

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université D'Oran 2

FACULTE DES SCIENCES DE La TERRE ET GEOGRAPHIE ET AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

Département : Géographie et aménagement du territoire



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présente pour l'obtention du Diplôme de Master

Spécialité : Hydrologie, Climatologie et territoire

Thème

Les mutations des espaces forestiers dans la wilaya d'Oran par télédétection

Réalisée par:

M^{me} :BENSAFI Chemssa

Soutenu le 26/06/2023, devant la commission d'examen :

Mme Caïd .N	M.C.B	Université d'Oran	Examineur
Mme Ait Menguallet Z.	MAA	Université d'Oran	Rapporteur
Mr Mansour .dj	Chercheur	CTS	Co. Encadreur
Mme Diaf.A	MAA	Université d'Oran	Président

Année Universitaire : 2022.2023

REMERCIEMENTS

Je rends grâce à Dieu, le Tout-Puissant, le Miséricordieux, qui nous a accordé l'opportunité, la volonté, la patience et le courage nécessaires pour mener à bien ce travail.

En arrivant à la fin de ce travail, j'exprime ma profonde gratitude à tous ceux qui, par leur précieuse contribution, ont rendu possible la réalisation de ce projet.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Mme AIT MENGUELLAT Z. pour avoir accepté de superviser ce mémoire avec une grande attention et dévouement. Je suis extrêmement reconnaissante de sa disponibilité, de sa bienveillance et de son soutien constant, ainsi que de son intérêt constant pour le sujet du mémoire. Je lui suis énormément reconnaissant(e) pour le contenu du travail présenté, pour ses critiques constructives et son aide précieuse face aux obstacles rencontrés. Sa gentillesse, ses qualités humaines, ses encouragements et sa confiance ont été d'une grande valeur pour moi.

J'aimerais exprimer mes sincères remerciements à Mr. Mansour Djamel . Pour son aide précieuse, sa gentillesse et ses encouragements.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Mme Caïd N. et Mme Diaf A. pour avoir accepté de consacrer leur temps et leur expertise à évaluer ce travail. Leur engagement et leur participation ont été un honneur pour moi.

Je tiens également à exprimer ma gratitude envers les enseignants du département de géographie et aménagement du territoire.

Je tiens à accorder une mention toute particulière à la Conservation des Forêts d'Oran pour avoir généreusement mis à notre disposition toutes les données nécessaires à notre recherche. Je tiens également à remercier le Centre des Techniques Spatiales (CTS) pour leur précieuse aide et leur expertise dans le domaine de la télédétection. Leur contribution a grandement enrichi notre étude et nous leur sommes reconnaissants pour leur assistance.

Je remercie toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Un immense merci à mes parents et mon mari.

Dédicaces

Je tiens à dédier ce travail :

À mes chers parents (Fouzia et Aziz), vous êtes ma source d'inspiration constante et ma plus grande fierté. Votre amour inconditionnel, votre soutien indéfectible, vos sacrifices, Votre confiance en moi et votre encouragement ont été les piliers de ma réussite.

À mon mari, mon soutien constant (Aziz), ta présence indéfectible et ton encouragement sans faille et ta compréhension ont été les piliers de cette réalisation.

A ceux qui me sont les plus chers plus que tout au monde, mes grands-parents (Aissa et Zohra)

A la mémoire de mon défunt grand-père (Boudahri mohammed)

A mes chères sœurs : Samira et Fatima

A mes frères : Mohamed islam, Oussama et Sami.

A ma petite sœur : Zahra

À mes petits frères : Issam, Housseem Eddine, Mohamed et Adem.

A toute ma famille.

A tous qui m'ont connu de près ou de loin.

Liste des figures

Fig. n°01: <i>Principales formations forestières d'Algérie(DGF, 2018)</i>	6
Fig. n°02: <i>Répartition des forêts en Algérie du Nord (DGF 2018)</i>	7
Fig. n°03: <i>Carte des groupes de végétation(FAO)</i>	8
Fig. n°04: Répartition de la Superficie forestière par formation.....	10
Fig. n°05: Répartition de la superficie par essence wilaya d'Oran	11
Fig. n°06: Le degré de gravité en % dans les pays du bassin méditerranéen (modifié, Meddour-sahar,2014).....	14
Fig. n°07: superficie des incendies par formation végétale.....	15
Fig. n°08: Evolution annuelle des nombres de feux et des superficies parcourues par le feu en Algérie (1985-2010).....	16
Fig. n°09: répartition des incendies par région en Algérie(2008-2017).....	17
Fig. n°10: Les superficies incendiées par type d'essences en Algérie (Période 2008-2017)Source : (DGF 2018).....	18
Fig. n°11: Surfaces totales incendiées et nombre de feux dans la wilaya d'Oran entre 2000 et 2018.....	19
Fig. n°12: Carte de situation géographique d'Oran.....	22
Fig.n13 : communes de la willaya d'oran	24
Fig. n°14: <i>Carte des zones homogènes de la wilaya d'Oran</i>	26
Fig n°15 : Carte hypsométrique de la wilaya d'Oran.....	27
Fig n°16 : Les moyennes annuelles et mensuelles de pluies relatives aux données Seltzer (1913-1938)	29
Fig. n°17: Répartition des précipitations moyennes mensuelles aux données de fr.Tutiempo (1994-2020) pour la station d'Es-Senia.....	29
Fig. n°18: Répartition des températures moyennes mensuelles d'Es-Senia 1913_1938..	30
Fig. n°19 : Répartition des températures moyennes mensuelles d'Es-Senia 1994_20.....	31
Fig. n°20: Climagramme d'Emberger de la région D'Oran (1913-1938) / (1994-202...)	32
Fig n°21 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la station de Es séni pour la période (1913.1938).....	33
Fig n°22: Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la station de Es sénia pour la période (1994-2020).....	33
Fig. n°23: Les capteurs.....	39

Fig. n°24: Le spectre.....	41
Fig. n°25 : USGS Earth Explorer.....	46
Fig. n°26: L’approche menée pour détection des mutations de l’espace forestier.....	48
Fig. n°27 : Méthodologie de correction atmosphérique.....	50
Fig. n°28 : Image landsat TM d’Oran 1987.....	51
Fig. n°29 : Image landsat OLI d’Oran 2017.....	52
Fig. n°30 : Limites forestiers de la wilaya d’Oran.....	53
Fig n°31: NDVI d’image 1987.....	54
Fig n°32 : NDVI d’image 2017.....	54
Fig. n°33 : Carte d’occupation du sol 1987.....	56
Fig. n°34 : Carte d’occupation du sol 2017.....	57
Fig. n°35 : Carte des changements.....	58
Fig. n°36 : Evolution des surfaces des classes.....	59
Fig. n°37 : Les différentes strates du combustible.....	61

Liste des tableaux

- Tableau n° 01:** Superficie forestière par formation
- Tableau n° 02:** Superficies brûlées par formation 2008-2017 Algérie
- Tableau n° 03:** Impact des feux de forêts par régions 2008-2017
- Tableau n° 04:** Daïra et Nombre de communes
- Tableau n° 05:** série stratigraphique dans la wilaya d'Oran
- Tableau n° 06:** Les moyennes annuelles et mensuelles de pluies relatives aux données Seltzer (1913-1938)
- Tableau n° 07:** Les moyennes annuelles et mensuelles de pluies relatives aux données exploitées à partir du site fr.Tutiempo (1994-2020) pour la station d'Es-Senia.
- Tableau n° 08:** Les moyennes mensuelles des températures (1913/1938)
- Tableau n° 09:** les moyennes mensuelles des températures 1994-2020
- Tableau n° 10:** tableau récapitulatif du bilan hydrique (1913-1938)
- Tableau n° 11:** tableau récapitulatif du bilan hydrique (1994-2020)
- Tableau n° 12:** Caractéristique des images utilisées
- Tableau n° 13:** statistiques des changements

الملخص

الجزائر، مع تنوعها البيو جغرافي وأماكنها الغابية الهشة التي تواجه تغيرات وضغوطاً بشرية تهدد سلامتها. الحرائق الغابية وتغيرات المناخ وقطع الأشجار هي من بين الأسباب الرئيسية لهذه التغيرات. ولاية وهران في الجزائر لا تقلت من هذا الوضع. لدراسة هذه التغيرات، يُعتبر الاستشعار عن بُعد طريقة قوية تُستخدم لتقييم تطور الأماكن الغابية. تمت معالجة صورتين لسنتي 1987 و 2017. ساهمت هذه الدراسة في إنشاء خريطة تحتل المساحة الأرضية الحالية التي ستكون دليلاً للمدراء لضمان استدامتها ومرورها في مواجهة التحديات البيئية.

الكلمات المفتاحية: أماكن غابية، تغير، الاستشعار عن بعد، ولاية وهران.

Résumé

L'Algérie, avec sa diversité biogéographique et ses espaces forestiers fragiles qui font face à des mutations et des pressions anthropiques menaçant leur intégrité. Les incendies de forêts, les changements climatiques et la déforestation sont parmi les principales causes de ces mutations. Les espaces forestiers dans la wilaya d'Oran n'échappent pas à situation. Pour étudier ces changements, la télédétection est une méthode puissante utilisée pour évaluer l'évolution des espaces forestiers. Ainsi Deux images ont été traitées pour deux années 1987 et 2017. Cette étude a contribué à réaliser une carte d'occupation de sol récente qui servira de guide pour les gestionnaires pour assurer leur durabilité et leur résilience face aux défis environnementaux.

Mots clés : Espaces forestiers, mutation, télédétection, wilaya d'Oran. .

Abstract

Algeria, with its biogeographically diversity and fragile forest spaces, is facing mutations and anthropogenic pressures that threaten their integrity. Forest fires, climate change, and deforestation are among the main causes of these mutations. Forest spaces in the wilaya of Oran are not exempt from this situation. To study these changes, remote sensing is a powerful method used to evaluate the evolution of forest spaces. Two images were processed for the years 1987 and 2017. This study contributed to creating a recent land cover map that will serve as a guide for managers to ensure the sustainability and resilience of these spaces in the face of Environmental challenges.

Keywords: Forest spaces, mutation, remote sensing, wilaya of Oran.

Sommaire

Introduction générale.....	01
CHAPITRE I : Présentation des espaces forestiers dans la wilaya d’Oran	
I.1 Introduction.....	04
I. 2 Présentation de la forêt Algérienne.....	04
I. 2 .1 Répartition géographique	06
I. 3 Présentation de l’espace forestier de la Wilaya d’Oran.....	09
I. 3.1 Localisation.....	10
I.3.2 Répartition par essence.....	10
I. 3.3 Types de formations forestières... ..	10
I. 3.4 Etat de la forêt de la willaya d’Oran.....	11
I.4 Les feux de forets.....	13
I. 4.1 Les feux de forêts en Algérie.....	14
I. 4.2 Incendies de forêts dans la wilaya d’Oran	18
 Chapitre II :Cadre physique	
Introduction.....	22
II.1 La Situation géographique.....	23.
II.2 La Situation administrative.....	23
II.3. Contexte géologique.....	14
II.4. La morphologie.....	26
II.5 Contexte climatique	27
II.5.1 Introduction	27
II.5.2. Les paramètres climatiques.....	28
Conclusion.....	36
 CHAPITRE III : METHODES D’INVESTIGATIONS	
Introduction	38.
III.1 Notions générales	38
III.1. Définition de la télédétection	38
III.1 La télédétection active et passive.....	38
III.1 Le processus de télédétection	39
III.1. Le spectre électromagnétique.....	40.

III.1.5	Les satellites et capteurs d'observation de la Terre.....	42
III.1.6	La forêt et la télédétection	42
III.2	APPLICATIONS DE LA TELEDETECTION SUR L'ESPACE FORESTIER DE LA WILAYA D'ORAN.....	44
III.2.1	Matériels et méthodes.....	44
III.2.2	Acquisition des données	46
III.2.3	Approches méthodologiques.....	47
III.2.4	Les outils de traitement.....	49
III.2.5	Prétraitements.....	49
III.2.6	Préparation des données.....	50
III.2.7	Interprétation visuelle	52
III.2	Traitements et analyses.....	53
III.2.9	Présentation des résultats	56
III.2.10	Interprétations	60
	Conclusion	61
	Conclusion générale	63

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale :

L'Algérie constitue une entité écologique exceptionnelle dans la biosphère. Rares sont les autres pays biogéographiques présentant une telle étendue et possédant une telle surface constituée par des écosystèmes de type méditerranéen, steppique et saharien.

Elle est toutefois loin de disposer de tous les atouts que laisserait supposer sa dimension territoriale.

Ses atouts naturels sont certes conséquents, tant en ressources de surface qu'en ressources de sous-sol, mais il faut tempérer les simples estimations quantitatives et les idées reçues que l'on a pu fonder sur elles, car dans une vision de développement durable, les ressources de l'Algérie apparaissent des plus limitées lorsqu'on les confronte à la croissance démographique enregistrée depuis l'indépendance et que l'on complète cette comparaison par les menaces de plus en plus inquiétantes que fait peser sur ces ressources, leur exploitation ou mise en valeur inconsidérée.

Le milieu naturel algérien est caractérisé par un immense milieu désertique, une vaste zone steppique, des massifs montagneux boisés, un milieu constitué de plaines et de collines et une zone marine à climat méditerranéen. (Bendria A, 2019)

Les espaces forestiers jouent un rôle essentiel dans l'équilibre environnemental et la préservation de la biodiversité. Cependant, ces espaces sont souvent sujets à des mutations et des pressions anthropiques qui peuvent compromettre leur intégrité et leur fonctionnalité.

Les formations forestières se concentrent au nord du pays occupant 10% de la superficie totale, soit 4,7 millions d'hectares de forêts et de maquis. Ces écosystèmes forestiers, très diversifiés et fragiles, incombent à sa position géographique et aux variations importantes de son climat.

Les forêts et maquis couvrent 4.1 millions d'hectares de la superficie du pays. Il s'y ajoute les nappes d'alfa qui couvrent 2.6 millions d'hectares (DGF in Bendria A, 2019).

La forêt algérienne, actuellement fragile, a besoin d'être protégée car la déforestation ne cesse de s'accroître en raison, des incendies de forêts répétés, en particulier.

En effet, Le quatrième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a montré que le changement climatique et l'augmentation récente de la température a affecté de nombreux écosystèmes dans le monde entier, en occurrence les écosystèmes forestiers.

Eu égard à cette situation, l'Algérie figure au premier rang des pays de la biosphère qui devraient bénéficier impérativement de strictes mesures de protection puisqu'elle présente de nombreux atouts en rapport avec sa grande diversité biologique et son impact sur l'équilibre socioéconomique du pays.

La wilaya d'Oran, située dans la région ouest de l'Algérie, n'échappe pas à ce phénomène. Au fil des années, elle a subi des changements significatifs dans ses espaces forestiers, suscitant des préoccupations quant à la préservation de ces écosystèmes précieux.

La wilaya d'Oran abrite une diversité d'espaces forestiers qui jouent un rôle écologique, économique et social important. Ces forêts comprennent des essences végétales précieuses, soutiennent une faune diversifiée et fournissent des services écosystémiques essentiels aux communautés locales. Cependant, au fil des décennies, ces espaces forestiers ont été confrontés à des pressions anthropiques telles que l'urbanisation, l'agriculture, les défrichements et les incendies.

Par ailleurs la wilaya d'Oran a bénéficié des programmes de reboisement dans le cadre de l'extension de l'espace forestier de la région.

L'étude des mutations des espaces forestiers par télédétection offre une perspective temporelle précieuse pour évaluer les changements survenus dans ces écosystèmes forestiers.

La télédétection permet d'analyser de manière objective et systématique l'évolution de la couverture forestière. Cette évolution peut être, aussi bien progressive que régressive.

Ainsi, La télédétection permet l'acquisition et l'interprétation des données à distance, facilitant ainsi l'observation des changements sur de vastes territoires et sur de longues périodes.

Problématique :

1. La Télédétection permet-elle de discerner les mutations à travers les périodes analysées ?
2. Quelles sont les causes de ces mutations ?
3. Le climat est-il le facteur important /déclencheur de ces changements ?

Dans ce contexte, l'objectif principal de notre mémoire est d'étudier les mutations des espaces forestiers dans la wilaya d'Oran sur une période de trente ans (1987 – 2017) en utilisant la télédétection comme une méthode d'analyse puissante et efficace qui nous permet d'évaluer l'évolution de l'étendue, de la composition et de la structure de ces espaces au fil du temps. De plus, nous nous intéresserons aux facteurs et aux pressions qui ont contribué à ces mutations.

Pour ce faire, nous avons structuré notre mémoire en trois chapitres :

- Analyse bibliographique sur les écosystèmes forestiers en Algérie, en général et dans la wilaya d'Oran, en particulier (chapitre I)
- Contexte physique de la zone d'étude (chapitre II),
- les méthodes d'investigations ainsi que les résultats et leurs interprétations (chapitre III).

CHAPITRE I

Présentation des espaces forestiers dans la wilaya d'Oran

I. 1- Introduction

Mhiri et Benchekroun (2006) définit l'écosystème « forêt » comme un système spatial ouvert qui inclut une communauté d'êtres vivants végétaux et animaux et leur environnement donnant lieu à des processus biologiques complexes.

L'écosystème forestier remplit des rôles socio-économiques résultant de ses relations avec les différents acteurs sociaux. En effet, la forêt est une source de produits dont l'homme a besoin pour son existence et son épanouissement (nourriture, énergie, oxygène, bois, médicaments...).

Elle contribue à la production des installations humaines et améliore le microclimat ; elle agit sur la régularisation des régimes des eaux et assure le maintien de la fertilité des terres agricoles ; elle constitue un lieu de repos, d'inspiration, de détente et de loisirs.

De ce fait, les acteurs ont chacun, vis-à-vis de cet espace des attitudes, des comportements, des attentes et des modes d'action spécifiques.

La forêt méditerranéenne est l'une des plus importante du globe, elle occupe environ 65 millions d'hectares de forêts arborées et 19 millions d'hectares de formation Sub-forestières (Seigue, 1985 in Lopez et al., 1996).

Actuellement, on distingue quatre formations végétales dominantes :

- La Yeuseraie (Chêne vert)
- La subéraie (Chêne liège)
- La chênaie (Chêne blanc ou pubescent)
- Les résineux (Pins, Cèdres et Sapins)

La faible densité de leur feuillage profite ainsi au développement d'un sous-bois arbustif et herbacé, dense et sec, siège de la majorité des départs des feux.

I. 2 Présentation de la forêt Algérienne

La forêt Algérienne est essentiellement de type méditerranéen, il y a deux siècles elle couvrait 5 millions d'hectares selon des anciennes publications.

La forêt algérienne apparaît comme une formation végétale dont les arbres sont pour but de lutte continuelle contre la sécheresse (plusieurs mois secs consécutifs de l'été). Compte tenu de tous les éléments historiques qui la marquèrent et des pressions qu'exercent sans cesse sur elle, l'homme et son bétail, la forêt semble glisser rapidement sur

la voie d'une dégradation progressive des essences principales et de son remplacement par le maquis et les broussailles dont le rôle reste néanmoins extrêmement important pour le contrôle et la fixation des sols en terrain à forte déclivité (FAO, 2000).

Divers auteurs, Boudy, 1955 ; Madani et al. 2001 ; caractérisent la forêt algérienne comme étant 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 et 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,

Par ailleurs, l'existence d'un pâturage important (surtout dans les subéraies) et empiétement sur les surfaces forestières par les populations riveraines,

D'après Mezali, 2003; la superficie forestière en Algérie à environ 2 millions d'hectares soit 7% de la couverture nationale. Ces superficies sont subies diverses formes de mutilations (colonialisme, action anthropique marquée).

D'autre part, selon la DGF, 2007 ; si l'on associe les forêts et maquis ensemble, dans la catégorie des formations forestières, nous trouvons qu'elles couvrent une superficie de 4,1 millions d'hectares.

Aujourd'hui, Le patrimoine forestier national (*Algérie du Nord*) ne couvre qu'une superficie globale d'environ **4.149.400 ha**, et se répartit comme suit :

- Forêts naturelles.....1.329.400 ha.
- Maquis..... 1.844.400 ha.
- Reboisement..... .972.800 ha.
- Pelouse..... 3.000 ha.

Le patrimoine forestier est ainsi dominé par les maquis, qui représentent 45 % de la superficie forestière et arborée totale, alors que les forêts naturelles, au sens strict, n'occupent que 32 %. Les superficies reboisées représentent, 23 % (*fig.1*).

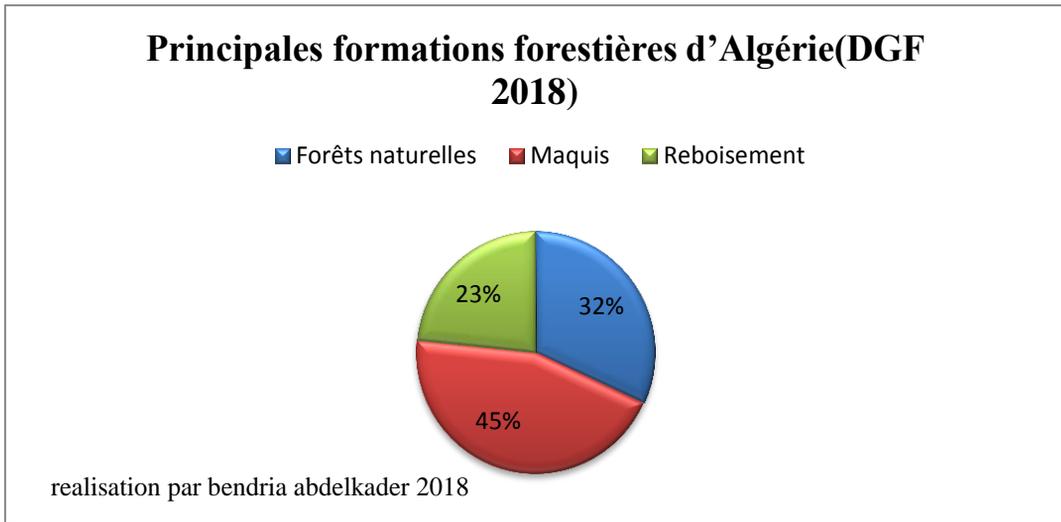


Fig.1 : Principales formations forestières d'Algérie(DGF, 2018)

I.2.1 Répartition géographique

La forêt algérienne de type méditerranéen est localisée entièrement sur la partie septentrionale du pays et limitée au Sud par les monts de l'Atlas Saharien. Elle est inégalement répartie suivant les différentes régions écologiques, ce qui leur confère des taux de boisements très variables.

En effet, ces taux décroissent d'Est en Ouest et du Nord au Sud plus particulièrement. La forêt algérienne est constituée par une variété d'essences appartenant à la flore méditerranéenne, leur développement est lié essentiellement au climat.

