

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة سعيدة - د. مولاي الطاهر
Université de Saida - Dr. MOULAY Tahar



N° d'Ordre

كلية العلوم
Faculté des Sciences
قسم البيولوجيا
Département de Biologie

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master
En Sciences biologiques
Spécialité : Protection des écosystèmes

Thème

Cartographie de la végétation forestière à l'aide de l'outil géométrique cas de la forêt de Zelamta et Nesmoth Wilaya de Mascara

Présenté par :

- Mr : DJELTI Lakhdar
- Mr : NABI Abdellatif

Soutenu le :

Devant le jury composé de :

Président	Me. Hendi Amina	MAA Université UMTS
Examineur	Me. Lakhdari Mama	MCB Université UMTS
Rapporteur	Mr. ANTEUR Djamel	MCA Université UMTS

Dédicace

***Je dédie cet humble et modeste travail avec grand amour,
sincérité et fierté :***

***À mes chers parents, source de tendresse, de noblesse et
d'affectation, source de ma fierté, mon courage et mon défi
devant tous les obstacles que j'ai rencontrés, aucune
dédicace ne pourrait exprimer à leur juste valeur la
gratitude et l'amour que je vous porte. Merci pour votre
affection et vos sacrifices.***

Que Dieu vous protège.

***À mon frère Abderrahmane À mes sœurs pour ses
soutiens et ses encouragements, avec mes souhaits de
bonheur, de santé et de succès.***

A tous mes ami (e)s et collègues ;

A tous qui j'aime et qui m'aiment

Lakhdar

Dédicace

***Par la grâce de Dieu Tout-Puissant, j'ai terminé ce
travail ;***

***Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes
que j'aime particulièrement***

***À mes chers parents, l'amour de ma vie pour tous
leurs sacrifices, leur tendresse, leur soutien, leurs
Encouragements et leurs prières tout au long de
mes études ; « Que Dieu les protège et prenne soin
d'eux »***

A tous mes ami (e)s et collègues ;

A tous qui j'aime et qui m'aiment,

Abdellatif

Remerciements

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier "Dieu" le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nos profonds remerciements à notre encadreur **Dr Anteur Djamel MCA Université UMTS**, qui nous a fourni le sujet de ce mémoire, pour sa disponibilité durant toutes les étapes de ce travail, pour ses remarques pertinentes et pour ses conseils judicieux qui sans cesse ont permis l'amélioration de la qualité de ce travail. Merci beaucoup monsieur.

Nos sincères remerciements sont adressés à notre examinateur, **Me Hendi Amina MAA Université UMTS** et **Me Lakhdari Mama MCB Université UMTS** d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation universitaire dans la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

A la direction des forêts de Mascara A nos famille A notre chère amie Chaimaa pour son soutien et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

A tous ces intervenants, nous présentons nos remerciements, notre respect et notre gratitude.

Table des matières

Dédicace

Remerciements

Liste des figures	
Liste des photos	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale :	1

CHAPITRE I :Les forets en Algérie

I.1.Les forêts Algériennes :	3
I .1.1 Un aperçu des forêts en Algérie.....	3
I .1.2. Description de la forêt Algérien :	3
I.1.3. Répartition géographique des forêts et leurs essences :	4
I.1.4. Principales zones forestières en Algérie :	5
I.1.5. Superficie forestière :	6
I.2.Groupements des forêts par essence:	7
I.2.1Groupement à Pins d'Alep (<i>Pinus halepensis Mill</i>):	7
I.2.2Groupement à chênes liège (<i>Quercus suber</i>) :	8
I.2.3. Groupements à cèdre de l'atlas (<i>Cedrus atlantica</i>):	8
I.2.4. Groupement à chênes verts (<i>Quercus ilex</i>) :	9
I.2.5. Groupement à pins maritimes (<i>Pinus pinaster</i>) :	9
I.2.6. Groupement à Thuya (<i>Tetraclini sarticulata</i>) :	10
I.2.7. Groupement à genévrier :	10
I.3. Les fonctions de la forêt.....	10
I.3.1. Le liège :	11
I.3.2. Le bois :	11
I.3.3. Les fonctions écologiques de base de la forêt :	11
I.3.4. La fonction sociale :	12
I.4. Le plan national de reboisement:	12

CHAPITRE II: Cartographie de la végétation

II.1- Notions sur la cartographie:	14
II.2. Télédétection du couvert vegetal:.....	14
II.2.1. Qu'est-ce que la télédétection :	14
• Autres définitions :	15
II.2.2Domaines de la télédétection :	15
II.2.3Traitements en télédétection:	16
• La source d'énergie :	17

• Les interactions du rayonnement avec l'atmosphère :	17
• Les interactions du rayonnement avec la surface terrestre :	17
• L'enregistrement du signal par le capteur satellitaire :	17
• La transmission et la réception des données :	18
II.2.4 Le rayonnement électromagnétique : nature et propagation :	18
• Définition:	18
II.2.5 Interactions du rayonnement électromagnétique:	20
II.2.6 Signatures spectrales des principales surfaces naturelles:	21
II.2.6.1. Signature spectrale des sols :	22
II.2.6.2. Signature spectral de l'eau :	22
II.2.6.3. Signatures spectrales de la végétation:	22
II.2.6.2.3.1. Variations de la signature spectrale de la végétation:	23
II.2.6.2.3.1.1. Caractérisation de la structure d'un couvert végétal :	23
II.2.6.2.3.1.2 Les propriétés optiques des feuilles:	23
II.2.6.2.3.1.3 Autres types de variations de la signature spectrale:	25
II.2.7 Analyse d'une image	27
II.2.7.1 Classification non supervisée:	27
II.2.7.2 Classification supervisée:	27
II.2.8 Indices de végétation:	27
II.2.8.1 Principe :	28
II.2.8.2 Principaux indices de végétation:	28
II.2.9 Autres indices:	29

CHAPITRE III : Présentation de la zone d'étude

III.1. Situation géographique de la zone d'étude :	31
III.2. Etude du milieu:	31
III.2.1 Relief:	32
III.2.2 Altitude:	32
III.2.3. La Pente:	33
III.2.4. l'Exposition:	35
III.2.5. Les ressources en eau:	37
III.2.6. Géologie et Pédologie :	37
III.3 Etude climatique :	38
III.3.1. L'étude du climat:	38
III.3.2 Précipitation :	39
III.3.3 Le facteur thermique:	39
III.3.5. Le régime pluviométrique:	41

III.3.5. Synthèses climatique:	41
--------------------------------------	----

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

IV.1- Objectif de travail.....	42
IV.2- Les données :	44
IV.3- Moyen de travail :	44
IV.4- Reconnaissance terrain:.....	46
IV.5.1. Méthodologie de travail:.....	48
IV.5.2. La méthode cartographie :	48
IV.5.2.1- Correction radiométrique:	49
IV.5.2.2- La classification:	50
IV.5.2.3 L'indice de végétation (NDVI):.....	52

CHAPITRE V : Resultats et descussion

V.1- la composition colorée :	53
V.2. Application de l'indice de végétation ajusté au sol "NDVI " :	54
V.3- La classification des images:	56
V.3.4. Classification non supervisé	56
6.2 Interprétation de la carte de végétation	58
Conclusion Général.....	58

Liste des figures

Figure n° 1: Principales formations forestières d'Algérie (DGF 2000)	3
Figure n° 2: Carte de répartition des forêts Algérienne (Dr. Anteur. Dj)	5
Figure n° 3: Evolution des reboisements réalisés durant la période (2000 - 2015).	13
Figure n° 4: Télédétection à l'aide des satellites (UVED, 2008).	17
Figure n° 5: Spectre électromagnétique (Moquet, 2003).	18
Figure n° 6: Fenêtres atmosphériques (Lillesand et al, 2004).	20
Figure n° 7: Interactions du rayonnement électromagnétique avec la matière	21
Figure n° 8: Signatures spectrales des surfaces naturelles dans le domaine du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen (UVED, 2008).	21
Figure 9: Illustration des interactions entre le sol et la végétation, intégrées au niveau de la mesure satellitaire (d'après Fensholt, 2003).	23
Figure 10: Principaux facteurs influençant la signature spectrale de la végétation dans le visible, le proche infrarouge et l'infrarouge moyen (UVED, 2008).	24
Figure 11: Influence de la structure cellulaire des feuilles sur leur signature spectrale.	25
Figure 12: Variations de la signature spectrale en fonction du type de végétation	26
Figure 13: Variations de la signature spectrale en fonction de l'état physiologique de la végétation (UVED, 2008).	26
Figure n° 14: La carte de localisation de forêt du Nesmoth et Zalamta (Dr. ANTEUR)	31
Figure n° 15: Carte hypsométrique de forêt du Nesmoth et Zalamta. (Dr. ANTEUR)	33
Figure 16: Carte des pentes de forêt du Nesmoth et Zalamta. (Dr. ANTEUR)	34
Figure n° 17: Carte des expositions de forêt du Nesmoth et Zalamta. (Dr. ANTEUR)	36
Figure n° 18: Carte de réseau hydrographique de forêt du Nesmoth et Zalamta.	37
Figure n° 19 : Carte géologique de forêt du Nesmoth et Zalamta (Dr. ANTEUR)	38
Figure n° 20: Evolution des précipitations moyennes mensuelles (1981 - 2021)	39
Figure 21: variations des températures maximales minimales et les moyennes de températures (1981-2021)	40
Figure 22: évolution des précipitations moyennes annuelles (1981-2021)	41
Figure 23: la courbe Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la station de Nesmoth période (1981 – 2021)	42
Figure 24: positionnement de la zone d'étude sur le climagramme d'emberger	43
Figure 25: les points GPS (Dr.ANTEUR)	46
Figure 26 : Méthodologie de travail	48
Figure 27: Carte des compositions colorées "fausse couleur" (8.4.3) (Dr. ANTEUR)	53
Figure 28: Carte des compositions colorées "vrai couleur" (4.3.2) (Dr.ANTEUR)	54
Figure n° 29: Visualisation néo canal d'indice "NDVI" - 25.04.2023	55
Figure 30: Carte classification non supervisée	56
Figure 31: Carte de végétation (Dr.ANTEUR)	57
Figure n° 32: Billan des superficies des especes en (ha)	58

Liste des photos:

Photo n° 1 : foret de pin d'Alep	7
Photo n° 2 : foret de chêne liège.....	7
Photo n° 3 : Photos du Cèdre de Nesmoth	8
Photo n° 4 : Photos du chêne vert	8
Photo n° 5 : Photos du Cèdre	9
Photo n° 6 : GPS.....	42

Liste des tableaux :

Tableau n°1: Répartition des forêts en Algérie.....	7
Tableau 2: Domaines de la télédétection.	16
Tableau 3: Indices de végétation définis à partir de données de télédétection.	30
Tableau 4: surfaces des pentes	35
Tableau 5: Surfaces des expositions	36
Tableau 6 : Caractéristiques de la station de référence et période d'observation	39

Liste des abréviations

% : pourcentage

°C : degré Celsius

A : exposition

DF : distance des maisons et/ou terres cultivées.

DGF : Direction Générale de Forêts.

DR : distance des routes

DS : distance des agglomérations

E : élévation

GPS : Global Position System

MNT : modèle numérique de terrain

P : précipitation

SIG : Système d'Information Géographique

S : Température

VT : Type de végétation

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

ISODATA : Itérative Self-Organizing Data Analysis Technique

Résumé

Le présent travail est réalisé dans la forêt domaniale de Nesmoth au sud de la Wilaya de Mascara au Nord-Ouest de l'Algérie, qui est constitué d'un écosystème qui se présentent sous différents états de dégradation, composé par multitude d'espèces dominé essentiellement par des ligneux vivaces telles que le *Quercus ilex*, *Quercus suber*, *Juniperus oxycedrus*, *Pinus halepensis*,

Cette étude est portée sur des critères floristiques, écologiques et biogéographiques, complétée d'une cartographie de la végétation pour la description et l'analyse de l'état du couvert végétal de la zone d'étude.

Les principales causes de régression du milieu demeurent liées à différentes actions anthropozoogène, cette régression est amplifiée par l'effet dévastateurs des incendies et des maladies. L'analyse des spectres biologiques nous à permet d'identifier différentes structures végétales matorralisées.

L'analyse des spectres biologiques a une importance physionomique, dynamique et écologique, ces données sont également liées à l'état du couvert végétal, et la dégradation de ces strates conduit à un développement fréquent de nouvelles espèces végétales et la disparition d'autres.

Abstract

This work is carried out in the national forest of Nesmoth and Zalamta in the south of the Wilaya of Mascara in the northwest of Algeria, which consists of an ecosystem in different states of degradation, composed of a multitude of species dominated mainly by perennial woody species such as *Quercus ilex*, *Quercus suber*, *Juniperus oxycedrus*, *Pinus halepensis*,

This study is based on floristic, ecological and biogeographic criteria, supplemented by vegetation mapping for the description and analysis of the state of the plant cover in the study area.

The main causes of regression of the environment remain linked to various anthropozoogenic actions; this regression is amplified by the devastating effect of fires and diseases. The analysis of biological spectra allows us to identify different materialized plant structures.

The analysis of biological spectra has a physiognomic, dynamic and ecological importance, these data are also linked to the state of the plant cover, and the degradation of these strata leads to a frequent development of new plant species and the disappearance of others.

ملخص

يتم تنفيذ هذا العمل في غابة نسبط و زلامطة الوطنية في جنوب ولاية معسكر في شمال غرب الجزائر ، والتي تتكون من نظام بيئي في حالات مختلفة من التدهور ، ويتألف من العديد من الأنواع التي تهيمن عليها بشكل رئيسي الأنواع الخشبية المعمرة مثل *Pinus halepensis* ، *Juniperus oxycedrus* ، *Quercus suber* ، *Quercus ilex* . تعتمد هذه الدراسة على معايير نباتية وبيئية وجغرافية حيوية، تكملها خرائط الغطاء النباتي لوصف وتحليل حالة الغطاء النباتي في منطقة الدراسة.

تظل الأسباب الرئيسية لانحدار البيئة مرتبطة بالعديد من الإجراءات البشرية ، ويتضخم هذا الانحدار من خلال التأثير المدمر للحرائق والأمراض. يسمح لنا تحليل الأطياف البيولوجية بتحديد هياكل نباتية مختلفة. تحليل الأطياف البيولوجية له أهمية فسيولوجية و ديناميكية وبيئية ، وهذه البيانات مرتبطة أيضًا بحالة الغطاء النباتي ويؤدي تدهور هذه الطبقات إلى تطور متكرر لأنواع نباتية جديدة واختفاء أنواع أخرى.

Introduction

Générale

Introduction générale :

Les forêts méditerranéennes possèdent une valeur patrimoniale très élevée. Elles constituent des réserves importantes de diversité génétique, spécifique et fonctionnelle qu'il convient de conserver au mieux dans l'optique d'une gestion durable de ce patrimoine biologiques et ces ressources potentielles (Quézel et Médail, 2003). Comme toutes les forêts de la région méditerranéenne, les forêts algériennes ont une biodiversité, qui est vitale pour l'équilibre écologique, climatique et socio-économique des différentes parties du pays La forêt Algérienne couvre environ 4 Millions d'ha, soit moins de 2% de la superficie du pays, la vraie Forêt ne représente cependant que 1,3Millions d'ha, Le reste est composé de buissons. Le déficit forestier actuel est d'environ 3,8 millions d'hectares. L'effort national destiné à étendre la couverture forestière n'arrive même pas à compenser les pertes dues principalement aux facteurs anthropiques, incendies, surpâturage et l'exploitation anarchique de la forêt, la végétation forestière est par conséquent en constante régression (DGF, 2004), de plus Sa situation actuelle se présente comme l'une des plus critiques dans la région méditerranéenne (Ikermoud, 2000).

En fait, l'existence continue de facteurs destructeurs tels que les incendies, le surpâturage et l'exploitation forestière ne fera qu'aggraver le processus de dégradation du système forestier existant et la perte de biodiversité. Cette dégradation n'a pas épargné les forêts algériennes, tout comme les forêts de la wilaya de Mascara, y compris le foret domanial de Nesmoth et Zelamta. D'une part, en raison de l'impact du changement climatique, d'autre part, en raison du comportement humain, sa couverture végétale est en danger. Trouver des moyens de protéger et de protéger ce patrimoine végétal est devenu crucial. Cette dernière ne peut être accomplie que par une meilleure compréhension de la composition floristique des écosystèmes forestiers. C'est dans cette optique que nous proposons dans nos travaux actuels d'étudier la végétation de cette parcelle forestière et d'analyser l'abondance de la flore et la pression qui s'exerce sur elle. Compte tenu de la situation géographique de cette zone qui se trouve dans les monts de Saïda et qui abrite des riches en ressources naturelles, notamment forestières, la pression des êtres humains sur cette zone est grande. Elle se situe à l'intérieur des terres agricoles dans les zones d'agglomération rurale, accélérant sa dégradation, provoquant la transformation de ces forêts en buissons dégradés ou en simples terrain de pâturages, les habitats fauniques sont détruits et les sols sont exposés à l'érosion.

La forêt de Nesmoth et Zelamta couvre 21484.068 Ha sur une superficie globale de 594 100 Ha de la wilaya de mascara soit un taux de boisement de 3 ,61%. Les Essences principales qui composent le fond forestier sont le Pin d'Alep, le Chêne liège, thuya, Eucalyptus et *pistacia lentiscis*.

Les différentes pressions subies par la forêt domaniale ont réduit son couvert forestier et affaibli son rôle de protection et de production, notamment le liège qui est considéré comme de bonne qualité. Les dégradations fréquentes et continues vont finir par transformer le restant de la forêt en maquis et faire disparaître cet écosystème unique dans la Wilaya de Mascara déjà fragilisé par le défrichement, le surpâturage, l'absence des traitements sylvicoles ainsi que l'irrégularité du climat. Notre recherche modérée tente d'apporter des réponses à ces questions, ce qui aidera à protéger et à reconstruire la forêt domaniale de Nesmoth et Zalamta. Cette recherche est divisée en deux parties. La première partie est consacrée à la description géographique, géologique, bioclimatique et phytogéographique de la parcelle, ainsi qu'à la définition des principales structures végétales rencontrées.

CHAPITRE I :

Les forêts en Algérie

I.1. Les forêts Algériennes :**I .1.1 Un aperçu des forêts en Algérie**

La superficie des forêts algériennes est estimée à 4,7 millions d'hectares de forêts et de maquis, ce qui représente un taux de boisement d'à peine 11%, en ne considérant que le nord du pays. Le patrimoine forestier est ainsi dominé par les maquis, dont la superficie est estimée à 1,8 millions d'hectares, qui représentent 45 % de la superficie forestière et arborée totale, alors que les forêts naturelles, au sens strict, n'occupent que 32 %. Les superficies reboisées représentent quant à elles 972 800 Ha, soit 23 % (fig.1).

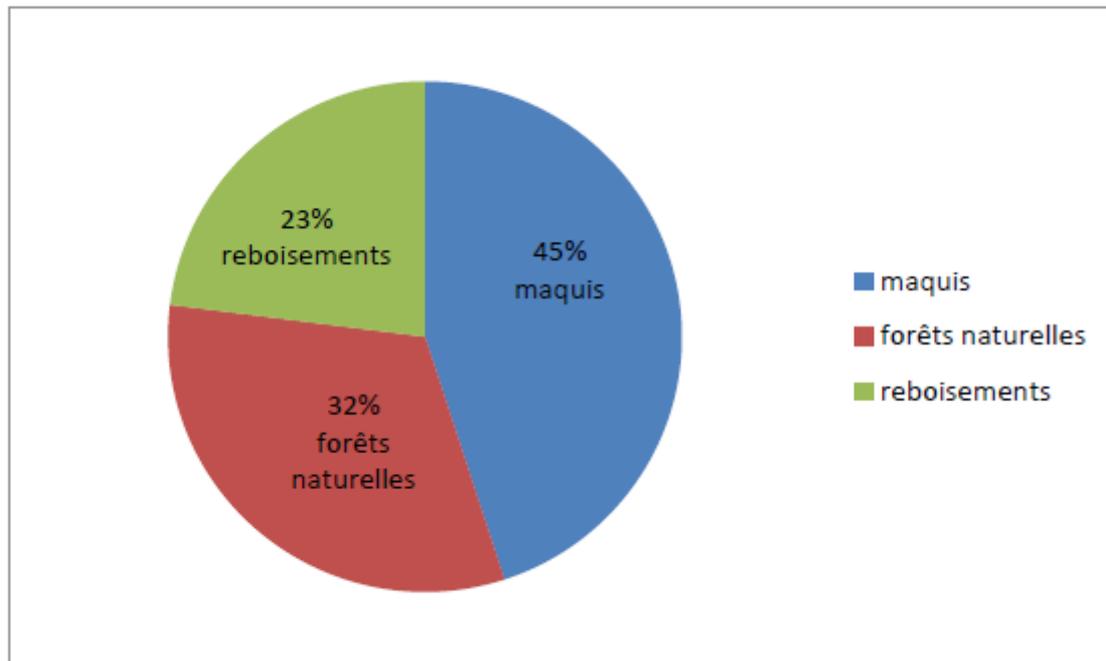


Figure n° 1: Principales formations forestières d'Algérie (DGF 2000)

I .1.2. Description de la forêt Algérien :

L'Algérie couvre une superficie de 2,388 millions de km². Le Sahara l'un des plus vastes déserts du monde en occupe plus de 2 millions de km² soit 84% du territoire.

En les régions du nord de l'Algérie les conditions de climat et de milieu permettent le développement des formations forestières occupent 250 000 km² soit un peu plus de 10% de la superficie totale.

Ce vaste territoire soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude présente un climat de type méditerranéen. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines et supérieur à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien.

Etant donnée son extension en latitude, le territoire algérien touche plusieurs zones climatiques. Tous les bioclimats méditerranéens (humide, sub humide, semi-aride et saharien) sont ainsi représentés.

L'Algérie est caractérisée par deux chaînes montagneuses importantes : l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud. Celles -ci séparent le pays en trois types de milieux qui se distinguent par leur relief et leur morphologie donnant lieu à une importante diversité biologique. On distingue du Nord au Sud, le Système Tellien, les Hautes Plaines steppiques et le Sahara (**INRF et al. 2012**).

