

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID-TLEMEN  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers  
**Département d'Ecologie et Environnement**

## **MEMOIRE**

Présenté par :

***BOUDJEMA Mohamed Amine***

*En vue de l'obtention du*

**Diplôme de MASTER**

En Ecologie

**Option :**

Ecologie

**Thème**

**Parc National de Tlemcen. Dynamique de la couverture végétale et perspectives**

Soutenu le **06 / 07 / 2017**, devant le jury composé de :

<b>Président :</b>	M. AINAD TABET Mustapha.	MCB UABT (Tlemcen)
<b>Encadreur :</b>	M. KAZI-TANI Lotfi Mustapha	MCB UABT (Tlemcen)
<b>Examineur :</b>	M. KAID SLIMANE Lotfi	MAA UABT (Tlemcen)

**Année Universitaire : 2016/2017**

## Dédicace

Suivant la volonté du Dieu tout puissant, j'ai pu achever ce travail que je dédie :

A mes parents, qui m'ont soutenu pendant toute ma vie et mes études, et surtout dans l'accomplissement de cette recherche, que Dieu leur accorde sa grâce infinie et les garde pour nous.

A mon frère Abdenour et mes deux sœurs Nour El Houda et Hadil, auxquels j'exprime ma gratitude et reconnaissance.

A mes oncles et tantes, cousins et cousines, vous avez tous contribué à ma formation

A mon encadreur Mr KAZI-TANI qui m'a soutenu et orienté pendant cette recherche, et a contribué à ma formation.

A toute ma famille Boudjema et Mendaci pour leur soutien et affection

Je veux surtout dédier ce travail à mes très chers camarades de promotion Master « écologie » avec lesquels j'ai passé des moments précieuses et inoubliable, je vous souhaite tous une vie plein de joie et de bonheur et une carrière pleine de succès et que vous achevez tout ce que vous désirez dans la vie.

A tous mes enseignants qui m'ont apporté leur savoir et tout ce que je connais maintenant et ont contribué énormément dans mon éducation. Mes enseignants de primaire, de cem et de lycée, mes enseignants de l'université, vous trouvez mes sincères gratitude.

A tout ce qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

A mon très cher pays l'Algérie.

## Remercîments

Tout d'abord et avant tout je remercie mon Dieu pour qu'il m'a donné tous les capacités mentales et physique pour achever ma formation et ce travail.

Je veux aussi remercie mon directeur de thèse, Professeur KAZI-TANI Mustapha Lotfi. Maitre de conférences B dans le département de l'agronomie pour avoir accepté de m'encadré et pour ces précieuses orientations.

Je remercie aussi chaleureusement les membres du juré :

Pr AINAD TABET Mustapha, Pr KAID SLIMANE Lotfi pour l'honneur qu'ils m'ont attribué de bien vouloir juger mon travail.

Je tiens mes remercîments à tous le staff du Parc National de Tlemcen pour les orientations et les documents qu'ils ont mis à ma disposition

En fin j'ai voulu remercie tous ce qui a contribué à ce travail de loin ou de près.

## ملخص

في سياق الحفاظ على الموارد الطبيعية في جبال تلمسان، تم إنشاء الحظيرة الوطنية لتلمسان في عام 1993 وتم تطبيق جهود من أجل إعادة تأهيل الغطاء النباتي ومكافحة تدهوره.

من أجل فهم أفضل لديناميكيات الغطاء النباتي في الحظيرة الوطنية لتلمسان، أجريت دراسة بتفسير صور الأقمار الصناعية للاستشعار عن بعد للكشف عن التغيرات الحاصلة في وضع الغطاء النباتي.

منهجية هذه الدراسة تعتمد على المقارنة بين ثلاث صور الأقمار الصناعية من لاندسات (TM, ETM+, OLI) سنة 1987, 2003 و2017. وبعد التصحيح الجوي، تطبيق الـ NDVI يشير إلى تراجع الغطاء النباتي وتصنيف المشاهد تبعاً للنوع النباتي يدل على تراجع الغابات بنسبة 38% ومكاسب تقدر بـ 31% في التربة العارية.

الكلمات المفتاحية: ديناميكيات الغطاء النباتي، NDVI، الحظيرة الوطنية لتلمسان، الاستشعار عن بعد، تلمسان، الجزائر.

## Résumé

Dans le cadre de préservation des ressources naturelles dans les monts de Tlemcen, le Parc National de Tlemcen a été créé en 1993 et des efforts pour la restauration étaient établis dans le cadre de la réhabilitation de la couverture végétale et la lutte contre sa dégradation.

Pour une meilleure compréhension de la dynamique de la couverture végétale dans le Parc National de Tlemcen on a suivi une méthodologie d'étude qui consiste à la comparaison entre trois images satellites de Landsat (TM, ETM+ et OLI) des années 1987, 2003 et 2017. Après prétraitement des images par correction atmosphérique suivant la méthode DOS, l'application de l'indice NDVI suggère une dégradation de la couverture végétale et la classification des 3 scènes selon les types des végétations démontre une dégradation des forêts par un taux de 38% et un gain estimé à 31% dans les sols nus.

Mots clés : dynamique de la couverture végétale, NDVI, Parc National de Tlemcen, télédétection, Tlemcen, Algérie.

### Abstract:

As part of the preservation of natural resources in the Tlemcen mountains, Tlemcen National Park was created in 1993, hence restoration efforts have been made for the rehabilitation of the vegetation cover and the fight against degradation.

For a better understanding of the dynamics of vegetation cover in Tlemcen National Park, a remote sensing method has been used and consists of comparing three images based on Landsat (TM, ETM+ and OLI) satellite imagery from 1987, 2003 and 2017. After pre-processing of images by atmospheric correction following DOS method, the applied NDVI index suggests vegetation cover degradation. The classified images according to the vegetation cover types shows a degradation of the forests by a rate of 38% and an estimated gain of 31% in the bare soils.

Key words: vegetation cover dynamics, NDVI, Tlemcen National Park, remote sensing, Tlemcen, Algeria.

## **SOMMAIRE :**

**Résumé**

**Introduction générale**

**Chapitre I : Dynamique de la couverture végétale**

**Chapitre II : Etude de milieu physique**

**Chapitre III : Généralité de la télédétection**

**Chapitre IX : Méthodologie de travail**

**Chapitre X : Résultats et discussions**

**Conclusion**

**Références bibliographiques**

## Table des matières :

<b>Résumé</b>	
<b>Introduction générale</b>	1
<b>Chapitre 1 : Etude bibliographique de la dynamique de la couverture végétale</b>	
I. Introduction	4
II. Pourquoi étudier le couvert végétal ?	4
III. Dynamique du couvert végétal	6
III.1. Evolution	7
III.2. Dégradation	8
IV. Facteur de dégradation du couvert végétal	8
IV.1. Les facteurs anthropiques	8
IV.1.1 Les incendies	8
IV.1.2 Le surpâturage	9
IV.1.3 Les défrichements	10
IV.1.4 L'agriculture	10
IV.2. Les facteurs naturels	11
IV.2.1 Les fluctuations climatiques	11
IV.2.2 L'érosion des Sols	12
<b>Chapitre II : Etude du milieu physique</b>	
I. Introduction	14
II. Notion des aires protégées	14
II.1. Histoire des aires protégées	14
II.2. Définition d'une aire protégée	15
II.3. Le rôle d'une aire protégée	15
II.4. Les types des aires protégées	16
II.5. Les aires protégées en Algérie	16
II.6. Les critères de sélection	18
III. Le Parc National de Tlemcen (PNT)	18
III.1. Introduction	18
III.2. Présentation du parc national de Tlemcen	19

III.2.1. Localisation	19
III.3. Géologie	20
III.3.1. Les séries Anciennes	22
III.3.2. Séries Récentes	23
III.3.3. Le relief du Parc National de Tlemcen	23
III.3.3.1. Altitude	23
III.3.3.2. Pentes	24
III.3.3.3. Expositions	24
III.4. Sols	24
III.4.1. Les types des sols du PNT	25
III.5. Hydrologie	27
III.6. Patrimoine du Parc National de Tlemcen	28
III.6.1. Le patrimoine naturel	28
III.6.1.1. Les grottes de Beni-Add	28
III.6.1.2. Plateau de Lalla Setti	29
III.6.1.3. Le barrage d'El Meffrouche	29
III.6.2. Le patrimoine culturel	29
III.7. Richesses faunistiques et floristiques du Parc National de Tlemcen	29
III.7.1. La faune	29
III.7.2. La flore	31
IV. Etude bioclimatique	31
IV.1. Introduction	31
IV.2. Les paramètres climatiques	32
IV.2.1. Précipitation	32
IV.2.2. Température	33
IV.3. Synthèse Bioclimatique	35
IV.3.1. Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN	35
IV.3.2. Climagramme Pluviothermique du quotient d'Emberger	36
<b>Chapitre III : Notion de la télédétection</b>	
I. Introduction	39
II. La télédétection	39

