

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

خميس مليانة جامعة جيلالي بونعاما

Université Djilali Bounaama Khemis Miliana

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la terre

Département de Biologie



MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : écologie et environnement

Spécialité: Bioclimatologie

Thème :
*Cartographie du risque d'incendie de forêt dans la
région de Ténès, Chlef*

Date de soutenu : 04/07/2018

Présenté par :

M^{elle} : BOUSMAL Zahia

M^{elle} : EZZEDAMI Hanane

Devant le Jury

Président: Mr. Yahiaoui. I

MCB UDBKM

Promotrice: Mme. Abdelbaki. A

MAA UDBKM

Co-promoteur: Mr Zafane. Dj

MCB UDBKM

Examineurs 1: Mr. Belouazni. A

MAA UDBKM

Examinatrice 2: Mme. Nabti. Dj

MCB UDBKM

Année universitaires: 2017/2018.

Remerciements

Cette travaille n'a pu voir le jour que grâce à des sacrifices et à l'aide et

L'encouragement de plusieurs personnes qui je ne saurai jamais les remercier assez.

Avant tout, je remercie Dieu le tout puissant qui m'a donné le foi et la volonté pour a chever ce travail.

*Je tiens à remercier le madame **Abdelbaki Amina** qui a accepté avec agessede diriger un travail déjà initié et de me soutenir durant la phase la plus critique.*

*Je tiens à remercier vivement le monsieur Co-promoteur **Zafane Djelloul** qui a donné un sens à mon travail grâce à ses conseils et ses orientations significatives.*

*Je remercie également le Mr **Yahiaoui. Ibrahim** pour avoir accepté de presider le jury de cettémémoire.*

*Je remercie également et très respectueusement Mr **Belouazni. Ahmed** Pour avoir
Accepté d'être membre de jury.*

*Mess incères remerciements Mme **Nabti. Djahida** pour accepte d'être member de jury.*

*Mes remerciements vont particulièrement à Mr **Boucefiane Abdelkader** et **Amrani Rachid***

*Je remercie également la conservation des forêts de la Wilaya de Aïn defla surtout (**Mazouzi Mohammed** et **Bouzabra Ibrahim**).*

*Je tiens à remercier aussi Circonscription et District de **Ténès**« surtout **Amarí toufik (rabi yar7mo)**, **Arous F/Z** et **Mr lahcen**» Pour toute l'aide apportée sur le terrain et au bureau.*

Dédicaces

À 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. »

À mon 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. »

À mes très chers frères Ahmed et sa femme et son frère Seddik, Abdelouahab.

À mes très chères sœurs.

Pour les enfants Abdel Nour, Mohamed Amine, Monia et Rinad

À toute ma famille **EZZEDAMI et KRAOUN.**

À mon binôme Zahia, sans toi je ne serai pas arrivé ici.

À tous mes amis et collègues surtout : Soraya, wardia, Hafida, Rachida, Fatima, Imane, Salima, Saliha, Razika, Amina, Bouzabra Ibrahim, Boulenouar Yassine, Mokhtari Abk.

À toute la promotion bioclimatologie 2017-2018



Hanane

édicaces

***A mes chers parents pour leur sacrifs et leur
encouragement durant toutes mes études***

***A Mes frère abdelmalek et Fares et
ma seour nihal***

***A tout la famille kaouane,
bousmal***

***A mes meilleur amis Amina, Hanane, razika, Noura,
Rachida, Imane, Djamel, Madjid***

A tous les etudiant de ma promotion

A tous ce qui m'apporte d'aide de prés ou loin



Zahia

Liste des tableaux

Tableau	1: Principal essences forestière en Algérie.....	6
Tableau	2: Superficie des cantons forestière de la commune de Ténès.....	7
Tableau	3: Influence des facteurs climatiques sur les conditions de feu.....	18
Tableau	4: Poids de Chaque composant dans la structure des méthodes globales.....	29
Tableau	5: Domaines d'application de la télédétection.....	34
Tableau	6: Indices de végétation définis à partir de données de télédétection.....	40
Tableau	7: Caractéristiques de la station pluviométrique de Ténès.....	42
Tableau	8: Moyennes mensuelles des précipitations (mm), station de Ténès (2000-2009).....	42
Tableau	9: Températures Moyennes mensuelles, station de Ténès (2000-2009).....	43
Tableau	10: Evaporation Moyennes mensuelle (mm), station de Ténès (2000-2009).	44
Tableau	11: Le moyen mensuel de l'ensoleillement Durant les années (1999/2008)....	45
Tableau	12: caractéristiques climatiques dominants dans la région de Ténès (2000-2009).....	46
Tableau	13: Classes des pentes de la commune de Ténès.....	51
Tableau	14: Caractéristiques des bandes spectrales de Landsat 4-5 TM.....	61
Tableau	15: Caractéristiques des bandes spectrales Landsat 8 OLI/ TIRS.....	62
Tableau	16: Résultats de la classification pour l'image LANDSAT 1999.....	68
Tableau	17: Résultats de la classification pour l'image LANDSAT 2001.....	70
Tableau	18: Résultats de la classification pour l'image LANDSAT 2006.....	72
Tableau	19: Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (TM5) 2008.....	73
Tableau	20: Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (TM5) 2010.....	75
Tableau	21: Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (TM5) 2011.....	77
Tableau	22: Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (LT8) 2013.....	79
Tableau	23: Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (LT8) 2017.....	81
Tableau	24 : Evolution des surfaces entre deux images satellitaires 1999 et 2017.....	83
Tableau	25 : Etat récapitulatif des tranchées pare-feu.....	85
Tableau	26 : Etat récapitulatif des postes de vigie.....	86
Tableau	27 : Etat récapitulatif des Points d'eau.....	86

Liste des figures

Figure 01:	les paysages végétaux de bassin méditerranéen	3
Figure 02:	Répartition de la superficie forestière en Algérie (2007).....	5
Figure 03:	Le Degrés de gravités des incendies de forêt méditerranéenne.....	8
Figure 04:	Evolution annuelle des superficies parcourues par les incendies (1963-2009).....	9
Figure 05:	Formation végétale des incendies de forêt en Algérie (1985/2006).....	10
Figure 06:	Bilan des superficies annuelles incendiées (1999-2017) dans la commune de Ténès.....	11
Figure 07:	Triangle du feu.....	12
Figure 08:	Types d'incendies de forêt.....	13
Figure 09:	Mécanisme de propagation d'un feu de forêt	15
Figure 10:	Processus de télédétection (Centre Canadian de télédétection, 1999)....	33
Figure 11 :	Onde électromagnétique simple (monochromatique, plane)	35
Figure 12 :	Spectre électromagnétique (Claude, 2004).....	36
Figure 13 :	Réponse spectrale des surfaces naturelles (Ziane, 2013).....	37
Figure 14 :	Carte de la situation administrative de la commune de Ténès.....	41
Figure 15 :	Moyennes mensuelles des précipitations (mm), station de Ténès (2000-2009).....	42
Figure 16 :	Températures moyennes mensuelles, station de Ténès (2000/2009)...	43
Figure 17 :	Histogrammes de variation évaporation mensuelle (2000/2009).....	44
Figure 18 :	variation de la durée d'Ensoleillement mensuelle.....	45
Figure 19:	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la commune de Ténès.....	47
Figure 20:	Climagramme pluviométrique d'Emberger.....	48
Figure 21:	Réseau hydrographique de la commune de Ténès.....	49
Figure 22 :	Altimétrie de la commune de Ténès.....	50
Figure 23 :	Carte des pentes.....	51
Figure 24 :	Carte des expositions.....	52
Figure 25:	Carte lithologique de la commune de Ténès.....	53
Figure 26:	Carte d'occupation du sol de la commune de Ténès.....	54
Figure 27:	Etat des reboisements après incendie 2012 (Canton Tigharghar).....	58
Figure 28 :	Peuplements incendiés en 2017 (Canton sidi Merouane).....	58

Figure	29 : Etat des reboisements après incendie 2014 (Canton Tifilès).....	59
Figure	30 :Différentes images satellitaires Landsat utilisées.....	61
Figure	31 : Choix des ROI pour la classification supervisée	64
Figure	32 :Approche methodologies.....	65
Figure	33 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 1999.....	68
Figure	34 : Histogrammes des superficies des classes de l'image 1999.....	69
Figure	35 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 2001.....	69
Figure	36 : Histogrammes des superficies des classes de l'image 2001.....	70
Figure	37 : Dynamique du couvertvégétal, entre « 1999- 2001 ».....	71
Figure	38 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 2006.....	71
Figure	39 : Histogrammes des superficies des classes de l'image 2006.....	72
Figure	40 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 2008.....	73
Figure	41 : Histogrammes des superficies des classes de l'image 2008.....	74
Figure	42 : Dynamique du couvert végétal, scène « 2006 - 2008 ».....	74
Figure	43 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 2010.....	75
Figure	44 : Histogrammes des superficies des classes de l'image 2010.....	76
Figure	45 : Dynamique du couvertvégétal, scène « 2008- 2010 ».....	76
Figure	46 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 2011.....	77
Figure	47 : Histogramme des superficies des classes de l'image 2011.....	78
Figure	48 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 2013.....	78
Figure	49 : Histogramme des superficies des classes de l'image 2013.....	79
Figure	50 : Dynamique du couvert végétal, scène « 2008- 2010 ».....	80
Figure	51 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 2017.....	80
Figure	52 : Histogramme des superficies des classes de l'image 2017.....	81
Figure	53 : Dynamique du couvert végétal, scène « 1999- 2017 ».....	82
Figure	54 : Histogramme des superficies par classes « 1999-2017 ».....	83

Liste des abréviations

CFT : conservation des forêts Ténès ;

°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 : modelé 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 : Short Wave Infra Red ;

t: **temp**

T: Temperature;

TPF: tranche par feu

UTM: Universal Transverse Mercator;

UV: Ultra violet

WGS 84: **World** Geodetic System (revision de 1984)

%: pourcent

SOMMAIRE

Remerciement

Dédicace

La liste les tableaux

La liste des figure

La liste abréviation

Sommaire

Résumé

المخلص

Abstract

Introduction générale	1
CHAPITRE I : RISQUE D'INCENDIE DE FORETS	
1. Présentation de la forêt méditerranéenne.....	3
1.2. Présentation des forêts algériennes	4
1.3. Présentation de la forêt de Ténès	6
1.4. Les incendies de forêts	7
4.1. Les incendie des forêts dans le bassin méditerranéen	8
4.2. Les incendie des forêts en Algérie	9
4.3. Les incendies de forêt dans la commune de Ténès	10
I.5. Généralité sur l'incendie de forêt	11
5.1. Définitions	11
5.2. Causes des incendies	14
5.2.1. Causes involontaires	14
5.2.2. Cause volontaires	15
5.3. La propagation d'incendie	15
5.3.1. Le mécanisme de propagation	15
5.4. Conséquence de l'incendie	16
5.5. Facteurs favorables aux incendies de forêts en région méditerranéen	16
1- Les facteurs climatiques	17
2- Les facteurs topographiques.....	18
3-Les combustibles végétaux	19
4-Les facteurs socio-économiques.....	19
I.6.Risque d'incendie	20

6.1. Risque lié à l'homme	21
6.2. Risque lié à la météorologie.....	21
6.3. Risque lié à la topographie	23
6.4. Risque lié à la végétation ou au combustible	25
II.7.1. Méthodes d'évaluation du risque incendie.....	26
7.1. La méthode canadienne: méthode canadienne d'évaluation des dangers de forêt	27
7.2. Méthode Française : méthode de détermination du risque de feu de forêt grâce au SIG. .	27
7.3. Méthode Espagnole : Système intégré pour la détermination du danger d'incendie de forêt	28
7.4. La Méthode turque.....	28
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.....	30
1.3. Rôle de SIG.....	31
1.4. Domaine application SIG.....	31
II.2. Télédétection.....	32
2.1. Définition.....	32
2.2. Processus de télédétection.....	32
2.3. Les domaines d'application de la télédétection.....	34
2.4. Bases physique de la télédétection.....	35
2.4.1. Le rayonnement électromagnétique.....	35
2.4.2. Spectre électromagnétique.....	36
2.5. Réponses spectrales des objets de surface.....	37
2.6. Classification d'image.....	39
2.6.1. Classification non supervisée.....	39
2.6.2. Classification supervisée	39
CHAPITRE III : étude milieu physique	
1. Localisation de la zone d'étude.....	41
2. Caractéristiques climatiques.....	41
2.1. Précipitation.....	42
2.2. Température.....	43
2.3. Evaporation.....	44
2.4. Ensoleillement.....	45

2.5. Vent.....	45
2.5.1. Autres paramètres climatiques.....	46
3. Synthèse climatique.....	46
3.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen(1935).....	46
3.2. Climagramme d'EMBERGER.....	47
4.1 .Hydrographie.....	48
1.5. Topographie.....	49
5.1. Altitudes.....	49
5.2. Pente.....	50
5.3. Exposition.....	52
1.6. Lithologie.....	52
1.7. Formation végétale.....	53
Chapitre IV : matériels et méthodes	
IV.1. Objectif de l'étude.....	56
IV.2.Matériel utilise.....	56
2.1. Logiciels.....	56
2.2. Outils de prospection.....	57
IV.3. Collecte et traitement des données.....	57
3.1. Collecte des informations sur les incendies.....	57
3.2. Donnée de terrain.....	57
3.3. Carte utilise.....	59
IV.4.Méthodologie.....	59
4.1. Images satellitaires utilisées.....	59
4.2. Composition colorée en trichromie.....	61
4.3. Classification de l'image satellitaire.....	63
4.3.1. Classification supervisée.....	63
4.3.2. Extraction des comptes numérique.....	64
Chapitre V: résultat et discussions	
V.1.Classification des images.....	67
1.1. Pertinence de la classification supervisée.....	67
V. 2. Résultat de la classification.....	68
2.1. Image satellitaire LANDSAT 1999.....	68
2.2. Image satellitaire LANDSAT 2001.....	69

2.2.1. Dynamique du couvert végétal entre 1999 et2001.....	71
2.3. Image satellitaire LANDSAT 2006.....	71
2.4. Image satellitaire LANDSAT 2008.....	73
2.4.1. Dynamique du couvert végétal entre 2006 et 2008.....	74
2.5. Image satellitaire LANDSAT 2010.....	75
2.5.1. Dynamique du couvert végétal entre 2008 et2010.....	76
2.6. Image satellitaire LANDSAT 2011.....	77
2.7. Image satellitaire LANDSAT 2013.....	78
2.7.1. Dynamique du couvert végétal entre 2011et 2013.....	80
2.8. Image satellitaire LANDSAT 2017.....	80
2.8.1. Dynamique du couvert végétal entre 1999 et2017.....	82
V.3. Etat actuelle de la Forêts.....	82
V.4. Comparaison des superficies.....	83
V.5. Politique de la lutte contre les incendies de forêt dans la commune de Ténès.....	84
5.1. Sur le plan sensibilisation.....	84
5.2. Sur le plan réglementaire.....	84
5.3. Le réseau tranché pare-feu.....	85
5.4. Les postes de vigie.....	85
5.5. Le réseau de points d'eau.....	86
Conclusion.....	87

Références bibliographiques

Annexes

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 Ténès 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 Ténès, à l'aide d'un SIG et télédétection, afin de pouvoir les cartographier 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.

Pour cette étude, on a opté pour 8 images satellitaires Landsat (1999, 2001, 2006, 2008, 2011, 2013 et 2017), 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 -1516.77 ha (-16.61 %) durant la période (1999-2017), 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, Ténès, Dynamique, SIG, télédétection.

ملخص

حرائق الغابات عامل رئيسي يكوّن تكوين الأنظمة البيئية وهيكلتها وأدائها. في الجزائر أحرقت ما يقارب 1 162 484 مليون هكتار في الفترة الممتدة (1979-2009)، أي بمعدل 37 500 هكتار سنويا، مما تسبب في أضرار وخسائر بيئية واقتصادية ضخمة، و اضرار علي حياة الانسان و منطقة تنس لا تنجو من هذه المشكلة .

والهدف من هذا العمل هو تحليل ديناميكي لمساحة الغابات (الخسارة أو الريح) التي تضررت من الحرائق في بلدية تنس، باستخدام نظام المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد من أجل تعيينها بمرور الوقت ، وهي مهمة ينظر إليها على أنها عقبة أمام المسؤولين عن حفظ الغابات التي تحتوي على أرشيف المشفرة دون غرض مفيد في هذه الدراسة، تم اختيار 8 صور للأقمار الصناعية في السنوات (1999. 2001 . 2006 . 2008. 2010. 2011. 2013 2017)، والتي تم تحليلها بناءً على تصنيف أشرف عليه بحد أقصى. ونتيجة هذا العمل تشير إلى أن هناك خسائر في مساحة الغابات من 1516.77- هكتار (16.61٪ -) خلال الفترة (1999-2017)، وبالتالي الحاجة إلى وجود خطة لإدارة الطوارئ ضد الحرائق الغابات في البلدية المعنية.

الكلمات المفتاحية

حرائق الغابات. تنس، ديناميكية. نظام 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 lives. The region of Ténès 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 tenes 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 8 Landsat satellite imagery (1999, 2001, 2006, 2008, 2011, 2013, and 2017), 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 -1516.77 ha (-16.61%) during the period (1999-2017), hence the need for an emergency fire management plan. forests in the municipality in question

Key words:

Forest fire, Ténès, SIG, teledetection, Dynamics.

Introduction Générale

La forêt est l'écosystème, qui après les océans, présente la plus grande diversité biologique, bien avant les terres cultivées et terrains de parcours. Ces surfaces couvertes d'arbres sont sous pression continue et leurs surfaces sont en régression alarmante.

La forêt algérienne, à l'instar des autres forêts du monde est ravagée, chaque année, par les incendies.

L'incendie de forêt est le facteur de dégradation le plus redoutable de la forêt algérienne et méditerranéenne, il bénéficie des conditions physiques et naturelles favorables à son éclosion et à sa propagation (**Missoumi et Tadjerouni, 2003**). Il en résulte de très lourdes charges pour la société toute entière, pour l'État et les collectivités locales en particulier.

La forêt domaniale de Ténès (Wilaya de Chlef) fait partie du domaine forestier national Algérien, avec une superficie totale de 2081 ha, Elle est composée essentiellement d'un peuplement de pin d'Alep avec présence d'autres formations forestières, telle que : Chêne liège, Thuya de Berberie et lentisque...

L'analyse des bilans d'incendies de forêt de la région en question montre que cette dernière n'échappe pas à ce phénomène de dégradation.

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 campagne (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 Ténès 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

1. Présentation de la forêt méditerranéenne

La forêt méditerranéenne est caractérisée par sa flore typique, qui lui confère une délimitation géographique basée sur l'extension de l'olivier pour les phytogéographies, alors que les forestiers la délimitent par rapport à son bioclimat avec ses deux composantes principales : les précipitations et la sécheresse (**Braun-Blanquet, 1952 ; Tomaselli, 1976**).

Selon **Signen (1985)**, la forêt méditerranéenne couvre environs 65 millions d'hectares dont 45 millions de forêt proprement dites et 19 millions d'hectares de formations forestières (**Borsali, 2013**)

Plusieurs définitions ont été données à la région méditerranéenne sur la base de différents critères. Ce rapport considère l'espace méditerranéen comme étant constitué des pays du pourtour de la Méditerranée selon la définition des aires bioclimatique et biogéographique. Des hivers doux ainsi que des étés chauds et secs caractérisent le climat de la région avec des précipitations concentrées principalement durant l'automne, l'hiver et le début du printemps (**FAO ,2013**)

La figure 1 schématise la répartition géographique des forêts méditerranéennes (pays du pourtour méditerranéen).

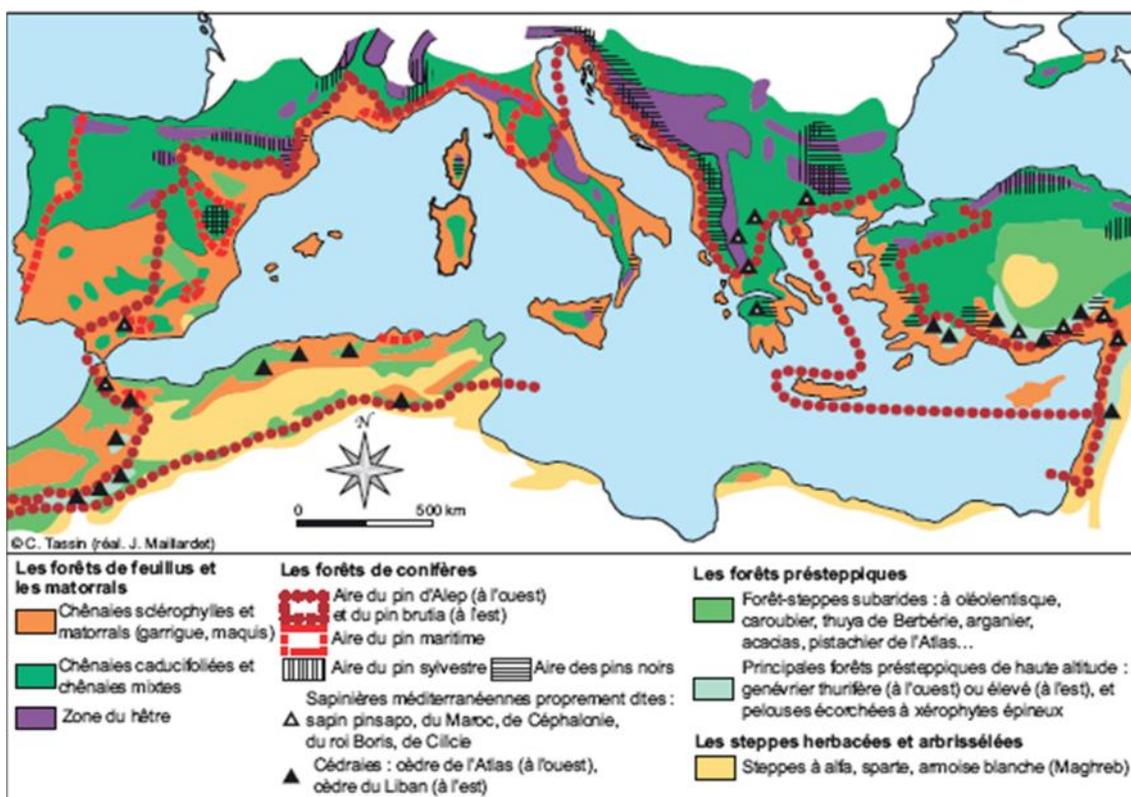


Figure 1: Les paysages végétaux de bassin méditerranéennes (source : **Yann Arthus-Bertrand, 2012**).

I.2. Présentation des forêts algériennes

La forêt algérienne présente un élément essentiel de l'équilibre écologique, climatique et socio-économique de différentes régions du pays (**Berchiche, 1986**) in (**Hedidi, 2010**).

Elle apparaît comme une formation végétale dont les arbres sont en état de lutte continuelle contre la sécheresse (plusieurs mois secs consécutifs de l'été). Compte tenu de tout l'élément historique qui marquèrent et des pressions qui exercent sans cesse sur elle, l'homme et son bétail, la forêt méditerranéenne ensemble glisser rapidement sur la voie une dégradation progressive des essences principale et de son remplacement par le maquis et les broussailles dont le rôle reste néanmoins extrêmement importantes pour le contrôle et la fixation des sols en terrain à forte pente (**Arfa, 2008**).

Les forêts algériennes sont caractérisées par leurs hétérogénéités (biogéographique, historique, climatique, géomorphologique, et physionomique) leurs instabilités (érosion, fragilité des sols, violence des orages) et leurs vulnérabilités (liée à la diversité géomorphologique).

Les grands traits caractérisant la forêt algérienne peuvent se résumer comme suit selon

(**Amar, 2015**) :

- Une forêt essentiellement de lumière, irrégulière, avec des peuplements feuillus ou résineux le plus souvent ouverts formés d'arbres de toutes tailles et de tous âges en mélange parfois désordonné;
- Présence d'un épais sous-bois, composé d'un grand nombre d'espèces secondaires limitant la visibilité et l'accessibilité et favorisant la propagation des feux (**Boudy, 1955**);
- Faiblesse du rendement moyen en volume ligneux (**Ouelmouhoub, 2005**);
- Existence d'un pâturage important (surtout dans les subéraies) et empiétement sur les surfaces forestières par les populations riveraines (**Madani et al, 2001**);

Les forêts algérienne couvre environ 4 millions d'ha soit, moins de 2 % de la superficie du pays. La vraie forêt ne représente cependant que 1.3 millions d'ha, le reste (2.8 millions d'ha) étant constitués de maquis. La production de bois reste modeste (2.37

millions de m³ en 1993). Le déficit forestier représente aujourd'hui environ 3.8 millions d'ha, il faut pratiquement doubler la superficie forestière pour atteindre le niveau d'équilibre biologique requis (20 % à 25%).

Or, l'effort national destiné à étendre la couverture forestière n'arrive même pas à compenser les pertes dues aux incendies, au surpâturage et à l'exploitation anarchique de la forêt (Arfa, 2008).

La figure 2 illustre la distribution des surfaces forestières selon les wilayas algériennes :

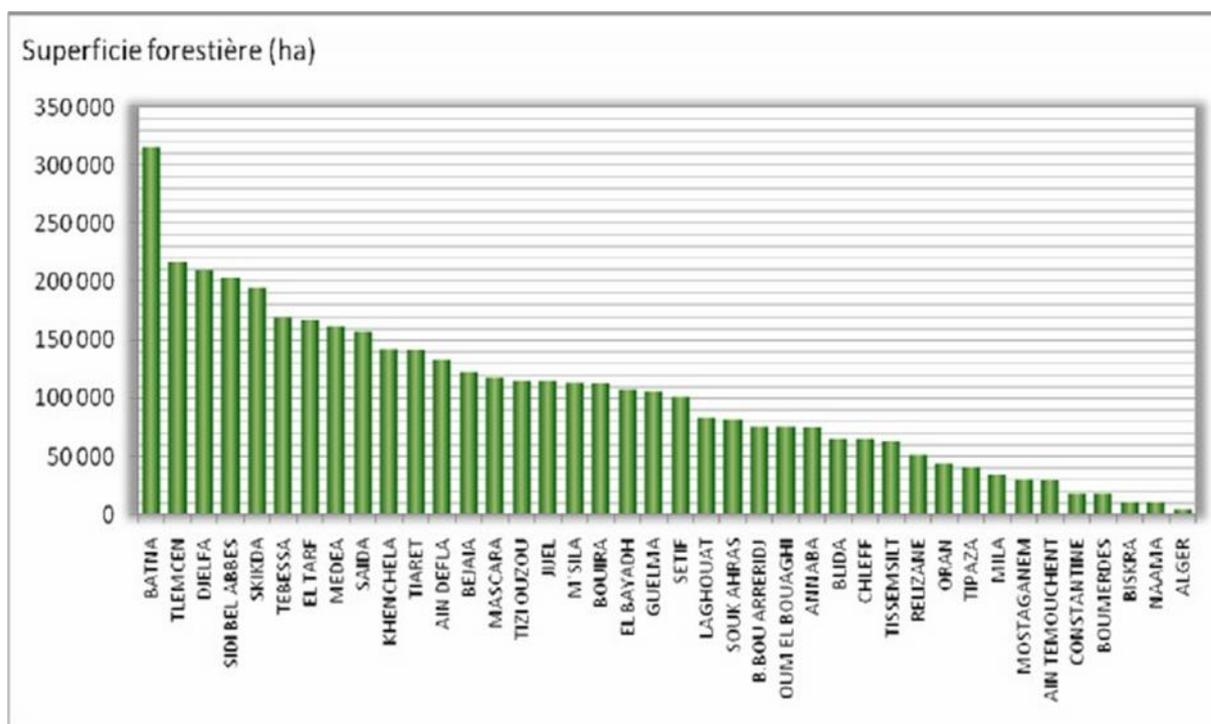


Figure 2 : Répartition de la superficie forestière en Algérie (2007) (Arfa, 2008)

La répartition de la surface forestière selon les wilayas algériennes dépend de la situation géographique ainsi que les conditions climatiques des régions.

La wilaya de Batna est couverte par la superficie forestière la plus importante avec 300000 ha, la plus petite superficie revient à la wilaya d'Alger (60000 ha).

Le tableau 1 récapitulatif suivant présente les superficies des principales essences forestières en Algérie.

