié à la topographie

Selon **Hetier (1993)**, trois paramètres topographiques influencent les incendies de forêt :

a) L'inclinaison des pentes

Le pourcentage de la pente influence directement le comportement des incendies de forêt, puisqu'il amplifie l'effet de radiation et de convection. La vitesse de propagation du feu s'en trouve accru. Des études expérimentales sur le comportement du feu ont montré que la vitesse de propagation double sur une pente de 10 à 15° et quadruple sur une pente de 20° (**Arfa, 2008**).

Chapitre I : Risque d'incendie des forets

b) L'exposition de la pente

L'exposition de la pente affecte

- La quantité de chaleur recueillie par les combustibles en fonction de l'insolation
- Les vents locaux
- La quantité et le type de combustible

c) L'élévation du terrain

L'élévation du terrain au-dessus du niveau de la mer affecte le comportement des incendies de forêt en modifiant la météo et la végétation :

-Modification de la météorologie avec l'altitude

-La température baisse

-Humidité relative augmente

-La vitesse du vent augmente

-Modification de la végétation avec l'altitude

-Le type de végétation

-Le taux l'humidité

Un feu ascendant brûle d'autant plus rapidement que la pente est forte, car l'efficacité des transferts thermiques par rayonnement et convection est accrue, contrairement à un feu descendant dont sa vitesse est considérablement ralentie, mais leur risque qu'il saute d'une pente à l'autre est très important : on parle alors de " saute de feu ".

7.3 : Risque lié à la météorologie

Les paramètres météorologiques tels que les précipitations, la température, l'humidité de l'air, le vent et l'ensoleillement influent d'une part sur la teneur en eau des végétaux, mais ils constituent également les facteurs naturels d'éclosion.

A. Précipitations

Les précipitations jouent un rôle prédominant dans la teneur en eau des végétaux. Leur effet varie de façon significative en fonction de leur durée, de leur période, de leur quantité ainsi

Chapitre I : Risque d'incendie des forets

que des types de combustibles, par exemple, une petite quantité d'eau suffit pour ralentir l'inflammabilité des graminées. Mais cet effet ne dure pas (**Kaiss et al. 2007**)

B. L'humidité relative

L'humidité relative influe sur l'inflammabilité des combustibles. Le lieu reste cependant très qualitatif et pour mieux comprendre leur effet, **Margerit (1998)** propose le tableau suivant :

Tableau 7 : influence du taux d'humidité sur l'inflammabilité

Humidité relative (%)	Inflammabilité
>70	Peu de risque
46-70	Risque faible
26-45	Risque fort
<25	Risque élevé

(**Source** : Margerit, 1998)

C. Le vent

Le vent est le facteur atmosphérique le plus affectant d'un incendie de forêt. Il augmente la combustion et la propagation en :

- augmentant l'apport de l'oxygène par le renouvellement de l'air ;
- asséchant les combustibles ;
- favorisant le réchauffement des combustibles à l'avant du feu ;
- influençant la direction de propagation du feu ;
- transportant les étincelles ou autres matières enflammées sur de grandes distances

(Sauts de feu).

Par ailleurs, il est important de connaître les caractéristiques des vents dominant d'une Région forestière, car le vent peut dans certaines circonstances être un auxiliaire précieux en dirigeant le feu vers une barrière naturelle ou artificielle qui peut arrêter leur propagation (**ZOUAIDIA, 2006**).

Chapitre I : Risque d'incendie des forêts

D. La température

Dans les régions méditerranéennes, l'accroissement de la température s'accompagne Souvent d'une baisse notable de l'humidité de l'air ambiant en période estivale (**FREDERIC, 1992**). La principale source de chaleur est le soleil, les combustibles exposés Au soleil se réchauffent plus rapidement que ceux sous couvert forestier. Le combustible végétal mort que constitue la litière est directement concerné par ce phénomène. Le risque De feu de végétation est donc grandissant au cours de la période estivale

E. Stabilité de l'air

Le facteur naturel est l'hygrométrie de l'air. En effet, plus l'air est humide, plus il est nécessaire de lui fournir de l'énergie pour en augmenter la température. Elle a aussi une influence indirecte sur la teneur en eau du matériel végétal mort. Mais la météorologie influe également de manière globale sur le comportement du feu. La stratification verticale de la température de l'atmosphère, qui conditionne sa stabilité, peut déterminer des changements de régime de feu. Par exemple, lorsque le vent est relativement faible et que le soleil chauffe le sol, la température de l'air s'élève au niveau du sol en provoquant des instabilités convectives. Cette instabilité induit des feux « dominés par leur panache », en général assez lents ; un effondrement de la colonne de convection en cas de condensation de l'eau due à l'air froid peut produire une accélération. À l'inverse, une atmosphère stable (vent fort, absence de soleil) induit des feux « dominés par le vent », dont le comportement est rapide et stable. L'influence des facteurs météorologiques est donc déterminante, mais complexe (**M.JAPPIOT et al, 2009**)

7.4 : Risque lié à la végétation ou au combustible

Les combustibles constituent l'un des éléments nécessaires à la propagation d'un incendie. Six caractéristiques nous permettant d'analyser les combustibles et aussi prévoir le comportement qu'aura un incendie dans des conditions données à savoir : leur nature, Leur grosseur, leur disposition, leur quantité, leur teneur en humidité, leur distribution.

1) Nature des combustibles

D'après **Trabaud (1980)**, les espèces dominantes qui caractérisent les formations en raison de leur importance constitutive influent sur l'inflammabilité et la combustibilité des peuplements intrinsèques.

Trois types de combustibles du point de vue combustibilité :

Chapitre I : Risque d'incendie des forêts

- **La combustibilité critique** : ce sont les matériaux qui s'assèchent très vite et sont susceptible de s'enflammer facilement et de brûler rapidement. Donc forment un milieu idéal pour la naissance d'un feu de forêt. Exemples : les feuilles mortes, les aiguilles, les écorces et les herbes sèches
- **Les matières à combustion lente** : regroupent les corps ligneux, l'humus, les branches, les souches
- **Les matériaux verts** : matières ligneuses vivantes ; ils regroupent les arbres, le sous-bois, la végétation herbacées.

2) La grosseur des combustibles

Elle affecte grandement l'intensité de la combustion. Plus le combustible est gros, la surface exposée à la chaleur pour une même quantité de matériaux est moindre que s'ils étaient petits. Donc les petits combustibles s'enflamment et brûlent rapidement.

3) Disposition des combustibles

Les principaux critères qui interviennent dans l'apparition d'un feu dans un espace végétal, est la structure spatiale du combustible (recouvrement horizontal et stratification verticale)

- **Recouvrement horizontale** : c'est la disposition relative d'un combustible par rapport un autre. Elle influe sur le taux de progression et sur l'intensité du feu. Si les combustibles sont rapprochés, ils brûlent avec une grande intensité et la chaleur dégagée accélère le taux de progression de l'incendie ;
- **Stratification verticale** : la distribution des combustibles à partir du sol jusqu'à la cime des arbres, influe sur la vitesse de propagation et sur l'intensité et la catégorie du feu.

4) Quantité de combustible

Quand la quantité de combustible est grande, l'intensité de la chaleur dégagée est plus élevée, donc un feu difficile à contrôler.

5) Distribution des combustibles

Elle se réfère à la répartition des différentes essences forestières sur le territoire. Le feu se propage plus rapidement dans certaines essences que dans d'autres.

6) Teneur en humidité

La teneur en humidité d'un combustible est le facteur le plus important affectant le comportement de feu. Elle détermine la probabilité d'ignition ou la facilité d'allumage, la vitesse de propagation et la quantité de combustible brûlé (**Bekdouche, 2010**). Elle provient

Chapitre I : Risque d'incendie des forets

du sol, de la pluie, ou bien de l'atmosphère. Plus un matériau est humide, plus la quantité de chaleur requise pour évaporer l'eau qu'il renferme est grande. Donc les combustibles humides sont difficiles à allumer et brûlent lentement (**Guendoul, 2011**)

1.8. Méthodes d'évaluation du risque incendie

L'évaluation des risques d'incendies n'est rien d'autre que la ou les méthodes qui

Consistent à évaluer et intégrer systématiquement les facteurs individuels et combinés qui influent sur les risques d'incendies (**Ouadah, 1998**).

Les méthodes d'évaluation des risques englobent, selon **Guendoul (2011)**, plusieurs indices liés soit aux combustibles ou la météorologie ou à l'homme, elle se rapportant à l'ensemble ou à une partie de ces derniers. Il existe un certain nombre de méthodes d'évaluation des risques d'incendies dans le bassin méditerranéen, CITONS :

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

Elle se compose de quatre sous-systèmes :

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

Il comporte six indices normalisés. Les trois premiers indiquent les variations

Journalières de la teneur en eau des trois types de combustibles forestiers ayant différentes vitesses de dessèchement, et les trois autres se rapportent au comportement du feu, qui

Représente la vitesse de propagation, de la quantité de combustible brûlé de même que l'intensité de feu.

- **Système PCI = méthode de prévision du comportement des incendies**

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

Ou de cimes).

- **Système POI = méthode de prévision des occurrences des incendies**

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

- **Système de l'humidité des combustibles secondaires**

Chapitre I : Risque d'incendie des forets

Leur rôle principal est de faciliter les applications particulières ou de répondre aux

Exigences spéciales des trois autres systèmes principaux. (Guendoul, 2011)

8.2. Méthode Française = méthode de détermination du risque de feu de forêt grâce

Au SIG

Cette méthode repose sur un modèle mise au point par **Dagorne et Duche (1993)**, Sur des zones similaires sur le côté Nord de la méditerranée. Elle vise à donner une valeur Objective

Au risque de feux de forêt en prenant compte les caractères propres de la végétation, à l'espace-support et à l'occupation humaine du sol. Le modèle fait intervenir les trois principaux facteurs pour l'évaluation du risque de feu de forêt à savoir : le topoMorphologie, le combustible et les activités humaines.

Le modèle repose sur la formule suivante :

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

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

IH : indice d'occupation humaine ;

IM : indice topo morphologique.

8.3. Méthode Espagnole = Système intégré pour la détermination du danger d'incendie de forêt

Elle a été mise en point par **Velez-Munoz** et porte le nom de : système intégré pour la détermination du danger d'incendie de forêt. Ce système est composé de 4 indices Partiels et 2 indices intermédiaires qui combinés donnent l'indice « danger d'incendie de forêt ». La météorologie, le combustible, l'homme constituent le point de départ et chacun de ces facteurs, l'auteur affecte un indice de risque qui sont respectivement : l'indice météorologique de danger, l'indice d'inflammabilité et l'indice de causalité (**Guendoul,**

2011).

8.4. La Méthode turque

Repose sur un modèle de cartographie du risque d'incendie qui a été développé par des universitaires Turques (**Erten et al, 2004**). Pour l'évaluation de risque d'incendies, le modèle fait intervenir 5 facteurs : le type de végétation(**Tveg**), la pente(**P**), l'exposition(**E**),

Chapitre I : Risque d'incendie des forets

La distance à partir les routes(**Dr**) et la distance à partir les agglomérations(**Da**)

(Guendoul, 2011).

Le modèle repose sur la formule suivante :

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

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

Tableau 8 : Poids de chaque composant dans la structure des méthodes globales

Composante Méthode	Méthode Française	Méthode Canadienne	Méthode Espagnole	Méthode Turque
Météo ou espace-support	12.5%	33%	56%	33.33%
Végétation	62.5%	33%	22%	46.66%
Homme	25%	33%	22%	20%

Source : Guendoul (2011)

Chapitre II :
SIG et télédétection

II.1. Système d'information géographique :

1.1. Définition de SIG

Tout comme nous utilisons un traitement de texte pour écrire des documents et traiter des mots sur un ordinateur, nous pouvons utiliser une application SIG pour traiter l'information spatiale sur un ordinateur.

L'objectif de ce chapitre est de présenter brièvement les systèmes d'information géographiques tout en mettant l'accent sur leurs composants, leurs fonctionnements et leurs utilités.

SIG est synonyme de 'système d'information géographique'. Un SIG est constitué d'une :base de données, Composants matériels, Logiciel informatique. C'est un véritable instrument de travail, son application permet de représenter sur un écran d'ordinateur (système informatique) une carte ou un plan.

Un Système d'Information Géographique (SIG) est un logiciel informatique capable d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées.

Le SIG permet d'acquérir, d'organiser, de gérer, de traiter et de restituer des données Géographiques sous forme de plans et cartes. **(site web)**

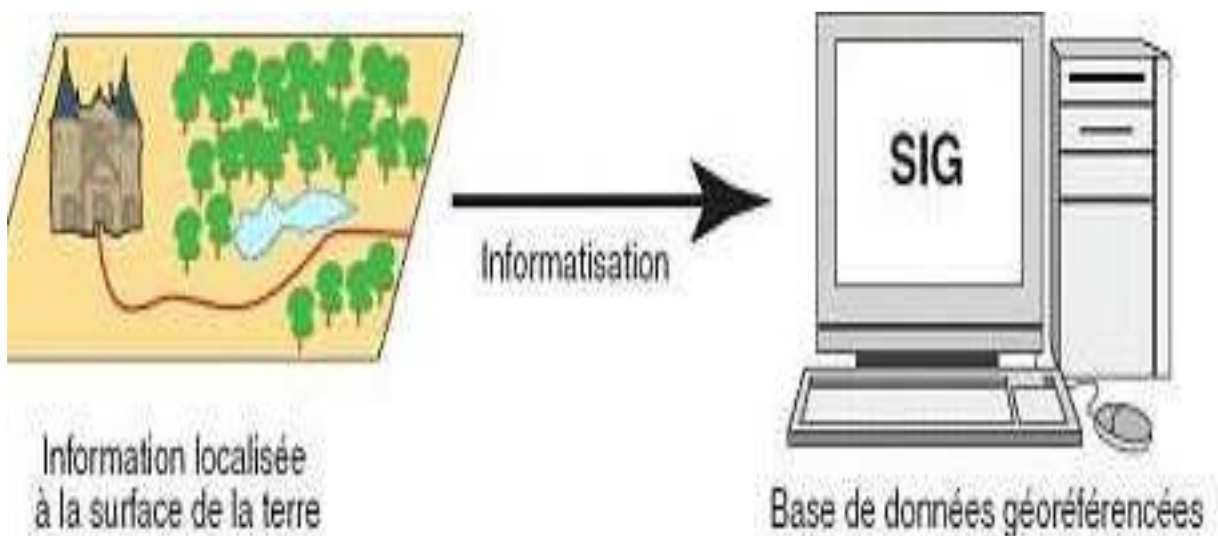


Figure 09 : définition d'un SIG.

Chapitre II :SIG et télédétection

La première application SIG, souvent citée en épidémiologie, est l'étude menée avec succès par le docteur John Snow. Il s'agit de l'épidémie de choléra dans le quartier de Soho à Londres en 1854 : ayant représenté sur un plan la localisation des malades et l'endroit où ils puisaient leur eau, il parvint à déterminer que c'était l'eau d'un certain puits qui était le foyer de contamination.

Dans les années 60, les cartes de l'Afrique de l'Est, trop nombreuses pour permettre de localiser les meilleurs endroits pour créer de nouvelles implantations forestières, font naître l'idée d'utiliser l'informatique pour traiter les données géographiques (SIG).

L'avancée de l'informatique encouragée par la prise de conscience environnementale ont permis l'usage des techniques et méthodes dans la science et l'aménagement du territoire. Les suivi, la gestion et la protection de la biodiversité sont également à l'origine de l'évolution des applications SIG. Depuis 1970, de nouvelles approches scientifiques transdisciplinaires et collaboratives ont vu le jour.

(1991) distingue trois périodes principales dans l'évolution des SIG :

Fin des années 1950 – milieu des années 1970 : début de l'informatique, premières cartographies automatiques

Milieu des années 1970 - début des années 1980 : diffusion des outils de cartographie automatique/SIG dans les organismes d'État (armée, cadastre, services topographiques ...)

Depuis les années 1980 : croissance du marché des logiciels SIG, développements des applications SIG, mise en réseau (bases de données distribuées, avec depuis les années 1990, des applications SIG sur Internet) et une banalisation de l'usage de l'information géographique (cartographie sur Internet, calcul d'itinéraires routiers, utilisation d'outils embarqués liés au GPS...), apparition de « logiciels libres » ou d'outils dédiés aux pratiques coopératives ... (site web)

1.2. Nature des données dans un SIG

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

- La base des données spatiales qui décrit les coordonnées et la forme géographiques des éléments de la base;
- La base de données attributs, qui comprend les caractéristiques divers de ces éléments.

Ces deux bases peuvent être distinctes, ou intégrées dans une même entité (**Tir, 2016**)

1.3. Les fonctionnalités de SIG

Selon (**Boughaffour Ghizlèn ,KhedimSoumaya2014-2015**), les fonctionnalités de SIG sont

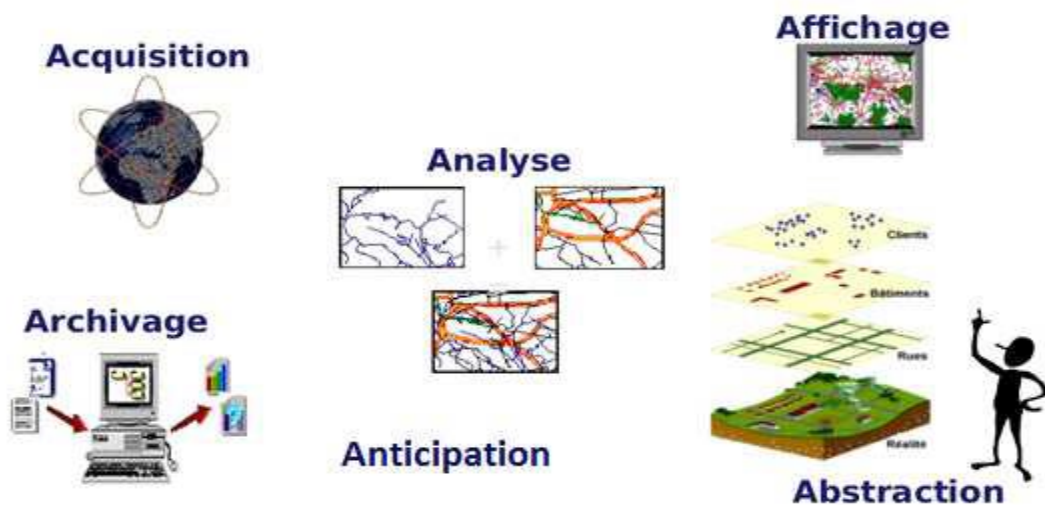


Figure 10: Les fonctionnalités de SIG

Selon (Boughaffour Ghizlèn, Khedim Soumaya 2014-2015), les fonctionnalités de SIG sont

Abstraction

En tant que système d'information un SIG réalise une modélisation du monde réel. Pour pouvoir réaliser les différentes opérations, le système d'information géographique possède différentes fonctionnalités, Ces fonctionnalités sont résumées dans cinq groupes appelés communément les "5 A" : Abstraction, Acquisition, Archivage, Analyse, et enfin Affichage.

Il comporte des outils qui permettent d'abstraire la réalité pour mieux l'appréhender et l'étudier. Un modèle de données, c'est un ensemble de règles pour représenter des objets et des comportements du monde réel dans un système informatique.

On distingue quatre niveaux d'abstraction de la réalité :

- Le monde réel :

Modélisation du monde réel en monde de l'information géographique :

Extraire du monde réel la partie à étudier, identifier les éléments essentiels et les traduire en information géographique.

- Le modèle conceptuel :

Modélisation de l'information géographique en données géographique :

Organisation du modèle lié à l'informatique.

- Le modèle logique :

Chapitre II :SIG et télédétection

Modélisation des données géographique en données numériques :

Organisation interne à l'application, codage de données

- Le modèle géométrique :

Modélisation des données décrivant spatialement les objets : position, forme, métriques, ...

Modélisation des relations spatiales entre objets : connectivité, adjacence, voisinage,...

- Le modèle physique :

Modélisation des données dans les supports de stockages : description informatique

Acquisition

Acquisition : saisie et contrôle des données

- **Par création :**

- Numérisation: en mode vecteur vectorisation sur table de digitalisation ou sur écran.

- Scannage: création des données raster ou étape préalable de vectorisation sur écran

- Traitements particuliers: comme ceux des images satellitaires

Création de données consiste en :

- Création d'objets graphiques

- Création d'information sémantique : renseignement des champs, nouveaux attributs

- **Par importation de données externes :**

Photogrammétrie, télédétection, levés de terrain, fichiers existants ...

Importation de données structurées dans un format ou en format texte + structuration de données à l'entrée, ou passage par une norme d'échange.

Analyse

C'est l'opération qui permet d'effectuer des traitements ou des interprétations liées à la géométrie des objets (exemple calcul d'itinéraire, croisement des données thématique en couches.)

Archivage

Archivage - Gestion des données : stockage, consultation, recherche et extraction de ces données.

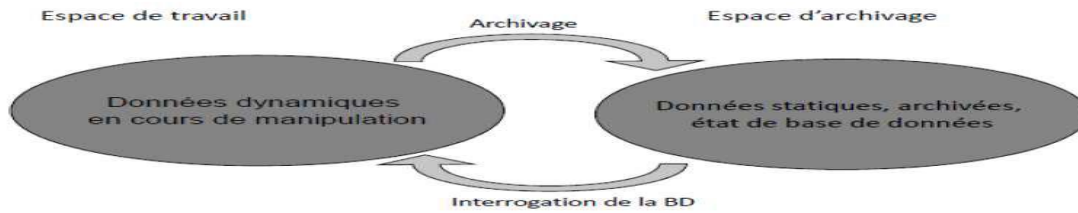


Figure 11: Archivage.