Milieu naturel, fragile et perturbé, la forêt ne pourra se développer que si les gestionnaires forestiers prennent conscience de sa conservation en tenant compte de son importance écologique et économique.

En considérant les critères bioclimatiques, l'Algérie présente tous les bioclimats méditerranéens en allant de l'humide au saharien. Les zones semi arides présentent des aspects bien particuliers tant par les espèces qui les constituent, conifères essentiellement, présents également en dehors de ces zones, mais aussi par la structure des formations végétales qu'elles déterminent et qui sont en fait presque toujours des formations arborées, souvent claires, à sous-bois de type matorral répondant plutôt à des structures pré forestières, voire pré steppiques (**ABISALEH, BARBÉRO, NAHAL et QUÉZEL, 1 976**).

I.1.3. Répartition géographique des forêts et leurs essences :

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 paléo tropicales, fournissant une diversité de 70 taxons arborés dont 07 espèces sont à caractère endémique incluant deux exclusivement algériennes : *Abies numidica* au Babors (W. Sétif) et *Cupressus dupreziana* au Tassili N'Ajjer (Djanet, W.Illizi) (**INRF et al. 2012**).

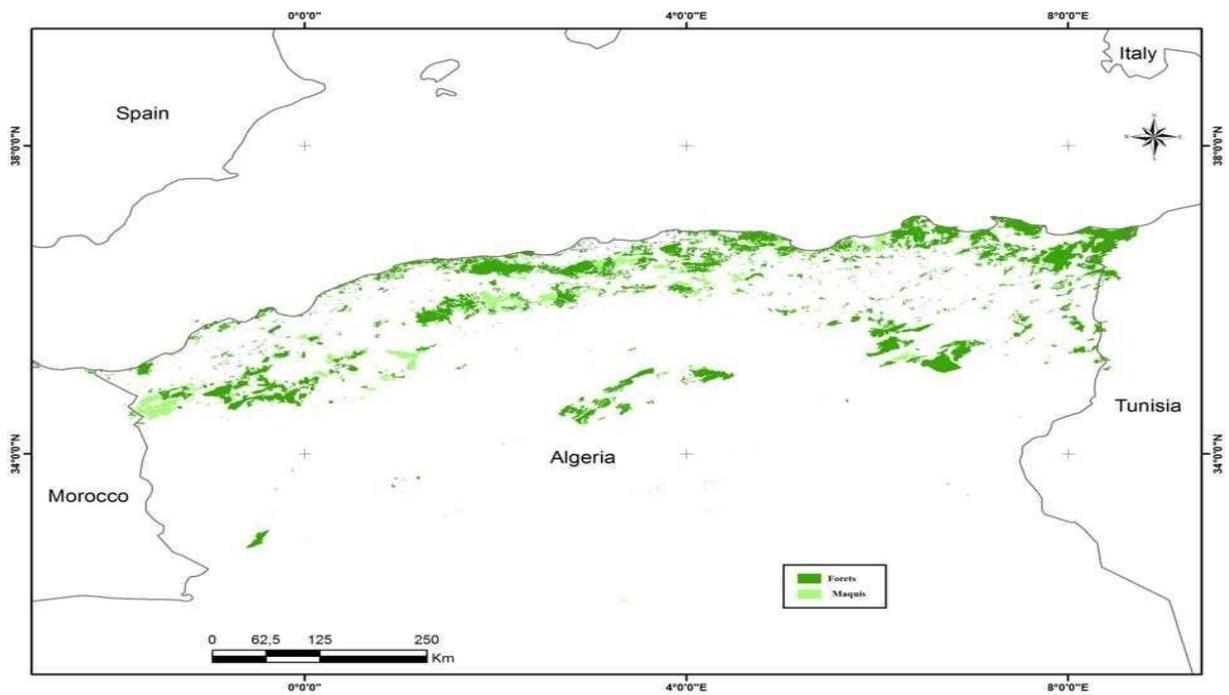


Figure n° 2: Carte de répartition des forêts Algérienne (Dr. Anteur. Dj)

I.1.4. Principales zones forestières en Algérie :

Au fur et à mesure qu'on s'éloigne du littoral, le faciès forestier change du Nord au Sud du Pays. On peut distinguer globalement les principales zones forestières suivantes :

- **Le littoral :**

C'est surtout les chaînes côtières du nord-est du pays comme celles de : *Tizi-Ouzou, Bejaia, Jijel, Collo, Skikda, El Milia et El Kala*. Ces régions sont très arrosées et elles comportent les forêts les plus denses. C'est l'aire de répartition d'essences principales à savoir : le chêne liège et le chêne zen mais également du chêne a farés et du pin maritime localement.

- **L'Atlas tellien centrale toccidental :**

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

- **L'Atlas saharien :**

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

I.1.5. Superficie forestière :

Présenter les bilans actuels n'est pas chose facile, l'étendue de la forêt a toujours été mal appréciée quand on compare les différentes sources.

Une critique doit s'établir quand on annonce tel ou tel chiffre.

Les travaux de **MAIRE** en **1925** repris par **PEYERIH MOFF** en **1941** et **KADIK, 1987**) ont montré que la surface primitive s'élève à 7.318.000 ha contre 2.910.000 ha actuellement. Le taux de boisement est donc passé de 27,17 % à 11 %. L'actualisation de ces chiffres s'est menée par le bureau national des études forestières qui met au point l'inventaire National Forestier (Plusieurs régions ont déjà été inventoriées). **BOUDY** en **1955** montre que la superficie forestière est de 3. 800.000 ha.

Les forestiers algériens publient en 1966 que l'étendue forestière (forêts + maquis) est de 3.013.000 ha et **QUEZEL** en **1985** : 3.000.000 ha.

Ces valeurs doivent être considérées avec beaucoup de réserves, ce qui est intéressant est d'avoir une idée la plus générale possible. On peut estimer, grossièrement, que les principales essences se répartissent comme suit : (Voir Tab1.).

La surface forestière productive est faible, elle représente 17% de la superficie totale des forêts, 21% sont susceptibles d'être améliorés et 62% sont des forêts dégradées.

Le processus de dégradation s'accélère de plus en plus, ceci fera disparaître nos belles forêts.

Tableau n° 1: Répartition des forêts en Algérie

ESSENCES	Superficie en Ha et % (KADIK 1987)	INRF (1994) in MATA (2003)	DGF (2007)
Pin d'Alep	792.000 / 34,8%	881302	881 000
Chêne Liège	463.000 / 20,4%	228925	230 000
Chêne vert	354.000 / 15,6%	108221	108000
Genévrier de Phénicie	227.000 / 10%	/	/
Thuya	191.00 / 8,4%	/	/
Chêne zeen+ Chêne afarès	65.000 / 2,9%	48 034	48 000
Cèdre de l'Atlas	23.000 / 1,0%	23 000	16 000
Pin maritime	12.000 / 0,5%	31 513	31 000
Divers	143.00 / 6,4%	/	/
Total	2.270.000 / 100%	/	/
Maquis et Broussaille	2.720.000	1 876000	1 662 000
Total (F+M)	3.050.000	/	/
Alfa	3.037.000	/	/

I.2. Groupements des forêts par essence:

I.2.1 Groupement à Pins d'Alep (*Pinus halepensis Mill*):

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.



Photo n° 1 : forêt de pin d'Alep

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

Les forêts de chêne liège occupent une place de premier ordre dans l'économie forestière algérienne. La subéraie produit annuellement 200.000 quintaux de liège qui sont exportés après transformation par les industries locales.

Localisée à l'Est du pays entre le littoral et une ligne passant approximativement par Tizi Ouzou, Kherrata, Guelma, Souk Ahras. La subéraie est représentée à l'ouest dans les régions de Tlemcen, Oran et de Mascara. En général, elle colonise l'étage bioclimatique humide et subhumide.



Photo n° 2 : forêt de chêne liège DR ANTEUR

I.2.3. Groupements à cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica*):

Les cédraies se rencontrent entre 900 et 2000 m d'altitude et dans l'étage humide et jusqu'au semi-aride dans les hautes montagnes (Atlas tellien et Atlas saharien). Le groupement à cèdre est caractérisé essentiellement par : *Ilex aquifolium*, *Taxus baccata*, *Acer*

monspesulanum, *Viola mumbyana*, *Bunium alpinum* et *Luzula graeca*. Le groupement à *Cedrus atlantica* et *Quercus ilex* se localise entre 1400 et 1600 m d'altitude. Le groupement à *Cedrus atlantica* et *Ilex aquifolium* localisé dans les ravins frais et humides de Theniet – El – Gontos. Le groupement à *Cedrus atlantica*, *Quercus faginea* et *Acer obtusatum*, se développe entre 1500 et 1700 m d'altitude.



Photo n° 3 : Photos du Cèdre de Nesmoth

I.2.4. Groupement à chênes verts (*Quercus ilex*) :

Il se trouve dans les étages humides ; sub humide et semi-aride et se développe entre 400 et 1700 m. Les taxons caractéristiques de ce groupement sont : *Rhamnus alaternus*, *Lonicera raimplexa*, *Olea europea* et *Ruscus aculeatus*.

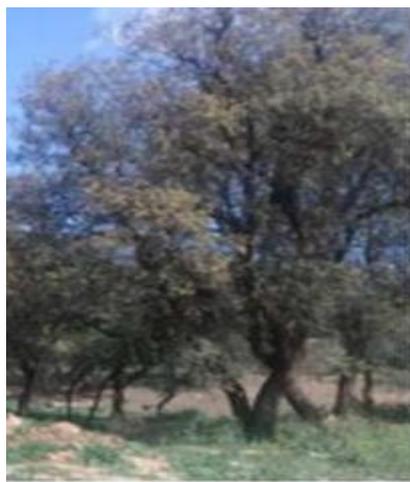


Photo n° 4 : Photos du chêne vert

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

Il s'étend sur plus de 31.513 ha et se rencontre surtout dans le nord- est de l'Algérie.

Cette espèce se développe dans l'étage bioclimatique sub humide et à une altitude comprise entre 500 et 700 m.

I.2.6. Groupement à Thuya (*Tetraclinis sarticulata*) :

Endémique nord-africain. Ce groupement occupe des stations Xérothermophiles où les précipitations varient entre 300 et 600 mm Il occupe 72.300 ha répartis dans le secteur oranais et algérois entre 150 et 850 m.



Photo n° 5 : Photos du Thuya

I.2.7. Groupement à genévrier :

Il existe trois sortes de genévriers en Algérie : Genévrier de Phénicie, Genévrier Oxycèdre, Genévrier Thurifère.

Le genévrier de Phénicie se retrouve à la fois sur les dunes maritimes en Oranie et sur les montagnes les plus sèches. Les trois genévriers constituent un stade ultime de dégradation.

Dans les Aurès et l'Atlas saharien particulièrement Djelfa et Boussaâda, il constitue de grandes superficies.

La forêt algérienne de conifère ne s'arrête pas uniquement aux espèces suscitées. Le montagnard supérieur offre asile au genre *Abies* représenté par le Sapin de Numidie qui se rencontre au niveau des hautes montagnes avoir si tant l'aire du Cèdre. N'oublions pas le Pin noir qui cohabite avec ces deux genres.

I.3. Les fonctions de la forêt

Les fonctions traditionnelles de la forêt ont été très longtemps réduites à des fonctions directement utilitaires comme : **(Claude Villeneuve)**

- La production de bois de chauffage ou d'œuvre
- L'apport de produits de cueillette, de chasse ou de pêche
- La ressource de médicaments

I.3.1. Le liège :

De loin, le plus valorisé des produits forestiers, le liège constitue une ressource stratégique du fait de ses multiples usages (bouchonnerie, parquet, isolation thermique). Les potentialités nationales sont estimées à plus de 200 000 qx/an. Avec une production relativement faible ces dernières années (100 000 à 150 000 qx/an), l'Algérie occupe le troisième rang des producteurs de liège (7% de la production mondiale), mais loin derrière le Portugal (57%) et l'Espagne (23%). Cependant, avec une meilleure gestion et une exploitation plus rationnelle des peuplements, la production nationale de liège peut connaître une sensible augmentation à court terme (**FOSA**)

I.3.2. Le bois :

La possibilité annuelle globale, toutes catégories de bois confondues, s'élève à environ 1 200 000 m³ (PNDF, 1984). L'accroissement moyen annuel s'élèverait donc à peine à 1 m³/ha/an si l'on considère la superficie occupée par les forêts productives. Les peuplements de pin d'Alep renferment plus de 80% de la possibilité totale annuelle. Le reste est fourni par les eucalyptus, le chêne zéen et le chêne afarès. La superficie des forêts ayant fait l'objet d'études d'aménagement s'élève à près d'un million d'hectares toutes essences confondues (y compris les peuplements artificiels d'eucalyptus).

Ces forêts représentent une possibilité annuelle d'environ 460 000 m³. La production de bois a suivi un rythme très irrégulier depuis l'indépendance. Faible de 1963 à 1990, celle-ci a connu une augmentation sensible à partir de 1991 culminant en 1993 avec 240 000 m³. Cette augmentation est essentiellement due aux moyens humains et matériels mis en œuvre par le secteur pour une meilleure prise en charge des plans de gestion.

Ces dernières années, on enregistre un accroissement sensible des besoins nationaux en bois et, parallèlement, une régression des importations, ce qui engendre des tensions sur le marché. Cette situation a contraint les pouvoirs publics à encourager l'exploitation des ressources locales. Le secteur des forêts devra désormais améliorer son niveau de participation au développement de l'économie nationale. C'est ainsi qu'il se fixe l'objectif de mobiliser annuellement durant les années à venir plus de 500 000 m³ de bois, l'objectif étant, bien entendu, la réalisation de la possibilité globale de plus d'un million de m³/an.

I.3.3. Les fonctions écologiques de base de la forêt :

- Captation de l'énergie solaire et redistribution de cette énergie sur lesquelles l'homme peut agir à l'intérieur du système (éclaircies, modification du peuplement...);
- Transport et recyclage des minéraux et de la matière organique à travers la chaîne alimentaire dont l'homme peut faire partie;
- Transport et redistribution des diaspores dont l'homme peut être un agent;

- Formation et maintien du sol en place pour lesquels l'homme peut apporter des actions correctives ou complétives ;
- Conservation de la biocénose pour laquelle l'homme peut apporter des actions correctives ou complétives et dont l'homme peut faire partie s'il y habite. (**Claude Villeneuve**)

I.3.4. La fonction sociale :

L'homme a toujours puisé les ressources forestières. Cette action non réglementée a nui au développement forestier par les agressions inconscientes tant par le biais des délits de coupes, du surpâturage que de l'incendie incontrôlé pour l'utilisation de ces surfaces en terrains agricoles. L'accroissement des populations entraîne cette sur utilisation, surtout dans les zones à haute potentialité forestière où se développent les essences nobles.

I.4. Le plan national de reboisement:

Le reboisement signifie une reconstitution du couvert forestier par des moyens naturels ou artificiels, tels la plantation et l'ensemencement (OIFQ, 2003).

Les reboisements réalisés en Algérie ont été réalisés dès l'indépendance, dans le cadre des chantiers populaires, les plans triennaux, quadriennaux et annuels. Depuis l'année 2000, ils s'insèrent dans le cadre de la mise en œuvre du plan national de reboisement examiné et adopté par le conseil du Gouvernement du 26 septembre 1999.

Le Plan National de Reboisement, traduit les préoccupations forestières du pays, il a pour but également d'intégrer autant que possible les dimensions écologiques et sociales affectées à la forêt.

Son action s'associe aux orientations du Plan National de Développement Agricole et Rurale matière de développement de l'agriculture de montagne, de la mise en valeur des terres, de la lutte contre la désertification, de la protection et de la valorisation des ressources naturelles dans le cadre d'un développement durable.

C'est ainsi que le P.N.R a été initié avec pour objectif l'émergence de systèmes économiques viables qui permettant aux populations rurales de disposer de moyens adéquats de subsistance, de stabilité de développement.

Aussi, il est utile de rappeler que le taux de boisement est estimé à 11%, c'est ainsi qu'il est proposé à travers la mise en œuvre du PNR de relever ce taux à 13%. (DGF, 2016).



Figure n° 3: Evolution des reboisements réalisés durant la période (2000 - 2015).

CHAPITRE II:
Cartographie de la
végétation

II.1- Notions sur la cartographie:

La cartographie a pour but la conception, la préparation et la réalisation des cartes. sa vocation est la représentation du milieu sous forme graphique et géométrique.

La cartographie de la végétation est une activité en perpétuel renouvellement. L'avènement de la photographie aérienne et ultérieurement, de la photographie IRC (infrarouge couleur) et de l'imagerie satellite ont modifié la façon de dresser les cartes et amélioré les précisions. Suite à cela et avec le développement actuel des techniques de l'informatique des SIG et celles de la télédétection (NAERT, 1995).

En celle, elle répond à un besoin très ancien de l'humanité qui est de conserver la mémoire des lieux et des voies de communication ainsi que de leurs caractères utiles ou hostiles à l'activité des hommes. D'abord stricte description de la terre connue et des itinéraires maritimes ou terrestres parcourus par les militaires et les marchands. la cartographie s'est diversifiée avec le temps. Grâce à sa précision et à son efficacité, elle est devenue après un instrument de connaissance et de puissance au service des états et un moyen de prévoir et de planifier l'action de l'homme sur le milieu.

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

II.2. Télédétection du couvert vegetal:

La télédétection se révèle être un outil tout à fait approprié pour étudier le fonctionnement et suivre l'évolution de la végétation. Grâce aux satellites il est possible en effet de cartographier les couverts végétaux à des échelles de temps et d'espace très variées. Selon UVED (2008),ils permettent en outre d'estimer le rayonnement solaire global, ainsi que certains paramètres caractéristiques des couverts végétaux, comme la quantité de biomasse, ou la fraction du rayonnement photosynthétique actif. Outils d'une meilleure compréhension des processus physiques et biologiques qui gouvernent la dynamique des écosystèmes végétaux, les données de télédétection peuvent aussi être utilisés pour s'informer sur les conséquences d'éventuels changements de la répartition des couverts végétaux, de façon à mettre en place des solutions de gestion plus durables.

II.2.1. Qu'est-ce que la télédétection :

« C'est l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans aucun contact matériel avec ceux-ci ». (*Journal Officiel du 11 décembre 1980 in*

Boulerie, 2008).

- **Autres définitions :**

« C'est l'ensemble des connaissances et techniques nécessaires pour interpréter divers "objets" par leurs comportements spectraux (lumière et couleur) et leurs distributions dans l'espace terrestre à l'aide de mesures spécifiques effectuées à distance »(Boulerie,2008).

Elle permet, selon Soudani (2005), à l'aide d'un capteur, "d'observer" et d'enregistrer le rayonnement électromagnétique, émis ou réfléchi, par une cible quelconque sans contact direct avec celle-ci. Le traitement et l'analyse des informations véhiculées par le rayonnement enregistré permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible : géométriques (position, forme et dimensions), optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physico- chimiques (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire, phytomasse, matière organique du sol,...),etc.

En outre, la télédétection constitue le fruit de l'interaction entre trois éléments fondamentaux: une source d'énergie, une cible et un capteur, et consiste à mesurer un signal électromagnétique émis ou réfléchi par une cible.

A travers CPS (2011) "La télédétection est un moyen de recueillir des informations concernant la surface de la terre sans être en contact direct avec elle. La télédétection consiste à recevoir et enregistrer l'énergie émise ou réfléchie par la surface de la terre. Elle suppose donc l'existence d'une source d'énergie électromagnétique, d'une cible et d'un capteur. La source peut être le soleil ou un satellite, selon le type d'énergie à capter" :

-La télédétection passive repose sur l'énergie naturelle – la lumière du soleil, par exemple – qui est réfléchie par la surface de la terre, ou la chaleur émise à partir de la surface de la terre.

- La télédétection active utilise l'énergie émise par des satellites et renvoyée aux satellites par la surface de la terre.

Elle a pour rôle de fournir des informations sur les paysages sous la forme de données images en utilisant le rayonnement électromagnétique comme véhicule de ces informations (Marc Robin ,2002).

II.2.2 Domaines de la télédétection :

Si à la base les applications étaient plutôt militaires, de nombreuses disciplines utilisent les images satellites (Tableau I).

Tableau n° 2: Domaines de la télédétection.

Domaines	Exemples d'applications
Géosciences	Géologie, pédologie, géomorphologie...
Météorologie	Vitesses des vents, précipitations, températures, détection des cyclones, orages...
Océanographie	Couleur de l'eau, turbidité, hauteur des vagues, courant marin, phytoplancton, pollution marine...
Foresterie	Couverture forestière, santé des forêts, impacts après ouragans...
Cadastré / Urbanisme	Couverture du sol, urbanisation, contrôle des autorisations (piscines, zones bâties...)
Agriculture	Identification des plantations, évaluation de la production...
Environnement	Etudes d'impact, détection des changements...
Biologie / Ecologie	Classification des types de végétaux, étude du corail, cartographie des habitats...
Télécommunication	Carte de répartition des antennes de téléphonie mobile...
Hydrologie	Comportements de l'eau à la surface du sol et dans le sol, cycle de l'eau...
Archéologie	Cartographie des sites archéologiques
Santé	Prévision des épidémies, relations avec les changements globaux...
Humanitaire	Pré-alerte de famines : réfugiés (camps)...
Catastrophes environnementales	Feux de forêts, éruptions volcaniques, sécheresses, marées moires...
Changements globaux	Désertification, variation climatiques, compositions de l'atmosphère...

Source : UNIGE (2004), Peduzzi (2009).

II.2.3 Traitements en télédétection:

D'après UVED (2008), l'observation de la Terre par les satellites peut être décomposée en cinq étapes ou processus, depuis la source d'énergie qui éclaire la surface terrestre jusqu'à la réception des données par la station satellite au sol (fig.4).