Tableau 1 : Principale essences forestières en Algérie

Essences	Superficie (ha)	Taux %
Pin d'Alep	881 000	21,5%
Chêne liège	230 000	5,6%
Chêne vert	108 000	2,6%
Chêne Zéen et Chêne Afarès	48 000	1,2%
Eucalyptus	43 000	1%
Pin maritime	31 000	0,8%
Cèdre de l'Atlas	16 000	0,4%
Autres (Thuya + Genévrier + Frêne)	124 000	3%
Reboisement et protection	717 000	17,5%
Maquis et broussailles + vides	1 902 000	46,4%
Total	4 100 000	100%

Source : Arfa,2008

A travers le tableau 1, les formations végétales occupent une superficie totale de 4100 000 ha, en remarque que le type de formation forestière le plus dominant est les maquis et broussailles avec une 46.4%, alors que les Pin d'Alep et reboisement est respectivement 21.5 % et 17.5 %, par contre la plus petite surface est couverte avec du Cèdre de atlas (0.4 %) et le Pin maritime (0.8 %).

I.3.Présentation de la forêt de Ténès

La forêt domaniale de Ténès été soumis au régime forestier par arrêté ministériel du 09 février 1853 section DN°297 suite au décret présidentiel du 25 juillet 1899.

Chapitre I : Risque d'incendie de forêts

La forêt domaniale de Ténès s'enserme dans les monts de Dahra –Est, et forme une bande côtière au relief doux et accidenté, avec une superficie de 2081 ha 242 Are. Cette dernière est formée de la réunion de 06 massifs (cantons) disséminés sur le territoire des communes de Ténès. Dans Le tableau 2 ci-dessous, nous représentons les superficies de canton forêts domaniale Ténès (**Conservation des forêts, 2018**).

Tableau 2 : Superficie des cantons forestiers de la commune de Ténès

forêt Domanial	District	Commune	Nom du canton	Superficies HA.AR.CA
TENES	TENES	TENES	CapTénès	291.23.68
			Tifilès	623.05.42
			Oued Amri	558.47.60
			Tigherghar	429.88.00
			Gorge Allala	141.17.00
			Sidi Merouane	39.62.50
TOTAL forêt	-	-	06	2081.242.220

Source : Conservation des forêts de Ténès, 2018

D'après le tableau 2, le canton de Tifilès constitue la surface la plus importante dans la commune.

1.4. Les incendies de forêts

Actuellement, les incendies de forêt sont classés parmi les catastrophes naturelles, par certaines sources faisant autorité. Par exemple, l'Union européenne, dans le sixième programme-cadre (2002-2006), cite généralement les incendies comme catastrophes naturelles (**Meddour-sahar, 2014**).

4.1. Les incendies des forêts dans le bassin méditerranéen

Après des siècles d'interactions positives entre les hommes et la nature, les dernières décennies ont été désastreuses pour les forêts de la Méditerranée. La dégradation s'accélère, si l'on n'agit pas tout de suite, l'équilibre écologique des forêts sera détruit pour toujours (**Benderadji et al, 2004**)

Le Bassin Méditerranéen n'échappe malheureusement 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 in Cherifi, 2017**)

En région Méditerranéenne, le feu a toujours fait de paysage méditerranéen et ce depuis que sa présence fut 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 climat sont en équilibre stable (**Berbéro, 1988 in Gherabi, 2013**)

Chaque année, les feux de forêt détruisent environ 500 000 hectares de végétation en Europe, particulièrement en région méditerranéenne. On note en 2007 que cinq pays (Portugal, Espagne, France, Italie et Grèce) ont à eux seuls, dépassé ce bilan annuel avec plus de 575 000 hectares brûlés (**Christophe, 2010**).

La figure 3 résume les degrés de gravité des pays touchés par les incendies de forêt dans le bassin méditerranéen :

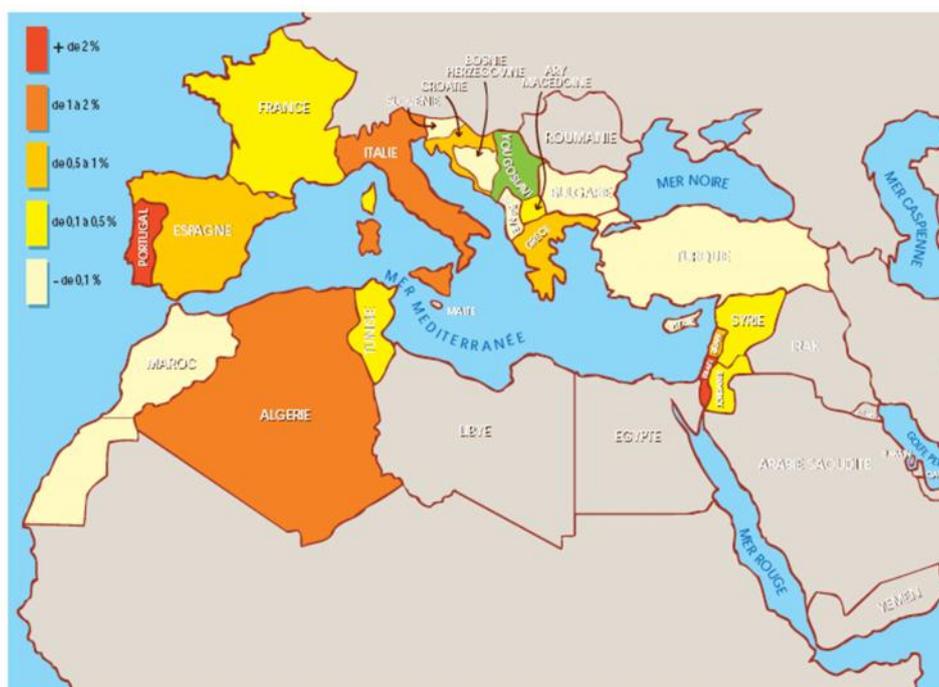


Figure 3 : Le Degrés de gravités des incendies de forêt méditerranéenne (**FAO ,2001**)

Le Portugal, avec un degré de risque très élevé (+2 %), est en tête des pays méditerranéens, suivi par l'Algérie et l'Italie avec un degré de gravité de 1 à 2 %, alors que le Maroc, Lybie, Egypte ont un degré presque nul (- de 0.1%).

4.2. Les incendies des forêts en Algérie

Dans le contexte du bassin méditerranéen, l'Algérie est l'un des pays où le problème des feux de forêts, assez peu étudié par la communauté scientifique, se pose avec acuité par son impact dévastateur: si en valeur absolue la superficie brûlée reste.

Relativement modestes au regard d'autres pays du pourtour méditerranéen, la rareté des forêts et menaces de désertification font que ces incendies ont un impact particulièrement désastreux. L'Algérie ne possède en effet que 4,1 millions d'hectare de forêt, soit un taux de boisement de 1,76%.

Or la fréquence rapprochée des incendies qui se suivent avec un intervalle de retour de moins de 10 ans a un impact catastrophique sur le plan écologique.

En Algérie comme ailleurs, un nombre réduit de feux de forêt provoque la destruction de surfaces importantes et participe à une très large part du bilan des surfaces parcourues. (Meddour et al, 2013).

Le risque d'incendie de forêt constitue, avec le risque de sécheresse et le risque de désertification, un problème crucial qui touche plusieurs régions d'Algérie mais sans grand impact sur la société d'où la nécessité d'un important travail de sensibilisation auprès du public sur ces risques (Belkaid, 2016).

La figure 4 expose l'évolution annuelle des superficies parcourues par les incendies (1963-2009).

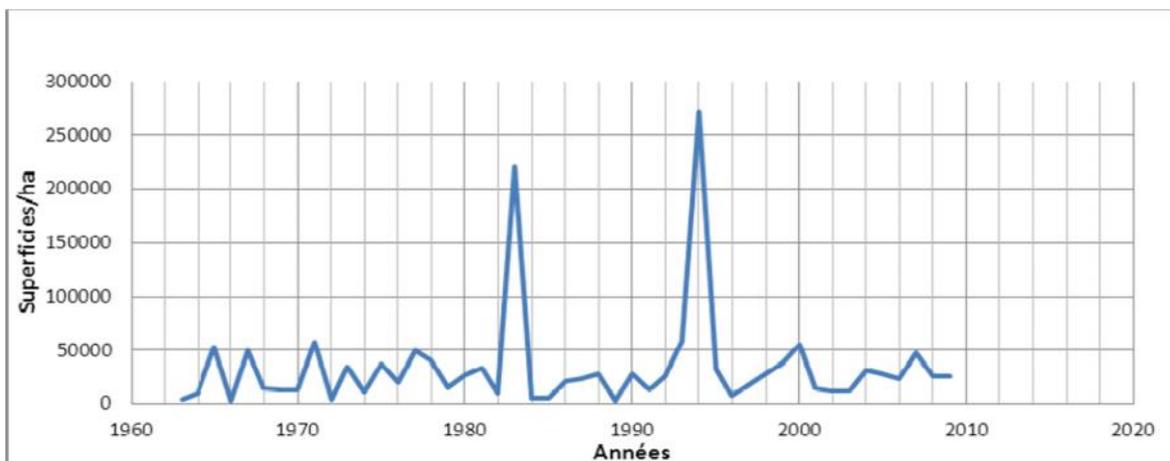


Figure 4 : Evolution annuelle des superficies parcourues par les incendies (1963-2009).

(Source: MIHI, 2012)

La figure 4 résume l'évolution annuelle des superficies par les incendies durant la période (1963-2009) , la période entre (1980-1990) enregistre un grand incendie avec superficie (200000 ha) et entre (1990-2000) en note superficie dépasse (250000 ha)

Durant la période allant de 1985 à 2006 (figure 5), la forêt demeure la formation végétale la plus touchée par le feu. Cet état de fait nous renseigne sur le fait que la forêt reste la formation végétale qui subit le plus de pression. Par ailleurs, l'importance des superficies incendie obéit à la forte densité de la végétation. En effet, plus la quantité de combustible est importante, plus le degré d'ignition s'élève, plus l'intervention pour l'extinction devient difficile, surtout que la majorité de nos massifs forestiers se situe sur des terrains marginaux difficile d'accès et fortement pentus (Abdi, 2014).

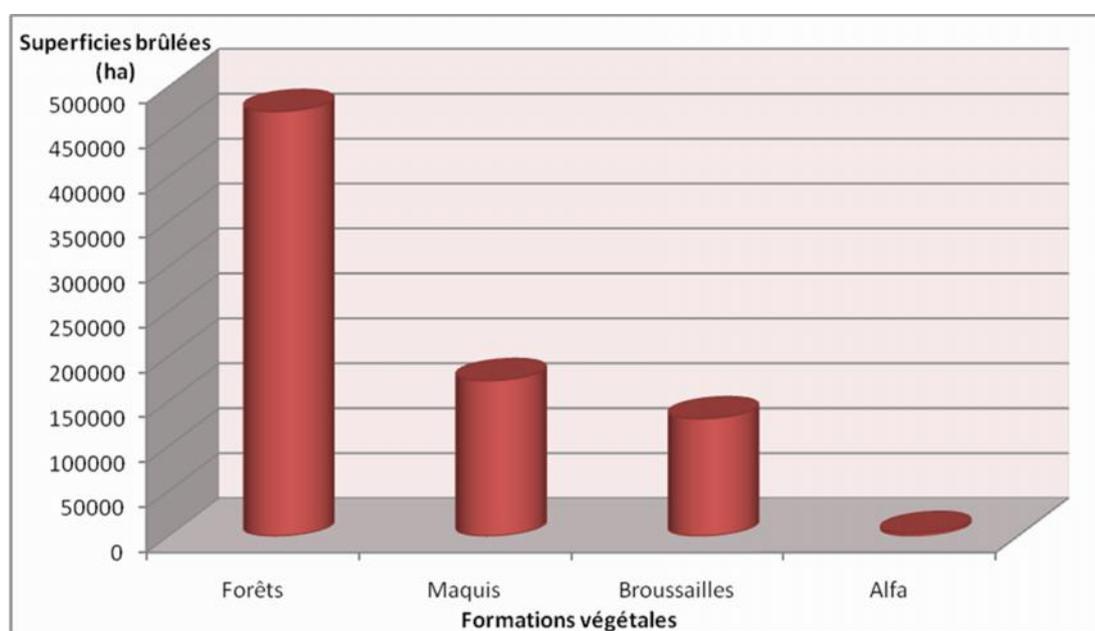


Figure 5 : Formation végétale des incendies de forêt en Algérie (1985-2006) (Arfa, 2008)

A travers la figure 5, on remarque que pour les 4 classes de formation végétales en Algérie, la forêt est la classe la plus dominante avec une superficie de 500,000 ha par rapport aux autres classes, pour les maquis et broussailles la superficie ne dépasse pas 220000 ha , et la classe de l'Alfa presque nulle.

4.3. Les incendies de forêt dans la commune de Ténès

La figure 6, présente le bilan annuel des incendies enregistrés dans la commune de Ténès, durant la période 1999-2017.

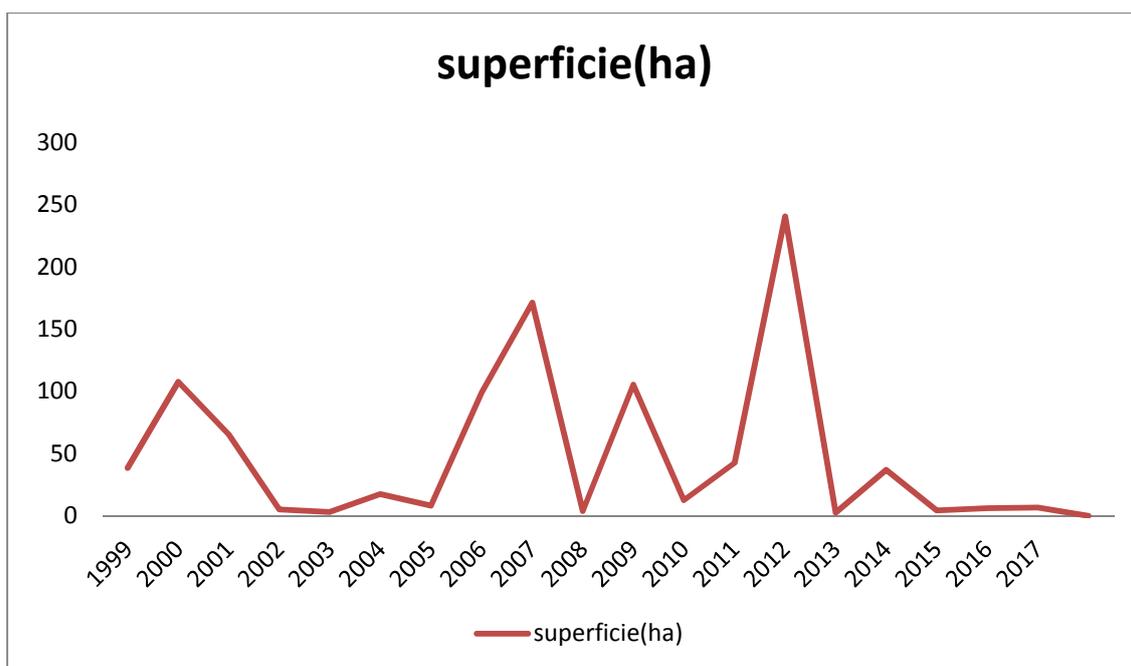


Figure 6 : Bilan des superficies annuelles incendiées (1999-2017) dans la commune de Ténès

Dans la commune de Ténès, on a enregistré en 2000, 2006, 2007, 2009 et 2012 une perte importante des surfaces forestières par les incendies.

I.5. Généralité sur l'incendie de forêt

Les incendies de forêt, bien que considérés communément comme un risque naturel, sont, au contraire largement conditionnés par des facteurs biophysique et anthropique, qui en sont les précurseurs (Assalietal,2016)

5.1. Définitions

Plusieurs définitions ont été proposées pour définir l'incendie de forêt et parmi elles, celle de **Trabaud (1992)**in(**Belkaid, 2016**)., 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* » .

L'incendie est une réaction de combustion non maîtrisée dans le temps et dans l'espace (**Khalid et al, 2008 ; Cemagref et al, 1994 ; Jappiot 2002**), On parle d'un incendie de forêt lorsqu'un feu concerne une surface minimale d'un hectare, d'un seul

tenant et qu'une partie au moins des étages arbustifs et /ou arborés (partie haute) est détruite (Ammari (2011) in Tir(2016).

Pour qu'il y ait inflammation et combustion, trois facteurs doivent être réunis (fig. 07), chacun en proportions convenables : un combustible, qui peut être n'importe quel matériau pouvant brûler, une source externe de chaleur (flamme ou étincelle) et de l'oxygène, nécessaire pour alimenter le feu (M.E.D.D ,2002)

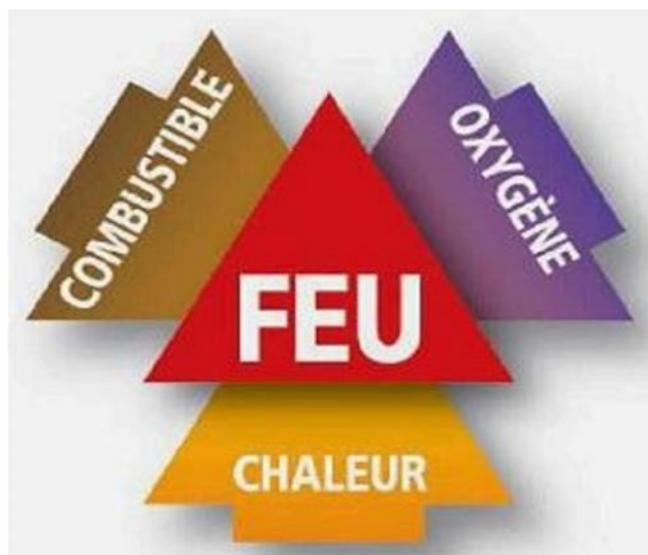


Figure 7 : Triangle du feu. (source :TIR, 2015)

Pour chaque feu les trois éléments suivants sont indispensables :

- **Une source de chaleur** (flamme) : très souvent l'homme est à l'origine des feux de forêt par imprudence (travaux agricole et forestier, mégots, barbecues, dépôts d'ordures), accident ou malveillance ;

- **Un apport d'oxygène** : le vent qui active la combustion et favorise la dispersion d'éléments incandescents lors d'un incendie ;

- **Combustible (végétation)** : le risque de feu est plus lié à l'état de forêt (sécheresse, disposition des différentes strates, état d'entretien, densité, relief, teneur en eau) qu'à l'essence forestière elle-même (chênes, conifères) (D.C.A,2006).

Les différents types de feu :

- **Les feux de sol**: Ce sont des feux qui brûlent sous la surface de sol, le combustible qui

l'aliment est composé de matières organiques partiellement décomposées .Ces feux se propagent lentement en raison du manque d'oxygène. Leur présence est souvent difficile à déceler, car mémé s'ils dégagent beaucoup de chaleur, ils diffusent en général que très peu de fumée.

➤ **Les feux de surface:** Dit aussi feux courant, se propagent dans les sous –bois des forets, ils brulent l'herbe et les broussailles. ils peuvent être très faible, de moyenne ou de forte intensité, selon la quantité de combustible disponible .ils peuvent avoir comme origine de feu de sol ou se terminer en un feu de sol susceptible de se transforme un nouveau feu de surface après l'intervention des pompiers.

➤ **Les feux de cimes :**On qualifie les feux de cime lorsqu'ils ont localise au niveau des arbres et qu'ils brulent plus 90% de celles-ci. Ils se développent généralement au de sol, montent le long des arbres en brulent sur leur paysage feuilles, aiguilles et même certain branche.

Indépendant ou dépendant des feux de surface, ils brulent en général de grandes quantités d'énergie et ont une vitesse de propagation très élevée. Ce sont les ligneux hautes qui assurent la propagation verticale en direction des cimes.(Asnoui,2017).

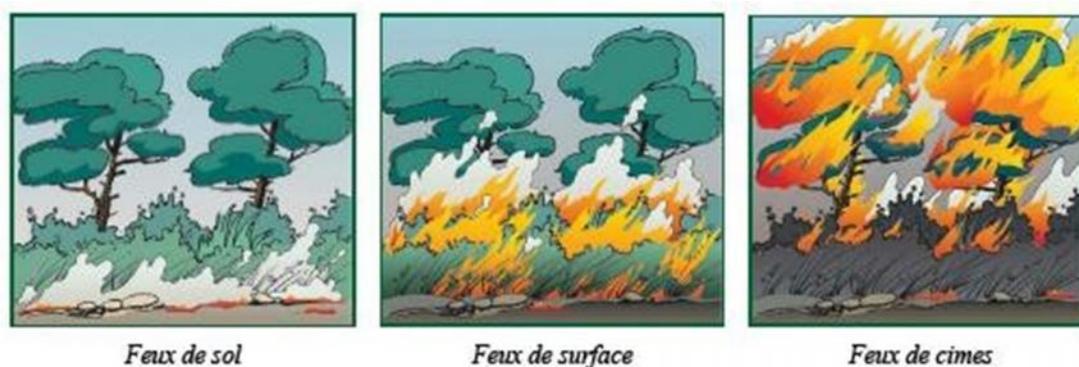


Figure 8 : Types d'incendies de forêt (M.E.D.D, 2002).

5.2. Causes des incendies

Les incendies sont attribuables aux causes les plus divers. Les feu se déclare presque toujours dans le sous-bois constitue par une végétation spontanée composée d'arbuste, de plante diverses et d'herbes.

Il ne présente pas le même danger dans toutes les forêts, et à cet égard, la nature des essences (résineuses ou feuillues), le climat (humide ou sec), la constitution géologique du sol, la densité plus ou moins grandes du sous-bois, la présence d'un tapis épais d'aiguilles ou de mousse ont influence considérable. Les risques d'incendie varient encore selon la saison, la chaleur, la sécheresse plus ou moins persistance et la violence des vents...

5.2.1. Causes involontaires

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

- Imprudence des fumeurs;
- Négligence des paysans durant leurs activités agricoles et forestières (incinération des chaumes);
- Imprudence des promoteurs, chasseurs et ouvriers de la forêt qui négligent d'éteindre entièrement les feux allumés pour la cuisson de leurs aliments, charbonneries rustique, établis généralement en délit par les riverains qui en toute saison fabriquent du charbon en forêt, la maladresse des chercheur de miel qui, suivant la coutume des riverains, avaient employé le feu pour chasser les abeilles dont ils récoltaient le miel.
- Ainsi les lignes des chemins des fers qui traversant la région boisées créent des dangers, le feu est allumé en général par des flammèches sortant des cheminées. À la norme de ces causes on peut citer enfin, la présence en forêt de débris de verres formants lentilles, la foudre, la chute des lignes électrique à hautes tensions, etc...Toute fois ces cause son discutable et très rares (**Magrerouche, 2006**).

5.2.2. Cause volontaires

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

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

5.3. La propagation d'incendie

5.3.1. Le mécanisme de propagation

La propagation d'un feu se décompose en 03 étapes:

- Combustion de matériel végétal avec émission de chaleur;
- Transfert de la chaleur émise vers le combustible en avant du front de flamme;
- Absorption de la chaleur par le végétale en avant du front de flamme;
- Inflammation.

Le transport de la chaleur émise par la combustion est assure par trois processus :

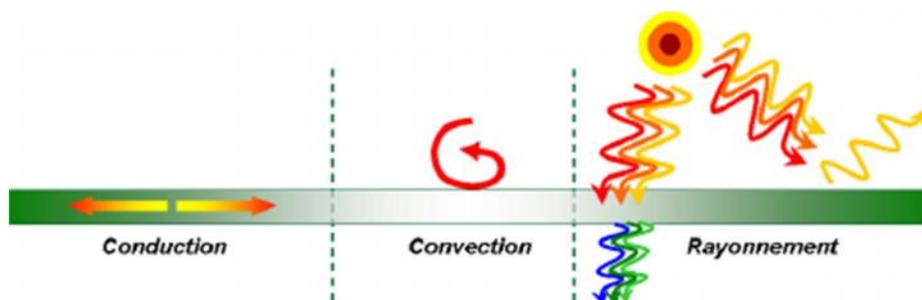


Figure 9 : Mécanisme de propagation d'un feu de forêt.

➤ **La conduction** : permet la transmission de proche de l'énergie produit par le mouvement de la flamme. Elle ne contribue que très faiblement au transfert de chaleur;

Chapitre I : Risque d'incendie de forêts

➤ **Le rayonnement thermique** : correspond au mode de propagation de l'énergie sous forme d'ondes infrarouge. C'est le principale mode de propagation des incendies de forêt;

➤ **La convection** : liée aux mouvements d'air chaud, voit son importance augmenter avec le vent et la pente. Ce processus peut contribuer au transport de particules incandescentes en avant du front de flamme et au déclenchement de foyers secondaires (sautes de feu) (Merdas, 2007).

5.4. Conséquence de l'incendie

Bien que les incendie 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 forets limite les zone tampon à de faible périmètres, insuffisante à stopper la propagation d'un feu la destruction d'habitations, de zones d'activités économique 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 terme 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).

5.5. 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.

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

Chapitre I : Risque d'incendie de forêts

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 et al, 2003**). Cet état est lié, d'une part, à l'abandon des espaces ruraux qui, de ce fait, ne sont plus entretenus, et d'autre part, à l'extension des zones urbanisées jusqu'aux abords des zones boisées,

D'autre part, les habitations présentes au sein d'un massif forestier constituent des enjeux prioritaires de défense en cas d'incendie. Ceci entraîne une concentration des moyens de lutte dans ces espaces, au détriment parfois de la protection de la forêt. (**Meddour-Sahar et al, 2008**)

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% (**Dimitrakopoulos et al, 2006**).

En règle générale, les conditions climatiques de l'année en cours et de celle qui précède sont déterminantes, aussi bien les précipitations qui jouent un rôle décisif dans le bilan hydrique des sols et donc du végétal, que les températures qui règlent la production de biomasse, l'évapotranspiration et rendent le végétal plus ou combustible.

Avec la chaleur et le manque d'eau, le vent est un autre facteur climatique important et inflammable (**Quezel et al, 2008**).

Le tableau 3 explique l'influence des facteurs climatiques sur les conditions du feu :

Chapitre I : Risque d'incendie de forêts

Tableau 3: Influence des facteurs climatiques sur les conditions de feu.

Facteurs climatiques	Influences sur les conditions du feu
Précipitation	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	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
	flammées en avant de l'incendie (sautes de feu), accélération de la propagation de l'incendie
Direction du 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.

2-Les facteurs topographiques

Les variations topographiques (par exemple exposition, la pente et l'altitude) influent 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).

3- Les combustibles végétaux

Les combustibles végétaux représentent la quantité d'énergie, matérialisée dans le scénario d'un incendie (sous forme de bois, herbes, bois mort, etc.) qui est déclenchée par la combustion et que nous percevons sous forme de lumière et de chaleur.

Leurs quantités totales, leurs tailles, leurs compositions chimiques (surtout le contenu en extraits à l'éther, à potentiel énergétique élevé) sont autant de facteurs qui influencent la dynamique de propagation du feu (**Trabaud, 1989**). On peut ajouter leur état physiologique (combustibles vivants et combustibles morts), qui influence la teneur en eau, leur distribution plus ou moins homogène, leur continuité horizontale ou verticale, facteurs qui influencent également le comportement du feu (**Anderson, 1982 ; Scott et Burgan, 2005**).

Le développement et la propagation des incendies sont liés à l'abondance et la continuité du combustible, à l'humidité du sol et de la végétation et aux patrons météorologiques et climatiques (**Cardille, 2001**).

Les combustibles peuvent être décrits par les modèles de combustibles qui sont une description standardisée de leur quantité par classe de taille, de leur chimie, etc. (**Scott et Burgan, 2005**).

4. Les facteurs socio-économiques

Le changement socio-économique dans les dernières décennies influe sur le risque d'incendie. Les changements avec les plus grandes répercussions sont les suivants :

- L'exode rural sur la bordure septentrionale du bassin méditerranéen s'est traduit par des zones de végétation continue très vastes et très exposées à des incendies majeurs;
- Le développement de l'interface habitat-forêt, dû à une urbanisation anarchique, a provoqué une augmentation significative du risque de feu;
- Le comportement du public traduit, encore aujourd'hui, un manque de sensibilisation au risque d'incendie;
- Les effets du changement climatique (hausse de température, diminution des précipitations et aggravation des phénomènes extrêmes) ont accru l'intensité et l'extension du risque.

Chapitre I : Risque d'incendie de forêts

Les Priorités de la politique forestière, autrefois centrées sur la production de bois et autres matière premières, sont actuellement axées sur la conservation la nature, la conservation du paysage et les activités de loisirs, la diminution de la récolte de bois et de l'exploitation forestière dans certain zones ont conduit à des quantités accrues de biomasse dans les zones boisées, et de ce fait l'inflammabilité a augmenté (**Valez, 1999** in **Meddour-sahar, 2014**).

