

N° d'Ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES

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

Mémoire

De fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie (S.N.V)

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biologie de la conservation

Intitulé du thème :

**Etude dichronique de la forêt de Tenira
(Zeid El Moumène) par télédétection
spaciale (algérie occidentale)**

Présenté par : DJENDA Meriem

ENNEMICHE Khadra

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Président de jury : Mr CHERIFI Kouider

Pr. UDL Sidi Bel Abbes

Examineur : Mr HAZEM Zouaoui

MCB. UDL Sidi Bel Abbes

Promoteur : Mr BACHIR BOUIAJRA Salah Eddine

Pr. UDL Sidi Bel Abbes

Année universitaire 2020 - 2021

Session : « Juin 2021 »

Remerciements

*Avant tous nous remercions **mon dieu** qui nous donné la force pour achever cette étude*

*Notre vifs remerciement sont tout d'abord adressé a monsieur professeur **Bachir Bouiadjra Salah Eddine** pour avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique.*

*Nous tenons à lui exprimer notre gratitude et notre profond respect.
Nous adressons également nos remerciements aux membres de jury :
Mr Cherifi kouider Pour nous honorer en tant que président du jury de soutenance.*

*Mr : **Hazem Zouaoui** Pour nous honorer d'examiner notre travaille.
A monsieur **Ben Hamou Habib** le chef service de la conservation du foret de la wilaya de Sidi Bel Abbes pour son aide*

*A tous les cadres de la conservation des forets de la wilaya de Sidi Bel Abbes et de la circonscription de Sfisef spécialement **RAFA ASMA** Parce qu'ils nous ont accueillis et partagé leur expérience avec nous et nous ont donné les informations nécessaires afin de présenter ce travail.*

Dédicaces

*A mon cher père **Djenda Mohamed**,*

Que dieu lui prête longue vie et bonne santé, pour tout ce qu'il fait pour moi.

*A ma chère mère **Tekkouk Badra** qui été toujours à mes cotés.*

*Qui ils trouvent dans ce site le fruit, de leur sacrifice consentis pour mon
éducation*

A mes sœurs,

*A mes amies, **Ikram ,Chaimaa** , Amira*

*Je remercie la personne qui a partagé avec moi ce travail **Ennemiche Khadra**.*

Dédicace :

*Je dédie ce mémoire A mes chères parents mon père **Hanifiet** ma mère **Touab***

Mama

pour leur patience, leur amour et leur encouragements .

A mes frères

*A ma chère binôme **Djenda Mériem.***

*A mes amies **Ahlam** et **Chiama** et **amra***

A tous mes confrères

*Sans oublier mes tantes **Souad** et **Dalila***

*Et mes cousins **Asma** et **Anfal***

TABLE DE MATIERES

Liste de figures

Liste des tableaux

Remerciements

Dédicace

Introduction.....

..... 1

Chapitre I : Aperçus générale sur la forêt algérienne

1. État actuel et traits généraux de la forêt algérienne.....	3
2. Principales formation forestières.....	4
2.1. Groupement à Pins d'Alep (<i>Pinushalepensis</i>).....	5
2.2. Groupement à chênes liège.....	5
2.3. La forêt de chênes zéen et afarés (<i>Quercus canariensis et coccifera</i>).....	5
2.4. Les cédraies(<i>Cedrusatlantica</i>)	5
2.5. Groupement à pins maritimes (<i>Pinuspinaster</i>).....	6
2.6. Groupement à chênes verts (<i>Quercus ilex</i>).....	6
3. Vulnérabilité de la forêt algérienne face au changement global	6
4. Les principaux facteurs de risque qui en ressortent sont.....	7
5. Causes de dégradation des forets.....	8
5.1. Les incendies.....	8
5.2. Le surpâturage.....	9

5.3. Les coupes de bois.....	9
5.4. Le tourisme.....	9
5.5. Les défrichements.....	9
5.6. L'érosion.....	9
6. Rôle des forets algérien.....	10

Chapitre II : La télédétection

1. La télédétection et son importance.....	11
2. La télédétection : une priorité internationale et nationale.....	11
3. Historique et évolution de la télédétection.....	12
3.1. Evolution dans le domaine spectral : voir l'invisible.....	12
3.2. Evolution dans le domaine spatial: la course au plus petit pixel.....	13
3.3. Evolution dans le domaine temporel : la recherche de la répétitivité En prime: la stéréoscopie:.....	13
3.4. Evolution des méthodes d'analyse des données : de l'œil à l'ordinateur et à l'intelligence artificielle, pour revenir à l'œil.....	13
4. Les domaines d'application de la télédétection.....	14
4.1 Climatologie.....	14
4.2 Météorologie.....	14
4.3 Océanographie.....	14
4.4 Agriculture	14
4.5 Gestion des catastrophes.....	15
4.5.1 Inondation.....	15
4.5.2 Incendie	15
4.5.3. Volcans.....	15

4.6. Géologie.....	15
5. Principe de la télédétection.....	16
6. Interactions avec l'atmosphère.....	17
6.1. Diffusion de Rayleigh.....	18
6.2. Diffusion de Mie.....	18
6.3. Diffusion non-sélective.....	19
7. Interactions rayonnement-cible.....	21
8. Détection passive et active.....	26

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

1. Présentation de la région d'étude.....	28
1.1. Situation géographique de la Forêt domaniale de Tenira.....	29
1.2. Situation Administrative.....	29
2. Etude de milieu physique.....	29
2.1. Géomorphologie.....	29
2.2. L'Altitude.....	29
2.3. Géologie.....	29
3. Description du climat de la région de Tenira.....	29
3.1. La température.....	29
3.1. Précipitations.....	30
3.2. Le vent.....	31
3.4. L'humidité.....	32
4. Caractérisation édaphique des sols de Tenira.....	32
4.1. Composition floristique.....	32
4.2. Composition faunistique.....	32

Chapitre IV : Matériel et méthodes

Chapitre V : Résultats et discussion

1. Les classes de la forêt de Tenira (Zeid El Moumène).....	39
2. L'indice de l'NDVI.....	40
3. Les causes principales de dégradation de la foret de Tenira (Zeid El Moumène).....	43
3.1. Les incendies forestiers.....	43
3.2. Défrichage.....	44
3.3. Le surpâturage.....	46
Conclusion.....	48
Référence bibliographique	
Résumé	

LISTE DES FIGURES

Figure n° 1: Répartition des forets Algériennes.....	3
Figure n°2: carte de l'évolution des précipitations moyennes entre septembre et mai à l'horizon 2100.....	8
Figure n°3: conception de la télédétection.....	16
Figure n°4 : Interaction avec l'atmosphère.....	17
Figure n°5: La diffusion de Rayleigh.....	18
Figure n°6: la diffusion non-sélective.....	19
Figure n°7: Phénomène de l'absorption.....	20
Figure n°8: Longueur d'onde.....	21
Figure n°9 : Comportement du REM sur les feuilles.....	22
Figure n °10: Comportement du REM sur les objets inertes et sur le végétal.....	23
Figure n °11: interaction avec la feuille.....	24
Figure n°13 : interaction avec l'eau.....	25
Figure n°14: Longueur d'onde.....	26
Figure n°15: détection passive.....	27
Figure n°16: détection active.....	28
Figure n°17 : Localisation de la zone d'étude forêt de Tenira.....	29
Figure n°18 : variation du température moyenne mensuelle de Tenira pendant 65ans.	31
Figure n° 19: variation de précipitation moyenne mensuelle de Tenira pendant 65ans.....	32
Figure n°20: classification supervisée de la foret de Tenira (Zeid El Moumène) de la 'année1989.....	40
Figure n°21: classification supervisée de la foret de Tenira (Zeid El Moumène) de l'année 2019.....	40

Figure n°22: NDVI de la scène satellitaire de l'année 1989.....	41
Figure n°23 : NDVI de la scène satellitaire de l'année 2019.....	41
Figure n°24: carte de changement de la foret de Tenira (Zeid El Moumène).....	43
Figure n°25 : Les superficies incendiées en (hectare) de forêt de Tanira(Zeid El Moumène) par les années (2010-2020).....	45
Figure n°26 : graphe des délits de coupe dans la zone d'étude	46
Figure n°27: le paturage représenté par le nombre de têtes.....	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1: Principales essences du foret Algérien.....	4
Tableau n°2 : Températures moyennes mensuelles minimales et maximale de la commune de Tenira (65 ans).....	31
Tableau n°3 : précipitation moyenne mensuelle dans la commune de Tenira (65ans)	32
Tableau n°4:d'inventaire floristique.....	34
Tableau n°5 : bilan des incendies de forêt de Tenira (zeid El Moumène) période (2010-2020).....	44
Tableau n°6: Bilan de défrichement de la forêt Tenira (zeid El Moumène) période (2010-2020).....	46

Introduction

Introduction :

Les agro-écosystèmes montagneux sont pratiquement tous dans un état de dégradation avancé, du fait des pratiques agricoles et pastorales ruineuses (surexploitation des piémonts, surpâturage des maquis, des sous bois et des jachères), de la pression humaine sur les ressources végétales, de la dégradation des sols par les effets de l'érosion, de la déforestation, des labours des zones en pente et du rabattement des nappes hydriques (**Benabdeli,1993**).

L'état actuel de la forêt de Ténira, la régression de son aire, la qualité de ses peuplements, son importance écologique (faune, flore, stabilisation du sol, équilibre écologique de la zone), la nécessité dans le contexte actuel de promouvoir la conservation de la biodiversité et le développement durable des écosystèmes sont autant d'éléments qui justifient la présente étude. La forêt de Ténira à l'instar des autres zones de montagnes en Algérie sont touchés par ces processus de destruction en chaîne, ce qui a conduit à une modification du couvert végétal au cours des années. Pour la mesure de cette évolution régressive, nous avons utilisé un outil d'aide à la décision en l'occurrence la télédétection qui donne de bons résultats en matière de suivi de la dégradation des écosystèmes naturels.

La télédétection a fait ses preuves en matière d'évolution des espaces naturels. On peut pour cela citer diverses études allant de l'évolution des dunes de Tafilalet au Maroc. (**Desjardins et al 2005**), à l'extension des milieux riverains du Mouhoun près de Bromo (Burkina Faso). (**Axel et al, 2005**), en passant par la caractérisation et suivi de la déforestation en milieu tropical par télédétection. Application aux défrichements agricoles en Guyane française et en Brésil, (**Demaze, 2003**), et la surveillance par télédétection spatiale de la forêt tropicale humide protégée soumise à des pressions anthropiques, (**NGuessan, 2003**). L'utilisation du NDVI est primordiale dans cette étude pour illustrer l'évolution du couvert végétal en fonction de la signature spectrale de chaque entité naturelle géoréférencée.

Le NDVI est préféré pour la surveillance globale de la végétation car il compense partiellement les changements de conditions d'illumination, la pente des surfaces, et les angles de vues. Les nuages, l'eau et la neige ont un indice de réflexion plus élevé dans le visible que dans le proche infrarouge, de telle sorte que pour ces surfaces le NDVI est faible. La roche et le sol nu ont des indices de réflexion similaires dans ces deux bandes et produisent un indice de végétation

proche de zéro. la carte de changement que nous allons réaliser va se solder par états d'évolution de la forêt de Tenira qui sont :

Evolution régressive, évolution progressive et la constance de la couverture forestière.

Partie bibliographique

CHAPITRE I:

APERCUS GENERAL SUR LES FORETS ALGERIENNE

1. État actuel et traits généraux de la forêt algérienne :

L'Algérie en 2019 est toujours le plus vaste pays d'Afrique avec une superficie de 2,382 millions km² dont 84% est occupé par le Sahara. Cependant, les 16% restant se répartissent entre différentes qualités de sol ne laissant que quelques 250 000 km² de superficie propice à la végétation dont seulement 41 000 km² de couvert forestier. Cette superficie ne représente que 16% du nord de l'Algérie ou 1,7% de l'ensemble du territoire, ce qui est jugé insuffisant par le rapport algérien de la FOSA l'Étude Prospective du Secteur Forestier en Afrique initiée par la (FAO 2002). En effet, pour assurer l'équilibre physique et biologique du territoire, le taux de couverture forestière devrait s'élever à 28% du nord de l'Algérie soit environ 70 000 km²; le couvert existant ne représente donc que 57% de cet optimum. (Bouhabila, 2019).

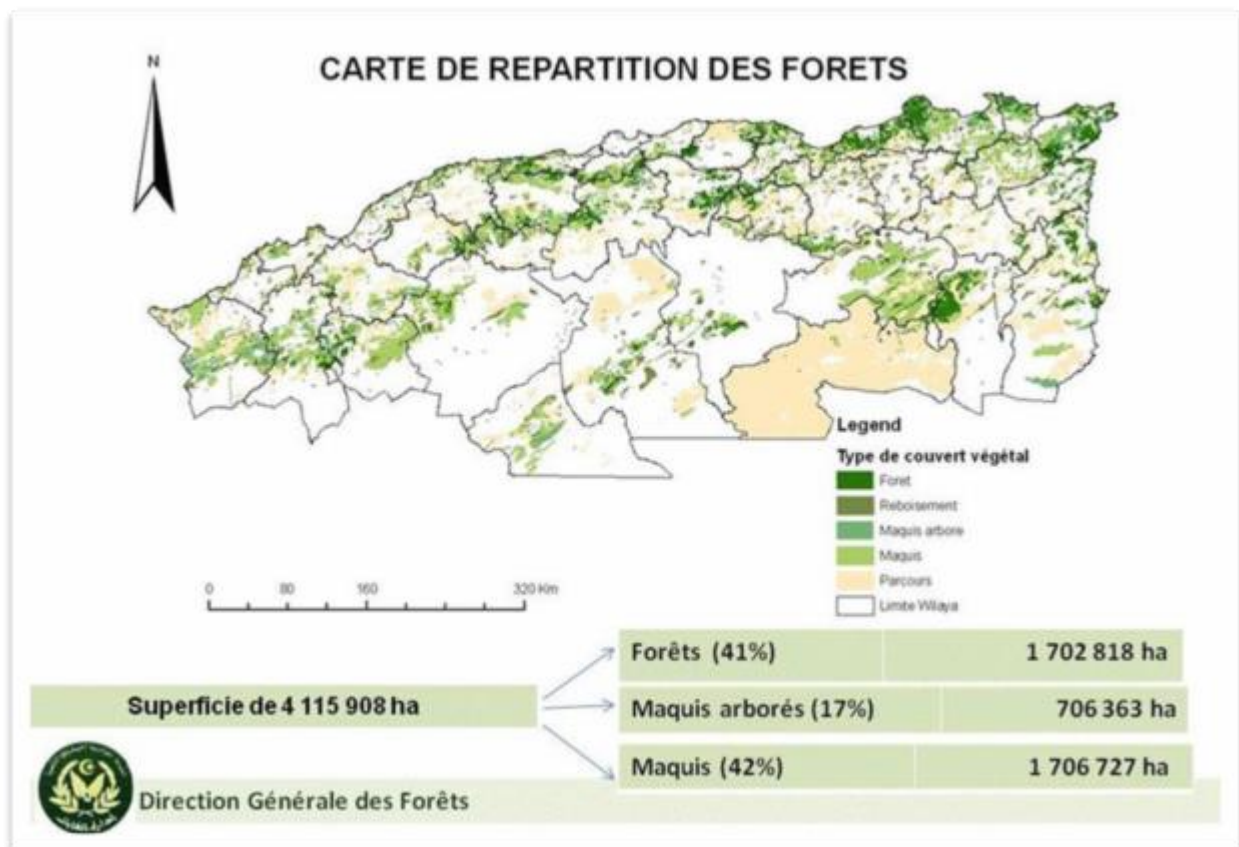


Figure n° 1: Répartition des forêts Algériennes (Direction des forêts, 2004).