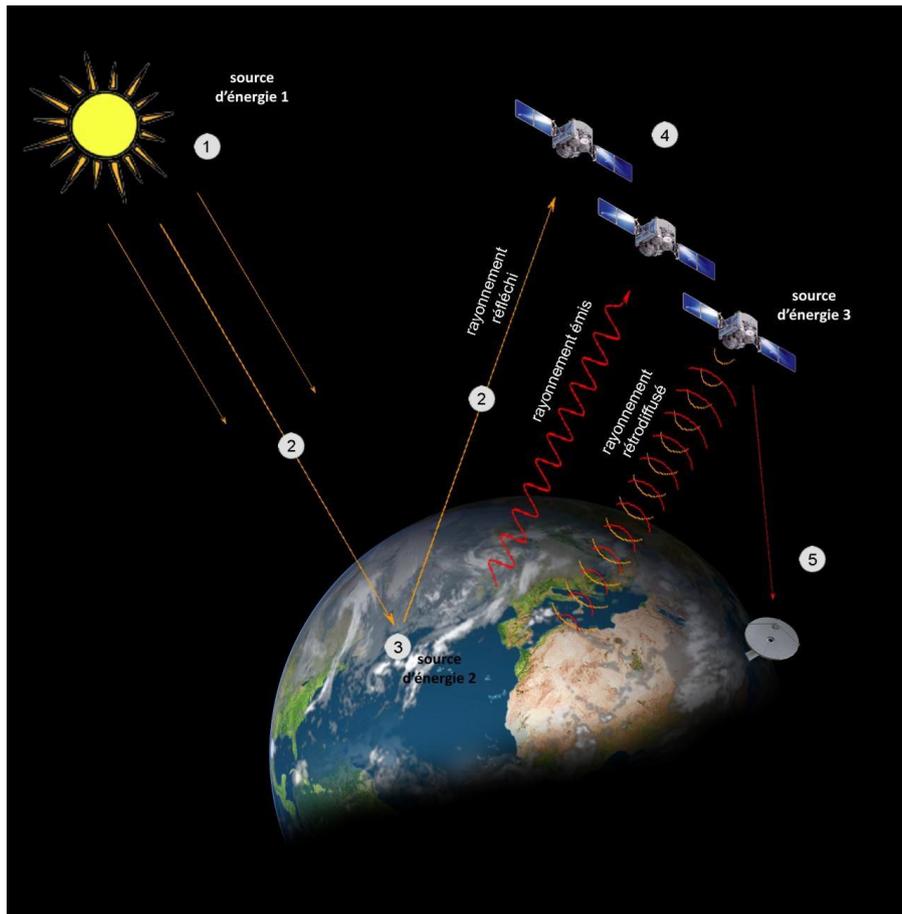


Figure n° 4: Télédétection à l'aide des satellites (UVED, 2008).

- **La source d'énergie :**

Trois sources d'énergie sont utilisées en télédétection à savoir le soleil, la surface terrestre (domaine thermique ou celui des micro-ondes passives) et le capteur satellite (domaine des hyperfréquences).

- **Les interactions du rayonnement avec l'atmosphère :**

Lors de son trajet de la source d'énergie vers la surface terrestre, puis de la surface vers le capteur satellitaire, le rayonnement interagit avec l'atmosphère.

- **Les interactions du rayonnement avec la surface terrestre :**

Lorsque le rayonnement parvient à la surface de la Terre, il va interagir avec celle-ci. La nature des interactions est fonction à la fois du rayonnement et des propriétés spectrales des surfaces.

- **L'enregistrement du signal par le capteur satellitaire :**

L'énergie réfléchi, émise ou rétrodiffusée par la surface de la Terre est captée puis enregistrée et discrétisée au niveau du capteur satellitaire.

- **La transmission et la réception des données :**

Une fois l'énergie reçue par le capteur, elle est transmise vers une station de réception et de traitement où elle est convertie en données numériques (CPS, 2011).

II.2.4 Le rayonnement électromagnétique : nature et propagation :

La télédétection spatiale permet d'observer le système « terre /océans /atmosphère » en s'appuyant sur des méthodes d'acquisition de l'information à distance basées sur les propriétés du rayonnement électromagnétique. Les capteurs satellitaires permettent de mesurer l'énergie réfléchie et/ou émise par la surface de la terre, les océans ou par l'atmosphère et donc d'analyser et de suivre l'évolution de ces milieux au cours du temps (UVED, 2008).

- **Définition:**

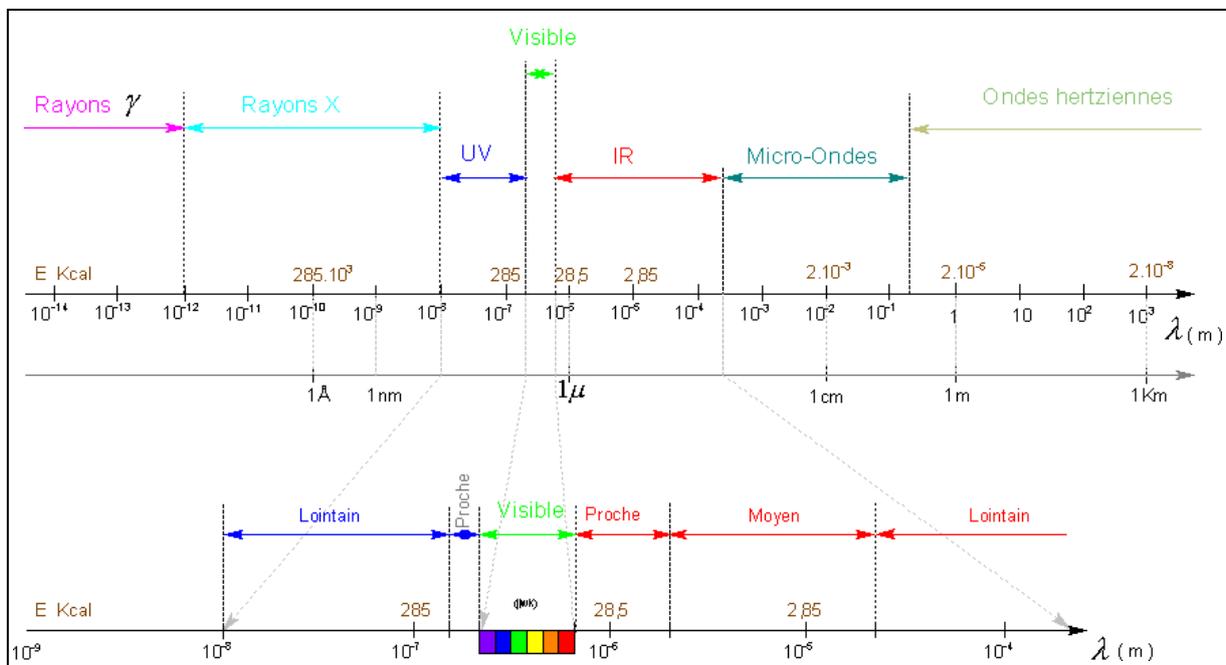


Figure n° 5: Spectre électromagnétique (Moquet, 2003).

Le rayonnement électromagnétique correspond à l'ensemble des radiations émises par une source, sous forme d'ondes électromagnétiques, la répartition de ces dernières en fonction de leur longueur d'onde, de leur fréquence ou bien encore de leur énergie, représente « le spectre électromagnétique » (fig.5).

Le spectre électromagnétique est le résultat de la décomposition du rayonnement électromagnétique en ses fréquences constituantes. Ainsi, lorsque la lumière passe à travers un prisme, elle se décompose en plusieurs couleurs constituantes (principe de l'arc-en-ciel). Si on applique cette division en fréquences constituantes à l'ensemble du

rayonnement électromagnétique, on obtient le spectre électromagnétique complet. Les longueurs d'ondes vont alors de quelques nanomètres à plusieurs milliers de kilomètres (UVED, 2008).

En partant des ondes les plus énergétiques, on distingue successivement :

- **Les rayons gamma (γ)** : dus aux radiations émises par les éléments radioactifs.

Longueur d'onde : 10^{-14} m à 10^{-12} m.

- **Les rayons X** : Longueur d'onde : 10^{-12} m à 10^{-8} m.

- **Les ultraviolets** : Longueur d'onde : 10^{-8} m à $4 \cdot 10^{-7}$ m.

- **Le domaine visible** : C'est dans ce domaine que le rayonnement solaire atteint son maximum ($0,5 \mu\text{m}$). Longueur d'onde : $4 \cdot 10^{-7}$ m (*lumière bleue*) à $8 \cdot 10^{-7}$ m (*lumière rouge*).

- **L'infrarouge** : rayonnement émis par tous les corps dont la température est supérieure au zéro absolu (-273°C). Longueur d'onde : $8 \cdot 10^{-7}$ m à 10^{-3} m.

- **Les ondes radar ou hyperfréquences** : Le domaine des hyperfréquences s'étend sur des longueurs d'onde de l'ordre du centimètre jusqu'au mètre.

- **Les ondes radio** : Concerne les ondes qui ont les plus basses fréquences. Il s'étend des longueurs d'onde de quelques cm à plusieurs km.

Contrairement à l'œil humain qui n'est capable de capter le rayonnement que dans une fenêtre très étroite du spectre électromagnétique ($0,4\mu\text{m}$ et $0,7\mu\text{m}$), les capteurs satellitaires utilisent une fraction beaucoup plus étendue (fenêtres spectrales) (fig. 6):

- Le domaine du visible;
- Le domaine des infrarouges (proche IR, IR moyen et IR thermique)
- Le domaine des micro-ondes ou hyperfréquences (télédétection RADAR).

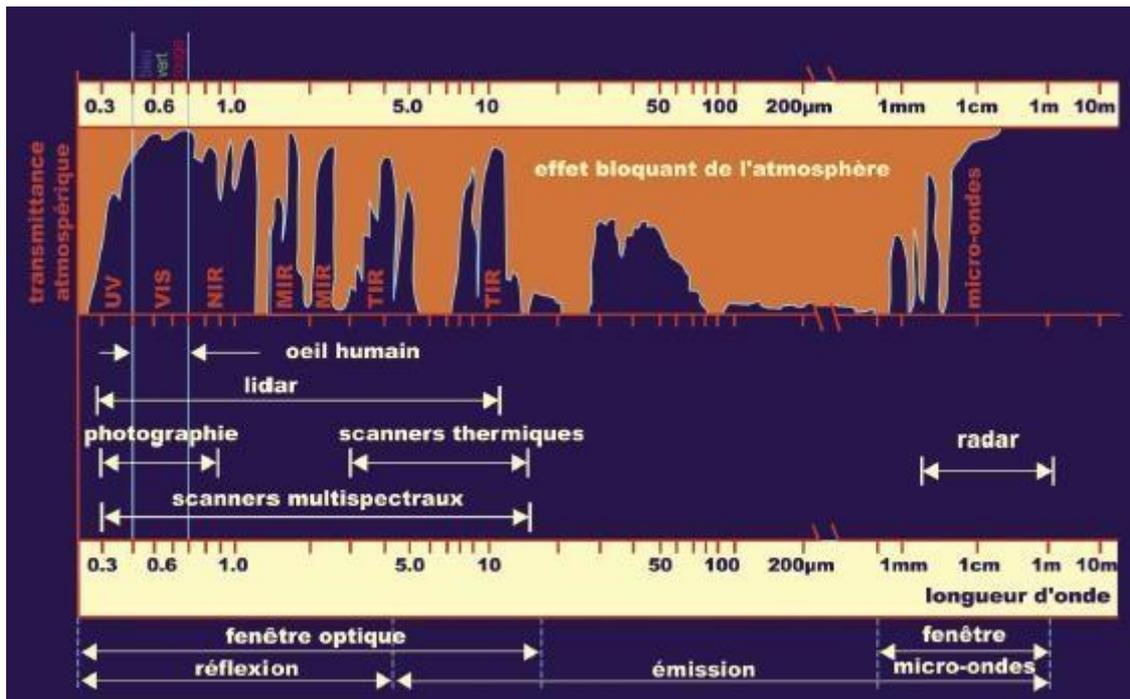


Figure n° 6: Fenêtres atmosphériques (Lillesand et al, 2004).

Les fenêtres atmosphériques sont des régions du spectre électromagnétique qui ne sont pas absorbées de façon importante par l'atmosphère et qui sont utiles pour la télédétection.

II.2.5 Interactions du rayonnement électromagnétique:

Lorsqu'un rayonnement électromagnétique atteint un objet, certaines longueurs d'onde sont absorbées tandis que d'autres sont réfléchies par l'objet. Une partie du rayonnement peut éventuellement être transmise à travers l'objet si celui-ci est plus ou moins transparent, avec un changement de direction de la propagation dû à la réfraction. La partie du rayonnement qui est absorbée modifie l'énergie interne de l'objet et produit de la chaleur qui sera réémise sous forme d'un rayonnement à une plus grande longueur d'onde.

Tout rayonnement (fig. 7), affectant une matière donnée, est absorbé, réfléchi ou transmis de façon à répondre à la relation :

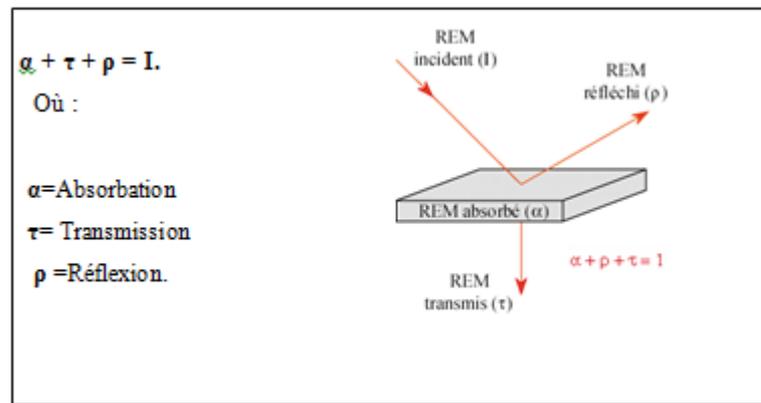


Figure n° 7: Interactions du rayonnement électromagnétique avec la matière
« Absorption, réflexion, transmission » (Bonn et Rochon, 1993).

II.2.6 Signatures spectrales des principales surfaces naturelles:

En fonction de la nature et des caractéristiques intrinsèques des objets et des surfaces, le rayonnement incident interagira avec la cible. Chaque surface possède ainsi une signature spectrale (quantité d'énergie émise ou réfléchi en fonction de la longueur d'onde) qui lui est propre et qui permettra son identification sur les images satellitaires. La figure ci-dessous présente la signature spectrale des principales surfaces naturelles.

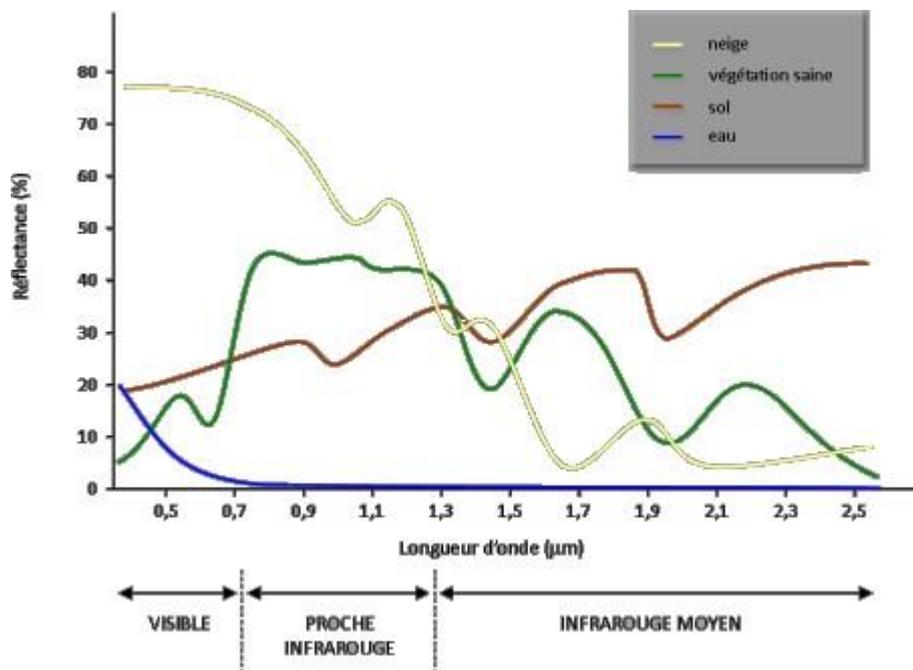


Figure n° 8: Signatures spectrales des surfaces naturelles dans le domaine du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen (UVED, 2008).

II.2.6.1. Signature spectrale des sols :

En ce qui concerne la signature spectrale des sols, selon UVED (2008), on note un accroissement régulier de la réflectance au fur et à mesure qu'on se déplace vers les grandes longueurs d'onde. Les discontinuités que l'on observe dans le proche infrarouge et l'infrarouge moyen sont dues aux bandes d'absorption de l'eau. L'étude des propriétés spectrales des sols est toutefois particulièrement complexe car elle doit tenir compte de la nature hétérogène du sol qui contient à la fois des matières minérales et organiques, mais aussi une composante liquide, tous ces éléments vont influencer la réflexion du rayonnement.

Fonctions à la fois de la composition minérale et organique des sols, de leur contenu en eau et de la rugosité, les propriétés optiques des sols peuvent présenter une variabilité considérable. Une augmentation de l'humidité du sol entraîne une baisse de la réflectance sur tout le spectre, de même qu'un accroissement de la rugosité (obscurcissement par effet d'ombre) (Girard et Girard, 1989).

II.2.6.2. Signature spectral de l'eau :

L'eau a une réflectance très faible dans toutes les longueurs d'onde, elle absorbe cependant un peu moins les ondes les plus courtes, d'où sa couleur bleue. Sa signature spectrale dépend à la fois des molécules qui la constituent, mais aussi des éléments dissous ou en suspension dans la colonne d'eau, comme les organismes phytoplanctoniques, les sédiments ou les substances jaunes (Gower *et al.*, 1988).

II.2.6.3. Signatures spectrales de la végétation:

Comme nous pouvons le constater sur la figure 08, et selon Moquet (2003), la végétation en générale possède une réflectance :

- Très faible dans le rouge (~660nm) et le bleu (~450nm);
- Faible dans le vert (~546nm);
- Élevée dans le proche infrarouge (0,7-1µm).

Ces valeurs peuvent varier en fonction de la teneur en eau de la plante, de la structure des feuilles, de leur densité, âge... (Guyot, 1984).

L'identification et le suivi des couverts végétaux repose sur la réponse spectrale des surfaces dans les différentes longueurs d'onde et donc sur la notion de signature spectrale.

II.2.6.2.3.1. Variations de la signature spectrale de la végétation:

Lorsqu'on étudie la végétation par télédétection, les variations de la réflectance mesurées au niveau du capteur satellitaire sont, non seulement liées à la structure des formations végétales, mais aussi aux propriétés optiques des feuilles.

II.2.6.2.3.1.1. Caractérisation de la structure d'un couvert végétal :

La structure d'un couvert végétal prend en compte à la fois des paramètres de structure de la canopée, comme l'indice de surface foliaire ou l'angle d'inclinaison des feuilles, et l'organisation spatiale des peuplements, leur agencement, leur densité, ainsi que le taux de recouvrement du sol selon le stade phénologique (fig.9).

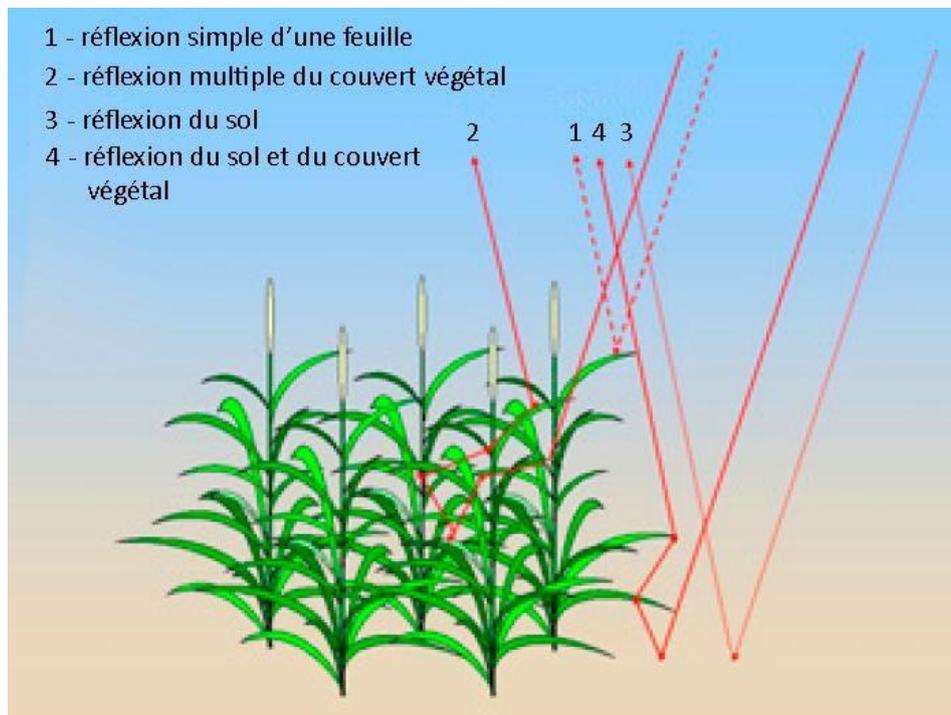


Figure 9: Illustration des interactions entre le sol et la végétation, intégrées au niveau de la mesure satellitaire (d'après Fensholt, 2003).

Lorsque la végétation est peu couvrante, la réponse spectrale des plantes est affectée par la réflectance des sols. Les interactions du rayonnement entre la végétation et le sol sont si complexes qu'il est très difficile de corriger l'influence perturbatrice du sol. Le signal mesuré par le capteur intègre généralement les réflectances du sol et de la végétation (Huete, 1989).