Au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral, le faciès forestier change du Nord au Sud du pays. On peut distinguer deux principales zones bien différentes :

- Le littoral et surtout les chaînes côtières de l'Est du pays comme la Grande Kabylie, Béjaïa, Jijel, El Milia, El Kala. Ces régions sont bien arrosées, elles comportent les forêts les plus denses et les plus belles. C'est l'aire de répartition de deux essences principales, à savoir : le chêne liège et le chêne zeen.
- Les hautes plaines continentales, plus sèches représentées par les régions steppiques situées entre les chaînes côtières et l'Atlas saharien. Ces zones contiennent dans leurs parties accidentées de grands massifs de pin d'Alep et de

chêne vert (Aurès, Djelfa et Saïda) (Ouelmouhoub, 2005 in Zaidi, 2019)

En effet, comme le montre (Fig.2), la forêt est surtout concentrée au nord-est du pays.

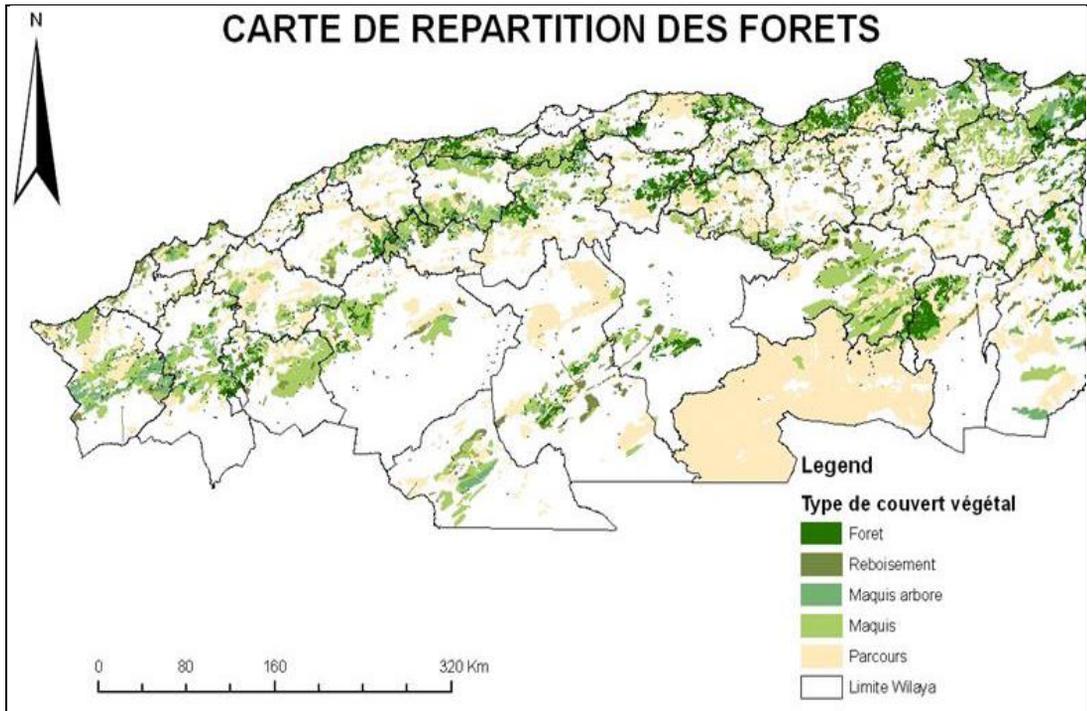


Fig.2: Répartition des forêts en Algérie du Nord (DGF 2018)

De façon générale, les principales essences couvrent 1 491 000 ha, elles se répartissent en deux principaux groupes (FIG.3) à savoir :

Les résineux (Pin d'Alep, Pin maritime et Cèdre.) et les feuillus (Chêne liège, Chêne vert, Chêne zeen et afarès, Eucalyptus, Thuya et Genévriers).

43% sont localisées à l'Est; 29 % à l'Ouest; •27 % au centre et 1% au niveau de l'Atlas Saharien (subsistance de reliques soumises à une forte sécheresse endémique).

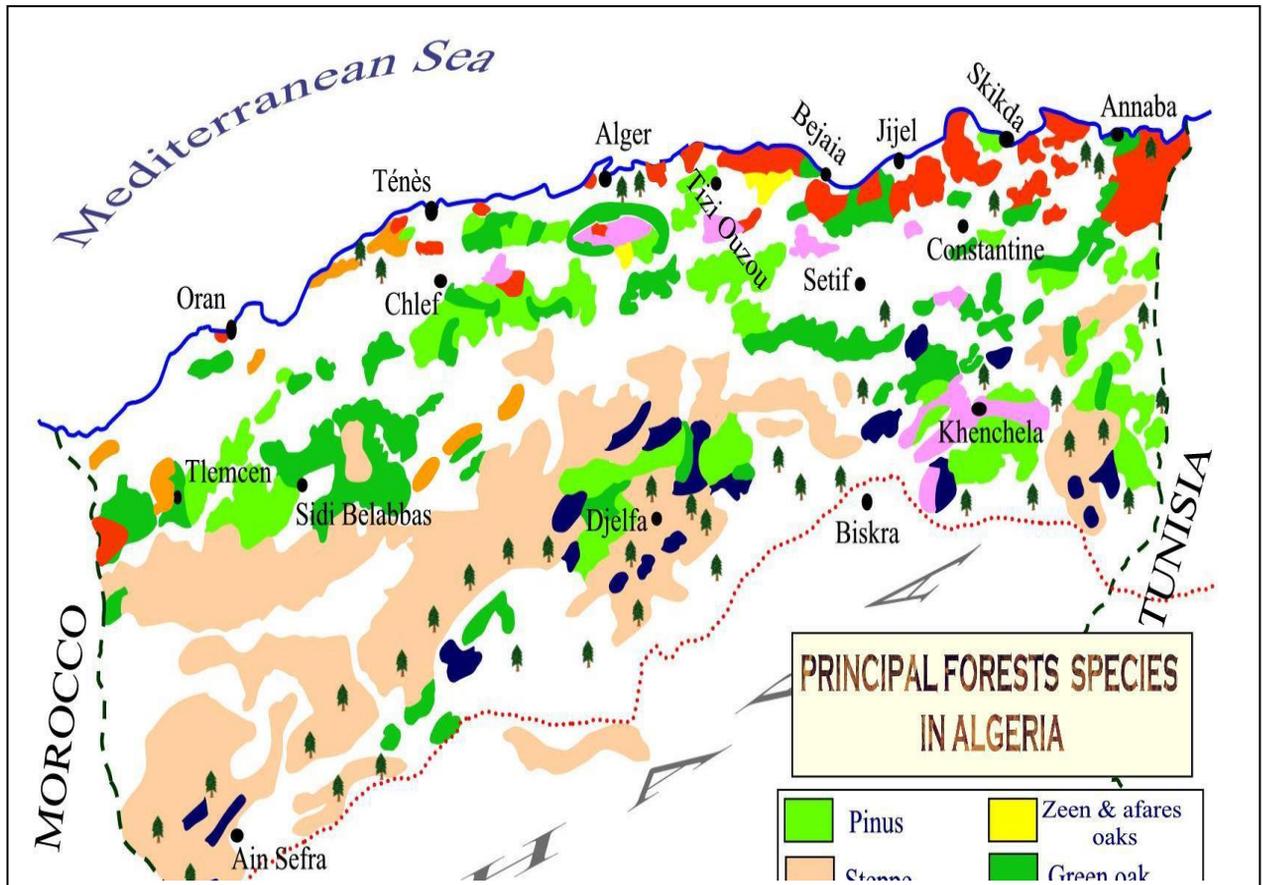
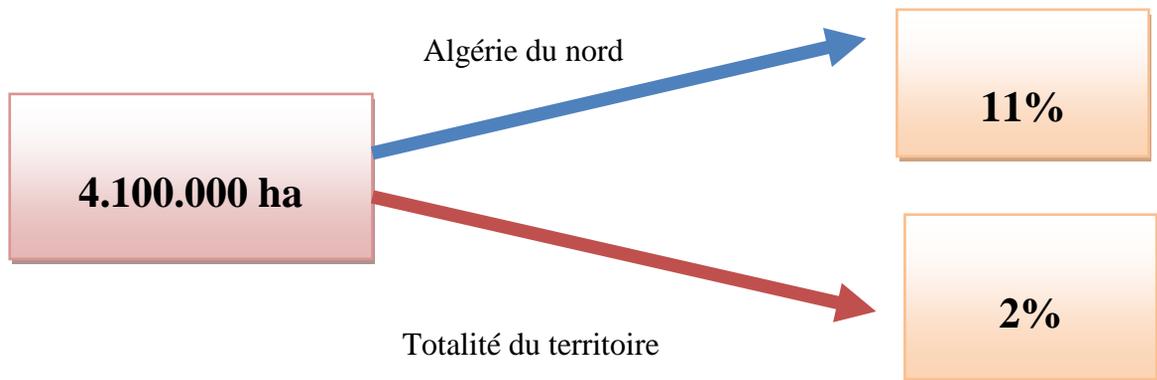


Fig.3: Carte des groupes de végétation(FAO)

Les reboisements réalisés depuis l'indépendance en 1962 sont estimés à 717 000 d'hectares. En comparant ces chiffres aux données existantes avant la colonisation française en 1830, où les forêts couvraient 5 000 000 ha, nous constatons la réduction de plus de la moitié du patrimoine forestier existant durant cette période.

Le taux de boisement actuel reste très insuffisant pour assurer d'une part l'équilibre physique et biologique et d'autre part de pas permettre de couvrir les besoins en matière de produits forestiers et d'assurer par conséquent des recettes économiques pour le pays (Ikermoud, 2000).

D'une manière générale, la couverture forestière est nettement insuffisante en comparaison au taux de 25% mondialement admis. Les causes de dégradation de la forêt algérienne sont multiples (les incendies, les maladies, le surpâturage, les coupes illicites de bois, le tourisme et les défrichements). En général, la superficie forestière couvre 2% du territoire national. Ce pourcentage est très faible.



I. 3 Présentation de l'espace forestier de la Wilaya d'Oran :

La wilaya d'Oran s'étale sur une superficie de 211.4 ha. Le patrimoine forestier est estimé à 41.258 ha, soit un taux de boisement de 20% (la conservation des forêts, 2018).

Ces formations sont constituées en grande partie de maquis (50%) Elle est répartie comme illustré dans le tableau01.et Fig.4

Tableau n 01: Superficie forestière par formation

Type de formation	Superficie	Pourcentage
Foret	10727	26%
maquis	20639	50%
broussaille	9892	24%
Total	41258	100%

Source :C F. ORAN 2018

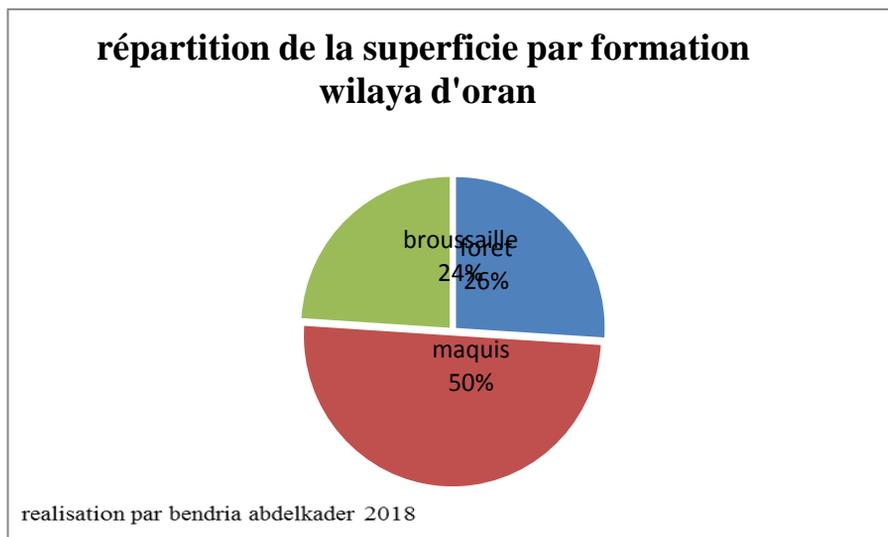


Fig.4: répartition de la Superficie forestière par formation

I. 3.1-Localisation

La Répartition spatiale des terres forestières indique que 85% des superficies forestières sont localisées dans les piémonts et des massifs côtiers de la bande littorale au Nord de la Wilaya avec une superficie de 35.172 ha. En dehors de ces massifs côtiers, la végétation forestière (plaine sub-littorales) ne représente que% avec une superficie de 6.086ha

Les formations forestières sont réparties essentiellement à travers les sous zones à relief montagneux suivants :

Massifs côtiers Est

Versant sud de Djebel Murdjadjou.

Versant Nord de Ain Kerma.

Monts et piémonts de Bou fatis

Plaines littorales et sub littorales d'Oran

I.3.2-Répartition par essence

Les essences dominantes sont le Pin d'Alep qui forme 80% du couvert végétale. Les autres essences de moindre importance sont l'Eucalyptus, le Thuya, le Chêne liège, le Pin Pignon et le Pin maritime, souvent en mélange avec le Pin d'Alep et dont la plupart sont

issues de reboisements.(Conservation des forêts d'Oran)(Fig.5)

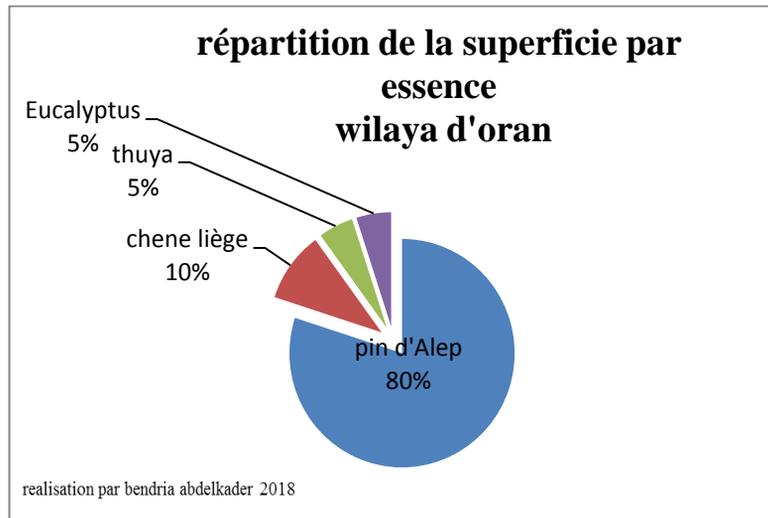


Fig.5: répartition de la superficie par essence wilaya d'Oran

I. 3.3-Types de formations forestières :

La carte des formations forestières fait ressortir les types de peuplements suivants classés par ordre d'importance :

Peuplements d'âge moyen (jeune futaie et perchis) soit 79%

Peuplements jeunes (fourré, gaulis) soit 19%

Peuplements âgés (vieille futaie) : soit 2%

Elle fait ressortir également les types de maquis suivants :

(68%) de maquis clairs et denses.

(32%) de maquis arborés ; maquis arborés de Pin d'Alep et maquis arborés en Eucalyptus.

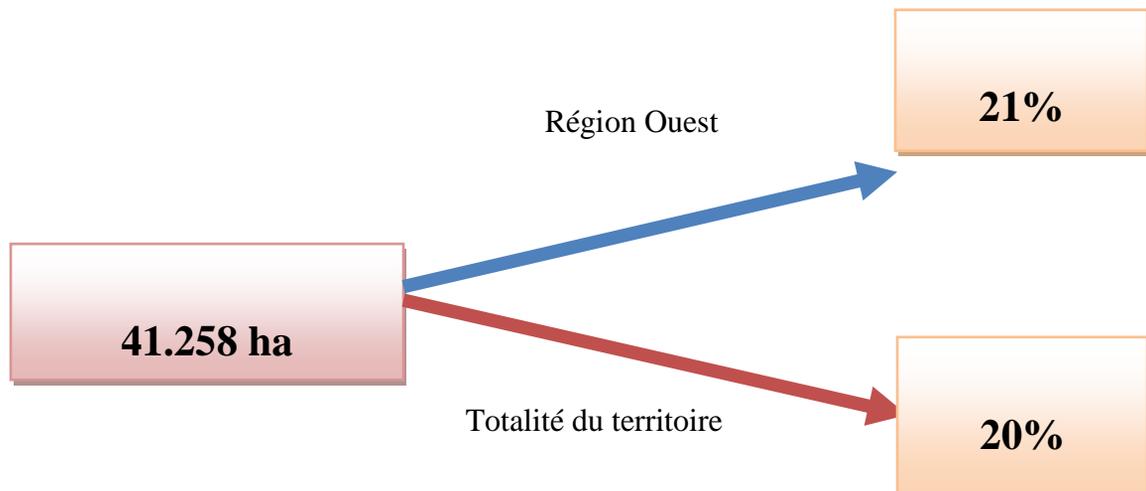
Les espèces du maquis sont le Thuya, le Chêne vert , le genévrier de phénicien et le Genévrier oxyderai , le lentisque , l'alfa , le doum , l'oléastre , le ciste, le rétame , et le disse

I. 3.4 Etat de la forêt de la wilaya d'Oran

Les formations forestières totalisent 41.258 Ha correspondant à un taux de boisement de 20%. Ce taux de boisement est insuffisant eu égard à l'importance des pentes fortes supérieures à 12% (piémonts et montagnes) qui représentent 32% des superficies de la Wilaya ,aussi insuffisante en comparaison au taux de 25% mondialement admis .

Ainsi, 20% est d'autant plus faible que la couverture forestière est constituée en grande partie de formations dégradées à l'état de maquis clairs qui ne peuvent remplir pleinement leur rôle de protection des pentes fortes.

Sans oublier les maladies qui affligent la forêt Les données fournies par la conservation des forêts ne concernent que la seule année 2007. Ces données indiquent que la superficie infectée (en 2007) par la Chenille processionnaire du Pin est de 4 015 Ha.



I. 4.1 Les feux de forêts en Algérie

En Algérie, à l'instar des pays méditerranéens, le patrimoine forestier subit les effets de la dégradation, à cause de sa composition floristique en espèces très combustibles, au climat méditerranéen (chaud et sec en été) qui favorise l'éclosion de feux et à l'activité anthropique qui exerce une pression assez forte sur le patrimoine.(fig. n7)

L'Algérie est très touchée par les feux de forêts, avec un cumul de 31 513 feux, ayant parcouru 320 409 ha durant la période 2008-2017. (Tableau 2):

Tableau 2 : Superficies brûlées (ha) par formation 2008-2017 Algérie

Forêts	Maquis	Broussailles	Superficie totale	Nombre de foyers	Ratio (Sup/NF)
155 270	8 5 388	79 751	320 409	31 513	10 ha/F

Source : (DGF 2018)

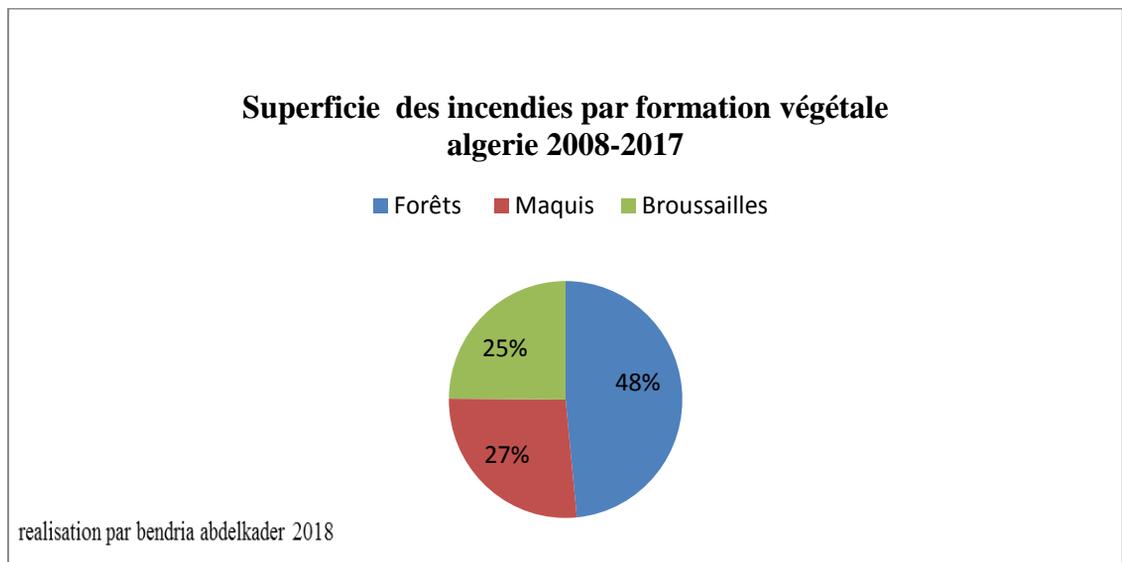


Fig.07: superficie des incendies par formation végétale

Les feux de forêts ont dramatiquement augmenté pendant les dernières décennies, en raison des problèmes socioéconomiques et des changements climatiques. Ces derniers sont à

l'origine de la plupart des grands incendies (superficies supérieures à 100 ha) qui représentent 3,2 % des feux en Algérie. L'année 1994 a été la plus destructrice pour la forêt algérienne avec une superficie de 271 598 ha soit 6,6% de la superficie forestière totale(Fig.08).

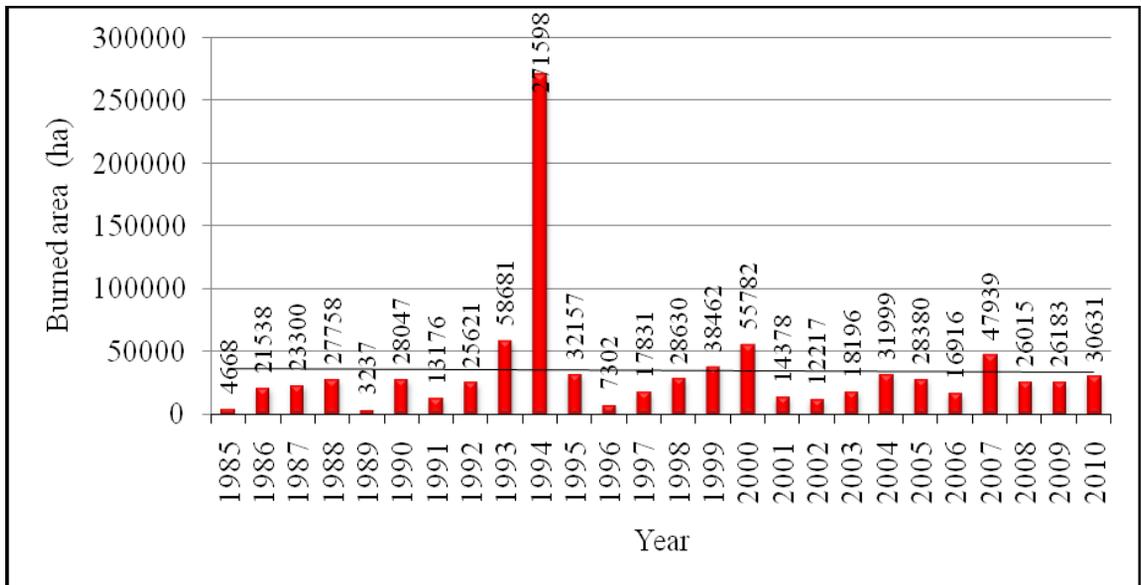


Fig. 08. Evolution annuelle des nombres de feux et des superficies parcourues par le feu en Algérie (1985-2010)

La répartition des incendies par région en Algérie se répartit de façon inégale sur les trois régions du pays (Fig.09). La région Est est la plus touchée avec 55% puis vient la région Centre en seconde position avec 29%. La région Ouest se classe la dernière avec 16%.