Affichage

Les systèmes d'information géographique sont utilisés pour restituer les données sous différentes formes (carte, graphiques, tables statistiques, ou tout autre fichier informatique exportable vers d'autres applications).

1.4. Les domaines d'application:

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés(**Habert,200**). Citons cependant :

- Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques)
- Marketing (localisation des clients, analyse du site)
- Planification urbaine (cadastre, POS, voirie, réseaux assainissement)
- Protection civile (gestion et prévention des catastrophes)
- Transport (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires)
- Hydrologie
- Forêt (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture)
- Géologie (prospection minière)
- Biologie (études du déplacement des populations animales)
- Télécoms (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles).

II.2. Télédétection

La télédétection est née de la fusion de deux inventions anciennes : la montgolfière (première plate-forme d'observation aérienne) et la photographie. En réalité, la télédétection moderne est née de la photographie aérienne, qui a connu un essor considérable au cours du XX^e siècle, surtout au cours de la seconde guerre mondiale.

L'année qui symbolise l'entrée de la télédétection dans l'ère moderne est l'année 1957 avec le lancement de Spoutnik, premier satellite artificiel à être placé en orbite autour de la terre. De puis, de nombreux pays dont les USA, le Canada, la France, l'ex-URSS puis la Russie, la Chine, le Japon ou encore l'Inde ont développé leurs propres programmes de télédétection. Aujourd'hui, des dizaines de satellites d'observation de la terre sont en orbite et fournissent en permanence des milliers d'images pour des applications civiles.

2.1. Définition

"La télédétection est la science et l'art d'obtenir l'information sur un objet, surface ou phénomène à travers l'analyse des données acquises par un moyen qui n'est pas en contact avec l'objet, la surface ou le phénomène à étudier" (**Lillensand & Kiefer, 1987**).

La télédétection est l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. Télé signifie "à distance" et détection veut dire "découvrir" ou "déceler" (Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale, 1988).

La télédétection est une discipline qui cherche à obtenir des informations de la Terre en utilisant des images acquises par des satellites ou des plateformes aériennes et en se servant de la radiation électromagnétique émise ou réfléchi par la surface terrestre (**Lillesand et Kiefer, 1994 ; Chirico, 1996**).

La télédétection utilise les propriétés physiques des objets pour acquérir des informations sur leur nature. Ceci implique une interaction entre l'énergie qui est transmise par le rayonnement électromagnétique et les objets. Pour la plupart des plates-formes satellitaires, cette énergie est enregistrée par un capteur et transmis à une station de réceptions, sous forme d'une image numérique (**Lillesand et Kiefer, 1994**).

La télédétection est une technique qui permet, à l'aide d'un capteur, "d'observer" et d'enregistrer le rayonnement électromagnétique, émis ou réfléchi, par une cible quelconque sans contact direct avec celle-ci. Le traitement et l'analyse des informations véhiculées par le rayonnement enregistré permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible : géométriques (position, forme et dimensions), optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physico-chimiques (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire, phyto-masse, matière organique du sol,...) (**SOUDANI KAMEL 2006 - 2007**)

2.2. Processus de télédétection

Dans la plupart des cas, la télédétection implique une interaction entre l'énergie incidente et les cibles. Le processus de la télédétection au moyen de systèmes imageurs comporte les sept étapes que nous élaborons ci-après. Notons cependant que la télédétection peut également impliquer l'énergie émise et utiliser des capteurs non-imageurs. Suivantes (Figure 4):

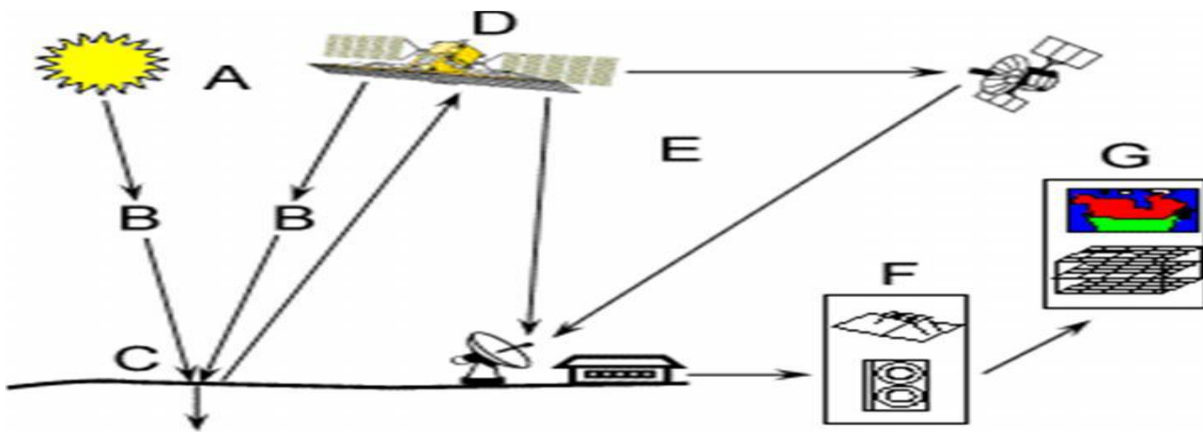


Figure 12: Processus de télédétection (Centre Canadien de télédétection, 1999)

1. Source d'énergie ou d'illumination (A)

-À l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible.

2. Rayonnement et atmosphère (B)

- Durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère. Une seconde interaction se produit lors du trajet entre la cible et le capteur.

3. Interaction avec la cible (C)

- Une fois parvenue à la cible, l'énergie interagit avec la surface de celle-ci. La nature de cette interaction dépend des caractéristiques du rayonnement et des propriétés de la surface.

4. Enregistrement de l'énergie par le capteur (D)

- Une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée à distance (par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible) pour être enfin enregistrée.

5. Transmission, réception et traitement (E)

- L'énergie enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques).

Chapitre II :SIG et télédétection

6. 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.

7. Application (G)

- La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible, pour nous en faire découvrir de nouveaux aspects ou pour aider à résoudre un problème particulier

2.3. Les domaines d'application de la télédétection

Si à la base les applications étaient plutôt militaires, de nombreuses disciplines utilisent les images satellite (tableau 09).

Tableau 09: Domaines d'application de la télédétection

Domaines	Exemples d'applications
Géosciences	Géologie, pédologie, géomorphologie
Météorologie	Vitesse des vents, précipitations, températures, détection des cyclones, orages...
Océanographie	Couleurs de l'eau, turbidité, hauteurs des vagues, courant marin, phytoplancton, pollution marine
Foresterie	Couverture forestière, santé des forêts, impacts après ouragans
Cadastre / urbanisme	Couverture du sol, urbanisation, contrôle des autorisations (piscines, zones bâties...)
Agriculture Identification des plantations, évaluation de la production ...	Identification des plantations, évaluation de la production ...
Environnement	Etude d'impact, détection des changements ...
Biologie /Ecologie	Classification des types de végétaux, étude du corail, cartographie des habitats
Télécommunication	Carte de répartition des antennes de téléphonie mobile...
Hydrologie	Catastrophes environnementales Feux de forêts, éruptions volcaniques, sécheresses, marées Noires
Archéologie	Cartographie des sites archéologique
Santé	Prévision des épidémies, relations avec les changements globaux
Humanitaire	Pré -alerte de famines : réfugiés (camps

Catastrophes environnementales marées	Feux de forêts, éruptions volcaniques, sécheresses, marées Noires
Changements globaux	Désertification, variations climatiques, composition de l'atmosphère

Source: UNIGE (2004), Peduzzi (2009) inAbdelbaki (2012)

2.4. Bases physique de la télédétection

2.4.1. Le rayonnement électromagnétique

La télédétection utilise les propriétés du rayonnement électromagnétique pour analyser à distance la surface du sol, de l'océan ou l'atmosphère. Une bonne connaissance de la physique élémentaire du rayonnement est indispensable à l'interprétation des résultats de la télédétection.

1. LE RAYONNEMENT ÉLECTROMAGNÉTIQUE

Le rayonnement électromagnétique est une forme de propagation de l'énergie dans la nature, dont la forme qui nous est la plus familière est la lumière visible telle que la perçoit l'œil humain. Historiquement, la physique spécialisée dans l'étude du rayonnement (optique)est née de l'étude de la propagation de la lumière et de ses interactions avec les matériaux(optique géométrique). Le rayonnement a été ensuite reconnu par les physiciens comme un phénomène ondulatoire, en relation avec l'électricité et le magnétisme (optique électromagnétique) ; cette perspective a permis d'étendre considérablement le champ des connaissances sur le spectre du rayonnement électromagnétique, bien au-delà de la lumière visible. Enfin, la physique moderne a montré que le rayonnement électromagnétique pouvait également être considéré comme un déplacement de particules élémentaires représentant une quantité d'énergie (optique énergétique et quantique).(Bonn et al., 1996).

2 Les ondes électromagnétiques:

Une onde électromagnétique correspond à la vibration simultanée dans l'espace d'un champ électrique et d'un champ magnétique. Une onde électromagnétique est une onde progressive et transversale ; le sens de la variation des champs est perpendiculaire à la direction de propagation (fig13).

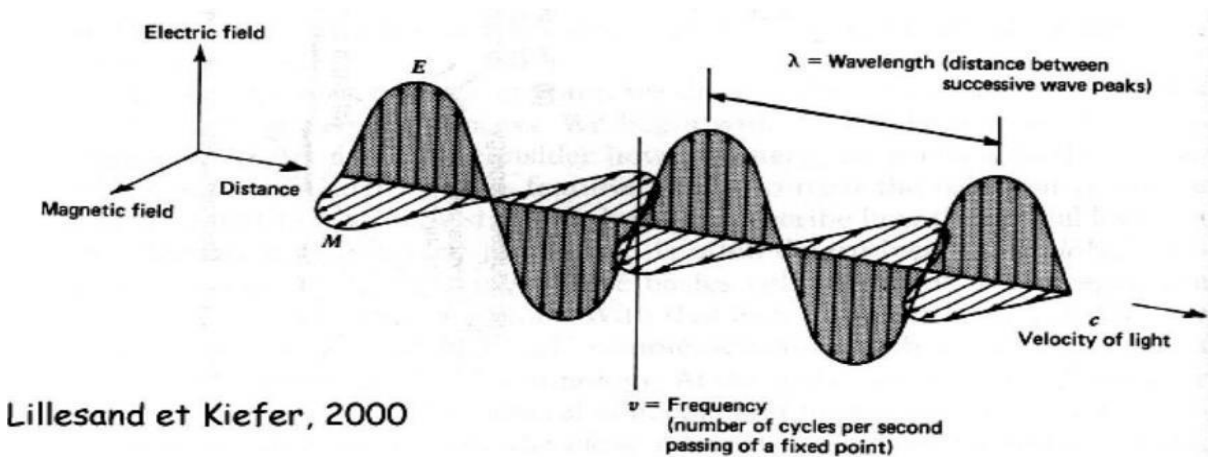


Figure 13 : Onde électromagnétique simple (monochromatique, plane)(Claude Kergomard)

Elle se caractérise par :

- la période T : c'est le temps au bout duquel le champ électrique ou magnétique retrouve sa valeur à partir d'un instant quelconque, c'est à dire effectuée un cycle. L'unité est la seconde.
- la fréquence, désignée par la lettre ν : c'est le nombre de cycles par unité de temps. L'unité de fréquence est le Herz (Hz). Un Hz équivaut à un cycle par seconde. Les ondes utilisées en télédétection se caractérisent par des fréquences très élevées mesurées en multiples du Hz (kHz, MHz ou GHz –gigahertz)
- la longueur d'onde ou amplitude : elle est exprimée par une unité de longueur, le mètre ou ses sous-multiples, en particulier :

Le micron ou micromètre : μm . $1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$ et le nanomètre : nm . $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ Entre la longueur d'onde et la fréquence existe la relation classique $\lambda \cdot \nu = c$

Où c est la vitesse de propagation du rayonnement dans le vide (vitesse de la lumière): $c = 3 \cdot 10^8 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Il est à noter que la fréquence d'un rayonnement électromagnétique est invariable, alors que la vitesse de propagation, et donc la longueur d'onde, peuvent être modifiées lors du passage d'un milieu à un autre. C'est la raison pour laquelle, il vaut toujours mieux caractériser le rayonnement électromagnétique par sa fréquence, même si l'utilisation de la longueur d'onde est la plus répandue...

- la polarisation, c'est à dire l'orientation du champ électrique dans le plan perpendiculaire à la direction de propagation. La lumière visible (rayonnement solaire) est non-polarisée, c'est à dire qu'elle n'a pas d'orientation privilégiée dans ce plan. En revanche, la polarisation du rayonnement doit être prise en compte en télédétection micro-ondes (capteurs passifs et radars).

- l'amplitude de l'onde qui conditionne l'intensité du rayonnement ; plus l'amplitude est forte plus le flux d'énergie est intense. (Bonn et Rochon, 1996).

2.4.2. Rayonnement et énergie :

Le rayonnement électromagnétique est une forme de transport d'énergie. Une onde électromagnétique transporte l'énergie non pas de façon continue, mais de façon discrète (au sens mathématique du terme), par entités élémentaires ou quanta d'énergie. Ces quanta d'énergie peuvent être assimilés à des particules, et sont parfois appelés des photons. La quantité d'énergie associée à un photon dépend de la fréquence : $E = h \cdot \nu$ où E est la quantité d'énergie, la fréquence et h la constante de Planck : $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s,

Les rayonnements de fréquence élevée ou de courte longueur d'onde (ultraviolet, lumière visible) transportent ainsi beaucoup plus d'énergie que les rayonnements de grande longueur d'onde (infrarouge, micro-ondes). C'est l'énergie transportée par le rayonnement électromagnétique qui est détectée par les capteurs utilisés en télédétection.

2.4.3. Spectre électromagnétique

Les différentes ondes électromagnétiques que l'on peut observer dans la nature sont le résultat de la superposition d'ondes sinusoïdales simples, caractérisées chacune par une amplitude et une fréquence différentes, et donc par des longueurs d'onde propres. La superposition de deux ondes sinusoïdales peut se visualiser simplement par deux ondes simples mais d'amplitude et de fréquence différentes se superposant pour former une onde complexe (fig14) (Bonn et al. 1996).

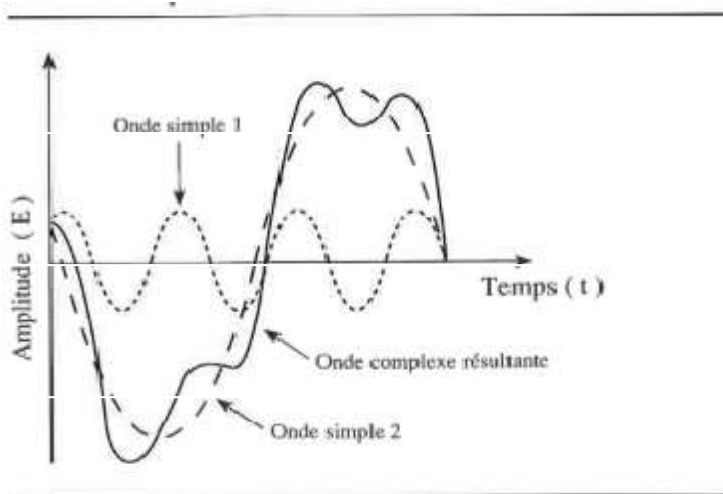


Figure 14 : Superposition d'ondes simples (Bonn et Rochon, 1996).

Par analogie, on peut comprendre que tout rayonnement électromagnétique peut être décomposé en ondes sinusoïdales élémentaires qu'on appellera composantes spectrales du rayonnement considéré. L'adjectif spectral fait référence au spectre obtenu quand la lumière

Chapitre II :SIG et télédétection

blanche passe dans un prisme (fig15). Cette notion de spectre a été étendue à toutes les ondes électromagnétiques dont la partie visible correspond à des longueurs d'onde situées entre 0.4 et 0.7 μ m.

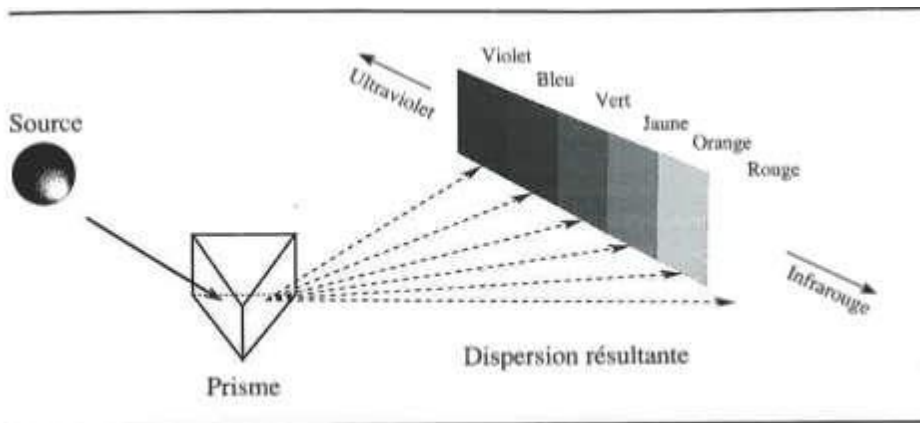


Figure 15 : Dispersion spectrale de la lumière au moyen d'un prisme (Bonn et Rochon, 1996).

La figure 15 représente le spectre électromagnétique, les différents types de rayonnement y sont classés selon leur longueur d'onde et leur fréquence. L'échelle des fréquences, et donc des longueurs d'onde, est logarithmique sur cette figure.

Les principales zones du spectre dans lesquelles des mesures sont possibles en télédétection sont :

- l'ultraviolet (quoique rarement) ;
- le visible, de 0.4 à 0.7 μ m, souvent décomposé en bandes spectrales plus étroites ;
- l'infrarouge proche, c'est-à-dire proche du visible, de 0.7 à 1.5 μ m ;
- l'infrarouge moyen, de 1.5 à 3 μ m ;
- l'infrarouge thermique, de 3 à 15 μ m ;
- les hyperfréquences appelées aussi micro-ondes, de 1 millimètre à 1 mètre.

En télédétection, l'utilisation des ondes électromagnétiques comme support d'information se traduit la plupart du temps par une mesure de l'intensité de celle-ci au moyen de capteurs spécifiques ; c'est pourquoi il faut détailler les différentes grandeurs et unités utilisées en radiométrie (Bonn et Rochon, 1996).

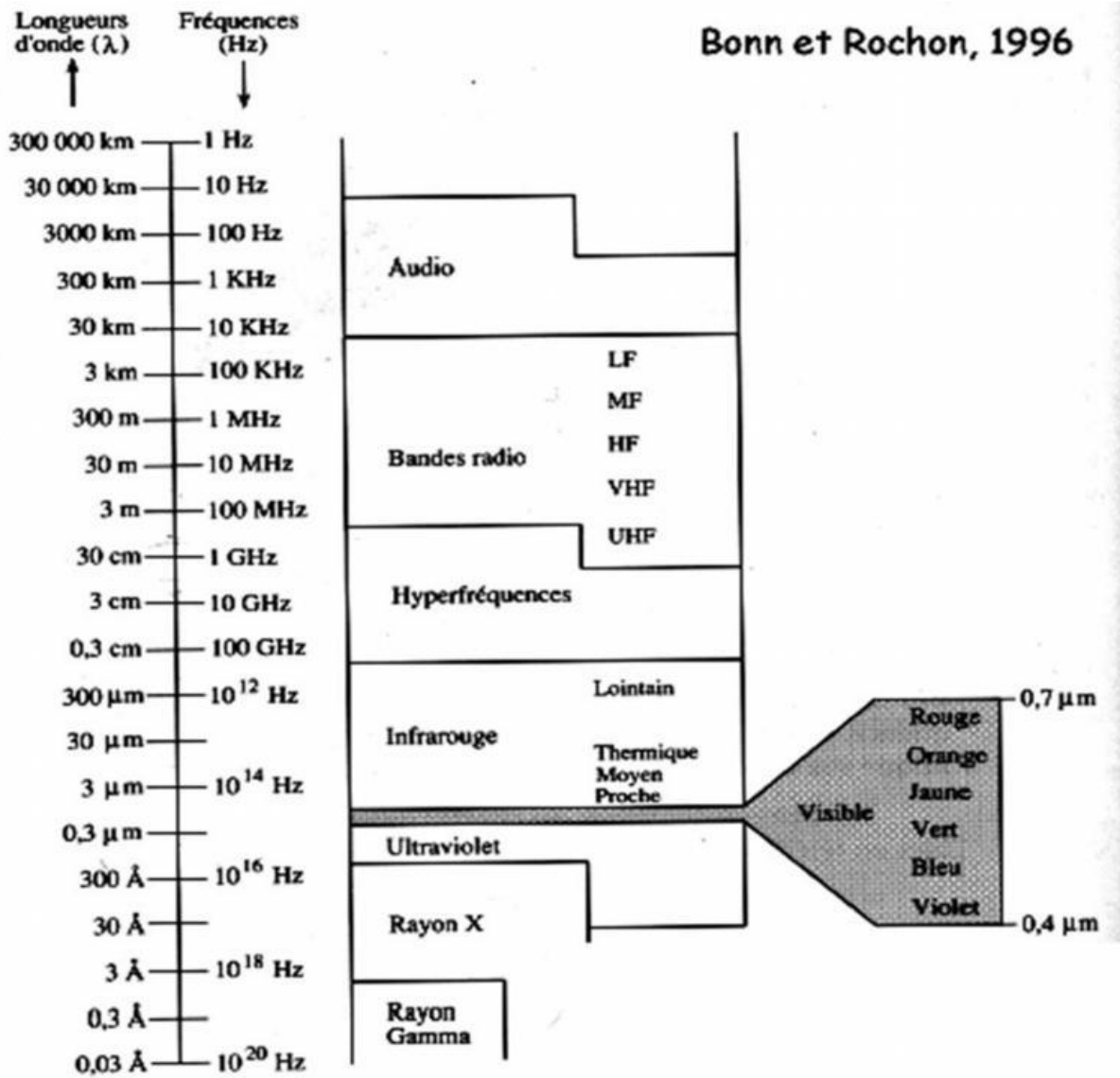


Figure 16 : Le spectre électromagnétique

Les sources du rayonnement varient également selon le domaine du spectre :

- le rayonnement ultraviolet, visible ou infrarouge est émis par les corps, objets ou surfaces en fonction de leur température : rayonnement solaire (U.V., rayonnement terrestre (infrarouge thermique).
- les rayonnements de très courte longueur d'onde (rayons gamma, rayons X) sont produits par les restructurations des noyaux des atomes (radioactivité).
- les rayonnements visible vibration ou rotation des molécules (fluorescence, lasers, four à microondes).
- les rayonnements de grande longueur d'onde sont produits par des oscillations électroniques (antennes).