I.6. Risque d'incendie

Le risque d'incendie de forêt est particulièrement présent sur tout le pourtour du bassin méditerranéen (**Jappiot, 1999**). La notion de risque résulte de confrontation d'un aléa et d'un enjeu (**Maillet et Locomote, 1991**). L'aléa correspond la probabilité qu'un phénomène naturel se produise (**Choquet, 1995**), et l'enjeu aux vies humaines et aux patrimoines potentiellement menacés par le sinistre (**Maillet et Locomote, 1991**).

D'après **Jappiot (1999)**, l'existence des risques naturels est liée à la présence des hommes dans un territoire ou sont susceptibles de se produire des phénomènes naturels dangereux. Les incendies de forêt font partie des aléas naturels, au même titre que les inondations, les avalanches, les effondrements, les glissements de terrains,...etc. Elles présentent par rapport aux autres risques naturels des spécificités parmi lesquelles :

- Les causes des incendies sont dans la très grande majorité des cas anthropiques, qu'il s'agisse d'imprudence ou de malveillance;
- Si, quel que soit le risque naturel, la protection des vies et des installations humaine représente l'enjeu principal, face au risque d'incendie, la préservation du patrimoine naturel devient un enjeu très important;
- Contrairement aux autres risques, les services de secours ont la probabilité d'intervenir sur l'évolution du phénomène physique à tout moment;
- Le risque d'incendie est spatialement diffus : l'ensemble des espaces naturels est menacé. Le degré de risque est certes plus ou moins élevé selon les lieux mais le risque existe partout.

6.1. Risque lié 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:

- 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 (inconscience 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.

6.2. Risque lié à la météorologie

Les facteurs influençant l'origine et le développement des feux de forêt sont :

a. 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 feu de végétation est donc grandissant au cours de la période estivale.

b. 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**).

c. L'humidité relative

C'est la proportion, exprimée en pourcentage, entre la vapeur d'eau effectivement contenue dans l'air et la capacité d'absorption de l'air à une température donnée (**Arfa, 2008**).

Les modifications que connaît la teneur en humidité relative, exercent des effets

Chapitre I : Risque d'incendie de forêts

importants sur les matériaux combustibles. Si le contenu de l'air en humidité est élevé, les combustibles s'humidifient et deviennent difficilement inflammable. Par contre, si l'air est sec, le taux d'évaporation de l'humidité des combustibles sera plus élevé, ce qui augmentera l'inflammabilité de la forêt (**Zouaidia, 2006**).

d. Précipitations

L'état hydrique des formations végétales qui constituent le couvert végétal, en relation avec le niveau des réserves en eau des sols, est évidemment le premier facteur de risque pour les incendies de forêts sous l'angle de l'influence des facteurs climatiques (**Seguin, 1990**).

Les précipitations exercent un effet direct sur la teneur en humidité des combustibles. Leur effet dépend de la lame d'eau précipité et de sa répartition dans le temps (**Bekdouche, 2010**).

En effet, une faible tranche pluviométrique répartie dans le temps présente un meilleur effet qu'une grande quantité de pluie précipité en un laps de temps très court. Elles constituent une aide précieuse pour l'extinction des incendies, puisqu'elles font disparaître les dangers du feu, en plus de refroidir et d'humidifier les corps des combustibles.

e. Stabilité de l'air

La stabilité de l'air peut être définie comme la résistance de l'atmosphère au mouvement vertical, l'air instable amplifie le comportement du feu en favorisant le mouvement vertical (convection).

6.3. Risque lié à la topographie

La topographie joue un rôle dans le comportement des feux de forêt en influençant la morphologie et la vitesse de propagation des incendies. Trois paramètres topographiques influencent les incendies à savoir : l'inclinaison du terrain, l'exposition des pentes au soleil et au vent, l'élévation des terrains. Contrairement aux agents atmosphériques, la topographie est un facteur constant dont il est possible de déterminer son influence (**Guendoul, 2011**).

a. Inclinaison du terrain

L'inclinaison du terrain agit sur la colonne de convection. Plus la pente est abrupte, plus la colonne de convection est proche des combustibles situés en amont du feu. Ceux-ci se dessèchent alors facilement et prennent feu rapidement sous l'action de la chaleur émise par convection et par radiation. Le feu se propage donc plus vite et brûle avec plus de violence vers le haut de pentes abruptes que sur les terrains plats (**Zouaidia, 2006**).

b. Exposition des pentes au soleil et au vent

L'exposition joue un rôle indirect sur la progression d'un feu. La végétation est différente sur les versants chauds et frais. Un feu se propage plus facilement sur un versant exposé au vent que sur un versant sous le vent (**Faour et al, 2006**).

L'exposition des matériaux aux vents et au soleil accélère leur vitesse de dessèchement.

L'exposition des pentes affecte :

- La quantité de chaleur reçue par les combustibles
- Les vents locaux
- La quantité et le type de combustible.

L'intensité du rayonnement solaire dépend de l'angle horaire de sa déclinaison, de la latitude, de l'inclinaison du terrain, de la nébulosité et de la densité du couvert des arbres de la forêt. La durée de l'insolation joue aussi un rôle important dans la propagation des feux de forêt au cours de la journée.

En générale, les versants Sud et Sud-ouest présentent les conditions les plus favorables pour une inflammation rapide et pour la progression de feu.

c.Elévation du terrain

Selon **Guendoul (2011)**, l'élévation du terrain au-dessus de la mer influe sur la composition de la végétation, sa teneur en humidité et son exposition aux vents. Elle affecte par ailleurs, le comportement des incendies de forêt en modifiant la météo et la végétation:

- Modification de la météorologie avec l'altitude;

- La température baisse
- L'humidité relative augmente
- La vitesse du vent augmente
- Modification de la végétation avec l'altitude
- Le type de végétation
- Le taux d'humidité

6.4. 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.

a. 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 :

- La combustibilité critique : ce sont les matériaux qui s'assèchent très vite et sont susceptibles 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.

b. 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.

c. 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.

d. 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.

e. 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.

f. 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 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**)

II.7.1. 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**).

Chapitre I : Risque d'incendie de forêts

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:

7.1. 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 différents vitesses de dessèchement, et les trois autres se rapportent au comportement du feu, qui représente la vitesse de propagation, de la quantité de combustible brûlé de même que l'intensité de feu.

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

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

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

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

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

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

7.2. 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

Chapitre I : Risque d'incendie de forêts

objective au risque de feux de forêt en prenant compte les caractères propre 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 topo morphologie, 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.

7.3. 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**).

7.4. 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(**T_{veg}**), la pente(**P**), l'exposition(**E**), la distance à partir les routes(**Dr**) et la distance à partir les agglomérations(**Da**) (**Guendoul, 2011**).

Le modèle repose sur la formule suivante :

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

Chapitre I : Risque d'incendie de forêts

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 4 : 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

Plusieurs définitions ont été proposées par les différents auteurs et spécialistes, et qui convergent vers un même objectif : la possibilité de numériser l'information géographique et d'en confier la gestion à l'ordinateur.

La société française de photogrammétrie et télédétection (1989) a défini un SIG Comme étant « un système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées Géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace **(Tir, 2016)** ».

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont des outils informatisés permettant de définir un environnement de gestion et d'exploitation de données localisées dans l'espace **(Chorowicz et al,2007)**

C'est un système qui, dans sa globalité, regroupe des équipements, des procédures, des ressources humaines et surtout des matières premières prêtes au traitement, et ce, pour pouvoir, fournir les informations désirées **(Zaoui, 2013)**.

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. Rôle de SIG

Selon **Ashok (2008)**, les rôles des SIG sont :

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

1.4. Domaine application SIG

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés (**Habert, 2000**). 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);
- Télécommunication (Implantation d'antennes pour les téléphones mobiles).

II.2. Télédétection

2.1. Définition

La télédétection englobe toute la technique qui permet d'obtenir des informations sur un objet sans contact physique avec ce dernier. Pratiquement, il s'agit surtout de la technologie liée à la cartographie et à la surveillance de la caractéristique et des ressources terrestres à partir de données recueillies par des appareils aéroportés ou des satellites spatiaux. **(Malingreau, 1992).**

La télédétection est définie comme l'ensemble des techniques et des méthodes qui permettent d'observer à distance la surface de la Terre, ou celle d'autres planètes, à partir des vecteurs aéroportés ou satellitaires, en utilisant les propriétés d'émission et de réflexion des rayonnements électromagnétiques **(Douette, 2001).**

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 quelque ce 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 : géométrique (position, forme et dimension), optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physico-chimique (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire, phyto-masse, matière organique du sol,....) **(Soudani, 2007).**

2.2. Processus de télédétection

Le processus de la télédétection au moyen de systèmes imageurs comporte les sept étapes suivantes (Figure 10):

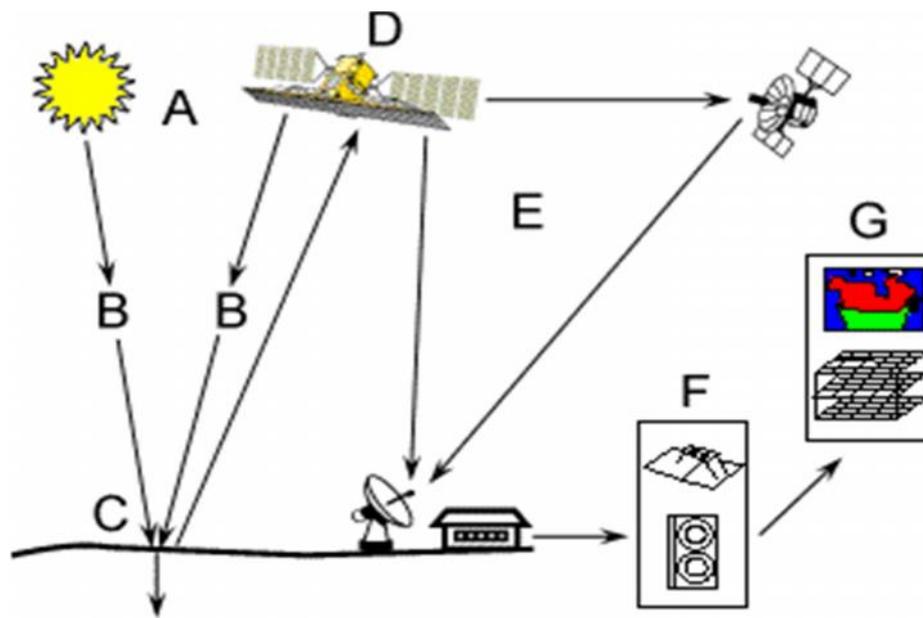


Figure 10: Processus de télédétection (Centre Canadien de télédétection, 1999)

2. A. 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. B. Rayonnement et atmosphère (B) : Durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère ;

2. C. Interaction avec la cible (C) : Une fois parvenue à la cible, l'énergie interagit avec la surface de celle-ci ;

2. D. 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 ;

2. E. 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 ;

2. F. 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 ;

2. G. 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 5).

Tableau 5: 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, phytoplankton, 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 ...
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	Comportement de l'eau à la surface du sol et dans le sol, cycle de l'eau
Archéologie	Cartographie des sites archéologique
Santé	Prévision des épidémies, relations avec les changements globaux ...
Humanitaire	Pré -alerte de famines : réfugiés (camps)
Catastrophes environnementales	Feux de forêts, éruptions volcaniques, sécheresses, marées noires
Changements globaux	Désertification, variations climatiques, composition de l'atmosphère

Source: UNIGE (2004), Peduzzi (2009) in Abdelbaki (2012)

2.4. Bases physique de la télédétection

2.4.1. Le rayonnement électromagnétique

Le rayonnement électromagnétique est une forme de propagation de l'énergie dans la nature, dont la forme qui nous est plus familière est la lumière visible telle que la perçoit l'œil humain.

Selon **Imessaoudene (2012)**, le rayonnement est reconnu par les physiciens comme un phénomène ondulatoire, en relation avec l'électricité et le magnétisme. Ainsi, une onde électromagnétique correspond à la vibration simultanée dans l'espace d'un champ électrique et d'un champ magnétique (figure 11). Elle se caractérise par :

- **Sa période T** : le temps au bout duquel champ électrique ou magnétique effectue un cycle;
- **Sa fréquence ν** : (en Hz, dans le cas de la télédétection caractérisée par des fréquences très élevées, les mesures sont k Hz, MHz ou GHz) qui est le nombre d'oscillations par unité de temps;
- **Sa longueur d'onde ou amplitude** ($m, \mu m$) la distance entre deux crêtes consécutives;
- **Sa vitesse de propagation dans le vide** (vitesse de la lumière) de l'ordre de 3000000km/s .

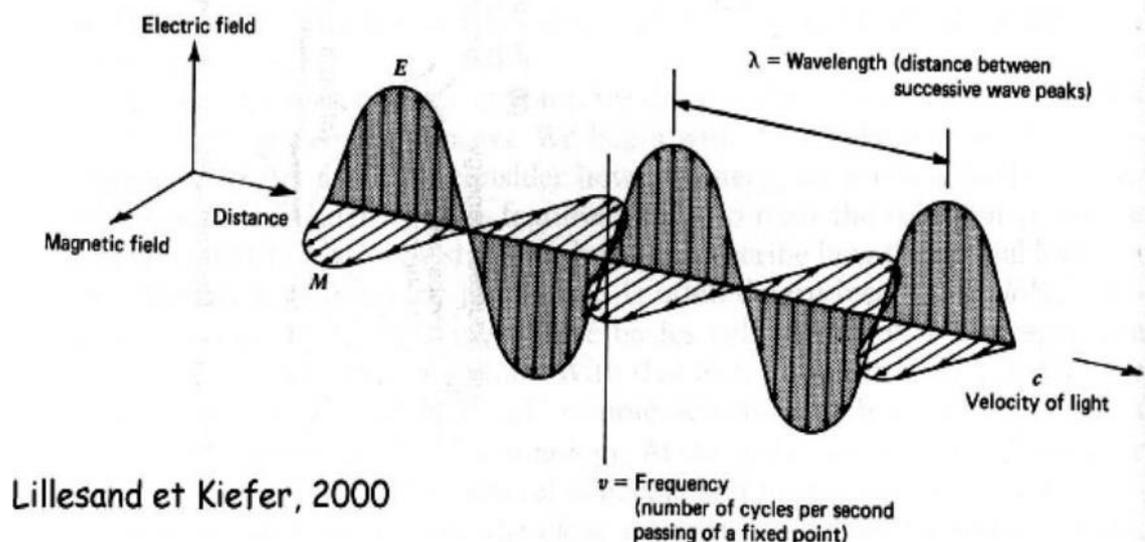


Figure 11 : Onde électromagnétique simple (monochromatique, plane)
(Imessaoudene, 2012).

2.4.2. Spectre électromagnétique

Le rayonnement électromagnétique, d'origine naturelle ou artificielle, existe pour une gamme très étendue de fréquence ou de longueurs d'onde (de 10^{-9} à 10^5 m), qui constitue le spectre électromagnétique (fig 12).

Une parties très limitée de ce spectre, entre (0,390 μm 390 nm) et 0.7 μm (700 nm), constitue la lumière visible à la quel est sensible l'oeil humain. Une décomposition en fonction des longueurs d'onde de la lumière visible (lumière blanche) aboutit à distingue les lumières colories: violet (390 à 450 nm), bleu (450 à 490 nm), vert (490 à 580 nm), jaune (580à 600 nm), orange (600 à 620 nm) et rouge (620 à 700 nm). Les longueurs d'onde inférieures à 390 nm (où les fréquences supérieures à celles du violet) ne sont pas perçues par l'oeil humain, il s'agit du rayonnement ultra-violet. De même, les longueurs d'onde supérieures à 700 nm, également non aperçues par l'œil humain, constituent le domaine infrarouge (Claude,2004).

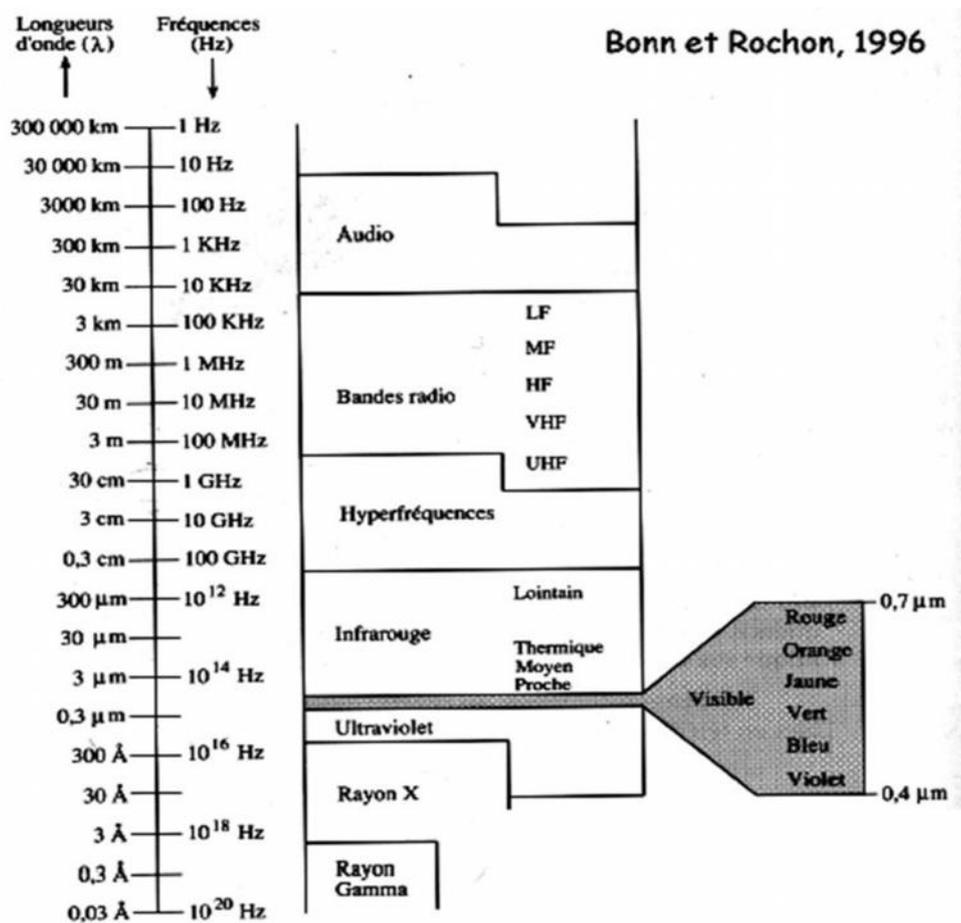


Figure 12 : Spectre électromagnétique (Claude,2004).

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

- Le rayonnement ultraviolet, visible ou infrarouges est émis par les corps, objets ou surfaces en fonction de leurs températures : rayonnement solaire (U.V., visible et porches infrarouges), rayonnement terrestre (infrarouges 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, infrarouges ou micro-onde peuvent être produits artificiellement par 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

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 13 ci-dessous présente la signature spectrale des principales surfaces naturelles.

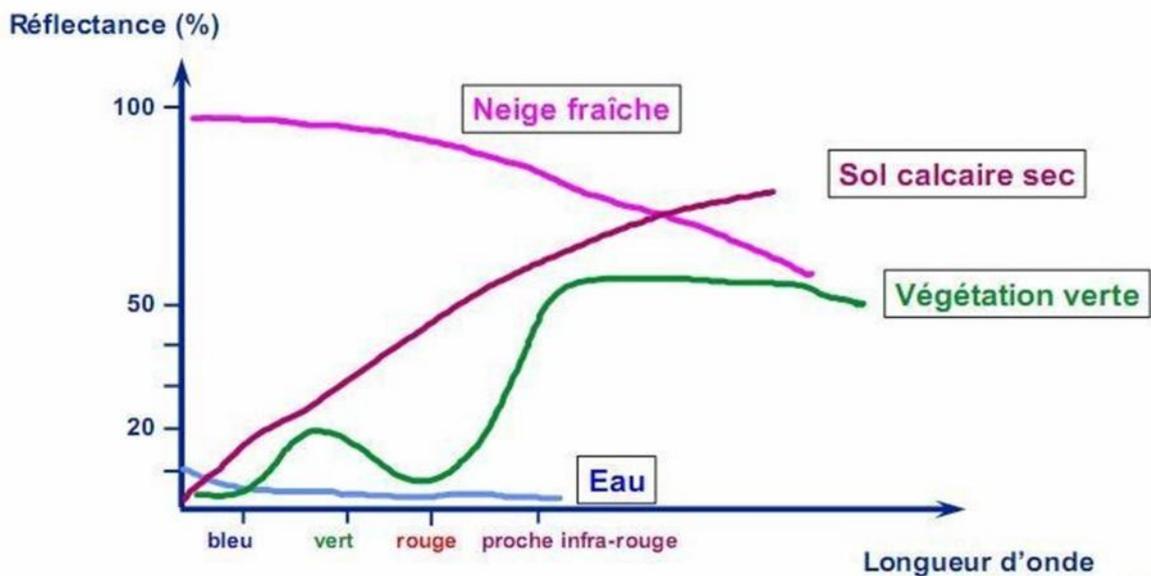


Figure 13 : Réponse spectrale des surfaces naturelles (Ziane, 2013)

- 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 cependant 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**).

- En télédétection, le terme végétation fait référence à la chlorophylle, entre autre, le comportement spectral dépend aussi de la nature de l'espèce, la pigmentation, de la structure physiologique, du contenu en eau de la plante, du stade de développement, du taux de recouvrement et de l'état de peuplement. on constate que la réflectance de la végétation est

Faible, avec un maximum (le vert) et un minimum (le rouge), et élevée dans le proche infrarouge (Yahiaoui, 2011; Douaoui, 2005).

2.6. Classification d'image

La classification d'une image satellitaire est une transformation quantitative en image Thématique. Elle consiste à découper les pixels de l'image en polygones pour les regrouper dans les mêmes classes correspondantes. Le principe de la classification se fait selon une règle de discrimination basée sur la différence statistique entre les valeurs numériques des pixels dans le but de réaliser le découpage optimal (Deshayes et Maurel, 1990 ; Zafane, 2014).

2.6.1. Classification non supervisée

C'est classer les données d'image numérique, par traitement informatique basé uniquement sur les statistiques d'image sans recours à des échantillons d'entraînement.

Cette classification produit un regroupement naturel des pixels de l'image que l'on nomme "regroupement spectral" ou "classe", (les régions de l'image ayant une même signature spectrale ont un type d'utilisation du sol similaire). L'analyste doit ensuite déterminer l'identité de ces regroupements spectraux. Les principaux algorithmes de classification non dirigée sont : le regroupement par moyenne-K (K - means), le regroupement par ISODATA (Girard, 1989) in (Abdelbaki, 2012).

2.6.2. Classification supervisée

Procédure utilisée pour l'identification de zones «spectralement similaires» d'une image. On identifie d'abord des sites d'entraînement dont on extrait la signature spectrale et à partir desquels on extrapole pour le reste de l'image (Abdelbaki,2012).

Aussi dans une étude de l'occupation du sol, la végétation est étudiée par l'ensemble des indices de végétation. Il existe de nombreux indices de végétation déduits à partir des mesures de réflectance ou de comptes numériques pour estimer le taux de recouvrement et identifier les types du couvert végétal (Girard, 1995) in (Yahiaoui,2011).

Chapitre II : SIG et Télédétection

Parmi les indices utilisés dans l'étude de la végétation et de l'occupation du Sol, le tableau 6 résume les plus répandus.

Tableau 6 : Indices de végétation définis à partir de données de télédétection.

Les indices simples	
$DVI = \rho_{PIR} - \rho_R$	Bacour <i>et al.</i> (2006)
$RVI = \frac{\rho_{PIR}}{\rho_R}$	Krieger <i>et al.</i> (1969) ; Jordan (1969)
$NDVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + \rho_R}$	Rouse and Haas (1973) ; Tucker (1979)
Les indices de stress hydrique	
$MSI = \frac{\rho_{MIR}}{\rho_{PIR}}$	Hunt and Rock (1989)
$NDWI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_{MIR}}{\rho_{PIR} + \rho_{MIR}}$	Gao (1996)
Les indices prenant en compte l'influence des sols	
$PVI = \frac{1}{\sqrt{a^2 + 1}}(\rho_{PIR} - a\rho_R - b)$	Richardson and Wiegand (1977)
$SAVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + \rho_R + L} (1 + L)$	Huete (1988)
$TSAVI = \frac{a(\rho_{PIR} - a\rho_R - b)}{\rho_R + \rho_{PIR} - ab + 0,08(1 + a^2)}$	Baret <i>et al.</i> (1989)
$MSAVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + \rho_R + L} (1 + L)$	Qi <i>et al.</i> (1994)
Les indices prenant en compte les effets conjugués des sols et de l'atmosphère	
$ARVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_{rb}}{\rho_{PIR} + \rho_{rb}}$	Kaufman and Tanré (1992)
$GEMI = \eta(1 - 0,25\eta) - \frac{\rho_{rouge} - 0,25}{1 - \rho_{rouge}}$	Pinty et Verstraete (1992)
Les indices prenant en compte les effets conjugués des sols et de l'atmosphère	
$EVI = G \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + C_1\rho_R - C_2\rho_B + L}$	Huete <i>et al.</i> (1999)
Les indices prenant en compte les températures de surface	
$TDVI = \frac{T_S - T_{S(min)}}{a + b NDVI - T_{S(min)}}$	Sandholt <i>et al.</i> (2002)

Source : (Caloz et Puech, 1996 ; Gilabert *et al.*, 2002 ; Girard et Girard, 1999)inAbdelbaki(2012).

Chapitre III
Etude de milieu
physique

1. Localisation de la zone d'étude

Ténès est une ville côtière de la mer méditerranée, située au nord de l'Algérie, à mi-distance d'Alger (à environ 215 km à l'Est) et d'Oran (à environ 230 km à l'Ouest).

La ville de Ténès est située à 52 km au Nord de la wilaya de Chlef, elle est limitée :

Au Nord par la mer méditerranée;

A l'Est par la commune d'oued Guoussine;

Au Sud par la commune de Sidi Akkacha;

A l'Ouest par la commune de Sid Abderrahmane.

Elle est située entre 36°30'44'' latitude Nord, 1°18' 16'' de longitude Est. (Figure 14).

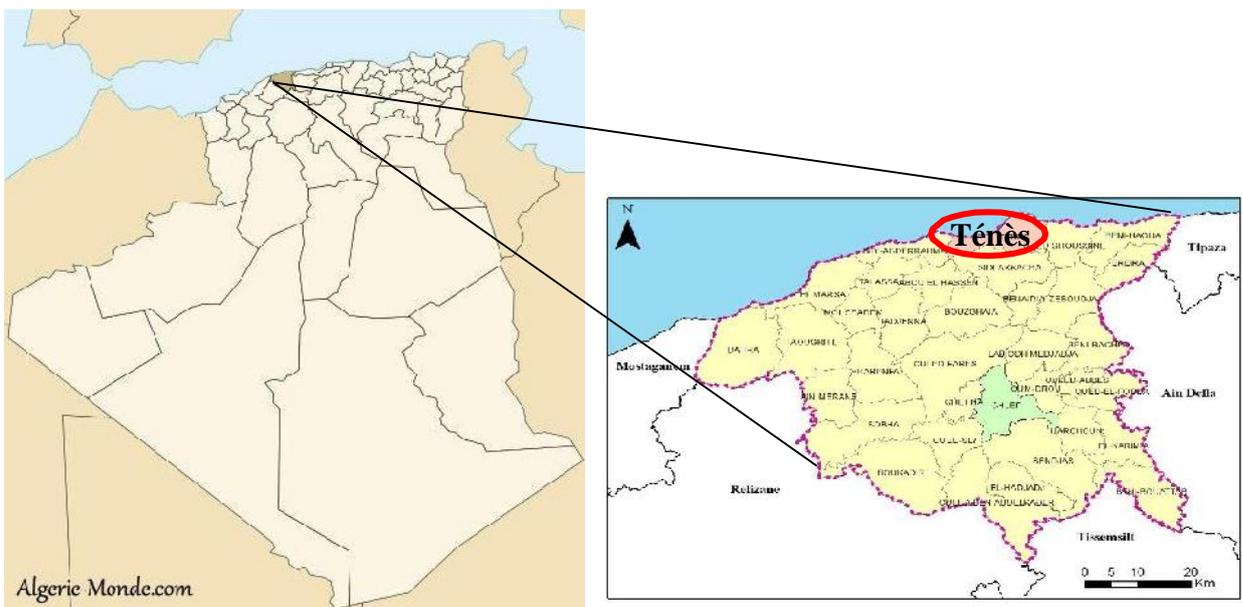


Figure 14: Carte de la situation administrative de la commune de Ténès.

2. Caractéristiques climatiques

Selon **L'égrain(2002)**, le climat est l'ensemble des phénomènes météorologique (température, pression, vent, précipitation....etc.) qui caractérisent l'état de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné.