Ceci s'explique par l'importance des massifs forestiers suivant que l'on se déplace du nord-ouest vers le nord-est du pays. Mais Le classement suivant sur l'impact des feux de forêts par régions n'obéit pas à la même logique que celle des superficies incendiées(Tableau). En effet, la région de l'ouest est plus impacté par des feux de forêts avec 13% de superficie incendié par Superficie forestière (193647ha).

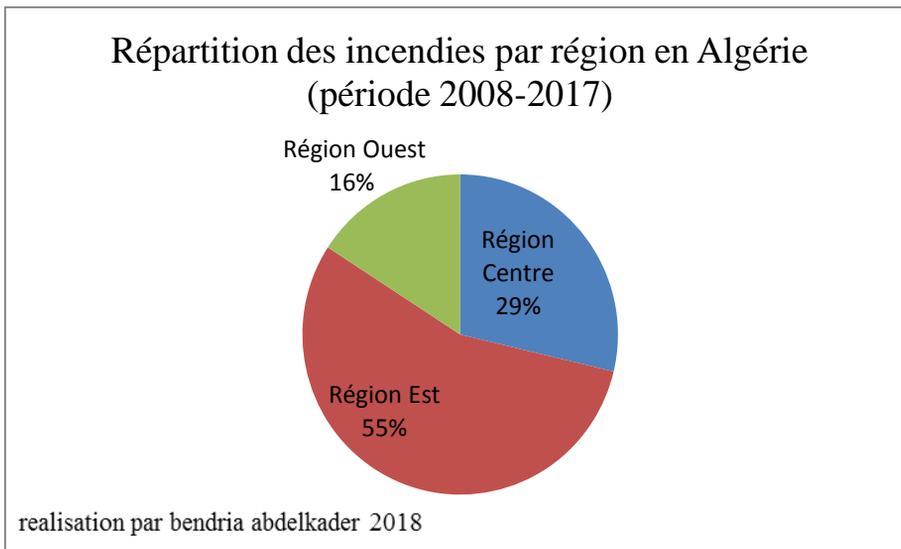


Fig.09 : répartition des incendies par région en Algérie (2008-2017)

Tableau 03 Impact des feux de forêts par régions 2008-2017

Algérie	Région Centre	Région Est	Région Ouest
Sup. forestière ha	446936	800239	193647
Pourcentage	31%	56%	13%
Sup. incendiée ha	44300	86246	24725
Pourcentage par port au Sup. Forestière	10%	11%	13%

Source : (DGF 2018)

L'essence la plus touchée par le feu en Algérie est le pin d'Alep avec 64 % du total de la surface brûlée (FIG.10). Ce qui est logique, car la majorité des forêts algériennes est constituée de pin d'Alep, une essence très combustible, ce qui explique donc l'importance

superficie incendiée de celle-ci.

Le chêne liège vient en seconde position avec 27% de surface brûlée au total ;là aussi ,il est utile de le relativiser puisqu'il occupe une superficie importance de la surface forestière totale. Son sous –bois encore plus dense est très inflammable et permet une progression rapide du feu(Merrouz.2012 in Bendria, 2019).

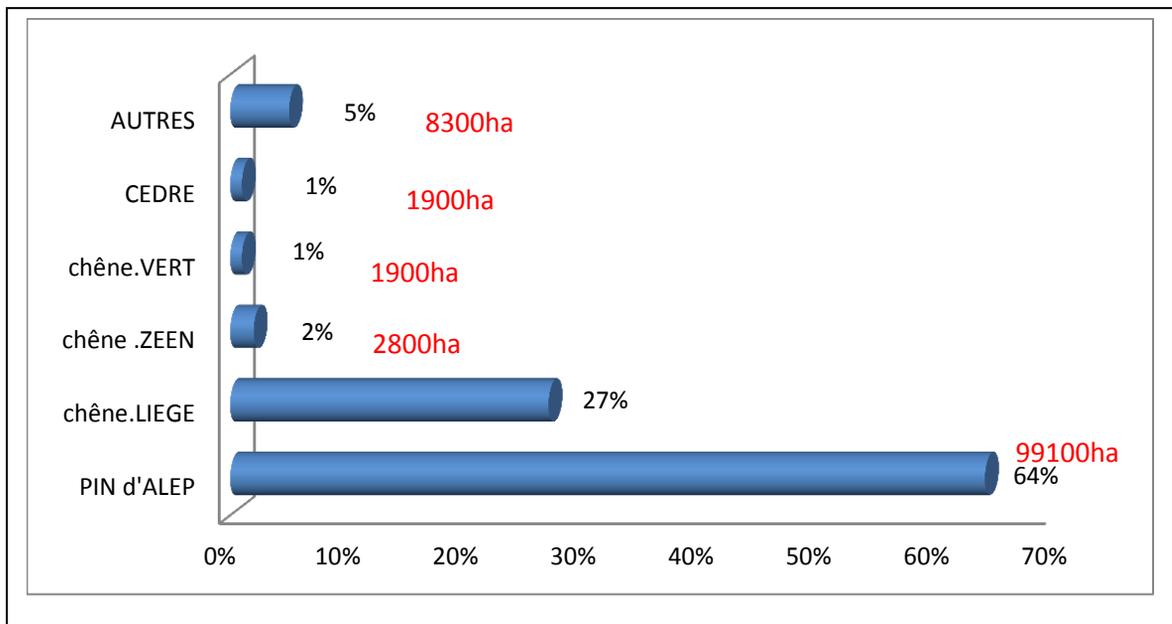


Fig.10 :Les superficies incendiées par type d'essences en Algérie (Période 2008-2017)
Source : (DGF 2018)

I. 4.2 Incendies de forêts dans la wilaya d'Oran :

Le total des superficies forestières parcourues par le feu de la période de 1993 à 2018 s'élève à 6007.3134 Ha soit 14.5% des forêts de la Wilaya. (Conservation des forêts d'Oran)

En effet, la probabilité d'une augmentation du nombre d'incendies de forêt et de zones brûlées est présente au vu de certains facteurs à savoir le relief, les facteurs climatiques et la végétation.

Le bilan de la campagne des incendies faite par la conservation des forêts de la wilaya d'Oran chaque année montre que l'année 2014 est relativement catastrophique, vu la superficie brûlée (2299.5950ha). Le nombre de départs de feux est le plus élevé de toute la

décennie(106 foyers). (fig 11)

Le graphique fait état surfaces totales incendiées et nombre de feux dans la wilaya d'Oran entre 2000 et 2018, il en ressort une variabilité interannuelle aussi bien en termes de nombre qu'en termes de superficies touchée.

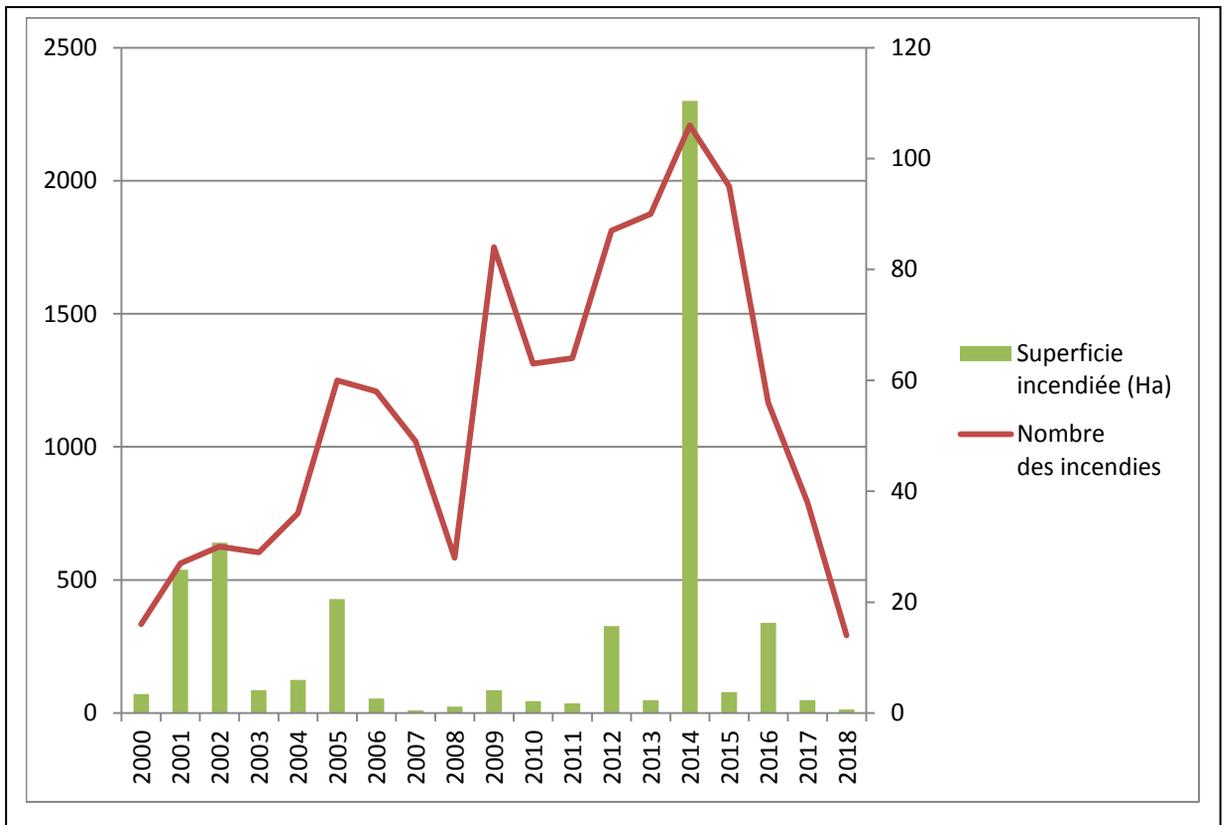


Fig.11 : Surfaces totales incendiées et nombre de feux dans la wilaya d'Oran entre 2000 et 2018

Les superficies brûlées par formation concernent en premier lieu la forêt avec une superficie 2104.8524ha, suivi par le maquis avec une superficie de 1708.1820ha (conservation des forêts d'Oran).

Ces résultats nous paraissent logiques puisque le maquis et la forêt sont dominés par le Pin d'Alep fortement inflammable) fournissent une quantité abondante de combustible, et

assure sa continuité, combiné aux conditions favorables au déclenchement des feux tels que : les températures élevées, précipitations torrentielles ou absentes, teneur très faible en humidité du combustible surtout dans la saison des feux, végétation stressées du point de vue thermique et hydrique et la topographie du milieu qui est accidentée au nord et au sud (les piémonts et des massifs côtiers de la bande littorale au Nord de la Wilaya, les monts du Tessala).

Toutes ces conditions sont très propices au déclenchement et à la propagation des incendies dans les forêts et les maquis, ce qui rend la lutte anti-incendie très délicate.

Généralement, la campagne de lutte contre les incendies débute en juin et fini en octobre, mais la nature du climat de l'Ouest Algérien fait qu'un incendie peut se déclencher même dans les autres mois.

Le nombre en pourcentage de foyer est concentré pendant le mois de juin, juillet et août où les températures atteignent généralement les maximums et décroît durant le mois de septembre et octobre.

Les causes des feux de forêts dans la wilaya d'Oran sont rarement dus à des causes naturelles. Depuis 26 ans, on n'a jamais signalé un incendie dû à la foudre qui est la seule cause naturelle connue. Mais c'est l'homme qui est à l'origine des incendies, directement ou indirectement par ses différentes activités.

Chapitre II

Cadre physique

INTRODUCTION :

Oran, appelé localement « Wahrân El Bahia » (Oran La Radieuse), est une ville méditerranéenne, la deuxième ville d'Algérie et une des plus importantes du Maghreb.

Cette wilaya a su préserver son identité tout en s'imprégnant de l'influence de ses occupants successifs.

Oran est devenu une importante métropole d'Algérie, notamment par la concentration de nombreuses industries et la présence d'un des plus grands ports de marchandises et de voyageurs de Méditerranée et elle est dotée d'aéroport international, et trois universités.

II.1 la Situation géographique

La wilaya d'Oran est située au nord-ouest de l'Algérie, sur le littoral méditerranéenne sur une longueur de 120km.

La wilaya d'Oran est délimitée territorialement selon la Loi N° 84/09 du 04 Février 1984 portant Organisation Territoriale des Wilayas comme suit : (Fig.12)

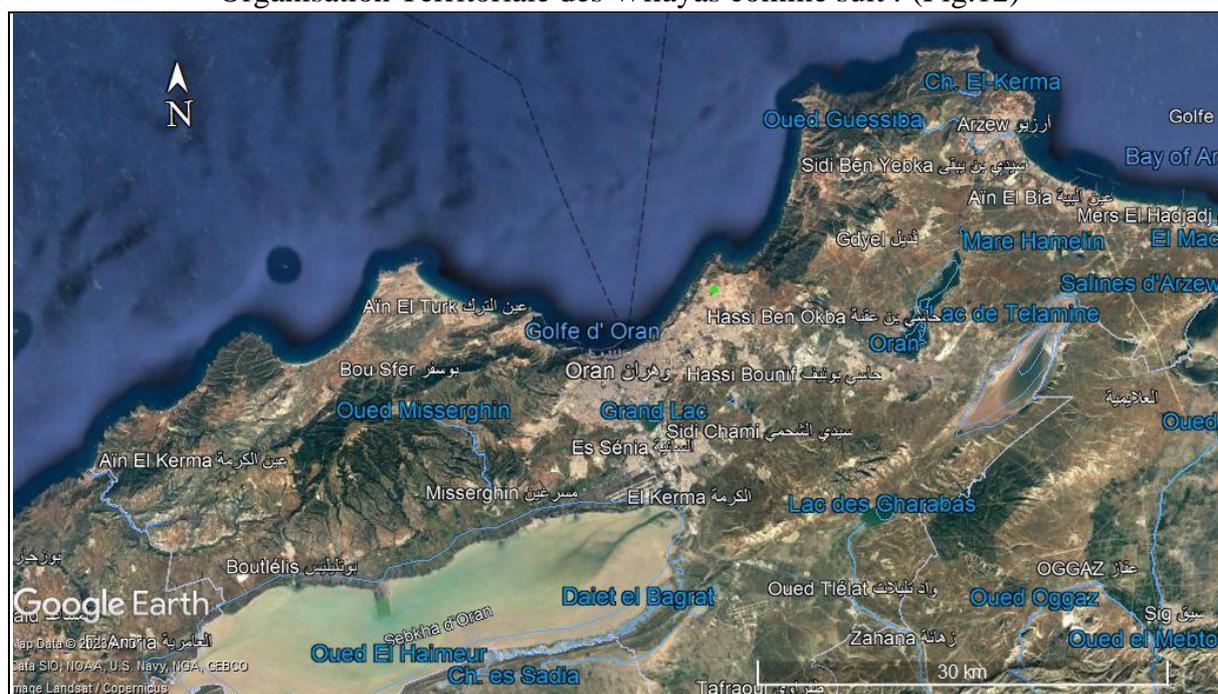


Fig.12 : Carte de situation géographique d'Oran

Source : Google Earth

- La Mer méditerranée au Nord
- La wilaya de Mostaganem à l'Est
- La wilaya de Mascara au Sud-Est
- La wilaya d'Ain T'émouchent à l'Ouest
- La wilaya de Sidi Bel Abbés au Sud

Le Chef-lieu de la wilaya est située à 432 km à l'Ouest de la capitale, Alger. Elle s'étend sur une

superficie de 2114km².

II.2. Situation administrative :

La wilaya est issue de l'ancien département français d'Oran, conservé à l'indépendance et transformé en wilaya par l'ordonnance de 1968. Elle acquiert sa forme définitive à l'issue du redécoupage de 1974, quand lui furent détachés les daïras de Sidi Bel-Abbés, Ain T'émouchent et Tlélagh,

Depuis le dernier redécoupage administratif de 1984, la wilaya d'Oran se subdivise en 09 daïras, totalisant 26 communes dont 21 urbaines et 05 rurales.(voir Tableau n 04).

Tableau n 04: Daïra et Nombre de communes

N°	Dénomination daïra	N°	Dénomination commune	Superficie (km ²)
1	AIN EL TURCK	1	AIN EL TURCK	39,14
		2	BOUSFER	46,20
		3	EL ANÇOR	66,44
		4	MERS EL KEBIR	10,98
2	ARZEW	5	ARZEW	71,90
		6	SIDI BEN YEBKA	51,69
3	BETHIOUA	7	BETHIOUA	108,57
		8	AIN EL BIYA	36,15
		9	MARSSAT EL HADJADJ	52,29
		10	BIR EL DJIR	32,46

4	BIR EL DJIR	11	HASSI BEN OKBA	37,47
		12	HASSI BOUNIF	31,77
5	BOUTLELIS	13	BOUTLELIS	135,97
		14	AIN EL KERMA	107,94
		15	MISSERGHIN	428,28
6	ES SENIA	16	ES SENIA	48,51
		17	EL KERMA	63,55
		18	SIDI CHAHMI	69,50
7	GDYEL	19	GDYEL	93,82
		20	BEN FREHA	69,29
		21	HASSI MEFSSOUKH	25,67
8	ORAN	22	ORAN	64,00
9	OUED TLELAT	23	OUED TLELAT	84,11
		24	BOUFATIS	99,06
		25	EL BRAYA	57,26
		26	TAFRAOUI	182,00

Source : ANIREF(Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière

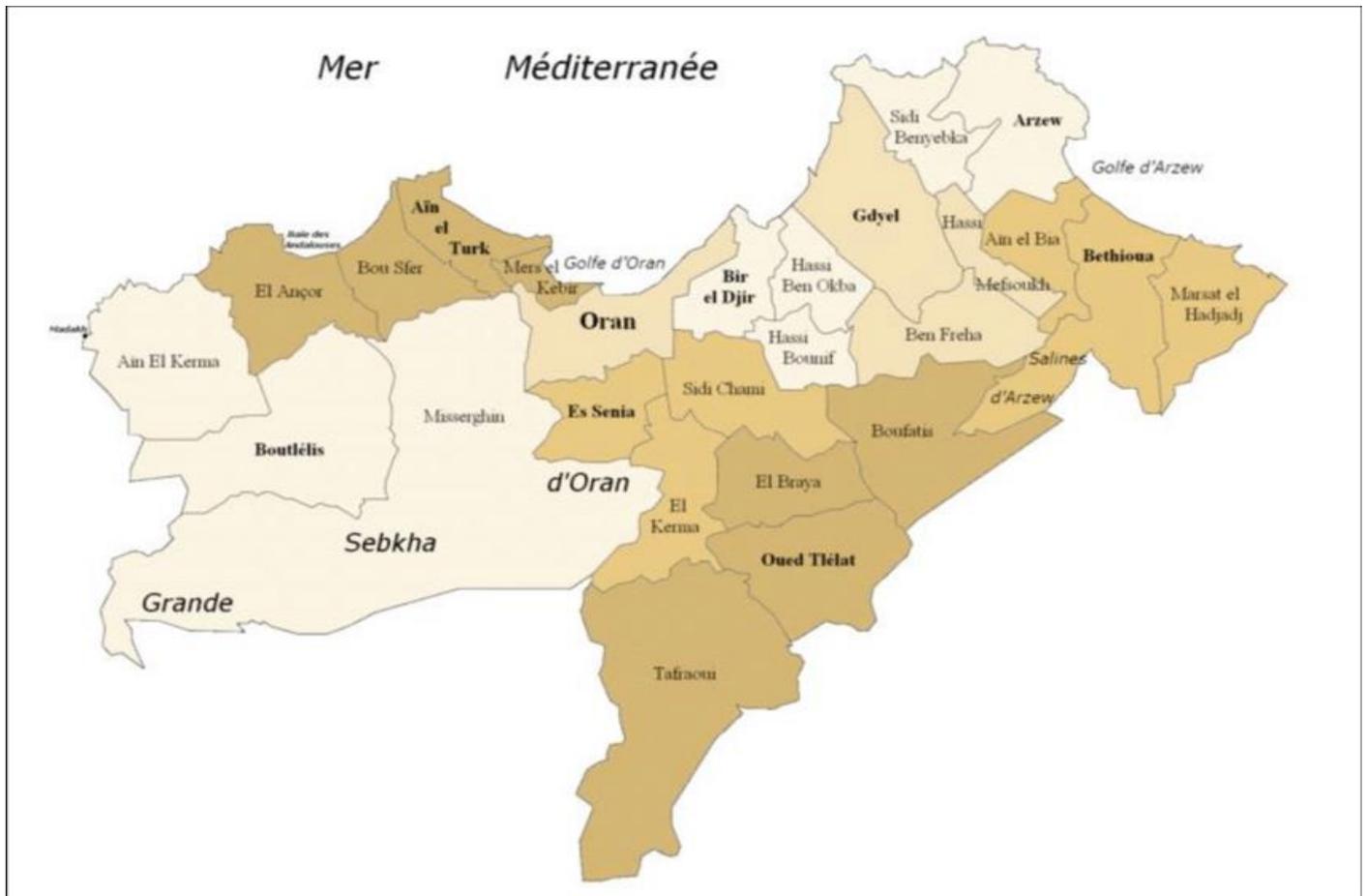


FIG.13 : communes de la wilaya d'oran

II.3. contexte géologique

Le relief actuel est le résultat de jeu de la succession des phases, récente et même actuelles.