II.1 C'est quoi la télédétection ?	39
II.2. Domaines de la télédétection	39
II.3. La source d'énergie	41
II.4. Les interactions du rayonnement avec l'atmosphère	42
II.5. Les interactions des rayonnements avec la surface terrestre	42
II.6. L'enregistrement du signal par le capteur	43
II.7. La transmission et la réception des données	44
III. Le rayonnement électromagnétique	44
III.1. Définition	44
III.2. Les ondes électromagnétiques	45
III.3. Interaction du rayonnement électromagnétique	46
IV. Signature spectrale des principales surfaces naturelles	46
IV.1. Signature spectrale de la végétation	47
IV.1.1. Variation de la signature spectrale des végétations	48
IV.1.1.1. Caractérisation de la structure d'un couvert végétal	48
IV.1.1.2 Les propriétés optiques des feuilles	49
V. Traitements en télédétection	50
VI. Analyse d'une image	50
VI.1. Classification non supervisée	50
VI.2. Classification supervisée	51
VII. Indices de végétation	51
VII.1. Principaux indices de végétation	51
<b>Chapitre IV : Matériels et méthodes</b>	
I. Introduction	54
II. Outils utilisés	54
III. Les données utilisés	55
IV. L'analyse des données	56
IV.1. Le prétraitement	57
IV.1.1 Correction atmosphérique	57
IV.1.2. Correction géométrique	57
IV.1.3. Correction radiométrique	58

IV.2. Choix de composition colorée	58
V. Approche méthodologique	59
V.1. Approche visuelle	59
V.2. Approche statistique « classification d'image »	59
V.2.1. Validation de la classification	59
V.3. Détection de changement par calcul du NDVI	60
<b>Chapitre V : Résultats et discussions</b>	
I. Analyse des images satellitaires	62
II. Application d'indice de NDVI	62
III. Classification non-supervisé	65
III.1. Détermination des classes	66
III.2. Résultats de la classification	67
IV. Succession de la couverture végétale du PNT	69
IV.1. Etat de la végétation pour chaque période	69
V. La dynamique de la couverture végétale entre 1987-2003	70
<b>Conclusion</b>	73
<b>Références bibliographiques</b>	75

## Liste des fig.s

<b>Fig. 1</b> : circulation de l'énergie dans les écosystèmes	5
<b>Fig. 2</b> : Schéma de succession écologique	7
<b>Fig. 3</b> - Les surfaces incendiées selon les essences forestières période (1985-2010)	9
<b>Fig. 4</b> : Localisation géographique du PNT	19
<b>Fig. 5</b> : Colonne lithostratigraphique type des Mont de Tlemcen	21
<b>Fig. 6</b> : Carte pédologique du Parc National de Tlemcen	25
<b>Fig. 7</b> : Réseau hydrologique du Parc National de Tlemcen	27
<b>Fig. 8</b> : moyenne mensuel des précipitations	33
<b>Fig. 9</b> : Les moyennes températures des stations météorologiques. Période : (1984-2016)	
<b>Fig. 10</b> : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson	34
<b>Fig.11</b> : Climagramme d' <b>Emberger (1952)</b> des stations (1980-2010)	35
<b>Fig. 12</b> : Courbes de réflectance spectrale typiques de l'eau du sol et de la végétation	37
<b>Fig. 13</b> : nature et propagation d'une onde électromagnétique	
<b>Fig. 14</b> : Interactions du rayonnement électromagnétique avec la matière - absorption, réflexion, transmission.	43 45
<b>Fig. 15</b> : signatures spectrales des surfaces naturelles dans le domaine du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen	46
<b>Fig. 16</b> : Les interactions entre le sol et la végétation, intégrées au niveau de la mesure satellitaire.	47
<b>Fig. 17</b> : Le spectre d'absorption des chlorophylles a et b	
<b>Fig. 18</b> : Chronologie de lancement des satellites Landsat.	48
<b>Fig. 19</b> : les longueurs d'onde capté par les différents capteurs	49
<b>Fig. 20</b> : Visualisation de l'indice ne l'NDVI du PNT en 1987	55
<b>Fig. 21</b> : Visualisation de l'indice NDVI du PNT en 200	56
<b>Fig. 22</b> : Visualisation de l'indice NDVI du PNT en 2017	63
<b>Fig. 23</b> : les valeurs de NDVI pendant 30 ans	63
<b>Fig. 24</b> : le NDVI en Europe et le nord-Afrique	63
<b>Fig. 25</b> : image classée du PNT pour l'année 1987	64
<b>Fig. 26</b> : Image classée du PNT pour l'année 2003	65

<b>Fig. 27 :</b> Image classée du PNT pour l'année 2017	68
<b>Fig. 28 :</b> Le taux de changement (ha) pour la période entre 1987-2003	68
<b>Fig. 29 :</b> Le taux de changement (ha) pour la période entre 2003-2017	68
<b>Fig. 30 :</b> Le taux de changement en (ha) de la végétation de 1987 à 2017	70
	71
	72

## Liste des tableaux

<b>Tableau I :</b>	Evolution du cheptel (milliers de têtes)	10
<b>Tableau II :</b>	Liste des parcs nationaux d'Algérie	17
<b>Tableau III :</b>	superficie du PNT dans chaque commune	20
<b>Tableau IV :</b>	Description des principaux sols du PNT	26
<b>Tableau V :</b>	Evaluation de la faune	30
<b>Tableau VI :</b>	Evaluation des unités écologiques	31
<b>Tableau VII :</b>	Précipitations moyennes mensuelles et annuelles de 3 stations météorologiques	32
<b>Tableau VIII :</b>	Moyennes mensuelles des températures des 3 stations météorologiques. Période : (1984 – 2016)	34
<b>Tableau IX :</b>	Les étages bioclimatiques des 3 stations météorologiques	36
<b>Tableau X :</b>	Moyenne d'NDVI et écart-type de chaque classe	67
<b>Tableau XI :</b>	Superficie de chaque classe pour l'année de 1987	69
<b>Tableau XII :</b>	Superficie de chaque classe pour l'année de 2003	69
<b>Tableau XIII :</b>	Superficie de chaque classe pour l'année 2017	70
<b>Tableau XIV :</b>	Taux de changement de chaque classe pour la période de 1987-2017	72

## Liste des abréviations

**DGF** : Direction Générale des Forêts

**DOS** : Dark Object Substraction

**ENVI**: Environment for Visualising Image

**ERTS**: Earth Ressources Technology Satellite

**ETM+**: Enhanced Thematic Mapper Plus

**FAO**: Food and Agriculture Organisation

**NASA**: National aeronautics and Space Administration

**NDVI**: Normalized Difference Vegetation Index

**PIR** : canal Proche Infra-Rouge

**PNDF** : Plan National de Développement Forestier

**PNT** : Parc National de Tlemcen

**RBV**: Return beam Vidicon

**SIG** : Système d'Information Géographique

**SWIR** : Short Wave Infra-Red

**T** : Température

# Introduction générale

Au cours des 100 dernières années, l'impact sur les ressources terrestres a augmenté d'une manière exponentielle ; cette accélération dans le rythme d'exploitation des ressources naturelles a menacé la couverture végétale dans plusieurs biomes terrestres autour du monde. La prise de conscience croissante de cette dégradation dans les esprits des publics a poussé les gouvernements à adopter des politiques de conservation des patrimoines naturels et la préservation et l'exploitation raisonnable des ressources non renouvelables.

Le paysage végétal n'est pas stable, son évolution et dégradation sont liés directement avec les facteurs externes soit naturels ou artificiel, ces facteurs avec les potentialités intrinsèques des végétaux jouent le rôle majeur dans la détermination de la dynamique des couvertures végétales.

L'étude de la dynamique de la couverture végétale est très importante, vu aux rôles qu'elle fournit aux écosystèmes. Le couvert végétal est un facteur déterminant dans la plupart des cycles biogéochimiques dans la biosphère et le premier absorbeur de flux d'énergie reçu par le soleil, en plus il joue un rôle dans la régulation climatique.

Le Parc National de Tlemcen (PNT) a été créé comme une réponse aux dégradations constatées dans les monts de Tlemcen et la perte de la biodiversité dans les forêts qu'ils hébergent. Le PNT a été créé par décret 93/117 du 12 mai 1993, il a pour mission comme tout aire protégée dans le monde la protection de la vie sauvage et la préservation et la maintenance des services environnementales et la protection des Caractéristiques naturelles et culturels spécifiques.

Pour étudier la dynamique de la couverture végétale dans le PNT, on a choisi la télédétection comme méthode de suivi de la dynamique du couvert végétal suivant une échelle spatio-temporelle.