Tableau 7 : Caractéristiques de la station pluviométrique de Ténès

Station ONM	Latitude (x)	Longitude (y)	Altitude (z)
Ténès	36°30' N	1°20' E	17 m

Source : ONM,2017

2.1. Précipitation

D'après **Legrain (2002)**, les précipitations sont définies comme : « formes variées sous lesquelles l'eau solide ou liquide contenue dans l'atmosphère se dépose a la surface du globe (pluie, brouillard, neige, grêle, rosée) ».

Les données de ce paramètre sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 8: Moyennes mensuelles des précipitations (mm), station de Ténès (2000- 2009).

Mois	Jan	Fève	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuelle
P (mm)	66.9	52.6	37.7	28.8	36.7	14.8	02.7	14.7	24.6	26.4	78.6	96.9	481.66

Source : ONM, 2017

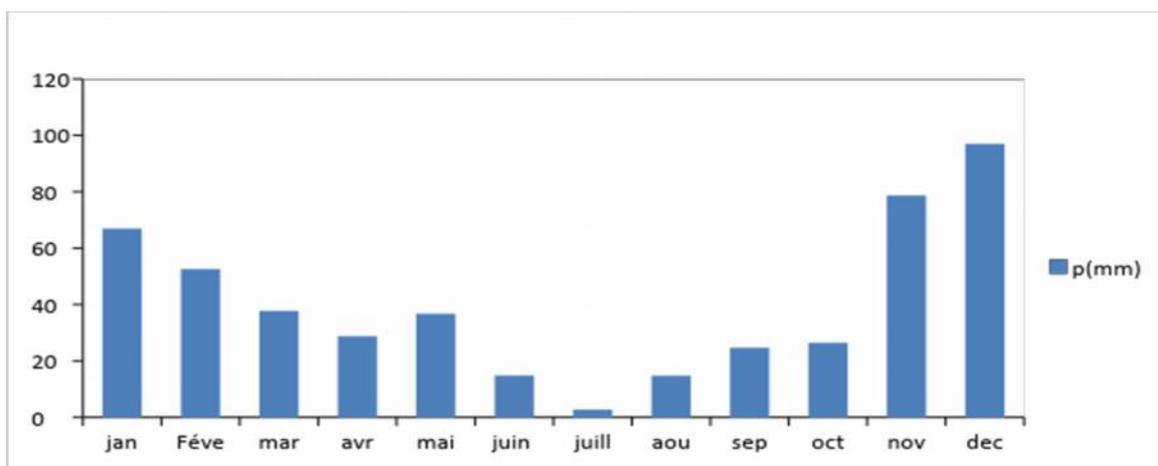


Figure 15 : Moyennes mensuelles des précipitations (mm), station de Ténès (2000-2009).

A travers de la zone étude on illustre que la rareté la précipitation dans le mois juillet 2,72 mm, et avec un maximum précipitations dans le mois décembres 96,8 mm

2.2. Température

Les températures sont parmi les facteurs climatiques les plus importants après les pluies (Dreux, 1974). Elles assurent le déclenchement de l'activité biologique chez les végétaux.

Les températures moyennes mensuelles et annuelles agissement directement sur le climat en interaction avec les autres facteurs météorologiques tel que les précipitations.

Tableau 9 : Températures moyennes mensuelles, station de Ténès (2000-2009)

Moi	Jan	Fève	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
T (C°)	10	13.6	16.1	17.6	20.4	23.2	25.5	29.8	23.2	22.1	16.8	14.5

Source : ONM ,2017

D'après la figure 16, le mois le plus chaud est août tandis que le mois le plus froid est le mois de janvier. Les températures varient suivant les saisons et lerelief.

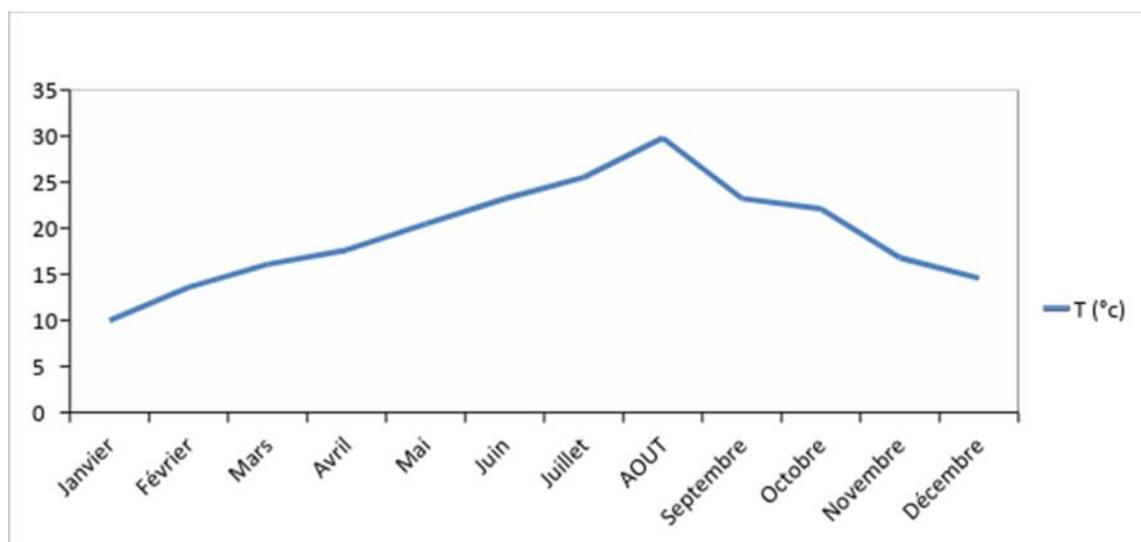


Figure 16 : Températures moyennes mensuelles, station de Ténès (2000/2009).

La figure 16 montre que les températures augmentent progressivement du mois de

janvier avec un 10 C° jusqu'à un maximum qui correspond aux mois de août à 29.8 C° période de la saison estivale puis diminue progressivement jusqu'au mois de décembre.

2.3. Evaporation

D'après le tableau ci-dessous (tableau 10), la quantité moyenne mensuelle d'eau évaporée est variable selon le mois, elle est importante durant la période octobre - février.

Tableau 10: Evaporation moyenne mensuelle (mm), station de Ténès (2000-2009).

Mois	Jan	Fève	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juill	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
Evp (mm)	50	60.3	91.3	111.7	173.5	254.5	297	276.0	195.2	246.4	91.1	64.3

Source : ONM ,2017

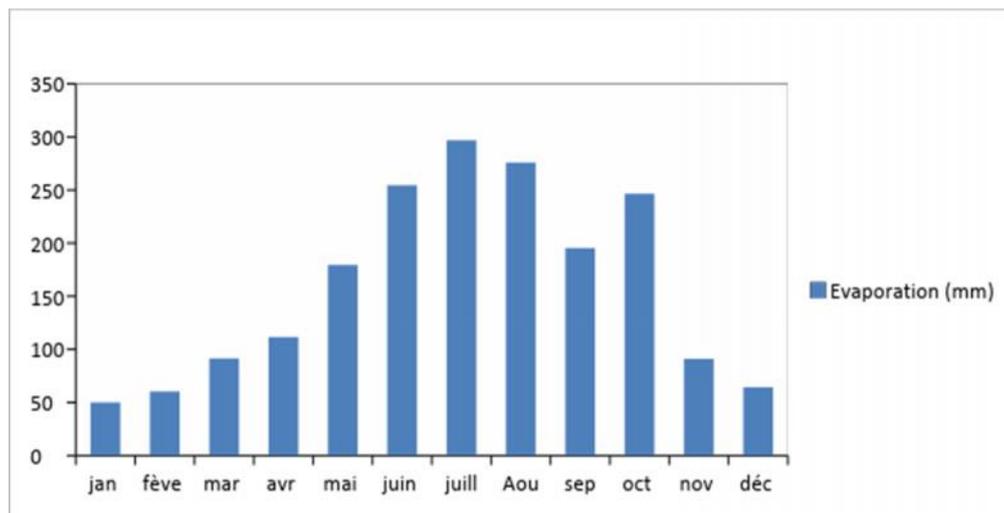


Figure 17 : Histogrammes de variation d'évaporation mensuelle (2000/2009)

D'après la figure 17, la quantité d'eau évaporée est variable selon le mois, est importante du moi juin à Octobre.

2.4. Ensoleillement

Tableau 11 :Le moyen mensuel de l'ensoleillement durant les années (1999/2008).

Mois	Jan	Févr	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Ensoleillement (h/mois)	145	154	186	209	223	265	278	258	216	187	144	141

Source : ONM ,2017

La figure 18 Donne la variation de la durée d'ensoleillement mensuelle pour la station météorologique de Ténès.

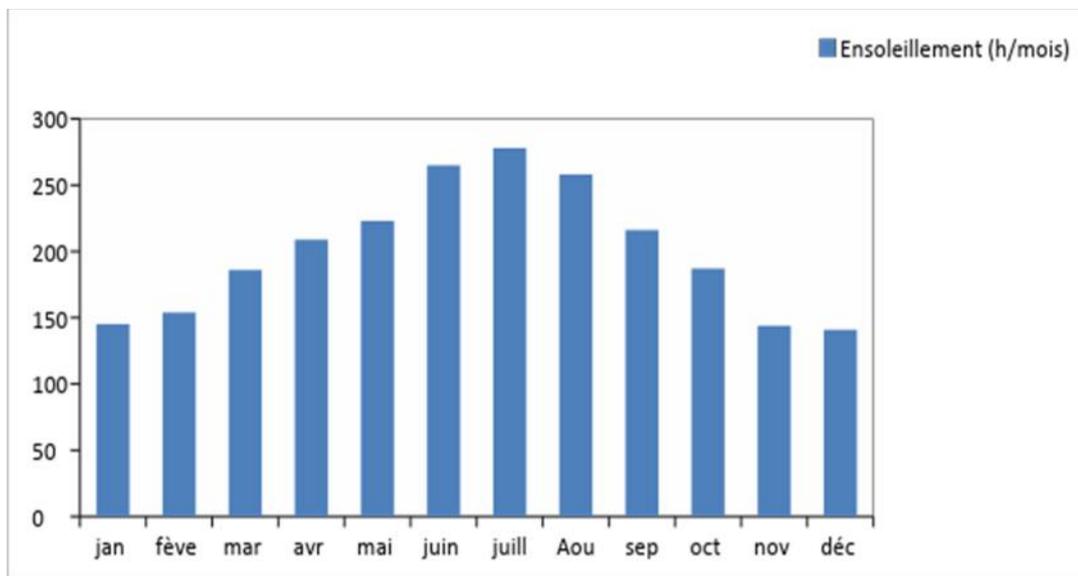


Figure 18 : variation de la durée d'ensoleillement mensuelle

La durée d'ensoleillements la plus importants est enregistrée en mois de juillet avec 278 h/mois, et la moins longue est en mois de décembre avec 141 h/mois.

2.4.Vent

Il constitue pour certains biotopes un facteur écologique limitant. Sous l'influence de vents violents, la végétation est limitée dans son développement

Le vent peut être également responsable du façonnement du relief, de l'évapotranspiration et de la formation de la végétation, la vitesse moyenne annuelle est de 3.32 m/s. Direction générale des vents Est et Est-Ouest.

2.5.1. Autres paramètres climatiques

D'autres facteurs climatiques tel que : les gelées, la grêle ..., peuvent agir positivement ou négativement sur le milieu.

Tableau 12 : caractéristiques climatiques dominantes dans la région de Ténès (2000-2009)

Période 2000-2010	Brouillard	Orage	Neige	Grêle	Rosée	Brume
Nbre des jours	9	117	1	2	29	39

Source : ONM ,2017

) **Brouillard** : en moyenne, le nombre de jours de gelées durant cette période est de 9 jours.

) **Orages** : Selon **Legrain (2002)**, un orage est « l'ensemble de perturbations atmosphériques violentes ». Les orages ont un effet néfaste sur le sol et la végétation

Le nombre des jours d'orage enregistré durant la période (2000-2009) est de 117 jours.

) **Grêle** : La chute de grêle peut endommager le couvert végétal, elle s'observe fréquemment en saison hivernale, bien que rare en été, elle n'est pas nulle. Le maximum de fréquence est enregistré au mois de mars.

3. Synthèse climatique

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 appel à la réalisation du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson et du Climagramme pluviométrique.

3.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1935)

L'indice ombrothermique, développé par Bagnouls et Gausson (1953), est un indice climatique qui permet d'estimer les éléments de climat d'une région de points de vue précipitation et température pendant une période donnée et permet également de préciser les périodes sèches et humides.

Il est égal au rapporte (P /T) de la pluviométrie et de la température moyenne que représenter sur le même graphique ou : P : pluviométrie ou précipitation en (mm). T : la température en (C°). **Bagnouls et Gausсен (1953)** définissent la saison sèche comme étant:

« L'ensemble des mois où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètre est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle exprimée en degrés centigrades (P _ 2T)»

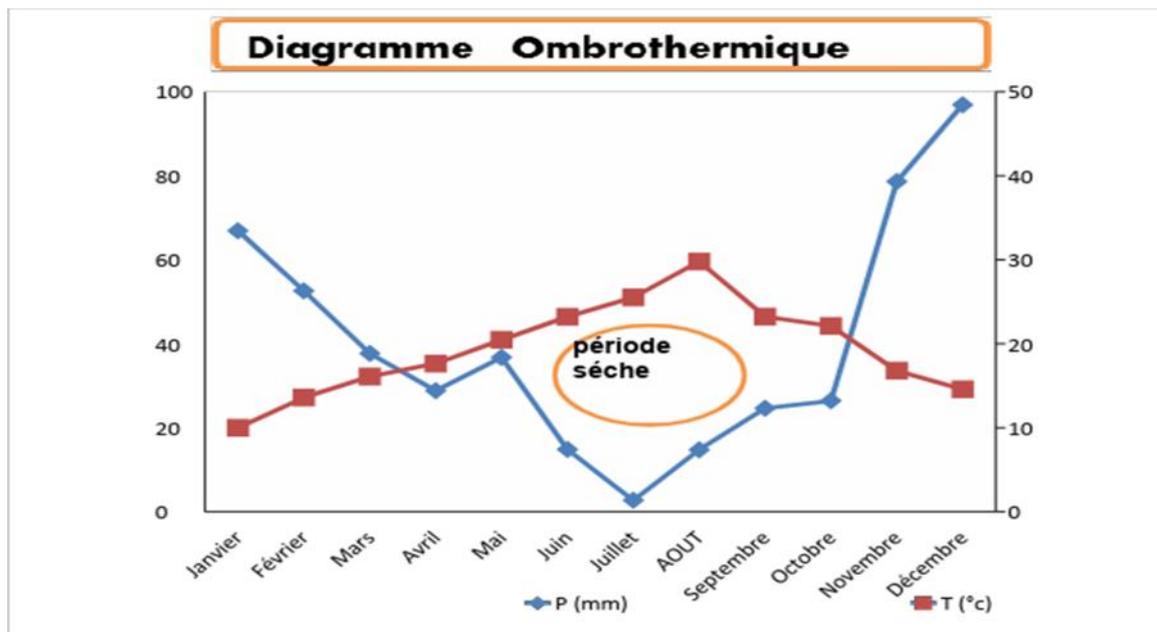


Figure 19 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la commune de Ténès

L'analyse du diagramme (figure 19) permet de visualiser une période humide qui s'étend généralement du mois d'octobre à la fin mars et une période sèche du mois d'Avril au mois de septembre (période estivale).

3.2.Climagramme d'EMBERGER

Pour caractériser l'étage bioclimatique du secteur nous avons utilisé le quotient pluviométrique ou l'indice climatique d'EMBERGER (Q_2) :

$$Q_2 = 1000P / [(M+m)/2] (M-m)$$

Q_2 : quotient pluviométrique.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : température moyenne des maxima du mois le plus chaud en °k($T^{\circ}\text{C} + 273,15$).

m: température moyenne des minima du mois le plus froid en °k. Calcul du quotient pluviométrique d'Emberger du Ténès : on a

$P = 481.66 \text{ mm}$; $M = 29.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $m = 10^{\circ}\text{C}$

Donc $Q_2 = 83.43$

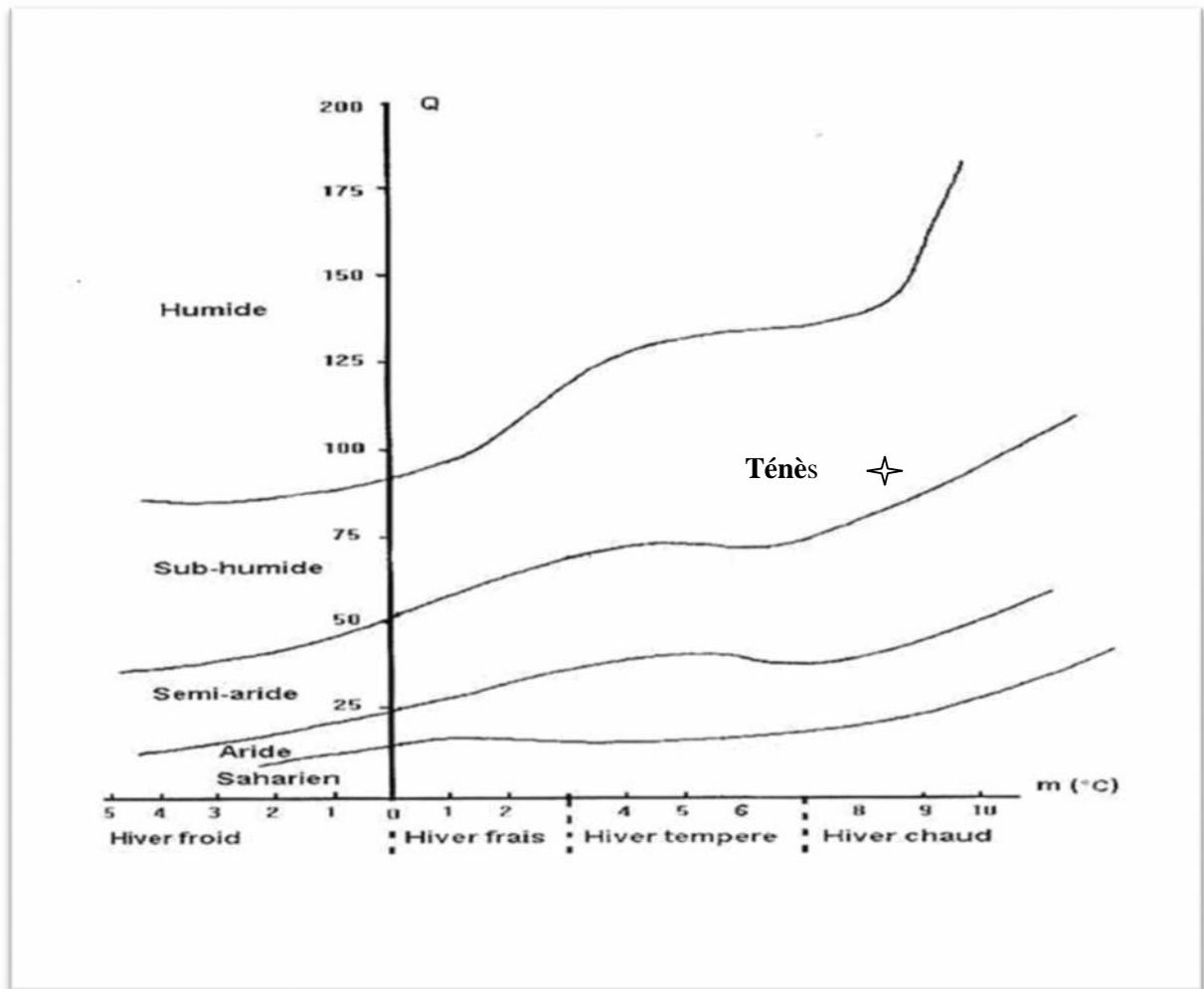


Figure 20: Climagramme pluviométrique d'Emberger

Notre zone se situe dans l'étage bioclimatique **sub-humide à hiver tempère**

1.4. Hydrographie

La commune de Ténès possède un réseau hydrographique très dense. Citant un

certain nombre d'oueds : Oued Allala qui divise la ville de Ténès en deux parties, Oued Tifless, Oued Boufessoussa qui longe la RN 11 dans sa partie Est et se jette à la mer, non loin Oued Sidi Merouane à chaàrir (Figure21).

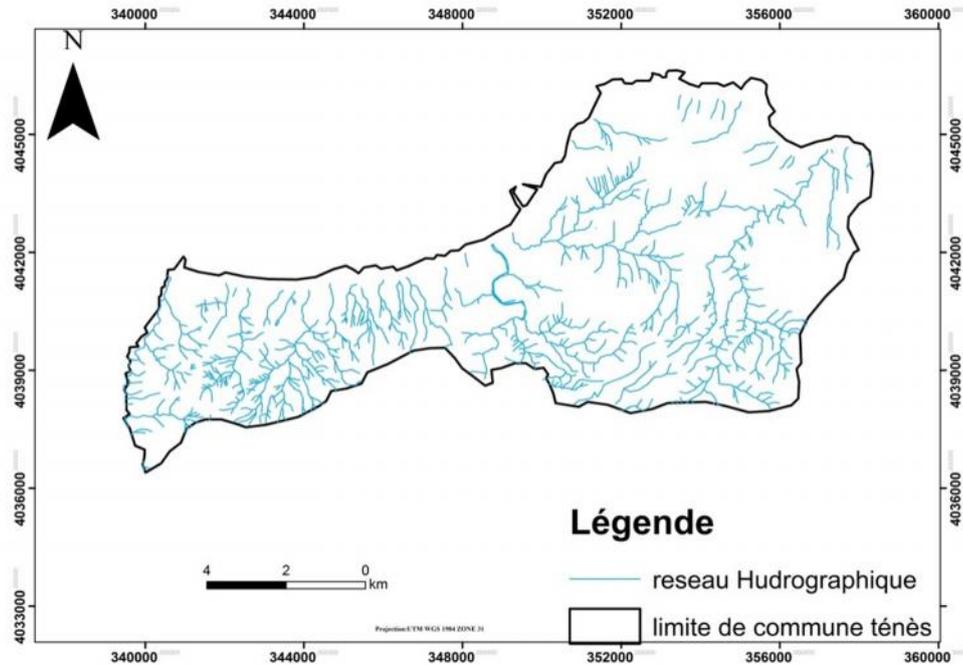


Figure 21: Réseau hydrographique de la commune de Ténès (source : **Ezzedami, Bousmal, 2018**)

1.5. Topographie

La forêt de Ténès est une zone montagneuse avec une altitude moyenne de 373 m. Deux positions, le premier est la façade nord maritime (Sidi Merouane), l'autre c'est la façade sud.

5.1. Altitudes

La figure 22, représente les classes d'altitude de la commune Ténès, la forêt de Ténès occupée de 80 % par un terrain montagneux, avec maximum qui dépasse 700 m d'altitude; ces montagnes font parties du profond général de la chaîne montagneuse du Dahra.

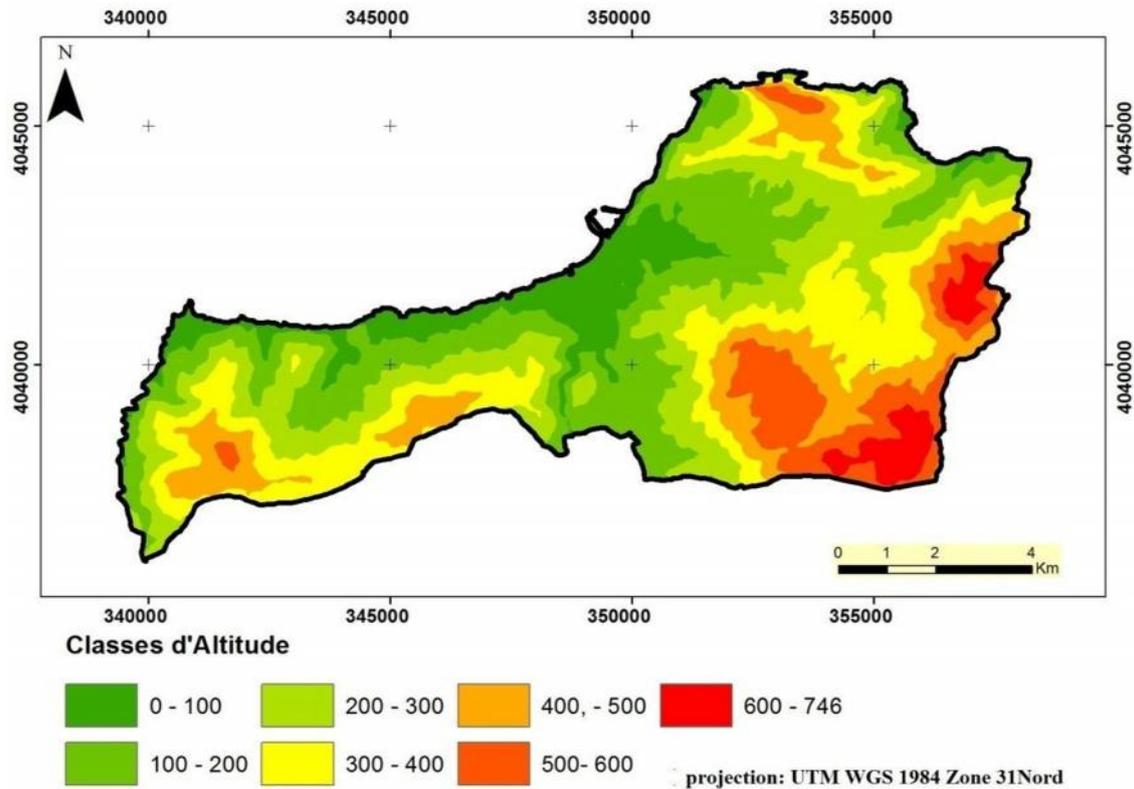


Figure 22 : Altimétrie de la commune de Ténès, (source: **Ezzedami, bousmal,2018**)

D'après la figure 22, on remarque des classes d'altitude comprises entre 0 et 746 m, où plus de 80 % de la superficie du commun est sur des terrains montagneux accidentés. Le point le plus haut se situe à sidi Merouane avec une altitude de 746 m et le point le plus bas est à l'embouchure de l'Oued Allala avec la mer méditerranéenne (0m).

5.2.Pente

L'analyse de la topographie nous montre que la forêt domaniale de Ténès est caractérisé par des classes de pente de 12 à 25% sur 30.76% de la superficie et la classe de pente >25% plus dominante avec 68.19%.

Le tableau 13 et la figure 23 représente les classes de pentes en fonction de la superficie

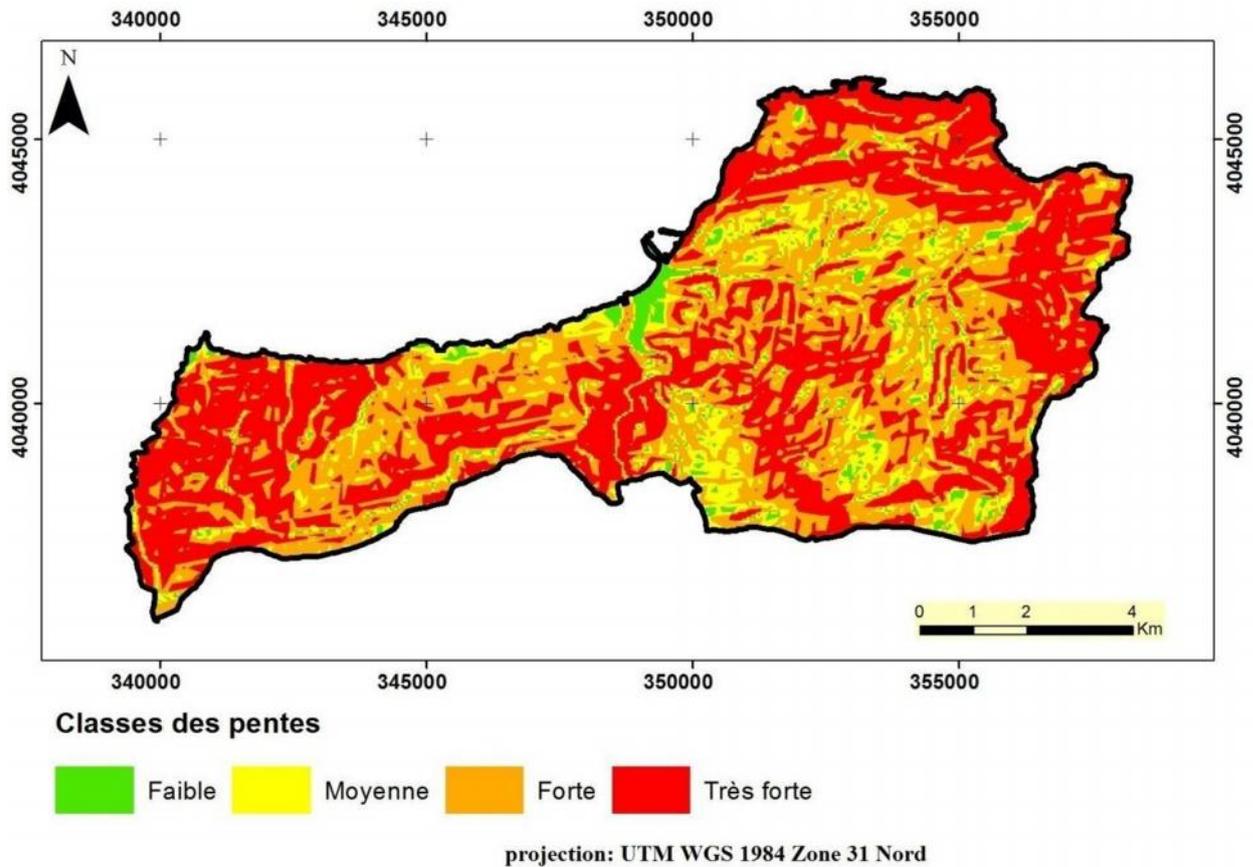


Figure 23 : Carte des pentes (source : Ezzedami, Bousmal, 2018)

D’après la carte des pentes réalisées pour la commune de Ténès (figure 23), on peut déterminer le pourcentage de chaque classe de pente (tableau 13).