II.2.6.3.1.2 Les propriétés optiques des feuilles:

Selon UVED (2008), les propriétés optiques des feuilles sont reliées à leurs caractéristiques biochimiques (teneur en pigments, structure cellulaire, teneur en eau, état physiologique, *etc.*) qui correspondent aux grands domaines spectraux du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen (fig.10) :

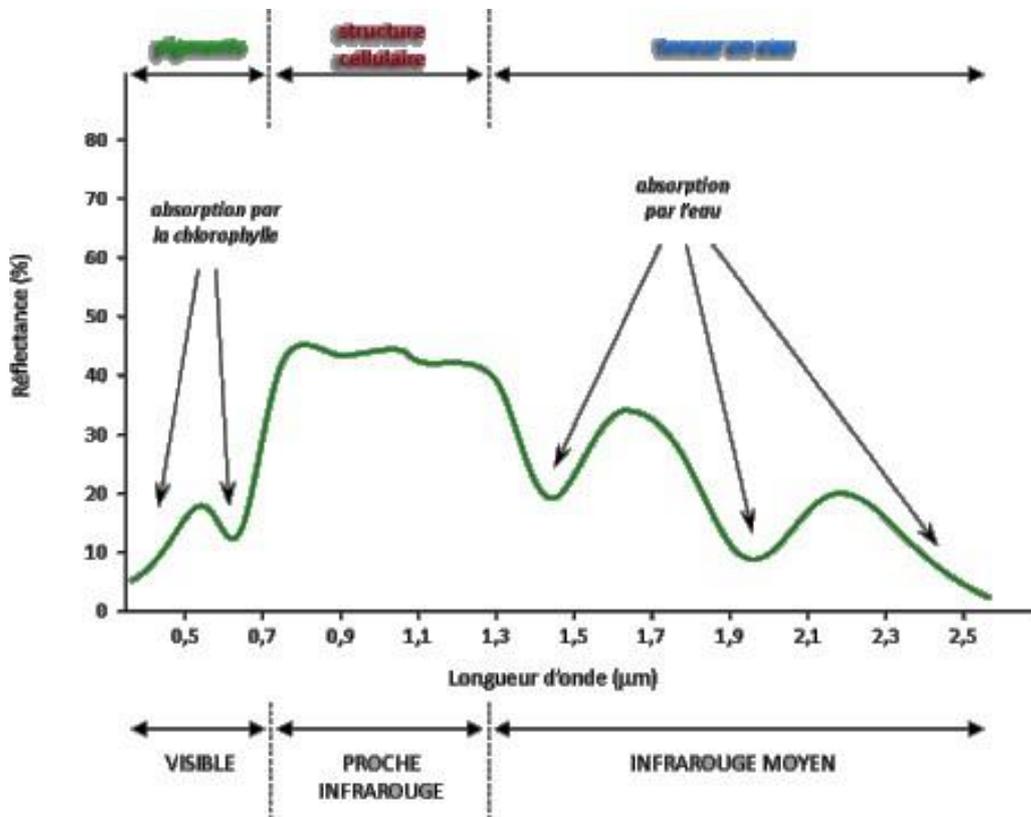


Figure 10: Principaux facteurs influençant la signature spectrale de la végétation dans le visible, le proche infrarouge et l'infrarouge moyen (UVED, 2008).

➤ **Les pigments foliaires :**

La présence des pigments foliaires dans les végétaux est responsable de la forte absorption du rayonnement visible, avec un maximum relatif de réflectance autour du vert (550 nm).

➤ **La structure cellulaire des feuilles :**

La structure anatomique des feuilles joue un rôle très important dans la signature spectrale de la végétation. Les longueurs d'onde bleue et rouge sont absorbées par la chlorophylle, les vertes sont très faiblement réfléchies par la feuille, le rayonnement PIR est fortement réfléchi par le parenchyme lacuneux (Adapté d'après Jensen, 2000), il est d'autant mieux réfléchi que ce dernier est bien développé (fig.11).

La réflectance dans les bandes rouges et proche infrarouge est directement

liée à la biomasse végétale. Il est donc possible de déterminer radiométriquement cette biomasse en utilisant l'information contenue dans ces deux bandes spectrales, en utilisant des indices de végétation.

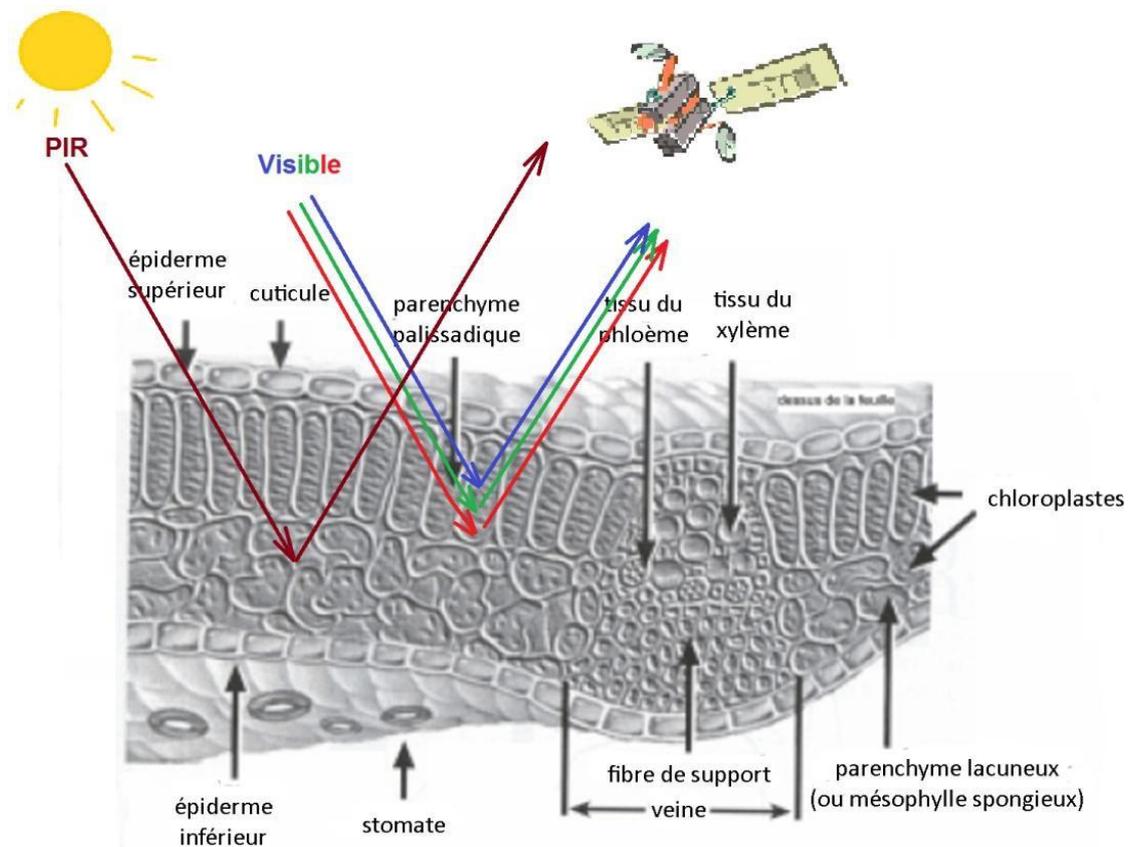


Figure 11: Influence de la structure cellulaire des feuilles sur leur signature spectrale.

➤ **L'influence de la teneur en eau :**

Plus la teneur en eau est forte, plus la réflectance de la végétation diminue, en particulier aux longueurs d'onde 1450nm et 1900nm(bandes d'absorption de l'eau).Ce domaine de longueur d'onde est très utile en télédétection des couverts végétaux, il permet notamment de détecter les plantes en état de stress hydrique.

➤ **Limites :**

A côté des facteurs propres aux couverts végétaux, d'autres types de facteurs externes aux ceux-ci, vont également avoir une influence sur la réponse spectrale de la végétation. Il s'agit en particulier de l'*angle solaire* (position et hauteur du soleil), l'*angle de visée* (plus l'angle de visée est important, plus la proportion de sol nu visible diminue) et l'*atmosphère* (teneur en poussières et aérosols).

II.2.6.3.1.3 Autres types de variations de la signature spectrale:

La réflectance de la végétation varie non seulement en fonction des types de

végétation (fig.12), mais également selon l'état physiologique d'une plante (fig.13).

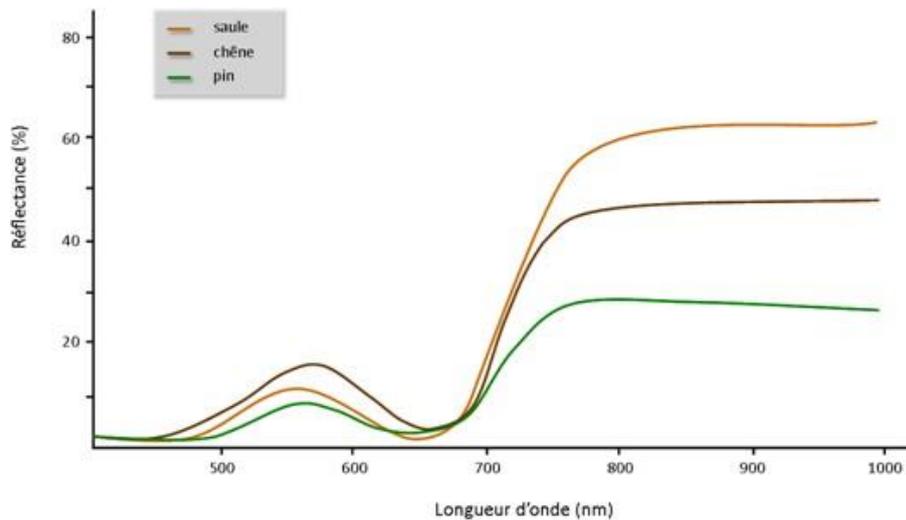


Figure 12: Variations de la signature spectrale en fonction du type de végétation (UVED, 2008).

La signature spectrale de la végétation dans le visible ne varie pratiquement pas quel que soit le type de végétal. On note des différences sensibles dans le proche infrarouge, liées à la structure du parenchyme lacuneux, où les résineux ont une réflectance moins importante que les feuillus.

Les changements physiologiques qui accompagnent la croissance d'une plante, depuis la phase de maturation jusqu'à sa sénescence, influent fortement sur la signature spectrale de la végétation (fig.13).

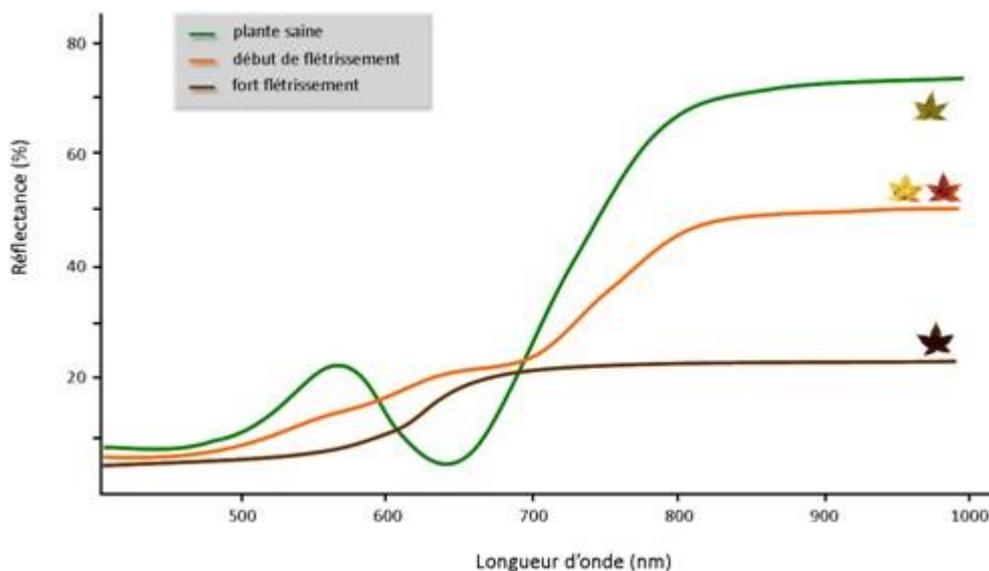


Figure 13: Variations de la signature spectrale en fonction de l'état physiologique de la végétation (UVED, 2008).

On observe une sensible augmentation de la réflectance dans les grandes longueurs

d'onde du visible (jaune - rouge), résultat de la réflectance des pigments foliaires, et une diminution de la réflectance dans le proche infrarouge (état de plasmolyse, entraînant une déstructuration des couches cellulaires).

Remarque : On va parler de comportement spectral de la végétation au lieu de signature spectrale pour bien montrer que la réflectance de la végétation n'est pas constante.

II.2.7 Analyse d'une image

L'étude de la dynamique du couvert végétal est axée sur la bonne représentation des unités principales sur une image. Leur variation hétérogène spatiale, spectrale et temporelle exige de les présenter de façon homogène pour mieux interpréter les objets d'une image et tout un processus de changement observé. Cette représentation dite « classification » est utilisée pour la production de cartes thématiques où elle offre une analyse plus détaillée de l'image. Elle peut être effectuée sur un ou plusieurs canaux d'une image pour séparer les divers éléments d'une image en fonction de leurs caractéristiques de rétro diffusion ou de signature spectrale. En traitement numérique des images, on distingue :

II.2.7.1 Classification non supervisée:

C'est classer les données d'image numérique, par traitement informatique basé uniquement sur les statistiques d'image sans recours à des échantillons d'entraînement. Cette classification produit un regroupement naturel des pixels de l'image que l'on nomme "regroupement spectral" ou "classe", (les régions de l'image ayant une même signature spectrale ont un type d'utilisation du sol similaire). L'analyste doit ensuite déterminer l'identité de ces regroupements spectraux. Les principaux algorithmes de classification non dirigée sont : le regroupement par moyenne-K (K-means), le regroupement par ISODATA (Girard, 1989).

II.2.7.2 Classification supervisée:

Procédure utilisée pour l'identification de zones « spectralement similaires » d'une image. On identifie d'abord des sites d'entraînement dont on extrait la signature spectrale et à partir desquels on extrapole pour le reste de l'image. Selon Du minil(2007), ces sites d'entraînement servent de base pour les calculs des algorithmes de classification.

II.2.8 Indices de végétation:

En télédétection, les indices font parties des méthodes de traitement que l'on appelle les transformations multi spectrales. Ils consistent à convertir les luminances mesurées au niveau du capteur satellitaire en grandeurs ayant une signification dans le domaine de l'environnement.

Les indices de végétation, comme tous les autres indices, reposent sur une approche empirique basée sur des données expérimentales. Ils sont très utilisés d'une part, pour identifier et suivre la dynamique de la végétation, mais aussi pour estimer certains paramètres biophysiques caractéristiques des couverts végétaux (la biomasse, l'indice de surface foliaire...*etc.*).

II.2.8.1 Principe :

Le calcul des indices s'appuie essentiellement sur les écarts de réflectance constatés dans les différentes bandes spectrales, ainsi que sur la variabilité des réflectances au sein d'une même bande spectrale, qui traduisent des surfaces de nature différente. Par conséquent, on utilise principalement les différences des propriétés optiques de la végétation dans le rouge et le proche infrarouge.

Les réflectances dans le proche infrarouge augmentent avec la présence de la végétation (forte réflexion par le parenchyme lacuneux), tandis que celles dans le rouge diminuent (pic d'absorption de la chlorophylle).

II.2.8.2 Principaux indices de végétation:

De très nombreux indices de végétation ont été construits et utilisés depuis maintenant une quarantaine d'années (Bannari *et al.*, 1995). Ils prennent la forme soit d'expressions très basiques (simple différence ou simple ratio), soit de formules beaucoup plus complexes.

On a l'habitude de les classer en familles d'indices selon qu'ils prennent ou non en compte les facteurs externes aux couverts végétaux, tels que l'influence de l'atmosphère, la contribution spectrale des sols, la teneur en eau des végétaux (indices de sécheresse), *etc.*

Le tableau ci-dessous (tableau II) résume quelques-uns des indices de végétation les plus couramment utilisés (Caloz et Puech, 1996; Gilabert *et al.*, 2002; Girard et Girard, 1999).

Exemple :

L'indice de végétation par différence normalisé ou indice de Tucker (NDVI en anglais)(Rouse et Haas, 1973; Tucker, 1979), le plus connu et le plus utilisé. Son expression est la suivante:

$$\text{NDVI} = (\text{PIR}-\text{R}) / (\text{PIR}+\text{R}) \dots\dots (\text{Rouse et al. 1974}).$$

La normalisation par la somme des deux bandes permet de réduire les effets d'éclairement. Le NDVI conserve une valeur constante quel que soit l'éclairement global, contrairement à la simple différence qui est très sensible aux variations d'éclairement.

Les valeurs du NDVI sont comprises en théorie 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.

II.2.9 Autres indices:

Comme pour la végétation, il existe aussi des indices spécifiques pour les sols nus, comme l'indice de brillance. Celui-ci est construit à partir des bandes rouges et proche infrarouge selon l'expression :

$$\mathbf{Ibc}^2 = \mathbf{V}^2 + \mathbf{R}^2 + \mathbf{PIR}^2 \dots\dots \text{(Manière et al. 1993).}$$

Il permet de faire clairement la distinction entre les surfaces végétalisées et les sols nus.

Les indices cités antérieurement ont été utilisés dans des applications très nombreuses et variées depuis l'apparition de la télédétection spatiale. Leur usage pour des estimations quantitatives soulève un certain nombre de questions qui peuvent limiter sérieusement leur utilité réelle s'ils ne sont pas correctement interprétés. Ils dépendent de nombreux paramètres (éclairage solaire, angles de visée, *etc.*) et sont perturbés par plusieurs facteurs (sensibilité aux effets atmosphériques, aux types de sols et à leur taux d'humidité) ce qui implique une très grande prudence quant à leur interprétation.

Tableau 3: Indices de végétation définis à partir de données de télédétection.

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

Source : Caloz et Puech, 1996; Gilabert *et al.*, 2002; Girard et Girard, 1999.

CHAPITRE III :
Présentation de la
zone d'étude

III.1. Situation géographique de la zone d'étude :

Le foret de Nesmoth et zelamta sont situe entre Longitude 0°,5' 7,761"E et 0°40'14,27"E et de latitude 35° 9'12,9"N et 35°23'3,896"N Elle s'éloigne de 20 km au sud-est de la ville de Mascara et a 90 km de la mer méditerranée La dite foret occupe une superficie potentielle de 21484,068 ha et constitue la continuité des monts de Beni Chograne. Elle appartient au domaine de l'Etat, lies administrativement a la Conservation des forêts de la wilaya de Mascara et la Circonscription de Tighenif et le District de Nesmoth Plusieurs communes et forets chevauchent dans le pourtour de

- Au Sud par la Gharrous et Aouf et Beniane.
- Au nord par Sidi Kada.
- A l'Ouest la commune de Ghriss et sidi Boussiad.
- A lest par Aine ferah.

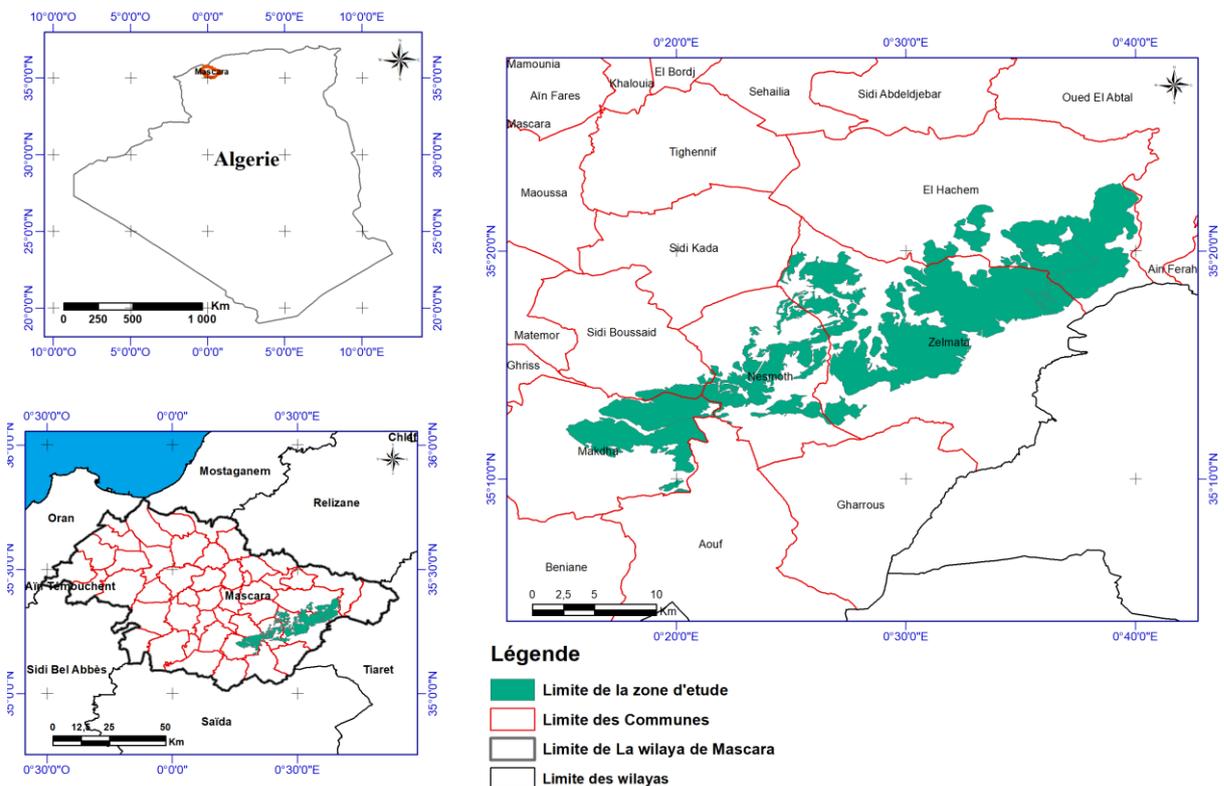


Figure n° 14: La carte de localisation de forêt du Nesmoth et Zelamta (Dr. ANTEUR)

III.2. Etude du milieu:

L'étude du milieu consiste à recueillir et analyser tous les caractéristiques de celui-ci. Elle permet de diagnostiquer tous les phénomènes qui interviennent sur les écosystèmes. Parmi ces phénomènes on peut citer : l'érosion, l'ensablement, les incendies, l'impact humain, le surpâturage, fléaux des animaux....etc.

III.2.1 Relief:

La zone d'étude est caractérisée sur le plan géomorphologique par son homogénéité, elle est située sur les piémonts de Djebel El Hadid au Sud et Djebel El Nseur qui en fait partie au Nord-Ouest traversée par l'Oued Gad El Mellah, et Djebel Sidi Ahmed Zeggaie à l'Ouest. La zone d'étude est traversée par Oued Berbour et de nombreuses Chaabets, on peut trouver aussi les ravins et des crêtes.

III.2.2 Altitude:

La carte hypsométrique reflète au mieux les plages d'altitudes et permet une meilleure gestion des phénomènes et facteurs qui sont en liaison avec l'altitude. La plus grande partie des sols de la zone d'étude (85%) est répartie entre 800m et 1000m.