2.5. Réponses spectrales des objets de surface

Chapitre II :SIG et télédétection

Le comportement spectral des objets est une voie privilégiée pour analyser et interpréter les images de télédétection. Les objets pouvant être traités par télédétection sont diverses.

La figure 17 ci-dessous présente la signature spectrale des principales surfaces naturelles.

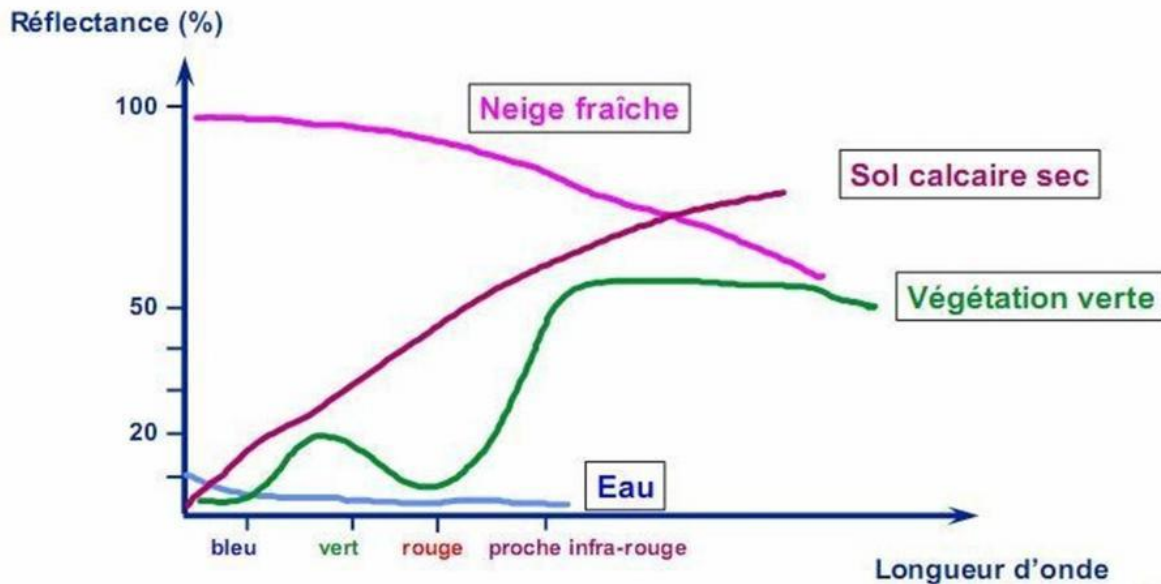


Figure 17: Réponse spectrale des surfaces naturelles (Ziane, 2013)

- Les réponses spectrales des sols se caractérisent par des valeurs de réflectance régulièrement croissantes dans le visible et le proche infrarouge, tandis qu'elles sont généralement faibles dans le moyen infrarouge réflectif

La télédétection passive ne peut donner que des informations sur la partie la plus superficielle du sol. Les principaux facteurs élémentaires du comportement spectral des sols sont: la couleur, la rugosité (type de surface : battant, croutes, efflorescences, élément grossiers, texture-structure, ombre), le calcaire, les matières organique, le fer, l'humidité, la composition chimique (Ziane, 2013).

- La signature spectrale de la neige est très forte dans les courtes longueurs d'onde, mais elle diminue rapidement dans le proche infrarouge, pour atteindre des valeurs très faibles dans l'infrarouge moyen où le rayonnement est absorbé par l'eau.

- L'eau a une réflectance très faible dans toutes les longueurs d'onde, elle absorbe pendant un peu moins les ondes les plus courtes, d'où sa couleur bleue. Sa signature spectrale dépend à la fois des molécules qui la constituent, mais aussi des éléments dissous ou en suspension dans la colonne d'eau, comme les organismes phytoplanctoniques, les sédiments ou les substances jaunes. Lorsque la couche de surface contient de fortes concentrations en phytoplancton, on observe une augmentation de la réflectance dans les longueurs d'onde du vert et l'eau nous paraît par conséquent plus verte;

Pour détailler plus : le comportement spectral de l'eau présente un maximum dans la bande bleue avec une réflectance de 0.5 μm et quasi nulle dans l'infrarouge. La turbidité, transport

de matériaux en suspension et une eau peu profonde, modifient ses caractéristiques et la réflectance devient plus importante pour toutes les longueurs d'ondes. Dans Ce domaine, la télédétection peut fournir des informations sous forme directe (Surface libre) ou indirecte par la caractérisation des paramètres qui lui sont liés. La localisation des sources dans les zones fracturées, évaluation de recharge en eau, la maîtrise des crues, la qualité des eaux et les aménagements hydro agricoles (Ziane, 2013 ; Douaoui, 2005).

2.6.Classification

La classification d'une image de télédétection consiste en une reconnaissance automatique des réflectance. L'algorithme utilisé pour classer l'image va effectuer des regroupements de pixels en fonction de leurs similitudes. Il est ainsi possible d'identifier automatiquement les différents thèmes d'une image (végétation, eau, bâti...). Il est possible d'effectuer une classification sur un nombre important de canaux, la rapidité des traitements diminuant avec le nombre d'informations à traiter.

Il existe de très nombreuses méthodes de classification : noyaux dynamiques, ascendante hiérarchique, segmentation hyper cube, maximum de vraisemblance... sans compter les dernières technologies d'intelligence artificielle telles que les réseaux de neurones. Les classifications sont divisées en deux catégories : les classifications non supervisées, c'est à dire complètement automatisées et les classifications supervisées ou l'utilisateur définit un certain nombre de paramètres d'ordre spatiaux ou thématiques en entrée.

Dans le cas des classifications non supervisées, l'utilisateur ne rentre qu'une quantité limitée de paramètres, l'ordinateur fait le reste. Les choix de l'utilisateur portent par exemple sur le nombre de classes souhaitées ou le seuil à partir duquel l'ordinateur peut considérer que la classification est terminée (il y a toujours des pixels quasiment inclassables).

Dans le cas des classifications supervisées, l'utilisateur va guider l'ordinateur en lui fournissant des informations d'ordres thématiques ou spatiales. Ce type de classifications nécessite donc un minimum de connaissances sur la zone d'étude. Ce type de traitement donne des résultats souvent bien meilleurs, mais est plus long et peut être taxé de subjectivité.

Les paramètres thématiques qui sont entrés par l'utilisateur peuvent être par exemple des intervalles radiométriques qui ont été identifiés sur la zone d'étude (exemple : entre 0 et 25 = eau pure dans l'infrarouge). Les paramètres spatiaux sont par exemple des polygones dessinés sur l'image (un champ de blé, une parcelle de résineux, un lotissement pavillonnaire...) qui serviront d'étalon à l'ordinateur. La classification consistera ensuite à comparer chacun des pixels de l'image aux classes définies et à les affecter à celle qui est considérée comme la plus proche.**(Amina beldjazia)**

Chapitre III :
Présentation de la zone d'étude

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

I-Situation géographique

La forêt domaniale de Kounteidat, située dans la wilaya de Sidi Bel Abbès, dans le nord-ouest algérien. (A. MISSOUMI, K. MEDERBAL et K. BENABDELLI, juin 2002)

Notre zone d'étude se situe à 35 km au sud-ouest de la ville de Sidi Bel Abbès. Elle porte sur une superficie de 50 Km² environ. Elle est située au nord des monts du Dhaya. Dépassant les 1000 m d'altitude, elle est caractérisée par un climat méditerranéen de type bioclimatique semi-aride à hiver froid. Elle est localisée aux environs de l'intersection des parallèles 34°50' et 35° de latitude Nord et des méridiens 0°35' et 0°45' longitude Ouest. Cette forêt compte le plus grand nombre de sources et de puits, par rapport à l'ensemble des forêts de la partie nord du massif forestier de Telagh. (Arc info et la protection des forêts)

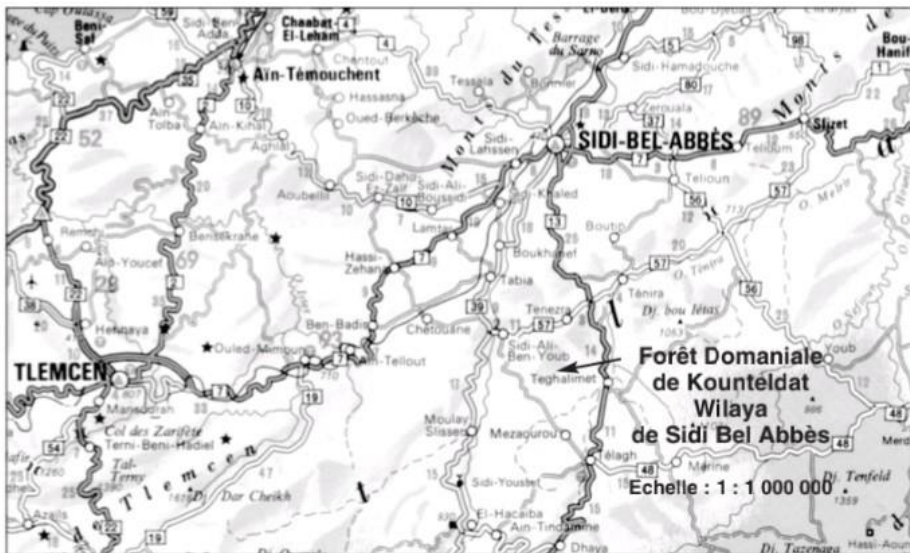


Figure 18 : localisation de la zone d'étude

2- caractéristique climatiques

Le climat est un facteur très important en raison de son influence prépondérante sur la végétation. Le climat de la zone étudiée est pratiquement du type méditerranéen comme tout le Nord Algérien. On a opté dans cette étude pour les paramètres climatiques les plus importants comme les précipitations, les températures et les vents afin de déterminer lesquels permettent aux groupements de végétaux de se développer le mieux. Les données sont prises de la station météorologique de Sidi Bel Abbès, elles sont corrigées selon les normes suivantes:

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

→ M diminue de 0,7 C° pour 100 m d'élévation, m diminue de 0,4 C° pour 100 m d'élévation.

→ La pluviométrie augmente de 40 mm pour une élévation de 100 m et par année. (Seltzer, 1946)

2.1- Température

La température joue un rôle écologique et physiologique très important dans le déroulement de la vie de la végétation.

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud

m : moyenne des minima du mois le plus froid

M – m : amplitude thermique (indice de continentalité)

La moyenne mensuelle de la station de référence souligne l'existence de deux saisons bien distinctes ♦ Une saison chaude qui s'étale sur six mois allant du mois de mai jusqu'au mois de d'octobre et pendant lesquels les moyennes mensuelles des maxima dépassant les 29°C

♦ Une saison froide qui s'échelonne sur un semestre allant du mois de novembre au mois d'avril, enregistrant les minima les plus bas allant de -0,22°C à 3,77°C.

Tableau 10 : Répartition des températures moyennes mensuelles (1985-2009)

Moins	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dé c	Mo y
M	9.37	11.4 2	13.5	15.8	19.94	25.2	29.82	29.95	25.71	19.88	13.96	10. 51	18. 77
m	-0.22	0.79	1.95	3.77	7.24	11.02	13.77	14.46	11.66	7.84	3.63	1.2 7	6.4 4
M+m/ 2	4.57	6.10	7.72	9.79	13.59	18.22	21.79	22.20	18.85	13.82	8.95	5.9 5	12. 62

Source : la station météorologique de Sidi Bel Abbès

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

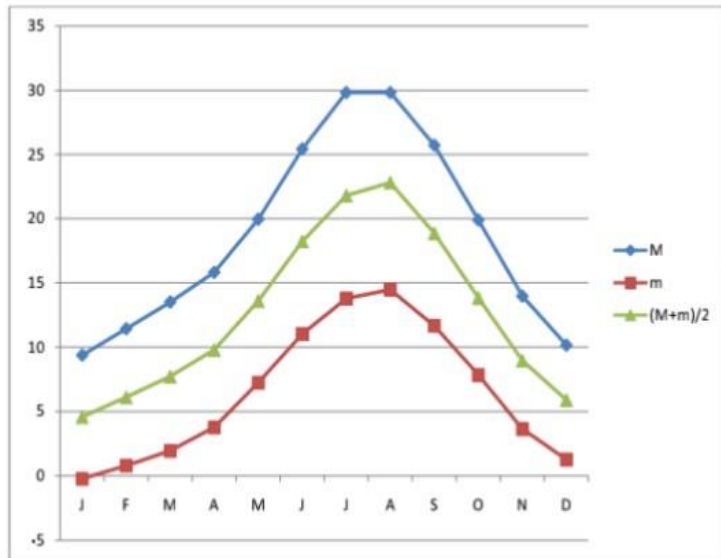


Figure 19: Variation des températures moyennes mensuelles

Au mois de août, la température moyenne est de 29.2 °C. Août est de ce fait le mois le plus chaud de l'année. Janvier est le mois le plus froid de l'année. La température moyenne est de 10.1 °C à cette période.

2.2- Précipitations

Les précipitations sont un facteur climatique qui conditionne la répartition de la végétation et participe aussi à la dégradation du milieu naturel par le phénomène de l'érosion hydrique.

Tableau 11 : Répartition des moyennes mensuelle des précipitations (1985-2009)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Moy Mm	52,88	41,53	41,94	29,86	2,725	4,9	0,76	0,36	17,63	36,95	51,04	40,38	320,95

Source : la station météorologique de Sidi Bel Abbès

Sidi Ali Benyoub possède un climat méditerranéen chaud avec été sec (Csa) selon la classification de Koppen-Geiger. Sur l'année, la température moyenne à sidi Ali Benyoub est de 18.9 °C et les précipitations sont en moyenne de 337.4 mm

Des précipitations moyennes de 1.5 mm font du mois de juillet le mois le plus sec. En novembre, les précipitations sont les plus importantes de l'année avec une moyenne de 61.2 mm

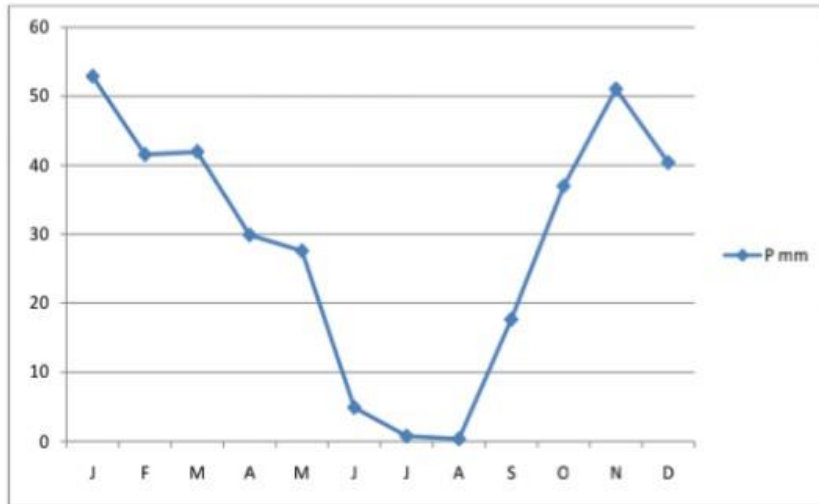


Figure 20 : Variation des précipitations moyennes mensuelles (1985-2009)

2.3-Humidité

Les moyennes annuelles de l'humidité relative sont pour la plupart supérieures à 50%. Les mois enregistrant un taux annuel d'humidité relative inférieur à 50% sont Juillet et Aout. On remarque que plus on tend vers l'été, plus le taux d'humidité annuel diminue ce qui peut être un facteur propice à la propagation du feu.

Tableau 12: d'humidité moyen mensuelle (1985-2009)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Taux	75.11	74.12	70.70	66.08	61.81	54.88	48.03	47.85	56.05	63.27	70.14	73.67

Source : la station météorologique de Sidi Bel Abbès

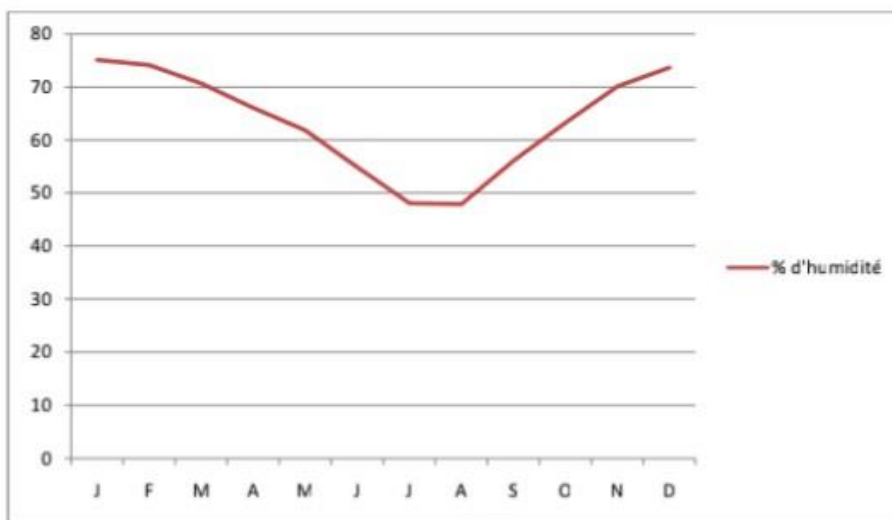


Figure 21 : Taux d'humidité moyen mensuelle (1985-2009)

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

2.4 -Vent

Les vents les plus fréquents et les plus dominants durant toute l'année pour cette région sont les vents du Sud (secs et chauds) et ceux du Nord-Ouest (secs et froids), leur vitesse est stable pendant toute l'année

Tableau 13: Vitesse moyenne mensuelles des vents (1985-2009)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
V m/s	2.7	2.2	2.4	3.1	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	1.9	2.5	2.4

Source : la station météorologique de Sidi Bel Abbas



Figure 22 : Vitesse moyenne mensuelles des vents (1985-2009)

2.5- Gelées

Les gelées sont présentes dans la région à partir du mois de Septembre et jusqu'au mois d'Avril. Janvier est le mois qui enregistre le nombre de jours de gelées le plus élevé. Les gelées en période printanière, au moment de la floraison, deviennent dommageables pour le développement des plantes.

Tableau 14: Nombre de jours de gelée (1985-2009)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Nbr jours	13	10	5	3	0	0	0	0	1	3	4	6

Source : la station météorologique de Sidi Bel Abbas

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

3- synthèse climatiques

Pour caractériser le climat de la région d'une manière générale et du périmètre d'étude en particulier, une synthèse climatique est mise en place, elle fait appelle à la réalisation du diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen et du Climagramme pluviométrique

3.1 Indice de DEMARTONNE

C'est un indice exprimé sous forme d'un rapport mathématique, on le nomme aussi l'indice d'aridité ou encore mieux d'humidité. Cette formule a été améliorée par De Martonne sous la forme suivante :

$$I = \frac{p}{t+10}$$

P : précipitations moyennes annuelles 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

Pour la zone d'étude: $I = \frac{320.95}{12.62+10} = 14.18$

La valeur calculer de l'indice DEMARTONNE pour la région d'étude est de 14.18 et traduit donc un type de climat : semi-aride.

3.2 Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme Ombrothermique de **Bagnouls** et **Gaussen** permet de calculer la durée de la saison sèche sur un seul graphe, il porte la pluviométrie mensuelle (Pm) et la température moyenne (TM). L'échelle des températures est généralement la moitié de l'échelle des précipitations. Il prend comme échelle : $P \leq 2T$:

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

Tableau 15 : Les moyennes mensuelles des températures et des précipitations (1985- 2009)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
T (°C)	4.57	6.1	7.72	9.79	13.59	18.22	21.79	22.20	18.85	13.82	8.95	5.89
P(mm)	65.83	54.03	54.44	42.36	40.05	4.9	0.76	0.36	30.13	49.45	63.9	52.88

Source : la station météorologique de Sidi Bel Abbes

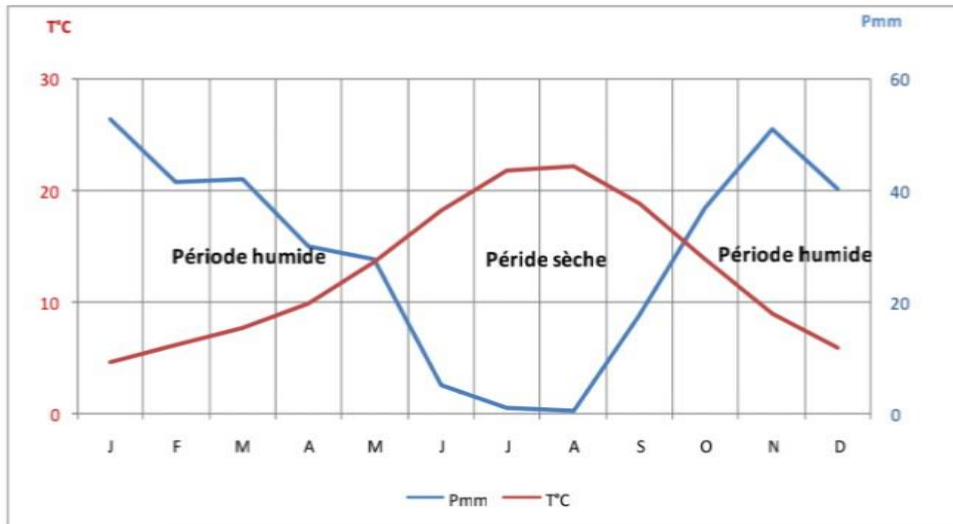


Figure 23: Diagramme Ombrothermique ($P \leq 2T$) (1985-2009)

3.3 Climagramme pluviothermique d'Emberger

La classification la plus souvent utilisée a été élaborée par EMBERGER en utilisant un diagramme bidimensionnel dans lequel la valeur d'un « quotient pluviothermique » d'une localité déterminée est en ordonnée et la moyenne du mois le plus froid de l'année en abscisse.