Comme le démontre la carte de répartition des forêts (figure n°1), près de 60% des espaces forestiers sont occupés par les maquis, que l'on peut définir comme étant toute végétation

ligneuse ne dépassant pas 7 mètres de hauteur (arbustes, arbrisseaux, broussailles...) ; la prédominance des maquis témoigne de l'état de dégradation des forêts algériennes.

Ces maquis sont répartis en quatre catégories dont la grande partie est de faible densité (**Bneder, 2009**) :

- Maquis clairs : 12 621,18 km² (52% des maquis) ;
- Maquis denses : 4 446,09 km² (18% des maquis) ;
- Maquis arboré clairs : 4 359,40 km² (18% des maquis) ;
- Maquis arborés denses : 2 704,23 km² (12% des maquis).

L'irrégularité des formations forestières naturelles est caractéristique du territoire algérien. En effet, de fortes variations tant en termes d'âge qu'en termes de types de végétation sont présentes au sein d'une même formation où l'on recensera généralement un mélange désordonné de feuillus et de résineux de tout âge et de toute taille. La grande majorité des forêts sont dites de lumière et sont de ce fait caractérisées par des peuplements ouverts avec sous-bois épais. Des essences de diverses origines peuvent être recensées, essentiellement méditerranéennes mais aussi européennes, asiatiques, *circumboréales* et *paléotropicales*, fournissant une diversité de 70 taxons arborés dont 07 espèces sont à caractère endémique incluant deux exclusivement algériennes : *Abiesnumidica* au Babors (W. Sétif) et *Cupressusdupreziana* au Tassili N'Ajjer (Djanet, W. Illizi). (**INRF et al. 2012**).

2. Principales formation forestières :

Tableau n°1: Principales essences du foret Algérien :

Pin d'Alep	11585 ,33 km ²	68 %
Chêne liège	3492,18 km ²	21 %
Chêne zèen	439,22 km ²	03 %
Cèdre	329,09 km ²	02 %
eucalyptus	293,55 km ²	02 %

Pin maritime	284,90 km ²	01 %
Divers	683,91 km ²	04 %

Source : (Bouhabila, 2019).

2.1. Groupement à Pins d'Alep (*Pinushalepensis*) :

Le pin d'Alep, avec 68%, est de loin la première essence forestière en Algérie, car elle a été massivement plantée lors des campagnes de reboisement. De ce fait, elle a une structure assez équilibrée : 18,6% de jeunes peuplements ; 23% en perchis ; 28% en jeunes futaies et 25,4% de vieilles futaies. Les pinèdes sont des groupements assez plastiques rencontrés dans les étages subhumides ou semi arides et abritent essentiellement des espèces telles que le romarin, l'hélianthème, la globulaire buissonnante, le thym, la *leuzée* et la *fumana* à feuilles de thym. (Bouhabila, 2019).

2.2. Groupement à chênes liège (*Quercus suber*)

Principalement au littoral à 1300 mètres d'altitude dans l'étage subhumide. (Bouhabila, 2019).

2.3. La forêt de chênes zéen et afarés (*Quercus canariensis et coccifera*)

Dans les Wilaya de Bejaia, Jijel et Guelma, Souk Ahras et Taref dans le nord-est de L'Algérie. (Bouhabila, 2019).

2.4. Les cédraies (*Cedrus atlantica*) :

Présente depuis l'étage humide jusqu'au semi-aride entre 900 et 200 mètres d'altitude, les cédraies forment plusieurs associations notamment avec le chêne vert entre 1400 et 1600 mètres, avec le chêne faginé et l'érable *obtusatum* entre 1500 et 1700 mètres, avec *Pistacia terebinthus* et *Spartium junceum*, entre 1250 et 1400 mètres d'altitude. Les forêts de cèdres, de chênes liège et de chênes zéen, sont principalement constituées de vieux peuplements. En effet, 76,7% des

peuplements de cèdres, 70% du chêne liège et 79% chêne zéen sont de vieilles futaies. (Bouhabila, 2019).

2.5. Groupement à pins maritimes (*Pinus pinaster*)

Ce groupement se développe entre 500 et 700 mètres d'altitude dans le nord-est de l'Algérie dans l'étage bioclimatique subhumide. Les peuplements de pin maritime sont majoritairement jeunes avec 65% de semis, fourrés et gaulis et 23 % en perchis et jeunes futaies. (Bouhabila, 2019).

2.6. Groupement à chênes verts (*Quercus ilex*) :

Il prospère entre 400 et 1700 mètres dans les étages humide, subhumide et semi-aride ; souvent accompagné d'Oliviers (*Olea europaea*) et de Nerpruns alaternes (*Rhamnus alaternus*). (Bouhabila, 2019).

3. Vulnérabilité de la forêt algérienne face au changement global :

Les craintes et les contraintes auxquelles la forêt algérienne fait face sont l'animateur principal de cette réflexion sur l'encadrement d'une agroforesterie à des fins protectrices et productrices. En effet, la vulnérabilité des écosystèmes forestiers en Algérie est liée à des facteurs naturels et anthropiques qui peuvent tous deux s'amplifier sous l'effet des changements climatiques. Cependant, « les connaissances relatives à la vulnérabilité et aux impacts attendus.

des changements climatiques sur les principaux écosystèmes, ainsi qu'à leurs diversités biologiques, demeurent limitées » (Direction générale des forêts 2016). Toujours selon la direction Générale des Forêts, les causes de ce manque de connaissances sont dues à la résolution des projections des changements climatiques sur l'Algérie, très en dessous d'un standard international, ces projections combinées à l'aspect fragmenté et insuffisant des inventaires forestiers, ne permettent pas une évaluation fiable de la vulnérabilité.

Une analyse de risques et de vulnérabilité aux changements climatiques des différents secteurs économiques en Algérie menée par Le Bureau National d'Etudes de Développement Rural « BNEDER » et la coopération allemande en 2018 a tenté d'identifier les risques tout en soulignant le manque de données. Cette étude nomme le risque global sur le secteur forestier « déforestation

» qui se répartirait entre les trois sous-chaines de risques suivantes : Risque de perte des ressources sylvicoles ; Risque de perturbation des écosystèmes ; Déforestation (**GIZAlgérie &Bneder, 2018**).

4. Les principaux facteurs de risque qui en ressortent sont :

1-Le stress hydrique et la hausse de température dus au glissement des étagesBioclimatiques (carte2). Leur impact reste incertain quant à la résistance de certaintences, mais quasi certain quant à la propagation des feux de forêts, principale causede la régression des superficies forestières en Algérie. La lutte contre les feux de forêtsest marquée par l'insuffisance de fonds et le manque d'équipement en termes de systèmed'alerte contre les incendies.

2-L'ensablement, les crues et les inondations provoquant une dégradation des solsamplifiée par l'insuffisance des reboisements et des corrections torrentielles.

3-La convoitise sur les espaces forestiers qui se traduit par les coupes de bois, ledéfrichement de parcelles pour différents usages, l'arrachage de plantescommercialisables ainsi que la « sur-fréquentation » des milieux forestiers provocantsune altération des biotopes et un changement des paysages.(**Bouhabila, 2019**).

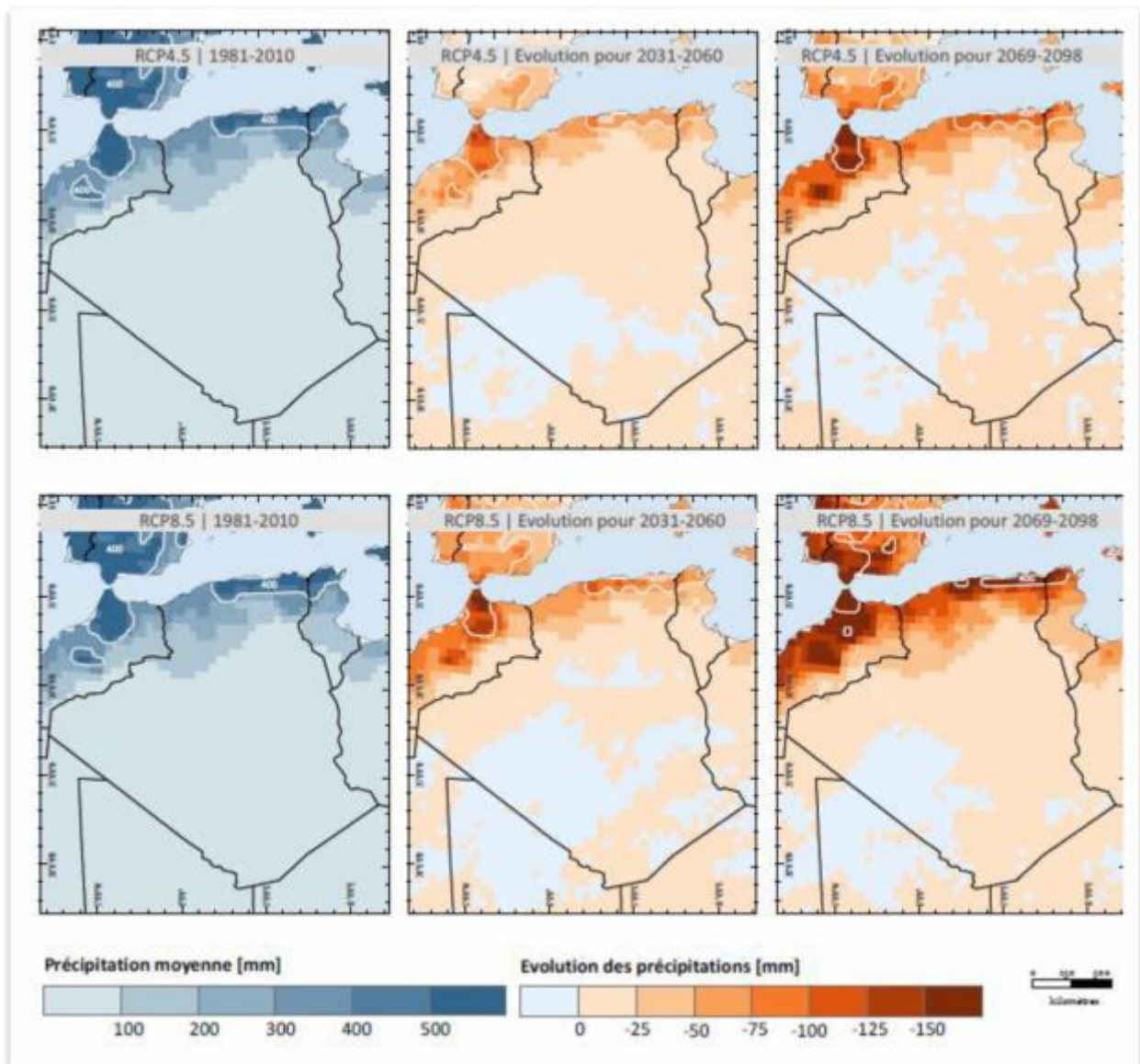


Figure n°2: carte de l'évolution des précipitations moyennes entre septembre et mai à l'horizon 2100 (GIZ 2018).

5. Causes de dégradation des forêts :

5.1. Les incendies :

De 1985 à 1994, 920 000 ha de couverts forestiers ont brûlé, dont 477 629 ha en 10 ans. Malgré les capacités de régénération de la forêt, les incendies représentent un véritable fléau auquel très peu d'espèces peuvent résister. (arfa, 2008).

5.2. Le surpâturage :

La forêt sert de parcours permanent pendant la saison des neiges pour les éleveurs du Nord. Elle est aussi terres de transhumance pour les troupeaux steppiques. On dénombre en forêt 960 000 bovins, 600 000 caprins et 4,2 millions d'ovins. Des études montrent que la charge pastorale est au moins quatre fois supérieure aux capacités d'équilibre. (Arfa, 2008).

5.3. Les coupes de bois :

Suite à la hausse des prix du bois, les coupes illicites de bois de chauffage, de bois d'oeuvre pour la construction et de bois d'ébénisterie sont en augmentation. Ces coupes touchent les arbres ayant les meilleures caractéristiques phénotypiques et génétiques et éliminent les meilleurs porteurs de graines.(Arfa, 2008).

5.4. Le tourisme :

Le tourisme et les usages récréatifs qui nécessitent l'aménagement de voies de circulations, de stations... augmentent les risques d'incendies et affectent les zones boisées. (Arfa, 2008).

5.5. Les défrichements :

Les populations montagnardes, privées de surfaces agricoles et marginalisées procèdent à des labours à la lisière des forêts. Ces pratiques, outre qu'elles ont un effet désastreux sur les sols, provoquent des antagonismes permanents entre les riverains et l'administration forestière guidée par un souci de protection des forêts. (Arfa, 2008).

5.6. L'érosion :

Outre les pertes en sol, l'érosion entraîne une perte d'alimentation des nappes phréatiques, par conséquent des ressources en eau et l'envasement des barrages.(Arfa, 2008).

6. Rôle des forets algérien :

Vu les caractéristiques de la forêt algérienne (fragilité, vulnérabilité, faible productivité), celle-ci va jouer surtout un rôle de protection des milieux, de préservation des ressources ; un rôle sur la qualité de l'environnement, sur la recherche et les loisirs.

Les forêts participent en amont et en aval à la protection des ressources hydrauliques (sources d'eau, bassins versants lieu d'implantation des ouvrages hydrauliques,). Pour la préservation et la gestion de la biodiversité, un ensemble d'aires protégées couvre 250 657 ha avec une couverture forestière de 172 201 ha, ces milieux protégés représentent aujourd'hui certains habitats remarquables (cédraies, chênaies caducifoliées, subéraies, zones humides, ...), il devraient à moyen et long terme intégrer les habitats les plus représentatifs de tous les systèmes présents. Ces zones de protection sont également un lieu privilégié pour la promotion de la recherche et du tourisme. D'autres actions favorisant la création de nouvelles plantations autour et à l'intérieur des agglomérations contribuent à l'amélioration de la qualité de l'environnement urbain (ceinture verte, forêt urbaine, espaces verts, jardin public). (Arfa, 2008).