Conjuguée à une altitude importante du point de vue impact sur les précipitations et la brise marine, l'exposition a un effet sur les conditions écologiques de la zone d'étude. Le versant sud souffre d'une sécheresse prolongée et de sols relativement dégradés. Le versant nord bénéficie de conditions climatiques et édaphiques plus clémentes, une brise marine avec ses effets adoucissant en été, une faible évaporation, des sols relativement équilibrés et une pluviométrie intéressante.

La géomorphologie est l'un des éléments les plus précieux de l'analyse cartographique dans les études de reconnaissance (TRICART, 1978). C'est la science qui a pour objet la description et l'explication du relief terrestre, continental et sous-marin (COQUE, 1977).

D'une manière générale la zone d'étude est considérée comme une zone montagneuse avec une altitude maximale de 1237m chose qui est bien visible sur la figure 02 qui représente le modèle numérique de la zone d'étude.

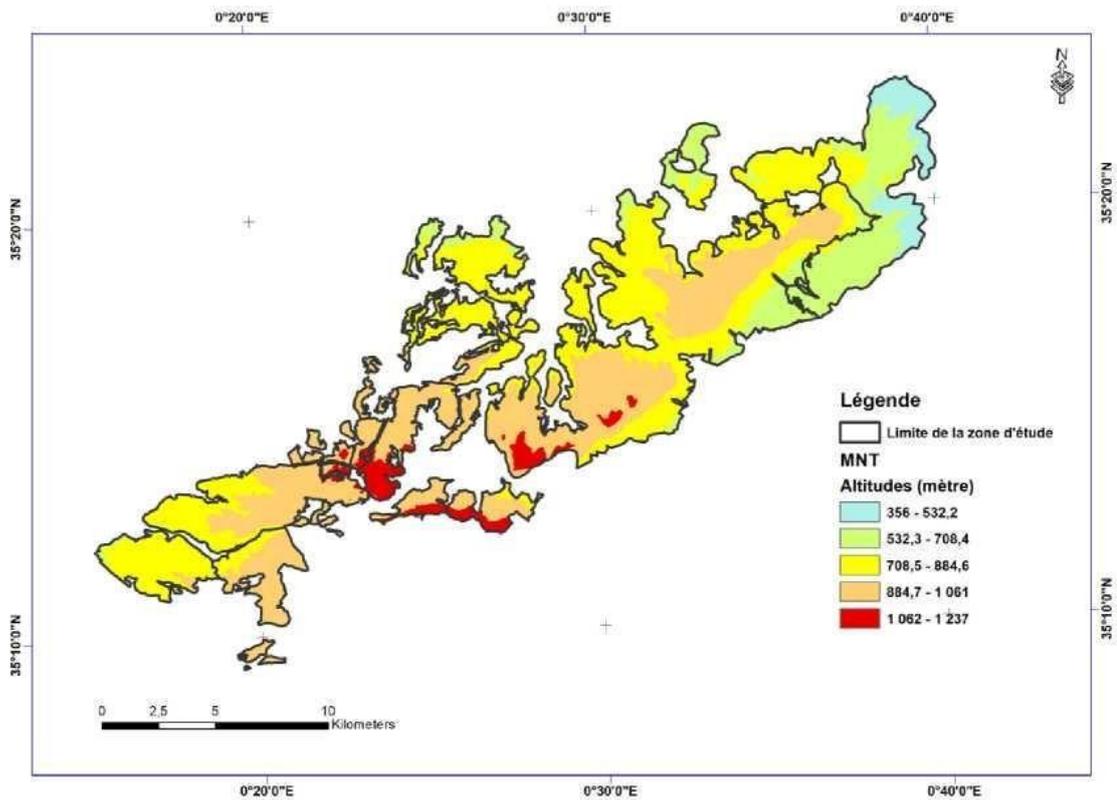


Figure n° 15: Carte hypsométrique de forêt du Nesmoth et Zelamta. (Dr. ANTEUR)

III.2.3. La Pente:

Le model numérique de terrain MNT nous montre une illustration d'imagerie topographies de la zone d'étude. La carte des pentes sont extraites, elles sont importantes dans le domaine des aménagements de territoire.

IL exist 5 classes des pentes de 0 a plus de 45. Dans la zone d'étude (foret de Nesmoth et Zelamta)

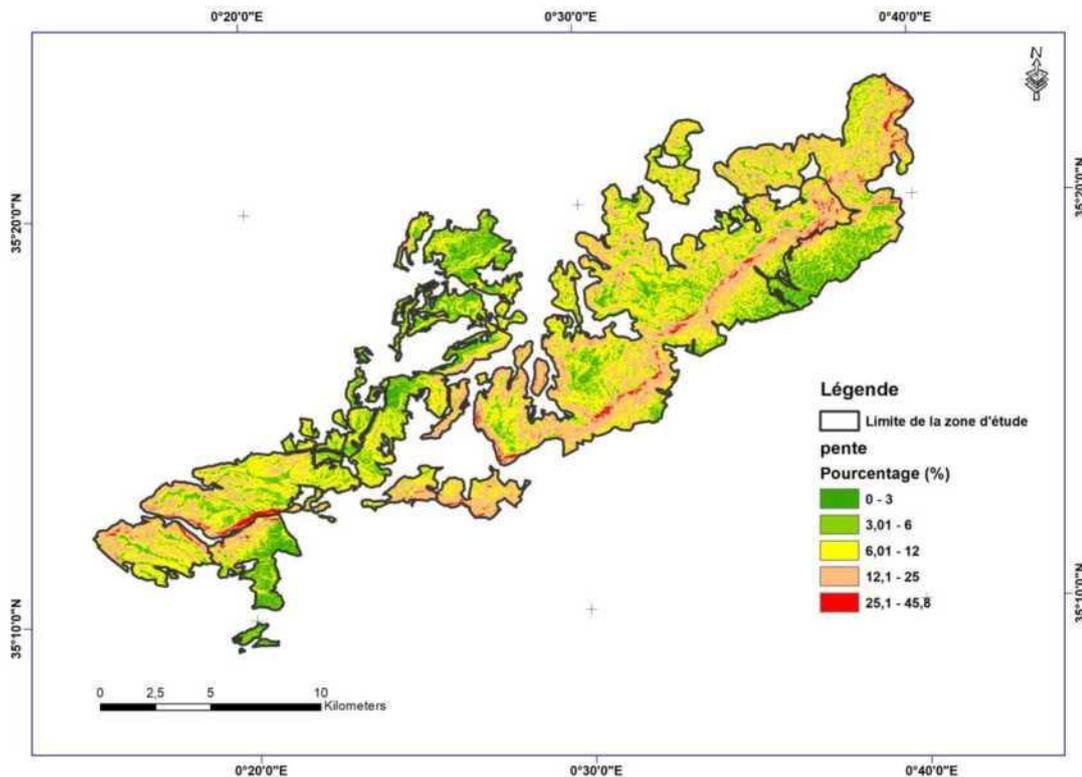


Figure 16: Carte des pentes de forêt du Nesmoth et Zelamta. (Dr. ANTEUR)

Cinq classes des pentes ont été prises en considération comme référence pour caractériser le relief :

- La classe de pente 0-3 % caractérise l'ensemble des fonds de vallées et les plaines. Cette classe

Témoigne la stabilité des terrains avec aucun risque d'érosion très faible. Elle couvre une superficie de 2262ha soit 11 % de la superficie totale du foret.

- La classe de pente 3-6 % caractérise les terrains de plateau ou de bas piedmonts de collines, elle occupe une superficie de 4277 ha soit 20 % de la superficie totale.
- La classe de pentes 6-12 % caractérise le plus souvent les zones de piedmonts qui sont le prolongement des massifs montagneux. Ce sont généralement des terrains de parcours et des terrains forestiers. Une superficie de 8095ha soit 38% de la superficie totale
- La classe de pentes 12-25 % caractérise les hauts piémonts des massifs montagneux du foret. Une superficie de 6465ha soit 30% de la superficie totale
- la classe plus de 25-45 % est également présente. Une superficie de 373ha et 2 % que présente classe minimale de la superficie totale.

Tableau 4: Surfaces des classes des pentes

CLASSE	SURFACE	Pourcentage %
0-3	2261,91	10,5341602
3,01-6	4276,87	19,92
6,01-12	8094,62	37,70
12,1-25	6465,35	30,11
25,1-45,8	373,42	1,74
	21472,17	100

III.2.4. l'Exposition:

L'exposition correspond à l'angle que fait la normal à la surface par rapport à une direction donnée (Nord géographique). Cette orientation des versants a un effet sur la végétation par l'intermédiaire de l'ensoleillement et l'humidité. La carte d'exposition a été obtenue à partir du modèle numérique du terrain (M.N.T). Ce paramètre joue un rôle très important dans plusieurs domaines d'étude (la distribution de précipitation, la phytogéographie...etc.).

L'exposition Nord peut avoir une quantité très

Important d'humidité vue qu'elle reçoit l'aire de la mer. Tandis que la partie orientée vers le sud et l'Est reçoit une quantité importante d'ensoleillement. Ces deux facteurs (Ensoleillement, humidité)

Sont parmi les paramètres déterminant le type de végétation du territoire du foret.

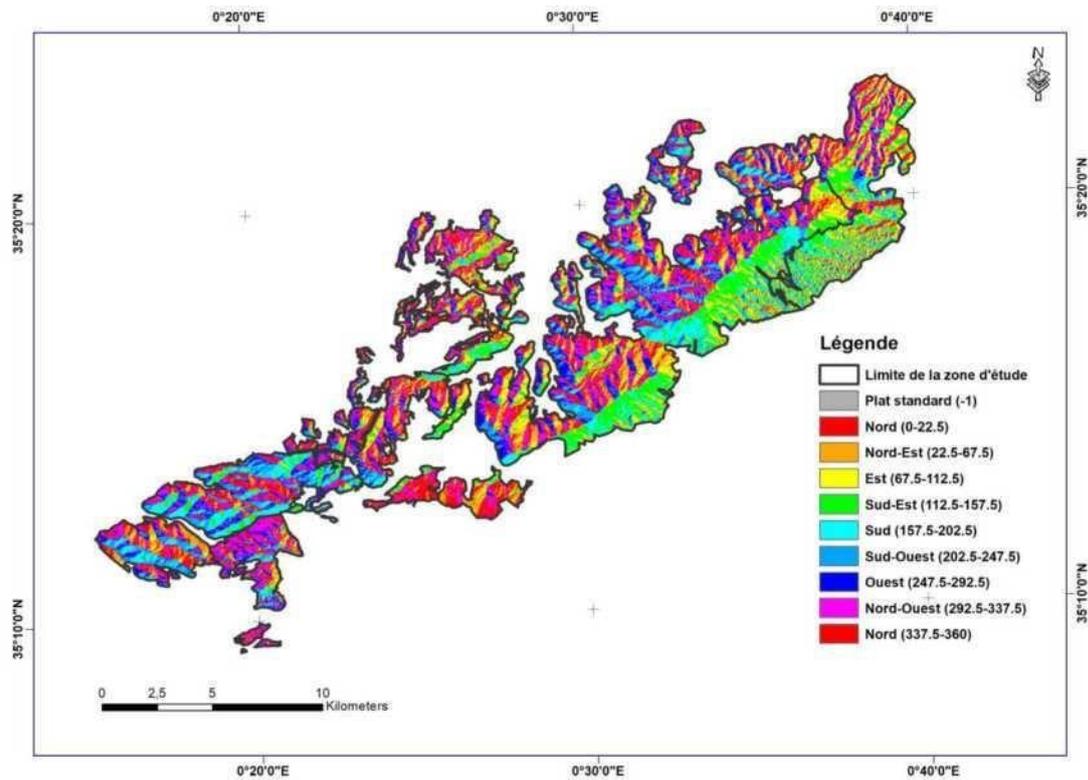


Figure n° 17: Carte des expositions de forêt du Nesmoth et Zelamta. (Dr. ANTEUR)

Tableau n° 5: Surfaces des classes des expositions

Classe	Surface	Pourcentage %
-1	292,16	1,36
0-22,5	2085,52	9,71
22,5-67,5	2869,70	13,37
67,5-112,5	2238,58	10,43
112,5-157,5	2577,74	12
157,7-202,5	2079,33	9,68
202,5-247,5	2016,23	9,39
247,5-292,5	2355,92	10,97
292,5-337,5	3448,64	16,06
337,5-360	1507,68	7,022
/	21471,50	100

III.2.5. Les ressources en eau:

Un réseau hydrographie important parcourt la forêt comme chaabat Courgaz, chaabat Yakour, chaabat Saada et chaabat Tachta. L'oued Froha est le plus important dans la forêt qui se ramifie en oued Makda et chalabarakane. Aux bas-fonds du forêt se trouvent huit sources: Ain Bab Ali, Ain Tacheta, AIN Griben, Ain Frehate, Ain Sidi Refes, Ain Sidi Aouf, Ain Salamouche, Ain Saf Saf. L'eau de ces sources est potable, alimentant les postes forestiers.

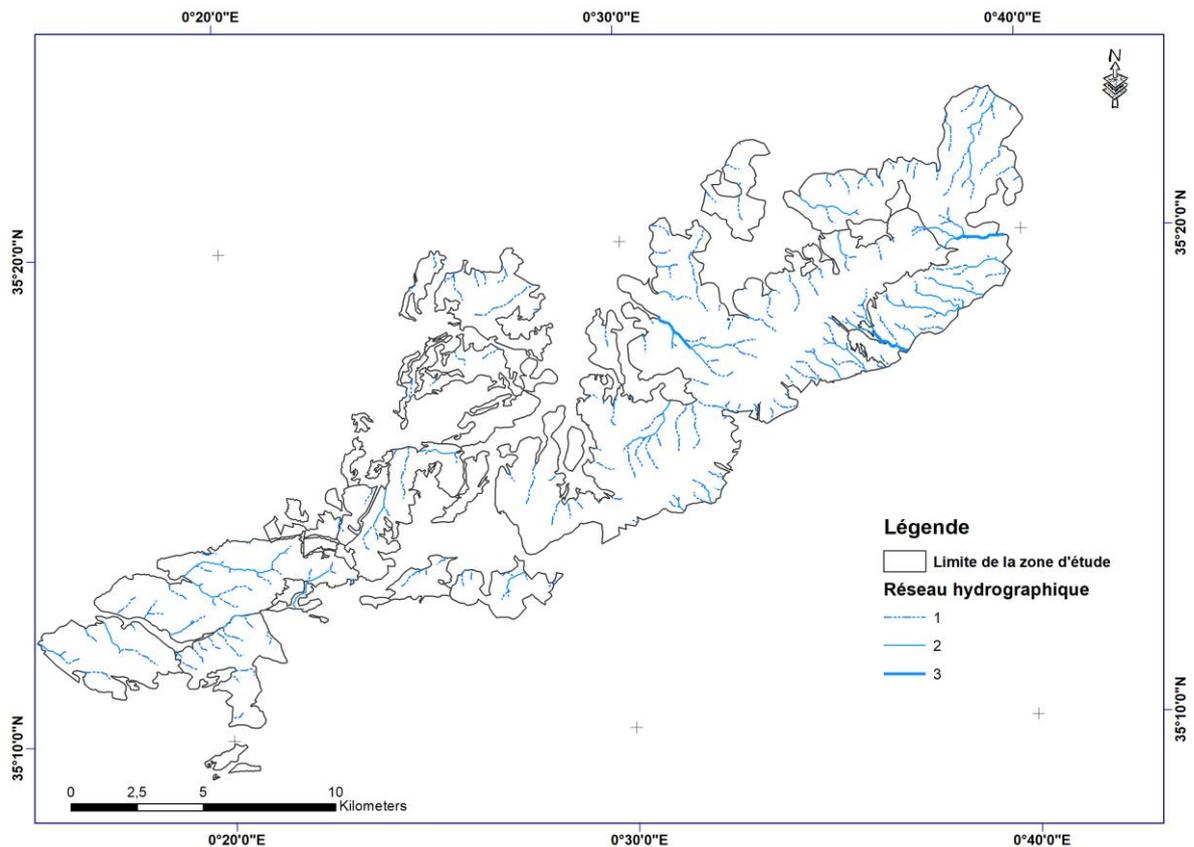


Figure n° 18: Carte de réseau hydrographique de forêt du Nesmoth et Zelamta.

(Dr. ANTEUR)

III.2.6. Géologie et Pédologie :

Le calcaire dolomitique constitue le substrat le plus fréquent sur lequel repose les peuplements de chêne-liège dans la forêt de Nesmoth. Ce substrat appartient au Crétacé inférieur présentant une certaine stabilité et résistance à l'érosion même en forte pente. Une grande partie des peuplements pousse sur un sol argilo-siliceux qui est assez profond et assez fertile. Dans les altitudes, le sol est caillouteux et rocheux ou siliceux, peu profond et peu fertile (C.F.W.M, 1992)

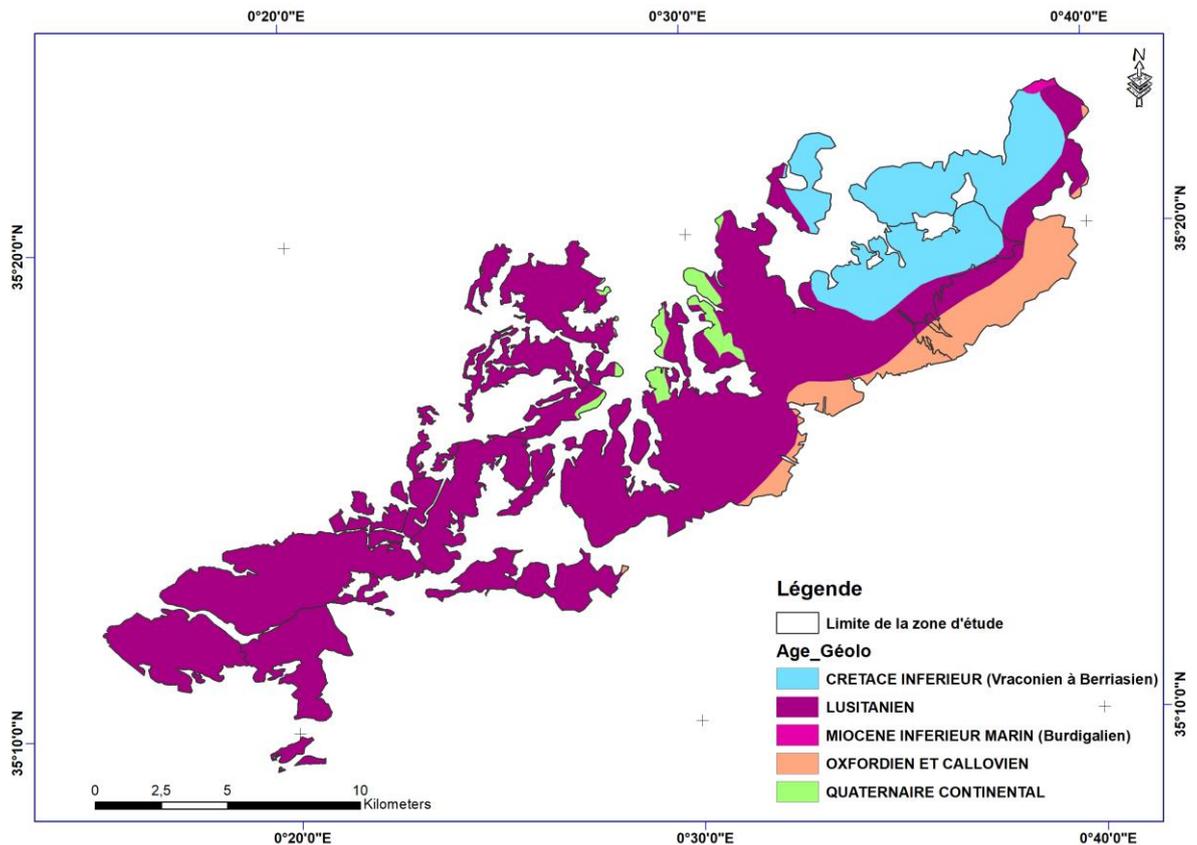


Figure n° 19 : Carte géologique de forêt du Nesmoth et Zelamta (Dr. ANTEUR)

III.3 Etude climatique :

III.3.1. L'étude du climat:

L'étude du climat est très essentielle pour suivre révolution de la végétation de n'importe quel forêt. Il intervient fortement dans la formation et l'évolution du sol par les réserves hydriques qu'ils procurent aux végétaux. Durant les années humides ou sèches, le climat agit directement sur le mode de fonctionnement des écosystèmes forestiers. Une année pluvieuse est synonyme d'une bonne vigueur des arbres et une productivité optimale des peuplements. Une année sèche et chaude consomme les réserves du sol et prive les arbres du carbone nécessaire à la photosynthèse et parfois anticipe le débourrement.

Pour caractériser le climat de notre zone d'étude étude, nous avons utilisé les données climatiques récentes de la station de Ghriss que nous avons comparé aux données ancienne (Seltzer, 1946) .