Q2 est calculé par la formule suivante : $Q2 = (1000 \cdot P) / (M - m) (M + m) 2 = (2000 \cdot P) / (M2 - m2)$

P : pluviosité moyenne annuelle en mm

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud

m : moyenne des minima du mois le plus froid

M et **m** exprimé en °K.

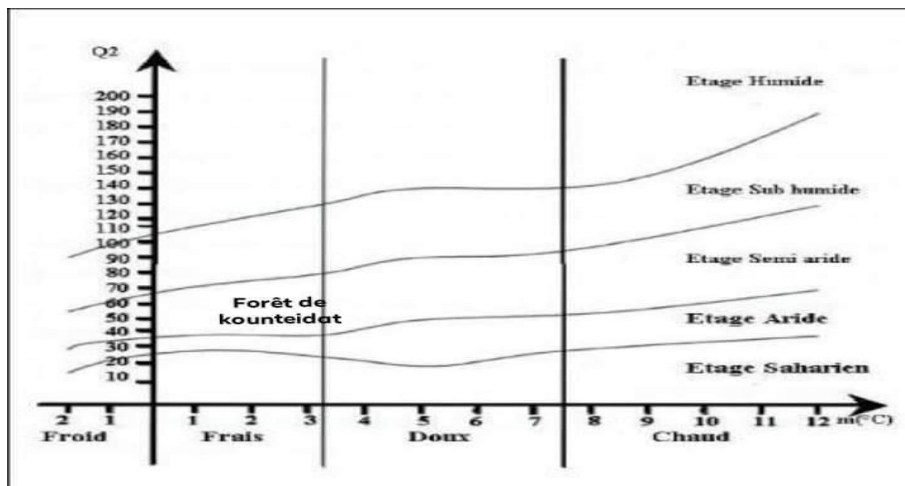


Figure 24 : Climagramme pluviothermique d'emberger de la forêt Kounteidat

1.4 Hydrographie

De point de vue hydrographique, le territoire de la circonscription se trouve dans une grande partie dans le bassin versant de Cheurffa.

1.5 Géologie

Nappe des calcaires et dolomies Jurassique-crétacés de la forêt de Sidi Ali Ben Youb :

Situés dans la partie sud du bassin hydrologique, les formations épaisses de calcaires et dolomies Jurassico-crétacés (calcaire de Remaila, dolomie de Tlemcen) qui présentent des intercalations marneuses reposent sur les argiles du Trias et sont surmontées par les Formations éocènes. Cet ensemble de faciès (faciès dolomitique bien karstifié, faciès calcaire fissuré, faciès marneux) est hydrogéologiquement peu connu. Nous pensons qu'il serait vraisemblable de le considérer comme un aquifère unique, les zones de bonne perméabilité étant probablement en relation avec les nombreux accidents responsables de la structuration en marche d'escalier WSW-ENE qui affectent le substratum Jurassico-crétacé. L'infiltration directe des précipitations constitue sa principale source d'alimentation. Cette nappe est drainée par plusieurs sources dont les plus importantes sont: Ain Mekerreg et Ain Skhouna qui se déversent dans l'Oued Mekerra.

1.6 Pédologie

Les sols formés sous climat méditerranéen présentent un caractère commun fondamental qui les oppose aux sols des climats tempérés.

Les sols bruns rougeâtres calcaires occupent la plus grande partie de la forêt ; ils se caractérisent par la présence sur tout leur profil pédologique d'une quantité plus ou moins

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

importante de carbonate de calcium CaCO_3 . Ils peuvent évoluer sous certaines conditions ; le lessivage entraîne le CaCO_3 dans la partie inférieure du profil.

Leur couleur brun rougeâtre est dû essentiellement à la libération plus ou moins intense d'oxyde de fer suivant le degré d'évolution de ces sols. Ils présentent en général une croûte calcaire de 15 à 30 cm d'épaisseur. On note la présence d'une légère érosion en nappe qui a entraîné la formation d'une couche de gravier discontinue.

1.7 Topographie et relief

La forêt de est une zone montagneuse avec une altitude moyenne de ma deux position, le premier est la façade nord (), l'autre c'est la façade sud.

7.1 Altitudes

La figure, représente les classes d'altitude de la commune, la forêt de occupée de 90 % par un terrain montagneux, avec maximum qui dépasse 1159 m d'altitude eu un minimum de 698 m; ces montagnes font parties duDjebel Teniet er Rih.

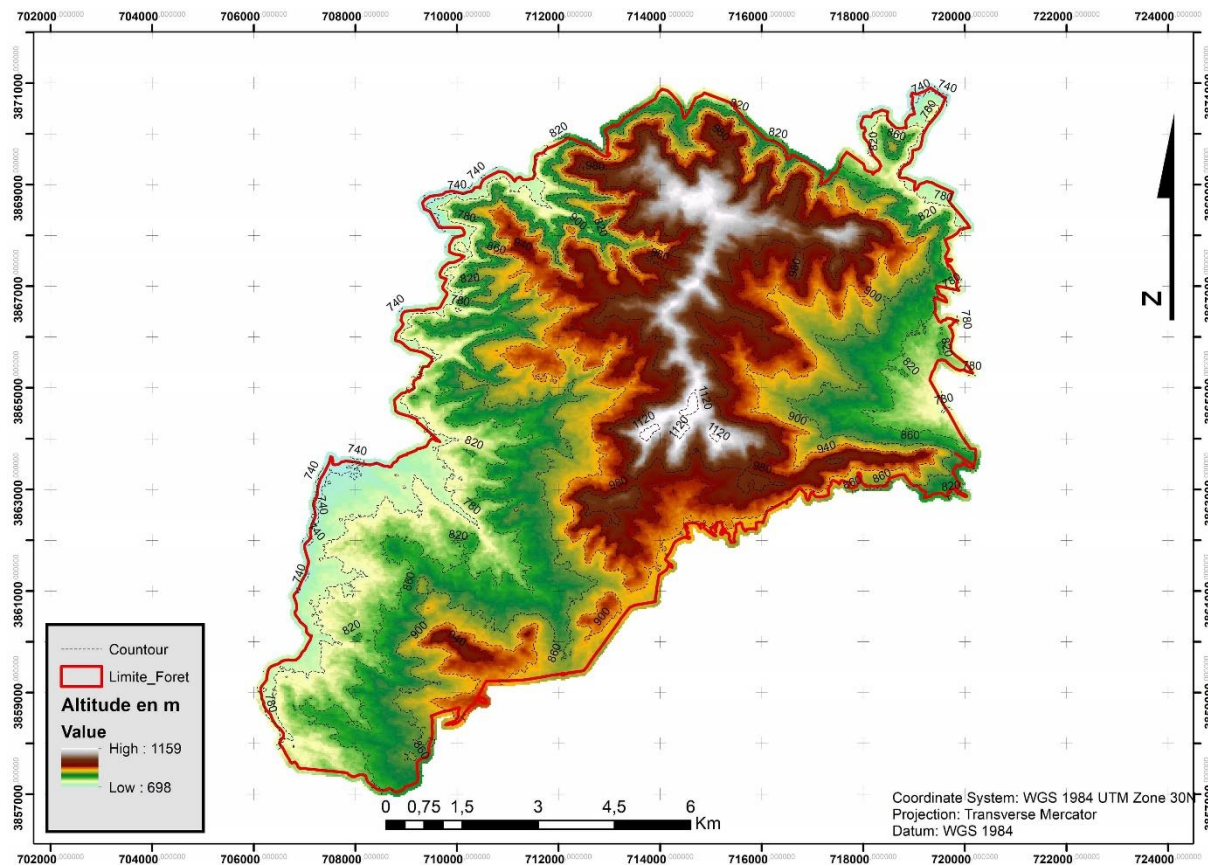


Figure 25: Altimétrie de la Forêt Domaniale de Kounteïdat

7.2. Pente

L'analyse de la topographie nous montre que la forêt domaniale de Kounteidatest caractérisé par 5 classes de pente allant de 0% à 30% de la superficie et la classe de pente >25% plus dominante avec 68.19%.

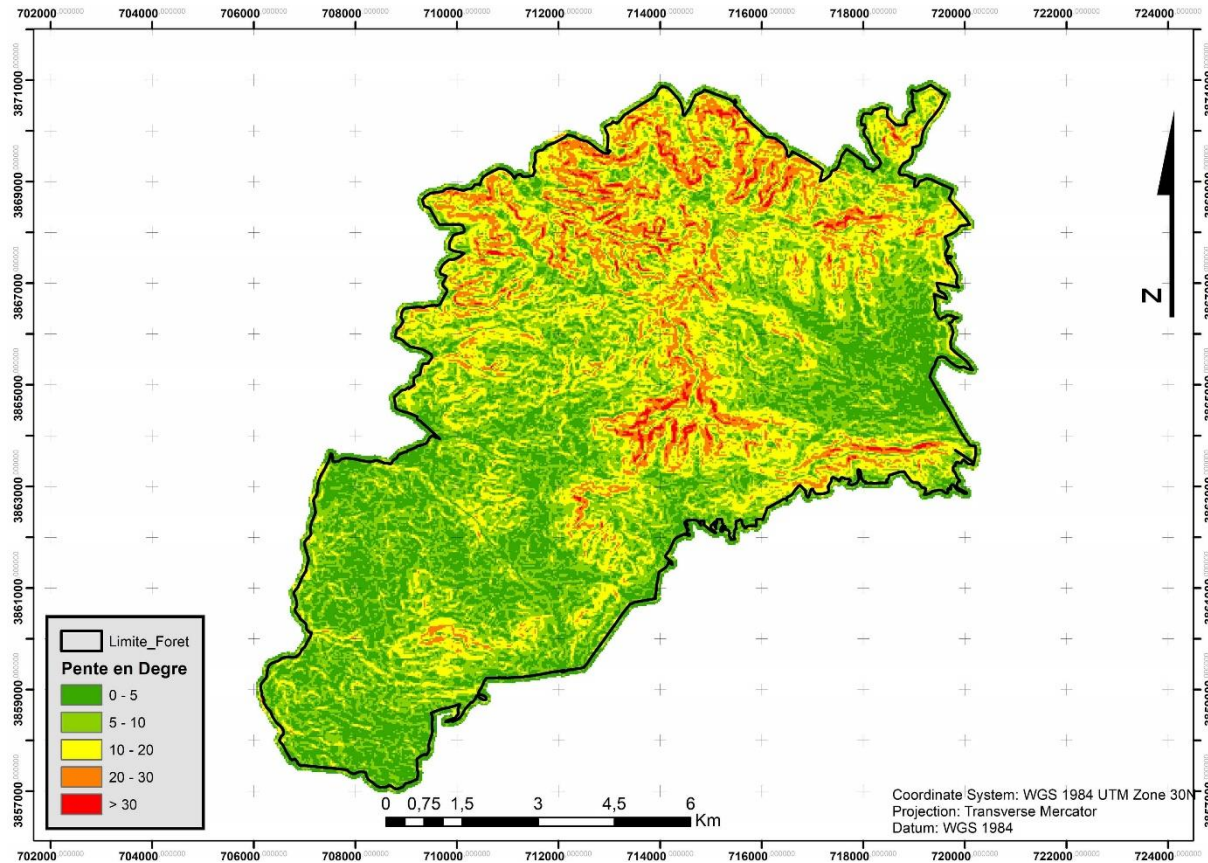


Figure 26 : Carte des pentes

Le tableau et la figure représente les classes de pentes en fonction de la superficie. À travers le Tableau 13, on remarque que la majeure surface de la zone d'étude (plus de 68 %) est en pente accidentée (> 25 %). La pente moyenne (12 % à 25 %) est la classe qui couvre plus de 30 % de la surface de la commune. La pente faible (moins de 12.5 %) représente 1.05%.

Pente en degrés	Sup
Très faible 0 - 5	3335,58
Faible 5 - 10	4123,08
Modéré 10 - 20	3415,41
Fort 20 - 30	1126,08
Très Fort > 30	174,96

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

7.3 Exposition

D'après la figure, l'exposition générale de la forêt de est le Nord à l'exception de quelques versants qui sont d'exposition Est et Sud- Est.

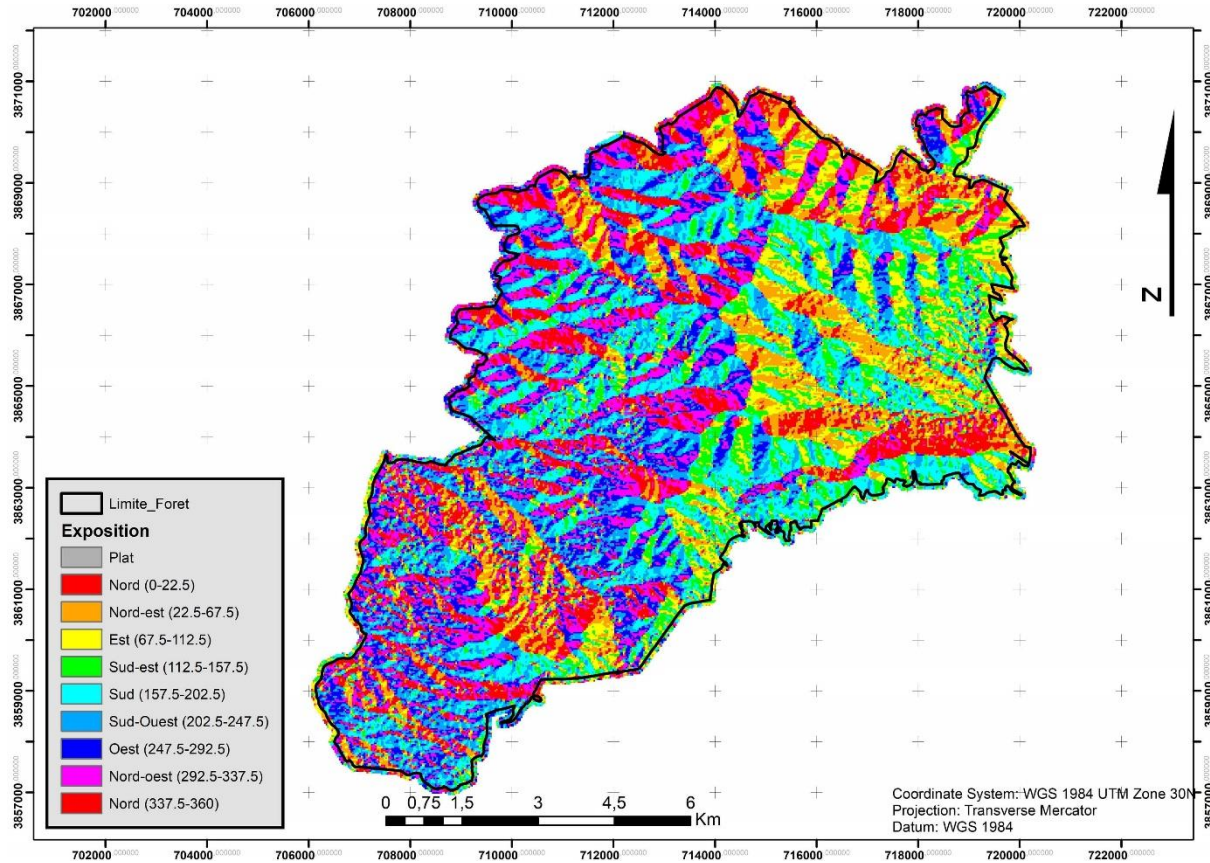


Figure 27: Carte des expositions

1.8 Infrastructure forestier

Etat des infrastructures forestières PISTES et tranchées pare-feu (TPF)

Les pistes dans le domaine forestier présente une importance capitale pour la gestion et la surveillance des forêts, ils facilitent l'application des différents travaux d'exploitations ou sylvicoles, et aident aussi à une rapide intervention dans la lutte contre le feu.

Notre série d'étude dispose de pistes et de tranchées pare-feu qui nécessitent un entretien régulier.

Forêt	Etat des pistes forestières		TPF
	carrossable	Non carrossable	
FD Kounteidat	14.63	1.86	97.00

Tableau 16: état d'infrastructure forestière

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude



Photos 01 : présentés des pistes de forêt



Photos 02 : de tranché par feux

1.9 La végétation

C'est une forêt mixte de pin d'Alep, de chêne vert et de thuya d'environ 50 ans d'âge. Elle se présente d'une façon inégale sur le plan de la hauteur et de la densité. Le type fréquent de la végétation regroupe toutes les strates, herbacée, buissonneuse, sous-arbustive, arbustive et arborescente ; ce qui constitue une prédisposition certaine au démarrage et à l'extension des incendies qui disposent de matière et de combustibles à différents niveaux verticaux ou horizontaux. La stratification de la végétation contribue à l'accentuation ou l'atténuation des incendies, la présence ou l'absence des différentes strates fournit des éléments intéressants d'interprétation quant au déclenchement et la vitesse de propagation des feux de forêts [BENABDELLI, 1983].

Le pin d'Alep constituant l'essence principale, se trouve dans un état de régression très avancé. Rencontré sous forme de taches disséminées, il n'occupe plus que 28% de la surface

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

Totale [BNEF, 1984]. Cet état de fait est dû aux nombreux incendies qui ont parcouru la forêt. L'aménagement global de la forêt comporte un aspect destiné à protéger la forêt. Ce sont particulièrement les pistes forestières qui doivent avoir une densité suffisante permettant d'atteindre tout point du massif dans un délai raisonnable.



Anagallis arvensis



Linum sp



Teucrium fruticans

II. La faune

De point de vue faunistique; et à travers les forêts et les zones humide précisément la retenue collinaire de Lamtar et barrage de Tabia; la circonscription abrite une diversité faunistique remarquable (Agama impalearis; Psammodromus algirus; tortue grecque; Chevêche d'athena; rolrier d'Europe; pigeon ramier mésange bleu du nord afrique; pie grièche a tête rousse et a tête grise; Rouge queue de Moussier Faucon crecerelle ...etc.



Chevêche d'Athéna



pie grièche à tête rouge



rollier d'Europe

Chapitre IV :

matériels et méthodes

Chapitre IV :Matériels et méthodes

IV.1. Objectif de l'étude

L'objectif de ce travail est l'étude de la dynamique des surfaces forestières touchées par les incendies dans la commune de , à l'aide d'un SIG et télédétection, afin de pouvoir les cartographier au cours du temps.

IV.2 Matériel utilisé

2.1 Logiciels

ENVI 4.7 :

ENVI fournit des outils pour la visualisation, le géo référencement, le prétraitement, la classification et l'analyse de l'image satellitaire (**Thomas et al, 2005**).

Il répond à la plus part des exigences de bases nécessaire pour le traitement d'une image :

- Visualisation et traitement des données de télédétection ;
- Traitement et analyse spectrale de l'imagerie multi spectrale et hyper spectrale;
- Géométriage des images;
- Ortho rectification ;
- Classification et interprétation interactive ;
- Analyse de la végétation à l'aide des indices de végétation (NDVI);
- Correction géométrique et radiométrique;
- Amélioration interactive (spectrale et spatiale d'une image);
- Calibrage et correction atmosphérique;
- Support des formats raster et vecteur.

ARCGIS 10.2 :

ARCGIS 10.2 est une suite de logiciel d'information géographique (ou logiciel SIG) développe par la société Américain Esri (Enviromental Systems Research Institute, Inc.).Esri développe les systèmes Arc GIS (auparavant appelé Arc view GIS).Ce systèmes est compose de déférente plateformes qui permettent aux utilisateurs SIG, qu'ils soient bureautique, web ou mobiles, de collaborer et de partager l'information géographique.

Excel 2007 :

La saisie, le filtrage et la codification des données des éléments ont été faits par le Microsoft Excel.

Chapitre IV :Matériels et méthodes

Google Earth : Google Earth offre des prises d'images qui couvrent l'ensemble du globe. Elles sont prises parfois pendant les trois dernières années et sont mises à jour continuellement. La résolution varie d'un endroit à l'autre, généralement il Permet à l'utilisateur de voir les principales caractéristiques géographiques et artificielles de développement comme les villes et les routes principales (**Karen, 2008**).

MapInfo 7.5:

Les principales caractéristiques du logiciel sont: Operations de superposition des couches thématique; Traitement statistique; Représentation cartographique, valeur numérique et textuelle, histogramme...etc. Efficacité de la gestion de base de données; Représentativité du symbole cartographie, de trames et légendes modifiables de façons interactive.