CHAPITRE II :

LA TELEDETECTION

1. La télédétection et son importance :

La télédétection est la discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et d'image obtenues à l'aide de plates-formes aéroportées, spatiale, terrestre ou maritimes. Comme son nom l'indique, elle suppose l'acquisition d'information à distance, sans contact direct avec l'objet détecté. Sa définition officielle est «l'ensemble des connaissances et technique utilisée pour déterminer des caractéristique physique et biologique d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contacte matériel avec ceux-ci». (COMITAS, 1988).

La télédétection moderne est née de la photographie aérienne, dont la vue générale et vertical a modèlé nos habitudes d'inventaire, de cartographie et de surveillance de l'environnement et des ressource depuis plus d'un siècle. Elle intègre les développements plus récents de la spatiale, de la physique et de l'information pour constituer aujourd'hui un outil des plus puissants et des plus flexibles pour la gestion du milieu, la planification et le développement économique. Comme elle fait appel à des techniques en évolution rapide dans un monde en changement, ses possibilités d'application sont en croissance constante et l'on découvre de plus en plus de domaines ou elle peut avantageusement remplacer des méthodes traditionnelles longues, couteuses et fastidieuses, ou encore intervenir comme un outil complémentaire qui améliore l'efficacité des méthodes conventionnelles éprouvées. Elle apporte aussi une information nouvelle, différente et spatialement localisée. En particulier, la télédétection est principale d'information pour les études de la transformation du globe dans le cadre programmes internationaux de recherche sur les changements planétaires et, à ce titre, elle intervient directement dans le développement de la conscience écologique de nos sociétés. (Ferdinand et al, 1996).

2. La télédétection : une priorité internationale et nationale

Les efforts réalisés par certain pays pour développer le marché et l'industrie de la télédétection son le reflet de priorités nationales dans ce domaine. Aux Etats-Unis, pionniers dans ce domaine, le programme LANDSAT de la *national Aeronautics and Space Administration* (NASA) et les programmes de satellites de la *National Oceanographic and Atmospheric Administration*(NOAA) ont nécessité des investissements de plusieurs milliards de dollars qui ont encouragé la création de toute une industrie de matériel de réception, de traitement des images et de services aux

utilisateurs. Les programmes de télédétection de la NASA et de la NOAA ont fait, depuis plusieurs années, l'objet d'une privatisation partielle, ce dossier. Parallèlement à ce développement industriel, certaines universités américaines, comme Purdue, l'Université du Michigan, l'Université de Californie à Santa Barbara, l'Université de Boston et quelques autres, ont mis place des centres d'excellence en télédétection, soit dans des départements qui existaient déjà, soit sous forme de centres ou de laboratoires interdisciplinaires autonomes. (Ferdinand et al, 1996).

2. Historique et évolution de la télédétection :

Nous ne ferons pas ici l'historique complète de l'évolution de la télédétection, ces informations étant assez faciles à retrouver dans d'autre manuel comme le *Manual of Remote Sensing* édité par l'American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS), mais nous essayerons plutôt de mettre en évidence certains faits saillants qui conditionnent la structures actuelle et future de notre discipline. Nous verrons donc son évolution dans le domaine spectral, spatial et temporel, ainsi que l'évolution des méthodes d'analyse qui en sont dérivées. (Ferdinand et al, 1996).

3.1. Evolution dans le domaine spectral : voir l'invisible :

La télédétection devint possible le jour du premier vol en ballon en 1783. Cet événement historique, jumelé à l'invention de la plaque photographique par Daguerre et Niepce en 1839, permit à Félix Tournachon de prendre, en 1858, la première photographie aérienne de Paris. Ceci constitue le point de départ de tout un cheminement qui jettera les bases de la télédétection contemporaine. Grace aux nombreux développements survenus dans le domaine de l'aviation depuis le début du XX siècle, il était désormais possible de sillonner le ciel et d'obtenir une vision d'ensemble de notre milieu. Parallèlement, de nouveaux capteurs sont développés. Des 1855, le physicien Maxwell envisage la possibilité de réaliser des photographies en couleurs basées sur trois surfaces respectivement sensibles aux trois couleurs fondamentales: le rouge, le vert et le bleu. La première pellicule couleur est mise au point en 1895, mais il a fallu attendre jusqu'en 1935, la sortie du premier film couleur commercial par la société Kodak. (Ferdinand et al, 1996).

3.2. Evolution dans le domaine spatial: la course au plus petit pixel :

Au fur et à mesure du développement de la télédétection, on a toujours cherché à concilier deux objectifs opposés: voir le plus grand territoire possible, mais avec la meilleure précision

possible. Dans le domaine photographique, le développement des objectifs grands-angulaires est allé de pair avec celui des films à grain très fin, qui permette une bonne limite de résolution, même à partir de photographies à très haute altitude. Les Soviétiques utilisent encore beaucoup les procédés photographiques à partir de satellites pour leurs missions d'observation de la Terre, mais la nécessité de la transmission rapide des images vers la Terre a vite conduit à l'amélioration de la limite de résolution spatiale sur les images numériques. **(Ferdinand et al, 1996).**

3.3. Evolution dans le domaine temporel : la recherche de la répétitivité

En prime: la stéréoscopie:

Les objectifs d'une limite de résolution spatiale de plus en plus fine interdisent à la fois une vision globale du paysage et une grande répétitivité des observations: plus l'image est petite, moins souvent le satellite pourra repasser au-dessus d'un même site. De plusieurs images par jour pour les satellites météorologiques ou NOAA, on passe à une image aux 16 jours pour LANDSAT et à une image aux 26 jours pour SPOT. Toutefois, la possibilité de dépointage programmable de SPOT permet de compenser cette faible répétitivité en obtenant pour un site la possibilité théorique d'une image tous les deux ou trois jours, mais au détriment d'autres secteurs, qui alors ne seront pas couverts. **(Ferdinand et al, 1996).**

3.4. Evolution des méthodes d'analyse des données : de l'œil à l'ordinateur et à l'intelligence artificielle, pour revenir à l'œil

L'analyse de l'image obtenue par télédétection a d'abord été faite de façon visuelle par l'interprétation de photographies aériennes (la photo-interprétation) pour les besoins d'un grand nombre de disciplines. Parallèlement, la mesure précise des formes et de la localisation des objets (la photogrammétrie) s'est développée en se servant essentiellement de la vision stéréoscopique, assistée de divers instruments optiques. Avec l'arrivée des images numériques, de l'informatique les systèmes d'analyse d'images utilisant divers types d'ordinateurs ont commencé à faire leur apparition. Leur développement a suivi celui, très rapide, de l'informatique, tant du point de vue du matériel que du point de vue des logiciels. **(Ferdinand et al, 1996).**

4. Les domaines d'application de la télédétection :

Le premier grand domaine d'application de la télédétection a été l'étude de l'atmosphère (météorologie et climatologie). L'intérêt de la télédétection dans ce domaine est d'assurer une couverture globale et très fréquemment répétée de la planète entière. **(site web 1)**.

4.1. Climatologie :

Les captures utilisées permettent d'observer les nuages et leur déplacement, de mesurer des températures ou le contenu en vapeur d'eau de l'atmosphère. **(Site web 1)**.

4.2. Météorologie :

Les captures expérimentaux utilisent les micro-ondes, effectuent de véritables sondage de l'atmosphère et mesure la composition de la stratosphère (ozone) ou les termes du bilan radiatif. **(Site web 1)**.

4.3. Océanographie :

Les radiomètres utilisant le rayonnement visible

- analysent la couleur de l'océan.
- Mesure les températures de surface de la mer ; pour l'étude côtière.
- Mesure les vents sur les l'océan par diffusionmètre radar. **(Site web 1)**.

4.4. Agriculture :

L'utilisation du satellite dans l'agriculture de précision permet la gestion et le suivi des pratiques agricoles à différentes échelles : nationale, régionale, locale et parcellaire. Cette dynamique permet de répondre à des problématiques diverses avec la précision adéquate : connaissance de la distribution spatiale des territoires agricoles, évolution de l'utilisation des terres agricoles, analyse de l'efficacité de mise en place de politiques agricoles, gestion de production et d'optimisation de l'exploitation, gestion spatialisée des interventions techniques et optimisation de la logistique pour n'en nommer que quelques-unes. **(Site web 2)**

4.5. Gestion des catastrophes :

Les applications de la télédétection à la gestion des catastrophes sont nombreuses, partant de la modélisation du risque et de l'analyse de la vulnérabilité, à l'alerte précoce et l'évaluation des dégâts. **(Site web 3).**

4.5.1. Inondation :

- Cartographie des zones exposées aux inondations ;
- Evaluation des dommages ; planification de l'espace. **(Site web 3).**

4.5.2. Incendie :

- Cartographie des zones exposées au feu ;
- Surveillance de la matière combustible ;
- Evolution des dommages. **(Site web 3).**

4.5.3. Volcans :

- Modélisation du risque ;
- Cartographie du risque ;
- Modèles numériques d'élévation ;
- Evaluation des dommages ;
- Planification spatiale. **(Site web 3).**

4.6. Géologie :

En géologie, les radars imageurs surtout aéroportés, sont aussi très utilisés. Le champ des utilisations de la télédétection ne cesse de s'élargir : cartographie, géologie et prospection minière....etc **(Site web 2).**

5. Principe de la télédétection :

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

impliquer l'énergie émise et utiliser des capteurs non-imageurs.. (Centre canadien de télédétection,2020).

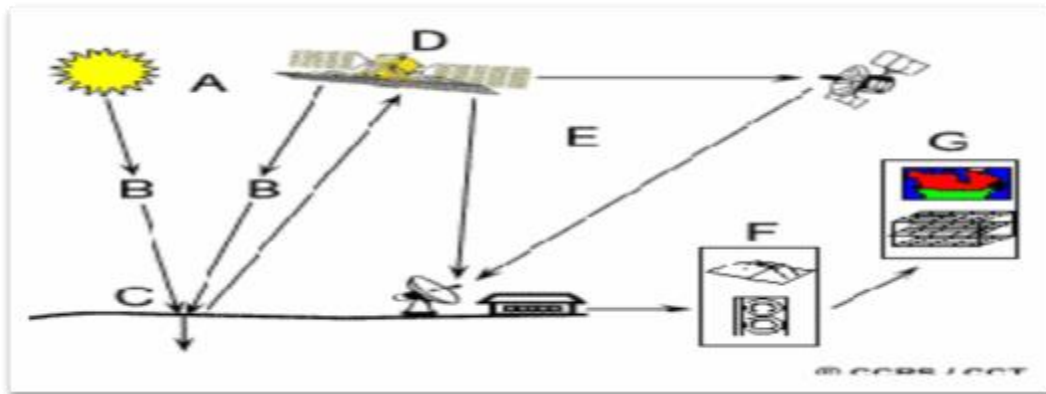


Figure n°3: conception de la télédétection. (Centre canadien de télédétection, 2020).

- **Source d'énergie ou d'illumination (A)** - À l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible.
- **Rayonnement et atmosphère (B)** - Durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère. Une seconde interaction se produit lors du trajet entre la cible et le capteur.
- **Interaction avec la cible (C)** - Une fois parvenue à la cible, l'énergie interagit avec la surface de celle-ci. La nature de cette interaction dépend des caractéristiques du rayonnement et des propriétés de la surface.
- **Enregistrement de l'énergie par le capteur (D)** - Une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée à distance (par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible) pour être enfin enregistrée.
- **Transmission, réception et traitement (E)** - L'énergie enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques).
- **Interprétation et analyse (F)** - Une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible
- **Application (G)** - La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information 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.(Kluser, 2000).

6. Interactions avec l'atmosphère :

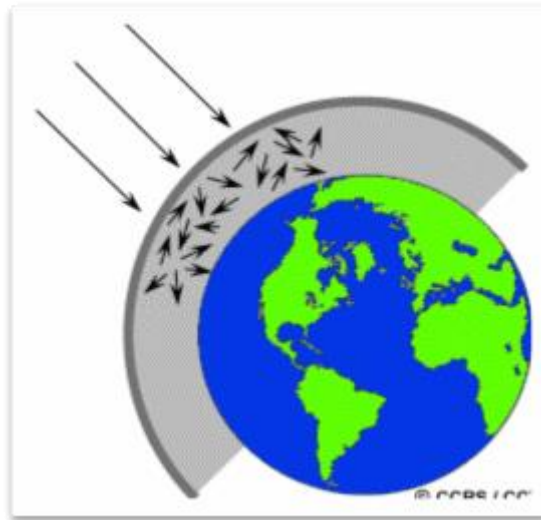


Figure n°4 : Interaction avec l'atmosphère (Centre canadien de télédétection, 2020).

Avant que le rayonnement utilisé pour la télédétection n'atteigne la surface de la Terre, celui-ci doit traverser une **certaine épaisseur d'atmosphère**. Les particules et les gaz dans l'atmosphère peuvent dévier ou bloquer le rayonnement incident. Ces effets sont causés par les mécanismes de **diffusion** et d'**absorption**. La diffusion se produit lors de l'interaction entre le rayonnement incident et les particules ou les grosses molécules de gaz présentes dans l'atmosphère. Les particules dévient le rayonnement de sa trajectoire initiale. Le niveau de diffusion dépend de plusieurs facteurs comme la longueur d'onde, la densité de particules et de molécules, et l'épaisseur de l'atmosphère que le rayonnement doit franchir.

Il existe trois types de diffusion :

- ✓ la diffusion de Rayleigh
- ✓ la diffusion de Mie
- ✓ la diffusion non-sélective.

6.1. Diffusion de Rayleigh :

Se produit lorsque la taille des particules est inférieure à la longueur d'onde du rayonnement. Celles-ci peuvent être soit des particules de poussière ou des molécules d'azote ou d'oxygène. La

diffusion de Rayleigh disperse et dévie de façon plus importante les courtes longueurs d'onde que les grandes longueurs d'onde. Cette forme de diffusion est prédominante dans les couches supérieures de l'atmosphère. Ce phénomène explique pourquoi nous percevons un ciel bleu durant la journée. Comme la lumière du Soleil traverse l'atmosphère, les courtes longueurs d'onde (correspondant au bleu) du spectre visible sont dispersées et déviées de façon plus importante que les grandes longueurs d'onde. Au coucher et au lever du Soleil, le rayonnement doit parcourir une plus grande distance à travers l'atmosphère qu'au milieu de la journée. La diffusion des courtes longueurs d'onde est plus importante. Ce phénomène permet à une plus grande proportion de grandes longueurs d'onde de pénétrer l'atmosphère.. (Centre canadien de télédétection, 2020).