Trois images ont été utilisées pour cette étude, la première est une image satellitaire de Landsat 5 TM prise en mars 1987, la deuxième prise par le Landsat 7 ETM<sup>+</sup> en mars 2003 et la troisième prise par le Landsat 8 OLI en mars 2017, soit une période de 30 ans. La disponibilité de ces images dans le même mois est cruciale pour avoir à peu près les mêmes conditions d'éclairage de la scène Landsat d'une part, et d'autre part pour avoir à peu près les mêmes stades

phénologiques de la végétation donc les mêmes conditions bioclimatiques. Ces conditions nous permettent d'effectuer une comparaison et un suivi crédibles.

Cette étude va nous permettre de créer trois cartes de la couverture végétale suivant différentes années, cette carte va servir comme un outil pour les différents acteurs (décideurs, gestionnaires etc...) de créer des plans de gestion plus efficaces et évaluer les efforts mis en place pour la lutte contre la dégradation au sein du PNT.

Ce mémoire est structuré comme suit :

- Le premier chapitre discute les aspects bibliographiques de la dynamique de la couverture végétale et les différents facteurs de la dégradation
- Le deuxième chapitre est dédié aux aires protégées et l'étude du milieu physique du PNT
- Le troisième chapitre expose des généralités sur la télédétection en relation avec l'étude de la dynamique de la couverture végétale
- Le quatrième chapitre explique étape par étape la démarche méthodologie à suivre pour avoir des résultats finals de l'étude
- Le cinquième chapitre contient les résultats de cette étude et son interprétation.

# **Chapitre I**

**Etude bibliographique de la dynamique de la  
couverture végétale**

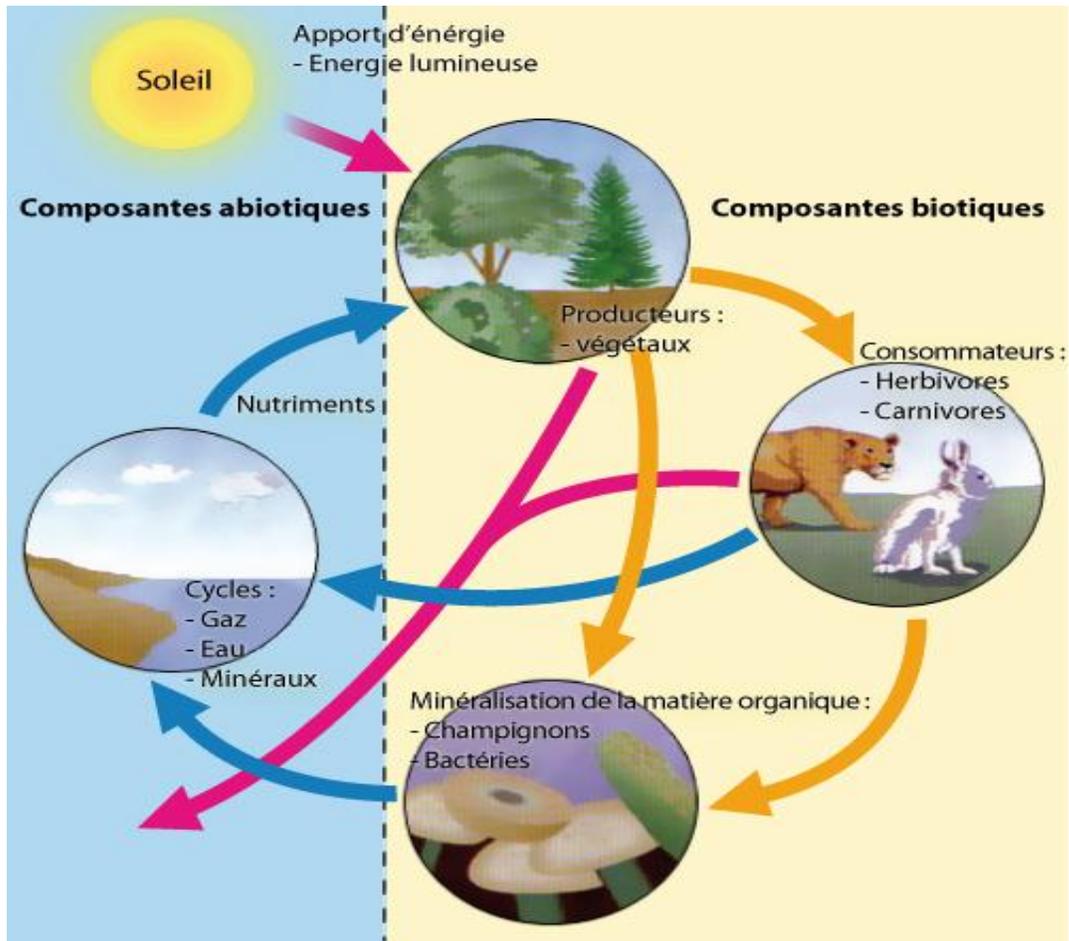
## **I. Introduction**

Le paysage végétal n'est pas stable. Son évolution dynamique est liée à l'influence de facteurs externes, mais aussi et surtout aux potentialités intrinsèques des groupements végétaux ; la végétation évolue ainsi vers un état d'équilibre avec le milieu, appelé climax. Cette notion dynamique a trouvé son aboutissement avec les travaux de Gaussen sur les Pyrénées, puis ceux d'Ozenda. Elle a été, depuis lors, reprise par de nombreux auteurs (**Bonin *et al*, 1983**).

L'expression « changements globaux » désigne l'ensemble des évolutions qui s'observent à l'échelle de la planète entière. Dans le contexte actuel, le terme fait plus spécifiquement référence aux effets de l'activité humaine sur l'environnement et de ce fait, les changements globaux désignent de nos jours des évolutions tant sociétales qu'environnementales (**Longaretti, 2013**).

## **II. Pourquoi étudier le couvert végétal ?**

La couverture végétale a un impact profond sur le déroulement des cycles biogéochimiques dans la biosphère, elle est le premier absorbeur de flux d'énergie reçu par le soleil, qui est la seule source d'énergie ; cet énergie comme montré dans la fig. n° 1 est transmise aux autres organismes dans l'écosystème, sans oublier qu'elle joue un rôle très important dans la régulation du climat. Bien qu'il soit clairement évident que cette couverture végétale était touchée par l'habitation humaine, comme l'utilisation des terres dans l'agriculture et même l'exploitation des ressources forestières, l'urbanisme etc.



**Fig. 1 :** Circulation de l'énergie dans les écosystèmes (Nebel et Wright, 2007)

L'importance de l'étude de la dynamique de la couverture végétale en Algérie est double :

- a) Premièrement le cycle de l'eau : On est un pays méditerranéen aride et donc l'importance de la régulation du cycle de l'eau est capitale. Cette régulation est assurée par la couverture végétale et le sol ;
- b) Deuxièmement l'érosion du sol : un sol mal couvert par la végétation est un sol exposé à l'érosion.

### **III. Dynamique du couvert végétal**

La dynamique de la végétation est l'étude de la succession du couvert végétal au fil du temps. Une compréhension de la succession est nécessaire pour comprendre la protection des ressources.

Jusqu'au milieu du dernier siècle, on a supposé que les forêts se remplaceraient dans une séquence ordonnée et stable une fois décalée : la forêt originelle reviendrait si donnait suffisamment de temps. C'est la vision organique de Clements de la succession et des changements écologiques. Plus tard, la vision individualiste de Gleason a été prééminente.

Pour **Clements (1916)**, la succession est faite par l'ensemble des espèces de l'écosystème comme un seul organe, commençant soit par une succession primaire qui commence par le développement des lichens sur le granite en forêt de pin ou de chênaie, cette succession peut durer des milliers d'années, ou une région des herbacées qui se nourrit d'un sol d'humus, cette dernière peut atteindre l'état de climax en quelque centaines d'années. Autrement par succession secondaire qui peut avoir lieu après un incendie ou une culture, cette succession peut atteindre son climax en un demi-siècle ou un champ abandonné qui peut prendre un siècle. Pour les sites protégés, il est nécessaire de stimuler la succession secondaire, surtout après les incendies et les catastrophes naturelles comme les inondations et les érosions.

Alors que **Gleason (1927)**, indique que la succession et les réponses aux perturbations sont beaucoup plus ouvertes et imprévisibles : une variété de types de végétation différents peut se développer, d'autres pouvant empêcher tout retour à l'état forestier d'origine.

Des idées plus récentes sur la dynamique de la végétation et la succession incorporent les deux idées à la fois.