2.2 Outils de prospection:

Appareil photo :

Nous avons utilisé l'appareil photo pour photographier les différents états de la forêt en se basant sur les bilans d'incendies fournit par les services de la conservation des forêts;

GPS : dans le but de déterminer la position tridimensionnelle (altitude, latitude et longitude) de manière continue et instantanée ;

IV.3 .Collecte et traitement des données

3.1. Collecte des informations sur les incendies

Les données collectées sur les incendies de forêt de la région d'étude proviennent des archives et documents internes de la conservation des forêts, ces dernières sont disponibles essentiellement sous formes de bilans mensuelles ou annuelles en format papiers. Les données recueillies sont saisies sur ordinateur à l'aide de tableaux Excel. L'étude des incendies de forêt au niveau de la commune de porte sur **20** années (1984 -2014) pour récapituler les superficies brulées durant ce période. Cette étude se base sur l'analyse des superficies brulées pour pouvoir dire en finalité si la commune en question a perdu ou gagné des surfaces forestières

3.2.Donnée de terrain

Trois sorties sur terrain ont été programmé, dans le but de :

- Connaissance du milieu physique pour définir les différentes classes d'occupation de sol;

Chapitre IV :Matériels et méthodes

- Quantification de l'impact de l'action humaine sur la dégradation des formations végétales; Prospection du terrain ;
- Identification et localisation des surfaces incendiées (photographier); Comparaison et validation des résultats de la classification

3.3 Carte utilisée

- Carte topographique de la commune de Sidi Ali Ben Youb, échelle 1/25000;
- Carte lithologie de la commune Sidi Ali Ben Youb ;

IV.4 .Méthodologie :

4.1. Images satellitaires utilisées

L'image satellitaire est un document riche en informations relatives à des objets tels que la végétation, le sol et l'eau. Lors de cette étude, nous avons utilisé des images satellitaires différentes (Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI/TIRS) issues des satellites Landsat. La saison pendant laquelle les images satellitaires ont été choisies dépend de la campagne d'incendie (du 01 Juin au 31 Octobre de chaque année) fixée par les Services de la Conservation des forêts (deux images satellitaires pour chaque scène, une avant et l'autre après la campagne).

Ce choix d'acquisition des images est le mieux adapté à la démarche envisagée. La résolution spatiale des images analysées est de 30 m. En effet cette résolution est jugée acceptable pour la méthodologie adoptée dans cette étude (figure)

4.2.Composition colorée en trichromie

Pour la visualisation des différentes images satellitaires utilisées, on a utilisé une fausse coloration aux bandes (R : Rouge, V : Vert, B : Bleu) à fin de mieux visualiser les trois types de surface (sol, végétation et eau), les tableaux 14 et 15 suivants résument les caractéristiques des bandes de chaque image :

Tableau 17: Caractéristique des bandes spectrales de Landsat 5 TM

Type d'image	Caractéristique
Bandes spectrale (µm)	TM1 0.45-0.52 (bleu)
	TM2 0.52-0.60 (vert)
	TM3 0.63-0.69 (rouge)
	TM4 0.76-0.90 (procheIR)
	TM5 1.55-1.75 (Moyen infrarouge(MIR) TM6 12.5 moyen infrarouge(MIR) TM7 2.08-2.35
Résolution	30 m

Source :**BENTOUNSI,2017**

Tableau 18:Caractéristique des bandes spectrales Landsat 8 OLI/ TIRS

Bandes	Domaine spectrale μm	Résolution
1	0,433 - 0,453	30 m
2	0,45 - 0,515 (bleu)	30 m
3	0,525 - 0,600 (vert)	30 m
4	0,630 - 0,680 (rouge)	30 m
5	0,845 - 0,885 (proche IR)	30 m
6	1,560 - 1,660	30 m
7	2 ,100 - 2.300	30 m
8	0,500 - 0,680	15 m
9	1,360 - 1,390	30 m
10	10,6 - 11,2	100 m
11	11,5 - 12,5	100 m

Source :**BENTOUNSI,2017**

4.3.Classification de l'image satellitaire

4.3.1Classification supervisée

En se basant sur nos connaissances préalables du terrain, nous avons adopté une classification supervisée pour l'ensemble des images satellitaires.

La classification permet la détermination de la nature et du nombre des unités de surface disponibles sur une image, ou encore pour l'observation des changements de la dégradation des forêts et les taux de recouvrement l (Soudani,2005)

Après déterminations des aires d'entraînement (région d'intérêt) les plus représentatives, on a utilisé l'algorithme de «maximum de vraisemblance pour son utilisation très répandue en télédétection. L'évolution de la pertinence de cette classification, se fait directement avec logiciel ENVI 4.7 par matrice de confusion, a partir de laquelle nous avons calculé le coefficient kappa

4.3.2.Extraction des comptes numérique

Pour calculer les différents indices, analyser les corrélations et faire les différents calculs statistiques, on applique l'extraction des comptes numériques directement avec le logiciel ENVI 4.7.

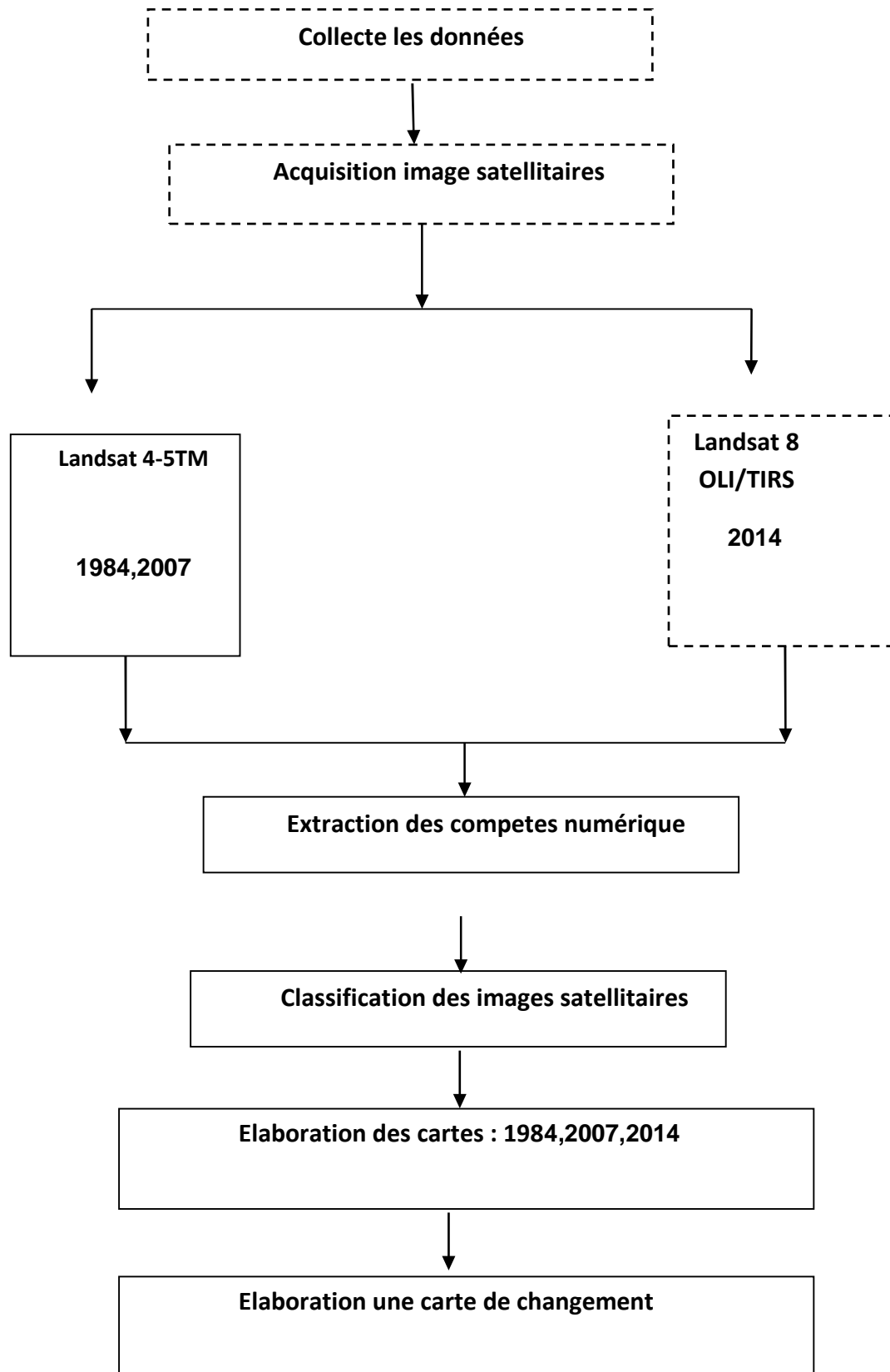


Figure 28 : Approche méthodologique

Chapitre V:

RESULTATS ET DISCUSSION

V.1. Classification des images

La classification permet la détermination la nature et le nombre des unités de surface disponibles sur une image, ou encore pour l'observation des changements de la dégradation des forêts et le taux de la couverture végétale qui recouvre le sol (**Soudani, 2005**). Nous avons utilisé l'algorithme de "**Maximum de vraisemblance**" ou "**Maximum Likelihood**" pour effectuer la classification supervisée.

Pour cette classification, cinq classes ont été proposées, à savoir :

- **Forêts dense (Fd)** : Les massifs forestiers de la région sont principalement caractérisés le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) ;
- **Maquis Arboree de Pin d'Alep (MAP)** : Les maquis denses de la région en question constituent un domaine complexe, les espèces dominants sont : Pin d'Alep (*Pinus halepensis*)
- **Maquis Arboree de Thuya de Berbere (MAT)** : Répartis sur la totalité de la zone d'étude, les maquis arboree sont composés essentiellement de : Thuya de Berbere
- **Maquis dégradé de Caly_Lent (M DC)** : les espèces sont: calicotome (calicotome spinosa) ; Pistachier lentique (*Pistacialentiscus*)
- **Terrain vide-Trés dégradé(TVD)**: Regroupe toutes surfaces de terre dépourvues de végétation

V.2 Résultat de classification:

2.1 Occup du sol:

2.1.1 Image satellitaire NDVI 1984

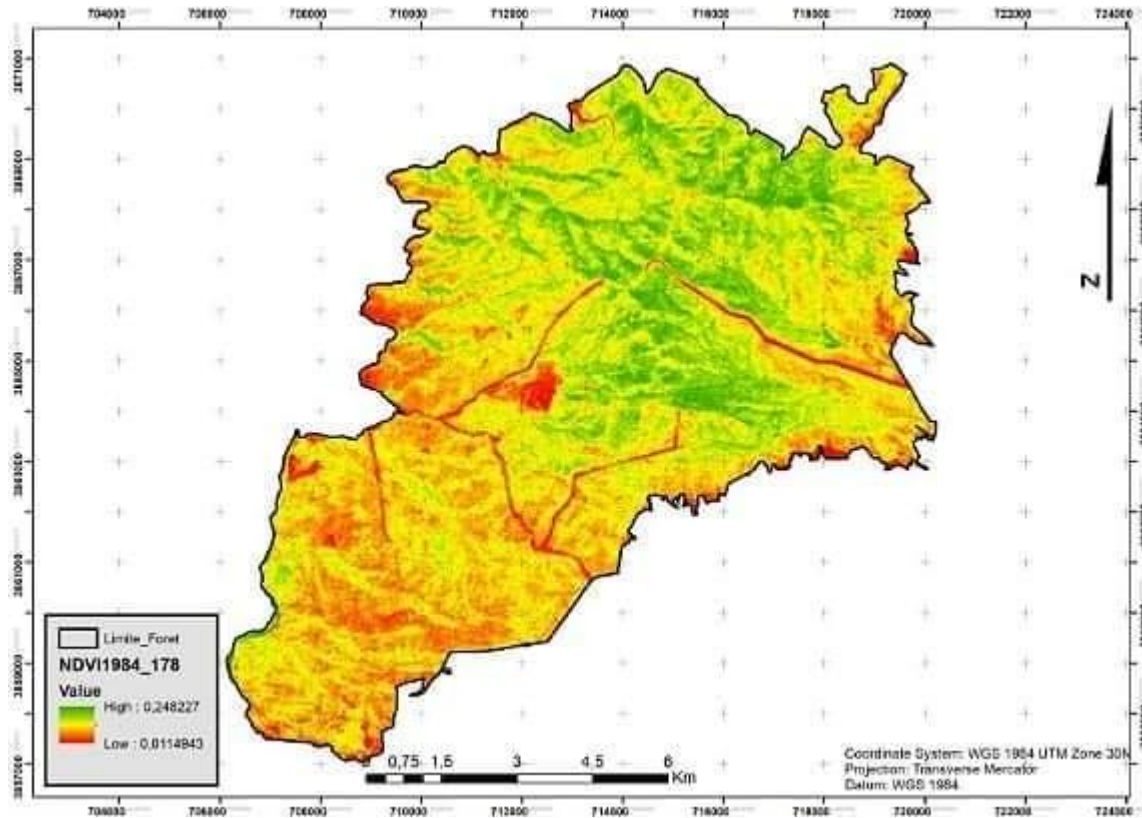


Figure 29 : Carte NDVI de l'image 1984

D'après la lecture de la carte (NDVI1984) on remarque que la valeur de l'NDVI de notre zone en 84 est comprise +0,01 et +0,24 se la montre la dégradation de forêt Kountéidat et le stress la végétation

2.2. Image satellitaire LANDSAT 1984

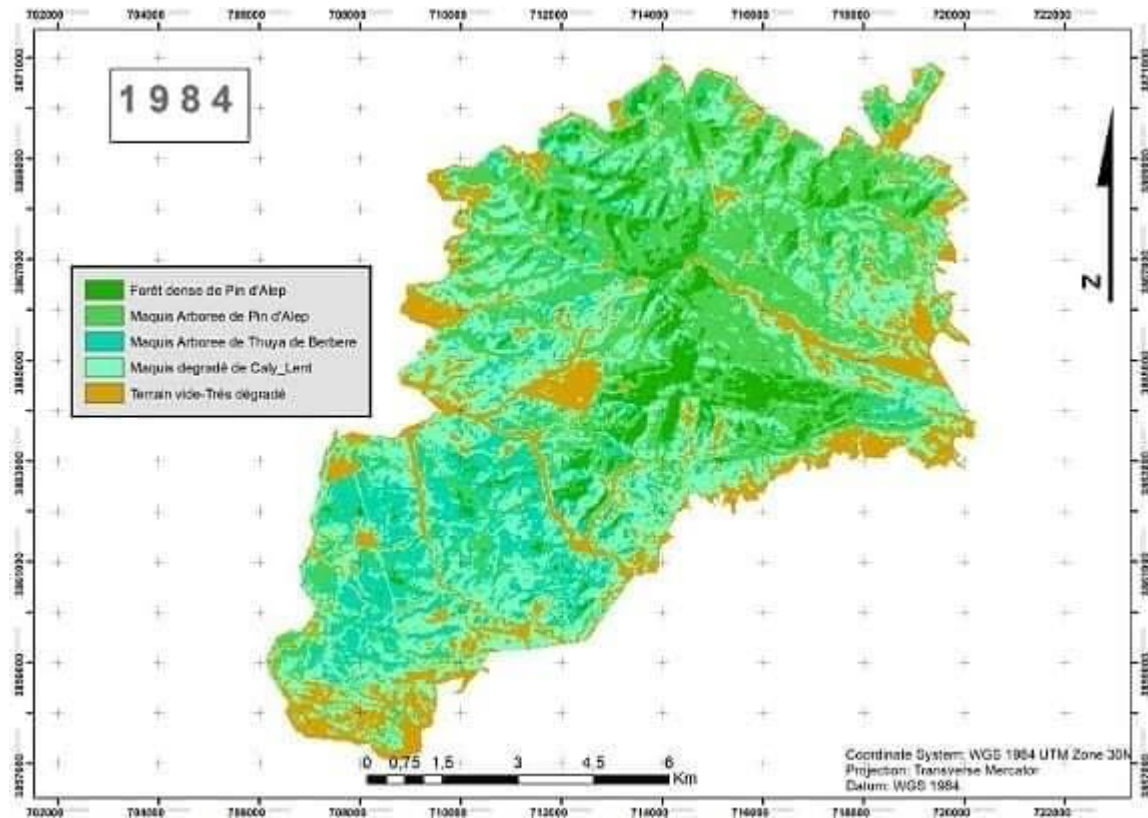


Figure 30 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 1984

Tableau 19: Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (TM5) 1998

Classe	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Forêt dense de Pin d'Alep	784,89	7,52
Maquis Arboree de Pin d'Alep	2982,6	28,60
Maquis Arboree de Thuya de Berbere	1334,61	12,80
Maquis dégradé de Caly_Lent	3467,34	33,25
Terrain vide-Trés dégradé	1856,07	17,80
Total	10425,51	100

Chapitre V : Résultats et discussion

A travers le tableau 19 et la figure 31, on peut dire que les maquis dégradé occupent la grande surface (3467,34 ha soit 33,25 %), et Maquis Arboree de Pin d'Alep avec une surface (2982,6ha soit 28,60%). alors que Forêt dense de Pin d'Alep une faible surface (784,89 ha soit 7,52%), en ordre.

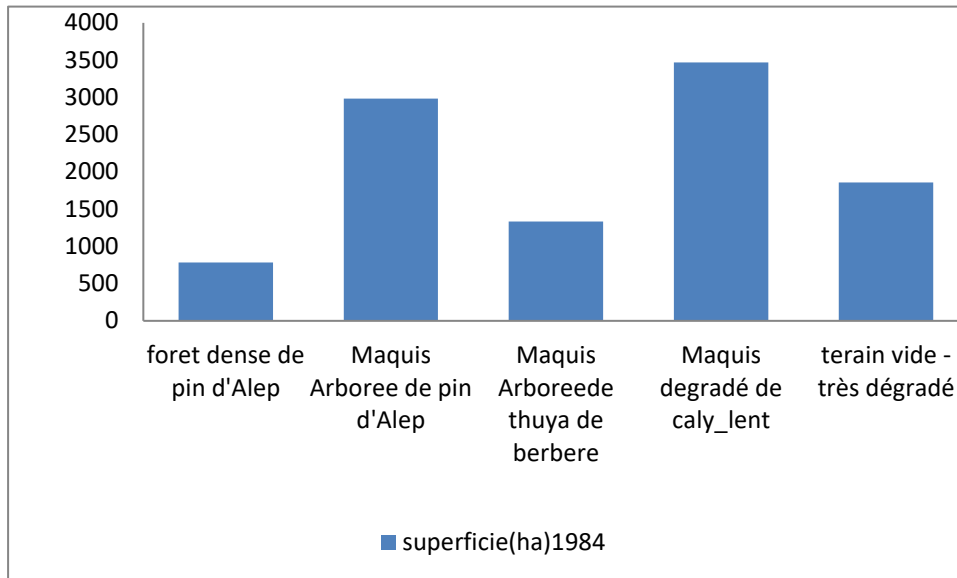


Figure 31 : Histogrammes des superficies des classes de l'image 1984

2.3 . Image satellitaire de NDVI 2007

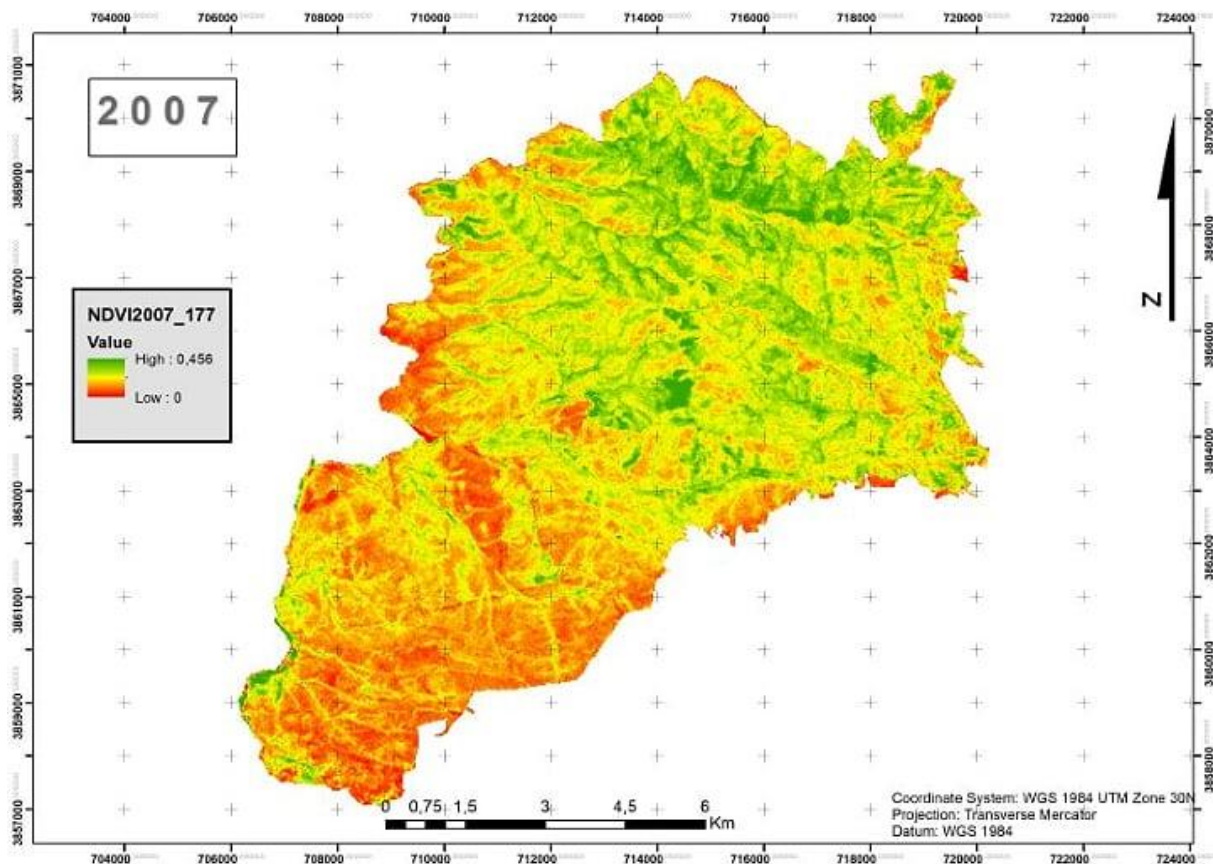


Figure 32: Carte NDVI de l'image 2007

D'après la lecture de la carte (NDVI 2007) on remarque que la valeur de l'NDVI de notre zone en 2007 est comprise 0 et +0,4 se la montre la dégradation de forêt Kounteïdat et le stress la végétation