Tableau 13 : Classes des pentes de la commune de Ténès.

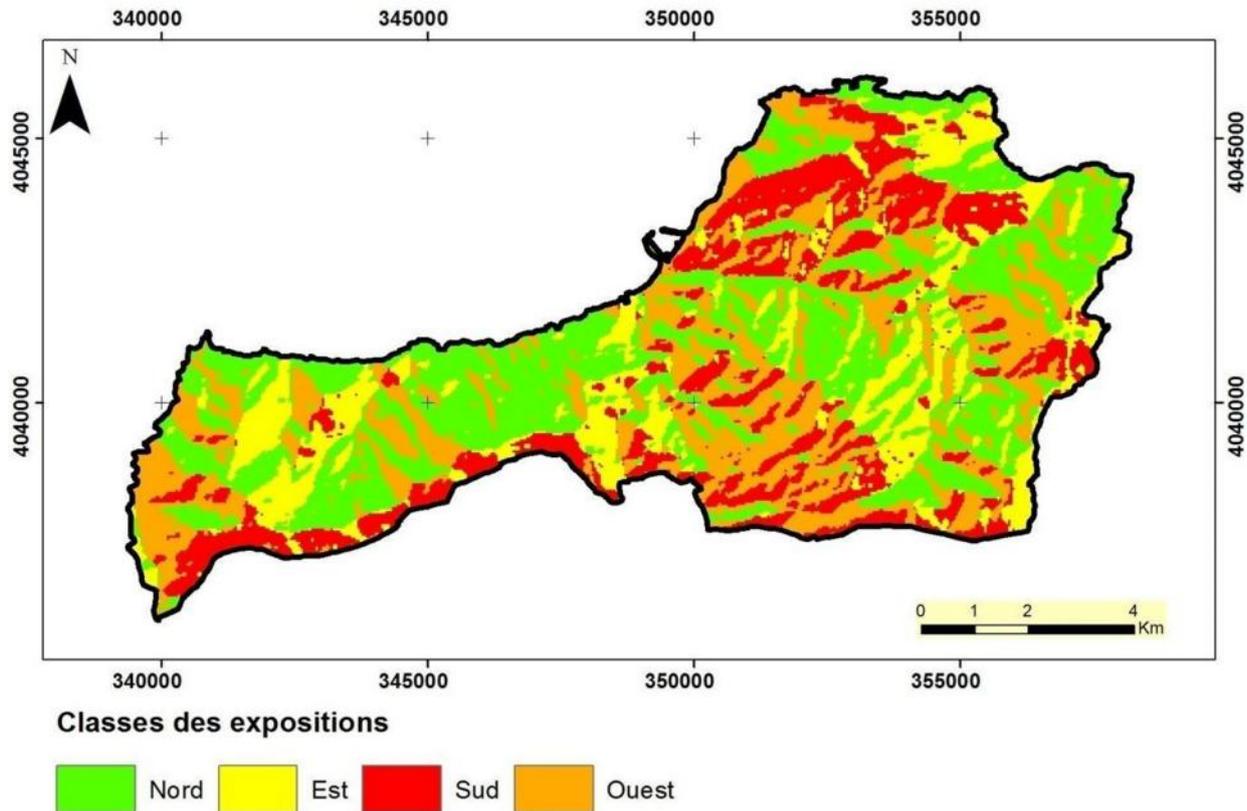
Classe de pente (%)	Superficie Ha.Ar.Ca	Surface total (%)
3 % à 12%	25.00.00	1.05 %
12 % à 25%	734.00.00	30.76 %
25 %	1627.00.00	68.19 %

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%.

5.3.Exposition

D'après la figure 23, l'exposition générale de la forêt de Ténès est le Nord à l'exception de quelques versants qui sont d'exposition Est et Sud- Est.



projection: UTM WGS 1984 Zone 31 Nord

Figure 24: Carte des expositions(source : **Ezzidami, Bousmal, 2018**)

1.6. Lithologie

D'après la figure 25, on remarque que les classes lithologiques ont été regroupées en 06 grands types, à savoir :

Nord – Est de la commune c'est le type calcaire et argile;

Sud – Est le type grès est abondant;

Nord –Ouest de la commune c’est la croute calcaire avec alluvions et sable;

Sud – Ouest le type de mame.

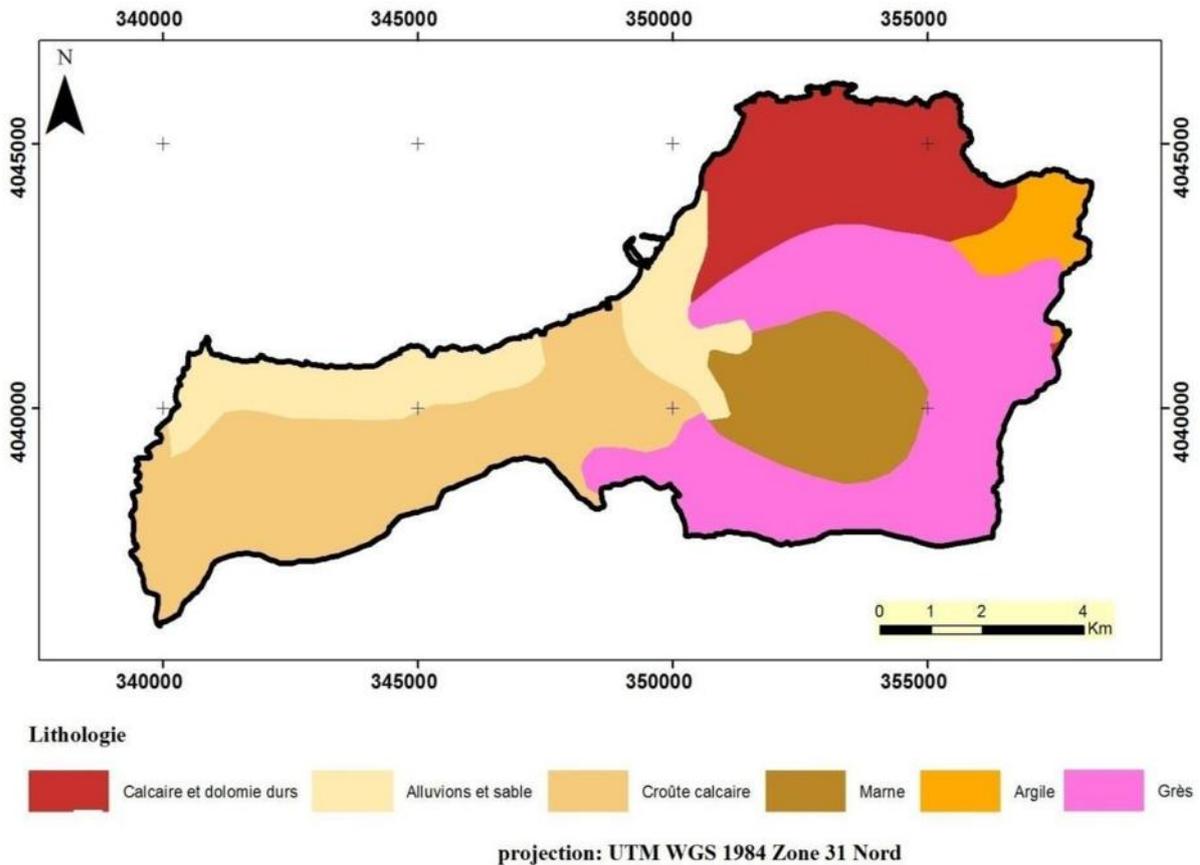


Figure 25: Carte lithologique de la commune de Ténès (source : **Ezzedami, bousmal, 2018**)

1.7. Formation végétale

D’après la figure 26 on remarque que le milieu floristique de la commune de Ténès est constitué par différentes formations végétales.

Le massif forestier de la forêt domaniale de Ténès est composé d’un peuplement de pin d’Alep de structure jardinés.

En effet, c’est un peuplement résultant des incendies répétés et des caprices de régénérations. Ces peuplement sont très irrégulière comme réparation des âges et des diamètres, on y trouve des arbres de tous âges de 1 à 100 ans, le nombre de sujet à

l'hectare est également très variable, il est de 400 à 500 pieds/ha. La circonférence est variable, en moyenne de 0.40 à 0.80m.

La régénération naturelle de pin d'Alep du massif est très abondante dans toutes les parcelles inventoriées et elle est estimée en moyenne de 1000 à 2000 jeunes pousses par hectare.

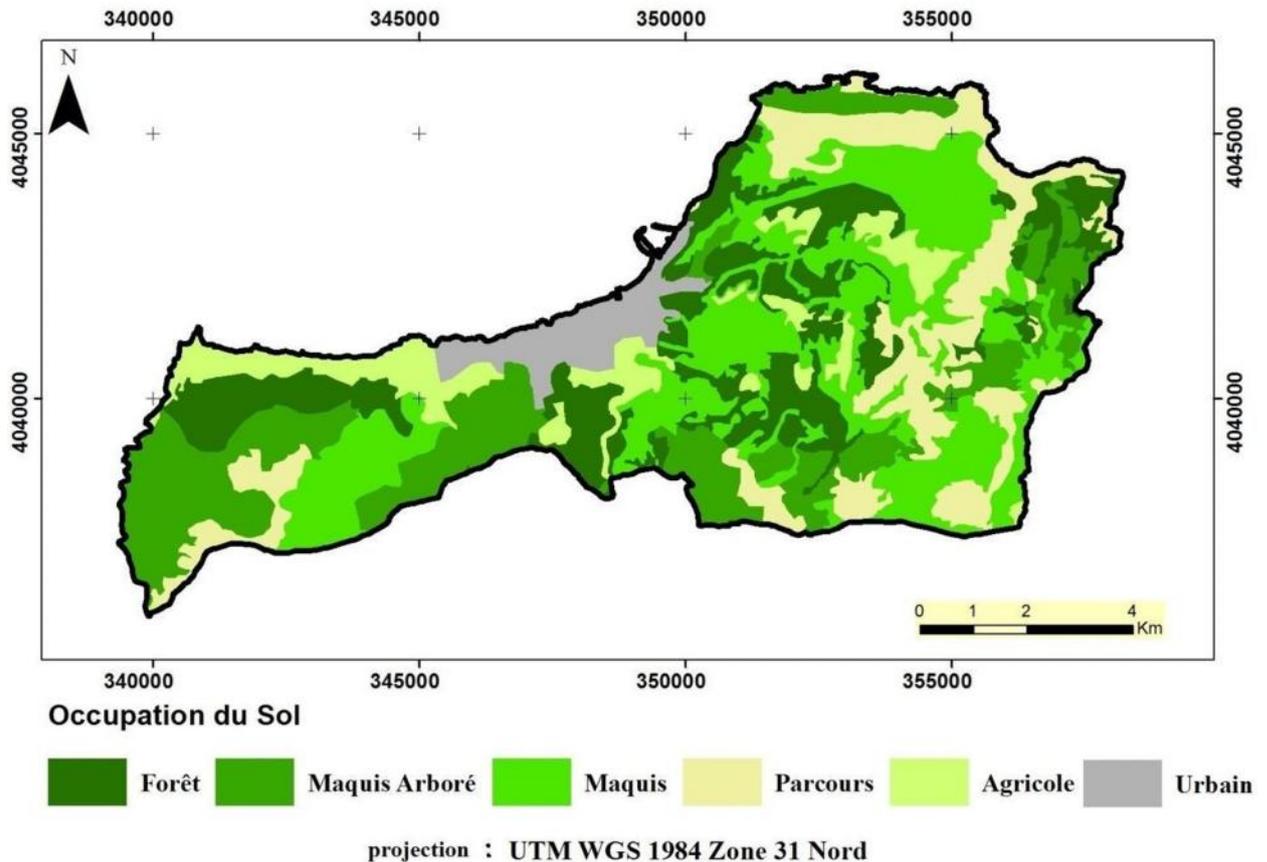


Figure 26 : Carte d'occupation du sol de la commune de Ténès (source : **Ezzedami, bousmal, 2018**)

L'association végétale est de type méditerranéen et de caractère xérophiles et comprend:

- Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) arbres - comme espèce principale;
- Chêne kermès (*Quercus coccifera*);
- Chêne vert (*Quercus ilex*);
- Chêne liège (*Quercus suber L.*);

- chêne zéen (*Quercus canariensis*);
- Thuya de berbérie (*Tetraclini sarticulata*);
- Bruyère arborescente (*Erica arborea et Erica multiflorea*);
- Lavande (*Lavandula astoechaset Lavandula adentata*) ;
- Ciste de montpellier (*Cistus monspeliensis*);
- Lentisque (*Pistacia lentiscus*);
- Jujubier sauvage (*Ziziphus lotus*);
- Scirups (*scirups atrovirens*).

Chapitre IV

Materiels 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 Ténès, 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;
- Géo référencement 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** : 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.

➤ **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 fournis 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 Ténès porte sur 18 années (1999 -2017) pour récapituler les superficies brûlées durant ce période.

Cette étude se base sur l'analyse des superficies brûlées 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;
- Quantification de l'impact de l'action humain sur la dégradation des formations végétales;

- Prospection du terrain ;
- Identification et localisation des surfaces incendiée (photographier);
- Comparaison et validation des résultats de la classification.



Figure 27: Etat des reboisements après incendie 2012 (Canton Tigherghar)

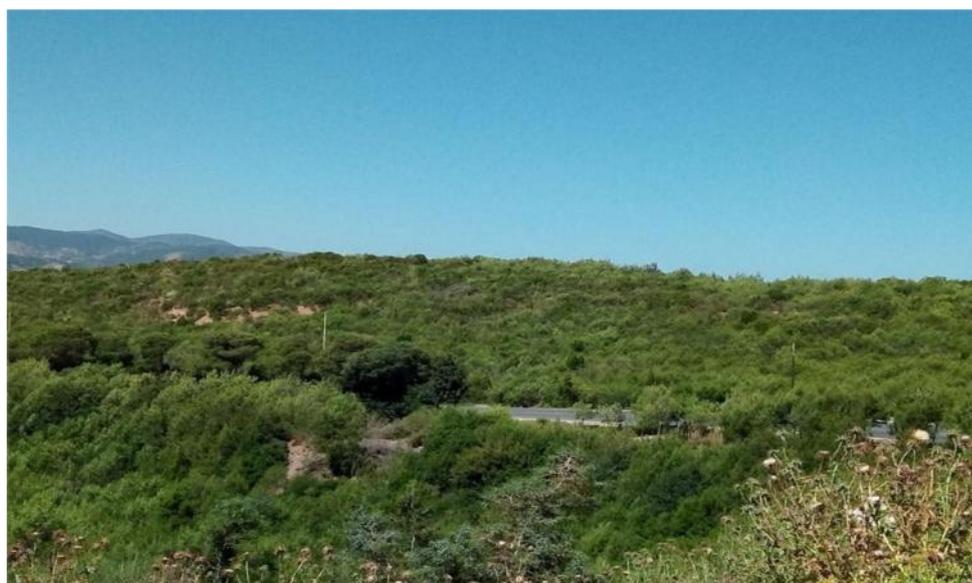


Figure 28 : Etat des reboisements après incendie 2014 (Canton Tifilès)

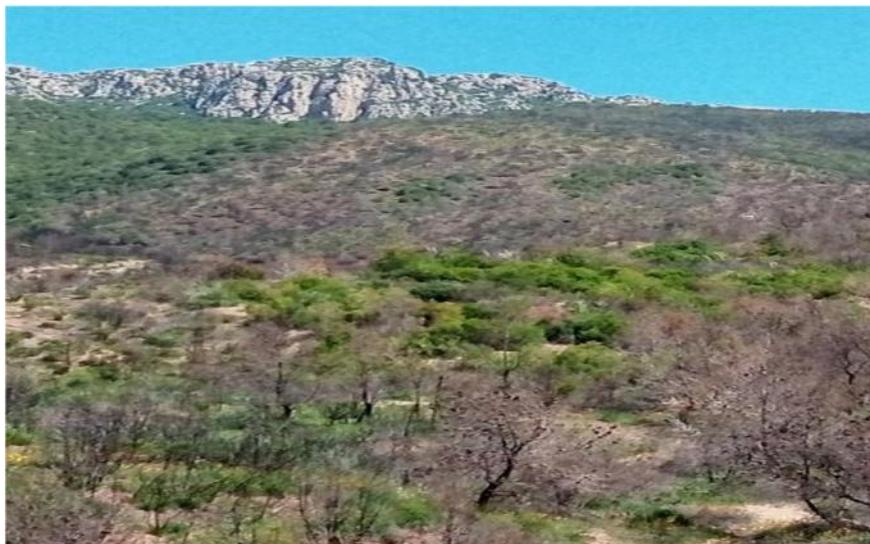


Figure 29: Peuplements incendiés en 2017 (Canton sidi Merouane)

3.3. Carte utilisé

- Carte topographique de la commune de Ténès, échelle 1/25000;
- Carte lithologie de la commue Ténès (PDAU Ténès);

IV.4.Méthodologie :

4.1. Images satellitaires utilisées

L'image satellitaire est un document riche en informations relatives à des objets tel que la végétation, le sol et l'eau, Lors de cette étude, nous avons utilisés 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 (figure29).

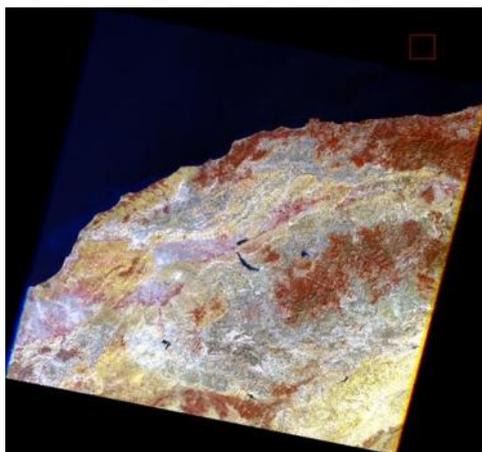


Image Landsat 4-5 TM 1999

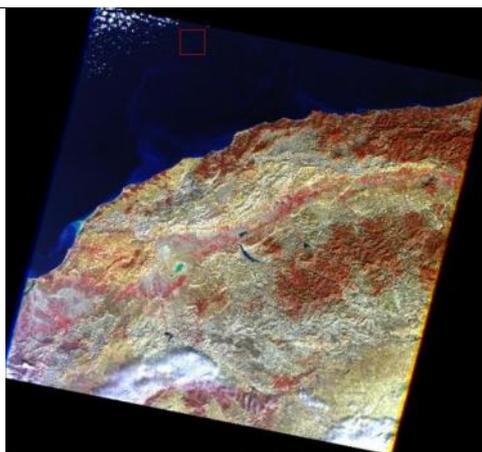


Image Landsat 4-5 TM 2001

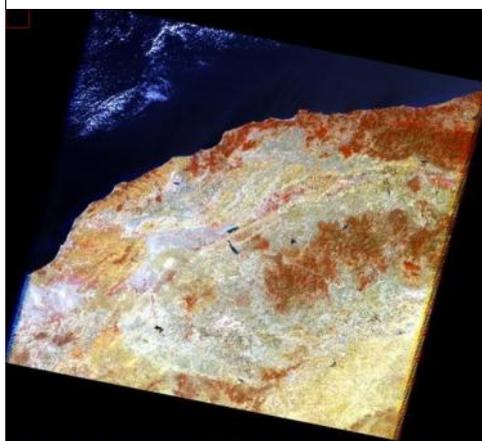


Image Landsat 4-5 TM 2006

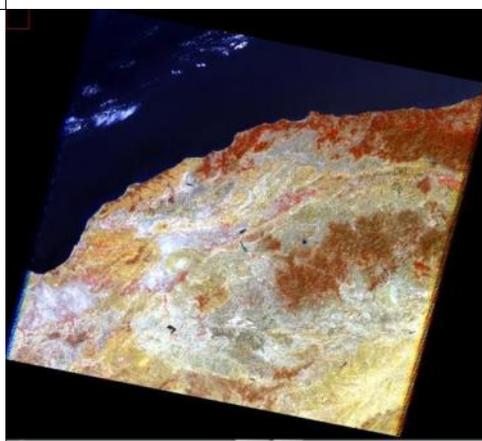


Image Landsat 4-5 TM 2008

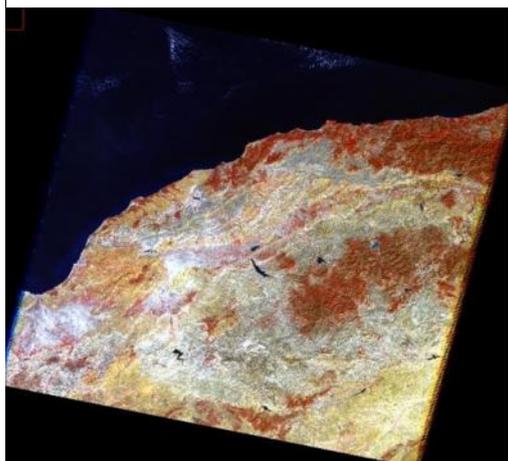


Image Landsat 4-5 TM 2010

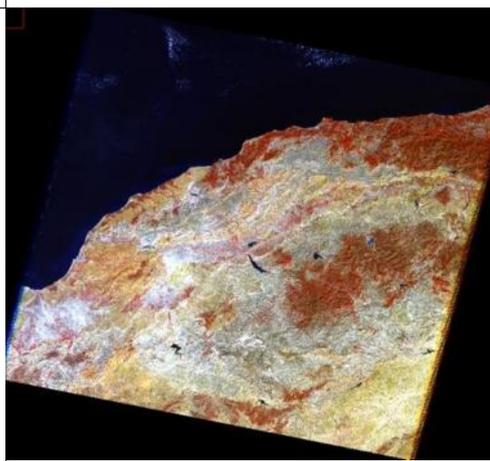


Image Landsat 4-5 TM 2011

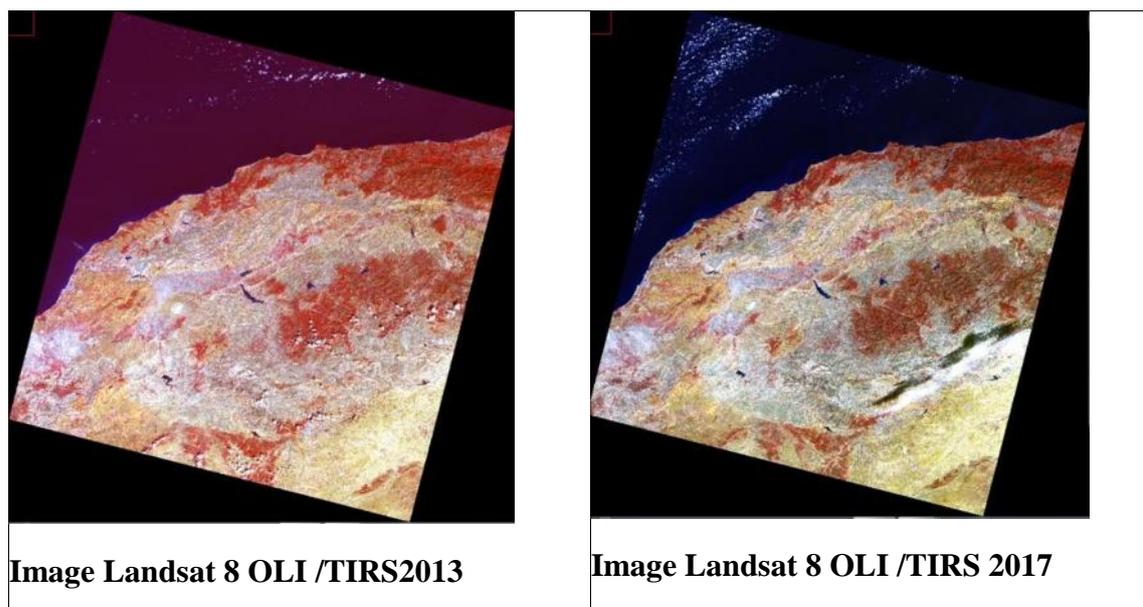


Figure 30 : Différentes images satellitaires Landsat utilisées.

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 résumant les caractéristiques des bande chaque image :

Tableau 14 : 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 10.4-12.5	moyen infrarouge(MIR)
	TM7 2.08-2.35	
Résolution	30 m	

Source :BENTOUNSI,2017

Tableau 15: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

4.3.1. Classification 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**)

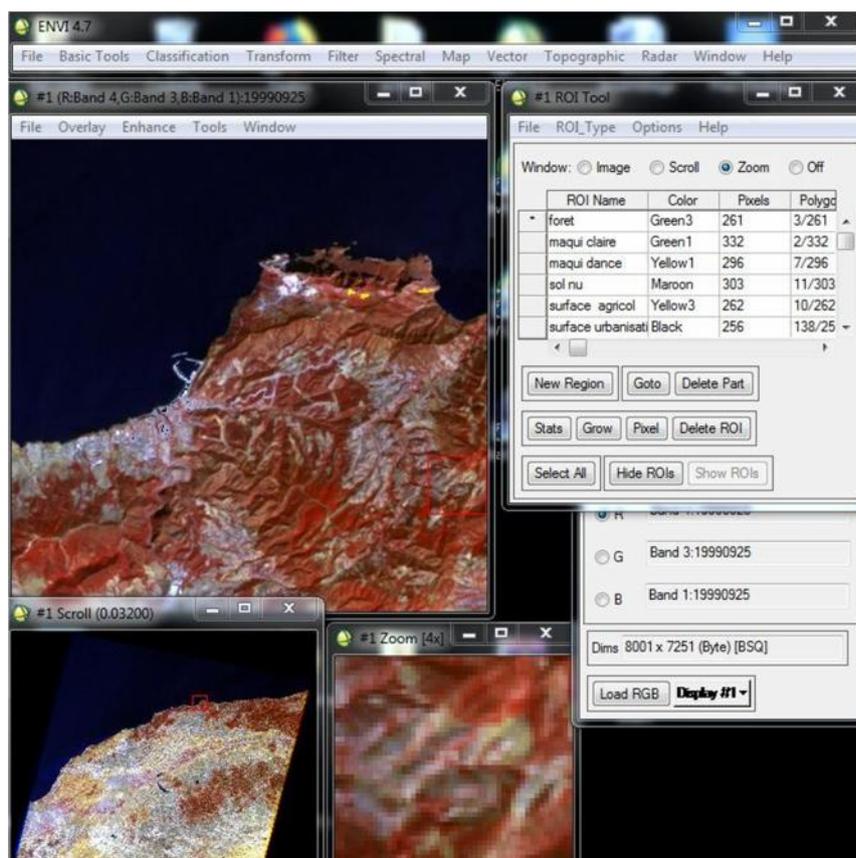


Figure31: Choix des ROI pour la classification supervisée.

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 rependue 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.