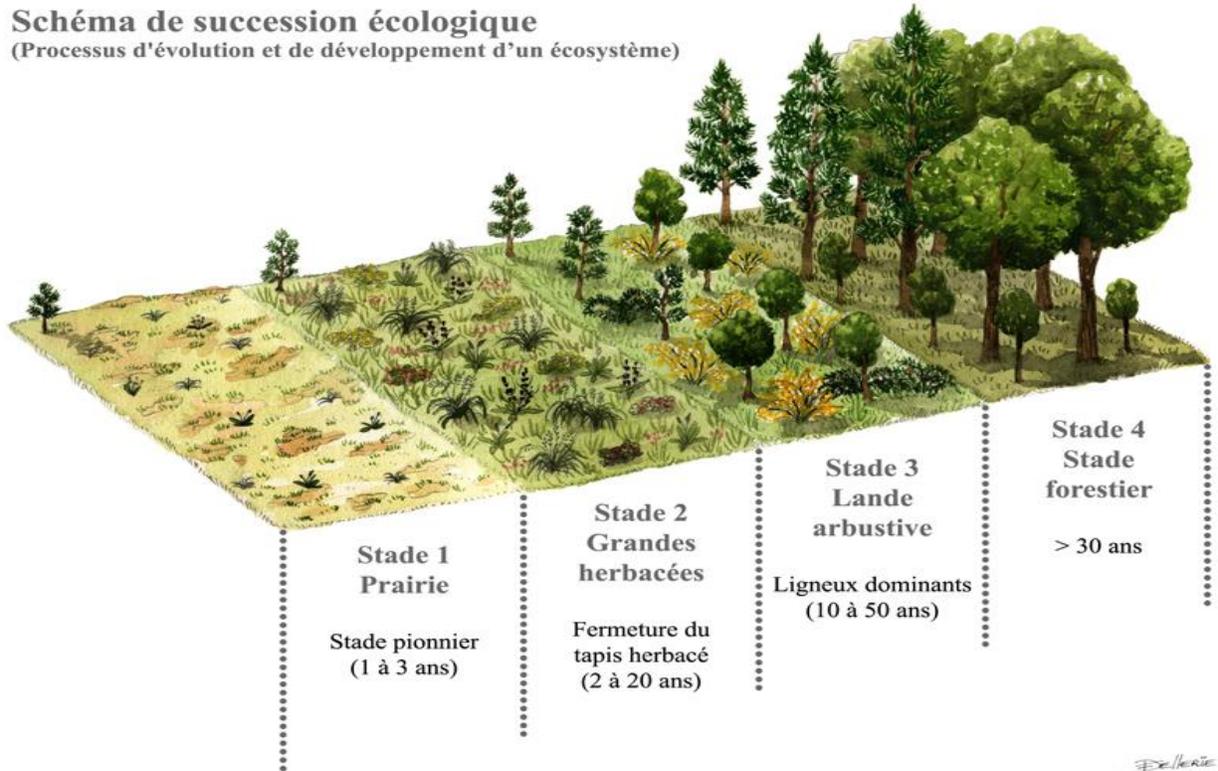
#### **III.1. Evolution**

Lorsque les facteurs de dégradation n'existent plus, la végétation évolue progressivement pour revenir à l'état initial avant la dégradation, ou ce qu'on appelle la résilience d'un écosystème (**Ammar Khoudja, 1986**). Cette évolution de la végétation est aussi appelée dynamique progressive.

L'évolution du couvert végétal s'exprime en deux types : une évolution linéaire et l'évolution cyclique, l'évolution linéaire c'est l'ensemble des processus pilotant l'évolution de la végétation à partir des espaces dégradés alors que l'évolution cyclique c'est l'ensemble des processus dynamiques permettant à la végétation de revenir à sa phase de maturité (climax) (**Bastin et Allegrini, 2011**).

### Schéma de succession écologique

(Processus d'évolution et de développement d'un écosystème)



**Fig. 2 :** Schéma de succession écologique (source : la Réserve Naturelle des Gorges de la Loire).

### III.2. Dégradation

La dégradation de n'importe quel écosystème passe par plusieurs étapes, les facteurs de dégradations varient entre une région et une autre, mais même si ces facteurs n'existent plus, il est difficile de revenir à l'état initial ; l'intensité des facteurs de dégradation jouent un rôle majeur dans l'échelle temporelle de la dégradation, et au fil du temps, la capacité de l'autorestaurations ne peut pas être achevée par l'écosystème sauf s'il y'avait une forte intervention humaine (**Ferchichi, 1999**).

## IX. Facteurs de dégradation du couvert végétal

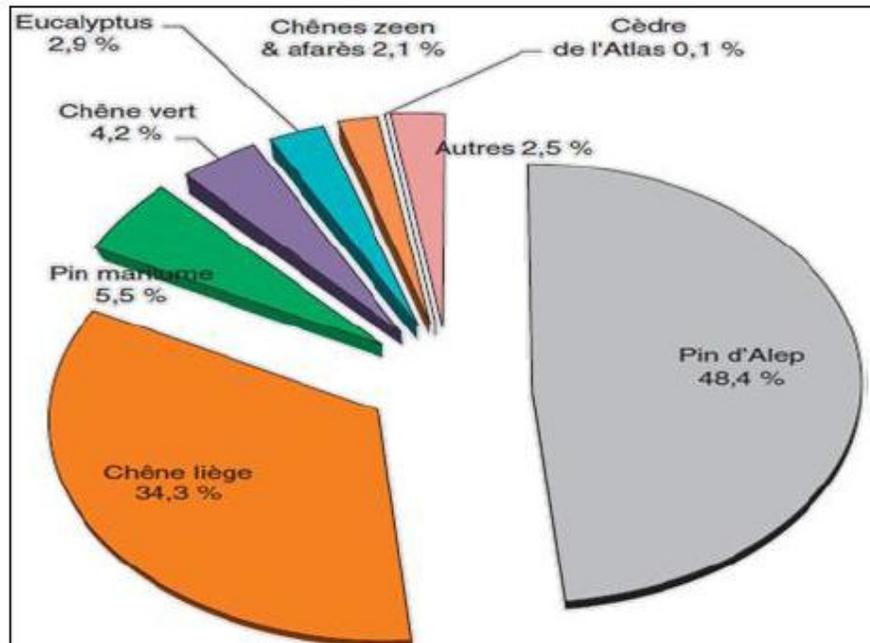
### IX.1 Les facteurs anthropiques

#### IX.1.1 Les incendies

Malgré les progrès importants dans le domaine de la télédétection, les interactions entre les incendies et la végétation sont très peu comprises. Par contre, on sait qu'ils jouent un rôle significatif et complexe dans la dynamique de la couverture végétale (**Lambin et Geist, 2008**).

Chaque année, les incendies détruisent environ 20 376 ha de végétation en Algérie, la plupart des incendies touche les forêts de pin d'Alep. Cette essence compose l'essentiel du panorama forestier en Algérie soit 68% des forêts (**Meddour & Derridji, 2012**).

Le schéma ci-dessous montre les formations forestières détruites par les incendies en Algérie ; la majorité, soit 83%, est composée de Pin d'Alep et de Chêne liège



**Fig. 3** Les surfaces incendiées selon les essences forestières durant la période 1985-2010 (source : **Meddour et Derridj, 2012**).

### IX.1.2 Le surpâturage

Le pâturage est considéré comme un facteur majeur de la biodiversité (Collins *et al.*, 1998). L'histoire de pâturage et la fertilité du système pâturé, la nature des herbivores, leur race, leur densité, sont autant de facteurs qui peuvent influencer la réponse de la végétation au pâturage (Adler *et al.*, 2004).

L'élevage, en Algérie, concerne principalement les ovins, les caprins, les bovins et les camelins. Les effectifs recensés durant les dix dernières années sont représentés dans le tableau 1.

**Tableau I.** Evolution du cheptel (milliers de têtes) entre 1990 et 2005

Année	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Bovins	1 393	1 267	1 580	1 595	1 613	1572	1540	1 560	1 560
Ovins	17 697	17 302	17 989	17 616	17 299	18 738	18 700	18 700	18 700
Caprins	2 472	2 780	3 062	3 027	3 129	3 187	3 200	3 200	3 200
Camelins	123	126	220	235	246	245	245	245	245
<b>Total</b>	<b>21 685</b>	<b>21 475</b>	<b>22 851</b>	<b>22 473</b>	<b>22 287</b>	<b>23 742</b>	<b>23 685</b>	<b>23 705</b>	<b>23 705</b>

Sources Statistiques Agricoles 1990-2005 and FAO database 2008

L'effectif de cheptel en Algérie a connu une croissance exponentielle, la région de Tlemcen ne fait pas l'exception, ce qui induit une surexploitation des couvertures végétale. L'élevage bovin reste cantonné dans le Nord du pays avec quelques incursions dans les autres régions. Les parcours steppiques sont le domaine de prédilection de l'élevage ovin et caprin avec plus de 90% des effectifs qui y vivent entraînant une surexploitation de ces pâturages.