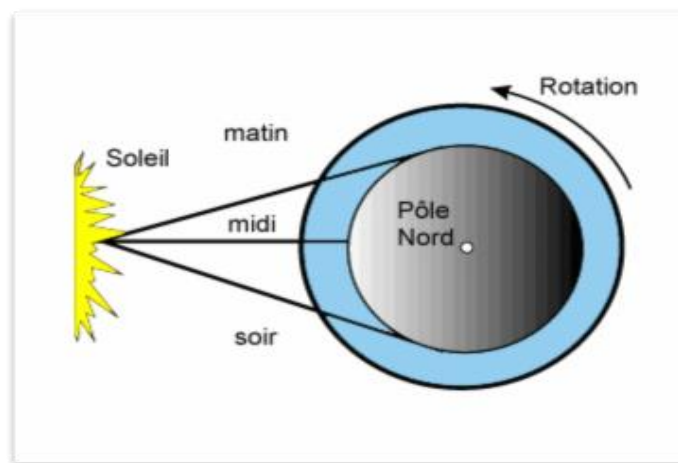


Figure n°5: La diffusion de Rayleigh. (Centre canadien de télédétection, 2020).

6.2. Diffusion de Mie :

On parle de **diffusion de Mie** lorsque les particules sont presque aussi grandes que la longueur d'onde du rayonnement. Ce type de diffusion est souvent produite par la poussière, le pollen, la fumée et l'eau. Ce genre de diffusion affecte les plus grandes longueurs d'onde et se produit surtout dans les couches inférieures de l'atmosphère où les grosses particules sont plus abondantes. Ce processus domine quand le ciel est ennuagé.. (Centre canadien de télédétection).

6.3. Diffusion non-sélective :

Ce genre de diffusion se produit lorsque les particules (les gouttes d'eau et les grosses particules de poussière) sont beaucoup plus grosses que la longueur d'onde du rayonnement. Nous appelons ce genre de diffusion "non-sélective", car toutes les longueurs d'onde sont dispersées. Les gouttes d'eau de l'atmosphère dispersent le bleu, le vert, et le rouge de façon presque égale, ce

qui produit un rayonnement blanc (lumière bleue + verte + rouge = lumière blanche). C'est pourquoi le brouillard et les nuages nous paraissent blancs.. (Centre canadien de télédétection).



Figure n°6: la diffusion non-sélective. (Centre canadien de télédétection, 2020).

Un autre phénomène entre en jeu lorsque le rayonnement électromagnétique interagit avec l'atmosphère : c'est l'**absorption**. L'absorption survient lorsque les grosses molécules de l'atmosphère (ozone, bioxyde de carbone et vapeur d'eau) absorbent l'énergie de diverses longueurs d'onde.

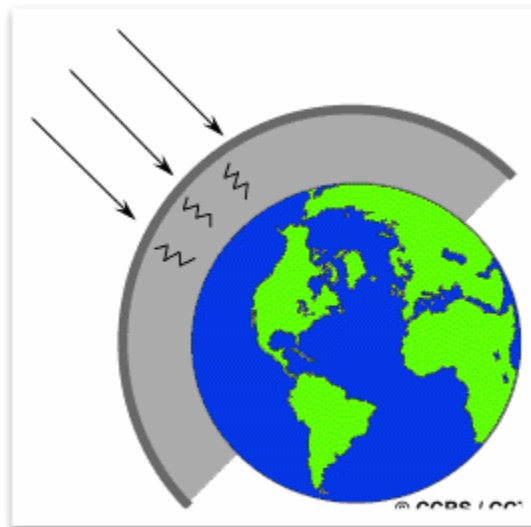


Figure n°7: Phénomène de l'absorption. (Centre canadien de télédétection, 2020).

L'ozone absorbe les rayons ultraviolets qui sont néfastes aux êtres vivants. Sans cette couche de protection dans l'atmosphère, notre peau brûlerait lorsqu'elle est exposée au Soleil.

Vous avez peut-être entendu dire que le bioxyde de carbone est un gaz qui contribue à l'effet de serre. Ce gaz absorbe beaucoup de rayonnement dans la portion infrarouge thermique du spectre et emprisonne la chaleur dans l'atmosphère.

La vapeur d'eau dans l'atmosphère absorbe une bonne partie du rayonnement infrarouge de grandes longueurs d'onde et des hyperfréquences de petites longueurs d'onde qui entrent dans l'atmosphère (entre 22 μm et 1 m). La présence d'eau dans la partie inférieure de l'atmosphère varie grandement d'un endroit à l'autre et d'un moment à l'autre de l'année. Par exemple, une masse d'air au-dessus d'un désert contient très peu de vapeur d'eau pouvant absorber de l'énergie, tandis qu'une masse d'air au-dessus des tropiques contient une forte concentration de vapeur d'eau.. (**Centre canadien de télédétection, 2020**).

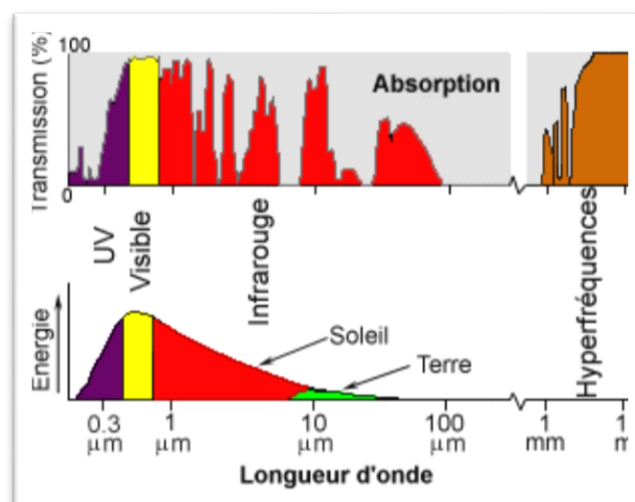


Figure n°8: Longueur d'onde. (Centre canadien de télédétection, 2020).

Parce que ces gaz et ces particules absorbent l'énergie électromagnétique dans des régions spécifiques du spectre, ils influencent le choix de longueurs d'onde utilisées en télédétection. Les régions du spectre qui ne sont pas influencées de façon importante par l'absorption atmosphérique, et qui sont donc utiles pour la télédétection, sont appelées les fenêtres atmosphériques. En comparant les caractéristiques des deux sources d'énergie les plus communes (le Soleil et la Terre) avec les fenêtres atmosphériques disponibles, nous pouvons identifier les **longueurs d'onde les plus utiles pour la télédétection**. La portion visible du spectre correspond à une fenêtre et au niveau maximal d'énergie solaire. Notez aussi que l'énergie thermique émise par la Terre correspond à une fenêtre située à près de 10 μm dans la partie de l'infrarouge thermique du spectre. Dans la partie des hyperfréquences, il existe une grande fenêtre qui correspond aux longueurs d'onde de plus de 1 mm.

Maintenant que nous comprenons comment l'énergie électromagnétique se rend de sa source à la surface de la Terre (et nous pouvons constater que c'est un voyage difficile), nous allons examiner ce qu'il advient du rayonnement une fois qu'il atteint la surface. (**Centre canadien de télédétection**).

7. Interactions rayonnement-cible :

Le rayonnement qui n'est pas absorbé ou diffusé dans l'atmosphère peut atteindre et interagir avec la surface de la Terre. Lorsque l'énergie atteint la cible, la surface peut absorber (**A**) l'énergie, la transmettre (**T**) ou réfléchir (**R**) l'énergie incidente. L'énergie incidente totale interagira avec la surface selon l'une ou l'autre de ces trois modes d'interaction ou selon leur combinaison. La proportion de chaque interaction dépendra de la longueur d'onde de l'énergie, ainsi que de la nature et des conditions de la surface.. (**Centre canadien de télédétection**).

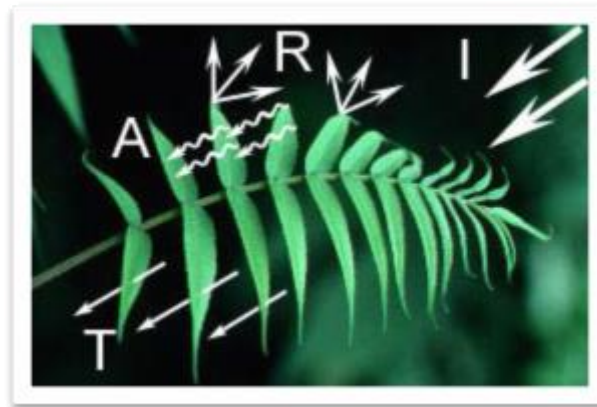


Figure n°9 : Comportement du REM sur les feuilles. (Centre canadien de télédétection, 2020).

Une surface lisse produit une réflexion spéculaire, c'est-à-dire que toute l'énergie est redirigée dans une même direction (comme c'est le cas d'un miroir). La réflexion diffuse se produit quand la surface est rugueuse, ce qui redirige l'énergie uniformément dans toutes les directions. La plupart des objets de la surface terrestre se situent entre ces deux extrêmes. La façon dont une cible réfléchit le rayonnement dépend de l'amplitude de la rugosité de la surface par rapport à la longueur d'onde du rayonnement incident. Si la longueur d'onde du rayonnement est beaucoup plus petite que la rugosité de la surface ou que la grosseur des particules qui composent la surface, la réflexion diffuse domine. Par exemple, un sable fin paraît uniforme aux rayonnements à grandes longueurs d'onde, mais rugueux aux longueurs d'onde visibles.. (Centre canadien de télédétection).

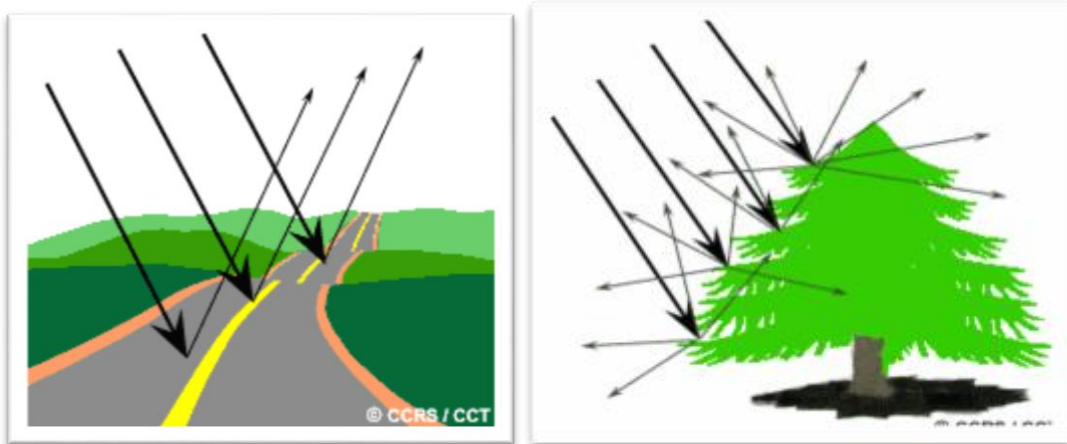


Figure n °10: Comportement du REM sur les objets inertes et sur le végétal (Centre canadien de télédétection,2020).

Examinons quelques exemples de cibles de la surface de la Terre et voyons comment l'énergie aux longueurs d'onde visible et infrarouge interagit avec celles-ci.

Les feuilles : la chlorophylle, une molécule que nous retrouvons à l'intérieur des feuilles, absorbe fortement le rayonnement aux longueurs d'onde du rouge et du bleu, mais réfléchit le vert. Les feuilles, qui contiennent un maximum de chlorophylle en été, sont donc plus vertes pendant cette saison. En automne, les feuilles qui contiennent alors moins de chlorophylle, absorbent moins de rouge, et paraissent donc rouges ou jaunes (le jaune est une combinaison des longueurs d'onde du vert et du rouge). La structure interne des feuilles en santé agit comme un excellent réflecteur diffus pour les longueurs d'onde de l'infrarouge. Si nos yeux pouvaient percevoir l'infrarouge, les feuilles paraîtraient très éclatantes sous ces longueurs d'onde. Les scientifiques utilisent d'ailleurs l'infrarouge pour déterminer l'état de santé de la végétation.. (Centre canadien de télédétection, 2020).

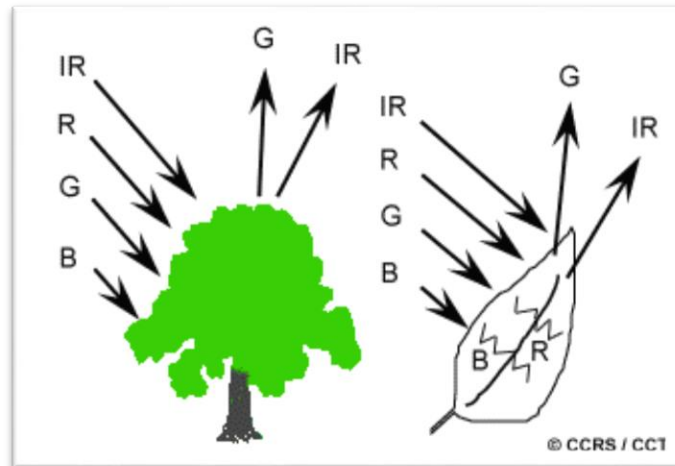


Figure n °11: interaction avec la feuille (Centre canadien de télédétection, 2020).

L'eau : l'eau absorbe davantage les grandes longueurs d'onde du rayonnement visible et du proche infrarouge. Ainsi, l'eau paraît généralement bleue ou bleu-vert car elle réfléchit davantage les petites longueurs d'onde, elle paraît encore plus foncée si elle est observée sous les longueurs d'onde du rouge ou du proche infrarouge. Lorsque les couches supérieures de l'eau contiennent des sédiments en suspension, la transmission diminue, la réflexion augmente et l'eau paraît plus brillante. La couleur de l'eau se déplacera légèrement vers les plus grandes longueurs d'onde. Nous confondons parfois l'eau qui contient des sédiments en suspension avec l'eau peu profonde et claire, car ces deux phénomènes paraissent très semblables. La chlorophylle dans les algues absorbe plus de bleu et réfléchit plus de vert. L'eau paraît donc plus verte quand elle contient des algues. L'état de la surface de l'eau (rugueuse, lisse, vagues, débris flottants, etc.) peut aussi susciter des problèmes dans l'interprétation à cause de la réflexion spéculaire et des autres influences sur la couleur et la brillance.. (Centre canadien de télédétection, 2020).