Les différenciations topographiques les plus importantes résultent des phases tectoniques les plus anciennes et les plus énergiques. (Tableau 05)

Tableau 05: série stratigraphique dans la wilaya d'Oran

Age		Formation	Localisation
Le primaire		Séries de schistes/ lentilles conglomératiques	Cap Falcon/ djébel khar
Le secondaire	Le crétacé	Faciès chisto-gréseux	L'ossature du Murdjado
	Le jurassique	Calcaires dolomitiques/ calcaires ou calcschistes	Djebel santon/ ouest de bousfer/ nord ouest de misserghin
	Le trias	Roches vertes / gypse ramaniés	Ouest de djébel khar / sud ouest du Djebel santon
Le tertiaire	Le pliocène	Le pliocène marneux	Entre djébel khar et misserghin
	Le pléistocène	Grés lumachelles, argiles	Cap falcon / falaise de canas tel/ murdjado
	Le villafranchien	Gré riche en sels de fer	Bousfer / ain turk/ partie est de ain franine
Le quaternaire		Alluvions, gypse,sable,calcaire , grés, schistes	Murdjado
		Sable, grés-sableux	Littoral

II.4. La morphologie

Le territoire de la wilaya d'Oran se répartie en trois grands ensembles (fig13et14) :

- Le Massif côtier de la wilaya au Sud-ouest et Nord-est, formant une chaîne discontinue avec des altitudes de 200 à 600m.
- Au sud de cette chaîne s'intercale à l'Est la plaine de l'Habra Macta (w : Mascara) et à l'Ouest la plaine de la M'léta (w : Sidi Bel Abbés), celles-ci occupent plus ou moins 70% de la wilaya et disposent d'une altitude allant de 0 à 400m.
- Sur la pointe Sud de la wilaya, on a les Monts de Beni Chougrane qui sont situés à cheval sur les deux wilayas (Mascara et Oran), dont les altitudes varient de 200 à 600mètres.

La wilaya d'Oran abrite plusieurs zones humides. La plus importante par sa superficie est la sebkha d'Oran.

En général, la wilaya d'Oran est caractérisée par les éléments physiques suivants :

- les massifs côtiers Est et Ouest
- les plaines littorales et sub-littorales
- les monts du Tessala (Oran)
- les plaines et piémonts d'el Ançor
- la Sebkha d'Oran

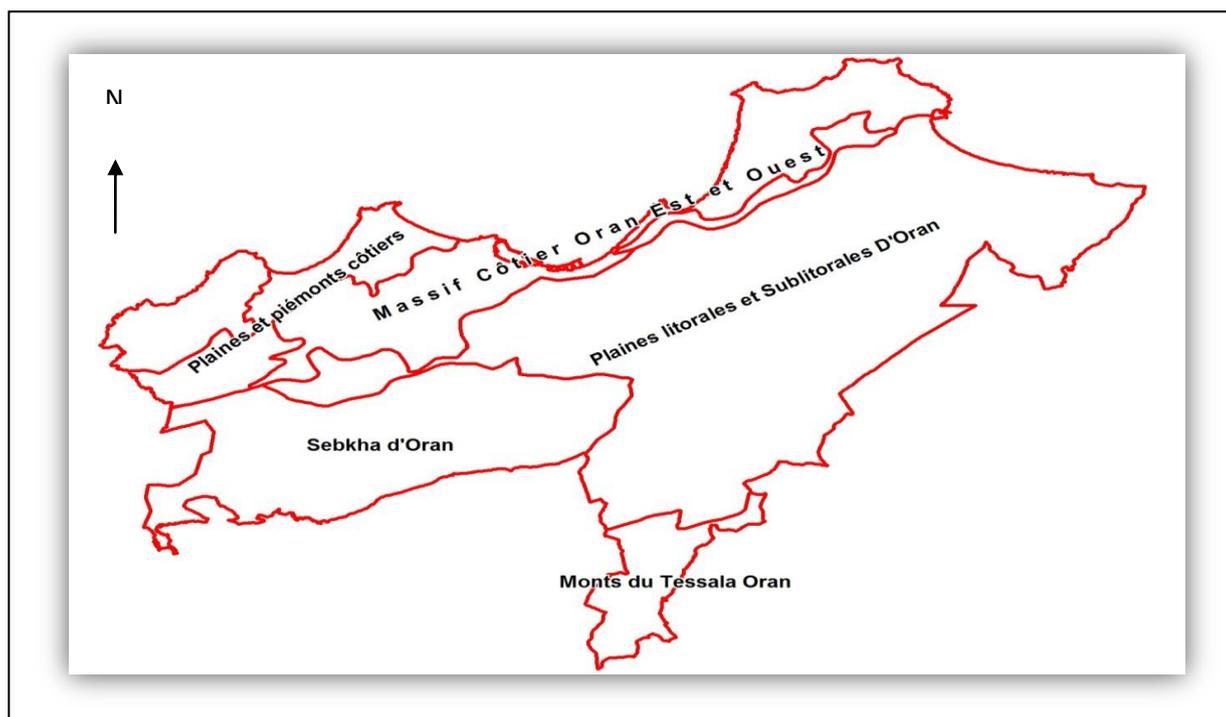
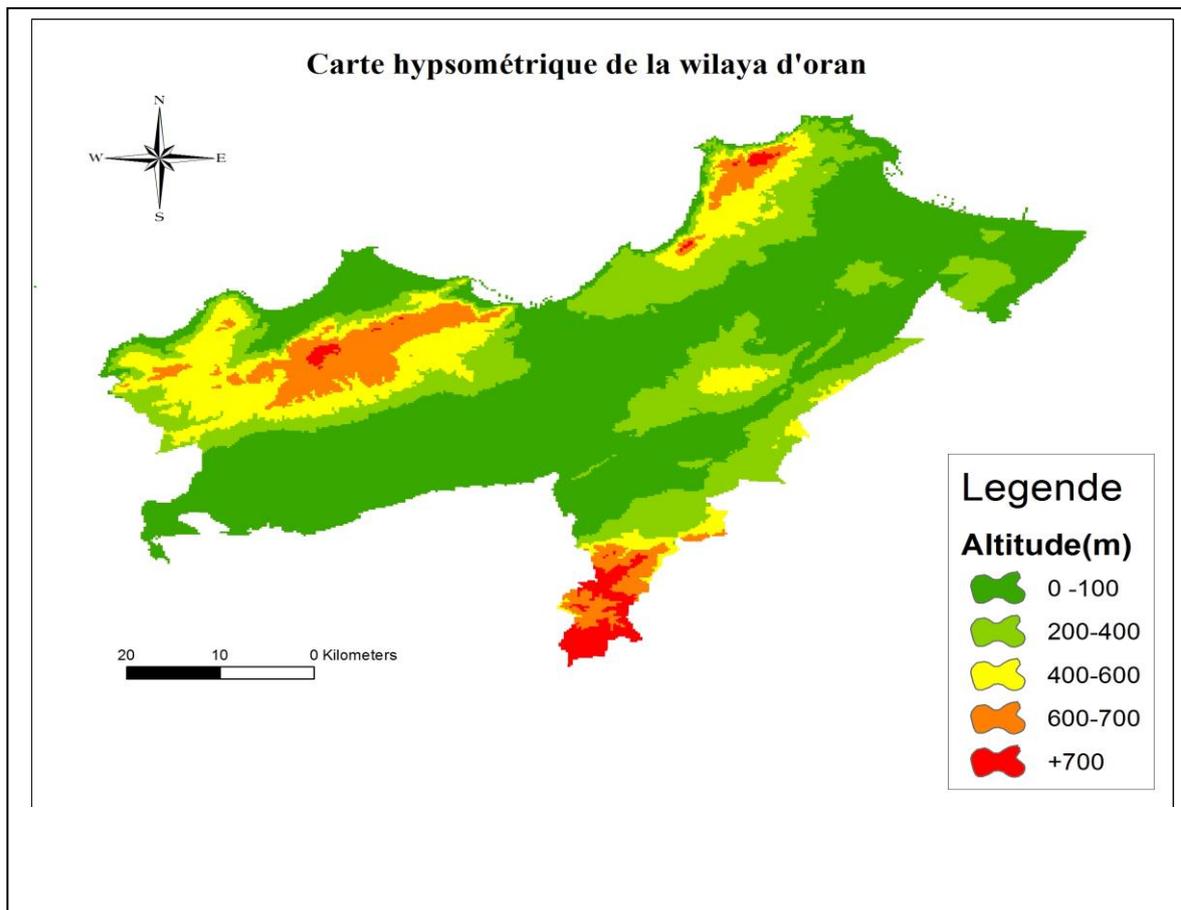


Fig.14: Carte des zones homogènes

Source : BNEDER,2011



Source :[http:// earth explorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov)

Fig.15: Carte hypsométrique de la wilaya d'Oran

II.5 Contexte climatique

II.5. 1.introduction

L'étude climatique se fera par l'exploitation des données dans le temps pour mettre en évidence ce changement climatique et ses conséquences sur les différents écosystèmes, en particulier les écosystèmes forestiers.

Notre étude portera sur le calcul d'indices climatiques pour deux périodes, l'une ancienne relative aux données de Selzer (1913-1938), effectuée par MERCHOUGA AMEL(2018) et une période récente relative aux données exploitées à partir du site fr.Tutiempo (1994-2020) pour la station d'Es-Senia effectuée par Ould Kaci et Boumaza en 2021.

La station d'Es-Senia est considérée comme la station où on a le plus de données disponibles. Cette

station est située à 35°43'N de latitude et 00°36'W de longitude et se trouve à 90 m d'altitude. Les données utilisées sont les données mensuelles des températures minimales

et maximales et moyennes et des précipitations moyennes mensuelles.

L'analyse des températures journalières (minimales et maximales) et des précipitations offre la possibilité de détecter, suivre et analyser les tendances d'un possible changement climatique.

La wilaya d'Oran se situe en grande partie dans le domaine climatique méditerranéen semi-aride.

La topographie, la proximité de la mer, l'altitude, l'exposition et le couvert végétal jouent un rôle important dans la diversité des variantes climatiques pour l'ensemble de notre zone d'étude. Ainsi on distingue.

Les massifs côtiers d'Oran ont un bioclimat méditerranéen semi-aride à hiver chaud (sebkha d'Oran). (BNEDER, 2011)

Les plaines littorales et sub-littorales de cette wilaya, ont un bioclimat méditerranéen semi-aride à hiver tempéré (60% des superficies de la wilaya).

(BNEDER, 2011)

II.5.2. Les paramètres climatiques

• Les précipitations

Les données des précipitations sont relatives aux données pluviométriques pour la période ancienne et récente sont résumés dans le tableau n°6 et 7.

Tableau n°6 : Les moyennes annuelles et mensuelles de pluies relatives aux données Seltzer (1913-1938) in (Merchouga, A 2018)

Mois	S	Oc	N	D	J	F	M	A	Ma	J	J	A
P (mm)	22	39	83	82	79	84	48	36	32	31	1	1

Source Seltzer in MerchougaA, 2018

Tableau n°7 : Les moyennes annuelles et mensuelles de pluies relatives aux données exploitées à partir du site fr.Tutiempo (1994-2020) pour la station d'Es-Senia.

Mois	S	Oc	N	D	J	F	M	A	Ma	Ju	Jt	Ao
P (mm)	16,75	40,92	61,02	51,26	42,24	36,22	32,21	35,49	32,2	21,12	3,15	1,02

Source (www.infoclimat.fr in Ould Kaci et Boumaza, 2021)

Les figures et sont les représentations graphiques de ces données où les maximums des pluies sont concentrés en automne et en hiver.

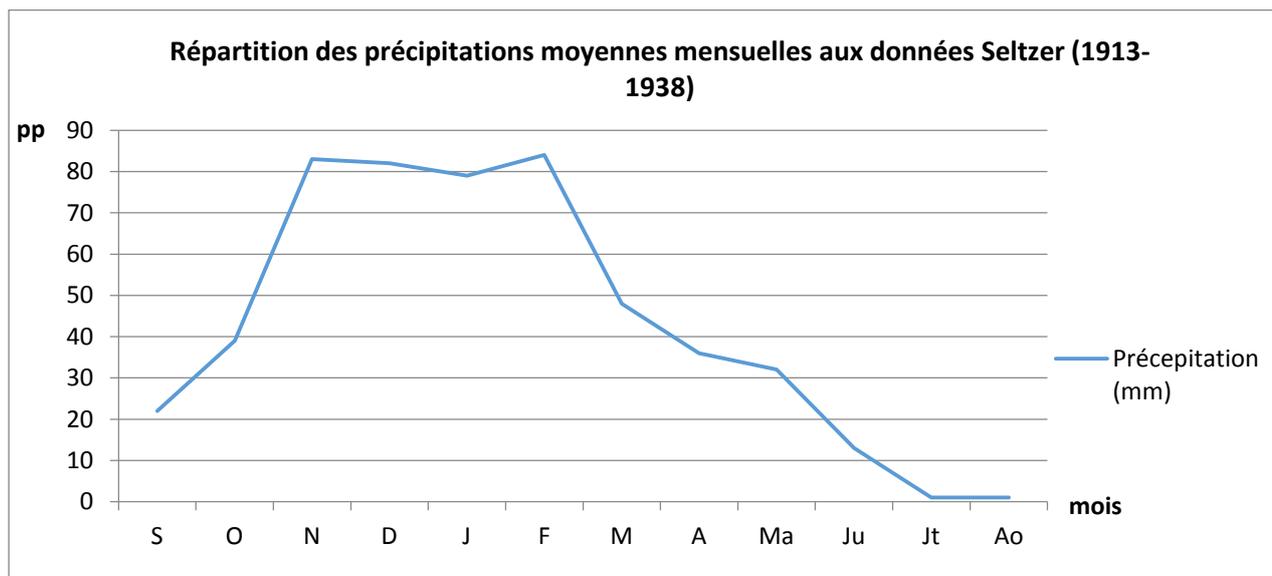


Fig.16 : Les moyennes annuelles et mensuelles de pluies relatives aux données Seltzer (1913-1938)

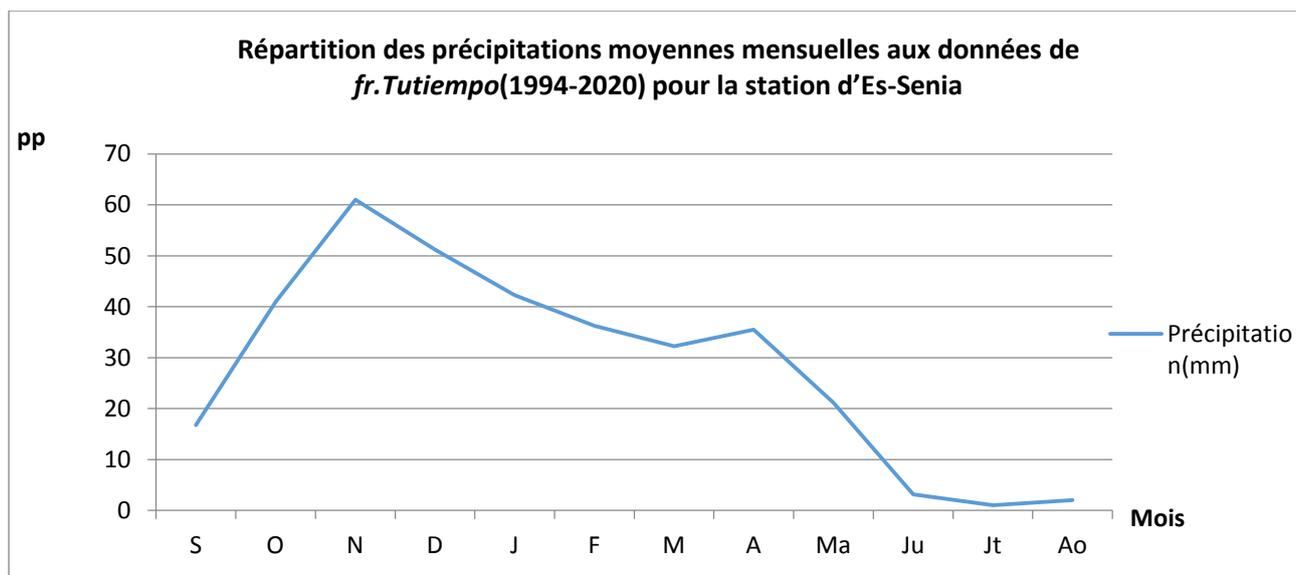


Fig.17: Répartition des précipitations moyennes mensuelles aux données de fr.Tutiempo (1994-2020) pour la station d'Es-Senia

Source (www.infoclimat.fr)

- **Les températures**

Les données des températures sont résumées dans le tableau n°8 pour la période (1913-1938) et le tableau n°9 pour la période (1994-2020). Les figures n°17 et 18 sont les représentations graphiques de ces données où on enregistre un maximum en Juillet et en Aout, un minimum au mois de Janvier pour la période 1913-1938 et un maximum en aout et un minimum pour le mois de janvier pour la période 1994-2020.

Tableau n°8 : Les moyennes mensuelles des températures (1913/1938)

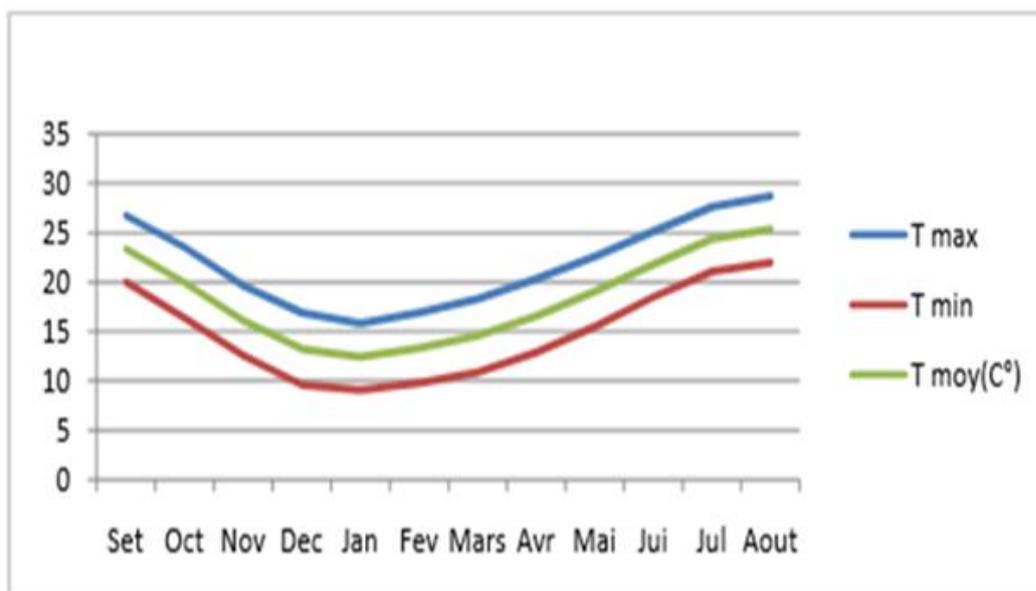
Mois	S	Oc	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	Ao
T°moy (C°)	23,35	19,95	16,1	13,25	12,45	13,35	14,6	16,6	19,05	21,8	24,35	25,35

Source (Merchouga, A 2018)

Tableau n°9 : les moyennes mensuelles des températures 1994-2020

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	Ao
T°moy (C°)	23,5	18,4	15,1	12,2	10,9	12,2	14,2	16,4	19,5	23,1	25,8	26,4

Source (www.infoclimat.fr in Ould Kaci et Boumaza, 2021)

**Fig.18** : Répartition des températures moyennes mensuelles d'Es-Senia 1913_1938

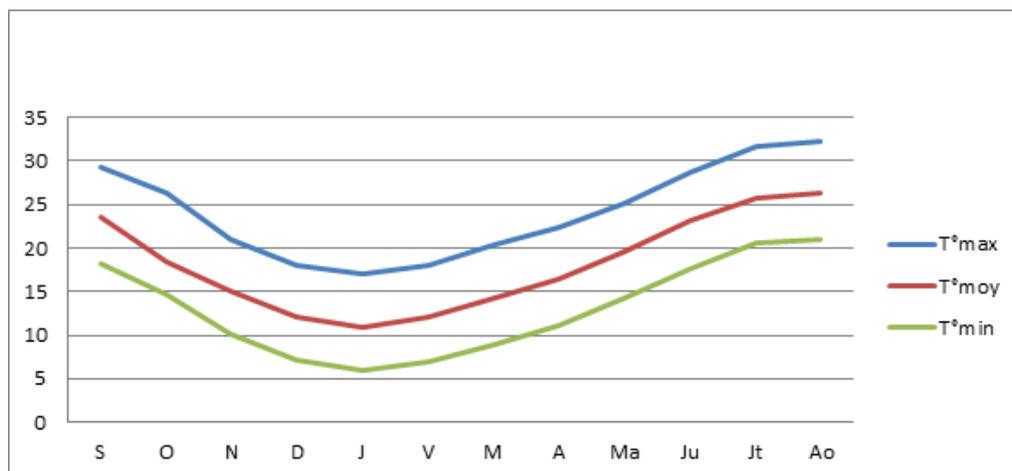


Fig.19: Répartition des températures moyennes mensuelles d'Es-Senia 1994_2020

• Synthèse bioclimatique

1. *Le climagramme d'EMBERGER*

Le climagramme d'EMBERGER permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée. Il est déterminé à partir de la formule : $Q2 = 1000P/M-m (M+m)/2$, dont

- P: précipitation annuelle (mm)
- M: la température maximale du mois le plus chaud en °C
- m: la température minimale du mois le plus froid en °C

D'après la figure n°19, la station de référence se situait dans l'étage bioclimatique sub humide à variante chaude pour les données anciennes (1913-1938). Pour la période récente (1994-2020), la station se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride à variante tempéré.