2.4. Image satellitaire LANDSAT 2007

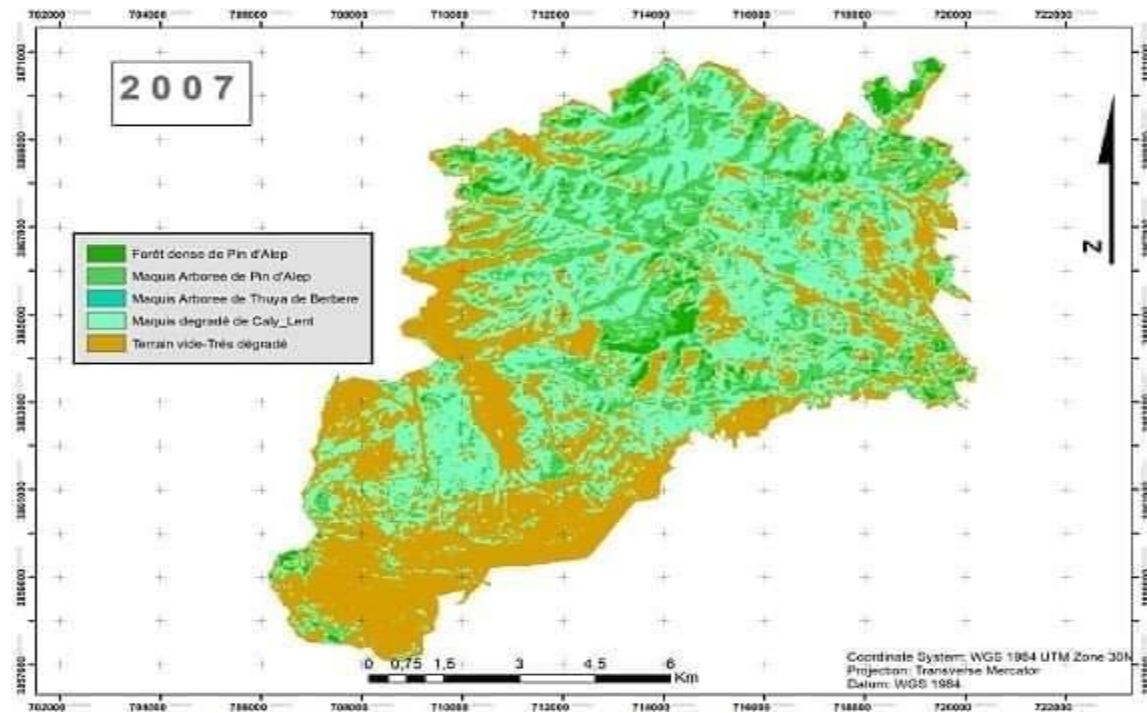


Figure 33: Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 2007

Tableau 20 : Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (TM5) 2007

Classe	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Forêt dense de Pin d'Alep	300,6	2,88
Maquis Arboree de Pin d'Alep	1830,15	17,55
Maquis Arboree de Thuya de Berbère	600,09	5,75
Maquis dégradé de Caly_Lent	4200,12	40,28
Terrain vide-Très dégradé	3494,55	33,51
Total	10425,51	100

D'après ce tableau n°20, on remarque une stabilité du maquis dégradé de Caly_Lent, Le pourcentage des surfaces occupées par les maquis dégradé de Caly_Lent est de 40,28 %, diminution des Forêt dense de Pin d'Alep et maquis Arboree de Thuya de Berbère, représentent respectivement 2,88% et 5,75% et augmentation de la Terrain vide-Très dégradé 33,51 %. alors que le Maquis Arboree de Pin d'Alep 17,55 %. Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure n°33 et 34.

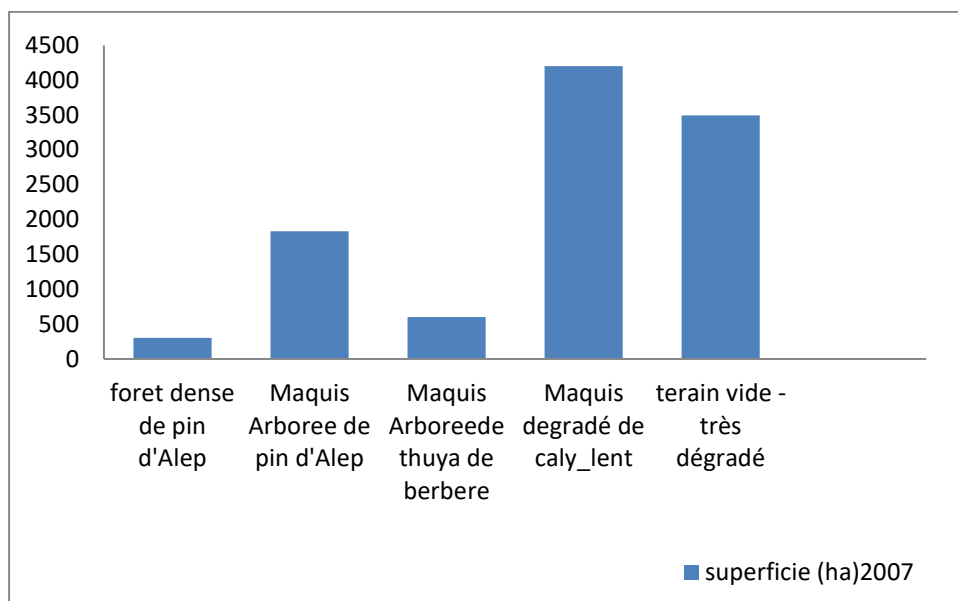


Figure34 : Histogrammes des superficies des classes de l'image 2007

2.5. Dynamique du couvert végétal entre 1984 et 2007

5.1 .1. Image satellitaire de changement (2007-1984)

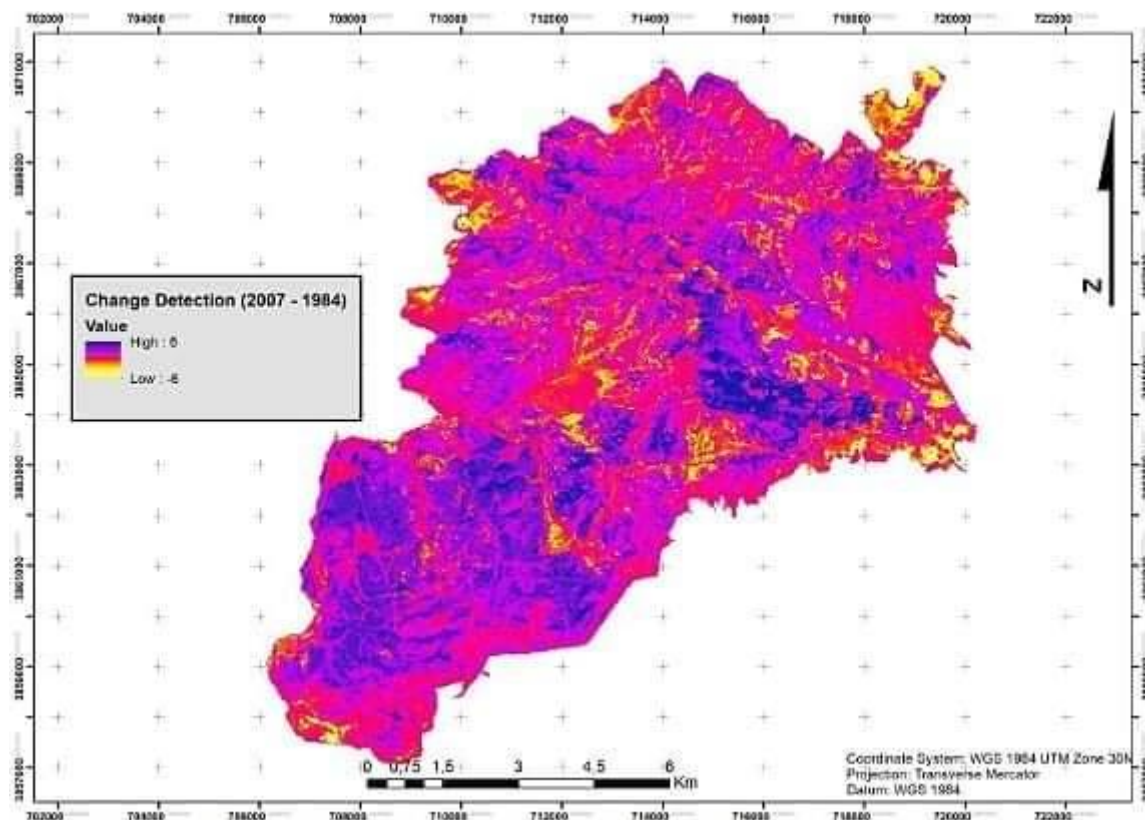


Figure35: Carte de changement (2007-1984)

Tableau 21: Résultats de l'occupation pour l'image de changement (2007-1984)

Classe	Surface en 1984(ha)	Surface en 2007 (ha)	OCCUPITATION%
Forêt dense de Pin d'Alep	784,89	300,6	-4,64
Maquis Arboree de Pin d'Alep	2982,6	1830,15	-11,05
Maquis Arboree de Thuya de Berbere	1334,61	600,09	-7,04
Maquis dégradé de Caly_Lent	3467,34	4200,12	7,02
Terrain vide-Trés Dégradé	1856,07	3494,55	15,71

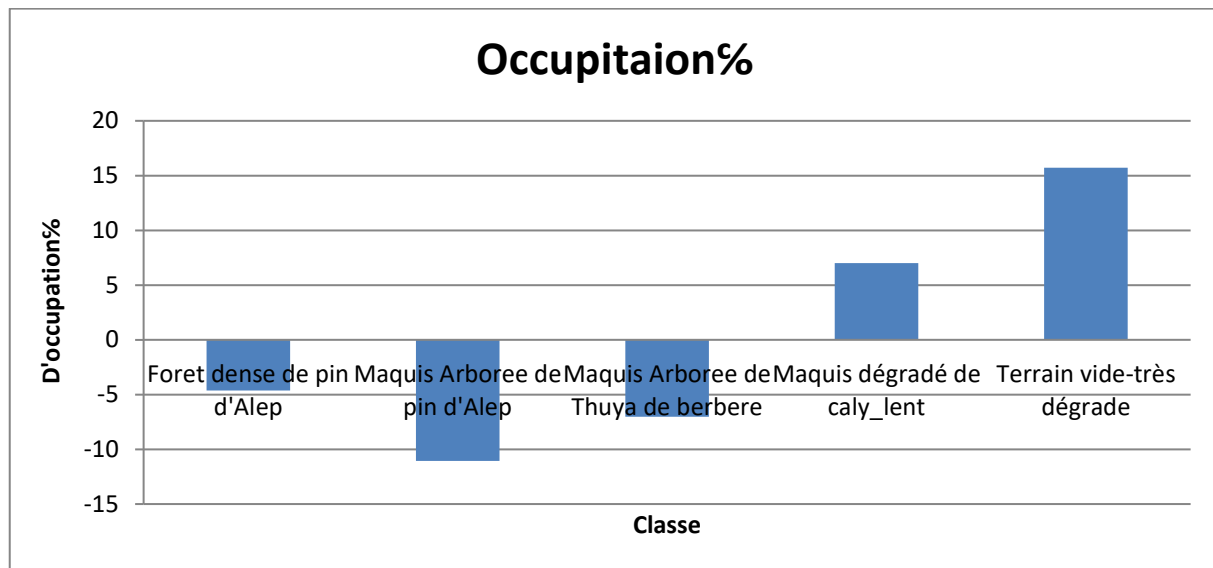


Figure36 : Dynamique du couvert végétal, scène « 1984- 2007 »

Pour cette scène, on note une augmentation des surfaces occupées par les Terrain vide-Très dégradé(15,71%),et Maquis degradé de Caly_Lent(7,02%) et une diminution des Surfaces occupées par les Forêt dense de Pin d'Alep(-4,64),Maquis Arboree de Pin d'Alep (-11,05%)et Maquis Arboree de Thuya de Berbere(-7,04%)

2.6 . Image satellitaire de NDVI 2014

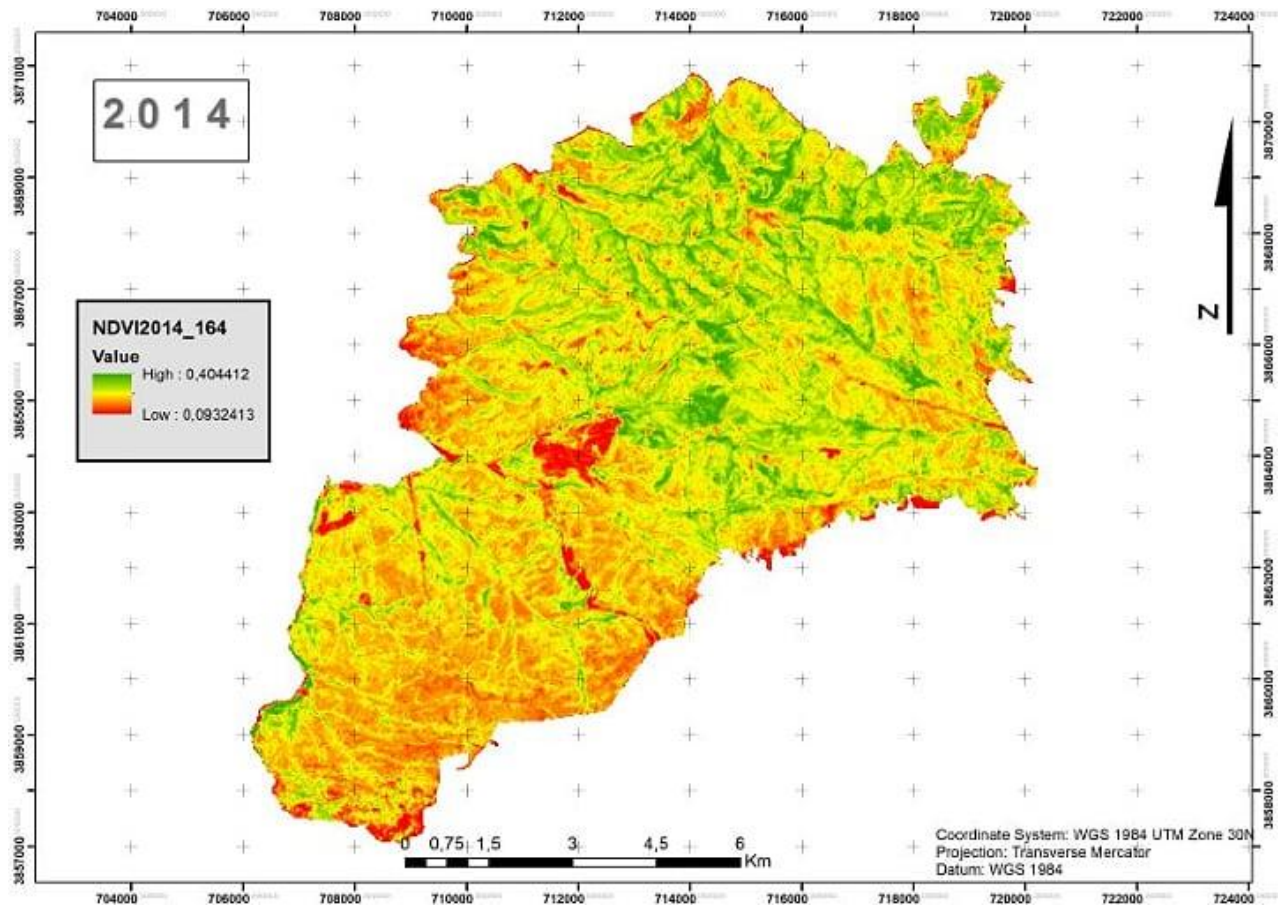


Figure 37 : Carte NDVI de l'image 2014

D'après la lecture de la carte (NDVI2014) on remarque que la valeur de l'NDVI de notre zone en 2014 est comprise +0,09 et +0,40 se la montre la dégradation de forêt et le stress la végétation

2.7. Image satellitaire LANDSAT 2007

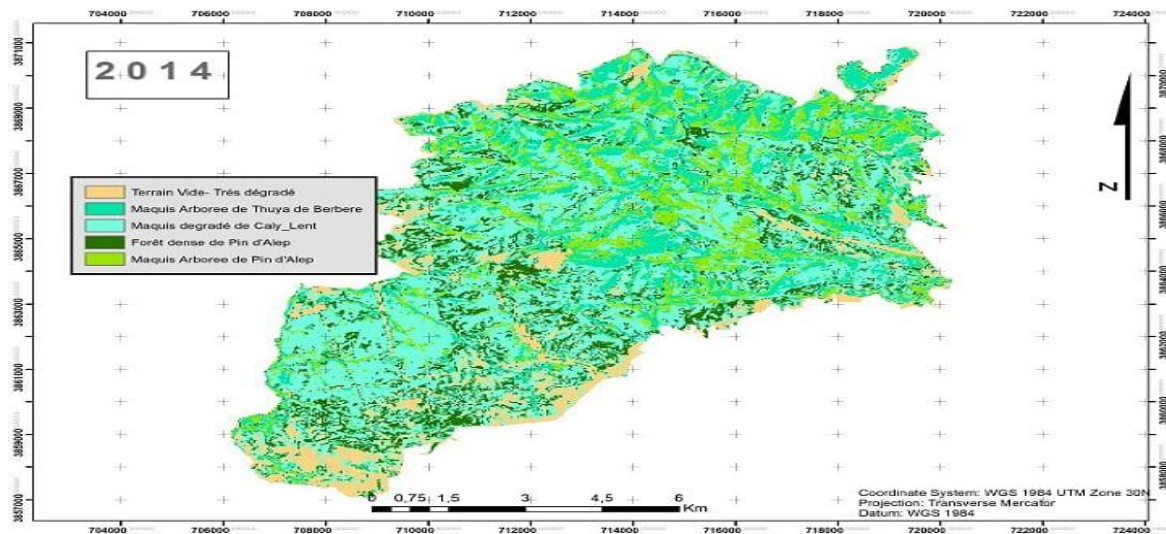


Figure38 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 2014

Tableau 22: Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (TM5) 2014

Classe	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Forêt dense de Pin d'Alep	1478,7	14,18
Maquis Arboree de Pin d'Alep	1328,04	12,73
Maquis Arboree de Thuya de Berb	1929,33	18,50
Maquis dégradé de Caly_Lent	4634,37	44,45
Terrain vide-Trés dégradé	1045	10,02
Total	10425,51	100

L'analyse du tableau 22 nous montre que les Maquis dégradé de Caly_Lent représentent une grande surface avec un 44,45%, par contre les autres classes comme les Forêt dense de Pin d'Alep, Maquis Arboree de Pin d'Alep, Maquis Arboree de Thuya de Berbere et Terrain vide-Trés dégradé (14,18%, 12,73%, 18,50% et 10,02 %)