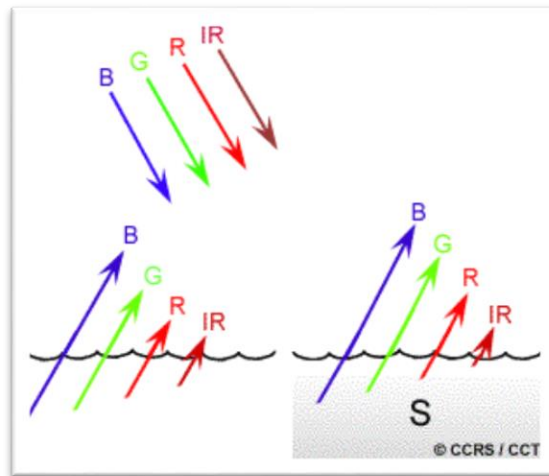


Figure n°13 : interaction avec l'eau. (Centre canadien de télédétection, 2020).

Ces exemples démontrent que nous observons des réponses très différentes aux mécanismes d'absorption, de transmission et de réflexion selon la composition de la cible et la longueur d'onde du rayonnement qui lui est propre. En mesurant l'énergie réfléchie ou émise par la cible avec une variété de longueurs d'onde, nous pouvons construire la signature spectrale pour un objet. En comparant les signatures de différents objets, nous pouvons les distinguer les uns des autres, alors que nous ne pourrions peut-être pas les distinguer si nous les comparions seulement avec une longueur d'onde.

Par exemple, l'eau et la végétation peuvent avoir une signature spectrale similaire aux longueurs d'onde visibles, mais sont presque toujours différenciables dans l'infrarouge. Les signatures spectrales peuvent être très variables pour la même sorte de cible et peuvent aussi varier dans le temps et dans l'espace. Pour interpréter correctement l'interaction du rayonnement électromagnétique avec la surface, il est important de savoir où regarder dans le spectre et de comprendre les facteurs qui influencent la signature spectrale de la cible. (Centre canadien de télédétection).

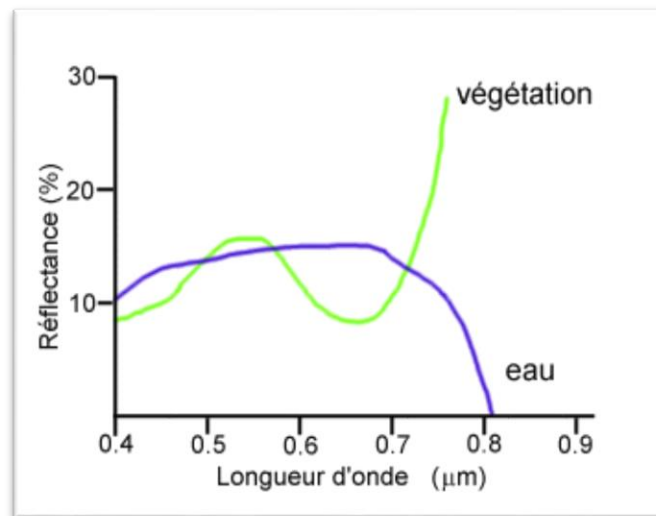


Figure n°14: Longueur d'onde. (Centre canadien de télédétection, 2020).

8. Détection passive et active :

Jusqu'à maintenant, dans ce chapitre, nous avons vu que le Soleil est une source d'énergie ou de rayonnement pratique pour la télédétection. L'énergie du Soleil est soit **réfléchi**e (la portion visible) ou absorbée et **retransmise** (infrarouge thermique) par la cible. Les dispositifs de télédétection qui mesurent l'énergie disponible naturellement sont des capteurs passifs. Le capteur passif peut seulement percevoir l'énergie réfléchi e lorsque le Soleil illumine la Terre. Il n'y a donc pas d'énergie solaire réfléchi e le soir, tandis que l'énergie dégagée naturellement (l'infrarouge thermique) peut être perçue le jour ou la nuit. (Centre canadien de télédétection).

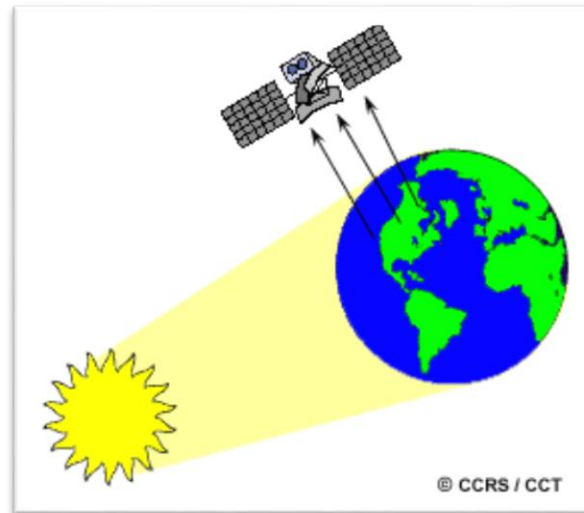


Figure n°15: détection passive. (Centre canadien de télédétection, 2020).

Un **capteur actif** produit sa propre énergie pour illuminer la cible : il dégage un rayonnement électromagnétique qui est dirigé vers la cible. Le rayonnement réfléchi par la cible est alors perçu et mesuré par le capteur. Le capteur actif a l'avantage de pouvoir prendre des mesures à n'importe quel moment de la journée ou de la saison. Les capteurs actifs utilisent les longueurs d'onde qui ne sont pas produites en quantité suffisante par le Soleil telles que les hyperfréquences ou pour mieux contrôler la façon dont une cible est illuminée. Par contre, les capteurs actifs doivent produire une énorme quantité d'énergie pour bien illuminer une cible. Le laser fluoromètre et le radar à synthèse d'ouverture (RSO) sont des exemples de capteurs actifs. (Centre canadien de télédétection, 2020).

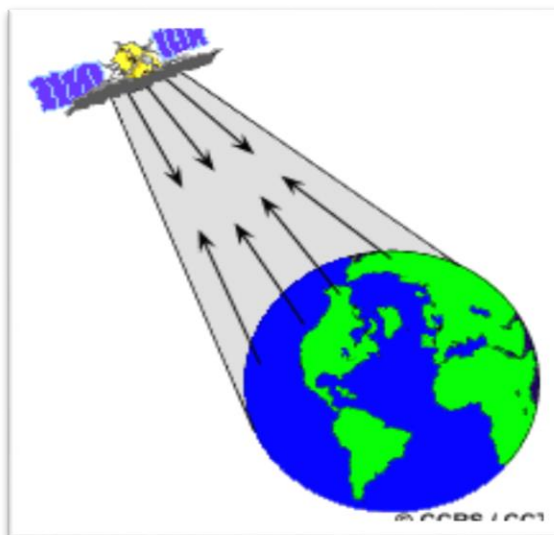


Figure n°16: détection active. (Centre canadien de télédétection,2020).

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE III

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1. Présentation de la région d'étude :

1.1. Situation géographique de la Forêt domaniale de Tenira :

La forêt de Tenira est située à 16 Km au Sud de Sidi Bel-Abbés et à 12 Km au Nord de Teghalimet et à 9 Km à l'Est de Boukanefis. Elle est traversée dans sa partie Ouest par la RN 13 qui relie Sidi Bel-Abbes à Telagh et longée au Sud par la route départementale sur 13 Km. La surface globale de cette forêt est de 8800 ha et comprend 11 cantons. Notre zone d'étude est limitée par les coordonnées Lambert suivantes X; 196,3 - 202,1 et Y; 196,2 - 199,1 (série I) Cette zone a une superficie de 800 ha, limitée par la RN 13 reliant Sidi Bel-Abbes à Telagh par l'Ouest et fait limite aux séries II et III de cette forêt. Au Sud, on retrouve des champs de céréaliculture ; quant au Nord, elle fait suite à la plaine intérieure de Sidi Bel-Abbès (**Benaouda, 2001**).

1.2. Situation Administrative :

La gestion de la forêt de Tenira est assurée par la conservation des forêts de la wilaya de Sidi Bel Abbès. Sa situation administrative est comme suit :

La forêt domaniale de Tenira recouvre les dairas de : Tenira, Sfifef, Ben Badis .
Et les communes de : Boukhanifis, Kaid Bel Arbi, Mustapha Ben Brahim . (**CFSBA, 2015**)



Figure n°17 : Localisation de la zone d'étude forêt de Tenira (CFSBA, 2021)

2. Etude de milieu physique :

2.1. Géomorphologie :

Le relief est constitué d'un ensemble de petits djebels (Mrek bel ain et Aoudj), le point culminant de la zone est de 800 m sur le premier djebel cité, tandis que L'altitude moyenne est de 734 m.

Cette zone est représentée par des terrains dont les pentes varient de 0 à 10 % au versant Nord, d'où dépôts hétérométriques contrairement au versant Sud où les pentes dépassent les 25 %.

Des différents djebels prennent naissance des chabets qui traversent et qui sont à sec **(Benaouda, 2001)**.

2.2. L'Altitude :

La forêt domaniale de Tenira est située aux point géographiques suivant :

-34°55'-35°10' latitude nord.

-0°25'-0°40' Longitude ouest. **(Benmaissa, 2014)**

2.3. Géologie :

Selon **(Benaouda, 2001)**, La forêt de Tenira repose sur des terrains secondaires du Jurassique, le relief est assez médiocre, formé d'empilements de couches rocheuses, de calcaire, de grès ou dolomite qui donnent au sol un aspect superficiel.

Les calcaires présents sont compacts et se manifestent sous forme de mélange de cailloux et de sables.

3. Description du climat de la région de Tenira :

3.1. La température :

La forêt domaniale de Tenira appartient à l'étage bioclimatique méditerranéen, semi-aride,

est caractérisée par un hiver frais et un été chaud avec une période froide qui s'étend du mois d'octobre à mai soit 8 mois. **(weatherbase, 2015)**.

Tableau n°2 : Températures moyennes mensuelles minimales et maximale de la commune de Tenira (65 ans) :

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
T°CM	14	15	18	20	24	29	34	35	30	24	18	14
T°Cm	1	2	4	6	8	12	15	15	13	9	6	2
T°C M+m/2	8	9	11	13	16	21	25	25	21	17	12	8

Source : weatherbase, 2015

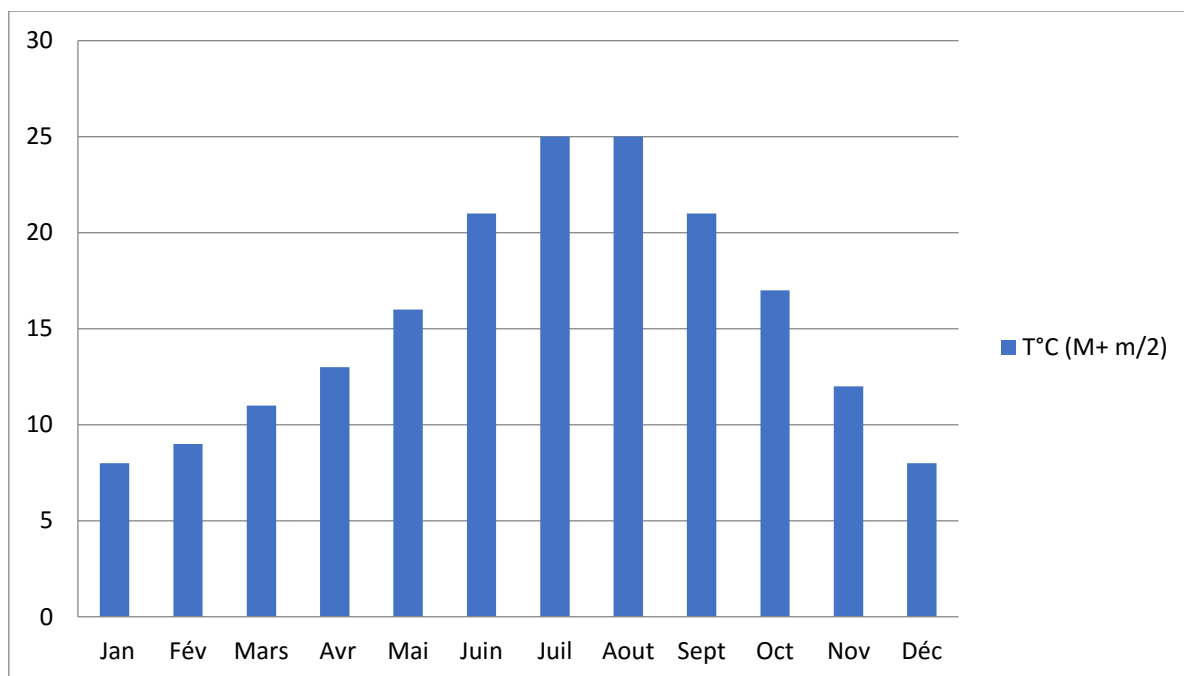


Figure n°18 : variation du température moyenne mensuelle de Tenira pendant 65ans.

3.2. Les précipitations :

Les précipitations les plus importantes dans la commune de Tenira sont concentrées dans les mois de novembre, décembre, janvier, février et mars.

Les mois de juin, juillet et août sont les plus secs avec moins de 5mm de pluie. (weatherbase, 2015).

Tableau n°3 : précipitation moyenne mensuelle dans la commune de Tenira (65ans) :

MOIS	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
P mm	61	46	46	41	37	11	2	4	14	36	44	63

Source :weatherbase, 2015

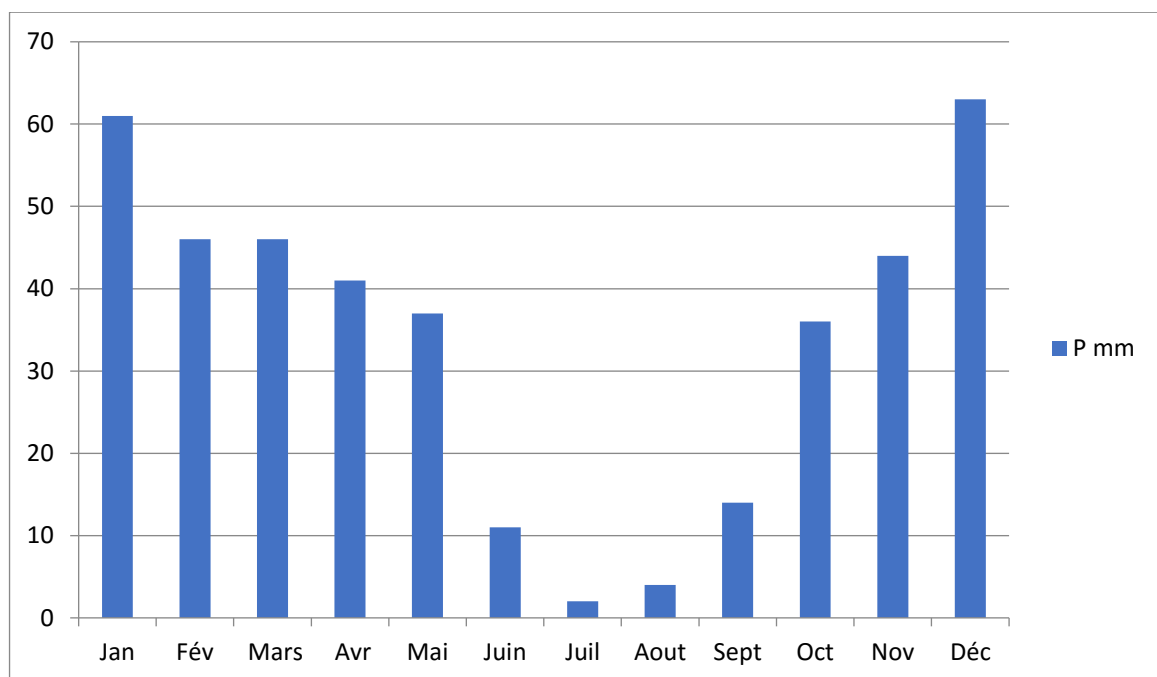


Figure n° 19: variation de précipitation moyenne mensuelle de Tenira pendant 65ans.