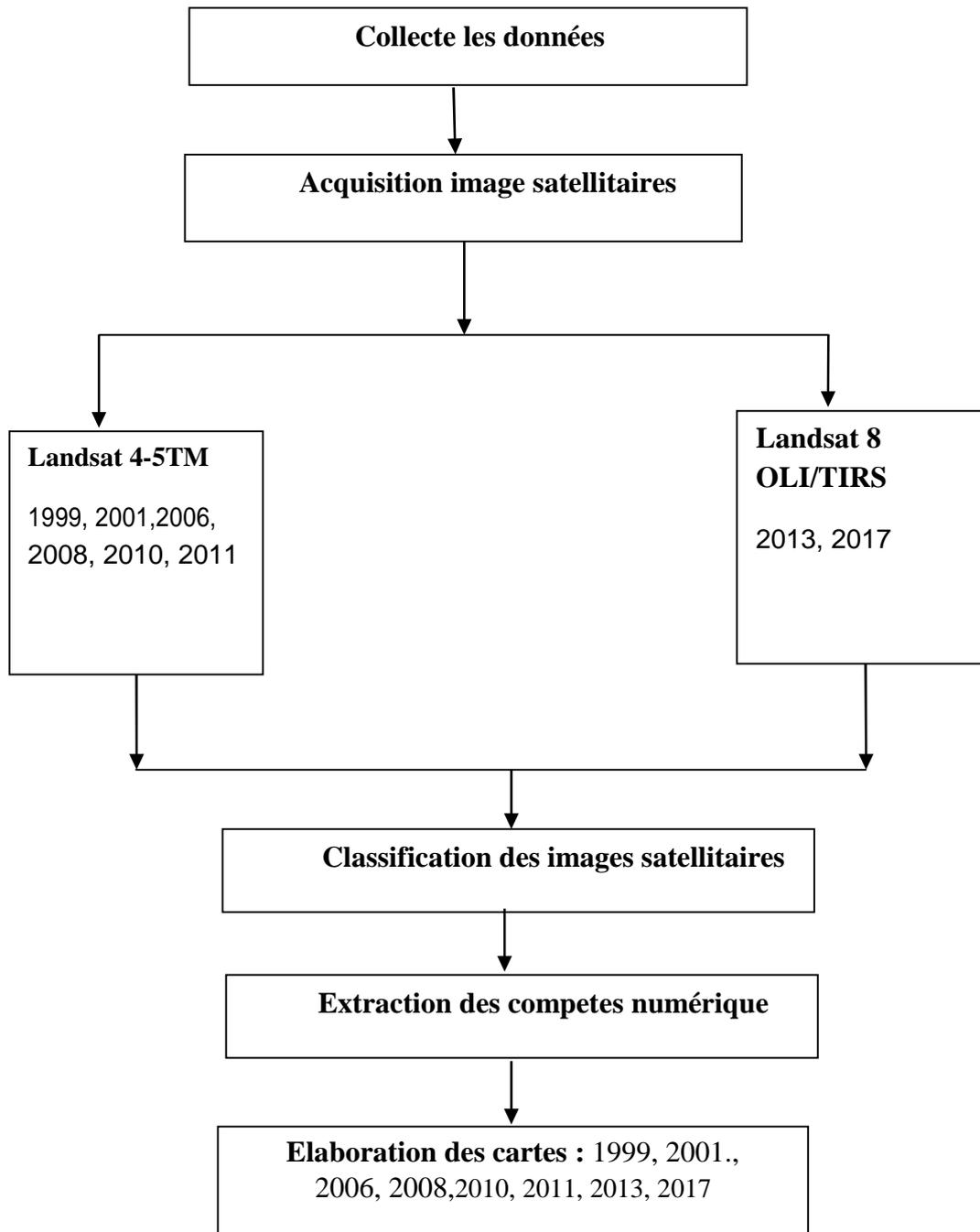


Figure 32 : Approche méthodologique

Chapitre v
Résultats et
discussions

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, six classes ont été proposées, à savoir :

➤ **Forêts (F)** : Les massifs forestiers de la région sont principalement caractérisés le Pin d'Alep (*Pinushalepensis*) et le Chêne liège (*Quercus suber L.*);

➤ **Maquis denses (MD)** : Les maquis denses de la région en question constituent un domaine complexe, les espèces dominants sont : Pistachier lentisque (*Pistacialentiscus.*), chêne vert (*Quercus ilex*), Genévrier (*Juniperus oxycedrus*), Olivier commun (*Olea europaea*), Asphodèle ramifiée (*Asphodelus ramosus*), la Filaire (*Phillyrea angustifolia*), le Romarin (*Rosmarinus officinalis*).

➤ **Maquis claires (MC)** : Répartis sur la totalité de la zone d'étude, les maquis claires sont composés essentiellement de : Pistachier lentisque (*Pistacialentiscus.*), Calicotome épineux (*Calicotome spinosa*), Jujubier (*Ziziphus lotus*), L'asphodèle ramifiée (*Asphodelus ramosus*).

➤ **Surface agricole (SA)** : Englobe toute surface couverte par une végétation agricole à faible, moyenne ou forte densité;

➤ **Surface urbanisée (SU)** : Réunit toute construction qui couvre le sol;

➤ **Sol nu (SN)** : Regroupe toutes surfaces de terre dépourvues de végétation.

1.1. Pertinence de la classification supervisée

L'évaluation de toute une classification supervisée effectuée nécessite le passage par l'outil statistique où deux critères importants sont à la base d'une bonne classification (**Provencher et Dubois, 2003**) c'est le coefficient de KAPPA et la matrice de confusion.

Les valeurs du coefficient de Kappa estimées dans notre cas sont : 99.70%, 99.50%, 99.50%, 99.30%, 99.40%, 99.70%, 99.60% et 99.60% respectivement

Pour les années : 1999, 2001, 2006, 2008, 2010, 2011, 2013 et 2017.

V. 2. Résultat de la classification

2.1. Image satellitaire LANDSAT 1999

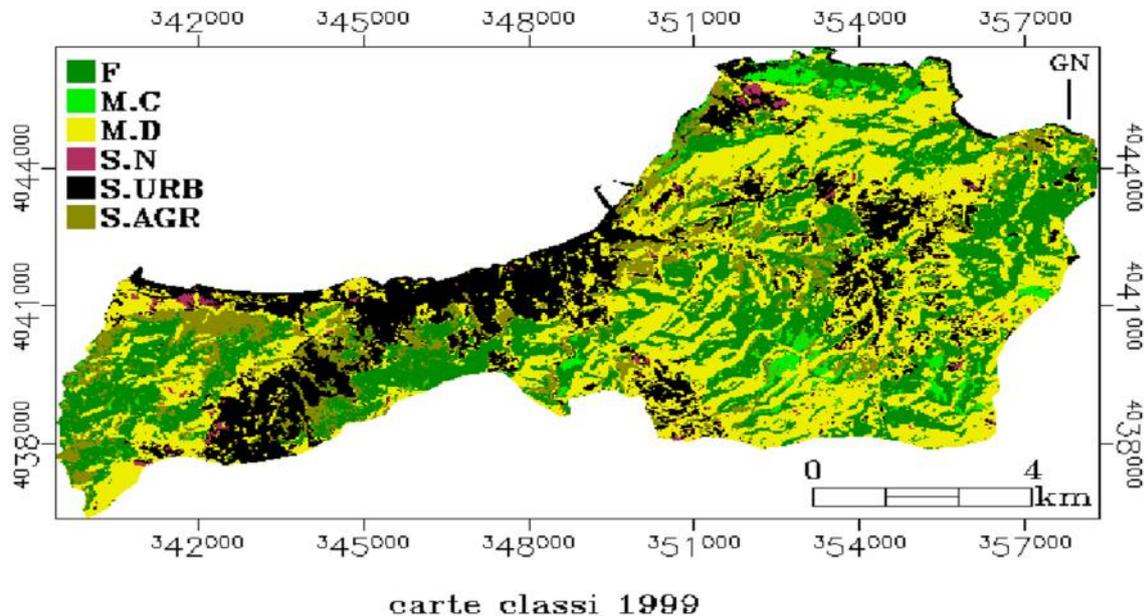


Figure 33 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 1999

Tableau 16: Résultats de la classification pour l'image LANDSAT 1999

Classe	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Forêts	2685.87	29.41
Maquis denses	3376.44	36.97
Maquis clairs	230.40	2.52
Surface Agricole	935.73	10.24
Surface urbanisée	1824.84	19.98
Sol nu	77.76	0.85
Totale	9131.04	100

A travers le tableau 16 et la figure 34, on peut dire que les maquis denses occupent la grande surface (36.97 %), et les forêts avec une surface (29.41%). alors que les maquis clairs et sol nu une faible surface (2.52%), (0.85%) en ordre.

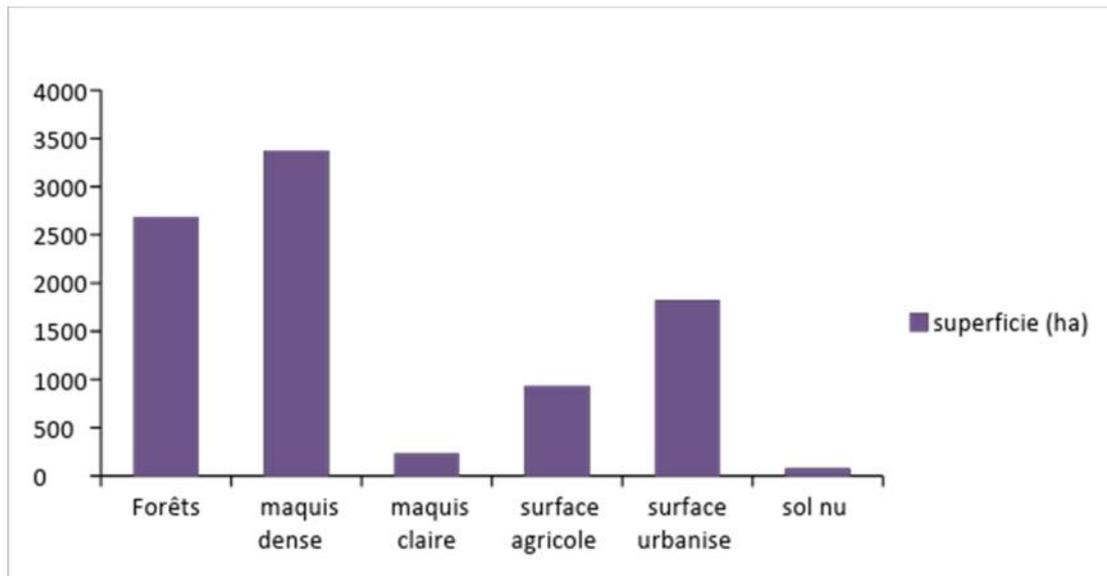
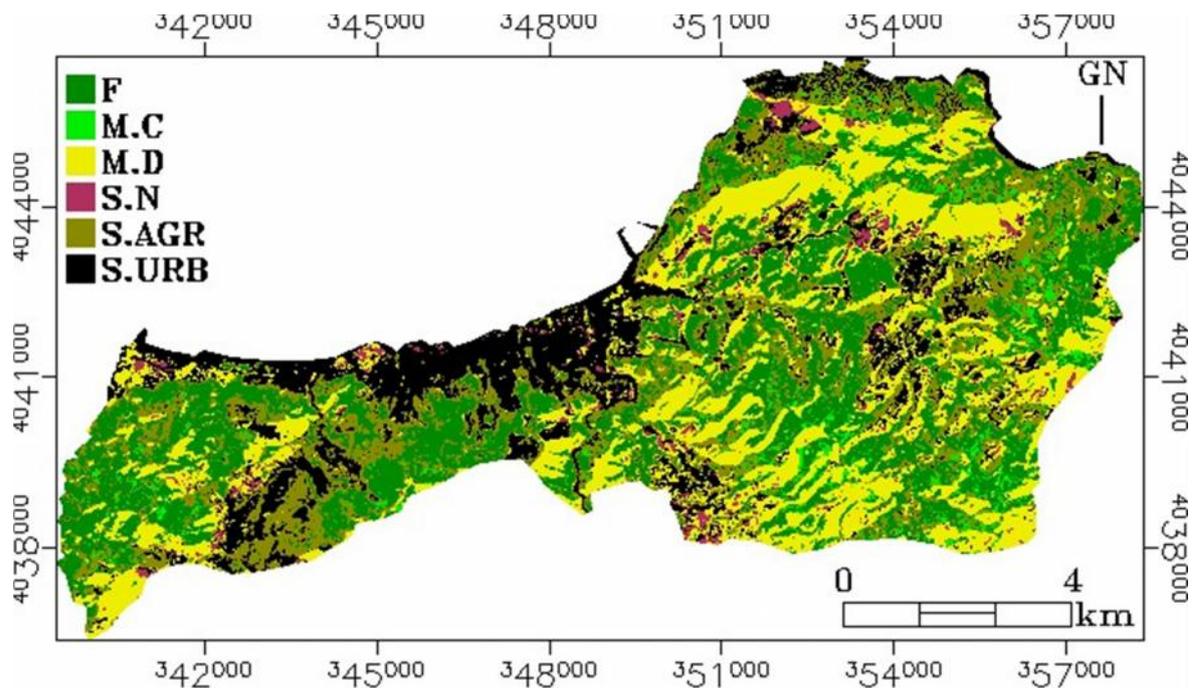


Figure 34 : Histogrammes des superficies des classes de l'image 1999

2.2. Image satellitaire LANDSAT2001



carte classe 2001

Figure 35 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 2001

Tableau 17: Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (TM5) 2001

Classe	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Forêts	2681.46	29.36
Maquis denses	2397.42	26.25
Maquis clairs	253.53	0.27
Surface Agricole	2039.04	22.33
Surface urbanisée	1563.93	17.12
Sol nu	195.66	2.14
Totale	9131.04	100

D'après ce tableau n° 17, on remarque une stabilité de la forêt, Le pourcentage des surfaces occupées par les forêts est de 29.36 %, diminution les maquis denses et clairs, représentent respectivement 26.25% et 0.27 % et augmentation de la surface Agricole 22.33 % .Surface urbanisée avec un 17.12 %, alors que le sol nu 2.14 %. Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure n°36.

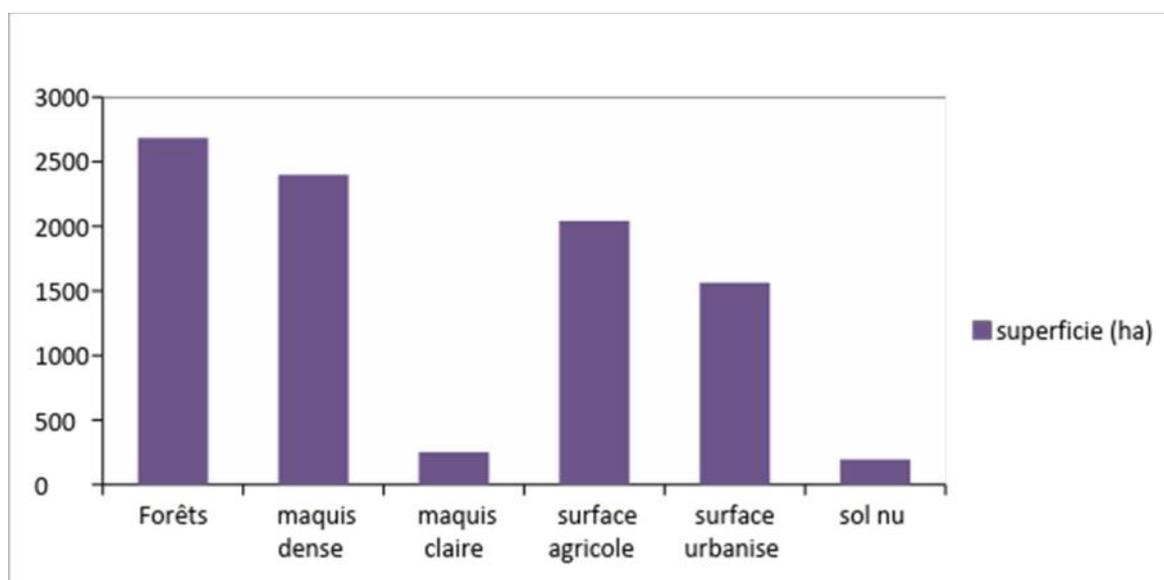


Figure 36 : Histogrammes des superficies des classes de l'image 2001

2.2.1. Dynamique du couvert végétal entre 1999 et 2001

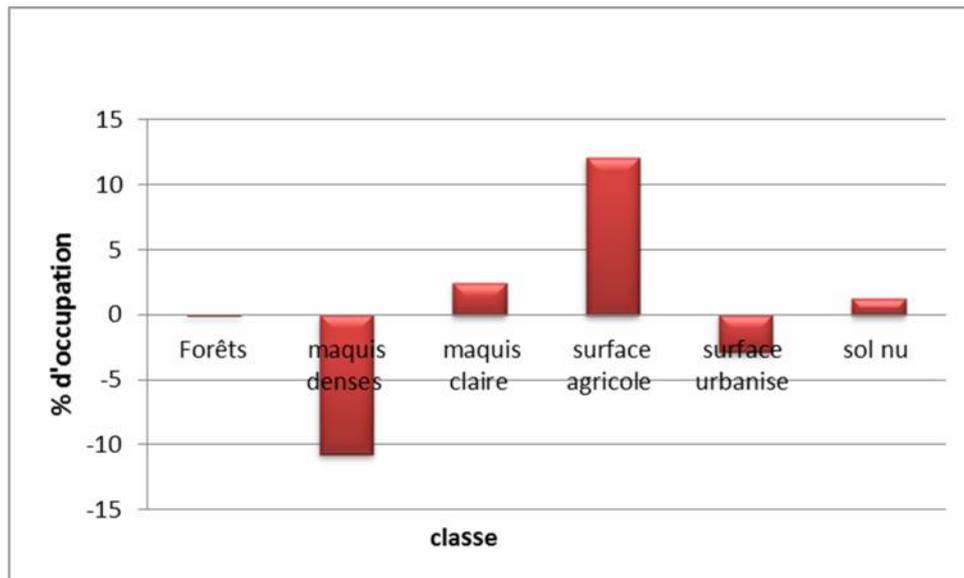


Figure 37 : Dynamique du couvert végétal, scène « 1999- 2001 »

Les maquis denses ont connu une dégradation à cette période (-10.72%), les surfaces urbanisées et forêts ont perdu (-2.85%) et (-0.04%) de leurs parts, contrairement les surfaces agricole ont progressés de (12.08%), maquis claire et sol nu une évolution de 2.48 % et 1.28 % en ordre.

2.3. Image satellitaire LANDSAT 2006

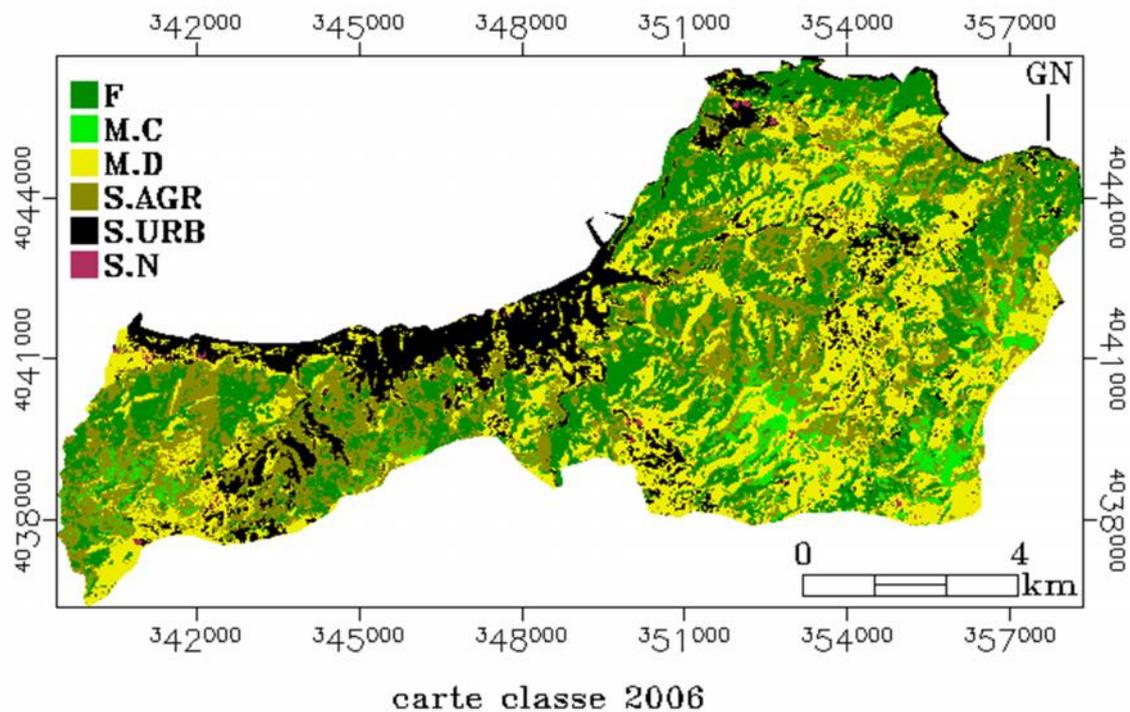


Figure 38: Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 2006

Tableau 18: Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (TM5) 2006

Classe	Superficie (ha)	Pourcentage(%)
Forêts	2434.32	26.65
Maquis dense	2772.45	30.36
Maquis claire	335.34	3.67
Surface Agricole	2337.75	25.60
Surface urbanise	1221.30	13.37
Sol nu	29.88	0.32
Totale	9131.04	100

D'après ce tableau n° 18, on remarque une régression très claire de la forêt par rapport année 2001, Le pourcentage des surfaces occupées par les forêts est de 26.65 %, les maquis denses et clairs, représentent respectivement 30.36% et 3.67% et la surface agricole et urbanisée ont respectivement 25.60 % et 13.37 %, alors que le sol nu 0.32 %. Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure n°39.

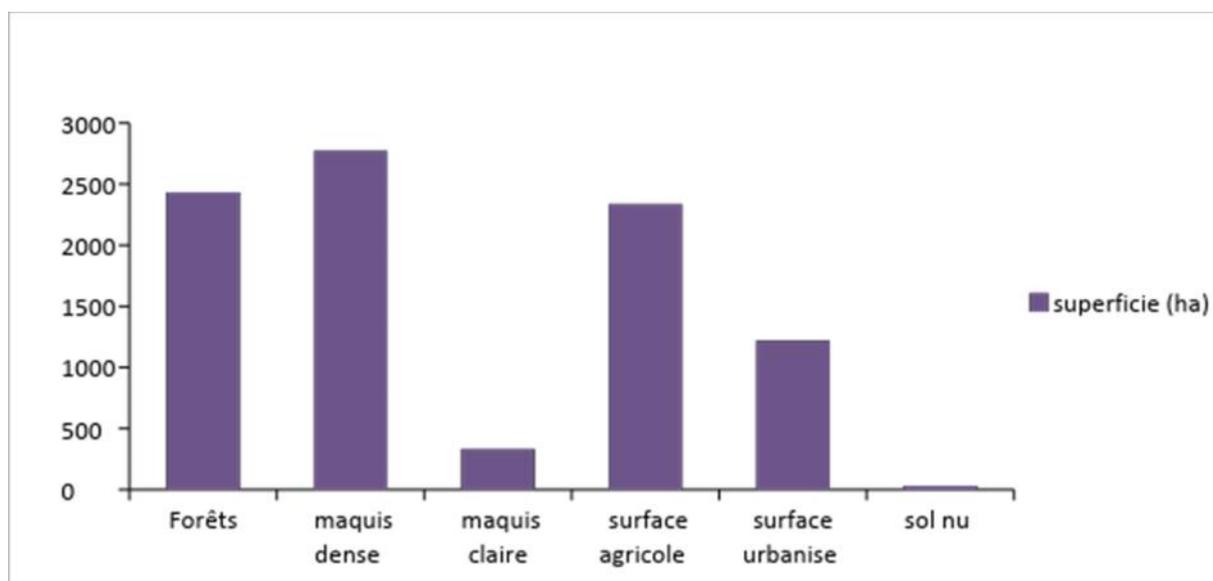


Figure 39 : Histogrammes des superficies des classes de l'image 2006

2.4. Image satellitaire LANDSAT 2008

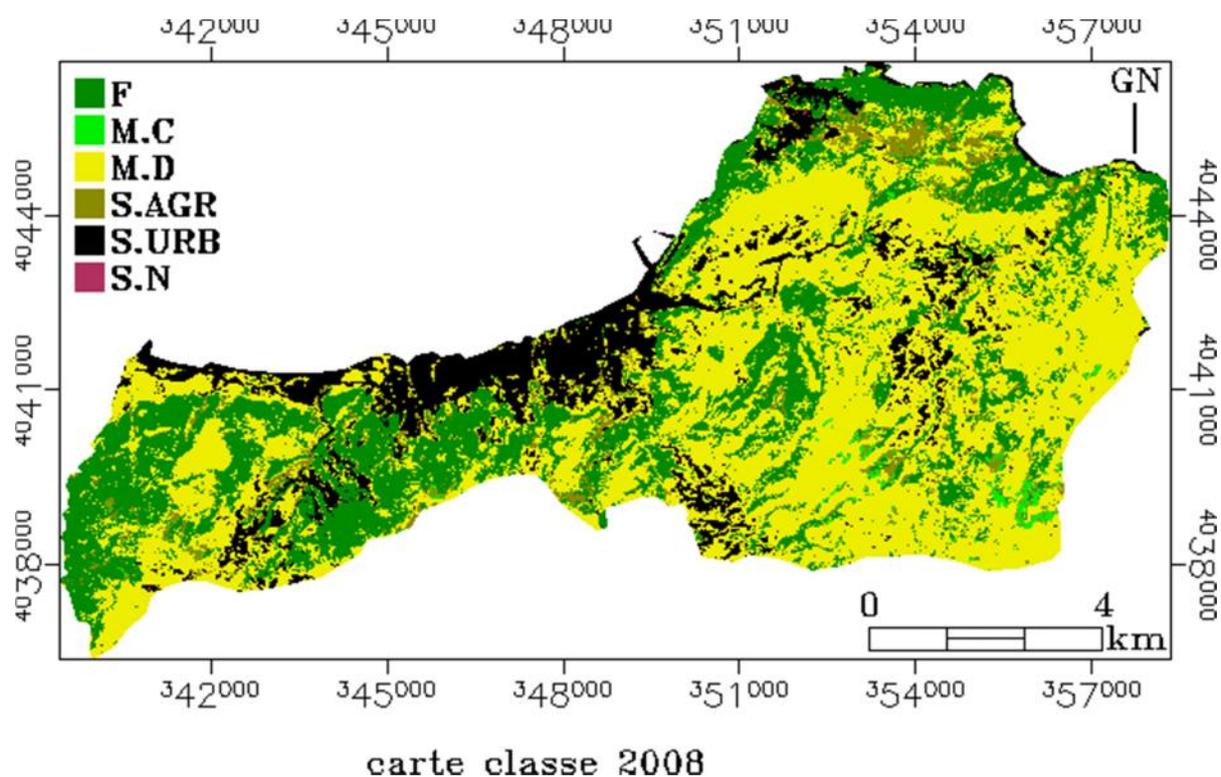


Figure 40 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 2008.

Tableau 19: Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (TM5) 2008.

Classe	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Forêts	2680.11	29.35
Maquis denses	4701.51	51.48
Maquis clairs	69.66	0.76
Surface Agricole	446.94	4.89
Surface urbanisée	1231.02	13.48
Sol nu	1.80	0.01
Totale	9131.04	100

D'après la figure n° 41 et le tableau 19, on remarque une augmentation des forêts, maquis denses et surface urbanisée par rapport à l'année 2006, respectivement 29.35 %, 51.48 % et 13.48 % de la superficie de la zone d'étude au lieu de 26.65 %, 30.36 % et 13.37% en 2006, alors que le pourcentage de surface agricole, sol nu diminue à 4.89 % , 0.01%.

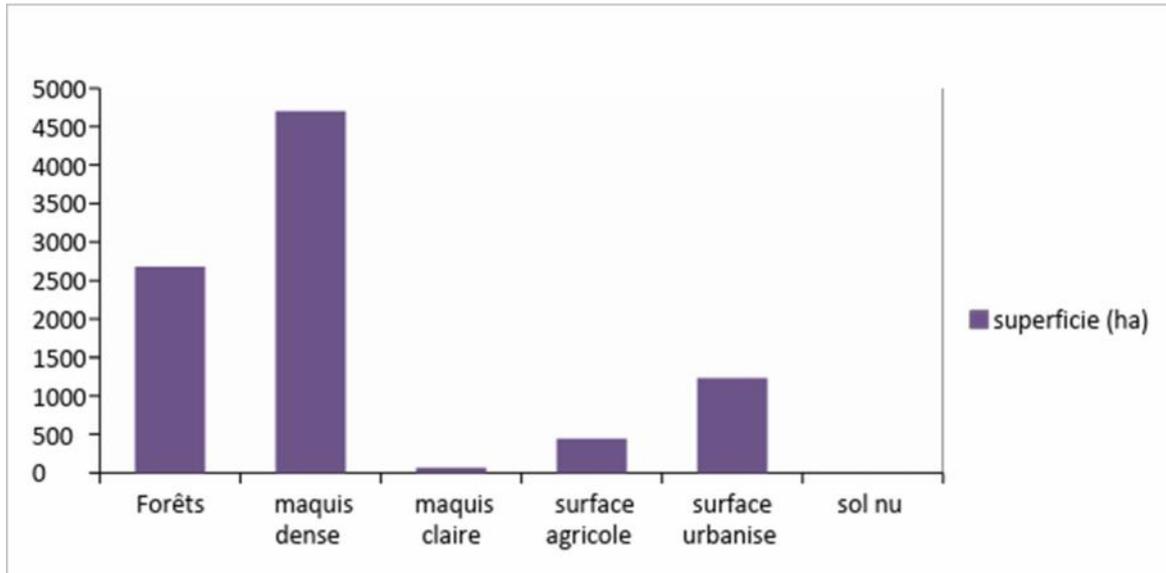


Figure 41: Histogrammes des superficies des classes de l'image 2008.