Pour caractériser le climat de notre zone d'étude, nous avons utilisé les données climatiques récentes de la station de Ghriss que nous avons comparé aux données ancienne (Seltzer, 1946)

Tableau n ° 6 : Caractéristiques de la station de référence et période d'observation

Station	Latitude	Longitude	Altitude	Distance du foret	Situation	Période d'observation
Ghriss	35°14'53"N	0°09'41"E	580m	29,5 km	Ouest de la wilaya	1981_2021

III.3.2 Précipitation :

Le terme de (précipitation) désigne toutes les eaux qui se condensent dans l'atmosphère et tombent à la surface de la terre : pluie, neige, grêle, brouillard, rosée, etc. ces derniers se divisent en trois catégories : une première partie ou elle traverse le couvert et atteint directement le sol, une deuxième ou elle ruisselle le long des troncs et atteint ensuite le sol et une troisième ou elle est retenue définitivement au niveau des houppiers ;

Précipitations (mm)

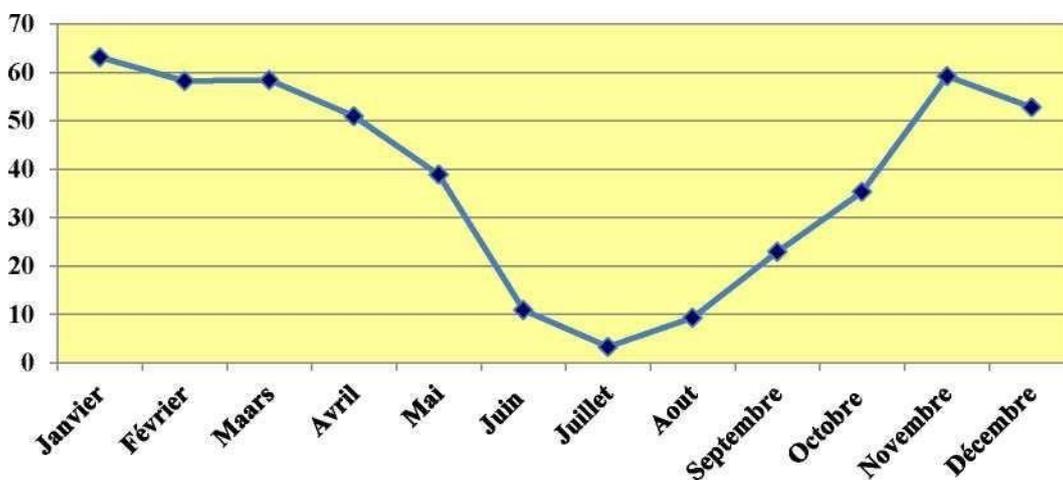


Figure n° 20: Evolution des précipitations moyennes mensuelles (1981 - 2021)

III.3.3 Le facteur thermique:

La végétation est un être vivant qui a besoin d'un milieu adéquat pour pouvoir pousser et se régénérer facilement, c'est-à-dire la température doit être ambiante (de l'ordre de 25°C) car ses valeurs extrêmes peuvent causer la dessiccation des plantes.

La figure ci-dessous montre la variation des températures maximales, minimales et les moyennes durant la période (1981-2021).

Cette figure montre que les valeurs températures sont élevées dans la période estivale, elles diminuent dans la période hivernale. Le moi le plus chaud est juillet (46,6°C) et le mois le plus froid est janvier (0,6°C)

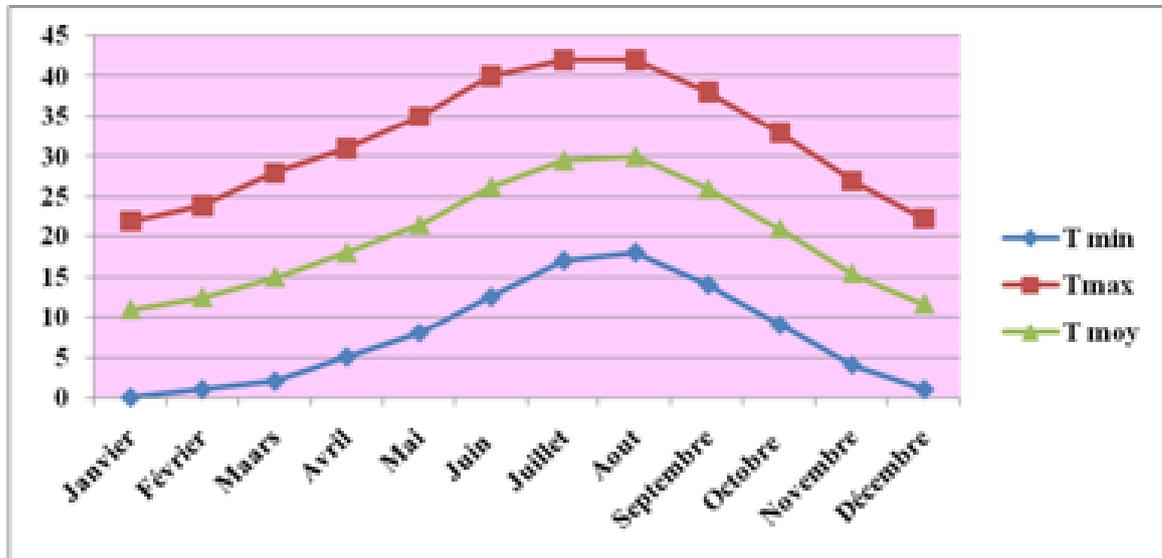


Figure 21: variations des températures maximales minimales et les moyennes de températures (1981-2021)

III.3.4. Autre facteurs climatiques :

III.3.4.5.1. Gelée :

Il s'agit d'une gelée blanche qui peut affecter d'une façon les cultures et la végétation si elle est fréquente. La forêt de Nesmoth est exposé au risque de gelée à partir du mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril (**Bouhraoua. 1981-2021**).

Le nombre des jours de gelée est d'environ 11 jours/an. Les gelées tardives qui constituent une contrainte pour les cultures sont rares (**Akriche. 1981-2021**). Ces dégâts sont considérables sur les jeunes plants de la régénération naturelle ou du reboisement.

III.3.4.2. Neige :

Il neige très peu à Nesmoth, soit une ou deux fois par an. C'est un apport d'eau très bénéfique au sol. Les risques de neige sont moins fréquentes dans nos zones d'étude, sauf pour quelque sommées de montagnes pendant les mois de Janvier et Février (**Bouhraoua. 1981-2021**).

III.3.4.3. Brouillard :

Le brouillard est un facteur climatique important en raison de sa fréquence et l'apport bénéfique pour la végétation, ce dernier permet d'agencer particulièrement les besoins en eau en cas d'absence de pluviométrie (**Deddouche. 1981-2021**).

III.3.4.4. Vent :

Il constitue un facteur climatique utile pour le cycle biologique du végétale à faible vitesse, mais lorsque il est très élevé, le vent devient un facteur de dégradation. Le vent joue un rôle de vecteur pour le transport des graines de pollen d'une zone à une autre, en outre il est un facteur d'aération du milieu naturel, par contre dans certaine condition, il peut causer le dessèchement du sol et l'arrachement des plantes même ligneuses (**Bouhraoua.1981-2021**).

III.3.4.5. Humidité relative atmosphérique :

Elle joue un rôle fondamentale dans la vie du chêne-liège, elle compense souvent lorsqu'elle est élevée le déficit pluviométrique enregistré durant la saison sèche de la zone relevant surtout de l'étage semi-aride.

De plus, le taux d'humidité dans la forêt de Nesmoth varie au cours de l'année de 72% en hiver à 40% en été, car les monts de Béni-Chougrane constituent souvent un obstacle aux influences maritimes (**Bouhraoua. 1981-2021**).

III.3.5. Le régime pluviométrique:

La zone d'étude, comme tout l'ouest algérien, est faiblement arrosée.

La pluviométrie moyenne annuelle durant une période de 40 ans (1981-2021) est de l'ordre de 467,78 MM.

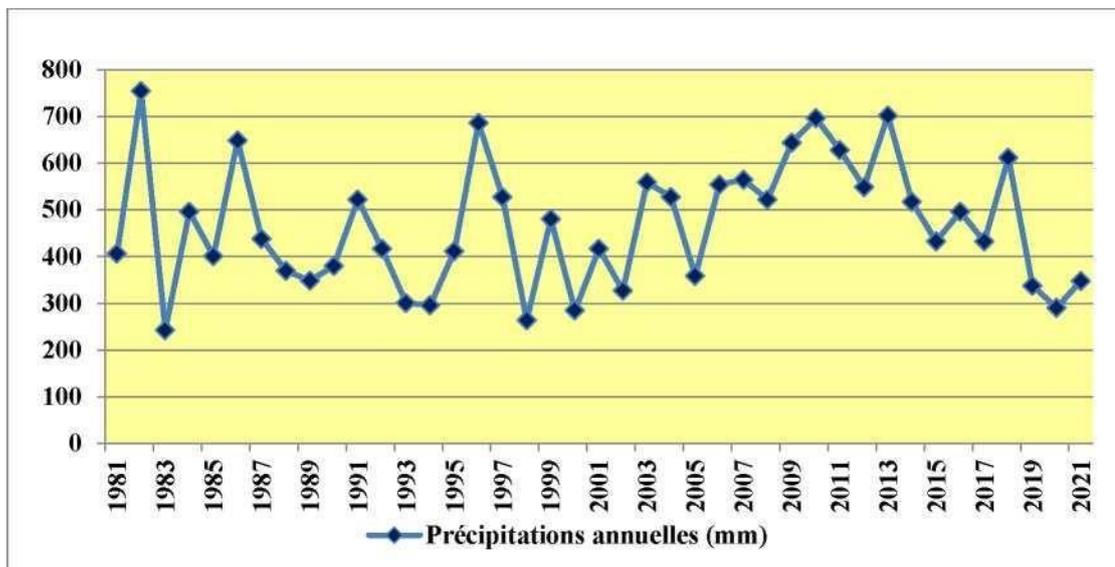


Figure 22: évolution des précipitations moyennes annuelles (1981-2021)

III.3.5. Synthèses climatique:

La courbe ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN: cette courbe a été mise en place pour pouvoir déterminer les périodes sèches et humides de n'importe quelle région du globe terrestre mais sur de longues périodes.

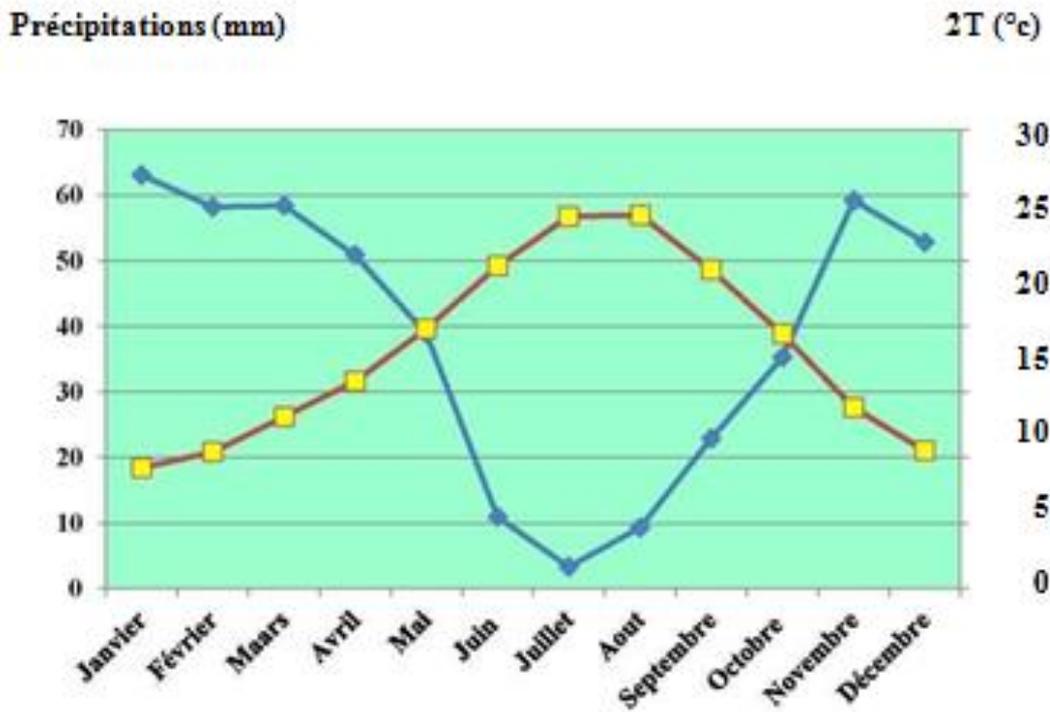


Figure 23: la courbe Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la station de Nesmoth période (1981 – 2021)

L'analyse de cette courbe permet de distinguer:

Une période sèche d'environ 5 mois de la fin de mai jusqu'à octobre et une période humide le reste de l'année (environ 7 mois) .

- **Le quotient pluviothermique et le climagramme D'EMBERGER:**

C'est un indice établi par EMBERGER pour caractériser les étages bioclimatiques dans la région méditerranéenne.

Les limites séparant deux étages bioclimatiques différents sont considérées comme des bandes de transition ou le changement de la végétation est très net.

Le quotient pluviothermique est calculé à partir des températures et des précipitations selon l'équation suivante:

$$Q_2 = 2000 P / (M^2 - m^2)$$

P: précipitations moyennes annuelles en mm

M: moyenne des maxima du mois le plus chaud en °K

m: moyennes des minima du mois le plus froid en °K

Le Q₂ de la zone d'étude est de 37,59 donc notre zone fait partie de l'étage bioclimatique semi-aride.

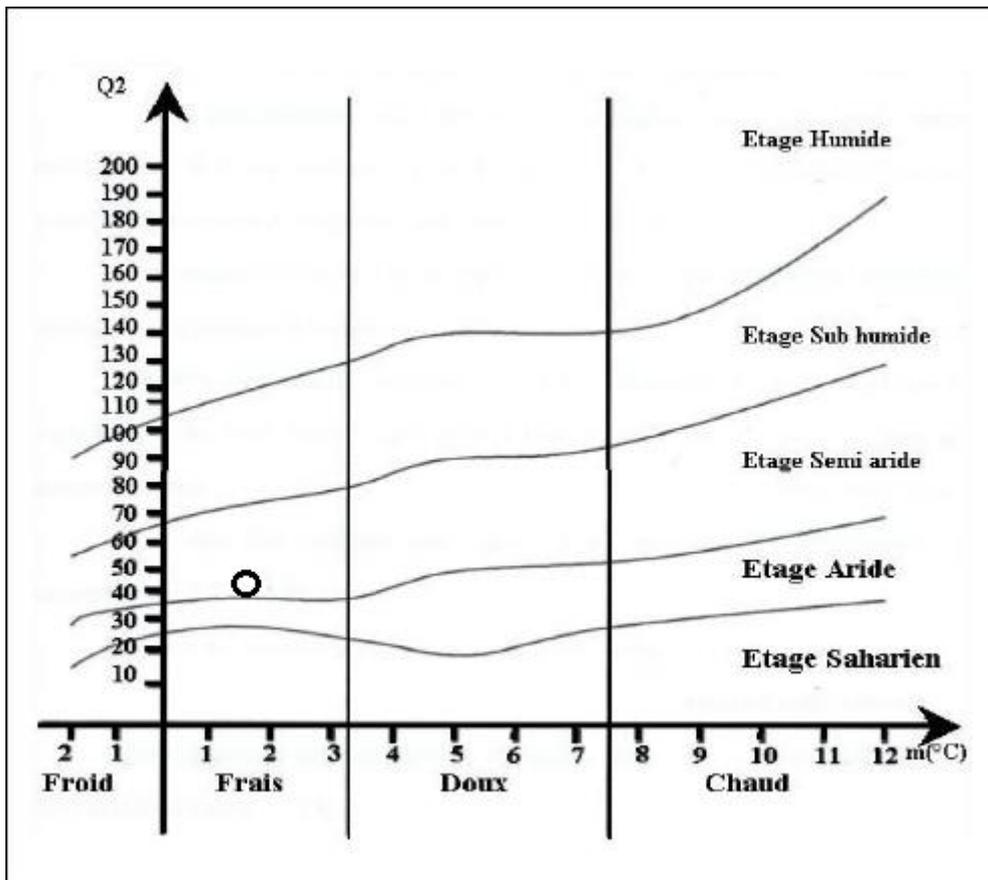


Figure 24: positionnement de la zone d'étude sur le climagramme d'emberger

CHAPITRE IV :
Matériels et
Méthodes

IV.1- Objectif de travail :

L'objectif poursuivi est l'élaboration d'une carte de végétation, par l'utilisation de l'outil géomatique et aussi un travail sur terrain pour l'inventaire et la validation des différents classes par des cartes définissent les différentes unité d'occupation du sol par les différentes formations végétales.

IV.2- Les données :

Pour la réalisation de la carte de la végétation on a utilisé :

- Une image satellitaire Sentinel-2 prise au 12-04-2023.
- Un Modèle numérique du terrain MNT 12.5 mètre de résolution.

IV.3- Moyen de travail :

La réalisation de cette étude à besoin :

- le micro-ordinateur,
- GPS (Géographique, positionnement, système) pour le relevés des coordonnées géographique, des stations repéré sur terrain
- un appareil photo numérique.



Photo n° 6 : GPS

Tous les résultats cartographiques par la télédétection et les données géographiques numérisées peuvent être gérées par des logiciels de gestion de l'information géographique, pour réaliser notre travail, nous avons utilisés

Le logiciel **ENVI 5.3** spécialement conçu pour le traitement des images. Il permet ainsi de visualiser toutes sortes d'images satellitaires, Radar ou autre :

➤ Une large gamme de formats images : ALOS, IRS, SPOT, IKONOS, Landsat 7, TERRA (ASTER, MISR, MODIS), EROS, SeaWifs, ENVISAT, SPOT Végétation HDF-EOS, Radarsat , TOPSAR, AIRSAR, E-SAR, GEOTIF, AVIRIS, CASI, Sentinel-2.

➤ Des formats vecteur standard : ArcViewshapefile, Mapinfo, Microstation, DGN, AutoCAD DXF ;

Malgré la grande diversité de format utilisés et appliqués différents traitements (Géoréférencement, Comparaison, Superposition, Classification...). Cet ENVI inclut également le puissant langage de développement IDL (Interactif Data Language) qui permet d'étendre les

Fonctionnalités d'ENVI ou de créer ses propres routines et permet d'extraire rapidement l'information pertinente des images géo spatiales. Il constitue le choix naturel des professionnels de par ses performances, son ouverture, sa facilité d'utilisation et la qualité de ses algorithmes spécifiques quels permettent de tenir compte et profit des avantages de chacun de ces domaines :

Traitement d'image : prétraitement, analyse en composantes principales, SAVI pour précise et claire des éléments formant le système agraire de la zone. Pour éviter une surcharge d'informations...etc. Toutes ces fonctions sont accessibles à partir de l'information suivante :

➤ Il faudra déterminer les classes importantes et les isoler des classes d'importance secondaire voire inutiles. filtres ;

➤ Calage : géo-référencement, orthrectification, mosaïques ;

➤ Traitement et analyse de l'image multispectrale et hyperspectrale : Roi, classifications supervisées ou non-supervisées, post-classifications, bibliothèques spectrales ;

➤ Analyse Radar : mono-bande, polarimétrique ;

➤ Support des formats raster et vecteur, analyse topographique par des outils vecteurs sont du création ou éditions de couches vecteurs, interrogations des attributs;

➤ Visualisation 2D et 3D interactive ;

➤ Compositions de cartes;

➤ Ouvert : grâce au langage IDL, Interactive Data Language (inclus dans ENVI), l'utilisation peut rapidement intégrer ses propres algorithmes de traitement ou l'accès à de nouveaux formats d'images ;

Le logiciel **ArcGIS 10.3** qui est une suite de logiciels d'information géographique (ou logiciels SIG). Le support cartographique qui représenté au major par la topographique.

Le logiciel **Excel** pour les traitements des données climatiques et leur représentation graphique de ses derniers. Tous est pour établir un système de suivi dynamique d'occupation

du sol nous permettant de réaliser une meilleure gestion de données, et de modélisation spatiale..

IV.4- Reconnaissance terrain:

Une campagne de deux semaines a été réalisée entre le 06/04/2023 et le 25/04/2023 par deux sorties dans les deux forêts Nesmouth et Zelamta. Des points GPS, repéré sur terrain, ont été décrits par des photos, pour permettre d'obtenir une typologie du milieu afin de donner une classification non supervisée de l'image qui est à notre possession. cette mission sur le terrain est positive dans la mesure où une certaine cohérence dans la démarche scientifique et pratique, à entreprendre dans le cadre de la mise en place de la base des données nécessaire au logiciel ArcGis , il est dégagée en outre, sur la base des données préliminaires récoltées sur le terrain .la proposition de la méthodologie de la cartographie de localisation de formation végétale forestière et préforestière qui sont dominée par des groupements de pin d'Alep et des groupement des chênes (chêne liège , chêne vert) .