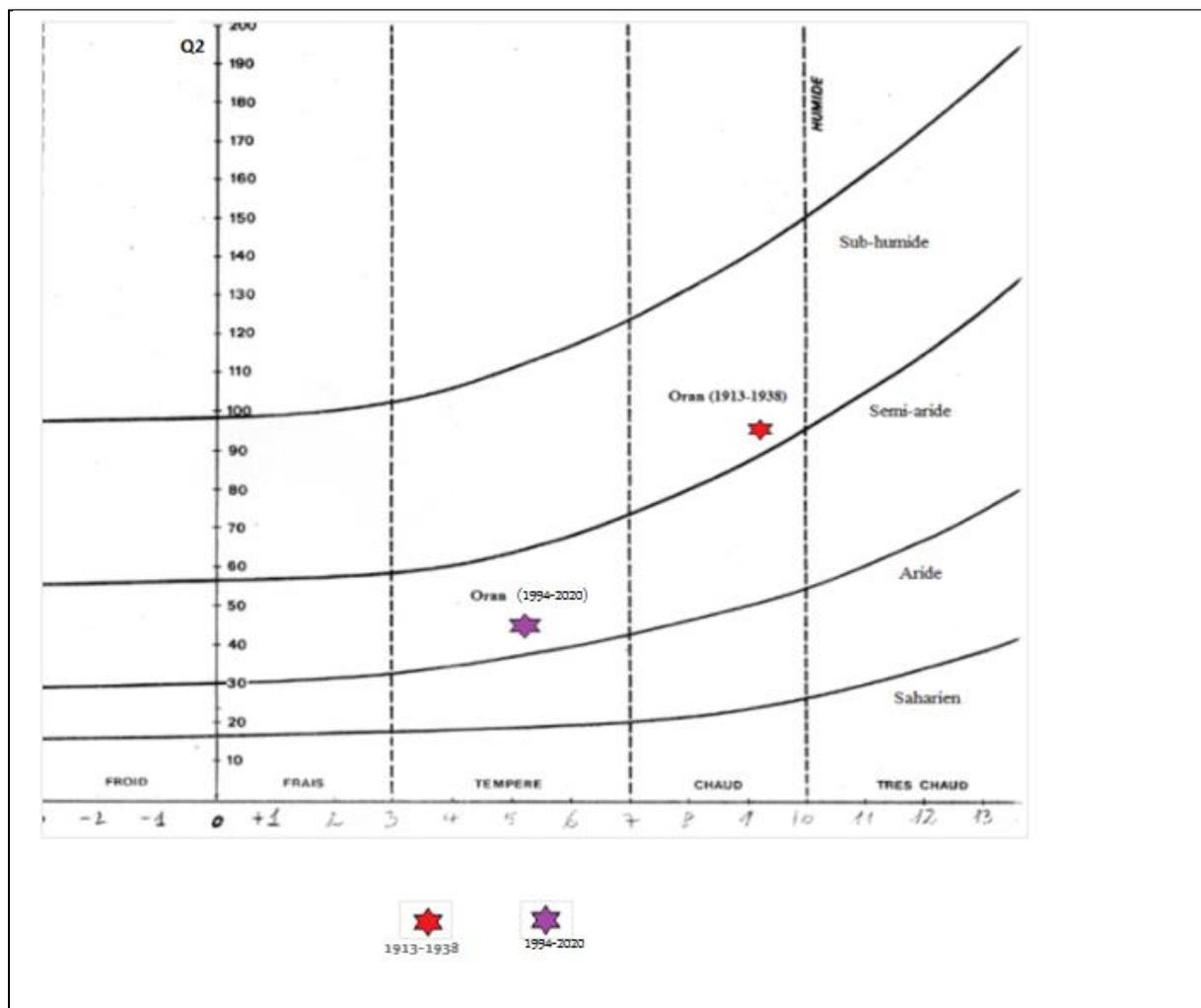


Fig.20: Climagramme d'Emberger de la région D'Oran (1913-1938) / (1994-2020)

2. Indice de Bagnouls et Gaussen

D'après Bagnouls et Gaussen (1953), un mois est sec lorsque les précipitations (mm) sont inférieures ou égales au double de la température moyenne mensuelle en (°C) : $P \geq 2T$

P: Précipitations (mm).

T: Températures (°C).

Le diagramme ombrothermique est basé sur cette relation et l'intersection des courbes thermiques et pluviométriques déterminent la durée de la saison sèche et humide.

Pour la période (1913.1938) la saison humide s'étend de mi-octobre jusqu'à mi-avril (figure n°18). De même pour la période 1994-2020 (Fig.20), soit une période de six mois et donc 6 mois de sécheresse.

Néanmoins, la comparaison des deux diagrammes ont relevées une augmentation légère de la période de sécheresse et une diminution de la période humide mais qui aura des conséquences assez importantes sur les différents écosystèmes.

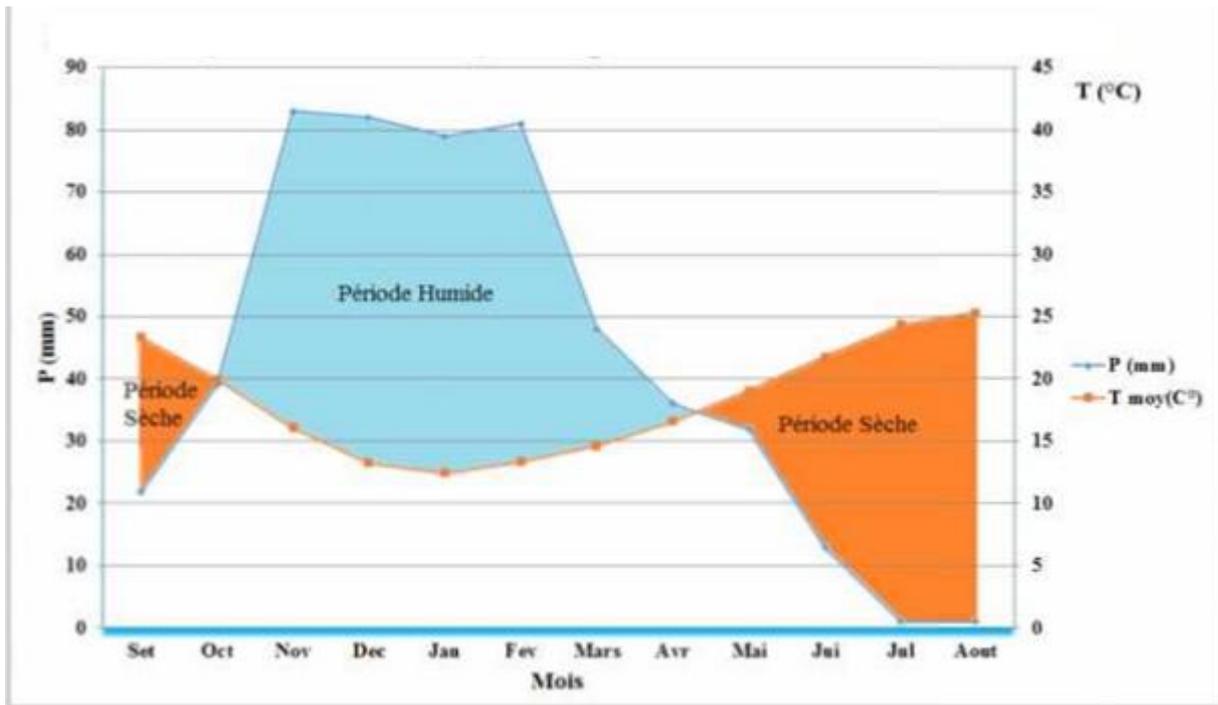


Fig.21 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la station de Es sènia pour la période (1913.1938).

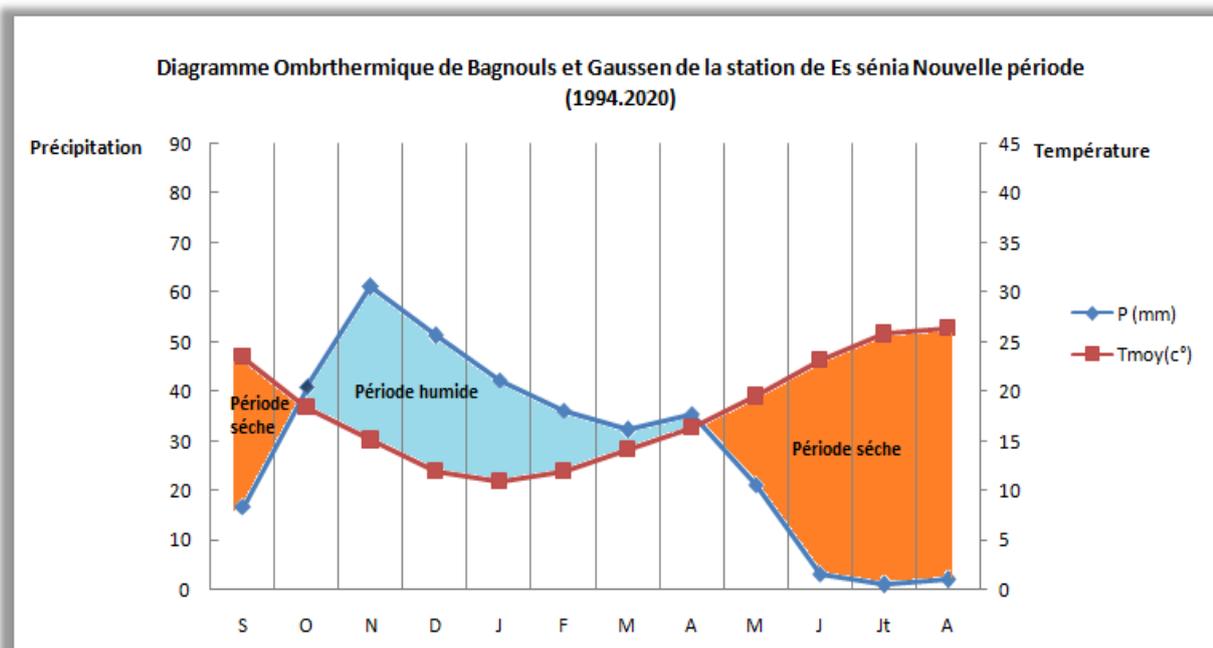


Fig.22: Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la station de Es sènia pour la période (1994-2020)

3. Le bilan hydrique

La classification de Charles Warren Thornthwaite, tient compte de paramètre lié au développement de la végétation, et plus particulièrement du concept d'évapotranspiration et d'indice d'aridité fondée sur les moyennes de température.

La méthode de Thornthwaite permet de calculer ponctuellement (en une station) le bilan

d'eau (P-ETP) mensuel et annuel à partir des valeurs mensuelles des précipitations et des valeurs moyennes mensuelles des températures.

A cet effet, L'estimation de l'évapotranspiration potentielle par la méthode de THORNTHWAITE nous permettra de classer le climat de la station de référence pour la période ancienne et récente en utilisant l'indice globale, qui est en fonction du surplus annuel, du déficit annuel et l'ETP annuelle, ainsi que l'efficacité thermique.

Ces deux paramètres vont nous permettre, non seulement de classer mais aussi de comparer les deux périodes afin de pouvoir voir s'il y a un éventuel changement climatique à l'échelle régionale.

Le calcul du bilan hydrique par la méthode de THORNTHWAITE est basé sur le calcul de :

1. l'indice de chaleur mensuel donnée par la formule suivante :

$$I=(t /5)1.514$$

2. Calcul de l'ETP potentielle est donnée par la formule suivante :

$$ETP=16 \times (10t /i) \times K$$

ETP : évapotranspiration potentielle mensuelle (en mm).

t : température moyenne mensuelle (mm).

K : facteur de correction qui est en fonction de la latitude (position géographique (Voir annexe n°1).

i : indice thermique mensuelle.

Le bilan hydrique(b) qui est la différence entre la pluviosité (p) et l'évapotranspiration potentielle (e). Quand $p-e > 0$ on a un surplus. Quand $p-e < 0$ on a un déficit.

Les résultats sont consignés dans les tableaux n°10 et 11

L'indice globale pour la période (1913-1938) est 528.85 alors que la période (1994-20230) il est de 370.11. D'après ses résultats, on déduit que le type hygrométrique est très humide (notation A) parce qu'il est >100 pour les deux périodes avec une légère diminution de la période récente (annexe1).

Pour l'efficacité thermique, il y a changement de notation de la notation B'3 à B'2 mais on est toujours dans le Méso thermique (annexe 1) .

Tableau n 10: tableau récapitulatif du bilan hydrique (1913-1938)

Mois	jan	fév	mars	avril	mai	juin	Juillet	aout	Sept	oct	nov	déc
Pré	79	84	48	36	32	13	01	01	22	39	83	82
T	12.45	13.35	14.60	16.6	19.05	21.8	24.34	25.35	23.35	19.95	16.1	13.25
i	3.96	4.40	5.07	6.15	7.55	9.29	10.95	11.64	10.20	8.10	5.07	4.35

k	1,03	0,97	0,86	0,85	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16
e	2.97	3.132	4.532	5.94	8.26	10.764	13.2	13.68	11.124	7.644	4.717	3.08
b	76.03	80.87	43.47	30.06	23.74	2.24	-12.2	-12.68	10.88	31.36	78.29	78.92

Tableau n11 : tableau récapitulatif du bilan hydrique (1994-2020)

Mois	Jan	fév	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	sep	oct	nov	déc
Pré	42.24	36.22	32.21	35.49	32.21	21.12	3.15	1.02	16.95	40.92	61.02	51.26
T	10.9	12	14.2	16.4	19.5	23.1	25.8	26.4	23.5	18.4	15.1	12
i	3.25	3.76	4.06	6.04	7.85	10.15	11.99	12.42	10.41	7.19	5.33	3.76
k	1,03	0,97	0,86	0,85	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16
e	2.25	2.61	4.532	6.048	9.204	12.285	15.72	15.732	11.124	6.664	4.183	2.64
b	39.99	33.61	27.68	29.45	23.01	8.84	-12.57	-14.71	5.83	34.26	56.84	48.62

4. Conclusion

En conclusion, la comparaison des données climatiques entre les deux périodes étudiées (1913-1938) et (1994-2020) et la synthèse bioclimatique montre une diminution des précipitations accompagnée d'une augmentation des moyennes de température pour la période plus récente par rapport à celle plus ancienne.

Cette analyse diachronique, par le calcul de l'indice d'Emberger, montre que la région d'Oran, représenté par la station de référence, est passée de l'étage bioclimatique sub humide à hiver chaud au semi-aride à hiver tempéré ce qui va engendrer une diminution des précipitations et une augmentation des températures (une tendance vers l'aridité).

Par ailleurs, le bilan hydrique montre que le déficit est plus important en période récente d'où changement de notation de B'3 à B'2 dans le Mésotermique.

CONCLUSION

Le climat planétaire a subi un changement, et éventuellement, ce changement aura un impact sur le climat régional.

En général, l'étude des précipitations sur le Nord de l'Algérie montre une succession d'épisodes pluviométriques excédentaires et déficitaires par rapport à la normale et qui témoignent de leur grande variabilité, caractéristique des climats méditerranéens et conséquence du changement climatique.

En effet, Aimé S. et Remaoun Kh. (1991) ont démontré que l'Oranie se trouve dans une phase de sécheresse climatique depuis 1977. Ce qui a été confirmée par notre étude qui montre qu'il y a une tendance vers l'aridité du climat en occurrence pour la région d'Oran.

CHAPITRE III

METHODES D'INVESTIGATIONS

INTRODUCTION

L'observation de la terre ouvre des perspectives considérables pour plusieurs secteurs d'activités et en particulier ceux qui connaissent des situations critiques ou représentent des enjeux considérables tels l'utilisation des sols (agriculture, urbanisme, déforestation, désertification, etc.), les ressources en eau, la prévision météorologique et climatologique, la prévention et la gestion des catastrophes naturelles telle que les incendies de forêts.

Le caractère multi spectrale des données satellitaires revêt un intérêt majeur pour les nombreuses applications thématiques : végétation, sol, et autres, dans un langage de télédétection qui est « l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci ». (HARTANI, 2005).

L'étude d'un espace géographique et son évolution peut se faire en utilisant la télédétection comme outil de travail afin de mettre en évidence cette évolution dans l'espace et dans le temps.

Notre thème de recherche s'intègre parfaitement dans cette optique à savoir l'étude de l'évolution d'un espace forestier dans la wilaya d'Oran en utilisant des images satellites multi temporelles.

III.1 Notions générales

III.1.1 Définition de la télédétection :

La télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'images, permet d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre sans contact direct avec celle-ci.

Basée sur le spectre électromagnétique, la télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie émise ou réfléchi de ce rayonnement, à traiter et à analyser l'information pour ensuite mettre en application cette information.

Dans la plupart des cas, la télédétection implique une interaction entre l'énergie incidente et les cibles sur la surface terrestre.

III.1.2 La télédétection active et passive

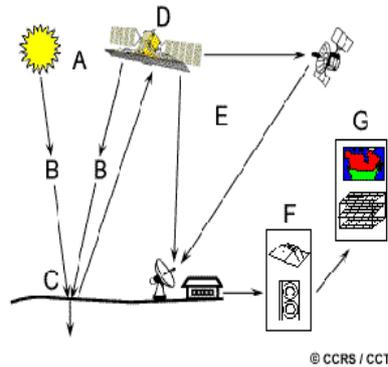
C'est la source d'illumination qui fait la différence. Dans le cas de la télédétection active, le système imageur produit sa propre énergie pour illuminer la cible et il reçoit la partie rétro diffusée par celle-ci.

Le capteur actif a l'avantage de pouvoir prendre des mesures à n'importe quel moment de la journée ou de la saison. Le laser fluor mètre et le radar à synthèse d'ouverture (RSO) sont des exemples de capteurs actifs.

Les dispositifs de télédétection qui mesurent l'énergie disponible naturellement (Energie solaire) sont des capteurs passifs. Le capteur passif peut seulement percevoir l'énergie réfléchi lorsque le Soleil illumine la Terre. Il n'y a donc pas d'énergie solaire réfléchi le soir, tandis que l'énergie dégagée naturellement (l'infrarouge thermique) peut être perçue le jour ou la nuit.

III.1.3 Le processus de télédétection

Le processus de l'acquisition de l'image de télédétection au moyen de systèmes imageurs passe par les étapes décrites ci-après (figure 22). Il est à noter cependant, que la télédétection peut également impliquer l'énergie émise et utiliser des capteurs non imageurs.



**Fig 22 : Les
processus de**

A) *Source d'énergie ou d'illumination* : à l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique pour illuminer la cible sur la surface terrestre. Dans le cas de la télédétection passive, cette source d'illumination est le soleil.

B) *Rayonnement et atmosphère* : durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère. Une seconde interaction se produit lors du trajet entre la cible et le capteur.

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

D) *Enregistrement de l'énergie par le capteur* : 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.

E) *Transmission, réception et traitement* : l'énergie enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques).

F) Interprétation et analyse : 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.

G) Application: 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.

III.1.4) Le spectre électromagnétique

La notion de spectre fait référence à la décomposition de la lumière blanche au moyen d'un prisme. Cette nomenclature a été étendue à toutes les ondes électromagnétiques, dont le visible n'est qu'une petite partie.

Les différents types de rayonnement sont classés selon leurs longueurs d'onde et leurs fréquences. Les principales zones employées dans les mesures de télédétection sont **FIG.23**) :

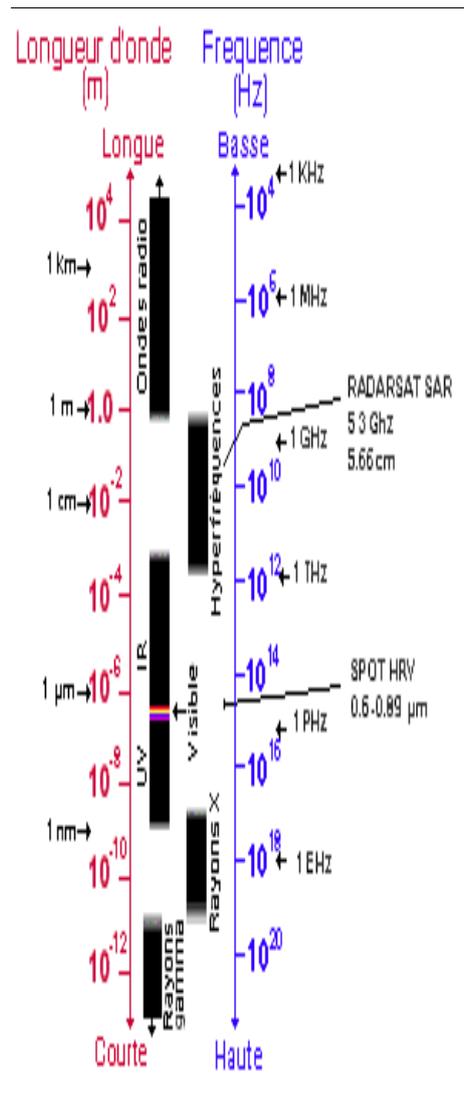


Fig.24 : Le spectre électromagnétique

- *les ondes non- visibles*
 - 0,35 – 0,40 m (ultraviolet)
 - 0,70 – 0,90 m (proche infrarouge)
- *les ondes visibles*
 - 0,40 – 0,70 m (visible)

III.1.5 Les satellites et capteurs d'observation de la Terre

Suite aux succès éclatants des premières images des satellites météorologiques dans les années 60, et par les images acquises lors des missions spatiales habitées, le premier satellite d'observation Landsat-1 a été lancé par la NASA en 1972. Les séries de ce système portent plusieurs capteurs comme les systèmes de caméras RBV (Return Beam Vidicon), le système MSS (Multi Spectral Scanner), et plus tard, le TM (Thematic Mapper) avec une fauchée au sol de 185 km sur 185 km.

Avec le développement des satellites et des capteurs progresse de nouvelles technologies. Les satellites, par leurs types héliosynchrone et géostationnaire puis les capteurs par leurs caractéristiques géométriques et radio métriques.

III.1.6 La forêt et la télédétection

Comme la forêt est un phénomène qui évolue rapidement dans le temps, la disponibilité de l'information récente et la mise à jour sont nécessaires pour une meilleure gestion des ressources forestières.

Pour répondre très rapidement à ces besoins en informations, la télédétection spatiale est l'un des moyens les plus favorables. Elle permet d'acquérir des images couvrants une même région plusieurs fois dans l'année (multi temporelles).

Cette technique est un moyen très efficace pour le suivi des changements dans le temps de la zone concernée. Aussi, les informations recueillies par les satellites nous permettent de suivre l'évolution de l'environnement en fonction du temps. En particulier l'état de la végétation et des sols peut être meilleure gestion des ressources forestières.

En effet, l'état de la végétation et des sols peut être déterminé à intervalles réguliers ; ce qui fait que la télédétection représente un meilleur outil de surveillance écologique à notre disposition pour couvrir de vastes territoires.

Les applications de la télédétection en foresterie sont vastes et on peut citer parmi elles :

- **La cartographie de reconnaissance**

Les forestiers poursuivent des objectifs tels que la mise à jour du couvert forestier, la surveillance de la diminution des ressources et la mesure des propriétés biophysiques des forêts (Discrimination du type de couvert forestier, cartographie agro forestière etc.).

- **Le suivi de la déforestation**

Le taux et l'étendue de la déforestation, ainsi que le suivi de la régénération sont les paramètres clés mesurés par des méthodes de télédétection.

La télédétection regroupe une multitude d'outils pour mieux analyser l'étendue et l'échelle du problème de la déforestation. Les données multi temporelles permettent l'analyse de la détection des changements.

Les images des années antérieures sont comparées aux scènes récentes afin de mesurer

concrètement les différences de l'étendue des pertes de forêts. Les données de sources variées sont utilisées pour obtenir de l'information complémentaire. Les données à haute résolution offrent une vue détaillée du déboisement des forêts.

La télédétection procure une vue de régions souvent éloignées et inaccessibles, où les dommages pourraient se poursuivre durant de longues périodes s'il n'y avait pas de surveillance aérienne.

- **Les études d'inventaires forestiers**

L'attribution du type de couvert forestier et l'identification des espèces sont des aspects importants pour les gestionnaires de conservation des forêts. L'attribution du type de couvert peut consister en une cartographie de reconnaissance au-dessus de grandes surfaces, tandis que les inventaires des espèces sont des mesures hautement détaillées du contenu et des caractéristiques des forêts (type d'arbres, hauteur, densité).