2.4.1. Dynamique du couvert végétal entre 2006 et 2008

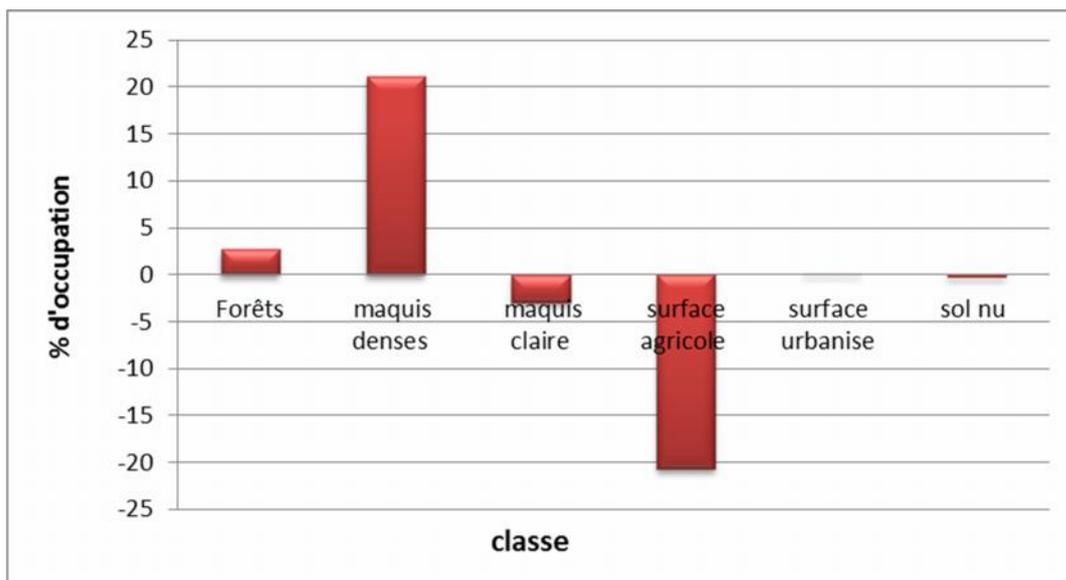


Figure 42 : Dynamique du couvert végétal, scène « 2006 - 2008 »

Pour cette scène, on note une augmentation des surfaces occupées par les maquis denses (+21.12%), forêts (+2.69%) et surface urbanisée (+0.1%), et une diminution des Surfaces occupées par les maquis clairs (-2.9%), surface agricole (-20.7%) et sol nu (- 0.3%).

2.5. Image satellitaire LANDSAT2010

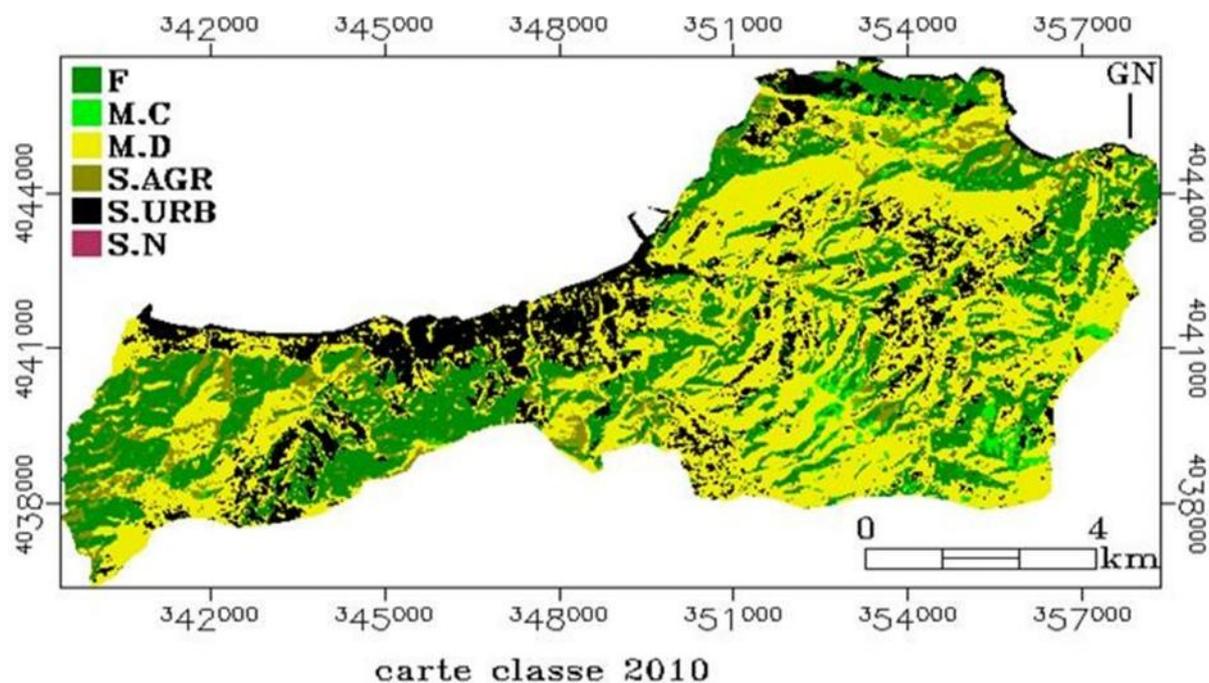


Figure 43 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 2010

Tableau 20 : Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (TM5) 2010

Classe	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Forêts	2520.36	27.60
Maquis dense s	4298.31	47.07
Maquis clairs	193.59	2.12
Surface Agricole	656.19	7.18
Surface urbanisée	1462.50	16.01
Sol nu	0.09	0.00
Totale	9131.04	100

D'après le tableau 20 et la figure n°44, on constate une régression des surfaces occupées par les forêts et maquis denses par rapport à l'image classée de la campagne précédente, l'autre type de classes comme les maquis clairs, surface agricole et surface urbanisée, on remarque une augmentation avec les pourcentages 2.12% , 7.18% et 16.01% . Le pourcentage de sol nu est constant.

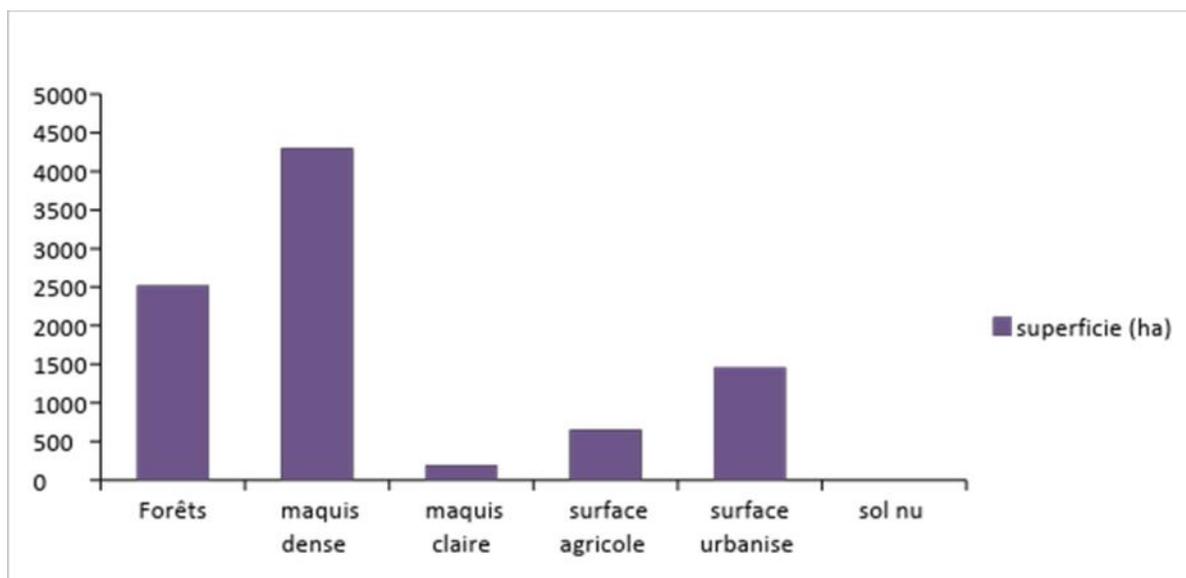


Figure 44: Histogrammes des superficies des classes de l'image 2010

2.5.1. Dynamique du couvert végétal entre 2008 et 2010

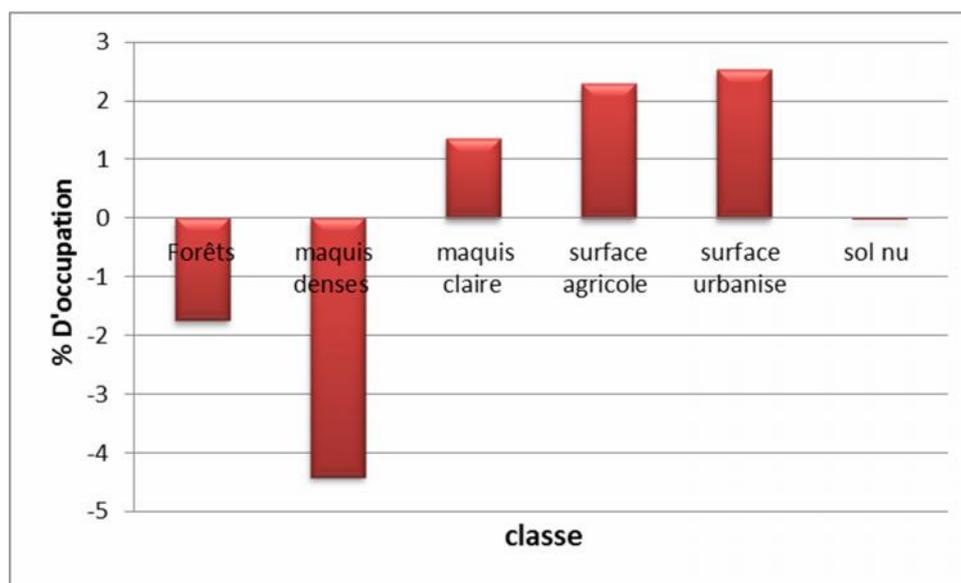


Figure 45: Dynamique du couvert végétal, scène « 2008- 2010 »

Cette scène se caractérise par une progression des maquis clairs (+1.35 %), surface agricole (+2.29 %) et surface urbanisée (+2.53 %), et une dégradation des surfaces forestières (-1.74%), maquis denses (-4.41 %) et sol nu (-0.01 %).

2.6. Image satellitaire LANDSAT 2011

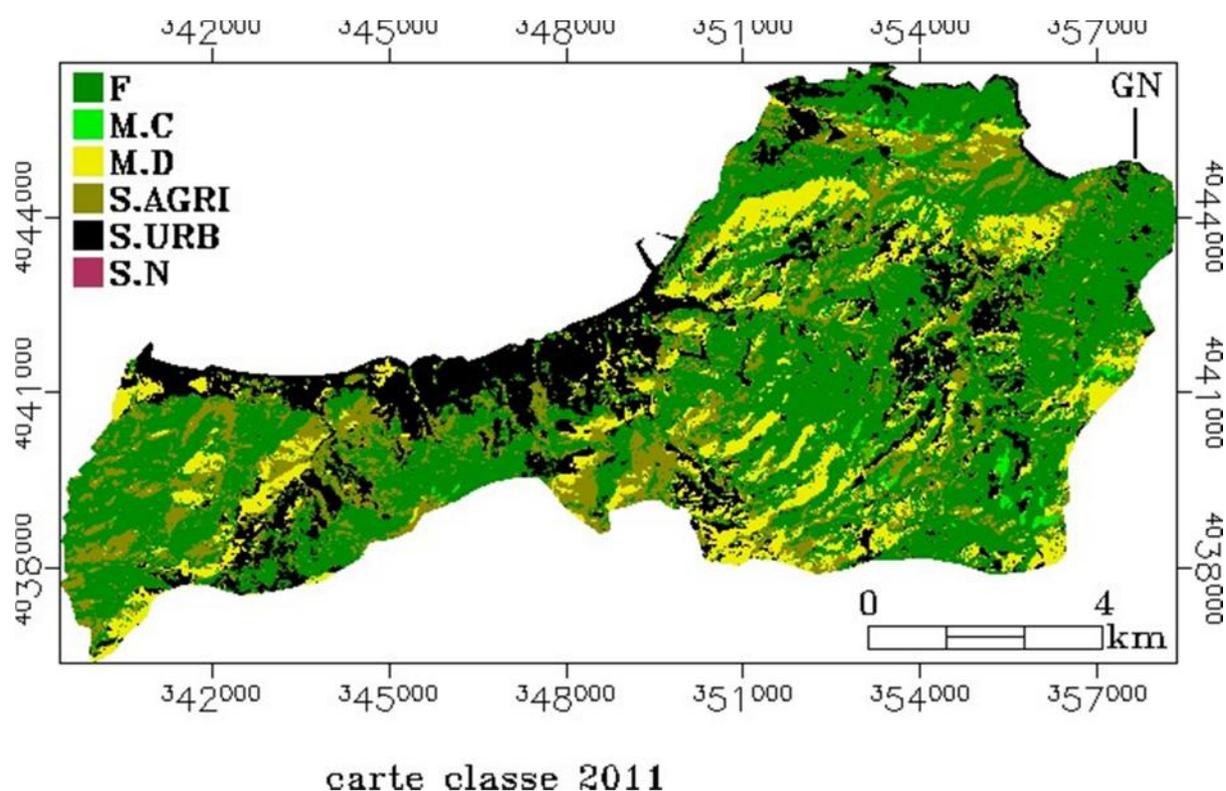


Figure 46: Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 2011

Tableau 21: Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (TM5) 2011.

Classe	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Forêts	4579.65	50.15
Maquis denses	1206.36	13.21
Maquis clairs	58.77	0.64
Surface Agricole	1612.44	17.65
Surface urbanisée	1673.19	18.32
Sol nu	0.63	0.00
Totale	9131.04	100

On remarque d'après le tableau 21, un léger gain en surfaces pour les forêts par rapport à l'année 2010. Le pourcentage de forêts devient 50.15 % de la superficie totale au lieu de 27.60 % en 2010, alors que les pourcentages des maquis denses et clairs ont diminué.

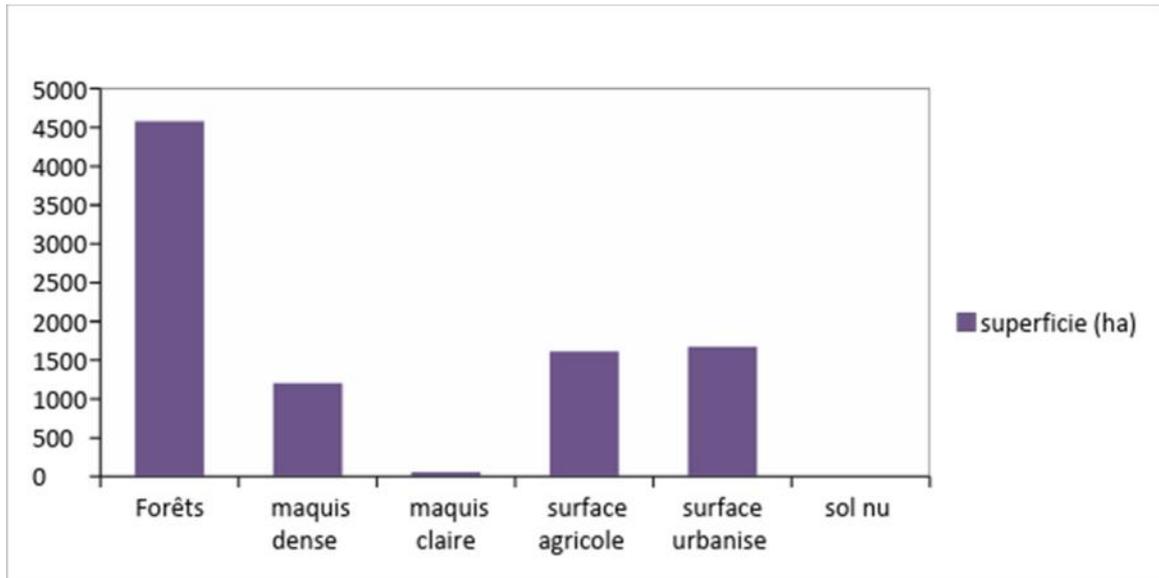


Figure 47: Histogramme des superficies des classes de l'image 2011

2.7. Image satellitaire LANDSAT 2013

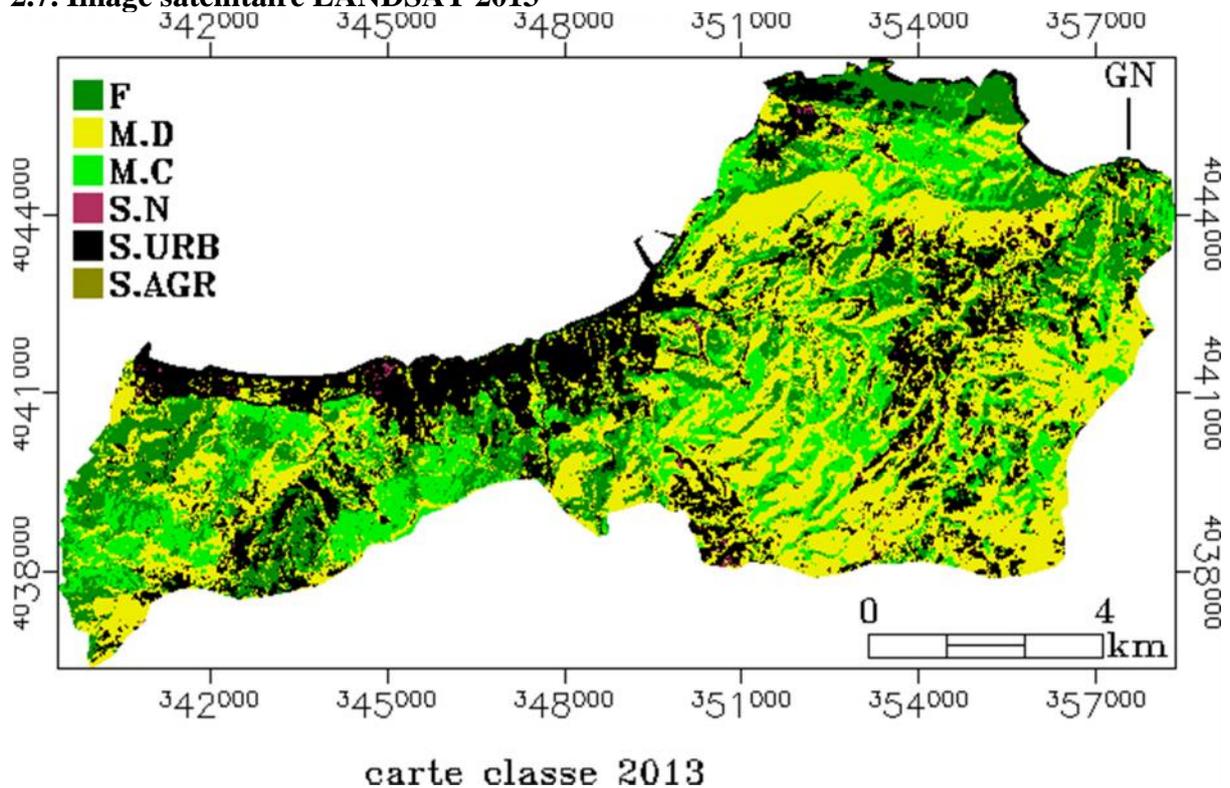


Figure 48 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 2013

Tableau 22 : Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (TM5) 2013

Classe	Superficie (ha)	Pourcentage(%)
Forêts	1949.31	21.34
Maquis denses	3557.88	38.96
Maquis clairs	1539.81	16.86
Surface Agricole	8.46	0.09
Surface urbanisée	2035.71	22.29
Sol nu	39.87	0.43
Totale	9131.04	100

A partir du tableau 22, on note la réduction des superficies forestières et surface agricole, avec 21.34 % et 0.092% en 2013, c'est les maquis denses qui marquent leurs dominances (38.96 %), les autres classes couvrent de petites surfaces. Les résultats obtenus juste après l'incendie (image 2013) sont illustrés par les figures 49.

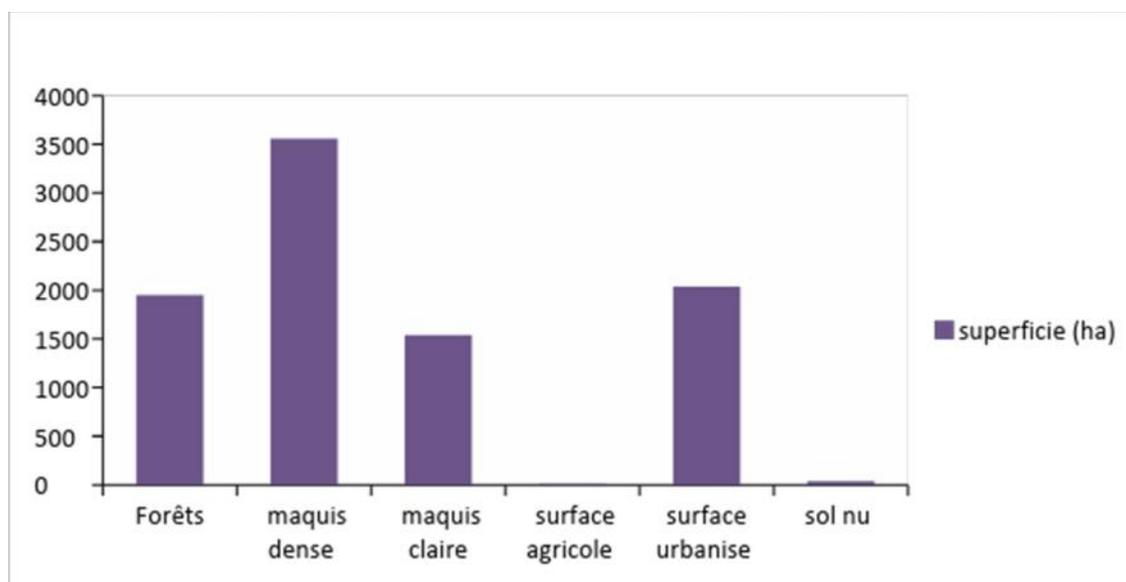


Figure 49 : Histogramme des superficies des classes de l'image 2013

D'après cette figure, on note une évolution des maquis denses (+25%), maquis clairs (+15%), surface urbanisée (+3,5%) et sol nu (+0.1%), de l'autre côté, on observe la

diminution des surfaces forestières (-29%) et surface agricole(-17%).

2.7.1. Dynamique du couvert végétal entre 2011 et 2013

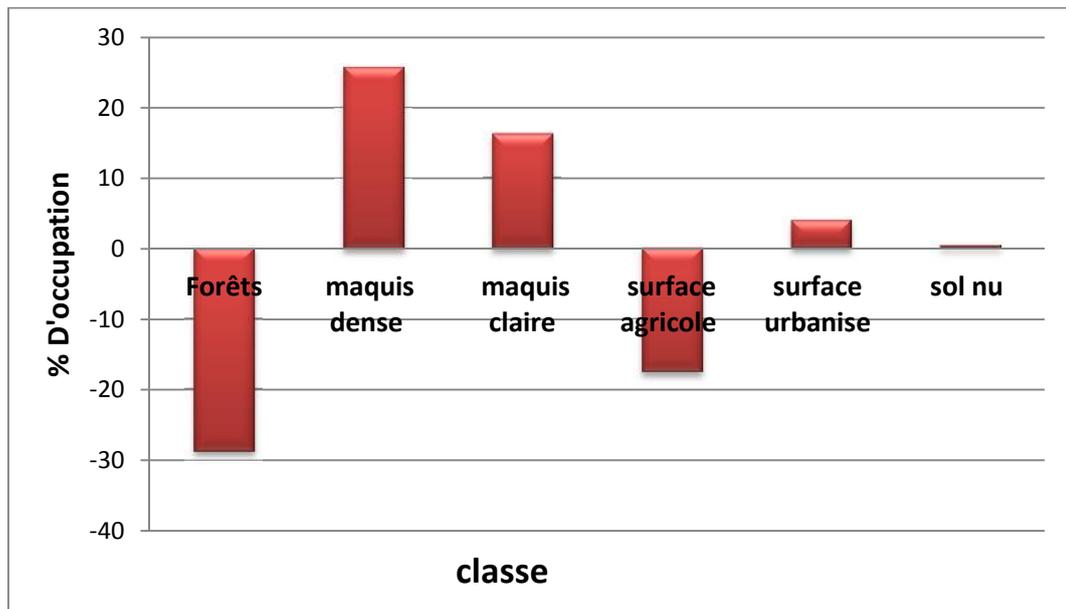


Figure 50: Dynamique du couvert végétal, scène « 2011- 2013»

À partir de cette figure, on Remarque que les maquis clairs et maquis dense gagnent en surfaces (+25.75% et +16.21%), alors que qu'on enregistre une grande diminution des forêts (-28.8%), surface Agricole (-17.56%) . et petit augmentation dans le sol nu (0.42%).

2.8. Image satellitaire LANDSAT2017

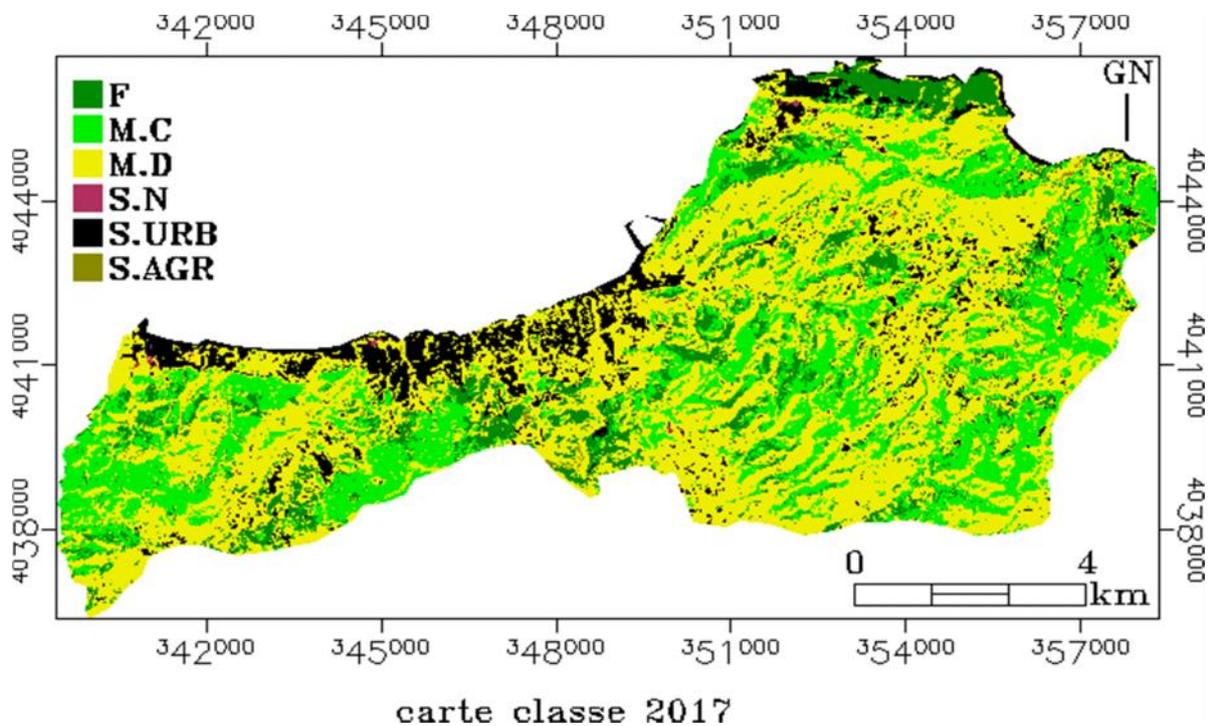


Figure 51 : Carte classée (Maximum Likelihood) de l'image 2017

Tableau 23: Résultats de la classification pour l'image LANDSAT (TM5) 2017

Classe	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Forêts	1169.10	12.80
Maquis denses	4812.12	52.70
Maquis clairs	2296.08	25.14
Surface Agricole	27.36	0.29
Surface urbanisée	811.89	8.89
Sol nu	14.49	0.15
Totale	9131.04	100

L'analyse du tableau nous montre que les maquis denses représentent une grande surface avec un 52.70 %, par contre les autres classes comme les forêts, surface agricole et sol nu ont perdu en surface (12.80 %, 8.89% et 0.15%) (Figure 52).