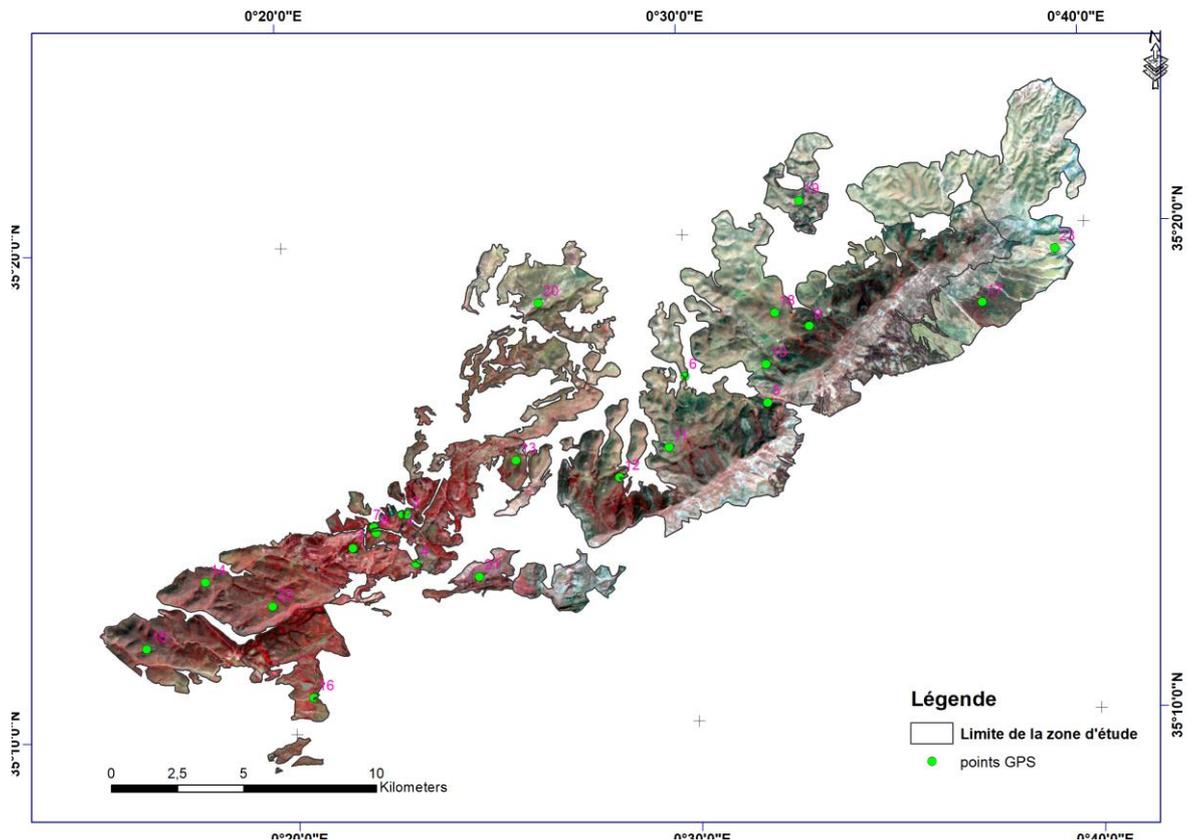


Figure 25: les points GPS (Dr.ANTEUR)

Tableau n° 7: Les points GPS

N °	Longitude (degré décimale)	Latitude (degré décimale)
1	0,359	35,23
2	0,38	35,241
3	0,382	35,241
4	0,385	35,224
5	0,533	35,275
6	0,499	35,285
7	0,368	35,237
8	0,369	35,235
9	0,551	35,300
10	0,533	35,288
11	0,491	35,261
12	0,471	35,251
13	0,428	35,258
14	0,297	35,220
15	0,272	35,198
16	0,341	35,1795
17	0,623	35,307
18	0,537	35,306
19	0,549	35,344
20	0,439	35,312
21	0,411	35,219
22	0,325	35,211
23	0,654	35,325

IV.5.1. Méthodologie de travail:

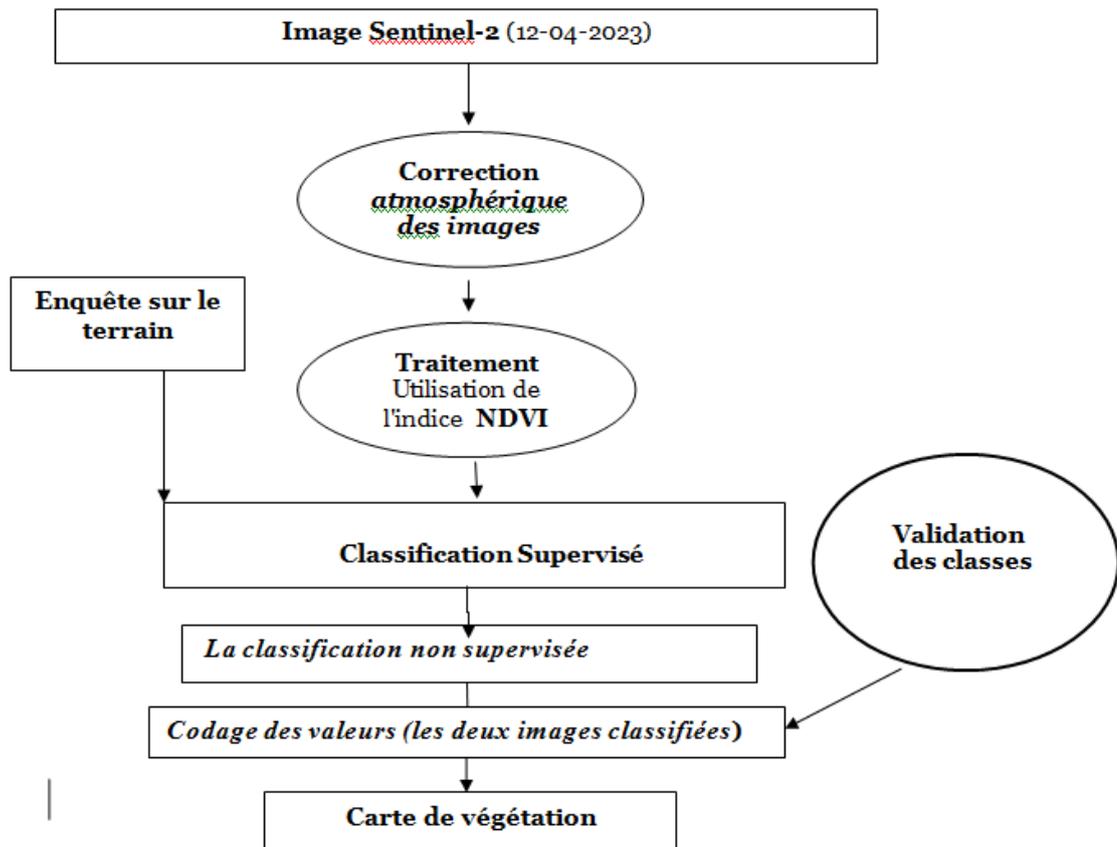


Figure 26 : Méthodologie de travail

IV.5.2. La méthode cartographique :

Pour la cartographie de végétation de la zone d'étude, on va intégrer des données de terrain et l'imagerie satellitaire, qui offrent une vue aérienne de la composition de région.

Notre travail consiste d'utiliser image Sentinel-2 de l'année 2023 pour étude de l'évolution spatio-temporelle d'occupation du sol. Et résulter par une carte finale du changement. A cet effet, une approche méthodologique a été conçue où dans un premier temps, une correction géométrique et radiométrique a été appliquée sur l'image afin de la géo référencé par rapport à la carte topographique puis la réalisation de la composition colorée.

Puis, une classification non supervisée basée sur la méthode du maximum de vraisemblance a été utilisée sur les deux images. Les cartes d'occupation du sol ainsi réalisées par la classification non supervisée, ont fait ressortir les différents thèmes choisis où les grandes unités se distinguent clairement, caractérisant les différentes classes d'occupation du sol de la région. En plus, faire un traitement des images par l'indice NDVI pour comparer

entre les deux, Cette comparaison donne une carte de changement, Notre méthodologie du travail cartographie est présentée dans le (Figure 26).

IV.5.2.1- Correction radiométrique:

Les relations entre les rayonnements provenant des surfaces terrestres et les valeurs radiométriques enregistrées dans les images sont complexes. Parmi les effets « naturels », les différences des angles d'illumination et d'acquisition, les effets atmosphériques et l'anisotropie des surfaces terrestres sont les plus importants. Un autre type d'effets est lié aux différentes caractéristiques spectrales et à la calibrations des capteurs, aux différences dues à la conversion analogique/numérique et à des distorsions dues à la procédure d'acquisition. L'« effet de bord » est également important : les pixels aux bordures des objets contiennent des valeurs spectrales mixtes.

Pour des images prises à des années différentes, les valeurs radiométriques obtenues pour une même zone, une même bande spectrale, à une même époque (phénologie des végétaux), sont différentes ; notamment en raison du rayonnement solaire et des perturbations atmosphériques dues principalement aux interactions entre gaz atmosphériques et particules en suspension : absorption, diffusion, réfraction entraînant une modification du signal reçu, constituant un filtre non stationnaire dans le temps.

Similairement aux corrections géométriques, les méthodes de correction radiométrique peuvent être absolues, relatives et hybrides.

Elles sont basées sur le calcul des quantités physiques du rayonnement émergent des surfaces terrestres. La procédure est composée de plusieurs étapes. En premier, les luminances spectrales mesurées par le capteur doivent être calculées par l'inversion de la fonction de calibration, à partir des comptes numériques. La relation étant linéaire dans la plupart des cas, la formule générale est décrite par la formule $L_\lambda = a_\lambda + b_\lambda \cdot Q_\lambda$ où L_λ est la radiance spectrale, a_λ et b_λ sont des coefficients déterminés pour la bande spectrale du capteur, Q_λ est le compte numérique de la bande spectrale. L'effet des différentes calibrations des capteurs est éliminé par ce calcul. Dans une étape suivante, pour éliminer la plupart des effets liés aux différences d'illumination, la réflectance apparente (mesurée au capteur) peut être calculée selon l'équation:

$$\rho_{TOA} = x = \frac{\pi \cdot L_\lambda \cdot d^2}{E_c(\lambda) \cdot \cos \theta_c}$$

ρ_{TOA} : est la réflectance apparente,

L_{λ} : est la radiance spectrale,

D : est la distance Terre-Soleil actuelle,

$E_s(\lambda)$: est l'irradiation solaire à la longueur d'onde

λ, θ_s : est l'angle zénithal solaire.

Il est important de noter que cette équation utilise une approche l'albertienne (D. Ducrot, 2005).

IV.5.2.2- La classification:

La classification regroupe les sites ayant des réponses spectrales proches, l'objectif est de simplifier la réalité d'un paysage pour pouvoir l'interpréter plus facilement. Schématiquement nous distinguons deux grands types de classifications suivant la volonté ou non de faire intervenir une connaissance à priori d'une réalité de terrain.

a- On utilise une classification non supervisée lorsque l'identité de la réalité de terrain n'est pas connue, Cette classification non supervisée permet un premier dégrossissage des grandes unités de l'image, alors nous avons utilisé un algorithme de classification non supervisée appelé agrégation ISODATA « Itérative Self-Organizing Data Analysis Technique » (Jahne, 1991).

La méthode ISODATA représente un ensemble compréhensible de procédures heuristiques qui ont été incorporées dans un algorithme de classification itératif. La plupart des étapes incorporées dans l'algorithme sont le résultat des expériences accumulées à travers des expérimentations. L'algorithme ISODATA est auto-organisateur parce qu'il nécessite relativement très peu d'entrées de la part de l'analyste.

Un algorithme ISODATA sophistiqué requiert normalement la spécification des critères suivants, de la part de l'analyste :

➤ C_{mex} : le nombre maximum de segments à identifier par l'algorithme. Toutefois, il n'est pas inhabituel que moins de C_{mex} « segments soient trouvés dans la carte de classification finale, après que des éclatements et des fusions aient eu lieu.

➤ T : le pourcentage maximum de pixels dont les valeurs de classe sont autorisées à rester inchangées entre des itérations successives. L'algorithme ISODATA se termine lorsque ce nombre est atteint.

➤ M : le nombre maximum de fois que l'algorithme ISODATA classe les pixels et recalcule les vecteurs moyens des segments. L'algorithme ISODATA se termine lorsque ce nombre est atteint.

➤ Le nombre minimum de membres (%) dans un segment. Si un segment contient moins de membres que le minimum spécifié, il est supprimé et ses membres sont affectés à un autre segment.

➤ L'écart-type maximum. : Lorsque l'écart type d'un segment dépasse le maximum spécifié, et que le nombre de membres dans le segment est deux fois supérieur au minimum de membres spécifiés dans une classe, le segment est éclaté en deux segments.

➤ La distance minimum entre les segments. Des segments ayant une distance pondérée inférieure à cette valeur sont fusionnés.

b- Il est nécessaire ensuite de passer à la classification supervisée, il s'agit d'identifier et de localiser des classes particulières. Pour cela il faut définir des sites d'entraînements correspondant à des régions homogènes et dont on connaît la nature de groupement végétale. Les caractéristiques spectrales de ces échantillons vont ensuite être utilisées pour réaliser la classification. Le travail consiste à choisir sur l'image des zones qui serviront d'échantillon pour les classes retenues à partir des données de terrain. Pour définir correctement les sites d'entraînement, on choisit tout d'abord un territoire où est présent le type de groupement végétal que l'on souhaite mettre en évidence on utilise pour cela les trois fenêtres de l'ENVI pour naviguer sur l'image :

➤ Scroll window : image entière avec une très faible résolution.

➤ Image window : portion de l'image à la résolution maximale

➤ Zoom window : petite partie de l'image à une très grande résolution où l'on peut travailler pixel par pixel.

On sélectionne le territoire du site d'entraînement à partir des résultats de la classification non supervisée, de la composition colorée. Ensuite grâce à l'outil de 2D-Scatter Plot de l'ENVI, on représente par un diagramme la répartition radiométrique des pixels selon deux canaux (les deux canaux les plus appropriés pour mettre en évidence le type de groupement végétal recherché).

On sélectionne dans la fenêtre zoom des pixels homogènes qui vont constituer un ROI (région of interest).

On peut définir autant de ROI que l'on souhaite. Ces ROI pourront ensuite être combinés ou supprimés selon leurs degrés de pertinence. A chaque fois que l'on définit un nouveau ROI et qu'on lui attribue une couleur, tous les pixels présentant le même rayonnement sont sélectionnés dans la fenêtre image et dans le diagramme radiométrique. La visualisation des pixels sur le diagramme bidimensionnel des canaux R et PIR permet d'évaluer le degré d'homogénéité radiométrique du site d'entraînement (pixels regroupés ou dispersés), (Sitayeb, 2006).

Une fois le site d'entraînement est défini, on enregistre les ROI retenus pour lancer ensuite la classification.

IV.5.2.3 L'indice de végétation (NDVI):

L'indice de végétation « Normalized Difference Vegetation Index » (NDVI), est déterminé à partir des réflectances planétaires dans les canaux rouges (autour de 0,45 μm) et proche infrarouge (autour de 0,65 μm) (ROUSE et al, 1974 TUCKER, 1986 *in* REGHIG, 2010) : $\text{NDVI} = (\rho_{\text{IR}} - \rho_{\text{R}}) / (\rho_{\text{IR}} + \rho_{\text{R}})$

Le NDVI présente la particularité d'augmenter en présence de végétation. Cette particularité trouve son origine dans la forme des spectres de réflectance du sol et de la végétation (JACOB, 1999 *in* REGHIG, 2010). Ce paramètre permet, d'une part, de mieux différencier les types de végétation et apporter, d'autre part, une information supplémentaire sur l'état du couvert (ACHARD et BLASCO, 1990 *in* REGHIG, 2010).

Cet indice n'a pas de sens physique (il ne s'agit pas d'une grandeur mesurée) mais il constitue un indicateur relativement fiable de l'activité chlorophyllienne de la végétation. (POLIDIRI, 2000 *in* REGHIG, 2010).

CHAPITRE V :

Résultats et

discussion

V.1- la composition colorée :

Elle couvrant la zone d'étude qui a été réalisée à partir des bandes du visible et le proche infrarouge de l'image Sentinel-2 (2023) par une combinaison entre trois bandes spectrales ,le résultat de la composition colorée a été la mise en évidence d'une première clé d'interprétation des éléments constitutifs du milieu. Le résultat final de cette composition est représenté sur les figures 27-28.

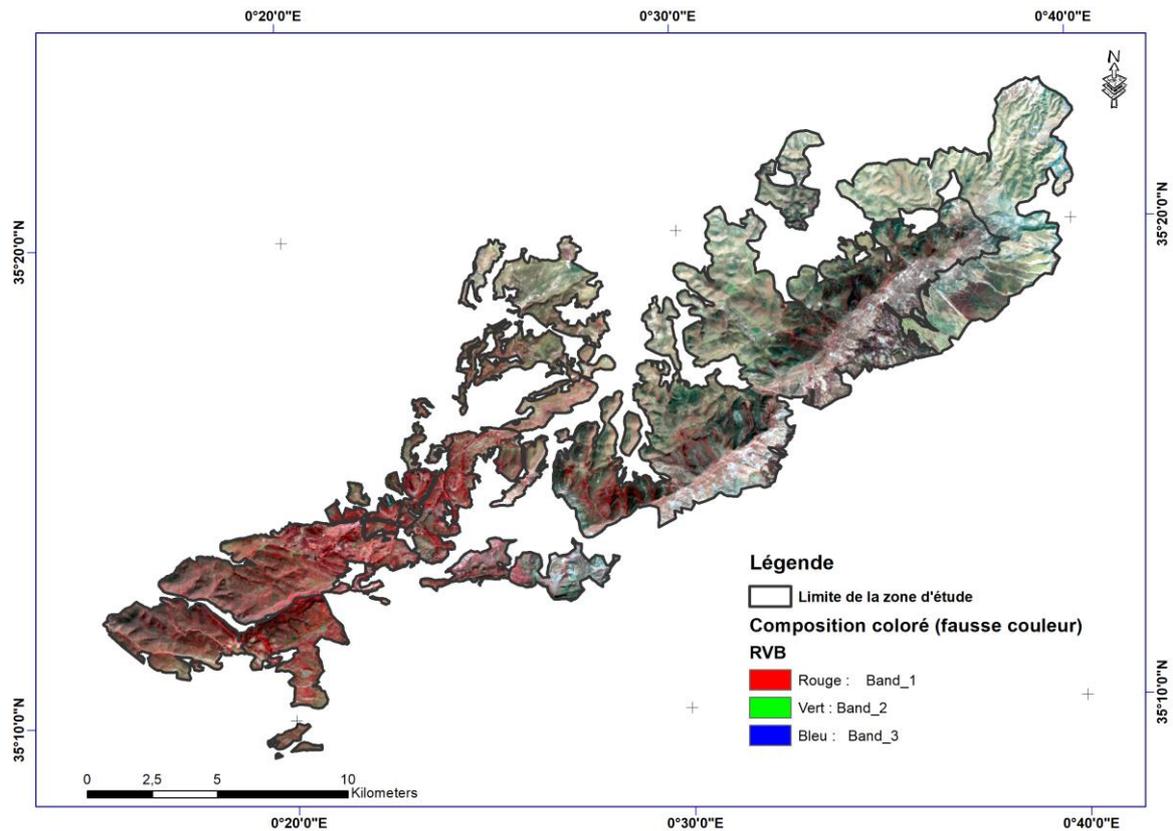


Figure 27: Carte des compositions colorées "fausse couleur" (8.4.3) (Dr. ANTEUR)

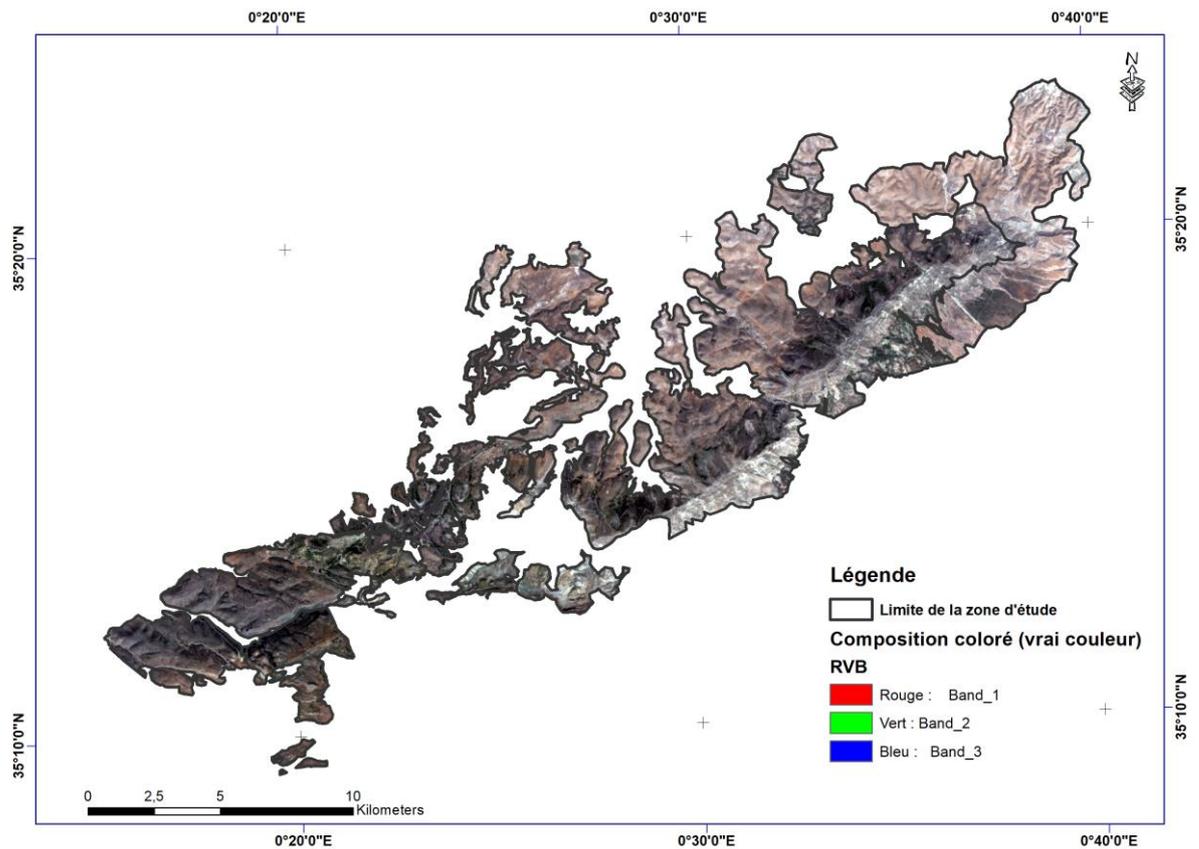


Figure 28: Carte des compositions colorées "vrai couleur" (4.3.2) (Dr.ANTEUR)

A l'aide du logiciel ENVI 5.3, Une composition colorée dans laquelle les thèmes cherchés sont les plus apparents a été élaborée lors du traitement de l'image qui a permis de visualiser les canaux en vert, rouge et proche infrarouge en leur affectant respectivement les couleurs bleu, vert et rouge.

V.2. Application de l'indice de végétation ajusté au sol "NDVI» :

On a appliqué ce l'indice de végétation ajusté au sol (NDVI) comme un traitement des données de la télédétection spatio-temporelle pour suivi dynamique d'occupation du sol de notre zone d'étude. La comparaison des NDVI dérivés des images traitées a permis d'obtenir la carte des changements.