La télédétection nous donne des moyens d'identifier et de délimiter rapidement différents types de forêts, une tâche qui serait difficile et longue avec des moyens traditionnels de levés terrestres. Des données sont disponibles à différentes échelles et résolutions pour satisfaire les demandes locales ou régionales.

L'identification des espèces à grande échelle peut être faite avec des données multi spectrales, des données hyper spectrales ou par photographies aériennes, tandis que le détail des types de couverts à petites échelles peut être fait par interprétation de donnée radars ou multi spectrales.

L'imagerie et l'extraction de l'information peuvent être intégrées à un SIG pour une analyse plus poussée ou pour présentation avec des données auxiliaires telles que les pentes, les limites de propriété ou les routes.

L'imagerie hyper spectrale permet, en outre, une haute résolution spatiale tout en faisant l'acquisition des données à résolution radiométrique très fine. Ce type d'information spectrale détaillée peut être utilisé pour générer des signatures d'espèces végétales et certains stress des arbres (ex. : les infestations d'insectes).

- **La cartographie des incendies de forêts**

La télédétection peut être utilisée pour la détection et la surveillance des feux de forêts et la repousse après un feu. Comme outil de surveillance, le survol de routine facilite l'observation des régions éloignées et inaccessibles en alertant les agences de surveillance de la présence et de l'importance d'un feu.

Les données thermiques du capteur AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) et les données météorologiques de GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) peuvent être utilisées pour localiser les feux actifs et les points chauds qui s'ensuivent lorsque les capteurs optiques sont gênés par la fumée, la brume et la noirceur.

La comparaison entre les régions brûlées et les feux actifs fournit l'information sur la vitesse et la direction du feu.

Les données de télédétection peuvent aussi faciliter la planification des routes pour l'accès ou

l'évacuation d'une zone menacée par le feu, la planification du support logistique pour combattre le feu et pour identifier les zones qui ont peine à récupérer après un feu.

Quelques années après un feu, une mise à jour de la santé et de la régénération d'une région peut être faite au moyen d'une seule image. Des scènes multi temporelles peuvent illustrer la progression de la végétation, du début de la repousse jusqu'au stade de forêt mature (futaie).

Alors que les données thermiques sont idéales pour la détection et la cartographie des feux actifs, les données ou l'évacuation d'une zone menacée par le feu, la planification du support logistique pour combattre le feu et pour identifier les zones qui ont peine à récupérer après un feu.

Une couverture spatiale modérée, une résolution spatiale élevée à moyenne et une fréquence d'imagerie élevée sont nécessaires pour la cartographie des zones brûlées. Alors que la détection et la surveillance des feux requièrent une grande couverture spatiale, une résolution moyenne et une fréquence de prises de données élevée sont nécessaires pour assurer un délai de réponse court.

III.2 APPLICATIONS DE LA TELEDETECTION SUR L'ESPACE FORESTIER DE LA WILAYA D'ORAN

III.2. 1 Matériels et méthodes

- **Les images satellitaires**

Lors de cette étude, nous avons travaillé avec des images satellitaires différentes dates du satellite Landsat. La mise sur orbite de la série des satellites Landsat résulte d'un projet de la NASA, visant à réaliser un satellite spécifiquement destiné à l'observation de la terre, afin d'évaluer les ressources potentielles (ERTS : Earth Resources Technology Satellite). Citation

Sept satellites LANDSAT ont été lancés depuis juillet 1972. Depuis, la caméra a évolué de RBV (Return Beam Vidicon) et MSS (Multi Spectral Scanner) de 1972 à l'ETM+ (Enhanced

Thematic Mapper Plus) de 1999 et plus récemment le capteur OLI (Operational Land Imager) de 2013.

La résolution spatiale est passée de 80 m à 30 m (ou 15 m en mode panchromatique) et les domaines spectraux explorés concernent le visible, le proche infrarouge et le moyen ainsi que l'infrarouge thermique.

Le radiomètre TM permet ainsi d'offrir des images couvrant un champ d'observation de 185 km sur 185 km (voir tableau 1), avec une résolution spatiale de 30 m en mode multi spectral (Benkrid, 2008).

Pour notre étude, nous avons utilisé les images issues de deux types de capteurs LANDSAT:

- M 5 (Thematic Mapper)
- OLI 8 (Operational Land Imager)

L'imagerie LANDSAT couvre une large portion du spectre électromagnétique. Le capteur TM et OLI enregistrent des réflectances dans le visible, dans le moyen infrarouge et dans le proche infrarouge. Il est reconnu que la prise en compte d'une bande au moins de chacune de ces trois zones du spectre,

permet une bonne discrimination générale de l'occupation du sol. Il est en outre généralement admis que l'utilisation d'un grand nombre de bandes spectrales n'apporte guère plus de discrimination entre les objets au sol que celle de quelques bandes judicieusement choisies (Beaudoin, 1995).

Pour toute étude diachronique de la végétation, il est très important de bien choisir la date de prise de vue, car les conditions de terrain varient beaucoup au cours des saisons de l'année.

La difficulté dans ce type d'étude est de distinguer la végétation naturelle, notamment forestière, des zones de cultures. La télédétection de la végétation étant basée sur l'activité photosynthétique, nous avons opté pour la saison sèche (mois d'août), car la majorité des cultures comme la céréaliculture durant cette saison sont sèche et dépourvu de chlorophylle.

De plus, durant la saison sèche le taux de couverture nuageuse est le plus faible, rendant ainsi possible l'acquisition d'image sans nuage.

Le contraste entre végétation annuelle et végétation pérenne et sempervirente, en saison sèche, est le plus fort et donc le plus détectable.

La résolution spatiale des images utilise est 30 m. En effet cette résolution est jugée acceptable pour la méthodologie adoptée dans cette étude.

Tableau N°12 : Caractéristique des images utilisées

Caractéristiques	LANDSAT TM 5	LANDSAT 8 OLI
Date de lancement	01/03/1983	11/02/2013
Altitude	705 km	
Inclinaison	98,2°	
Orbite	Polaire héliosynchrone	
Période de Révolution	98,9 minutes	98 minutes
Capacité de revisite	16 jours	
Résolution optique	30 mètres	30 mètres sur toutes les bandes sauf sur la bande panchromatique (15 m).
Nombre de bandes spectrales	7 bandes	11 bandes
Bandes spectrales visibles et proche infrarouge	Bande 1 Bleu : 0.45 - 0.52 μm Bande 2 Vert : 0.52 - 0.60 μm Bande 3 Rouge : 0.63 - 0.69 μm Bande 4 Infrarouge proche : 0.76 - 0.90 μm	Bande 2 Bleu : 0,450 - 0,515 μm Bande 3 Vert : 0,525 - 0,600 μm Bande 4 Rouge : 0,630 - 0,680 μm Bande 5 Infrarouge proche : 0,845 - 0,885 μm
Date acquisition	24/08/1987	12/08/2017
Référence	LT51960351987236XXX02	LC81970352015224LGN00

III.2.2 Aquisition des données

- ouvrir USGS EARTH EXPLORER

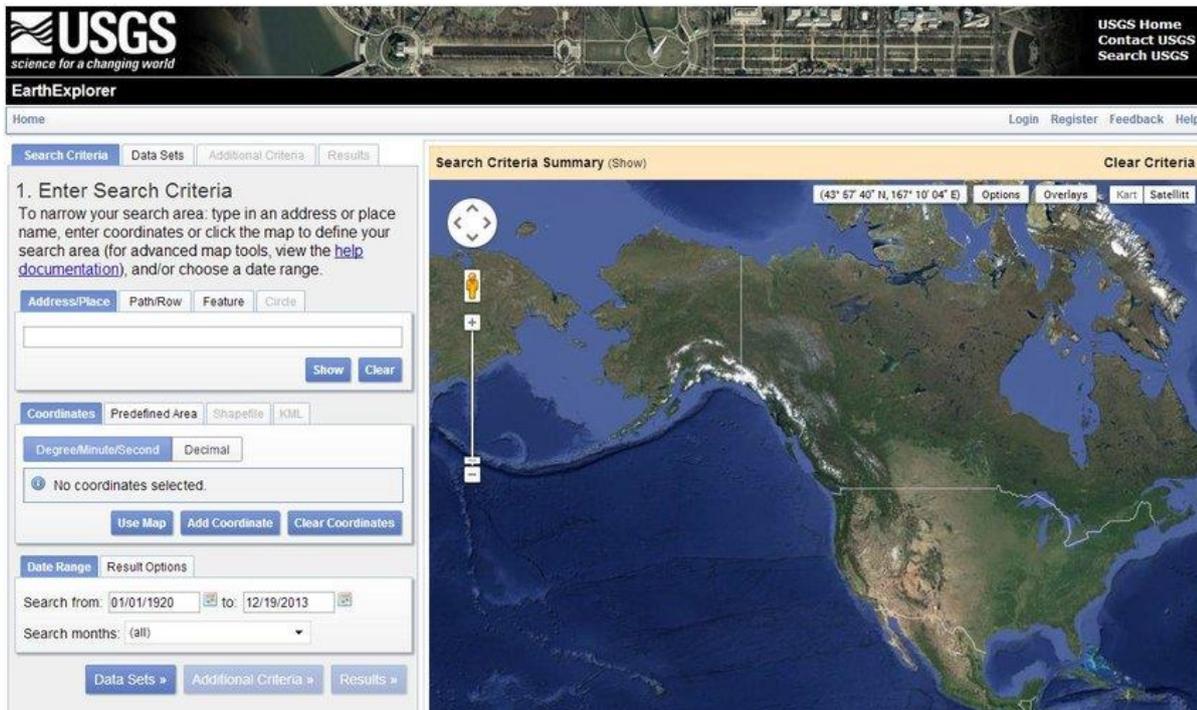


FIG.25 : USGS Earth Explorer

USGS Earth Explorer est un portail en ligne fourni par l'United States Geological Survey (USGS), une agence gouvernementale américaine. Il permet aux utilisateurs d'accéder, de rechercher et de télécharger des données géo spatiales, y compris des images satellites, des cartes, des données topographiques, des données géophysiques et d'autres ressources liées à la Terre.

- entrer l'adresse dans notre cas la wilaya d'Oran
- sélectionner une date

Date Range Cloud Cover Result Options

Search from: 09/01/2015 to: 09/30/2021

Search months: (all)

- choisir une résolution de 10 et une plage de couverture nuageuse de 10 %
- sélectionner satellite voulu

III.2.3 Approches méthodologiques

La démarche retenue pour atteindre nos objectifs s'articule sur la détection des mutations survenues dans les espaces forestiers d'Oran entre 1987 et 2017, le processus de détection a été basé sur étude diachronique, le plan mentionné dans la figure 1 retrace les différentes phases de réalisation de notre approche.

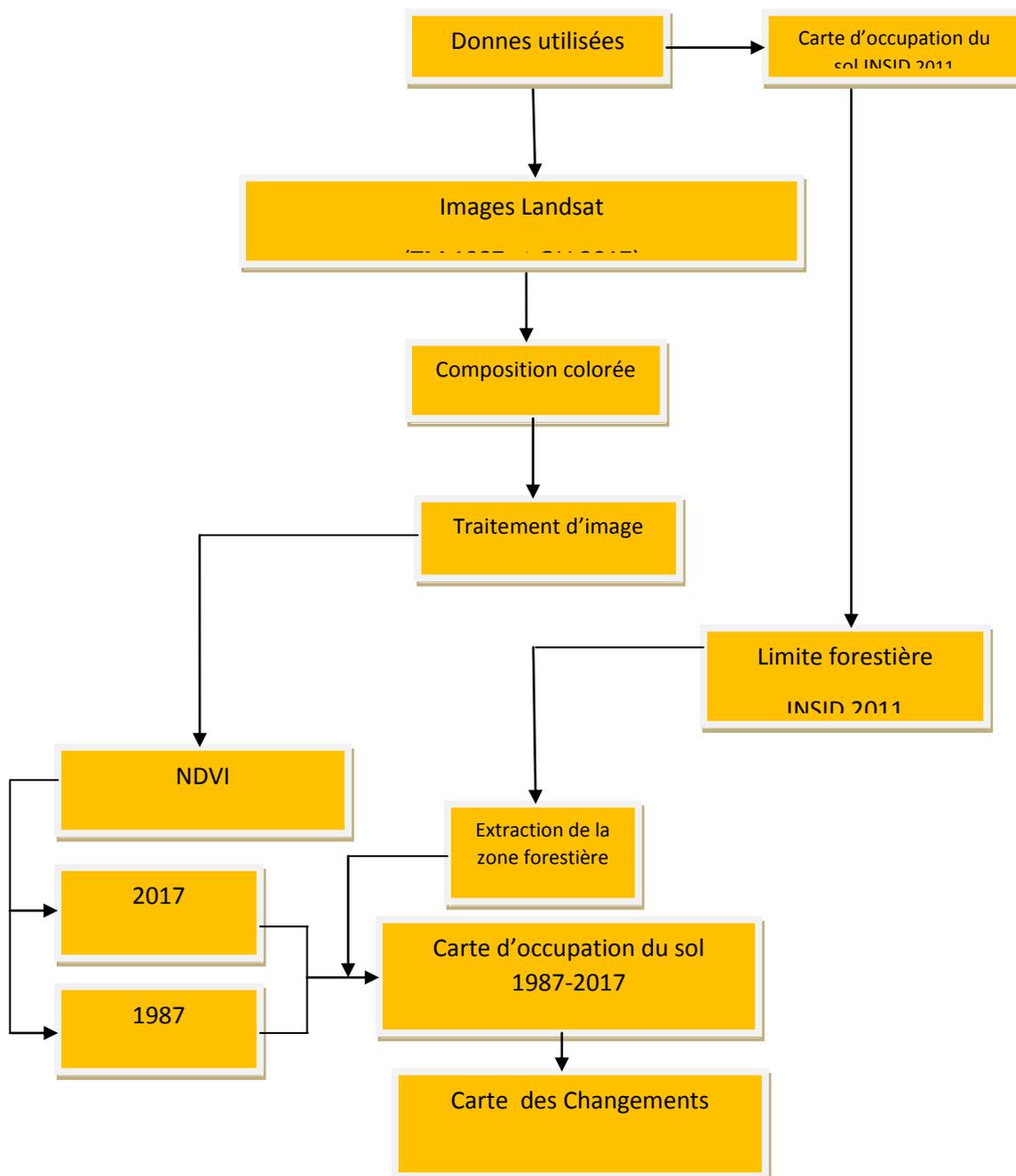


Fig.26 : l'approche menée pour détection des mutations de l'espace forestier

III.2.4 les outils de traitement

➤ ENVI

ENVI (Environnement For Visualing Images) est un logiciel permettant la lecture et le Traitement des images et données numériques et plus précisément les images satellitaires.

Celui-ci dispose, en effet, en un seul package d'un ensemble d'outils particulièrement avancés,

faciles d'utilisation et interactifs: analyse spectrale, correction géométrique et géo référencement, analyse topographique ...etc. Ce logiciel a la particularité d'être le plus utilisé recommande grâce notamment au fait qu'il supporte un grand nombre de formats de fichier, de toutes tailles. Il dispose aussi de son propre format, mais le plus important est quel résultat du travail sous ENVI facilite le travail sous d'autres logiciels de cartographie par la suite.

➤ ArcGIS version 10

ArcGIS est un logiciel SIG développé par la firme américaine ESRI (Environmental Systems Research Institute). Cet outil permet de gérer, visualiser, cartographier, interroger et analyser toutes les données disposant d'une composante spatiale.

Dans le cadre de ce travail, l'utilisation d'ArcGIS permet d'effectuer le découpage administratif de la zone d'étude et établir une présentation des classes des pentes et relief.

III.2.5 Prétraitements

Il permet de préparer les images pour l'analyse principale et l'extraction de l'information. Les opérations de prétraitement se divisent en une correction radiométrique qui permet de réduire les bruits d'images dus au capteur ou à l'atmosphère (Nuages, poussière atmosphérique, vent de sable, etc.)

Les images LANDSAT utilisés dans notre étude sont géo référencées (Projection UTM, fuseau 31N), rectifiées et ortho rectifiées par le distributeur (United States Geological Survey)

➤ Méthodologie de correction atmosphérique

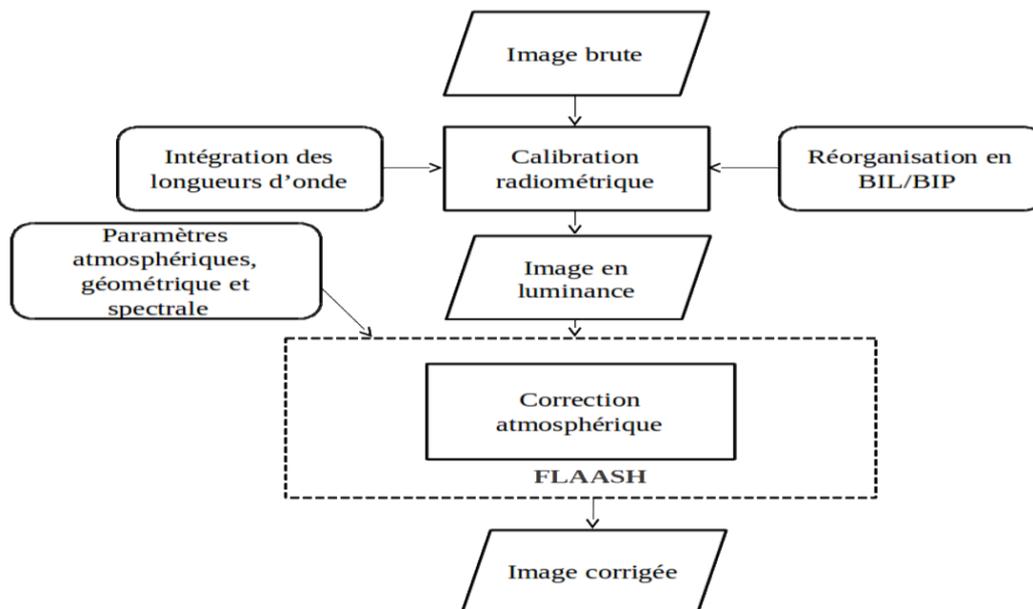


Fig.27 : Méthodologie de correction atmosphérique

III.2.6 préparation des données

➤ Assemblage

L'empilement de couches est un processus permettant de combiner plusieurs images en une seule image. Pour ce faire, les images doivent avoir la même étendue (nombre de lignes et nombre de colonnes), ce qui signifie que vous devrez ré échantillonner d'autres bandes qui ont une résolution spatiale différente de la résolution cible.

Assemblage des canaux Landsat TM/OLI via l'outil layer stacking (ENVI)

➤ Composition colorée

La réalisation d'une composition colorée consiste à affecter à chacune des trois couleurs primaires (le rouge, le vert et le bleu) trois bandes spectrales d'un capteur satellite

Dans une image en 'vraies couleurs', on affecte aux bandes spectrales acquises dans les longueurs d'onde du bleu, du vert et du rouge, les trois couleurs primaires correspondantes. Le rouge est attribué à la bande rouge, le vert à la bande verte et le bleu à la bande bleue.

La composition colorée en couleur infrarouge (infrarouge couleur), ou fausses couleurs, consiste à faire apparaître la végétation en rouge. Il est alors indispensable d'afficher en rouge une bande du spectre infrarouge.

Image land sat TM 5 1987 : RVB (B4 ,B3,B2)

Image landsat 8 OLI 2017:RVB (B5,B4,B2)

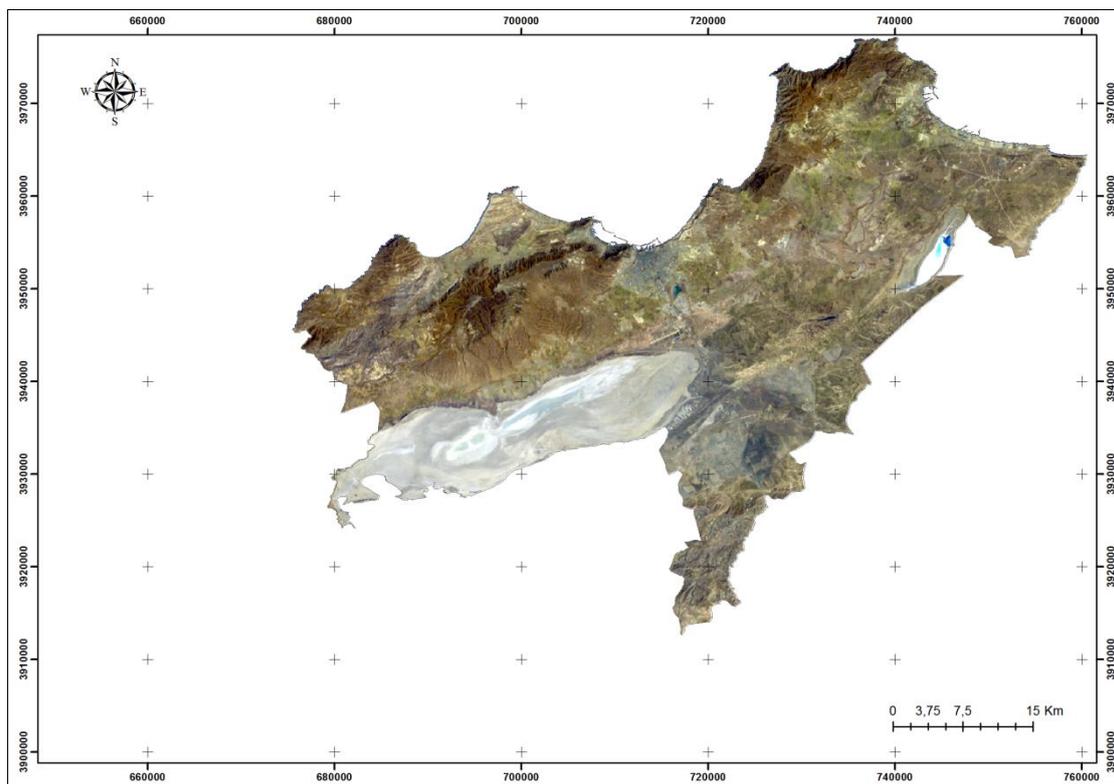


Fig.28 : Image landsat TM d'oran 1987

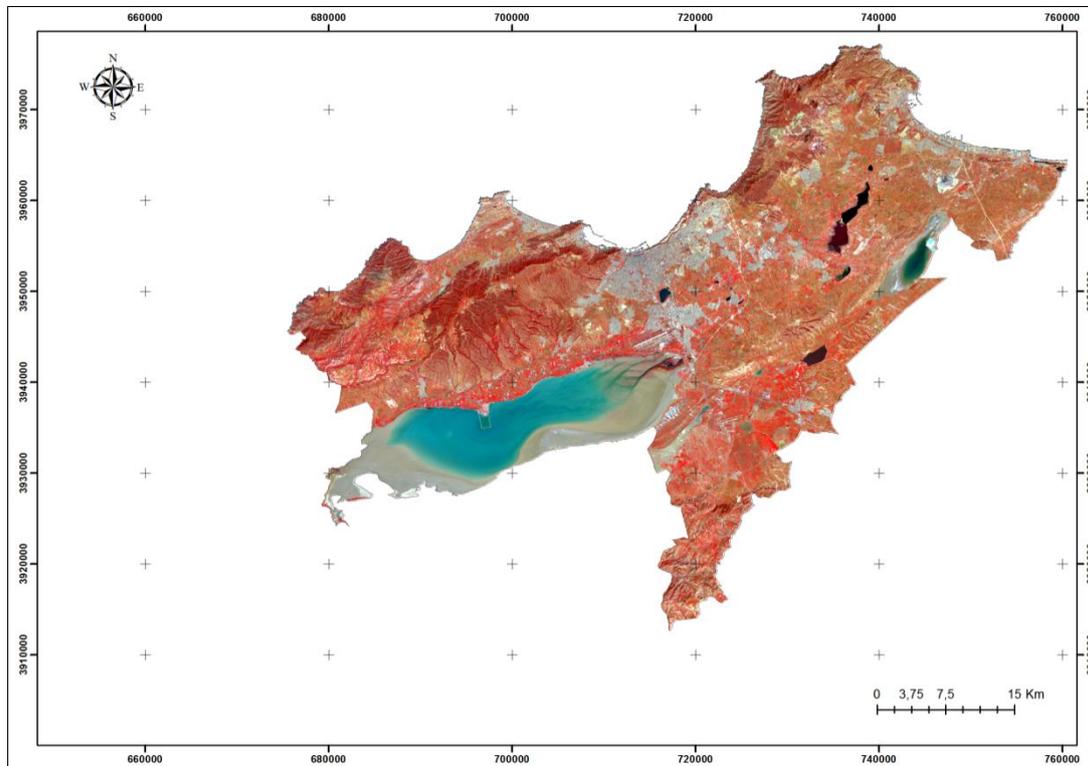


Fig.29: Image landsat OLI d'Oran 2017

III.2.7 Interprétation visuelle

L'œil humain n'étant sensible qu'au rayonnement visible, on ne peut présenter par le jeu des couleurs qu'au plus trois séries d'informations complètes que le cerveau pourra tenter de déchiffrer (Bonn et Rochon, 1992).