### IX.1.3 Défrichements

Le défrichement c'est la destruction totale ou partielle d'un peuplement forestier dans le but d'en changer la destination. Il ne faut pas confondre le défrichement avec la coupe rase ou le débroussaillage qui ne modifient pas la destination forestière de la parcelle.

Avec la croissance des demandes dans le marché alimentaire, des parcelles forestières sont devenu de plus en plus vulnérable au défrichement, non seulement au bénéfice des terres agricoles, mais aussi pour les parcelles des infrastructures et les résidences urbaines de toute sort.

### **IX.1.4 Agriculture**

Dans le cadre de leur développement économique, les sociétés humaines convertissent depuis des milliers d'années les forêts à des usages agricoles. Entre 2000 et 2010, la plus grande perte nette de superficie forestière par défrichage et le plus grand gain net de superficie agricole ont été constatés dans les pays à faible revenu, où la perte nette de forêt a été mise en relation avec l'accroissement des populations rurales.

Contrairement aux pays développés où l'on observe un recul des surfaces agricoles (friches agricoles), ce recul est dû à la mécanisation dans le domaine agricole ou on observe une récolte plus rapide à un taux moins cher, c'est pour cette raison les agriculteurs ont abandonné les terrains moins accessibles aux machines.

La population algérienne ne cesse d'agrandir, en 1990 on comptait 25 millions d'habitants, en 2015 ce chiffre a augmenté avoisinant ainsi 40 million (**ONS, 2016**). Avec cette croissance démographique la demande des produits alimentaires s'est accrue considérablement, le ratio de surface agricole utile a évolué comme suit :

- 1901 : 1,1 ha/habitant ;
- 1955 : 0,6 ha/hab. ;
- 1995 : 0,32 ha/hab. ;
- 2000 : 0,28 ha/hab.

## **IX.2 Facteurs naturels :**

### **IX.2.1 Fluctuations climatiques**

Le changement climatique conduit de nombreuses espèces d'animaux et de plantes à modifier leurs distributions géographiques. Les aires biogéographiques de certaines espèces se contractent, se développent ou se déplacent lorsque les individus suivent des conditions climatiques favorables (**Parmesan et Yohe, 2003, in Monzón, 2011**).

La résilience des espèces végétales est étroite, bien que certaines espèces s'adaptent à des changements climatiques très intenses, ce dernier demeure un facteur important déterminant la répartition des végétaux, ainsi que la composition, et la structure de l'écosystème.

### **IX.2.2 Erosion des Sols :**

Le sol est une ressource qui se renouvelle lentement et qui une fois perdu, donne un champ qui ne sera pas aussi productif pendant de nombreuses années. Avec le temps, même de petites pertes de sol s'accumulent pour réduire le rendement (**Abdelmajid et al., 2015**).

L'érosion hydrique est un phénomène bien connu en Algérie, mais de nos jours, elle prend de plus en plus de l'ampleur. Elle reste une préoccupation majeure. L'érosion a touché environ 45% des terres fertiles en Algérie (**Mate, 2000**).

Actuellement, l'Algérie est classée parmi les pays où ses sols sont très menacés par l'érosion, avec un taux érosion qui peut atteindre 4000T/Km<sup>2</sup>, et 6 million d'hectare sont exposés à une érosion active (**Heddadj, 1997**).

L'érosion, le ruissellement et l'infiltration sont essentiellement dus à l'agressivité des pluies, à la nature des terrains, au taux de recouvrement et à la nature du couvert végétal. L'agressivité des pluies se traduit par l'énergie des gouttes et du ruissellement qui modifient la structure du sol et ses états de surface et en conséquence la porosité des horizons superficielles donc de la capacité d'infiltration des sols (**Greco, 1966**).

# **Chapitre II**

**Etude du milieu physique**

## **I. Introduction**

À une époque où la pression humaine sur les écosystèmes du monde s'intensifient, on reconnaît de plus en plus que les écosystèmes naturels constituent une contribution essentielle à la santé et au bien-être de l'homme .... Cette prise de conscience accrue a conduit à des investissements dans de nouveaux systèmes de protection dans le monde. (**Casson *et al.*, 2016**) ; la création des aires protégées est une des réponses possibles.

## **II. Notion des aires protégées**

### **II.1. Histoire des aires protégées**

La notion de la protection des sites qui ont une valeur pour les civilisations est très ancienne, apparut depuis que l'homme a découvert l'agriculture. Les traces archéologiques de la préservation se retrouvent dès l'antiquité avec les rois de Mauryan en Inde du nord vers 300 avant Jésus Christ, où ils ont créé des réserves pour la protection des forêts, des éléphants, des poissons et de la vie sauvage (**Grove, 1995**). En outre, au moyen âge des réserves de chasse ont été aussi créées en Europe qui étaient exclusivement réservées pour l'élite.

Des réserves pour la protection de la vie sauvage existaient aussi chez les habitants de Moyen-Orient, connu sous le nom de « EL Hama ».

Dans les temps modernes, on considère le Yellowstone comme le premier parc national établi aux états unis en 1872. Et depuis, des centaines de parcs nationaux ont été créés de partout dans le monde.

### **II.2. Définition d'une aire protégée**

La définition d'une aire protégée a été formulée dans plusieurs conférences, notamment la **convention de Londres (1933)** et la convention de l'hémisphère nord en 1940 (**Kinloch, 1972**), mais la définition la plus générale et la plus acceptée est celle de L'UICN (Union Internationale de la Conservation de la Nature), qui propose la définition d'une aire protégée comme un espace géographique clairement défini, reconnu, consacré et géré, par tout moyen efficace, juridique ou autre, afin d'assurer à long terme la conservation de la nature ainsi que les services écosystémiques et les valeurs culturelles qui lui sont associée ; il existe d'autres définitions

comme celle de la Convention de Diversité Biologique (CDB) qui est reconnue par 188 pays mais qui est moins précise que la définition de l'UICN.

### **II.3. Le rôle d'une aire protégée**

Les aires protégées sont considérées comme la pierre angulaire dans la protection de la biodiversité. Elles jouent plusieurs rôles dont :

- Les recherches scientifiques ;
- Protection de la vie sauvage ;
- La préservation de la diversité génétique des espèces ;
- Maintenance des services environnementales ;
- Protection des Caractéristiques naturelles et culturels spécifiques ;
- Le tourisme et la récréation ;
- Éducation ;
- L'exploitation durable des ressources des écosystèmes naturels ;
- Maintenance des attributs culturels et traditionnels.

### **II.4. Les types des aires protégées**

L'UICN a adopté en 1990 par l'assemblée générale une classification en 6 catégories majeures des aires protégées :

- **Catégorie I** : les réserves naturelles intégrales : espace dédié à la protection de la biodiversité
- **Catégorie II** : parcs nationaux : vaste aire naturelle ou quasi naturelle mise en réserve pour protéger les processus écologiques de grande échelle.
- **Catégorie III** : monument ou élément naturel : Aire protégée assez petite qui a généralement du sens pour les visiteurs
- **Catégorie IV** : aire de gestion des habitats ou des espèces : vise à protéger des espèces ou des habitats particuliers qui nécessitent des interventions régulières pour répondre aux besoins d'espèces particulières ou pour maintenir des habitats.

- **Catégorie V :** Paysage terrestre ou marin protégé : l'interaction des hommes et de la nature a produit, au fil du temps, une aire qui possède un caractère distinct où la sauvegarde de l'intégrité de cette interaction est vitale pour protéger et maintenir l'aire.
- **Catégorie VI :** aire protégée avec utilisation durable des ressources : préserve des écosystèmes et des habitats, ainsi que les valeurs culturelles et les systèmes de gestion des ressources naturelles traditionnelles qui y sont associés.

Par ailleurs, ils existent d'autres types d'aires protégées qui n'est pas exactement aux six catégories de l'UICN, parmi eux on trouve :

**Réserves de biosphère :** établi depuis 1976, elles cherchent la protection de la biodiversité avec une fonction de de développement d'appui logistique au réseau mondial.

## **II.5. Les aires protégées en Algérie**

En Algérie, le premier parc national a vu le jour en 1972 dans la région du Tassili. Actuellement, on compte 11 parcs nationaux totalisant une superficie de 184.934,07km<sup>2</sup> soit environ 7% de la surface totale de l'Algérie.