3.3.Le vent :

Les vents qui sont à l'origine des précipitations de direction Nord Nord- Ouest. La zone d'étude (Série I) est la plus exposée par rapport au versant Est que sépare Djebel Mrek bel ain. Les vents venant du Sud sont généralement secs, ils se manifestent 15 à 20 jours par année durant la période sèche (Benaouda, 2001).

3.4. L'humidité :

Depuis le mois de septembre jusqu'à au le mois de mai, l'humidité est supérieur à 60%. Le maximum est enregistré en saison hivernale de l'ordre de 72,55 alors que le minimum 48,99 est observé en été (Benmaissa, 2014).

4. Caractérisation édaphique des sols de Tenira :

Le sol de la forêt de Tenira évolue sous l'influence du facteur climatique et celui de la roche mère (KADIK, 1986). Les sols analysés appartiennent dans la plupart des cas aux sols de la zone montagneuse type de sol se situe sur des pentes supérieures à 10 %, à exposition Nord, Nord-Ouest et à altitude dépassant les 700 m..

- Sol brun calcaire sur grés calcaire. (Feraoun, 2020).

4.1. Composition floristique :

La forêt de Tenira est composée par les strates suivantes:

- ✓ Strate arborescente avec deux espèces dominantes : *Pinus halepensis* et *Tetraclinis articulata*
- ✓ Strate arbustive avec les espèces : *Pinus halepensis* et *Tetraclinis articulata*, *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus* et *Phillyrea media*
- ✓ Strate herbacée composée de : *Cistus villosus*, *Rosmarinus tournefortii*, *Stipa tenacissima*, *Globularia alypum*, *Fumana thymifolia*, *Calycotome spinosa*, *Ebenus pinnata*, *Chamaerops humilis*, *Genista quadrifolia*, *Fumana ericoides*, *Tecrium pseudo-chamaeptysis* et *Bromus rubens*. (Feraoun, 2020).

4.2. Composition faunistique :

Le patrimoine faunistique a subi, et subit actuellement des pertes importantes dues principalement à la présence de l'homme dans le milieu forestier.

- ✓ La forêt est fréquentée par un gibier pauvre en espèces signalé par quelques bergers de la région.
- ✓ Le sanglier et le loup d'Afrique du Nord sont présents en toute saison dans la forêt. Ils occasionnent d'importants dégâts sur les terres de culture.
- ✓ La perdrix et le lièvre se développent bien ; ils font l'objet de prélèvement lors des campagnes de chasse.

La forêt est également fréquentée par la palombe, la caille et d'autres oiseaux migrateurs.

. (Feraoun, 2020).

Le Tableau suivant représente la liste des espèces végétales trouvées dans la forêt de Tenira (le mois de Février 2020) :

Tableau n°4:d'inventaire floristique. (Feraoun, 2020) (CFSBA .2020)

Nom scientifique	Série I				Série II				Série III			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
<i>Pinus halepensis</i>	3	2	2		3	1	2		2	2	3	
<i>Tetraclinis articulata</i>		1	1			2	3		2	3	2	3
<i>Cupressus arizonica</i>	3											
<i>Olea europaea subsp. europaea var. Sylvestris</i>	2	1	1								1	
<i>Quercus coccifera</i>	2	2	1		1	2	+	1		1	1	1
<i>Quercus ilex</i>					2	1						
<i>Calicotomes pinosa</i>	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Stipa tenacissima</i>	1	3	3	1	2	1	1		2	+	1	1
<i>Pistacia lentiscus</i>	2	2	1		2	2	3	1	1	1	1	2
<i>Rosmarinus tournefortii</i>	2	2	1	3	1	+		1	1	2	2	1

<i>Asparagus sp</i>	+										+	
<i>Cistusmons peliensis</i>	1	+	1	+					1	1	2	
<i>Cistusalbid us</i>	1	1		1	1	2			2	2	2	1
<i>Phillyrea media</i>	2					2	2		2	1	1	2
<i>Erodiumsp</i>	+					+						
<i>Scillaperuviana</i>			+									
<i>Genistaquadriflora</i>					+							
<i>Ampelodesmosmauritanicus</i>	1	+			2	1	2	3	1		+	1
<i>Ophrys sp</i>	+											
<i>Raphanusraphanistrum</i>	+											
<i>Narcissusbulbocodium</i>	+											
<i>Cistussp</i>		1	+	+		1	1					1
<i>Fumanathymifolia</i>		2				+				1	+	
<i>Globulariaaalpum</i>		1		1	1					1	1	1
<i>Gagea sp</i>			+									
<i>Asparagus acutifolius</i>											+	
<i>Thymus ciliatus</i>												1
<i>Lobulariamaritima</i>								1				
<i>Cistusladaniferus</i>					1							
<i>Calendula arvensis var. bicolor</i>								1			+	
<i>Rutasp</i>					1							
<i>Anacyclusclavatus</i>								+			+	

<i>Ballota hirsuta</i>								+				
<i>Euphorbiasp</i>							+					
<i>Ferulacommunis</i>							2				2	+
<i>Chamaerops humilis</i>								2			1	
<i>Marrubiumvulgare</i>								1				
<i>Daucus carotte</i>								1				
<i>Urgineamaritima</i>								+				
<i>Salviapratensis</i>								+				
<i>Adonis aestivalis</i>								+			+	
<i>Ziziphus lotus</i>								1				
<i>Paronychiaargentea</i>								1				
<i>Teucriumpolium</i>									1	+	1	1
<i>Rutamontana</i>											1	
<i>Euphorbia sp2.</i>											+	
<i>Halimiocistuslibanotis</i>											1	
<i>Platycapnospicata(L.) bernh</i>												+

P1 : Strate plus 4m - **P2** : state entre 2 et 4m- **P3** : strate de moins de 2 m – **P4** : strate moins de 0.5 m

L'analyse floristique a révélé la présence de 48 espèces dans les différentes strates :

La strate arborescente « plus de 4m (P1) » représenté dans la plus part des stations par le pin d'Alep ou le thuya issu des incendies des années 90 (196-1997). Le calicotome, l'alfa, le chêne vert et le chêne kermès dominant les strates arborescentes « entre 2 et 4m (P2) » et arbustive « entre 0.5 et 2m (P3) ». La strate herbacée « moins de 0.5 m (P4) » est dominée par les cistes et l'alfa avec une variation d'abondance et dominance des Lamiacées. (Feraoun 2020).

CHAPITRE IV

MATERIEL ET METHODE

Matériel et méthodes :

Les caractères synoptiques et multi-spectraux de l'imagerie spatiale TM de LANDSAT ont été privilégiés, afin de mettre au point une approche de cartographie de la végétation par les techniques de la télédétection.

Les classes et leurs caractéristiques spectrales sont définies avant la classification proprement dite.

Les traitements d'amélioration d'images comme la coloration RVB (rouge, vert, bleu) permet de Mettre en évidence l'étalement de la dynamique.

A partir de la trichromie TM4 ,3 et 2 (RVB) pour le satellite Landsat7 et TM5,4 et 2 pour le satellite Landsat Oli 8, chaque zone isoprène est caractérisée par une signature spectrale qui reflète la végétation et les zones dégradées (sols nus et broussailles, Maquis).

La localisation des entités végétales est primordiale pour l'étude d'un NDVI et la réalisation de la carte de changement. Deux opérations ont été nécessaire, la première, consistait à faire des sorties sur terrain pour l'identification des objets à références spatiales. La deuxième opération consistait à reporter et digitaliser ces objets au niveau d'une scène satellitaire. L'échelle de perception est ici celle de la moyenne montagne (environ 230 Km²). Les formations forestières à l'instar des autres formations ont la particularité d'émettre des radiations captées par le satellite LANDSAT : c'est la signature spectrale, un sol dégradé ayant une signature spectrale qui diffère de celle d'un couvert végétal homogène et dense. Les scènes satellitaires (LANDSAT 1989 et 2019) ont subi une opération de classification qui a pour objet de mettre en évidence une carte d'occupation des sols. Une action combinée entre sortie terrain pour la supervision et la confrontation des résultats au laboratoire permet d'identifier les zones isoprènes (foret, maquis, alfa, sol nu, agriculture). La variation diachronique du couvert végétal au niveau de la foret de Tenira va être mise en évidence par l'utilisation de l'indice de différence de végétation normalisé et la classification supervisée. C'est une réduction de l'information de type radiométrique contenu dans le capteur. Les types d'indices ont souvent de bon indicateurs de la densité de la végétation mais doivent être manipulés avec prudence et après une étude attentive de leurs valeurs relativement à des données de terrain (DESHAYES et al, 1990) [9].

L'image Landsat permet par les canaux rouge (R) et proche infra rouge (PIR) de calculer l'indice de végétation NDVI: $NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$.

[9] a même établi, sur cette image la gamme de variations qu'elle présente, l'existence de la relation linéaire suivante entre indice foliaire LAI (qui représente la surface de feuille par unité de surface et l'NDVI) $LAI = 5,376 NDVI + 0,986$. Les images LANDSAT 1989, 2019, ont été classées au moyen d'un logiciel professionnel (ENVI 4.7 de traitement d'images satellitaires)

La classification regroupe les sites ayant des réponses spectrales proches. Elle considère que la scène visée est constituée d'objets bien délimités, que l'on veut extraire et caractérisée par un ensemble borné de pixel sans effet, elle permet d'établir à partir de plusieurs sites des correspondances ayant une grande signification et d'éliminer les cas particuliers pouvant fausser l'analyse (**Dubuc, 1989**); c'est pour cela qu'il est nécessaire de prendre plusieurs zones comme échantillons par classe afin d'éviter de choisir un échantillon isolé statistiquement.

La précision de la classification peut être évaluée individuellement pour chaque classe, ou globalement sur l'ensemble des éléments de la scène.

L'interprétation des données multi spectrales s'effectue le plus souvent par une méthode statistique de classement par maximum de vraisemblance. (**Porchier, 1993**).

CHAPITRE V

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Les classe de la forêt de Tenira (Zeid El Moumène) :

La localisation des entités spécialement géo référenciées ont été groupées en cinq classes (supervision terrain+laboratoire).

- ✓ Classe 1 rouge représentant les maquis.
- ✓ Classe 2 : vert représentant les forets
- ✓ Classe 3 : ocresreprésentant l'alfa
- ✓ Classe4 : jaune représentant l'agriculture
- ✓ Classe5 : magenta représentant les sols nus

Nous avons établi une carte d'occupation des sols comportant les formations suivantes : les maquis, les forêts, l'agriculture les sols nus et l'alfa.

La classification supervisée réalisée de l'année 1989 et 2019, montre clairement qu'il y a une différence significative de la couverture végétale entre ces deux période. On voit clairement la disparition de la forêt (couleur verte) en cédant la place au maquis (couleur rouge). Cette étape est cruciale dans la détermination de l'état d'évolution de la végétation. La foret a diminué de 23% de l'année 1989 à 12% de l'année 2019. Les maquis dans notre zone d'étude ont enregistré une légère augmentation de l'ordre de 4%.

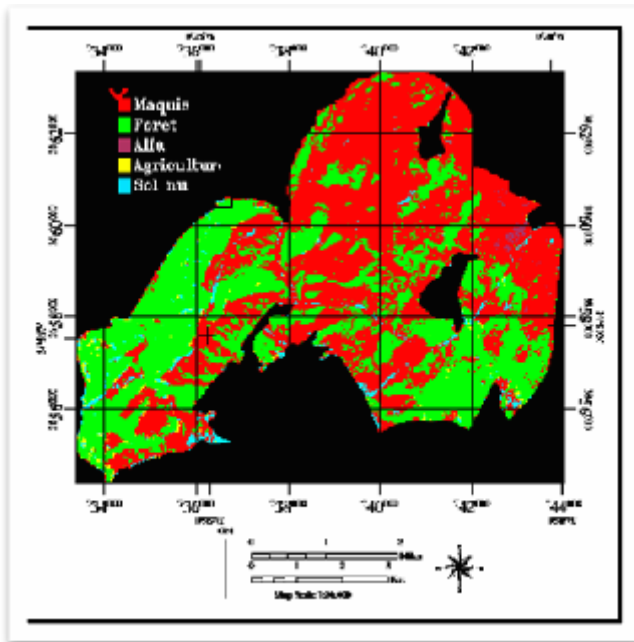
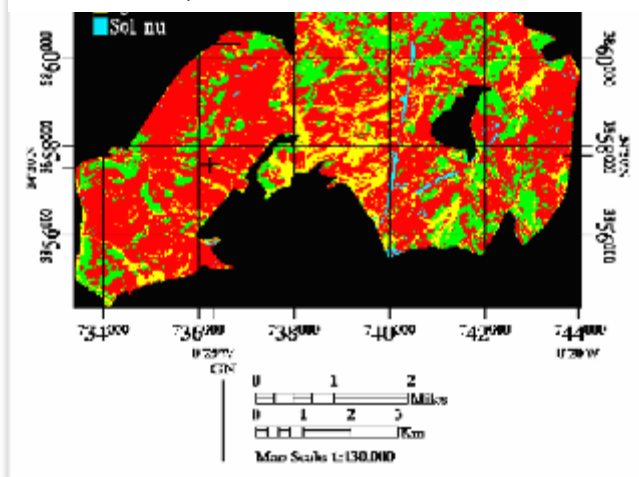


Figure n°21: classification supervisée de la forêt de Tenira (Zeid El Moumène) de l'année 2019.