La composition la plus utilisée dans ces études Selon (Girard et Girard, 1999), (R4 ; G3 ; B2) cette composition permet de bien séparer l'eau des autres classes et permet aussi de différencier la végétation des sols nus.

Selon une interprétation visuelle des images utilisées, nous avons pu identifier quelques formations forestières notamment pour :

- **Foret**
- **Maquis**
- **Maquis dégradé**
- **Broussaille**

➤ Superposition des données d'occupation du sol de l'INSID 2011

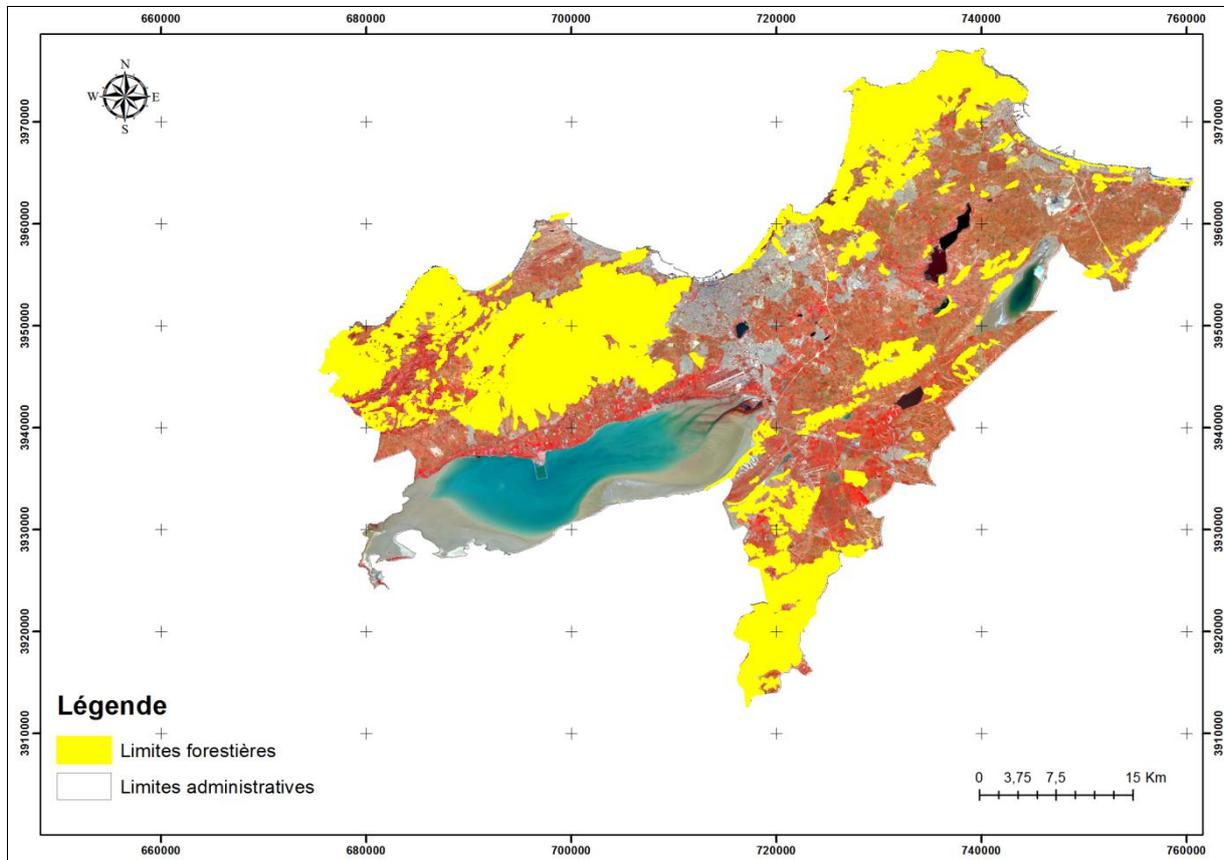


Fig.30 : Limites forestières de la wilaya d’Oran

Source Insid 2011

Nous avons travaillé sur une partie de l’image et on a préféré de supprimer l’espace géographique non traité. Pour ce faire on a effectué un découpage de type géométrique sur l’image grâce à format SHP des limites géographiques de la région d’étude. C’est le masquage géographique.

III.2.8 Traitements et analyses

➤ **L’indice de végétation NDVI :**

L’indice de végétation par différence normalisé, appelé aussi NDVI est construit à partir des canaux rouges (R) et proches infrarouge (PIR). Zaidi2016

L’indice de végétation normalisé met en valeur la différence entre la bande visible du rouge et celle du proche infrarouge.

$$NDVI = \frac{PIR - R}{PIR + R} \dots \dots \dots (équation)$$

Cet indice est sensible à la vigueur et à la quantité de la végétation. Les valeurs du NDVI sont comprises entre -1 et +1.

Les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge.

Pour les sols nus, les réflectances étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0. Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7. Les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses .zaidi2016

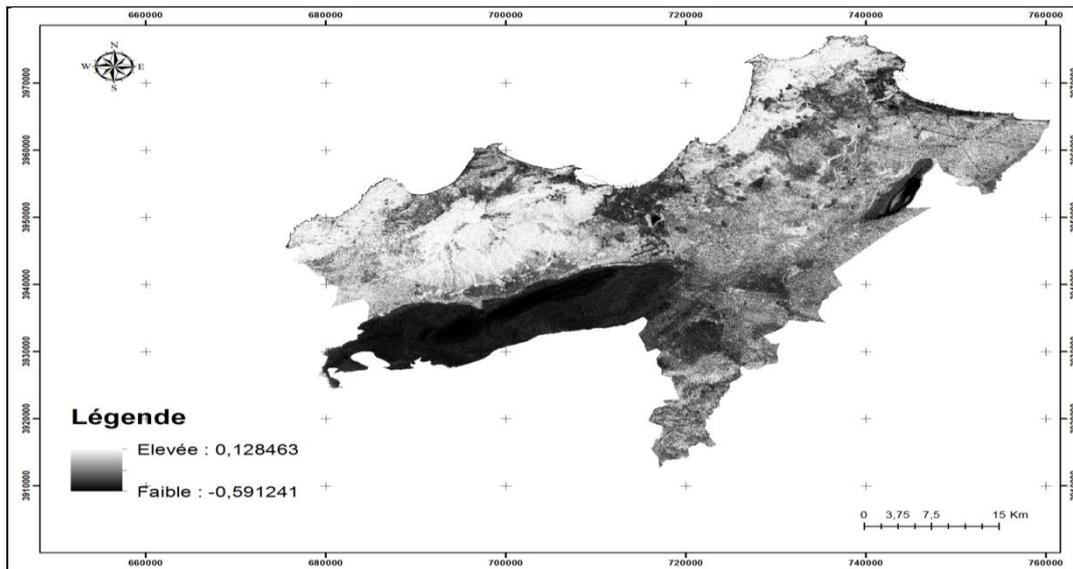


Fig.31: NDVI d'image 1987

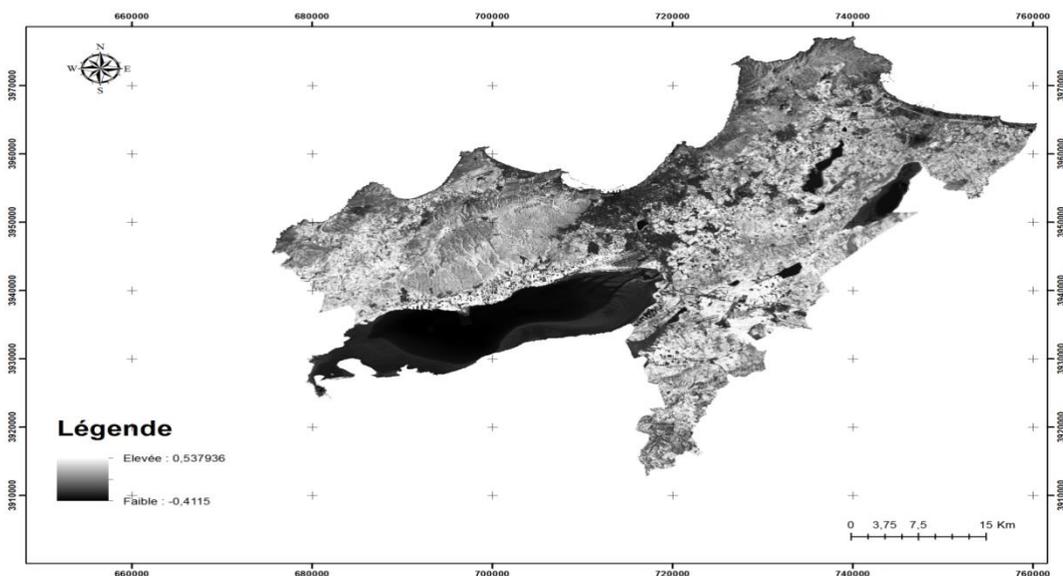


Fig.32 : NDVI d'image 2017

➤ **Classification des valeurs NDVI**

L'objectif de la classification supervisée est principalement de définir des règles permettant de classer des objets dans des classes à partir de variables qualitatives ou quantitatives caractérisant ces objets. Les méthodes s'étendent souvent à des variables Y quantitatives (régression).

On dispose au départ d'un échantillon dit d'apprentissage dont le classement est connu. Cet échantillon est utilisé pour l'apprentissage des règles de classement. Il est nécessaire d'étudier la fiabilité de ces règles pour les comparer et les appliquer, évaluer les cas de sous apprentissage ou de sur apprentissage (complexité du modèle). On utilise souvent un deuxième échantillon indépendant, dit de validation ou de test.

La démarche adoptée consiste à utiliser des images satellitaires brutes de satellite américain Landsat 5 et 8 à des dates différentes (1987 et 2017) afin d'effectuer une analyse thématique de ce milieu, et pour visualiser les changements globaux qui se sont produits dans cette zone.

A. Identification des classes

Le choix des ROI (échantillons) est basé sur les classes suivantes :

- **Forêts**
- **Broussaille**
- **Maquis**
- **Maquis dégradée**

III.2.9 Présentation des résultats

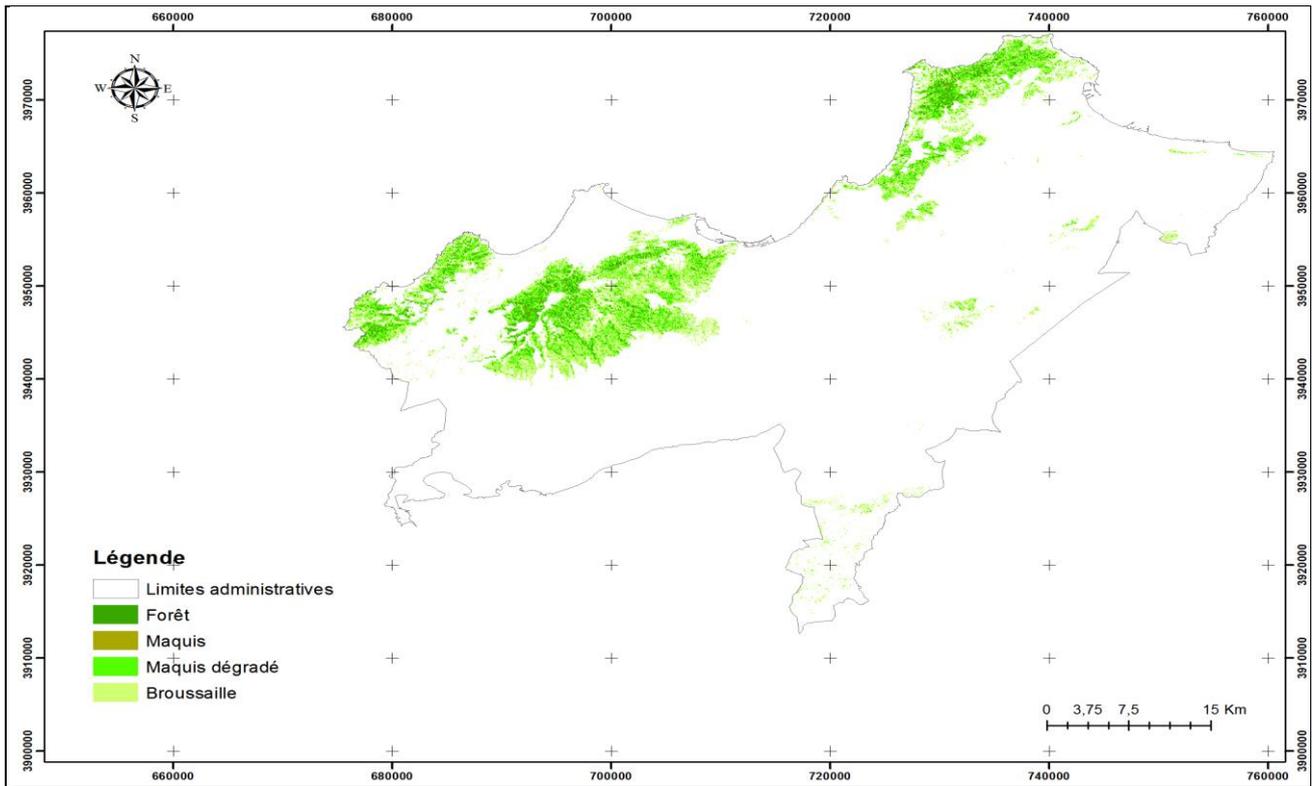


Fig.33 : Carte d'occupation du sol 1987

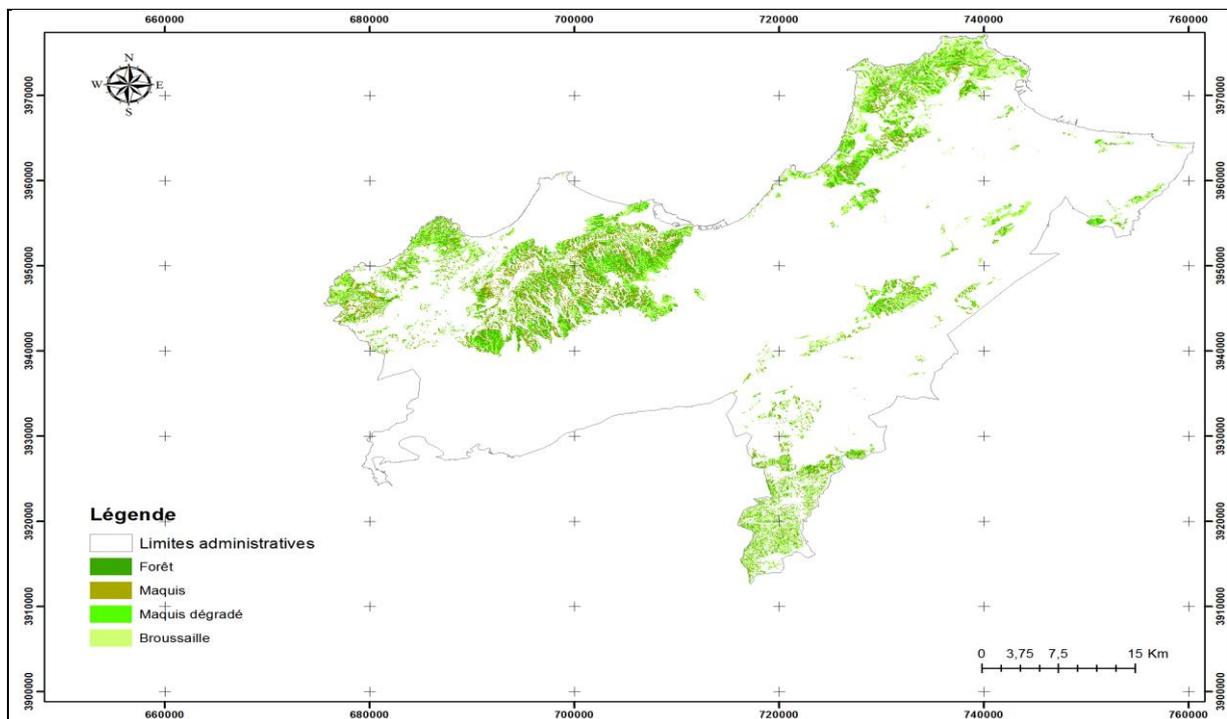


Fig.34: Carte d'occupation du sol 2017

➤ Détection du changement

Après la classification, on procède à la détection du changement entre les différentes dates sélectionnées. Ce procédé permet de détecter les moindres changements de classe, entre deux images classifiées à des dates différentes.

Les images obtenues illustrent, spatialement et quantitativement, les changements importants de la végétation survenus dans le temps au niveau de la région d'étude. Ces changements peuvent être une progression, une régression ou une stabilité du couvert végétal. (Figure32)

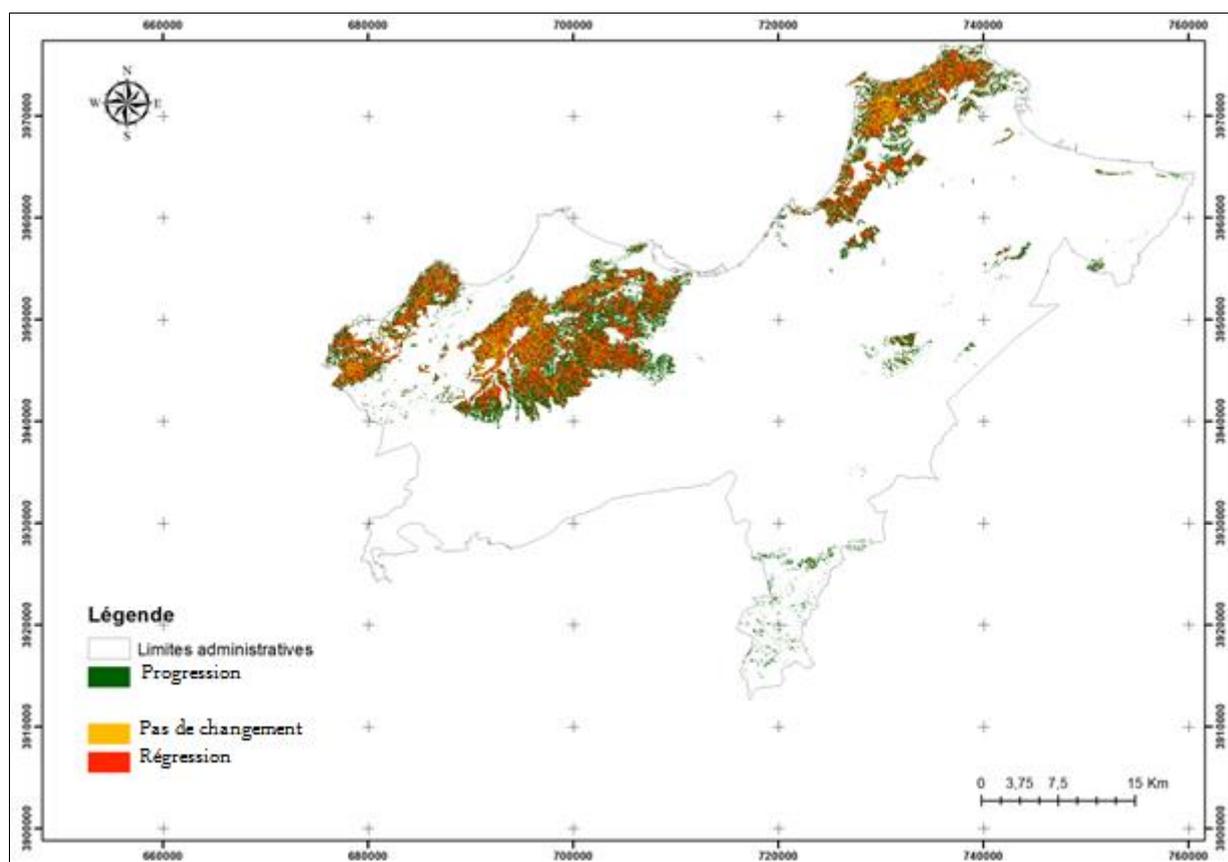


Fig 35 : Carte des changements

Statistiques

Tableau n13 : Statistiques des changements

Classes d'occupation du sol	Surface 1987 (ha)	Surface 2017 (ha)	l'écart (ha)
Broussaille	15272,46	9675,54	-5596,92
Maquis dégradé	12052,44	7913,61	-4138,83
Forêt	3485,07	8786,70	5301,63
Maquis	335,61	7596,45	7260,84
totale	31145,58	33972,30	2826,72

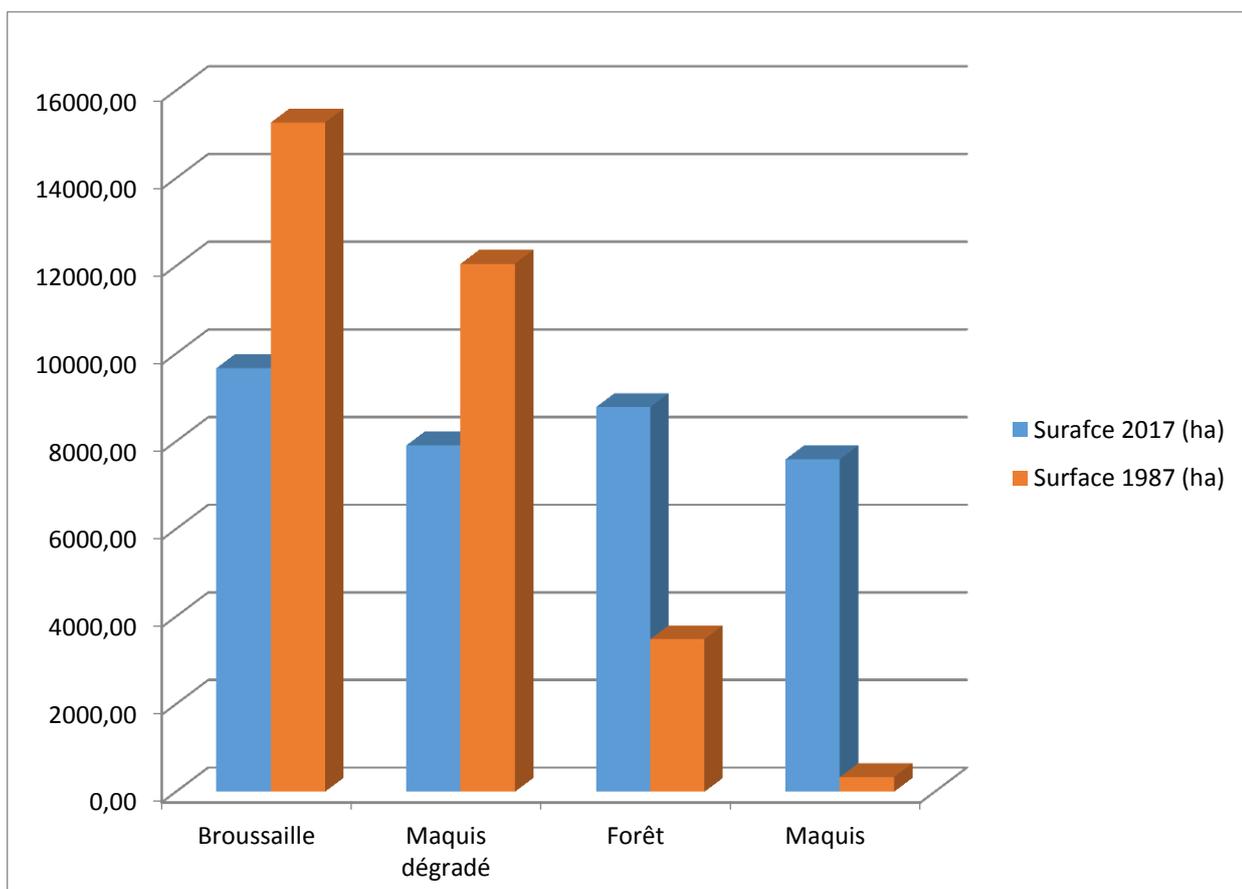


Fig.36: Evolution des surfaces par classe d'occupation.