**Tableau II** : Liste des Parcs Nationaux d'Algérie

<b>Parc National</b>	<b>Année De Création</b>	<b>Superficie (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Wilaya</b>
Parc national de Tassili	1972	138 000	Illizi
Parc National Theniet El Had	1983	34,25	Tissimsilt
Parc National du Djurdjura	1983	185	Tizi Ouzou Bouira
Parc National de Chréa	1983	265,87	Blida
Parc National d'El-Kala	1983	800	El Taraf
Parc National de Belezma	1984	262,5	Batna
Parc National de Gouraya	1984	32	Béjaia
Parc National de Taza	1985	37,2	Jijel
Parc National de l'Ahaggar	1987	45 000	Tamanrasset
Parc National de Tlemcen	1993	82,25	Tlemcen
Parc National de Djebel Aissa	2003	244	Naama

En plus, l'Algérie compte 42 zones humides avec une superficie de 2 958 000 ha classées sur la liste de RAMSAR, 4 réserves de chasse et 3 centres cynégétiques ; il existe plusieurs d'autres zones qui nécessitent une protection de leur diversité écologique sur les plans bioclimatiques, morphologiques, floristiques et faunistiques.

A l'échelle méditerranéenne, la biodiversité de l'Algérie est considérée parmi les plus élevés du bassin méditerranéen avec un nombre considérable des espèces menacées.

## **II.6. Critères de sélection**

Des parties du territoire d'une ou de plusieurs communes peuvent être classées par décret, pris sur rapport du ministre chargé de l'environnement, en parc national ou en réserves naturelles lorsqu'il y a nécessité de conserver la faune, la flore, le sol, le sous-sol, les gisements de minéraux et de fossiles, l'atmosphère, les eaux et, en général, lorsqu'un milieu naturel présente un intérêt particulier qu'il importe de préserver contre tout effet de dégradation naturelle et de la soustraire à toute intervention artificielle susceptible d'en altérer la composition et l'évolution **(Constitution Algérienne, 1983)**.

## **III Le Parc National de Tlemcen (PNT)**

### **III.1. Introduction**

Le PNT a été créé par décret 93/117 du 12 mai 1993 ; il a commencé à établir son programme de travail à partir de 1995. Sa richesse est évidente dans ces diversités archéologiques et spéléologiques et ces valeurs culturelles.

Le relief de du PNT est très diversifié ; il est composé principalement par les hauts massifs forestiers et la chaîne montagneuse sur des terrains jurassiques et les plaines et vallées situées sur des terrains Tertiaires et Quaternaires. La chaîne montagneuse contient plusieurs Djebels avec Djebel El Koudia étant le plus élevé avec une altitude de 1418m.

Le PNT est composé par 3 types de formations forestières, la forêt de feuillus à l'Ouest, la chênaie verte au Nord et la forêt mixte de résineux (pin d'Alep) et chêne vert au Nord Est.

Sur le plan bioclimatique, le PNT se situe dans une zone semi-aride avec des tâches du subhumide et un microclimat humide dans la forêt de Hafir et Zarifet et le site de l'Ourit **(PNT, 2010)**.

## III.2. Présentation du parc national de Tlemcen

### III.2.1. Localisation

Le Parc National de Tlemcen qui est notre zone d'étude recouvre une superficie de 8225,04 ha et un périmètre de 82 km se situant sur la partie Nord des monts de Tlemcen et surplombant la ville du même nom :

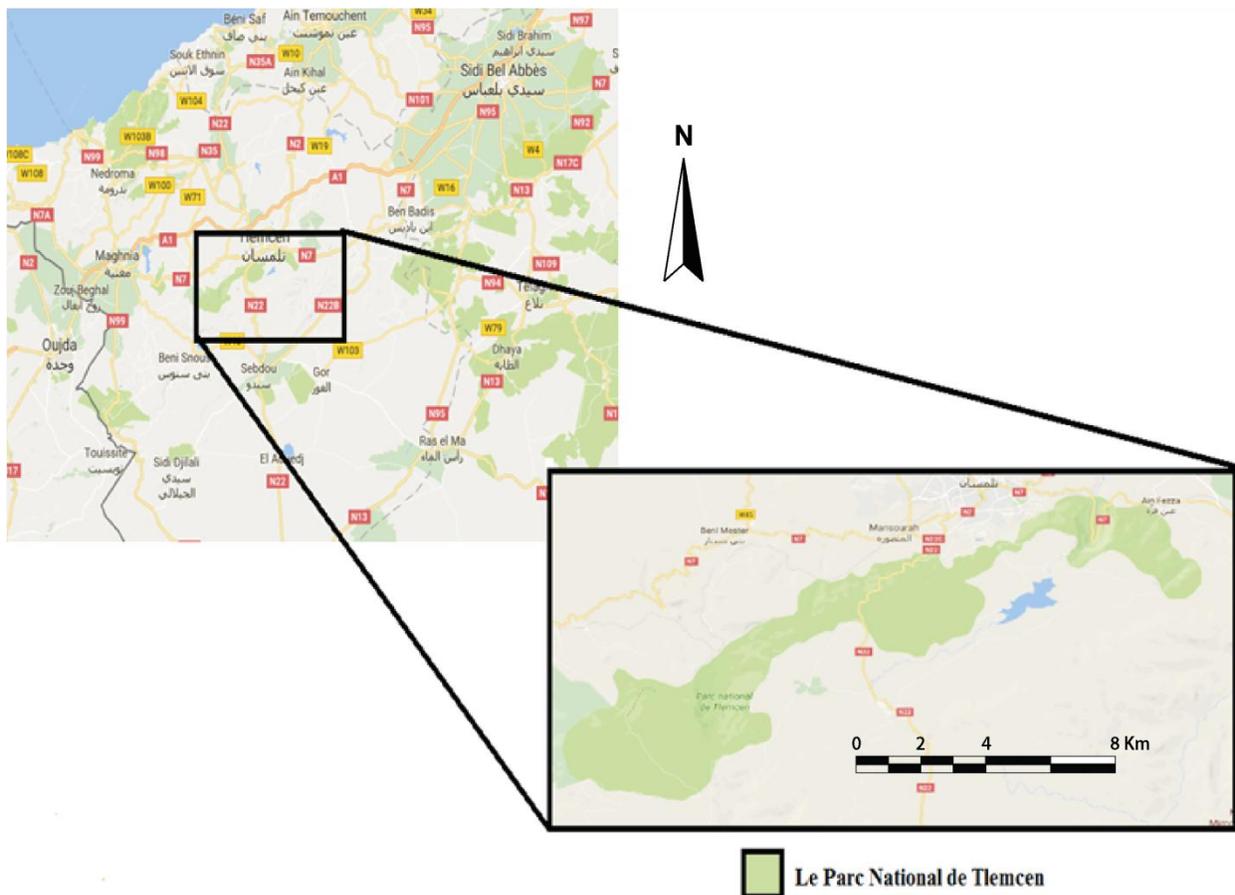


Fig. 4 : Localisation géographique du PNT (Source : Google Maps®, 2017)

C'est un écosystème fragile à sauvegarder, il s'étend sur le territoire de sept (07) communes : Tlemcen, Mansourah, Sabra, Terny, Ain Fezza, Beni Mestre et Ain Ghoraba. **(PNT, 2010)**

**Tableau 2** : superficie du PNT dans chaque commune

Commune	Superficie (ha)	%
- Terny	3 200	40 %
- Sabra	1 682	20 %
- Ain Fezza	1 535	18 %
- Tlemcen	731	09 %
- Mansourah	546	07 %
- Ain Ghoraba	342	04 %
- Beni Mester	189	02 %

### III.3. Géologie

Les monts de Tlemcen sont constitués par des terrains Mésozoïques et Cénozoïques. Les assises sédimentaires attribuées au Jurassique supérieur et au Crétacé inférieur sont principalement formées de carbonates. Cet ensemble constitue la bordure méridionale des monts de Tlemcen **(Benest, 1985)**.

Le territoire du PNT est constitué d'une série de couches sédimentaires dont l'évolution verticale va du Jurassique en bancs supérieur au Quaternaire, et montre deux grandes séries lithostratigraphiques distinctes qui sont décrites de bas en haut :

\* Les séries Anciennes (Jurassique supérieur - Crétacé inférieur)

\* Les séries Récentes (Miocène inférieur - quaternaire).