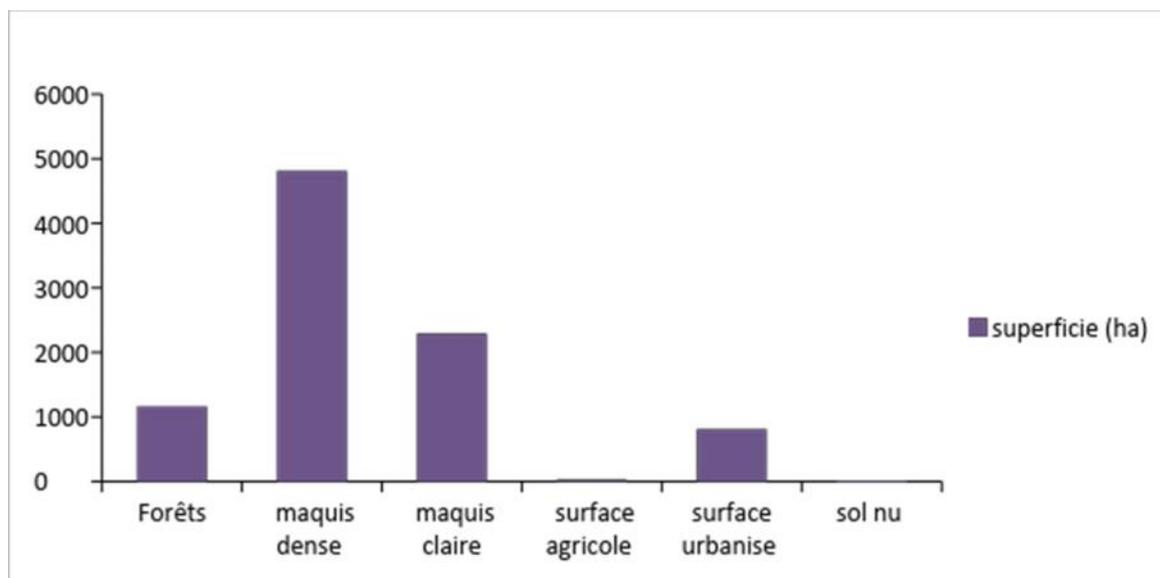


Figure 52 : Histogramme des superficies des classes de l'image 2017.

2.8.1. Dynamique du couvert végétal entre 1999 et 2017

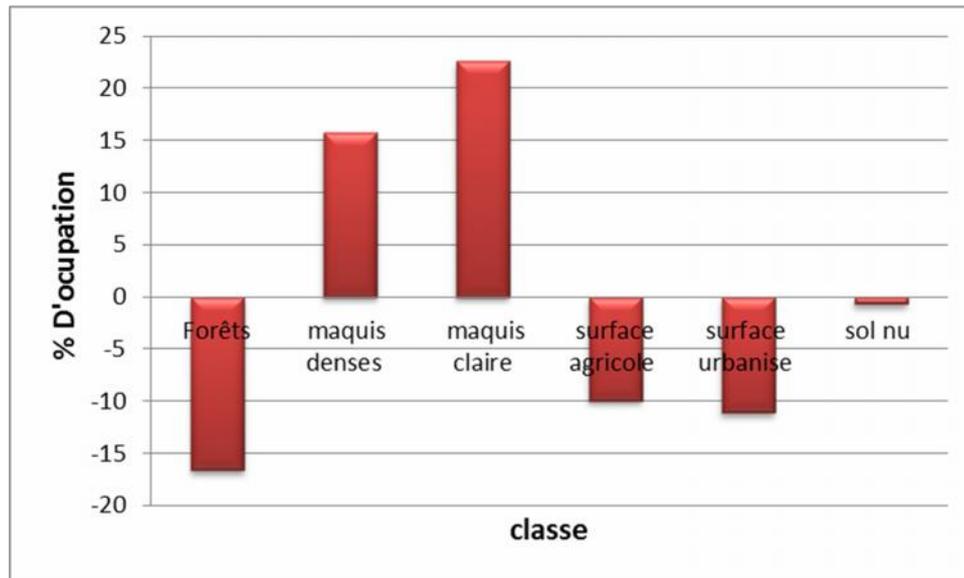


Figure 53: Dynamique du couvert végétal, scène « 1999- 2017 »

À partir de cette figure, on remarque que les maquis clairs et maquis denses gagnent en surfaces (+23% et +16%), alors que qu'on enregistre une diminution des surfaces forestières (-17%), surface agricole (-10%) et sol nu(-0.2%).

V.3.Etat actuelle de la Forêts

A Travers le tableau 24 et figure 54, on note une perte en surfaces forestières entre 1999 et 2017, 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 Ténès 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 1999 et 2017.

Classe	Surface en 1999 (ha)	Surface en 2017 (ha)	Évolution en (ha) de 1999 à 2017
Forêts	2685.87	1169.10	-1516.77
Maquis dense	3376.44	4812.12	1435.68
Maquis claire	230.44	2296.08	2065.64
Surface agricole	935.73	27.36	-908.37
Surface urbanise	1824.84	811.89	-1012.95
Sol nu	77.76	14.49	-63.27

V.4.Comparaison des superficies

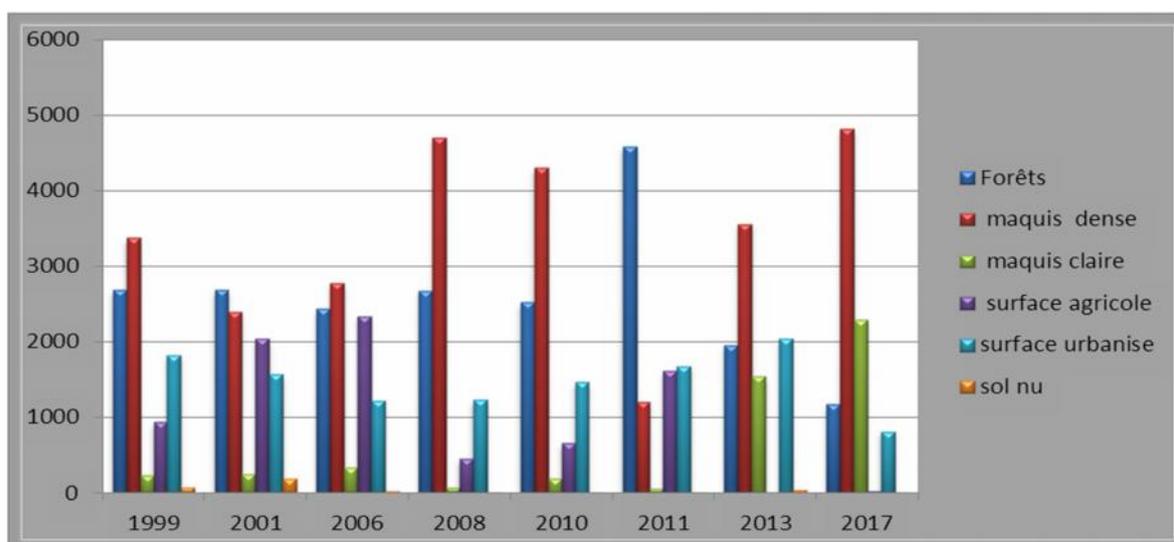


Figure 54: Histogramme des superficies par classes « 1999-2017 ».

L'étude de la Dynamique des surfaces forestière le long de 18 années par les incendies se résumé comme suit:

- Réduction de surface forestière (-16.6%);
- Augmentation des maquis dense (+15.72%);
- Accroissement des maquis Claire (+22.61%);
- Diminution de la surface agricole (-9.95%);

- Régression de surface urbanisée (-11.09%);
- Réduction du sol nu (-0.69%).

V.5. Politique de la lutte contre les incendies de forêt dans la commune de Ténès

La conservation des forêts de Ténès a mis en place un dispositif opérationnel sur les points de vue suivants:

5.1. Sur le plan sensibilisation

Etant donné que la plus part des feux sont provoqués par l'homme ou ses activités ; Les actions de sensibilisation sont donc essentielles pour la prévention. Elles se complètent avec celles de la formation, d'éducation et d'information; Elles s'adressent au grand public, aux jeunes en âge scolaire, aux agriculteurs, aux riverains de la forêt, aux élus, aux administrations et autres organismes. Les actions de sensibilisation sont d'une importance capitale, on peut citer :

Emissions radiophoniques : durant la période d'étude 2010 - 2016, il a été animé 83 émissions radiophoniques. La plus part de ces émissions ont été animés hors Avril et Mai.

Conférence et journées portes ouvertes sur l'Administration forestière : les services de la conservation des forêts ont organisé.

5.2. Sur le plan réglementaire

Six (06) arrêtés ont été promulgués par le wali relatifs à la campagne en cours, il s'agit de (CDF):

- Arrêté N°427 du 27/03/2017 portant ouverture de la campagne de protection des forêts contre les incendies.
- Arrêté N°428 du 27/03/2017 portant constitution et installation de la commission de wilaya pour la protection des forêts contre les incendies.
- Arrêté N°429 du 27/03/2017 portant constitution et installation du comité opérationnel permanent de wilaya pour la protection des forêts contre les incendies.
- Arrêté N°430 du 27/03/2017 portant constitution et installation du comité opérationnel -de daïra pour la protection des forêts contre les incendies.

- Arrêté N°431 du 27/03/2017 portant constitution et installation du comité opérationnel de commune pour la protection des forêts contre les incendies.
- Arrêté N°432 du 27/03/2017 portant création des postes vigies pour la lutte contre les incendies au niveau de la wilaya.

5.3. Le réseau tranché pare-feu

La superficie du réseau TPF est de 170 ha pour une superficie forestière totale.

Tableau 25 : Etat récapitulatif des tranchées pare-feu

Commune	Nom de la forêt	Superficie TPF (ha)	Etat des tranches par feux
Ténès	Tifles	45 ha	35 ha
	Tigharghar	62 ha	62 ha
	Oued el –Amri	63 ha	4 ha

Source : CFT (2018)

Le tableau n° 25 donne une indication sur l'état des infrastructures existantes (tranché pare-feu) au niveau de la commune Ténès, le tableau montre que la superficie du réseau des tranchées par feux au niveau de cette zone nécessite des travaux de nettoyage et d'aménagement 101ha.

5.4. Les postes de vigie

La durée d'observation est comprise entre le début de juillet et la fin d'octobre. En fonction des conditions météorologiques, le dispositif est modulable dans le temps. La surveillance est assurée de 10 h à 18 h, Le Tableau 26, représente l'état du réseau de poste de vigie dans la commune.

Chapitre V : Résultats et discussions

Tableau 26 : Etat récapitulatif des postes de vigie

Commune	Lieu-dit	Zone surveiller	Moyen de Liaison	Forestiers
Ténès	FD Ténès	Riacha Chaarir O/el-Amri Tifeles Sidi Merouane Tigharghar	Radio	03

Source : CFT (2018)

5.5.Le réseau de points d'eau

La CFT indique l'existence de 48 points d'eau avec un volume de 100 m³ (tableau 27).

Tableau 27 : Etat récapitulatif des Points d'eau

Lieu	D'eau N°	Longueur	Latitude	Altitude	Débit	Volume
Pépinière forêt	48	377.5	358.4	100 m	40 l/s	100 m ³

Source : (CFT, 2018)

Conclusion générale

La forêt domaniale de Ténès, fait partie du domaine forestier national algérien. Avec une superficie totale de (2081 ha), cette forêt est située dans la Wilaya de chlef. Elle est composée essentiellement par un peuplement de pin d'Alep avec présence d'autres formations forestières, telle que : Chêne liège, Thuya de berbérie et Lentisque...on note aussi la présence de l'arboriculture fruitière et rustique.

Les incendies de forêts ravagent annuellement des étendues considérables dans la commune de Ténès. Durant la période « 1999 – 2017 » 977,3 ha ont été disparues. L'analyse du bilan des incendies de forêts dans la région d'étude montre que durant l'année 2012, les forêts sont les plus touchées, la perte était de 240,5 ha.

L'analyse des 8images satellitaires classées (forêts, maquis dense, maquis claire, surface agricole, surface urbanise, sol nu) montre que la forêt de Ténès a enregistré une régression des surfaces forestières -1516.77 ha (-16.6 %) et un accroissement des maquis denses et clairs (38.33%) (Forme dégradée de la forêt), avec un pic pour l'année 2012 (240.5 ha). 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.

Enfin, dans la forêt de Ténès nous avons constaté à travers cette étude, absence des infrastructures touristiques, cynégétiques et les panneaux d'affiche feu de forêt ; d'où on propose l'installation de ces équipements pour avoir une gestion durable de cette forêt.

A vu de cette étude, certaines recommandations s'avèrent nécessaires, afin de minimiser les dégâts (perte) de la forêt de Ténès et de mettre en place un dispositif de surveillance :

- Améliorer la prévention ;
- Lutter contre le déboisement anarchique, l'exploitation illégale,
- Développer un programme national de paiement pour les services environnementaux (PSE).
- Placer un plan d'aménagement forestier pour une garantie rationnelle et durable des ressources forestières.
- Lutter contre les incendies.

- Les travaux préventifs consiste à l'aménagement des pistes, tranchées par feux, points d'eau et postes vigies, assainissement de forêts, débroussaillage le long des routes, chemins de fer et sous les lignes de haute tension etc...
- Reboisement des maquis dégradés.
- L'information et la sensibilisation du public et surtout les jeunes par les panneaux, les prospecteurs, les conférences et les émissions radios et télévisées etc. ...

*Références
bibliographiques*

Références bibliographies

A

- **ABDELBAKI A ,2012**-Utilisation des SIG est télédétection dans l'étude de la dynamique du couvert végétal dans le sous bassin versant d'oued bouguedfine (wilaya de chlef).Thèse magister .univ.Hassiba ben Bouali –chlef.13, 23, 25p
- **ABDI S., 2014** -Contribution à l'étude de la gestion des risques d'incendies de forêts dans la Wilaya de Tlemcen.26p.thèse master en forestière .uni Abou bekrbelkaid-tlemcen.26p
- **AMAR B., 2015**- le reboisement de chêne liège dans l'Ouest algérien : bilan et perspectives d'amélioration, thèse Magister en forestiere.univ Abou bekrbelkaid-tlemcen.10,38p
- **ARFA A., 2008**- les incendies de forêt en Algérie : stratégies de prévention et plan de gestion, thèse Magister .univMentouri-constantine. 37p ,38p, 51, 55,56,58p
- **ASHOK K M., 2008**-Information to geographiesd'informationSystem. Concept publishingcompany.Firstpublished .Newdelhi.37p
- **ASNOUNI S. ,2017**-Bilan et analyse des incendies de foret dans la Wilaya de Relizane durant la période2010. Thèse Master en forestiere.univ Abou bekrbelkaid 12 p.
- **ASSALI F., ROUCHD M ., AJERAME M .,LAHLOU M .,MHARZI ALAOUI H.,2016**- cartographie du risque d'incendies de forêt dans la région de chefchaouen-Ouazzane (Maroc) .5p

B

- **BEKDOUCHE F., 2010**- Evolution après feu de l'écosystème subéraie de Kabylie (Nord Algérien). Thèse. Doctorat, Univ ; Mouloud MAMMERI, Tizi-Ouzoup16
- **BELHADJ_AISA M., BELHADJ _AISA A, SMARA Y ., 2003**- applicationdes SIG et télédétection dans la gestionde feu de forêts en Algérie .6p
- **BELKAID H., 2016**- Analyse spatiale et environnementale du risque d'incendie de forêt en Algérie cas de la Kabylie maritime .Univ de Nice - Sophia Antipolis23, 80,223p
- **BENDERADJI M, AL ATOU DJ ., ARFA A 2004 .,** bilan des incendiées de forêt dans l'extrême nord –est algérien : le cas de Skikda , Annaba et el-Tarf,36.p
- **BENTOUNSI M.,2017**- Etude diachronique par télédétection de la dégradation des Ghots et l'extension des cultures irriguées dans la wilaya d'El Oued. 13-14 p .UNIV Mentouri- Constantine
- **BORSALIM. ,2013**- contribution à l'évolution de l'impact de l'incendie sur l'écosystèmeforestier : casdu foret de fémouane, communed'Ain el hadjer, wilaya Saida (Algérie) thèse doctorat univ Abou bekrbelkaid–Tlemcen5.P

Références bibliographies

- **BRAHIM I., 2017-**cartographir et répartition de chêne vert dans la forêt de Sdamas Chergui (commune de Merdroussa, wilaya de Tiaret. Thèse de Master.univ.Abou bekrbelkaid-tlemcen.20.21p

C

- **CHERIFI M., 2017-** étude de la reprise végétative du chêne liège(Quercus Suber l.) Et mode de gestion après incendies de 2015-2016. Casdu foret de zariffet (wilaya de Tlemcen) thèse Master en forestiere.univ. Abou bekrbelkaid -Tlemcen 10P
- **CHRISTOPHE B ,2010-** Caractérisation et cartographie des interfaces habitat-forêt Prévention des risques d'incendies de forêt - Guide méthodologique,10p
- **CLAUDE K 2004** –la télédétection AERO –Spatiale : une introduction professeure école normale supérieur paris 22,23P
- **CONSERVATION DES FORETS**, Ténès2017

D

- **DOUAOUI A., 2005.** Variabilité spatiale de la salinité et sa relation avec certaines caractéristiques des sols de la plaine du bas- Cheliff: Apport de la géostatistique et de la télédétection. Doctorat d'état, INA, Alger, 230p.
- **DOUETTE., 2001-**Etude de la caractérisation de paysage à l'échelle régionale. Mémoired'ingenieur.ENESAD.117P

F

- **FALEH A, LAKHEUAJA H, SADIKI A, CHAAOIANE J., 2012** –SIG, télédétection et évolution du risque d'incendie de forets « exemple du massif forestiers » (province de chaine). Univ sidi Moh.B.A.sis(Maroc). 39p
- **FAO ., 2001** Protection des forêts contre incendie (fiche technique pour pay bassin méditerrané) 4. 7.P
- **FAO. ,2013-**Etat de foret méditerranéenne .54p
- **FAOUR G, BOUKHEIR R & DARWISH A., 2006-** Méthode globale d'évaluation du risque d'incendie de forêt utilisant la télédétection et le SIG : Cas du Liban. Centre de télédétection,366P
- **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

Références bibliographies

G

- **GHERABI B, 2013-** contribution à l'étude de la reprise végétative chêne liège après incendie cas de la forêt de zariffet (wilaya de Tlemcen). 10p
- **GUENDOUL M. ,2011**Application du SIG et la télédétection à la protection des forêts contre les incendies : cas du secteur de Tala Rana (Parc National duDjurdjura) ingénieurforestière .écolesupérieurAgronomie -Harrach7, 8, 11, 13,14p

H

- **HABERT E.**, Qu'est-ce qu'un système d'information géographique?., Laboratoire de cartographie appliquée. Institut de recherche pour le développement. France.,13p.
- **HEDIDI DJ., 2010-**impacts les facteurs climatique sur la dégradation de la forêt des djebelSaadia, thèse Magister.univ.hassiba ben bouali.chlef.03p

I

- **IMESSAOUDENE N., 2012-**Utilisation de la télédétection pour la cartographie géologique du massif des Eglab et de sa bordure sédimentaire (Sud-Ouest algérien) Exemple de la feuille de Mokrid .Thèse master géologie en ingénieur.univ.Ferhat Abbas–setif.6p

J

- **JAPPIOT M., 1999-**Analyse du risque et cartographie « les bases de données sur les feux de forêts en région méditerranéenne, utilisations et enseignement », Tétouan, Maroc.143p
- **JAPPIOT M., 1999-** Evaluation et cartographie du risqué d'incendie de forêt à l'aide d'un SIG : Exemple d'un massif forestier du sud de la France. Atelier « les bases de données sur les feux de forêts en région méditerranéenne, utilisations et enseignement », Tétouan, Maroc,pp.143-148.

K

- **KAREN K. KEMP, 2008.** "Introduction," in *Karen K. Kemp*, ed.,*Encyclopedia of Geographic InformationScience*. ThousandOaks, CA: Sage Publications, 2008. xxv and 558pp.

M

- **MALINGREAU J-P. ,1992-**Le point sur la surveillance par satellite des forets mondiale.
- **M.C.A ,2006(ministère des cotes d'amour)** le risque feu de forêt et de landes,55p
- **M.E.D.D, 2002(ministère de l'écologie du développement durable)** les feux de forêt.3, 5p

Références bibliographies

- **MEDDOUR –S O, BOUISSET C, 2013**-Les grands incendies de forêt en Algérie : problèmes humains et politiques publiques dans la gestion des risques.30-40p
- **MEDDOUR-SAHAR O, MEDDOUR R, DERRIDJ A, .2008**-Le contexte des feux de forêt dans le bassin méditerranéen .2, 3,19,20p
- **MEGREROUCHE R ,2006**-Sensibilité de la végétation forestière aux incendies forestiers dominants de Chettabah-ain smara –constantine. 15 p
- **MEDDOUR-SAHAR O.**, les feux de forêts en Algérie : analyse du risque, étude des causes, évaluation du dispositif de défense et des politiques de gestion10-14p
- **MELLE LAKHEL A**, Etat de récupération sanitaire et mode de gestion de la forêt d'Ifri après incendie,08-09p
- **MERDAS S., 2007**-Bilan des incendies de forêt dans quelques wilayas de l'Est algérien ; cas de Bejaia, Jijel, Sétif et Bordj Bou-Argeridj.20P
- **MIHI A.,2012**- La forêt de Zenadia (haute plaine sétifienne) diagnostic et perspectives de protection. 26p.UNIV Ferhat Abbas sétif
- **MISSOUMI ,TADJEROUNI., 2003**, .SIG et imagerie Alsat1 pour la cartographie du risque d'incendie de forêt

O

- **ONM** :Office National de météorologie2017

S

- **SEGUIN B., 1990**- La température de surface d'un couvert végétal et son état hydrique. Possibilité d'application à la surveillance des forêts par satellite10
- **SOUDAN L.K.2007**-INTRODUCTION GENERALE A La TELEDETECTION Partie : Bases physiques et exemples d'applications aux couverts végétaux.Univ Paris Sud XI .1,p

T

- **TIR E., 2015** –Analyse spatiale et cartographie de la régénération forestière post-incendie dans la wilaya de Tissemsilt.Thèse magister .Abou bekr belkaid 2,17,18P
- **THOMAS D ,MARASTON C , BENDER R ,MENDES DE OLIVIERA C ., 2005**
The epoch of early type galaxy formation as a function of environment the astrophysical journal (2005).620-673p
- **TOMASELLI, 1976**,la dégradation du maquis méditerranéen.in forêt et maquis méditerranéens: écologie conservation et aménagement. Note technique MAB .34p UNESCO. Paris

V

- **VALEZ R., 1999**- Protection contre les incendies de forêt : principe et méthode

Références bibliographies

d'action. CIHEAM, Zaragoza. Options méditerranéenne, Série B : Etudes et recherches, N°26,118p.

Y

➤ **Yann Arthus-Bertrand, 2012.** Paysage végétaux du domaine méditerranéenne .80p

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

Z

➤ **ZAFANE DJ. , BELGACEM A., 2014**-L'évolution de la dynamique spatiale morpho paysages à l'aide de la télédétection optique –cas de plaine de Bas-Chéliff. Thèse Master.UDBKH28p

➤ **ZAOUI M.2013**-Gestion des risques de feu dans le foret de M'silla wilaya d'Oran. Thèse magister en forestiere.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 les model numérique de terrain. thèse Magister .univUHBC.11p

➤ **ZOUAIDIA H., 2006**- Bilan de l'incendie de forêts dans l'Est Algérien : cas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras. Thèse. Magister., Univ. Mentouri, Constantine, Algérie, 36 ,40p

Annexes

Annexes

Tableau: bilan d'incendie Période (1999-2017)

Année	Superficie (ha)
1999	38,56
2000	107,57
2001	65,42
2002	5,1
2003	3,12
2004	17,46
2005	8,27
2006	99,1
2007	171,4
2008	3,7
2009	105,32
2010	12,52
2011	42,52
2012	240,5
2013	2,48
2014	36,99
2015	4,45
2016	6,07
2017	6,75
Totaux	977,3
Moyennes	51,44

Annexes

Tableau: Matrices de confusion de la classification supervisée (pixel) (1999)

Classes	Forêts	maquis dense	maquis Claire	surface Agricole	surface urbanise	sol nu
Forêts	261	0	0	0	0	0
maquis dense	0	269	0	0	0	0
maquis Claire	0	0	329	0	0	0
Surface Agricole	0	0	0	262	0	0
Surface Urbanise	0	0	0	0	256	0
sol nu	0	0	0	0	0	303
Totale	261	269	329	262	256	303

Tableau : Matrices de confusion de la classification supervisée (pixel) (2001).

Classes	Forêts	maquis dense	maquis Claire	Surface Agricole	surface urbanise	sol nu
Forêts	274	0	0	0	0	0
maquis dense	0	256	0	0	0	0
maquis Claire	0	0	258	0	0	0
Surface Agricole	0	0	0	256	0	0
surface urbanise	0	0	0	0	259	0
sol nu	0	0	0	0	0	263
totale	274	256	258	256	259	263

Tableau : Matrices de confusion de la classification supervisée (pixel) (2006)

classes	Forêts	maquis dense	maquis Claire	Surface Agricole	surface urbanise	sol nu
forêts	258	0	0	0	0	0
maquis dense	0	291	0	0	0	0
maquis Claire	0	0	267	0	0	0
surface Agricole	0	0	0	257	0	0
surface urbanise	0	0	0	0	258	0
sol nu	0	0	0	0	0	260
totale	258	291	267	257	258	260

Annexes

Tableau: Matrices de confusion de la classification supervise (pixel)(2008)

classes	Forêts	maquis dense	maquis Claire	surface Agricole	surface urbanise	sol nu
forêts	260	0	0	0	0	0
maquis dense	0	253	0	0	0	0
maquis Claire	0	0	310	0	0	0
surface Agricole	0	0	0	262	0	0
surface urbanise	0	0	0	0	261	0
sol nu	0	0	0	0	0	258
totale	260	253	310	262	261	258

Tableau: Matrices de confusion de la classification supervise (pixel)(2010)

classes	forêts	maquis dense	maquis Claire	surface Agricole	surface urbanise	sol nu
forêts	273	0	0	0	0	0
maquis dense	0	262	0	0	0	0
maquis Claire	0	0	281	0	0	0
surface Agricole	0	0		257	0	0
surface urbanise	0	0	0	0	256	0
sol nu	0	0	0	0	0	395
totale	273	262	281	257	256	395

Tableau: Matrices de confusion de la classification supervise (pixel)(2011)

Classes	Forêts	maquis dense	maquis Claire	surface Agricole	surface urbanise	sol nu
Forêts	270	0	0	0	0	0
maquis dense	0	257	0	0	0	0
maquis Claire	0	0	312	0	0	0
Surface Agricole	0	0	0	268	0	0
surface urbanise	0	0	0	0	256	0
sol nu	0	0	0	0	0	259
totale	270	257	312	268	256	259

Annexes

Tableau: Matrices de confusion de la classification supervise (pixel)(2013)

classes	Forêts	maquis dense	maquis Claire	surface Agricole	surface urbanise	sol nu
forêts	369	0	0	0	0	0
maquis dense	0	343	0	0	0	0
maquis Claire	0	0	257	0	0	0
surface Agricole	0	0	0	278	0	0
surface urbanise	0	0	0	0	257	0
sol nu	0	0	0	0	0	277
Totale	369	343	257	278	257	277

Tableau: Matrices de confusion de la classification supervise (pixel) (2017)

classes	Forêts	maquis dense	maquis Claire	surface Agricole	surface urbanise	sol nu
forêts	310	0	0	0	0	0
maquis dense	0	267	0.	0	0	0
maquis Claire	0	0	278	0	0	0
surface Agricole	0	0	0	268	0	0
surface urbanise	0	0	0	0	259	0
sol nu	0	0	0	0	0	289
totale	310	267	278	268	259	289