III.2.10. Interprétations

Fig n30 et 31 montrent qu'il y a une dynamique. La carte de changement (figure n32) qui est le résultat de la fusion entre la carte de végétation de 1987 et de 2017 met en relief trois couleurs :La couleur rouge qui indique une régression, la couleur verte pour l'évolution progressive et le jaune indique qu'il n y a aucun changement. Une mutation progressive peut être expliquée par une reprise de la végétation soit d'une manière naturelle ou suite à un reboisement. De même pour l'évolution régressive est fort du aux incendies, en premier lieu.

Selon la figure n 33 , une comparaison entre les dates et en fonction de type de formation, on peut déduire, probablement les explications suivantes :

- **Pour le maquis** : la superficie a augmenté. Ceci peut être expliqué par le fait qu'il y a une régénération naturelle ou artificielle (reboisement). En effet d'après les données de la conservation des forêts d'Oran, la wilaya a enregistré des opérations de reboisement. Par exemple de 2009 (données disponibles) jusqu'à 2013, la superficie reboisée est estimée à 1105.46 ha (annexe 2)
- **Pour la forêt** : La surface a augmenté du fait qu'après 30 ans les arbres qui étaient au stade gaulis sont passés au stade futaie.
- **Pour le maquis dégradé et broussailles** : on remarque que la superficie a diminué par rapport à l'année 2017. Ceci est dû en grande partie aux incendies. En effet, un incendie se déclenche dans la litière, très inflammable, qui est à l'origine d'un grand nombre de départs de feux suivis de la strate herbacée, d'une grande inflammabilité, suivi de la strate des ligneux bas (maquis), d'inflammabilité moyenne qui transmet rapidement le feu aux strates supérieures (les grands arbres ou forêt). (figure n34)

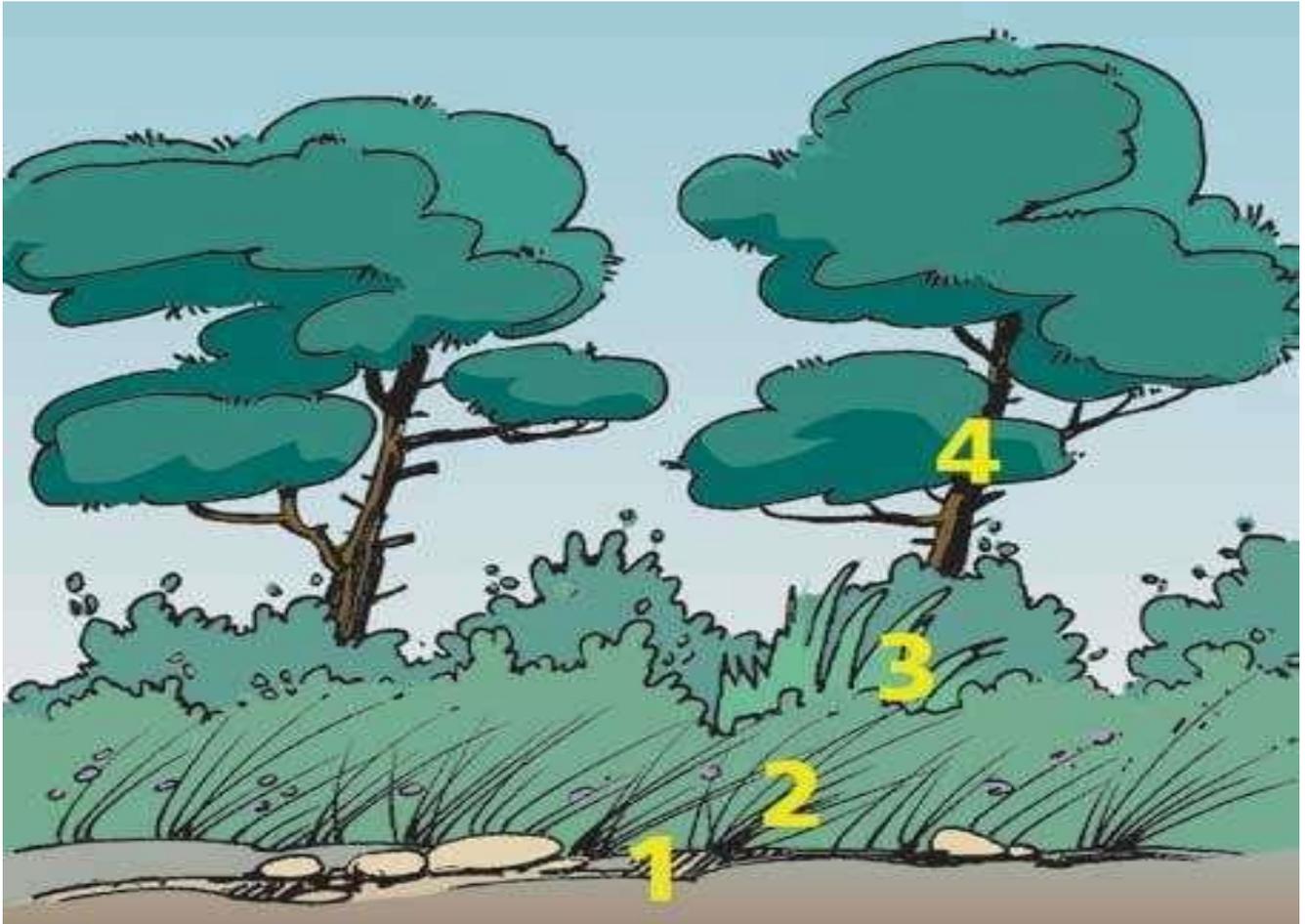


Fig.37 : Les différentes strates du combustible (Bendria, 2018)

Conclusion

Les espaces forestiers dans la wilaya d'Oran ont subi une dégradation importante, ce qui est clairement visible sur la carte des changements (couleur rouge). Cette dégradation est liée, en grande partie aux incendies de forêts.

L'outil télédétection est un moyen très efficace qui nous a permis le suivi des changements dans le temps de la zone concernée. Ainsi, les informations recueillies par les satellites nous ont permis de suivre l'évolution de l'environnement en fonction du temps, en particulier l'état de la végétation et des sols pour une meilleure gestion des ressources forestières

Conclusion générale

Conclusion générale

L'Algérie présente une vulnérabilité écologique se traduisant par une fragilité de ces écosystèmes à la sécheresse et à la désertification dans certaines régions.

Cette vulnérabilité représente un défi que l'Algérie a entrepris de relever, en adoptant une approche intersectorielle et en réorientant la planification des politiques publiques vers l'adaptation aux changements climatiques, la lutte contre la désertification et la préservation de la diversité biologique et des ressources hydriques.

Les espaces forestiers jouent un rôle essentiel dans l'équilibre environnemental et la préservation de la biodiversité. Cependant, ces espaces sont souvent sujets à des mutations et des pressions anthropiques qui peuvent compromettre leur intégrité et leur fonctionnalité.

Les incendies de forêts peuvent être la cause de ces mutations. Ainsi, le climat constitue l'un des facteurs qui influent le comportement des incendies de forêts, notamment les températures maximales, les précipitations qui déterminent la rapidité du dessèchement des végétaux et donc le risque des incendies au cours de la période sèche de l'année.

Avec la chaleur et le manque d'eau, le vent est un facteur climatique important en accélérant la combustion et favorisant la propagation et la gravité des incendies. Par ailleurs, les vagues de chaleur, qui sont l'une des conséquences du changement climatique avec l'augmentation de la période de sécheresse contribue largement au risque d'incendie et sa propagation (Bendria, 2018).

En effet, la comparaison des données climatiques entre les deux périodes étudiées (1913-1938) et (1994-2020) et la synthèse bioclimatique montre une diminution des précipitations accompagnée d'une augmentation des moyennes de température pour la période plus récente par rapport à celle plus ancienne.

De même, l'indice d'Emberger, montre que la région d'Oran, représentée par la station de référence, est passée de l'étage bioclimatique sub humide à hiver chaud au semi-aride à hiver tempéré ce qui va engendrer une diminution des précipitations et une augmentation des températures (une tendance vers l'aridité).

Par ailleurs, le bilan hydrique montre que le déficit est plus important en période récente.

L'outil télédétection a été un moyen très efficace qui nous a permis le suivi des changements dans le temps de la zone concernée. La démarche retenue pour atteindre nos objectifs s'articule sur la détection des mutations survenues dans les espaces forestiers d'Oran entre 1987 et 2017. Le processus de détection a été basé sur étude diachronique.

Les espaces forestiers dans la wilaya d'Oran ont connu des mutations, ce qui est clairement visible sur la carte des changements.

Conclusion générale

Une mutation progressive peut être expliquée par une reprise de la végétation soit d'une manière naturelle ou suite à un reboisement. De même pour l'évolution régressive est due aux incendies, en premier lieu.

En raison de son impact négatif sur les superficies forestières, une diminution quantitative a été mise en évidence sur la période 1987-2017, témoignant ainsi indirectement de la fragilité des écosystèmes forestiers. Cette dégradation est considérée comme l'ennemi principal des forestiers, car ses conséquences sur la forêt sont nombreuses : dégradation du paysage, appauvrissement de la faune et de la flore, dégradation des sols, altération du régime hydrique et impact socio-économiques.

Références bibliographiques

- **Abdelghani Ould Kaci, Boumaza Mohamed Amine 2021:** La relation entre les paramètres climatiques (Températures, Précipitation) et les zones humides. cas du lac Télamine. Thème master 2 .université d'oran2
- **Bagnouls F. et Gausson H.,** 1953. Saison sèche et indice xérothermique. Doc. Carte prote. veg. art.8. Toulouse, 47 p
- **BENDRIA Abdelkader 2018 :** Relation Analytique entre les vagues de chaleur et les feux de *forêts* .cas de la wilaya d'Oran .thème Master 2. université d'Oran 2
- **Boudy, 1955 ;** Economie forestière Nord Africaine. Tome IV. Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Paris : Larose. 481 p
- **FAO,(2000) :** L'Etude prospective du secteur forestier en Afrique. Rapport FAO, FOSA. 60 p.
- **Ikerroud M., 2000 -** Evaluation des ressources forestières nationales. DGF. Alger. 39 p.
- **Madani 2001 :** Association des bovins, des ovins et des caprins dans les élevages de la subéraie algérienne.
- **Mezali M., 2003 -** Forum des Nations Unies sur les forêts (3ème session, Genève). Alger :Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et Direction Générale des Forêts. 9 p.
- **MERCHOUGA AMEL 2018 :** Evolution des écosystèmes aquatiques par l'indicateur de l'avifaune, Le cas des deux zones humides ; Saline d'Arzew et le lac Télamine. Thème master 2.université d'Oran
- **Mhiri et Benchekroun (2006) :** . Les écosystèmes forestiers et pré forestiers : situation, enjeux et perspectives pour 2025. pp : 408-410.
- **Ouelmouhoub, 2005 :** Gestion multi-usage et conservation du patrimoine forestier : cas des subéraies du Parc National d'El Kala (Algérie). Thèse de Master de l'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier 127 p.
- **Zaidi 2016 :** l'état actuel de la forêt de parc national Theniet El Had avec en arrière-plan la mise en évidence des facteurs dégradation entre 1987 et 2015.

Webographie

- <https://fr.tutiempo.net/climat/algerie.html>
- <https://www.usgs.gov/educational-resources/earth-explorer>
- <http://landsat.usgs.gov>

Annexe n°1 :

Tableau 7 : Coefficient de correction mensuelle en fonction de la latitude , pour l'obtention de l'évapotranspiration potentielle .

N.B. (Les facteurs de correction pour la latitude 50° peuvent être utilisés pour toutes les stations de latitude plus élevée).

Lat. N.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	.99	1.02
10	1.00	.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	.90	.99
15	.97	.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	.95	.97
20	.95	.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	.93	.94
25	.93	.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
26	.92	.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
27	.92	.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.17	1.13	1.02	.99	.90	.90
28	.91	.88	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	.98	.90	.89
29	.91	.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
32	.89	.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	.98	.88	.87
33	.88	.85	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	.97	.88	.86
34	.88	.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	.97	.87	.86
35	.87	.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	.97	.86	.85
36	.87	.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	.97	.86	.84
37	.86	.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	.97	.85	.83
38	.85	.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	.96	.84	.83
39	.85	.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	.96	.84	.82
40	.84	.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	.96	.83	.81
41	.83	.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	.96	.82	.80
42	.82	.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	.95	.82	.79
43	.81	.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	.95	.81	.77
44	.81	.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.30	1.20	1.04	.95	.80	.76
45	.80	.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	.94	.79	.75
46	.79	.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	.94	.79	.74
47	.77	.80	1.02	1.14	1.30	1.32	1.33	1.22	1.04	.93	.78	.73
48	.76	.80	1.02	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.05	.93	.77	.72
49	.75	.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	.93	.76	.71
50	.74	.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	.92	.76	.70
Lat. S												
5	1.06	.95	1.04	1.00	1.02	.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
10	1.08	.97	1.05	.99	1.01	.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
15	1.12	.98	1.05	.98	.98	.94	.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
20	1.14	1.00	1.05	.97	.96	.91	.95	.99	1.00	1.08	1.09	1.15
25	1.17	1.01	1.05	.96	.94	.88	.93	.98	1.00	1.10	1.11	1.18
30	1.20	1.03	1.06	.95	.92	.85	.90	.96	1.00	1.12	1.14	1.21
35	1.23	1.04	1.06	.94	.89	.82	.87	.94	1.00	1.13	1.17	1.25
40	1.27	1.06	1.07	.93	.86	.78	.84	.92	1.00	1.15	1.20	1.29
45	1.30	1.07	1.07	.92	.83	.74	.82	.92	1.00	1.16	1.22	1.31
46	1.32	1.10	1.07	.91	.82	.72	.81	.92	.99	1.17	1.25	1.35
48	1.34	1.11	1.08	.90	.80	.70	.81	.92	.99	1.18	1.27	1.37
50	1.37	1.12	1.08	.89	.77	.67	.81	.92	.99	1.19	1.29	1.41

CLASSEMENT CLIMATOLOGIQUE DE LA STATION:

a/ La station se range dans les types hygrométriques suivants:

Type hygrométrique	valeurs extrêmes de l'indice global	notation
Très humide	>100	A
Humide	+100 +80	B4
Humide	+80 +60	B3
Humide	+40 +20	B1
Sub humide-humide	+20 0	C2
sub humide -sec	0 -20	C1
Semi-aride	-20 -40	D
Aride	-40 -60	E1
hyper -aride	<-60	E2

b/ Le classement climatologique tient compte, en outre, l'efficacité thermique, exprimée par l'évapotranspiration potentielle annuelle (E).

Catégorie	Valeurs extrêmes de l'ETP (E) en cm	Notation
Mégathermique	>114	A'
Mésothermique	114 -99.7	B'4
	99.7 - 85.5	B'3
	85.5 - 71.2	B'2
	71.2 - 57.0	B'1
	Microthermique	57.0 - 42.7
42.7 - 28.5		C'1
Toundra	28.5 - 14.2	D'
Gel perpétuel	<14.2	E'

Etat des Reboisement effectués durant les 10 dernière années

ANNEE	Programme	Action	Espèce							Densité		Commune	Impact	Volume prévu	Volume réalisé	Entreprise	Observation
			Pin Maritime	Pin d'Alep	Eucalyptus	Chêne liège	Caroubier	Acacia cyanophylla	Cyprus pyramidal								
2009	PSD	Reboisement	30		10						1110 625	Ain el kerma	Madagh	40	40	SAFA DAHRA ORAN	
2009	PSD	Reboisement		47	3						1110 625	Boufatis	Slatna	50	50	SAFA DAHRA ORAN	
2009	PSD	Reboisement		8	2						1110 625	Mers El Hadjadj	Forêt de djebel Djibs	10	10	SAFA DAHRA ORAN	
S/Total 1			30	55	15									100	100		
2010	PSD	Reboisement		37	3						1110 625	el braya	Hamar el Karma	40	40	ETF TAHAOU	
2010	PSD	Reboisement		17	3						1110 625	Tafraoui	Djebel Grabis	20	20	ETF TAHAOU	
2010	PSD	Reboisement		60	10						1110 625	Boufifer	Oued dhit	70	70	ETF TAHAOU	
2010	PSD	Reboisement		47	3						1110 625	El ançor	Poudrière	50	50	ETF TAHAOU	
2010	PSD	Reboisement		10	10						1110 625	Sidi Ben Yebka	Sidi Ben Yebka	20	20	ETF TAHAOU	
S/Total 2				171	29									200	200		
2011	PSD	Reboisement		80	20						1110 625	Misserghine	Tarziza	100	100	SIDI YEKHLEF	
2011	PSD(PCCE)	Reboisement		40	10						1110 625	Hassi Ben Okba	Montagne des lions	50	50	ETF TAHAOU	
2011	PSD(PCCE)	Reboisement		40	10						1110 625	Boufatis	Bled el kharadj	50	50	BOULAREDJ	
S/Total 3				160	40									200	200		
2012	PSD(PCCE)	Reboisement		10							1110	Misserghine	pénitencier	10	10	SIDI YEKHLEF	
2012	PSD(PCCE)	Reboisement		30							625	Ain el kerma	Tarziza	30	30	SIDI YEKHLEF	
2012	PSD(PCCE)	Reboisement				10					625	Boutellis	M'sila	10	10	SIDI YEKHLEF	
2012	PSD(PCCE)	Reboisement		45	5						1110 625	Sidi ben yebka	Kessiba	50	50	SIDI YEKHLEF	
2012	PSD(PCCE)	Reboisement		47	3						1110 625	El Braya	Chabet el terraza	50	50	ETF TAHAOU	
2012	PSD(PCCE)	Reboisement		45	5						1110 625	Ben Freha	Menatsia	50	50	ETF TAHAOU	
S/Total 4			30	177	13	10								200	200		

2013	PSD	Repeuplement des trousés										El Ançor	Cap lindies	116,07	116,07	ERGR		
		Plantation pistes désaffectées											El Ançor	Cap lindies	6,5			6,5
		Plantation en feuillus			7,967			1,967		1100			El Ançor	Cap lindies	9,83			9,83
		Reboisement en plein		29,24	1,83			1,83	3,65	1600			El Ançor	Cap lindies	36,55			36,55
		Reboisement en trousés											El Ançor	Cap lindies	358,97			190,26
S/Total 5				29,24	9,697		50,047	3,65						574,17	405,46			
2014	/	/									/	/	/	/	/	/	Pas de programme	
2015	/	/									/	/	/	/	/	/		
2016	/	/									/	/	/	/	/	/		
2017	/	/									/	/	/	/	/	/		
2018	PSD	Repeuplement			8		32			952	952	Arzew	Sidi moussa	40	35	ERGR		
					8		32			952	952	Boutellis	Safra	40	40			
		Reboisement			20		60			625	625	Arzew	Boutefaha 01	80	80			
										625	625	Arzew	Boutefaha 02	50	50			
										625	625	Arzew	Boutefaha 03	30	30			
S/Total 6					76		159							240	235			
2020	Marche 07	plantations forestieres			15		35		770	560	Boutellis	Safra	50	50	ERGR			
S/Total 7					76		159							50			50	
2020	marche 08	plantations forestieres			25				770			El Ançor	Guedara	25			15	
					37,5	6,25		6,25		1110	900	600	Tafraoui	Sidi ghanem			50	35
S/Total 1				62,5	31,25		6,25							100	75			
TOTAL			60	654,74	60	10	60	50,047	3,65					1664,2	1465,46			