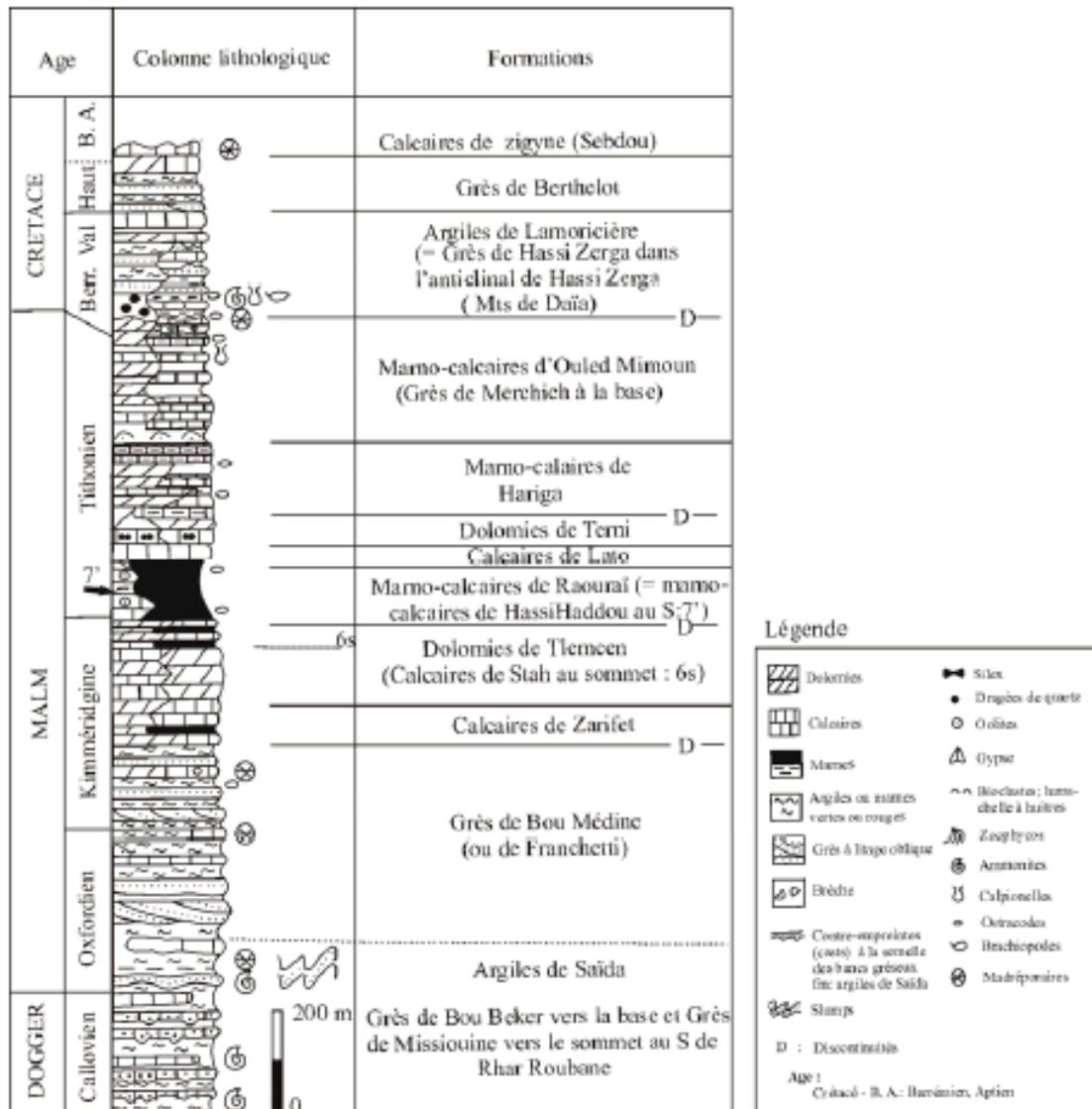


Fig. 5 : Colonne lithostratigraphique type des Mont de Tlemcen (Benest *et al.*, 1999).

### III.3.1. Les séries Anciennes

Les assises sédimentaires attribuées au Jurassique supérieur et au Crétacé inférieur sont principalement formées de carbonates. On distingue la succession suivante :

- **Les Marno-Calcaire de Raouraï**

C'est un ensemble de marnes grises verdâtres ou blanchâtres à intercalation de calcaire en banc épais **Benest (1985)**, leur épaisseur est d'environ 400 m. Autrement, **Doumergue (1910)**, les avaient placés dans le Kimméridgein moyen.

- **Les Grès de Boumédiene**

Ce sont des grès à éléments fins séparés par des inter lits argileux, le ciment presque toujours calcaire. Les alternances sont souvent rouges ou vertes et de grès à stratification oblique. Il s'agit d'un ensemble à dominance gréseuse qui affleure aux environs de Tlemcen en particulier près du sanctuaire de Sidi Boumediene. L'épaisseur de cette formation est de 200 à 400 m en moyenne. **(Benmansour, 2008)**

- **Les Calcaires de Zarifet**

Les calcaires de Zarifet sont des calcaires bleus à « géodes » formant la partie basale des Dolomies de Tlemcen, avec une épaisseur de 100 m au col de Zarifet. Il s'agit de bancs calcaires de position intermédiaire entre les Grès de Boumédiene et les dolomies de Tlemcen.

- **Les Dolomies de Terni**

Il s'agit de dolomies bien imposées sur le plateau de Terni. Cette formation montre souvent des stratifications obliques et entrecroisées ainsi que des passées de laminites stromatolitiques. **(Benmansour, 2008)**

- **Les Dolomies de Tlemcen**

Elles désignent les dolomitiques dominants Tlemcéniens ; leur épaisseur est d'environ 200 m. Dans leur partie sommitale, s'y différencient de nouveaux calcaires en calcaires de Stah.

### III.3.2. Séries Récentes

- **Le Tertiaire** : Représenté par des dépôts essentiellement marins on peut le distinguer en partant des niveaux les plus anciens :
- **Le Miocène Inférieur « Carténien »** : Formé par des assises de poudingues, il n'affleure que localement, exemple à Mansourah.
- **Le Quaternaire** : Formé de travertins, et d'alluvions anciennes et récentes occupant les fonds des oueds par de limons parfois argileux.
- **Alluvions Récentes** : Ce sont des dépôts limoneux nivelant les parties basses des plaines et des vallées et à l'abord des cours d'eau. Ces alluvions affleurent en aval du barrage de Meffrouche, dans la partie Sud du territoire.
- **Alluvions Anciennes des Vallées et Cuvettes des Plateaux** : Iluvions des vallées et dépôts de ruissellement des plateaux, leur niveau varie de 15 à 20 m. Ces alluvions affleurent en amont de Ain-Fezza, et en amont du plateau de Lalla-Setti sur la partie Sud.
- **Travertins Anciens et Récents** : Ils forment de puissants dépôts s'étalant en terrasses, et s'avancant en hautes falaises aux abords des grandes sources existantes ou ayant disparues liées au massif Jurassique. Ces travertins s'étalent sur le plateau de Lalla-Setti, et les falaises d'El-Ourit. L'épaisseur peut dépasser 40 m.

### III.3.3 Le relief du Parc National de Tlemcen

#### III.3.3.1. Altitude

Le PNT comprend d'Est en Ouest les massifs montagneux suivants :

Dj Bou-Arb dont l'altitude atteint 1122 m au point géodésique au lieu-dit les grottes, Dj m, Dj Sebt 1084 m, Dj Dahr el-Barhal 1230 m, Dj Chouka 1166 m, Dj Beniane 1235 m, Dj Guendouza 1272 m, Dj El-Koudia 1418 m, Dj Temama 1271 m, Dj Taksemt 1393 m, Dj Hanif 1279 m, Dj El-Merdja 1309 m, Dj Dokara 1113 m, DjTatsa 1264 m DjEl-Koun 1302m et Dj Tichtiouine 1206 m.

Le profil de ces monts présente des lignes de crêtes aiguës, parfois plus atténuées et arrondies entrecoupées par des vallées et des plateaux (Lalla-Setti, Meffrouche et Ain-Fezza). La variation altitudinale y est donc très élevée soit 728m de dénivelé (entre 690m et 1418m), ce qui a

contribué à la répartition des sols et des formations végétales créant ainsi des microclimats à l'intérieur du parc (**Barka, 2009**).

### **III.3.3.2. Pentes**

Trois classes de pentes prédominent :

De 3-12,5% de 12,5 - 25 % et de 25% à 50% atteste un relief accidenté surtout en montagnes alors que les vallées et les plateaux présentent une légère pente de 0,3 %. Ces terrains plats sont très localisés (Plateau de Lalla Setti — Ain Fezza - El Meffrouche) (**Moumani, 2005**).

### **III.3.3.3. Expositions**

Les expositions les plus dominantes sont le Nord-Ouest et le Sud-Est ceci s'explique par l'orientation de la majorité des Monts de Tlemcen qui s'étirent du Ouest-Sud-Ouest vers l'Est Nord-Est. Cette variabilité des expositions à entraîner une répartition distincte de la végétation.