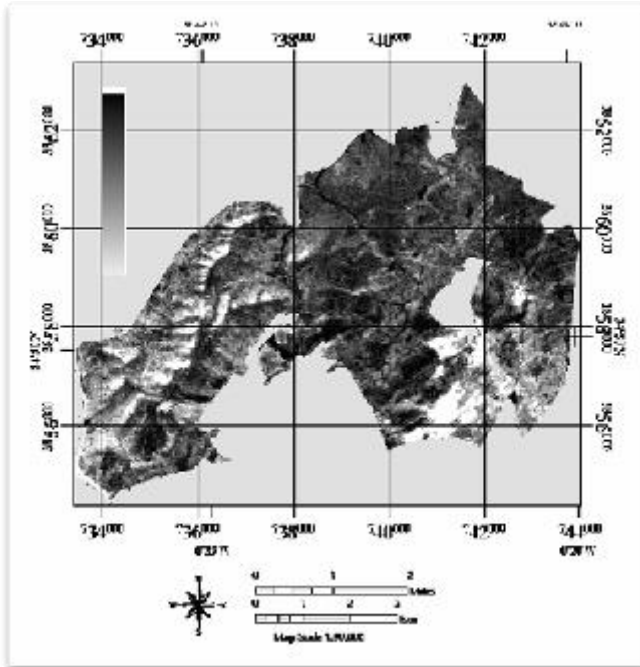


Classification
de la
forêt de Tenira

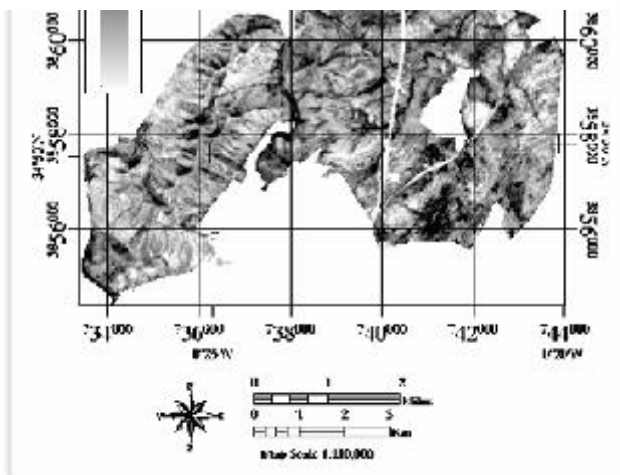
2. L'indice NDVI :

L'NDVI varie de 0 à 1. Plus la végétation est dense plus l'indice tend vers 1. C'est le cas de notre zone d'étude, la forêt de (Zeid El Moumène). Cette dernière est caractérisée par un indice dont la valeur est aux alentours de 1. Elle est donc dotée d'une annotation blanche. Sur l'image, les résineux comme le pin d'Alep apparaissent dans des teintes plus foncées à l'inverse des espèces feuillues comme le chêne vert et le chêne Kèrmesqui apparaissent dans des teintes claires

et correspondent à des forts valeurs de l'indices NDVI (plus de 0,8 la moyenne jus qu'a 1). Les sols nus et les surfaces d'eau libre apparaissent dans des teintes de faible signature spectrale et correspondent à des valeurs de l'indice faible (figure : n°22).



la scène **Figure n°23 : NDVI de la scène satellitaire de l'année 2019**



Les images satellitaires comme outils d'aide à la décision sont largement employées pour le suivi de l'évolution de l'occupation des sols, l'aménagement du territoire etc. En outre, les données de télédétection sont utiles pour le suivi de phénomènes évolutifs tels que la dynamique de la végétation, la désertification, l'érosion, les incendies de forêts et les inondations.

Les résultats sous forme d'images globales à l'échelle d'un massif sont possibles grâce à la télédétection chose impossible à faire sur terrain sur de grandes distances. Les données acquises au-dessus de couverts végétaux, permettent essentiellement de déterminer leur indice foliaire, leur biomasse aérienne, leur teneur en eau et leur évapotranspiration réelle.

Le NDVI est préféré pour la surveillance globale de la végétation car il compense partiellement les changements de conditions d'illumination, la pente des surfaces, et les angles de vues. Les nuages, l'eau et la neige ont un indice de réflexion plus élevé dans le visible que dans le proche infrarouge, de telle sorte que pour ces surfaces le NDVI est faible. La roche et le sol nu ont des indices de réflexion similaires dans ces deux bandes et produisent un indice de végétation proche de zéro (Nguessan et al, 2003). Dans les zones avec végétation, le NDVI est plus élevé (NDVI correspond à 0,8 – 1 en moyenne dans notre cas). Les valeurs les plus élevées sont associées avec une forte densité et verdure des feuillages des plantes. La couleur blanche qui représente la végétation au niveau de la scène 2019 est moins abondante qu'au niveau de la scène 1989, ceci est signe de la régression de la couverture végétale.

La carte de changement réalisée à partir de la combinaison de la classification supervisée de l'année 1989 avec celle de l'année 2019 fait ressortir trois types de classe : une classe en rouge représentant une évolution de la couverture végétal. Une couleur bleue représentant une régression de ce dernier et enfin une classe de couleur gris indiquant une stabilité.

Une évolution régressive du couvert végétal est observée au niveau de notre zone d'étude et plus particulièrement dans la partie ouest et Sud Est de la forêt de Zeide El Noumène. Nous avons constaté aussi une évolution positive dans notre zone d'étude au niveau de la partie est de la forêt de (Zeid El Moumène) qui peut s'expliquer par les projets de reboisement de plantation et d'aménagement réalisés par la conservation des forets.

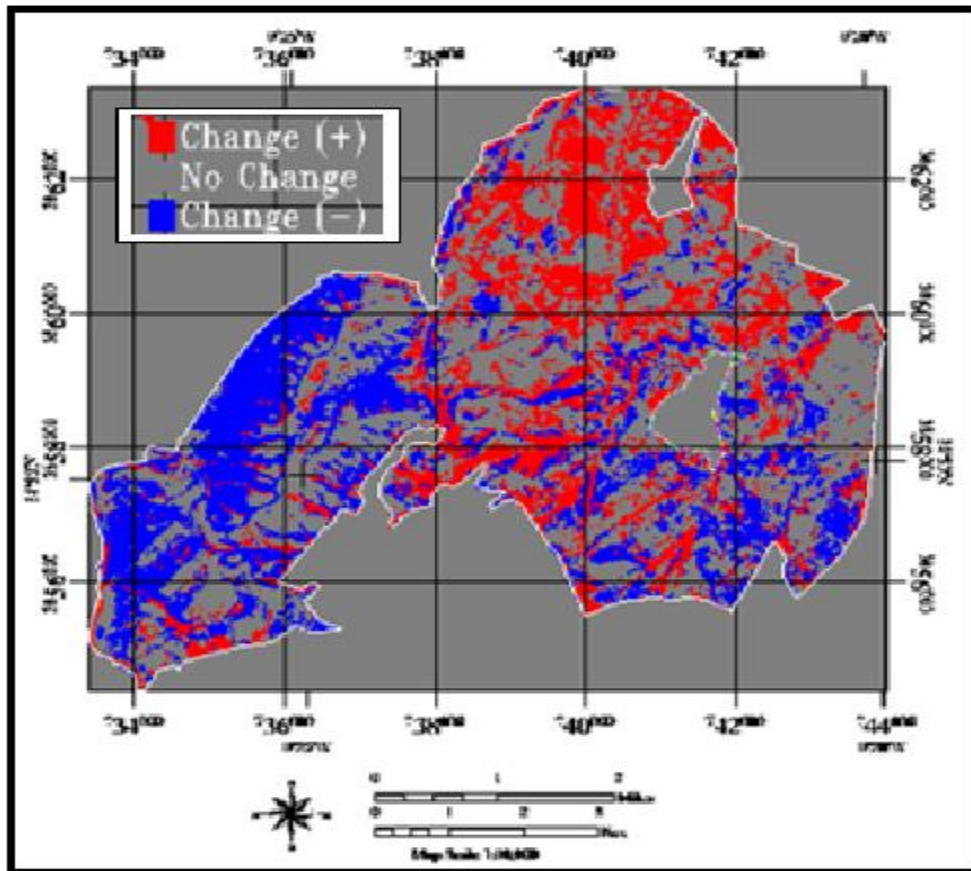


Figure n°24: carte de changement de la foret de Tenira (Zeid El Moumène).

Cette évolution diachronique négative est caractérisée par une dynamique focalisée surtout dans la partie ouest de la zone d'étude. La conjugaison de trois facteurs qui seront détaillés ci-dessous peut expliquer la dégradation des ressources végétales au niveau de notre zone d'étude à savoir : Les incendies forestiers, la déforestation, le surpâturage.

3. Les causes principales de dégradation de la foret de Tenira (Zeid El Moumène):

1.1. Les incendies forestiers :

L'incendie des forêts est un facteur de dégradation redoutable qu'aucun effort n'a pu juguler ce phénomène (Benabdeli, 1998). Aussi la fréquence du feu est un paramètre écologique à ne pas négliger.

Durant la période (2010- 2020) (figures : n°24), on a enregistré plus de 40 incendies qui ont ravagé plus de 227 hectares de forêts. Selon la direction générale des forêts en 2005 les causes sont l'imprudence, la foudre et les incendies d'origines inconnues. Actuellement, la cadence des incendies est en nette régression suite à la création d'une infrastructure forestière importante retraduisant par la construction de poste de vigilance,

L'ouverture de pistes et de tranchées pare-feu Ceci a permis de mener des interventions rapides et une bonne maîtrise des foyers d'incendie.

Tableau n°5 : bilan des incendies de forêt de Tenira (zeid El Moumène) période(2010-2020 Source : circonscription des forêts de Sfisef (CFSBA, 2020).

Années	Nombre d'incendies	Superficie en Ha	Type de formation	Espèces dominantes
2010	4	0,77	Forêt _ maquis	Pin d'Alep
2011	/	/	/	/
2012	/	/	/	/
2013	7	4,62	Forêt/maquis /broussaille	Pin d'Alep
2014	7	6,93	Alfa/forêt/maquis	Pin d'Alep/Alfa
2015	11	173,86	Forêt/maquis/eucalyptus	Pin d'Alep/Eucalyptus
2016	4	33,33	Maquis/Pin d'Alep	/
2017	4	2,75	Forêt/Maquis/Pin D'alep	Pin d'Alep
2018	/	/	/	/
2019	/	/	/	/
2020	4	3,94	Forêt /Alfa/Maquis	Pin d'Alep

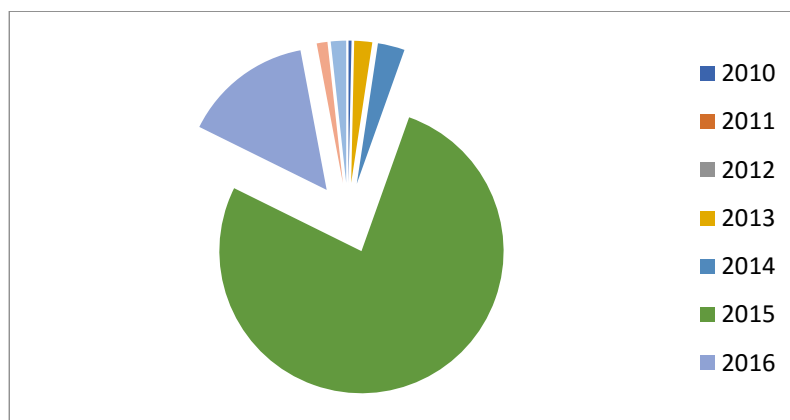


Figure n°25 : Les superficies incendiées en (hectare) de forêt de Tanira(Zeid El Moumène) par les années (2010-2020) (circonscription des forêts de Sfisef(CFSBA, 2020))

3.2. Déforestation:

En raison de la mauvaise répartition initiale de la propriété forestière, la déforestation constitue un problème sérieux. En effet, l'ancien régime de la propriété en Algérie est très complexe. L'instabilité de ce régime tient à la difficulté de concilier les principes du droit Français qui envisageait une propriété nettement définie, le plus souvent individuelle et facilement transmissible, avec le mode de jouissance collective et d'indivision indéfinie du droit musulman (Benabdeli, 1998). En Algérie, comme dans les autres pays du Maghreb, la loi considère la forêt comme terre morte ; c'est-à-dire comme un bien appartenant à la communauté musulmane toute entière représentée par l'autorité souveraine (le Beylik en Algérie) et ne pouvant prendre le caractère privatif que par la mise en culture. Ceci favorise la déforestation (Laureau, 1966). Sur une période de 29 ans on enregistre en moyenne plus de 32 délits dans les la foret de Tenira pour un prélèvement inférieur à 10 stères (10 mètre cube) par délits (Figure n°25). Selon la synthèse des données de la DGF relative aux délits et coupes, on note des variations annuelles dans le nombre de délits qui passe par un maximum de 40 délits en 2010 à un minimum de 20 en 2020. Cette diminution des délits peut être expliquée par le renforcement de l'armature législative et la lutte contre ce fléau par des surveillances rigoureuses des territoires forestiers.

Tableau n°6 : Bilan de défrichage dans la forêt Tenira (zeid El Moumène) période (2010-2020).Source : circonscription des forêts de Sfisef (CFSBA, 2020).

Années	Pacage aléatoire (têtes de moutons)	Coupe illicite (arbre)
2010	60	40
2011	/	23
2012	/	/
2013	80	/
2014	37	/
2015	320	17
2016	100	/
2017	100	/
2018	40	/
2019	/	20
2020	206	/

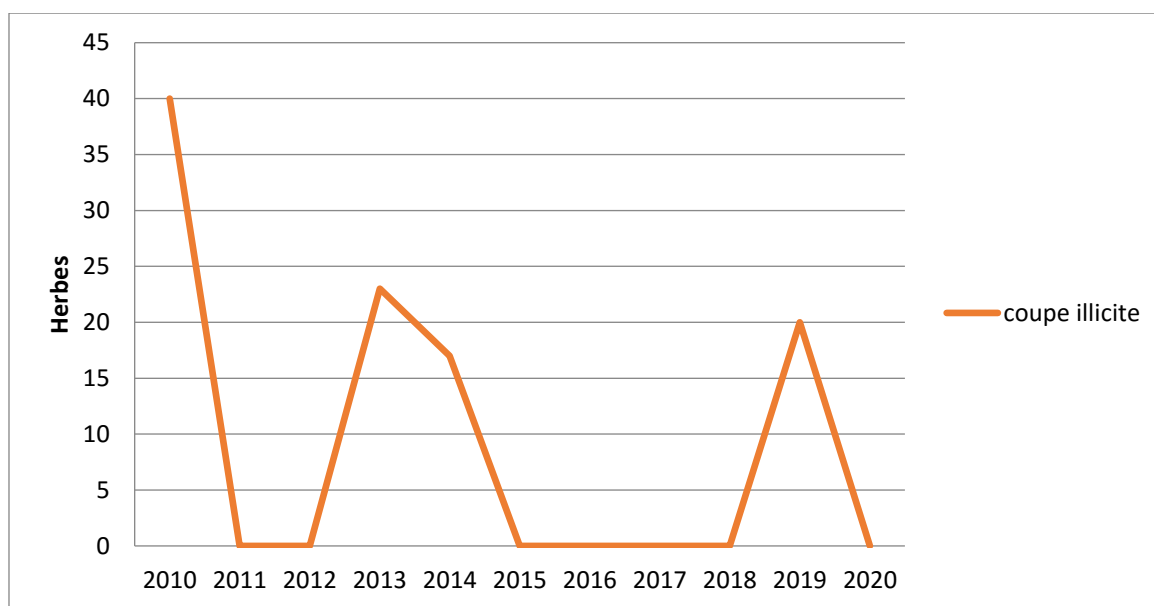


Figure n°26 : graphe des délits de coupe dans la zone d'étude circonscription des forêts de Sfisef (CFSBA, 2020).