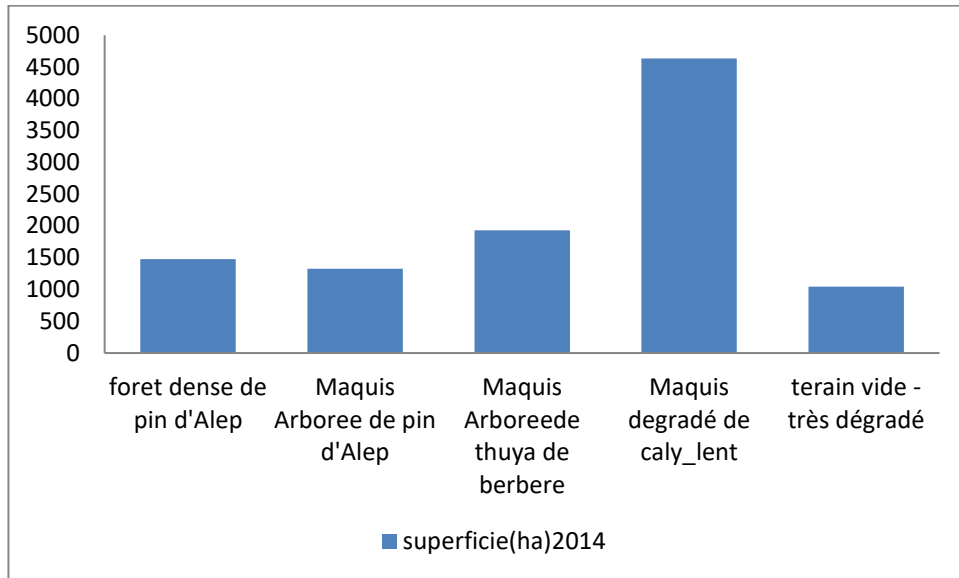


Figure39 : Histogrammes des superficies des classes de l'image 2014

2.8. Dynamique du couvert végétal entre 2007 et 2014

2.8.1. Image satellitaire de changement (2007-2014)

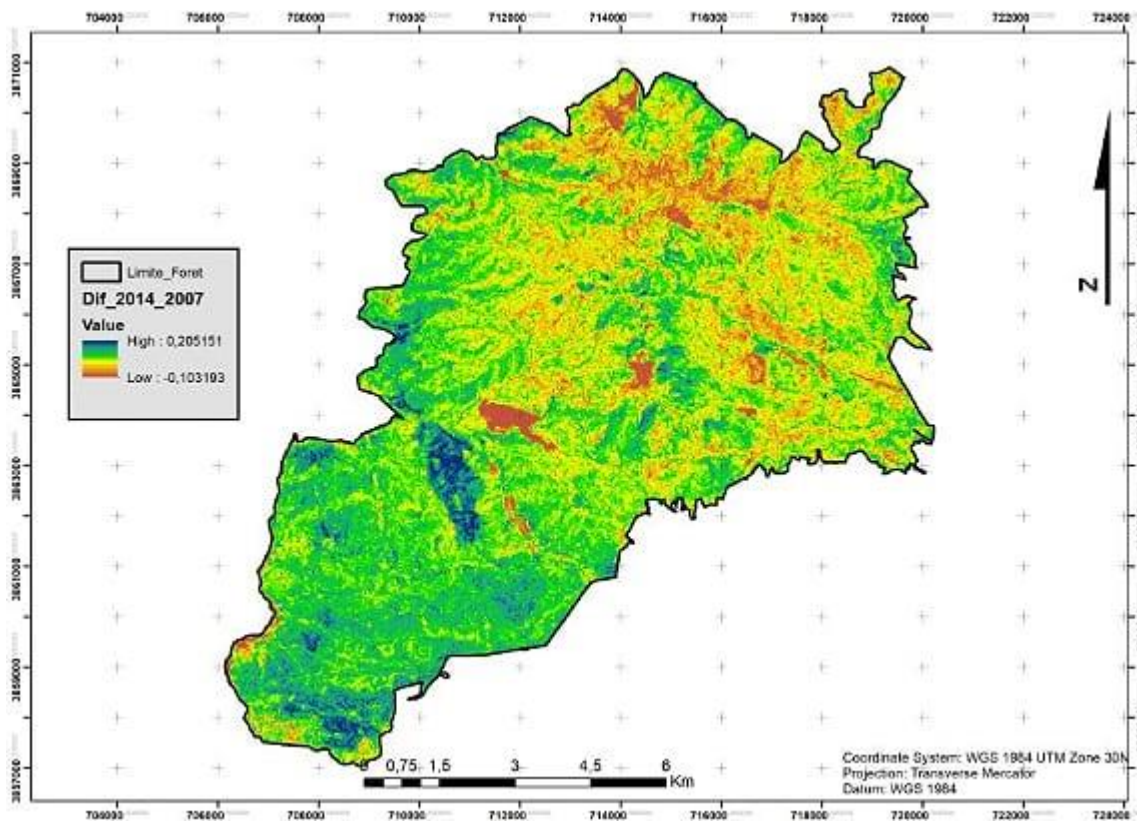


Figure40 : Carte de changement

Chapitre V :Résultats et discussion

Tableau 23: Résultats de l'occupation pour l'image de changement (2007-2014)

Classe	Surface en 2007(ha)	Surface en 2014 (ha)	OCCUPATION%
Forêt dense de Pin d'Alep	300,6	1478,7	11,30
Maquis Arboree de Pin d'Alep	1830,15	1328,04	-4,84
Maquis Arboree de Thuya de Berbere	600,09	1929,33	12,74
Maquis dégradé de Caly_Lent	4200,12	4634,37	4,16
Terrain vide-Trés dégradé	3494,55	1045	-23,49

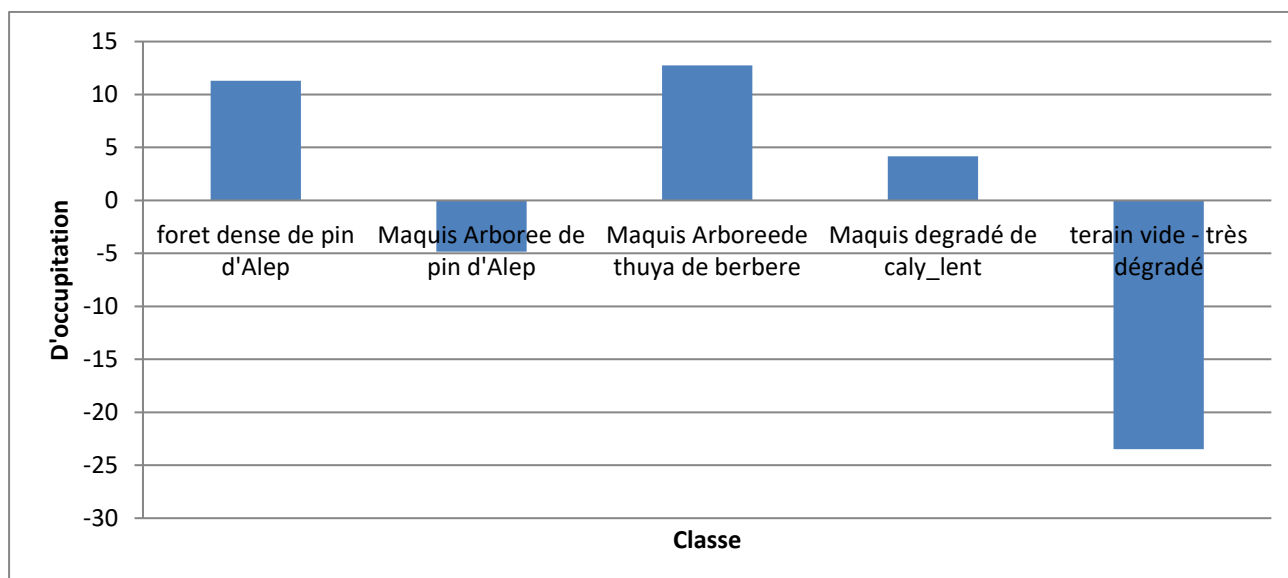


Figure 41: Dynamique du couvert végétal, scène «2007 - 2014»

Terrain vide-Trés dégradé ont connu une dégradation à cette période (-10.72%), les Maquis Arboree de Pin d'Alep ont perdu (-4.85%) de leurs parts, contrairement les Maquis Arboree de Thuya de Berbere et Forêt dense de Pin d'Alep ont progressés de (12.08% ,et11,30), Maquis dégradé de Caly_Lent une évolution de 2.48 % et 1.28 % en ordre

Chapitre V :Résultats et discussion

V .3. Etat actuelle de la Forêts

A Travers le tableau et figure, on note une perte en surfaces forestières entre 1984 et 2014, cette régression a engendré l'extension des maquis (formation forestière dégradée). Il faut noter aussi que les causes essentielles de la dégradation dans la commune de Sidi Ali Ben youb est les incendies, ajoutant à ça l'exploitation abusive du bois, le surpâturage, (Selon le service de Conservation des forêts). La régression des surfaces agricoles est justifiée par l'abondement de ces dernières par les populations locales, ainsi que la conversion pour l'arboriculture fruitière rustique (amandiers, figuiers,...)

Tableau 24: Evolution des surfaces entre deux images satellitaires 1984 et 2007.

Classe	Surface en 1984(ha)	Surface en 2007 (ha)	Évolution en (ha) de 1984 à 2007
Forêt dense de Pin d'Alep	784,89	300,6	-484, 29
Maquis Arboree de Pin d'Alep	2982,6	1830,15	-1152,45
Maquis Arboree de Thuya de Berbere	1334,61	600,09	-734,07
Maquis dégradé de Caly_Lent	3467,34	4200,12	732,78
Terrain vide-Trés dégradé	1856,07	3494,55	1638,48

Chapitre V : Résultats et discussion

Tableau 25: Evolution des surfaces entre deux images satellitaires 1984 et 2014.

Classe	Surface en 1984(ha)	Surface en 2014(ha)	Évolution en (ha) de 1984 à 2014
Forêt dense de Pin d'Alep	784,89	1478,7	693,81
Maquis Arboree de Pin d'Alep	2982,6	1328,04	-1654,56
Maquis Arboree de Thuya de Berbere	1334,61	1929,33	594,72
Maquis dégradé de Caly_Lent	3467,34	4634,37	1167,03
Terrain vide-Trés dégradé	1856,07	1045	-811,07

V.4.Comparaison des superficies

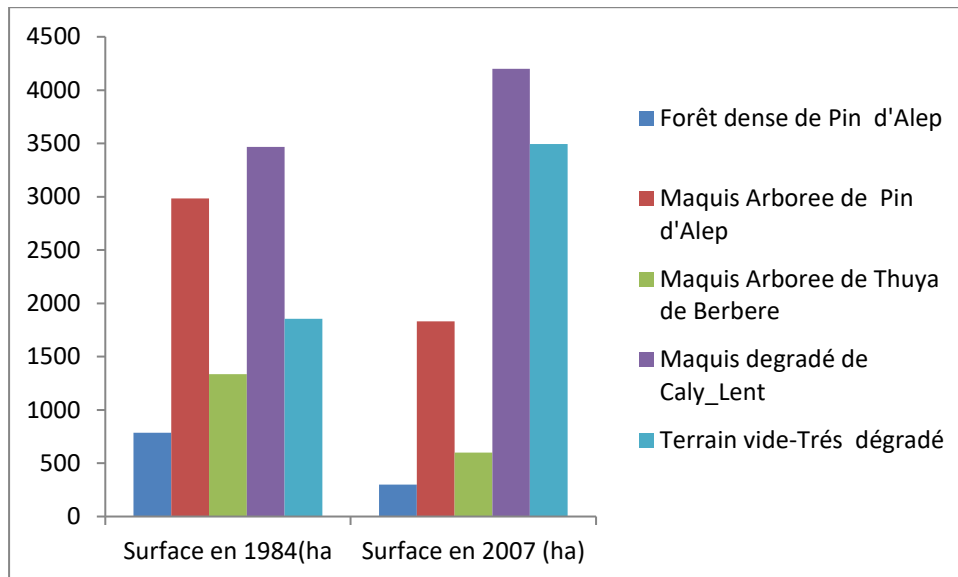


Figure42 : Histogramme des superficies par classes « 1984-2007 ».

L'étude de la Dynamique des surfaces forestière le long de 23 années par les incendies se résumé comme suit:

- Réduction de surface forestière dense de pin d'Alep (-4,64)
- Augmentation des Maquis dégradé de Caly_Lent (7,02)

Chapitre V : Résultats et discussion

- Accroissement Terrain vide-Très dégradé(15,71)
- Diminution de maquis arboree de pin d'Alep (-11,05)
- Régression de maquis de Thuya de Berbere (-7,04)

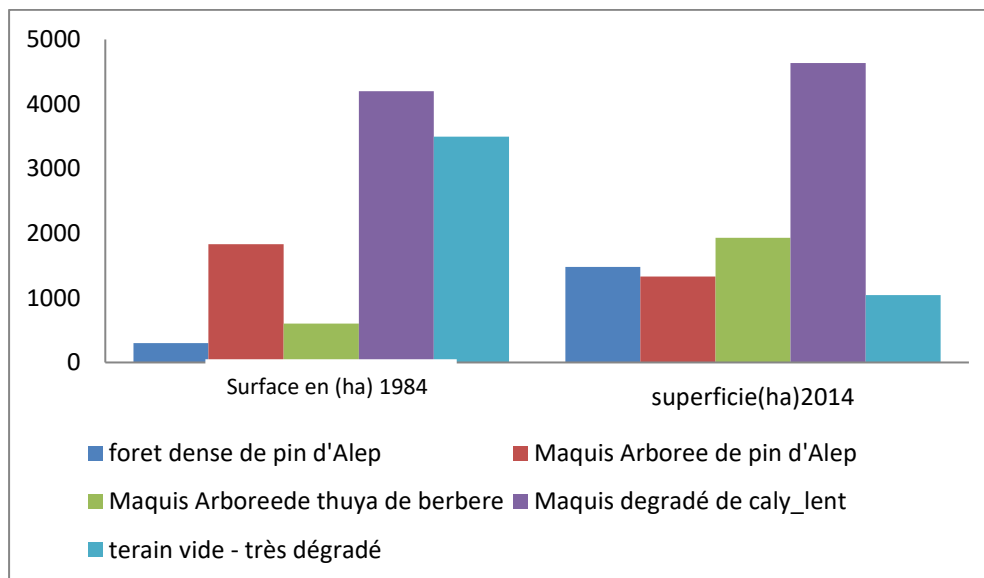


Figure43 : Histogramme des superficies par classes « 1984-2014 ».

L'étude de la Dynamique des surfaces forestière le long de 30 années par les incendies se résumé comme suit:

- Augmentation de surface forestière dense de pin d'Alep (6,65)
- Diminution des Maquis dégradé de Caly_Lent (-15,78)
- Augmentation Terrain vide-Très dégradé(5,70)
- Accroissement de maquis arboree de pin d'Alep (11,19)
- Régression de maquis de Thuya de Berbere (-7,78)

V.5. Politique de la lutte contre les incendies de forêt dans la commune de Sidi Ali ben youb

La conservation des forêts de Sida Ali ben youb a mis en place un dispositif opérationnel sur les points de vue suivants:

5.1 Sur le plan Réglementaire

L'élaboration et l'approbation d'arrêtés de wilaya ayant trait à la prévention et la lutte contre les incendies de forêts leur mise en application depuis le début de la campagne en **01 Juin** jusqu'au **31octobre** , les arrêts sont :

- 1 / Arrêt portant campagne de lutte préventive contre les incendies de foret
- 2 / Arrêt portant ouverture de la campagne de la lutte préventive et active contre les incendies des forets
- 3 / Arrêt portant installation de groupes d'interventions communaux
- 4 / Arrêt portante interdiction d'incinération de chaumes
- 5/ Arrêt portant installation de la cellule de contrôle du dispositif de lutte contre les incendies de forets à travers la wilaya
- 6/ Arrêt portant installation du C.O .P de wilaya

5.2 Infrastructure forestier

Etat de l'infrastructure forestière pistes et tranchées pare-feu (TPF)

Les pistes dans les domaines, présente une importance capitale pour la gestion et la surveillance des forets, ils facilitent l'application des différents travaux d'exploitation ou sylvicoles, et aident aussi à une rapide intervention dans la lutte contre le feu.

Notre série d'étude dispose de pistes et de tranchées pare-feu qui nécessitent un entretien régulier.

Chapitre V :Résultats et discussion

Foret	Etat des piste forestières		TRF
	carrossable	Non carrossable	
FR Kounteidat	14,63	1,86	97 ,00

Tableau26 : etat d'infrastructure forestière

5.3Réseau point d'eau

La région d'étude sidi ali ben youb est composé 17 point d'eau (7puits et 10piézomètres) Source Parmi les vingt sources inventoriées dans plaine , les plus importantes sont : Ain skhouna , Ain mekhareg , Ain el hadjar, Ain tass et ain meddah Les source capatées sont :ain skhouna ,ain annefress ,ain el hadjar L'étude des sources de sidi ali ben youb (ain skhouna ain mekhareg) par 20sondages électrique an AB=600 et 1000 m ,confirme une remontée du substratum calcaire jurassique a ce niveau . ces deux sources proviennent de deux bancs calcaire distincts séparés par une trantaine de mètres de marnes .

Conclusion générale

Conclusion

CONCLUSION

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.

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.

L'analyse des images satellitaires classées (forêts dense, Maquis arborée de Pin d'Alep, Maquis arborée de Thuya de berbère, Maquis dégradé de Caly-Lent, terrain vide-très dégradé) montre que le maquis de thuya de berbère enregistré une régression des surfaces forestières (-7,78%) et un accroissement des maquis arborée de Pin d'Alep (11,19) (Forme dégradée de la forêt).

Cette perte est causée majoritairement par les incendies de forêts, aggravée par les conditions climatiques. Ajoutant à cela la nature du couvert végétal, le surpâturage et le défrichement, les systèmes de cultures des paysagers qui marquent des résultats catastrophiques malgré l'interdiction du surpâturage par des lois strictes et des programmes d'aménagements consentis par l'état.

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

Conclusion

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 de la wilaya de SIDI BEL ABBES, plus précisément au niveau du forêt desidi Ali Benyoub. Les documents cartographiques réalisés constitueront un outil de négociation et d'aide à la décision en matière de définition de politique de prévention et de lutte contre les incendies de forêts.

Références bibliographiques

Références bibliographique

(A)

Abi-Saleh B . , BarberoM . , Nahal I .etOuézel P., 1 976. Les séries forestières de végétation au Liban. Bull. Soc. Bot. Fr., 1 23, 541 -56

AMINA BELDJAZIA .,2019-2020. 3eme eco et env cour Télédétection et SIG ,pp57

ABDESSEMED K., 1985- Les problèmes de la dégradation des formations végétales dans l'Aurès (Algérie). Deuxième partie : les mesure à prendre. Rev. Forêt méditerranéenne, T.VII, n°1, pp 43-52.

ABDESSEMED K., 1981- Le cèdre de l'Atlas dans le massif des Aurès et du Bélazma. Thèse. Doct. Es-sci. Fac. St Jérôme, Marseille, 198 p.

ALCARAZ C., 1991- Contribution à l'étude des groupements à *Quercus ilex* sur terra rosa Des monts de Tessala (Ouest algérien). Rev. Ecol. Médit., XVII, Marseille, pp 1-10.

ALCARAZ C., 1982- La végétation de l'ouest algérien. Thèse Doct. Es-sci. Univ. Perpignan, 45p + annexes.

AIME S, (1991)-Etude écologique de la transition entre bioclimat sub-humide, semi-aride et Aride dans l'étage thermo méditerranéen du Tell oranais (Algérie occidentale). Doct. Es-sci. Univ. Aix- Marseille III.

Alexandrian D, Esnault .F., et C Alabri G., 1999. Feux de forêts dans la région Méditerranéenne. Analyse des tendances des feux de forêt en Méditerranée et des causes Sous -jacentes liées aux politiques. Unasyuva, 197 (50):35-41

Arfa, A Med T., 2008 : Les incendies de forêt en Algérie : Stratégies de prévention et plan de gestion. MemMag. SNV. Univ. MENTOURI-Constantine, 115 p.

Références bibliographie

AMMARI M., 2011. Etude de la dimension fractale du front dans un système désordonné binaire. Application aux feux de forêt. Mém. Mag. Uni Oran. 90 p.

ANONYME., 2008- Bilan des feux de forêt. Direction générale des forêts, 30p

ANGELIDIS A., 1994- La politique de l'Union Européenne concernant la protection des forêts contre les incendies. CIHEAM, IAM Zaragoza, « La protection contre les incendies de forêt », 9-20 mai 1994, 57 p.

(B)

Barbero M. et Ouézel P., 1 1989. Structures, architectures forestières à sclérophylles et prévention des incendies. Bulletin d'Ecologie, 20, 1 .

BOUDY P, 1955- Economie forestière Nord africaine T : 4. description forestière de l'Algérie et de la Tunisie Ed. Larose, 453p

BENABDELI K., 1998- Modalités pratiques de gestion de l'espace communal dans la wilaya de Sidi Bel Abbés. Journée d'étude sur la protection de l'environnement dans la wilaya de Sidi Bel Abbés.

BENABDELI K., 1998- Impact socio-économique et écologique de la privatisation des terres sur la gestion des espaces et la conduite des troupeaux: cas de la commune de Telagh (Sidi Bel Abbés, Algérie). Rev. Opt. Médit. CIHEAM, pp 185-194.

BENABDELI K., 1996- Aspects physionomico-structuraux et dynamique des écosystèmes forestiers faces à la pression anthropozoogène dans les monts de Tlemcen et les Monts de Dhaya. Algérie occidentale. Doct. Es-sci. Univ. Djilali Liabes de Sidi Bel Abbés. 356p + annexes.

BENABDELI K., 1983- Mise au point d'une méthodologie d'appréciation de l'action anthropozoogène sur la végétation dans la région de Télagh (Algérie occidentale). Thèse

Références bibliographie

Doct. de spécialité. Aix-Marseille III, 185 p.

BARBERO M. & QUEZEL P., 1989- Structure, architecture forestière à sclérophylles et Prévention des incendies. Bull. Ecol. ; 20(1), pp7-14.

Berbero M, 1988 Contribution de quelques structures et architectures forestières des arbres et arbuste à feuilles persistantes de l'étage méditerranéen. Biologie et Forêt.R.F.E.X.L 5-1988

BERRICHI M., 2013. Défonce des forêts contre les incendies (Facteurs favorisant, Conséquences et luttes).Polycopié de cours : Uni.Aboubekr Belkaid Tlemcen, 122p.

BNEF, 1979- Etude d'inventaire des terres et forêts de l'Algérie du Nord. Rapport, 230p

BEKDOUCHE F., 2010- Evolution après feu de l'écosystème subéraie de Kabylie (Nord Algérien). Th. Doct. Scien. Agr, Univ ; Mouloud MAMMERI, Tizi-Ouzou, Algérie, 137p, Annexes

-Boughaffour Ghizlèn/Khedim Soumaya, « Un SIG pour le calcul des réseaux Territoriaux », Mémoire de Master en SIG, Université de Mostaganem, 2014-2015,

BONN F. Précis de télédétection Volume 2 : Applications thématiques, Presses de l'Université du Québec/AUPELF, 1996

BONN F. et ROCHON G. Précis de télédétection Volume 1 : Principes et Méthodes, Presses de L'Université du Québec/AUPELF, 1996.

(c)

COSSON E., 1853- Rapport sur un voyage botanique en Algérie d'Oran au Chott Chergui. Extr. Asn. Sci. Nat., 3^{ème} sér. , XIX, Masson, Paris, pp 1-60

Références bibliographie

C.E.M.A.G.R.E.F., 1989 : Le Guide technique du forestier méditerranéen français, chapitre IV : protection des forêts contre les incendies. Division technique forestière, Aix- en - Provens (France).

CEMAGREF, 1989. Le Guide technique du forestier méditerranéen français, chapitre IV : protection des forêts contre les incendies. Division technique forestière, Aixen - Provens (France), 72 p.