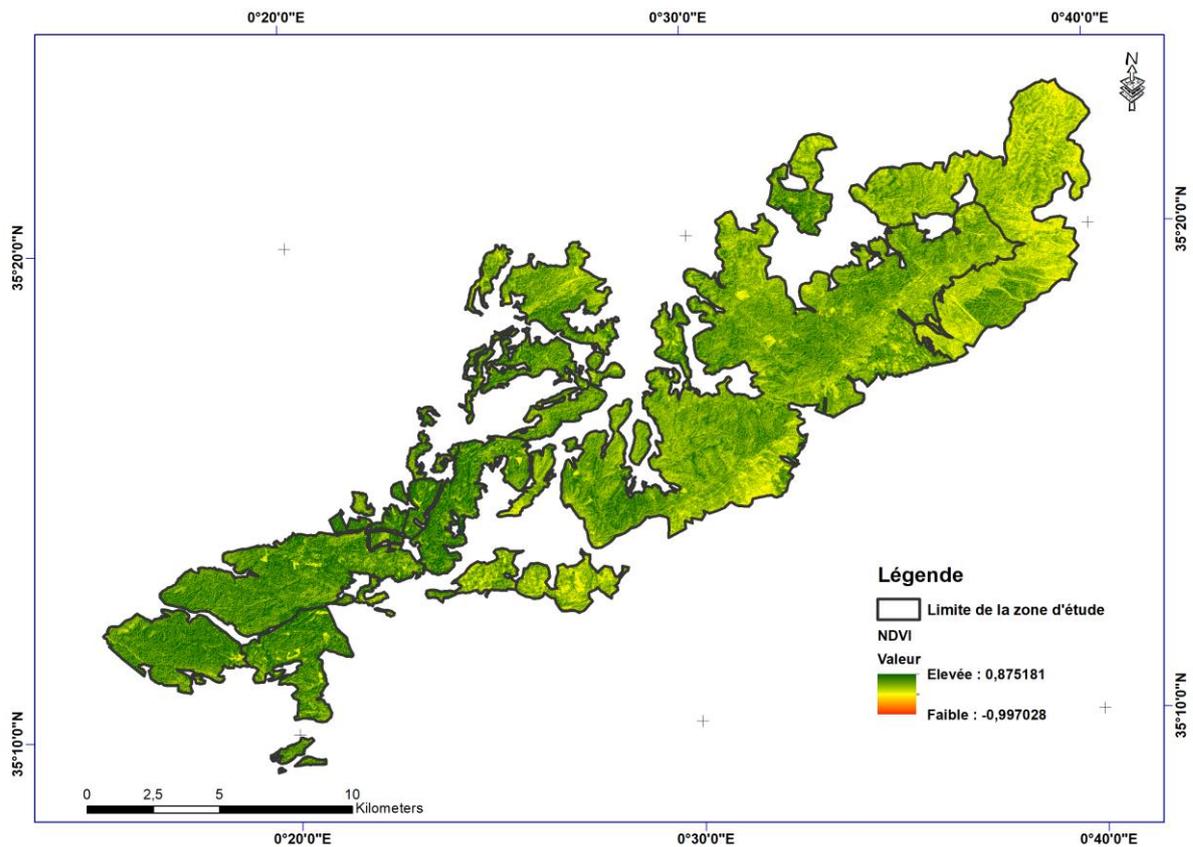


Figure n° 29: Visualisation néo canal d'indice "NDVI" - 25.04.2023

Carte de l'indice de végétation NDVI: Pour les besoins de l'étude, un indice de végétation de la région a été calculé à partir d'une combinaison des bandes rouge et proche-infra-rouge de l'image ASTER. Cet indice est utilisé pour bien discriminer les deux composantes écosystémiques: sols et plantes d'une part et pour calculer le biovolume de la forêt d'une autre part. La formule utilisée pour calculer le NDVI est la suivante:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{PIR} - \text{R}}{\text{PIR} + \text{R}}$$

Avec **PIR** : la bande Proche-infra-rouge

R : La bande rouge.

Nous avons constaté que les couleurs vert foncée et vert claire indiquent une assimilation chlorophyllienne plus élevée (forte réflexion par le parenchyme lacuneux), ont une densité élevée, où le risque est fort et moyen, et représentent plus de 90 % de la superficie de la zone d'étude

Tandis que les couleurs rouge et jaune qui présentent une faible assimilation chlorophyllienne (pic d'absorption de la chlorophylle), représentée une faible densité, où le risque est faible, et elle représente le sol nu de la zone.

Ce qui a permis de définir une bonne observation appropriée à la zone d'étude Les figures. 27 représentent le résultat suivant.

L'interprétation des images de NDVI dans la partie un moyen indice de végétation ajusté au sol; qui résulte une intense dégradation de peuplement du zone Nesmoth et Zelamta. Dans le Nord-Ouest l y a des terres cultivés .

V.3- La classification des images:

Le traitement des images satellites se fait par deux méthodes de classification, quels sont la classification supervisée ou régie et La classification non supervisée ou automatique qu'elle est la méthode que nous avons utilisé.

V.3.4. Classification non supervise :

Après le traitement des images, nous avons procédé à la classification dite non supervisée sans l'intervention de la réalité de terrain. Elle se base sur l'arrangement des pixels selon des valeurs radiométrique homogènes. La (fig 30) représente les résultats de cette classification regroupant 05 classes ayant des caractéristiques spectrales différentes.

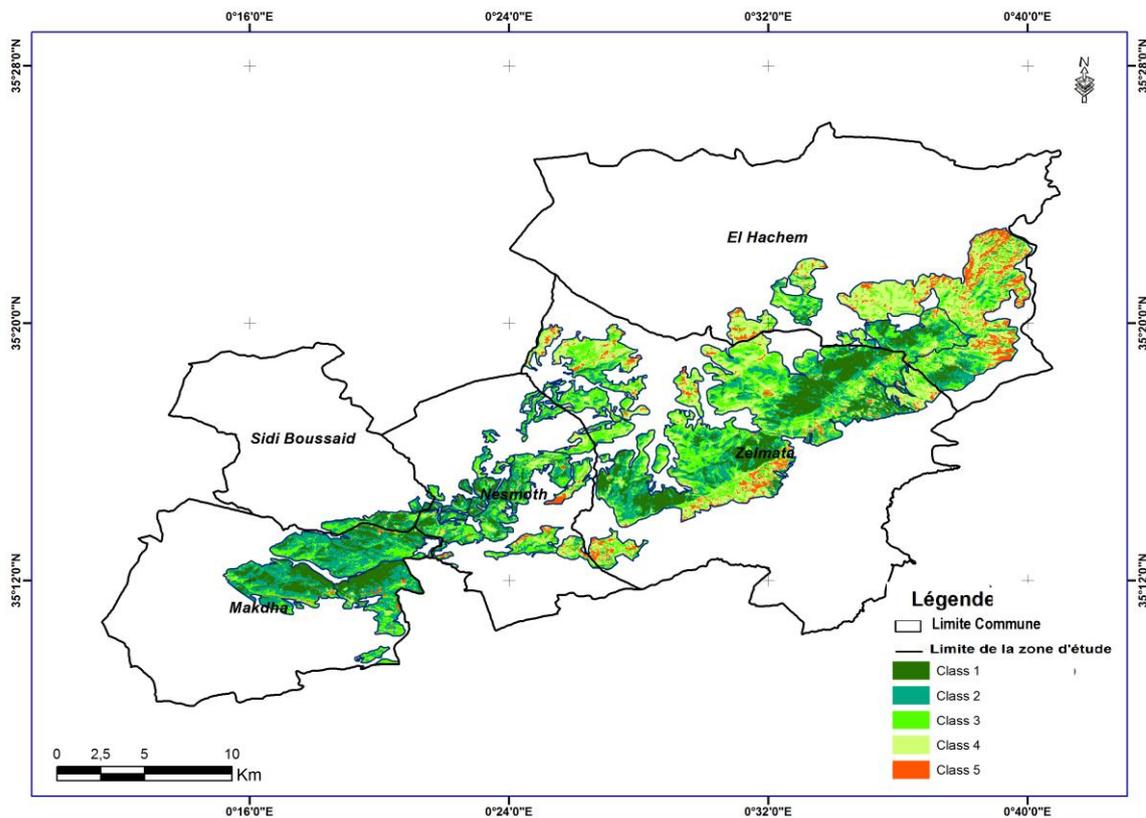


Figure 30: Carte classification non supervisée

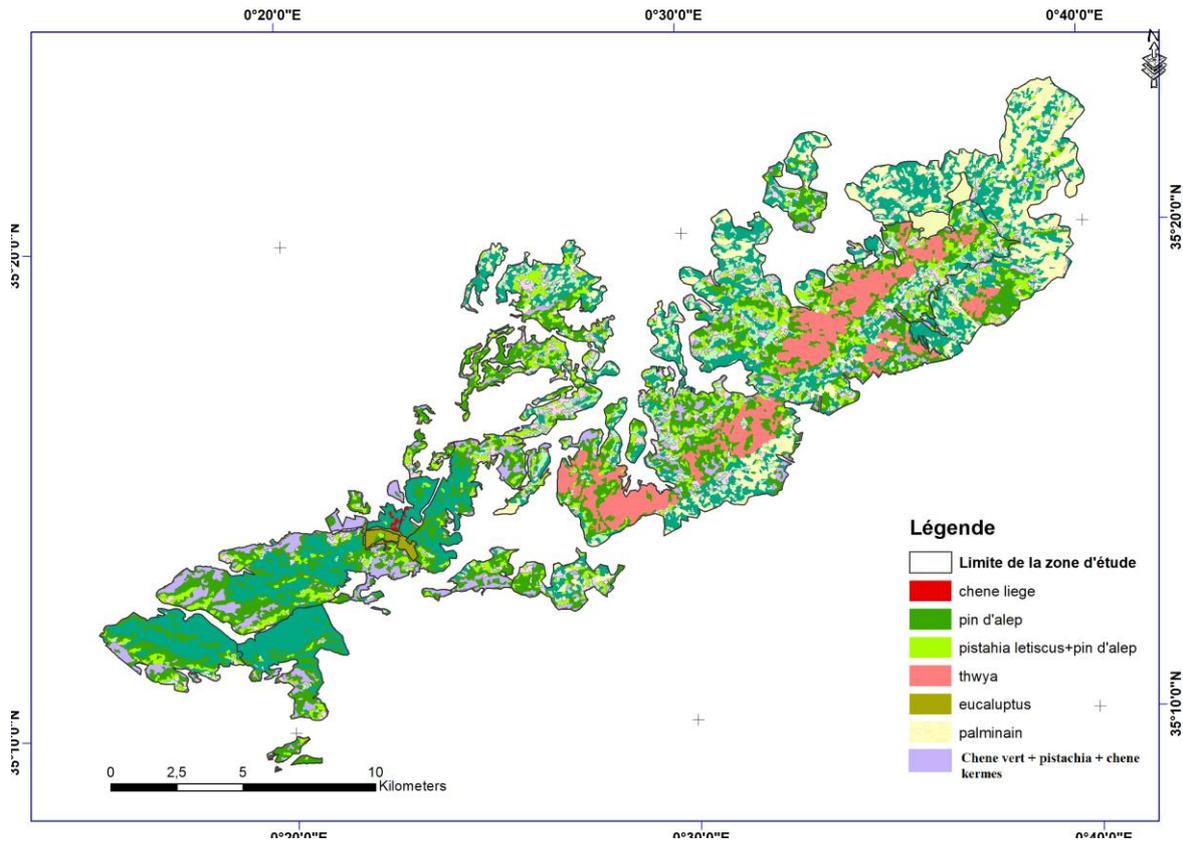


Figure 31: Carte de végétation (Dr.ANTEUR)

Tableau 8 : Répartition des espèces :

Signification	Superficie en (ha)	Pourcentage(%)
pistacia lentiscis	4480	20,8526616
Pin d'Alep	9970,34	46,4080639
Palmier nain	2370,9	11,0356195
Chêne (liège+vert)	17	0,0791284
Eucalyptus	125,1	0,58229196
Thuya	1853,28	8,62629927
pictacia+chène(vert+kermes)	2242	10,43564

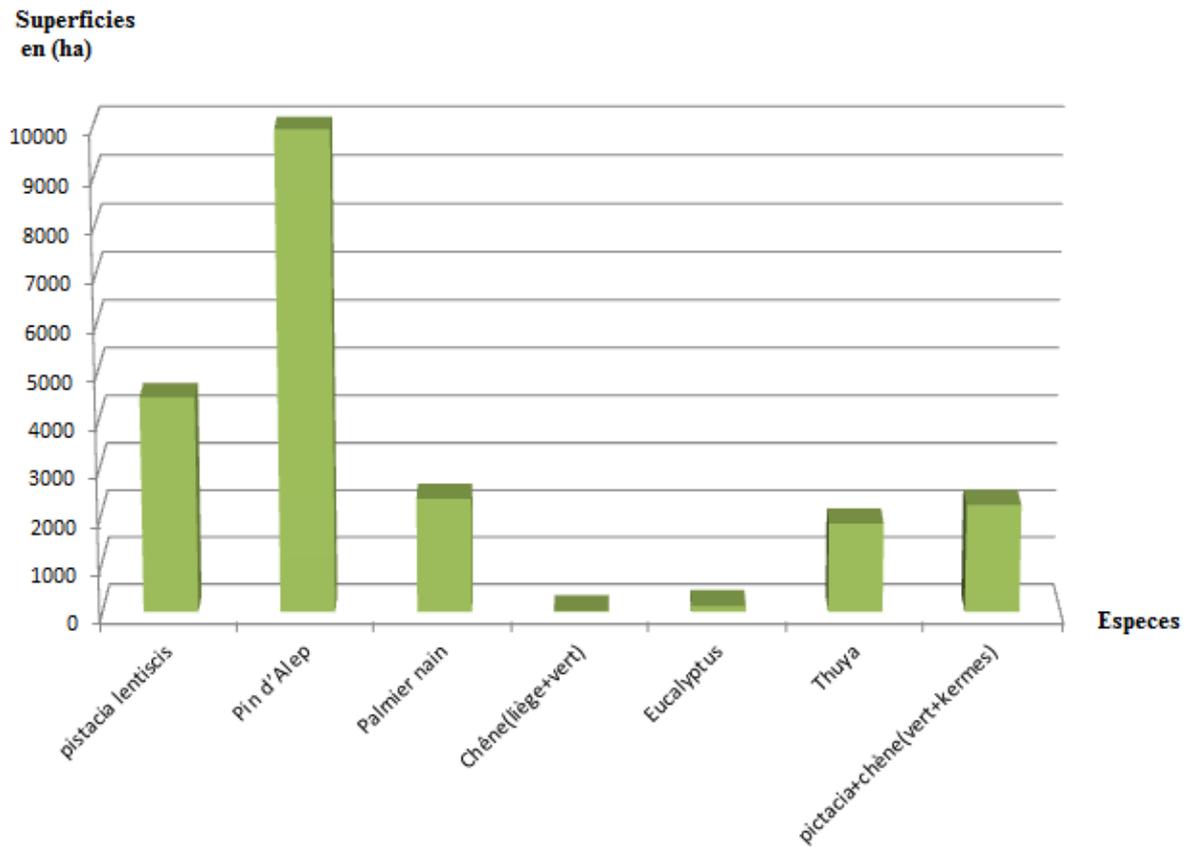


Figure n° 32: Bilan des superficies des especes en (ha)

6.2 Interpretation de la carte de vegetation :

D'après nos données et certain travaux déjà réalisé sur la foret de Nesmoth et Zelamta on a peu réalisé une carte de végétation qui représente les stations faites et avoir une idée sur les peuplements qui existent dans ces stations.

Conclusion

Générale

L'Algérie offre, grâce à sa situation géographique, à son relief et à la diversité de ses conditions agro pédologiques et climatiques, des possibilités de croissance et de développement à une abondante variété d'espèces végétales où prédominent les plantes à essences utilisées dans les domaines cosmétiques et pharmaceutiques. (**Hamliche, 1988**).

Notre travail a été effectué dans la région de Mascara qui est définie comme un écosystème fragilisé et dégradé. Les causes principales se résument par la pression anthropozoogène et des variations climatiques. Pour l'évaluation et la compréhension du phénomène nous avons choisi le forêt de Nesmoth et Zelamta

La comparaison des différents spectres biologiques, morphologiques et biogéographiques nous montre l'importance de ces thérophytes qui confirme sans nul doute la dégradation par l'effet de la thérophytisation de toutes les formations annoncée par plusieurs auteurs.

Malgré la présence d'une strate arbustive dans cette forêt, qui peut faire illusion, il ne s'agit plus d'un écosystème forestier mais d'un écosystème pré-forestier se transformant en matorral clairsemé.

En effet, les processus de dégradation que connaît les groupements de la zone d'étude, tant climatique qu'anthropique semble être un indice de perturbation ; donc il est infiniment probable que cette évolution régressive de ces écosystèmes soit engagée.

Il est possible qu'avant l'action de l'homme, la végétation évoluant librement, ait réalisé en chaque lieu des ensembles harmonieux, stables et en équilibre avec les conditions du milieu. Après les interventions successives de l'homme et du cheptel dans le temps et dans l'espace, la végétation originelle a donné naissance à une autre (**Haddouche, 2009**).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Quezel, P., & Médail, F. (2003). Que faut-il entendre par " forêts méditerranéennes"? *Forêt méditerranéenne*, 24(1), 11-31.
- Ikerroud, M. (2000). Évaluation des ressources forestières nationales. *Alger, DGF*, 39.
- Boutaleb, S., Kamouche, N., & Roula, S. E. (2012). *Evolution de l' état physiologique des glands de chêne liège (Quercus ilex L.) au cours de la conservation* (Doctoral dissertation, université de jijel).
- Abi-Saleh, B., Barbero, M., Nahal, I., & Quezel, P. (1976). Les séries forestières de végétation au Liban Essai d'interprétation schématique. *Bulletin de la Société botanique de France*, 123(9), 541-560.
- Maire, A., Weber-Silvain, L., Picard, É., & Duhem, P. M. M. (1925). Pascal savant: ses travaux mathématiques et physiques. *(No Title)*.
- BOUKERKER, H. La foret algérienne face aux feux: proposition d'un dispositif de prévention et de lutte.
- Madoui, A. (2002). Les incendies de forêt en Algérie. Historique, bilan et analyse. *Forêt méditerranéenne*, 23(1), 23-30.
- Benabid, A. (1985). Les écosystèmes forestiers, préforestiers et prestépiques du Maroc: diversité, répartition biogéographique et problèmes posés par leur aménagement. *Forêt méditerranéenne*, 7(1), 53-64.
- Prévost, M., Roy, V., & Raymond, P. (2003). *Sylviculture et régénération des forêts mixtes du Québec (Canada): une approche qui respecte la dynamique naturelle des peuplements*. Direction de la recherche forestière.
- Naert, B. (1995). Cartographie, télédétection, référentiel, pédologie et changement d'échelle. *Bulletin-Société française de photogrammétrie et de télédétection*, 4(140), 23-25.
- Bouknine, A. (2021). L'utilisation de la télédétection pour l'estimation de la reprise végétative après incendie dans le parc national de theniet elhad wilaya de tissemsilt (cantons rond-point).
- Le Maire, G., Davi, H., Soudani, K., François, C., Le Dantec, V., & Dufrêne, E. (2005). Modeling annual production and carbon fluxes of a large managed temperate forest using forest inventories, satellite data and field measurements. *Tree physiology*, 25(7), 859-872.

- ROBIN, M., & BOUSQUET, B. (2002). Apport de la télédétection optique et radar à l'étude de la région de Douch (dépression de Kharga, Nouvelle Vallée, désert occidental d'Egypte). *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 13(1), 27-36.
- Escadafal, R., Girard, M. C., & Courault, D. (1989). Munsell soil color and soil reflectance in the visible spectral bands of Landsat MSS and TM data. *Remote Sensing of Environment*, 27(1), 37-46.
- Gower, J. F. R., Borstadt, G. A., Gray, L. H., & Edel, H. R. (1988, April). The fluorescence line imager: high-resolution imaging spectroscopy over water and land. In *Spectral Signatures of Objects in Remote Sensing* (Vol. 287, p. 273).
- Guyot, G., Hanocq, J. F., Lepine, T., Malet, P., & Verbrugge, M. (1984). Etude des potentialités de Spot pour suivre l'évolution de couverts de céréales. *L'Espace géographique*, 257-264.
- Huete, A. R. (1989). Soil influences in remotely sensed vegetation-canopy spectra. *Theory and applications of optical remote sensing*, 107-141.
- Vestergaard, O., & Sand-Jensen, K. (2000). Aquatic macrophyte richness in Danish lakes in relation to alkalinity, transparency, and lake area. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 57(10), 2022-2031.
- Dumont, M. (1991). LEPAGE, Yvan G., Mémoires de Marie-Rose Girard, édition critique. Ottawa, Presses de l'Université d'Ottawa, 1989. 204 p. *Revue d'histoire de l'Amérique française*, 44(3), 438-439.
- Hasenbalg, F., Neuenschwander, H., Mini, R., & Born, E. J. (2007). Collapsed cone convolution and analytical anisotropic algorithm dose calculations compared to VMC++ Monte Carlo simulations in clinical cases. *Physics in Medicine & Biology*, 52(13), 3679.
- Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., & Huete, A. (1995). A review of vegetation indices. *Remote sensing reviews*, 13(1-2), 95-120.
- Bouknine, A. (2021). L'utilisation de la télédétection pour l'estimation de la reprise végétative après incendie dans le parc national de theniet elhad wilaya de tissemilt (cantons rond-point).
- Rouse Jr, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation* (No. NASA-CR-132982).
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Spec. Publ*, 351(1), 309.

- Manière, R., Bassisty, E., Celles, J. C., & Melzi, S. (1993). Utilisation de la télédétection spatiale (données XS de Spot) pour la cartographie de l'occupation du sol en zones arides méditerranéennes: exemple d'Aïn Oussera (Algérie). *Cah. ORSTOM, Ser. Pédol*, 28(1), 67-80.
- Veyret, P. (1979). Tricart (J.) 1978.—Géomorphologie applicable. *Revue de Géographie Alpine*, 67(4), 467-468.
- Fenelon, P. (1979). R. Coque. Géomorphologie. *Norois*, 101(1), 148-149.
- Redgwell, R. J., Melton, L. D., & Brasch, D. J. (1992). Cell wall dissolution in ripening kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) solubilization of the pectic polymers. *Plant Physiology*, 98(1), 71-81.
- Djamel, M. M., Mohamed, A. H., Seghir, H. A., & Samir, H. A. BIOCLIMATS, ETAGES DE VEGETATION ET ZONATION ALTITUDINALE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DANS LES MONTS DE TIARET (EXEMPLE DES GROUPEMENTS FORESTIERS ET PREFORESTIERS DU MASSIF DE GUEZOUL).
- Ducrot, D. (2005). Méthodes d'analyse et d'interprétation d'images de télédétection multi-sources. Extraction de caractéristiques du paysage. *Habilitation à diriger des recherches, INP, Toulouse*, 235.
- Davenport, A. J., Isaacs, H. S., Frankel, G. S., Schrott, A. G., Jahnes, C. V., & Russak, M. A. (1991). In situ X-ray absorption study of chromium valency changes in passive oxides on sputtered AlCr thin films u Achard, F. R. E. D. E. R. I. C., & Blasco, F. R. A. N. C. O. I. S. (1990). Analysis of vegetation seasonal evolution and mapping of forest cover in West Africa with the use of NOAA AVHRR HRPT data. *PE&RS, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 56(10), 1359-1365.nder electrochemical control.