3.3. Le surpâturage :

D'après une analyse des données recueillies au niveau de la direction des services des forêts de la wilaya de Sidi Bel Abbés de la période allant de 2010 à 2020, on constate que la forêt de Ténira (Zeid El Moumène) a été le siège de plus de 35 délits de pacage, soit une moyenne de 5 délits par année. La charge pastorale est très importante. Le cheptel est représenté surtout par l'espèce ovine. La race caprine est aussi présente et contribue à la dégradation de l'écosystème forestier. De par leurs comportements, ces espèces sont plus dévastatrices puisqu'elles peuvent accéder aux branches supérieures des arbres. (Figure n°26).

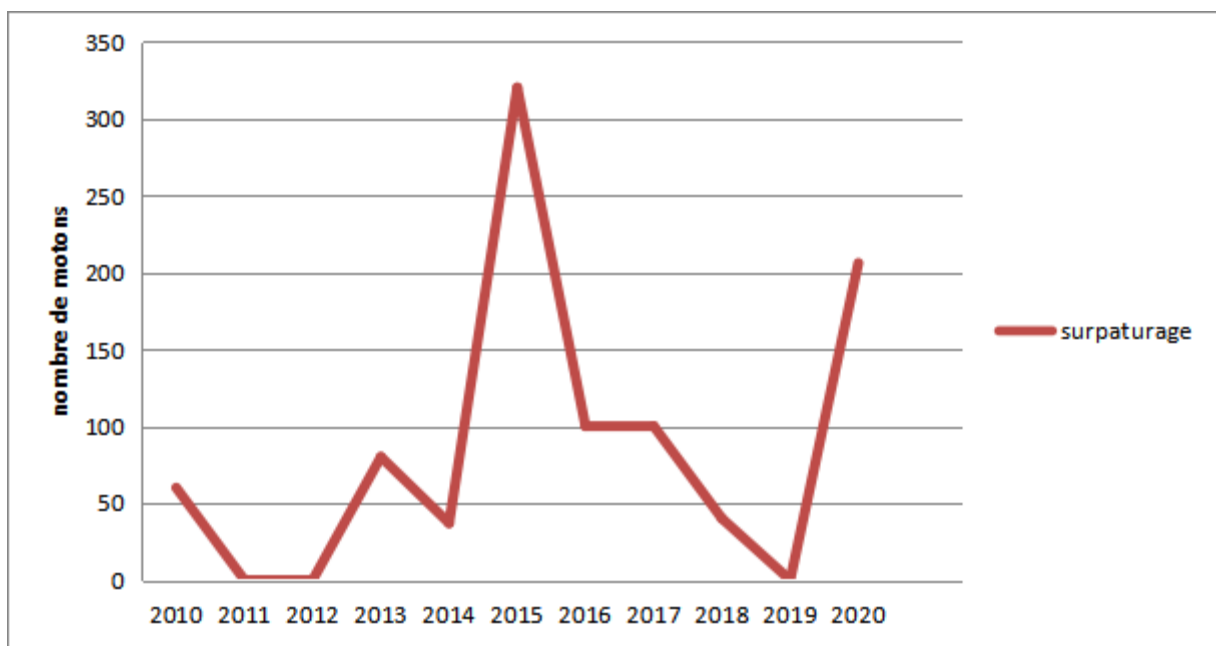


Figure n°27: le pâturage représenté par le nombre de têtes (Circonscription des forêts de Sfisef (CFSBA, 2020)).

Broutage par les animaux domestiques, il s'accompagne de nombreux autres effets néfastes (diminution de la productivité des terrains, érosion et compactage du sol etc...). (François,2002).

Le pâturage en sous-bois a entraîné une dégradation progressive de la végétation arborée au niveau de notre zone d'étude surtout pendant la période estivale qui dessèche le peu de parcours existant. Bovins, ovins et caprins exploitent chacun une strate particulière de la végétation. Ils condamnent ainsi à terme la forêt de disparition, car le cheptel assure sa nourriture au détriment des jeunes repousses, et du feuillage. Il en résulte une défoliation qui favorise les attaques d'insectes xylophages. **(Lapoux, 1977).**

CONCLUSION

Conclusion :

Les études menées à ces niveaux de perception graduelle permettent d'illustrer les effets cumulés de la déforestation, les incendies de forêts et surpâturage. Ceci met en évidence les interrelations existantes entre les différentes causes qui concourent au processus de dégradation de la forêt de Tenira (Zeid El Moumène). La classification supervisée a montré cinq classes d'occupation du sol en particulier les sols nus, les maquis, la forêt, l'agriculture et l'alfa. Chaque classe est représentée par une annotation appropriée comme cela est indiqué dans la partie relative aux résultats. Le NDVI a montré que durant la période allant de 1989 à 2019, la dégradation de la végétation est plus marquée en 2019 par rapport à 1989 surtout dans la partie ouest de la forêt et vers la partie Sud Est. Les connaissances ainsi acquises permettent d'identifier et de proposer aux décideurs en temps utile les mesures de corrections et autres actions des effets liés surtout aux activités humaines, par l'établissement des cartes de végétation actualisées, ou on peut faire un suivie de l'évolution régressive dans notre cas par le NDVI. Notre zone d'étude est très riche en ressources naturelles non négligeables qui ne demandent qu'à être exploités et valoriser dans un cadre de développement durable par la société de montagne. Les solutions préconisées par rapport à l'immensité des problèmes vécus demandent des moyens lourds supplémentaires nécessaires pour élargir la base de connaissance de ces problèmes d'une part et surtout palier aux phénomènes de dégradations des écosystèmes montagneux fragilisés d'autre part.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARFA A.M.T., 2008, Les incendie de forêt Algérie : Stratégie de prévention et plans de gestion, mémoire de Magistère en écologie et environnement, Université Mentouri, Constantine, 115p.

Axel A, Devigneau J L, Vidal M. Les facteurs principaux de l'évolution des milieux riverain du Mouhonprés de Boromo (Brurkina Faso) : changement climatique ou dégradation anthropique ?.Sécherese 2005 ; 16 (3) : 199-207

Benabdeli K. Agriculture, alimentation et environnement : une trilogie en déséquilibre. Ecosysteme 1993 ; 1 : 70-74.

BENAOUDA Z, 2001, Diagnostic phytoécologique et édaphique et établissement d'une relation sol- végétation dans les forêts de Tenira– khodida – Touazizine. Mémoire de magister, écologie, Université de Tlemcen, 99p.

BENMAISSA A, 2014, Etude autoécologique et cartographie de l'arbousier Arbutusunedo L, dans la forêt de Bouhriz de la commune de Tenira wilaya de sidi bel abbes, (algérie occidentale), Master II, Université Djilali Liabes, 40p.

BNEDER, (2009) : plan national de développement forestier (PNDF) : rapport de synthèse national, 87p, Alger.

BOUHABILA A, 2019, la forêt algérienne face au changement globale.(Quelle place pour l'agroforesterie ?), master en science et gestion de l'environnement, Université Arlon Campus environnement, 4-8p.

COMITAS (commission ministérielle de la terminologie de la télédétection aérospatiale) (1988). Glossaires termes officiels de la télédétection aérospatiale. Bulletin de la SFPT, N°12 ,63p.

Cour tutoriel du centre canadien de Télédétection : Notions Fondamentales de Télédétection 2020

Desjardins R, Rognon P, Benalla M, Alem E M. progrès important des études sur l'évolution des dunes grâce à l'utilisation combinée des satellites civils et militaires : l'exemple du Tafilate(Maroc). Sécherese 2005 ; 16 (3) : 153-64.

Demaze M T. Caractérisation et suivi de la déforestation en milieu tropical par télédétection. Application aux défrichements agricoles en Guyane française et en Brésil : Télédétection 2003 3 (5) 477- 478

Direction générale des forêts, 2004.Le rapport national de l'Algérie sur la mise œuvre de la convention de lutte contre la désertification.

Dubuc Q .Reconnaissance des sols par télédétection et leur comportement par rapport à l'érosion dans le Lauragais. Thèse 3^e cycle, université de Paul Sabatier de Toulouse, 1989 ; 273

FAO (2002) : L'étude prospective du secteur forestier en Afrique à l'horizon 2020 (FOSA) _ Algérie.

FERAOUN I, 2020, Rapporte de stage de confirmation, La circonspection des forêts de Tenira, 2021.

FerdinandBonn,GuyFochon .précis de télédétection, volume 1, principes et méthodes. Marquis Montmagny(Québec). Université Francophone, 1996.3_12. Chapitre1.

François R. Ecologie des forêts naturelles d'Europe : biodiversité, sylvigénèses, valeur patrimoniale des forets primaires . 2002 ; 95p.

INRF, BNEDER & Renouveauagricole et rurale(2012) : Etat actuel des ressources génétiques forestières en Algérie, Documents soumis à FAO : Etat des ressources génétiques forestières dans le monde.

GIZ Algérie & BNEDER, 2018, Analyse de risque et de vulnérabilité au changement climatique, projet appui au plan national climat (APNC).

Lapoux F. Écologie du milieu urbain. Préface de Brice Lalonde. Sang de la Terre. Paris : les Dossiers de l'écologie, 1977 ; 293 p.

Laureau J. Législation forestière. Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire : 1966 ; 87p.

NGuessan E, Bellan M F, Blasco F. suivi par télédétection spatiale d'une forêt tropicale humide protégée soumise à des pressions anthropique : Télédétection 2003 ; 3 (5) : 443 -456.

Porchier J C. La télédétection et la statistique agricole. Bulletin technique d'information du Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, 1993 : 13 ; 18-27.

Whetherbase, 2015, statistique météorique sur 65ans de la région

Webographie

Site web 1, [https://www.institut-numerique.org/23-les-domaines-dapplication-de-la-teledetection52eca9e759829#:~:text=Le%20premier%20grand%20domaine%20d,atmosph%C3%A8re%20\(m%C3%A9t%C3%A9orologie%20et%20climatologie\).&text=Les%20capteurs%20utilis%C3%A9s%20permettent%20d,'eau%20de%20l'atmosph%C3%A8re.](https://www.institut-numerique.org/23-les-domaines-dapplication-de-la-teledetection52eca9e759829#:~:text=Le%20premier%20grand%20domaine%20d,atmosph%C3%A8re%20(m%C3%A9t%C3%A9orologie%20et%20climatologie).&text=Les%20capteurs%20utilis%C3%A9s%20permettent%20d,'eau%20de%20l'atmosph%C3%A8re.)

Site web 2, <https://beapi.coop/l-essentiel-de-l-agriculture/teledetection-et-agriculture/>

Site web 3, <https://www.scidev.net/afrique-sub-saharienne/features/la-t-l-d-tection-appliqu-e-aux-catastrophes-naturelles-faits-et-chiffres/>

Résumé :

Une meilleure compréhension de l'évolution des modes d'utilisation des sols et du couvert végétal est une préoccupation de premier ordre pour les pays dont les écosystèmes subissent des dégradations sévères. En effet les caractéristiques dynamiques de l'occupation des sols et de l'utilisation des terres ont d'importantes implications sur les ressources naturelles disponibles. Dans notre travail nous avons suivie l'évolution qualitative et quantitative de la végétation entre 1989 et 2019 par l'utilisation de l'indice de différence de végétation normalisé (NDVI) et la classification supervisée pour avoir un aperçu de la nature, de l'ampleur et de la célérité des modifications qui ont lieu au niveau de la forêt de Ténira (Zeid El Moumène). Les effets des trois principaux facteurs de dégradation du milieu à savoir les incendies de forêts (plus de 40 incendies), la déforestation (plus de 30 délits de coupe) et le surpâturage (25 délits de pâturage illicite) se conjuguent pour fragiliser notre zone d'étude. Une évolution régressive a été constatée majoritairement dans la partie ouest et au sud est avec un indice de différence de végétation normalisé (NDVI) faible.

Mots clés : La forêt de Tenira (Zeid El Moumène) - évolution régressive - indice de différence de végétation normalisé - classification supervisée.

الملخص:

يعد فهم تطور أنماط استخدام الأراضي والغطاء النباتي مصدر قلق رئيسي للبلدان التي تدهورت النظم الايكولوجية فيها بشدة.

في الواقع الخصائص الديناميكية لاستخدام التربة و استعمال الأراضي لها آثار مهمة على الموارد المتاحة. تابعنا في عملنا: التطور النوعي و الكمي للغطاء النباتي بين عامي 1989 و 2019 باستخدام مؤشر فرق الغطاء و التصنيف الخاضع للإشراف للحصول على لمحة عن الطبيعة، مدى و سرعة التغيرات التي النباتي المعياري تحدث على مستوى غابة تنيرة (زايد المومين) ، آثار العوامل الرئيسية الثلاثة للتدهور البيئي و هي : حرائق الغابات (أكثر من 40 حريق) الرعي العشوائي (32 جريمة رعي غير قانوني) إزالة الغابات (26 جريمة قطع الأشجار) ،تتحد لإضعاف منطقة دراستنا.

لوحظ تطور رجعي بشكل رئيسي في الجزء الغربي و الجنوب الشرقي مع انخفاض مؤشر فرق الغطاء النباتي الطبيعي

الكلمات المفتاحية : غابة تنيرة (زايد المومين) ،التطور الرجعي ،مؤشر فرق الغطاء النباتي الطبيعي، التصنيف الخاضع للإشراف.

Abstract:

The perfect comprehension of evolution of types of use the soil and plant cover is the concern for countries whose their ecosystems severely degraded. In fact the dynamic characteristics of the occupation of the soil and use of ground have important impact of the natural resource available.

In our work, we followed the quantitative and qualitative evolution of vegetation between 1989 and 2019 by using the normalized difference vegetation index (NDVI) and supervised classification to get a glimpse of nature, the extent and speed of the modifications that take happened in the forest of Tenira (Zeid El Moumène). The effects of the three principal factors of degradation of environment to know the forest fires (more than 40 fires) deforestation (more than 30 logging offenses) and overgrazing (25 illegal grazing offenses) set for waken our study area. A regressive evolution was observed mainly in the western part and in the south-east with a low normalized vegetation difference index (NDVI).

Key words: The forest of Tenira (Zeid El Moumène) - regressive evolution - normalized difference vegetation index - supervised classification.