Conard S.G., Latham D.J. 2000. Forest Fire Research in the United States: History and Current and Future Needs. In *Euromediterranean Wildfire Meetings. Research Special Session*. Hyères-les-Palmiers : CEREN.

CARBONELL G., DUSSERRE G., SAUVAGNARGUES S., MONET J.P., 2004. Embrasement généralisé éclair en feu de forêt. Rapport de stage ema (FI 153), Sdis 13 éd. Marseille. France, 153 p

CHUVIECO, E. (1996). Fundamentos de Teledetección Espacial. Ediciones Rialp S.A. Madrid. 568 pp.

(D)

DAHMANI M (1997) - Diversité biologique et phytogéographique des chênaies vertes D'Algérie. *Ecologia Mediterranea*. XXII (3/4) : 19-38.

DIMITRAKOPOULOS A.P. & MITSOPOULOS I.D., 2006 - Global forest resources assessment 2005. Report on fires in the Mediterranean Region. Working paper FM/8/E, Forestry Department, FAO. Rome, 43 p.

DAGORNE A., DUCHE Y & Al., 1994- Protection des forêts contre les incendies & système d'information géographique : application à la commune d'Auribeau sur Siagne (Alpes maritimes). *Rev. For. Méd.*, t.XV, n=°4, 1994, pp409-420.

DGF, 2005- Superficies, potentialités, et bilan d'incendies des forêts algériennes.

(E)

Eddine M., 2012. Contribution à l'élaboration d'un plan de prévention des risques

Références bibliographie

Incendies de forêts au niveau de la commune de Dar Yaghmouracen (Ghazaouet), Wilaya de Tlemcen. Mém. Mas II. Univ. Abou Bekr Belkaid-Tlemcen, 95 p + annexes

ERTEN E, KURGUN V & MUSAOGLU N., 2004- Forest firerisk zone mapping from satellite imagery and GIS a case stady. Inst. Infor, Maslak Istanbul, Turkey, 7p.

(F)

FERKA ZAZOU NESRINE, 2006. IMPACT DE L'OCCUPATION SPACIO-TEMPORELLE DES ESPACES SUR LA CONSERVATION DE L'ECOSYSTEME FORESTIER. CAS DE LA COMMUNE DE TESSALA, WILAYA DE SIDI BEL ABBES, ALGERIE, 21p

FREDERIC J., 1992- Modélisation du comportement du feu, influence de la pente et de la charge d'une litière d'aiguille de pin maritime. Document PIF 9205, Avignon, 29p.

FINNEY M.A., 2007. FARSITE User's Guide and Technical Documentation. 156 p.

(G)

GRECO J.,1966- L'érosion, la défense et la restauration des sols. Le reboisement en Algérie. Pub. Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire, 393p.

GAOUAR A., 1980- Hypothèse et réflexion sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen. Forêt médit., n°2, Marseille, pp 1-8.

GRIM S., 1989- Les incendies de forêts en Algérie. 49p.

GUENDOUL M. ,2011Application du SIG et la télédétection à la protection des forêts contre les incendies : cas du secteur de Tala Rana (Parc National duDjurdjura)
ingénieur forestière .écolesupérieurAgronomie -Harrach7, 8, 11, 13,14p

GRIM S., 1989. Pré-aménagement et protection des forêts contre l'incendie. In Le

Références bibliographie

préaménagement forestier. Ministère de l'Hydraulique d'Algérie et Unité des Eaux et Forêts de l'Université catholique de Louvain-la-Neuve, Belgique. 1: 271-289.

GHAZI A. ET LAHOUATI R. , 1997- Algérie 2010. Sols et ressources biologiques. Inst. Nat. Etudes de Stratégie Globale. 45p.

(H)

Hetier, J.P., 1993 : "Forêt méditerranéenne : vivre avec le feu ? Élément pour une gestion patrimoniale des écosystèmes forestiers littoraux", Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres, 147 p.

(J)

Jappiot, M., Blanchir, R., et Alex Andrian, D., 2002 : Cartographie du risque : recherche méthodologique pour la mise en adéquation des besoins, des données et des méthodes. C.E.M.A.G.R.E.F, ENSMP-ARMINES, Agence M.T.D.A, colloque de restitution des travaux de recherche du S.I.G Incendies de forêt, 4 Décembre 2002, Marseille (France).

Jappiot, M., Lampin, C., et Borgniet, L., 2004 : Méthode de cartographie des types d'urbanisation au contact des zones boisées pour une aide à la mise en place des PPRIF. MEDD, Rapport final, 40 p

(K)

KILLIAN C.H., 1961- Amélioration naturelle et artificielle d'un pâturage dans une réserve Algérienne « Le Maghreb ». Mém. n°6 de la société d'histoire naturelle de l'Afrique. D.N. Ibr, 62p

KHELIFI H. ET SADKI N., 1994-Esquisse géobotanique des régions de Collo, Skikda, et Annaba (Nord-Est algérien). Colloques Phytosociologies XXIII. Bailleul, 1994. pp : 594-615.

Références bibliographie

KHALID F., 2008. Contribution à l'élaboration d'un plan de prévention des risques Incendies de forêt, cas de la commune de Tlemcen (Nord-Ouest d'Algérie). Mém. Mag. Uni. Abou Bekr Belkaid -Tlemcen, 162 p + annexes

Kaiss, A., Zekri, L., Zekri, N., Porterie, B., Clerc, J-P., et Picard, C., 2007 : Efficacité des coupures de combustible dans la prévention des feux de forêts. Elsevier Masson SAS, France. pp 462-468.

(L)

LETREUCH-BELAROUCI N., 1995- Réflexion autour du développement forestier. Les Zones à potentiel de production. Les objectifs. Polycopié O.P.U. Alger.

LETREUCH-BELAROUCI N., 1995- Sylviculture spéciale. Éléments de réflexion de la Mise en valeur des taillis de chêne vert. Etude d'un cas concret. Polycopié O.P.U. Alger, 66p

LETREUCH B., 1991- Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. Ed. OPU. TI, TII, Alger, 414p

LILLESANDT M., and KIEFERR W. (1987). RemoteSensing and Image Interpretation, 2nd ed.

xiv, 721 pp. New York, ISBN 0 471 845175 (pb).

LILLESANDT M., and KIEFERR W. (1994). RemoteSensing and Image Interpretation, 3rd ed.

xvi + 750 pp. New York, ISBN 0 471 30575 8 (pb).

(M)

Références bibliographie

Margerit, J., 1998 : Modélisation et simulations numériques de la propagation de feux de forêts. Thèse, Doctorat. Inst. National polytechnique de lorraine. Nancy, France, 260 p.

M'HIRIT O., 1999- La forêt méditerranéenne : espace écologique, richesse économique et bien social. Unasyuva, 197 (50),

M. Jappiot, T. Curt, F. Pimont, J.-L. Dupuy ;2009- Les facteurs naturels du comportement des feux de forêts

MANJAUZE A., 1958- Les aspects agronomiques du reboisement en Algérie. Cahier des Ingénieurs Agronomes. Extr. Paris, 6p.

MEDDOUR-SAHAR O, MEDDOUR R, DERRIDJ A, .2008-Le contexte des feux de foret dans le bassin méditerranéen .2, 3,19,20p

MORETTI B., 2015. Modélisation du comportement des feux de forêt pour des outils d'aide à la décision. Thèse, Doc. Université de Corse Pascal Paoli France, 125 + annexes.

MONTERO G. & CANELLAS I., 2000- Aménagement durable des forêts méditerranéennes en Espagne. Archives documents de la FAO.

(N)

Nahal 1 . , 1981 . The mediterranean climate from a biological view point. Ecosystems of the world, 1 1 , mediterranean type shrublands, 63-86. Elsevier Edit.

(O)

Ouézel P. , 1 976. Les forêts du pourtour méditerranéen. Note techn., MAB., 2, 9-34.

Ouézel P. , 1 979. La région méditerranéenne française et ses essences

Références bibliographie

forestières. Signification écologique dans un contexte méditerranéen. Forêt méditerranéenne, 1 (1), 7-1 8.

Ouézel P. , 1 981 . The study of plant groupings in the countries surrounding the mediterranean : some methodological aspects .Ecosystems of the world. Mediterranean-type shrublands. Elsevier, Goodall Edit., 87-92.

OZENDA P., 1977- Flore du Sahara. Edit. du CNRS. 625p.

Ouézel P. , 1 976. Les forêts du pourtour méditerranéen. Note techn., MAB., 2, 9-34.

Ouézel P. , 1 979. La région méditerranéenne française et ses essences forestières. Signification écologique dans un contexte méditerranéen. Forêt méditerranéenne, 1 (1), 7-1 8.

Ouézel P. , 1 981 . The study of plant groupings in the countries surrounding the mediterranean : some methodological aspects .Ecosystems of the world. Mediterranean-type shrublands. Elsevier, Goodall Edit., 87-92.

OZENDA P., 1977- Flore du Sahara. Edit. du CNRS. 625p.

(Q)

. QUEZEL P. & SANTA S., 1962, 1963- Nouvelles flores de l'Algérie et des régions méridionales. CNRS. Paris, 1700p

QUEZEL P. & SANTA S., 1962, 1963- Nouvelles flores de l'Algérie et des régions méridionales. CNRS. Paris, 1700p

QUEZEL P. & MEDAIL R., 2003– Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Ed. Elsevier S.A.S., Paris, 571 p.

Références bibliographie

(R)

Rikli M., 1943. Das Pflanzenkleid der Mittelmeerländer. Huber Berne, 1-418.

Rebai, A., 1983 : Les incendies de forêts dans la wilaya de Mostaganem (Algérie). Etude écologique et proposition d'aménagement. Thèse. Doct. Univ. Sci. Marseille, France, 130 p + annexe

RAMADE F., 1997- Conservation des écosystèmes méditerranéens : enjeux et prospective. Plan Bleu, fascicule n° 3 - Ed. Economica, PNUE, Paris. 189 p.

RNE, 2000- Rapport national sur l'état et l'avenir de l'Environnement. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Algérie. 253p.

(S)

SEIGUE A., 1985- La forêt circum-méditerranéenne et ses problèmes. Techniques agricoles et productions méditerranéennes. G.-P. Maisonneuve et Larose. 502 p.

SALIS M., 2007. Firebehavior simulation in mediterranean maquis using Farsite (Fire area simulator). PhDthesis. Dipartimento di Economia e sistemi arborei, Università degli studi di Sassari

SAUCE G., 2009. Analyse de risque incendie sur un ERP. Projet Cyber Ingénierie des Risques en Génie Civil, 106 p.

SOUDANI.K.2007-INTRODUCTION GENERALE A La TELEDETECTION Partie :Bases physiques et exemples d'applications aux couverts végétaux. Univ Paris Sud XI .1, p

(T)

Références bibliographie

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

TRABAUD L., 1992 : Les feux de forêts : mécanismes, comportement et Environnement. Éditions France- Sélection, 278 p.

TIR E., 2015 –Analyse spatiale et cartographie de la régénération forestière post incendié dans la wilaya de Tissemsil. Thèse magister .Abou bekrbelkaid 2, 17,18P

YAHIAOUI., I. ,2011-Evaluation de la dynamique spatiale de l'occupation du sol dans la plaine du Bas –Cheliff.13, 14p

(V)

VELEZ R., 1994– La protection contre les incendies de forêt (Forest fire control). CIHEAM-IAMZ, ICONA, FAO, 157 p.

VALEZ R., 1999- Protection contre les incendies de forêt : principe et méthode d'action. CIHEAM, Zaragoza. Options méditerranéenne, Série B : Etudes et recherches, N°26,118p.

VAN WAGNER C.E., 1977. Conditions for the Start and Spread of Crownfire. Canadian Journal of Forest Research, 7: 23-24.

(Z)

ZOUAIDIA H., 2006- Bilan de l'incendie de forêts dans l'Est Algérien : cas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras. Mem. Mag. Scien, Univ. Mentouri, Constantine, Algérie, 123p, glossaire.

Références bibliographie

ZERAÏA L., 1981- Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phénologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chêne liège de Provence Cristalline (France méridionale) et d'Algérie. Thèse Doct. Univ. Aix-Marseille. 367 p. + Annexes.

ZERROUK D., 2006- La forêt algérienne face aux caprices du temps. El Watan, la quotidien Indépendant.

ZAOUI M.2013-Gestion des risques de feu dans le foret de M'silla wilaya d'Oran.

Thèse magister en forestière .univ Abou bekrbelkaid-tlemcen-23p

ZIANE A, 2013-Cartographie des états de surface et évaluation des risques de la

Salinisation des sols de la plaine de bas Chélif par couplage entre de la télédétection et lesmodel numérique de terrain. Thèse Magister .univUHBC.11p

Webographie

www.wikipédia.org, 2007.

<https://www.cartographie.ird.fr>, consulté le 27/12/2015

<https://www.esrfrance.fr>, consulté le 21/12/2015

Annexes

Annexes

DateTime	PDSI (TerraClimate) at Polygon 1, 1984-01-01 to 2014-12-01
01/01/1984	-004
01/02/1984	-004
01/03/1984	-004
01/04/1984	-005
01/05/1984	-003
01/06/1984	-003
01/07/1984	-003
01/08/1984	-003
01/09/1984	-003
01/10/1984	-004
01/11/1984	-002
01/12/1984	-002
01/01/1985	-002
01/02/1985	-003
01/03/1985	-003
01/04/1985	-003
01/05/1985	-003
01/06/1985	-003
01/07/1985	-003
01/08/1985	-003
01/09/1985	-003
01/10/1985	-003
01/11/1985	-003
01/12/1985	-003
01/01/1986	-002
01/02/1986	-001
01/03/1986	000
01/04/1986	-001
01/05/1986	-001
01/06/1986	-001
01/07/1986	-001
01/08/1986	-001
01/09/1986	001
01/10/1986	001
01/11/1986	002
01/12/1986	001
01/01/1987	001
01/02/1987	002
01/03/1987	001
01/04/1987	-002
01/05/1987	-002
01/06/1987	-003
01/07/1987	-001

Annexes

01/08/1987	-001
01/09/1987	-001
01/10/1987	-001
01/11/1987	-001
01/12/1987	-001
01/01/1988	-001
01/02/1988	-002
01/03/1988	-003
01/04/1988	-003
01/05/1988	-003
01/06/1988	-003
01/07/1988	-003
01/08/1988	-003
01/09/1988	-002
01/10/1988	-003
01/11/1988	-003
01/12/1988	-003
01/01/1989	-004
01/02/1989	-004
01/03/1989	-003
01/04/1989	-003
01/05/1989	-004
01/06/1989	-004
01/07/1989	-003
01/08/1989	-003
01/09/1989	-002
01/10/1989	-003
01/11/1989	-003
01/12/1989	-004
01/01/1990	-002
01/02/1990	-003
01/03/1990	-003
01/04/1990	-003
01/05/1990	-003
01/06/1990	-003
01/07/1990	-002
01/08/1990	-002
01/09/1990	-002
01/10/1990	-002
01/11/1990	-002
01/12/1990	-002
01/01/1991	-002
01/02/1991	-001
01/03/1991	002

Annexes

01/04/1991	002
01/05/1991	001
01/06/1991	-001
01/07/1991	-001
01/08/1991	-001
01/09/1991	001
01/10/1991	001
01/11/1991	000
01/12/1991	-001
01/01/1992	-001
01/02/1992	-002
01/03/1992	-002
01/04/1992	-002
01/05/1992	-001
01/06/1992	002
01/07/1992	003
01/08/1992	002
01/09/1992	001
01/10/1992	001
01/11/1992	-001
01/12/1992	-002
01/01/1993	-003
01/02/1993	-003
01/03/1993	-003
01/04/1993	-003
01/05/1993	-003
01/06/1993	-003
01/07/1993	-003
01/08/1993	-003
01/09/1993	-003
01/10/1993	-002
01/11/1993	-002
01/12/1993	-003
01/01/1994	-002
01/02/1994	-002
01/03/1994	-003
01/04/1994	-003
01/05/1994	-004
01/06/1994	-004
01/07/1994	-004
01/08/1994	-004
01/09/1994	-003
01/10/1994	-002
01/11/1994	-003

Annexes

01/12/1994	-003
01/01/1995	-004
01/02/1995	-004
01/03/1995	-003
01/04/1995	-003
01/05/1995	-004
01/06/1995	-004
01/07/1995	-004
01/08/1995	-003
01/09/1995	-003
01/10/1995	-003
01/11/1995	-003
01/12/1995	-003
01/01/1996	-002
01/02/1996	002
01/03/1996	002
01/04/1996	002
01/05/1996	001
01/06/1996	001
01/07/1996	002
01/08/1996	001
01/09/1996	002
01/10/1996	001
01/11/1996	-002
01/12/1996	-002
01/01/1997	-002
01/02/1997	-003
01/03/1997	-004
01/04/1997	-003
01/05/1997	-003
01/06/1997	-004
01/07/1997	-004
01/08/1997	-003
01/09/1997	-002
01/10/1997	-002
01/11/1997	-001
01/12/1997	-002
01/01/1998	-002
01/02/1998	-002
01/03/1998	-003
01/04/1998	-004
01/05/1998	-003
01/06/1998	-004
01/07/1998	-004

Annexes

01/08/1998	-003
01/09/1998	-003
01/10/1998	-004
01/11/1998	-004
01/12/1998	-004
01/01/1999	-003
01/02/1999	-002
01/03/1999	-003
01/04/1999	-003
01/05/1999	-004
01/06/1999	-005
01/07/1999	-005
01/08/1999	-004
01/09/1999	-003
01/10/1999	-003
01/11/1999	-002
01/12/1999	-002
01/01/2000	-002
01/02/2000	-004
01/03/2000	-004
01/04/2000	-005
01/05/2000	-005
01/06/2000	-005
01/07/2000	-005
01/08/2000	-005
01/09/2000	-004
01/10/2000	-003
01/11/2000	-002
01/12/2000	-002
01/01/2001	-002
01/02/2001	-001
01/03/2001	-002
01/04/2001	-003
01/05/2001	-003
01/06/2001	-004
01/07/2001	-004
01/08/2001	-003
01/09/2001	-003
01/10/2001	-003
01/11/2001	-001
01/12/2001	-001
01/01/2002	-002
01/02/2002	-003
01/03/2002	-003

Annexes

01/04/2002	-003
01/05/2002	-002
01/06/2002	-003
01/07/2002	-003
01/08/2002	-002
01/09/2002	-002
01/10/2002	-002
01/11/2002	-002
01/12/2002	-002
01/01/2003	-001
01/02/2003	002
01/03/2003	001
01/04/2003	001
01/05/2003	-001
01/06/2003	-002
01/07/2003	-002
01/08/2003	-002
01/09/2003	-002
01/10/2003	-001
01/11/2003	-001
01/12/2003	000
01/01/2004	000
01/02/2004	000
01/03/2004	-001
01/04/2004	-001
01/05/2004	001
01/06/2004	000
01/07/2004	-001
01/08/2004	-001
01/09/2004	-001
01/10/2004	-001
01/11/2004	000
01/12/2004	001
01/01/2005	000
01/02/2005	001
01/03/2005	000
01/04/2005	-001
01/05/2005	-002
01/06/2005	-002
01/07/2005	-002
01/08/2005	-002
01/09/2005	-002
01/10/2005	-002
01/11/2005	-001

Annexes

01/12/2005	-002
01/01/2006	-001
01/02/2006	000
01/03/2006	-001
01/04/2006	-001
01/05/2006	-001
01/06/2006	-001
01/07/2006	-001
01/08/2006	-001
01/09/2006	-001
01/10/2006	-002
01/11/2006	-002
01/12/2006	-002
01/01/2007	-002
01/02/2007	-002
01/03/2007	-002
01/04/2007	-001
01/05/2007	-002
01/06/2007	-003
01/07/2007	-002
01/08/2007	-002
01/09/2007	-002
01/10/2007	002
01/11/2007	002
01/12/2007	002
01/01/2008	001
01/02/2008	-001
01/03/2008	-002
01/04/2008	-003
01/05/2008	-003
01/06/2008	-003
01/07/2008	-002
01/08/2008	-002
01/09/2008	-001
01/10/2008	003
01/11/2008	003
01/12/2008	004
01/01/2009	005
01/02/2009	004
01/03/2009	003
01/04/2009	003
01/05/2009	002
01/06/2009	001
01/07/2009	-002

Annexes

01/08/2009	-002
01/09/2009	002
01/10/2009	001
01/11/2009	-001
01/12/2009	-002
01/01/2010	-001
01/02/2010	-001
01/03/2010	000
01/04/2010	001
01/05/2010	-001
01/06/2010	-001
01/07/2010	-001
01/08/2010	001
01/09/2010	000
01/10/2010	001
01/11/2010	000
01/12/2010	-001
01/01/2011	-002
01/02/2011	-002
01/03/2011	-003
01/04/2011	-003
01/05/2011	-002
01/06/2011	-001
01/07/2011	-001
01/08/2011	-001
01/09/2011	-002
01/10/2011	-001
01/11/2011	001
01/12/2011	001
01/01/2012	000
01/02/2012	001
01/03/2012	000
01/04/2012	000
01/05/2012	-001
01/06/2012	-002
01/07/2012	-001
01/08/2012	-002
01/09/2012	-001
01/10/2012	-001
01/11/2012	002
01/12/2012	001
01/01/2013	002
01/02/2013	002
01/03/2013	002

Annexes

01/04/2013	002
01/05/2013	002
01/06/2013	001
01/07/2013	001
01/08/2013	001
01/09/2013	002
01/10/2013	001
01/11/2013	001
01/12/2013	001
01/01/2014	002
01/02/2014	002
01/03/2014	001
01/04/2014	-002
01/05/2014	-002
01/06/2014	-002
01/07/2014	-002
01/08/2014	-002
01/09/2014	001
01/10/2014	000
01/11/2014	000
01/12/2014	000