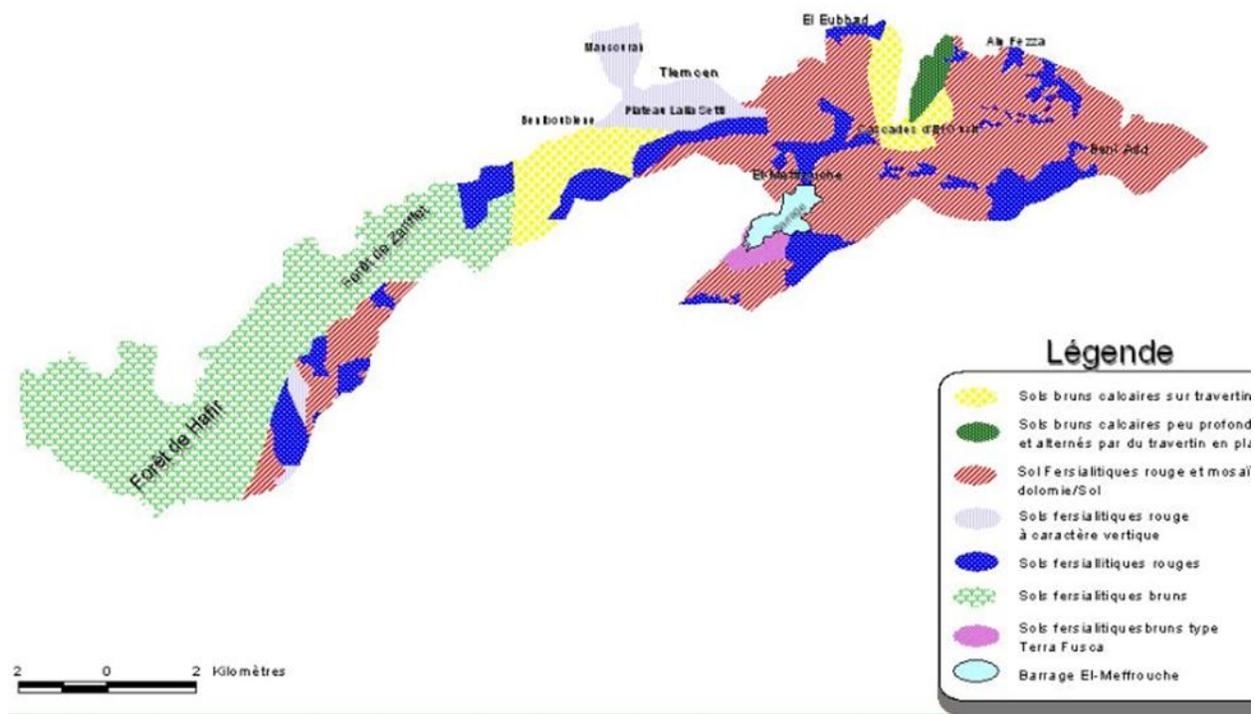
## **III.4. Sols**

Les sols de la région méditerranéenne, tels qu'ils se présentent aujourd'hui, sont les fruits d'interactions qui durent depuis des millénaires entre les processus naturels de la pédogenèse, et les activités des sociétés humaines qui se sont développées dans cette région (**Antipolis, 2003**).

Nos sols restent toujours dans les conditions climatiques méditerranéennes, sous la dépendance de la roche mère qui leur a donné naissance ; l'énergie climatique actuelle n'est pas suffisante pour modifier radicalement les minéraux hérités de la roche mère (**Nahal, 1963. In Quezel et Barbero, 1985**). Néanmoins, les sols rouges fersiallitiques sont considérés comme les sols zonaux du bioclimat méditerranéen. A ce sujet **Duchaufour (1968)** précise que quelque soit la roche mère, les sols des climats chauds sont plus riches en fer que les sols tempérés.

Les sols calcimorphes sont les plus répandus dans la zone d'étude sont de type azonale et plus précisément sont des rendzines.

# Les Types Pédologiques



**Fig. 6 :** Carte pédologique du Parc National de Tlemcen (source : PNT)

Dans la région d'étude, la plupart des sols sont extrêmement hétérogènes ; ce sont des sols à substrat calcaire. Les sols de la bordure Sud dans les hauts plateaux sont des sols calciques à croûtes.

### III.4.1. Les types des sols du PNT

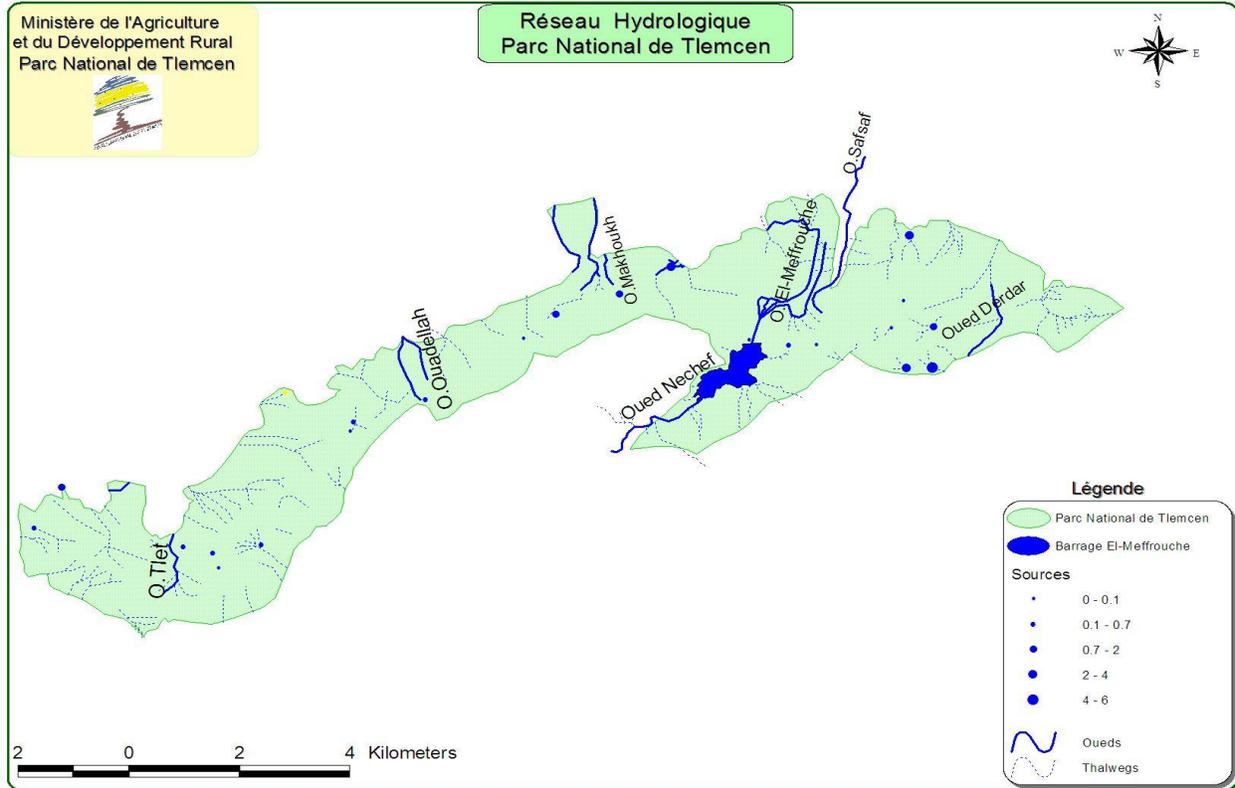
Les principaux types de sols trouvés dans le PNT, et leurs caractéristiques, sont résumés dans le Tableau ci-dessus :

**Tableau III : Description des principaux sols du PNT**

Nom (différentes Classifications)	Description
<b>Fluvisols</b> - FAO, 1988 Fluvents – Soil Taxonomy, 1975 Sols peu évolués non climatiques d’apport alluvial - CPCS, 1967	Jeunes sols alluviaux parmi les plus fertiles de la région ; presque tous sont riches en bases ou sont légèrement calcaires. Ce sont des sols très importants pour l’agriculture ; ils apparaissent dans des zones planes autour des principaux cours d’eau comme l’Ebre et le Rhône. Ils sont adaptés à une grande diversité de culture et sont très productifs, surtout lorsqu’ils sont irrigués.
<b>Régosols</b> - FAO, 1988 Orthents – Soil Taxonomy, 1975 Sols peu évolués non climatiques d’apport alluvial ou marin - CPCS, 1967	Jeunes sols qui apparaissent sur des terrains tendres ou meubles, souvent pentus ; ils sont peu évolués ou constamment rajeunis par l’érosion. La topographie et le stress hydrique sont leurs principales limitations même si certains, à texture plus fine, sont fertiles. Lorsque la topographie est favorable ils peuvent porter des cultures de céréales, ou de l’arboriculture irriguée. Dans les régions montagneuses et vallonnées, ces sols sont soit pâturés de manière extensive soit restent sous couvert forestier. On les trouve aussi associés aux dunes de sable ou aux sols récents déposés dans les déserts.
<b>Leptosols</b> - FAO, 1988 Orthent- Soil Taxonomy, 1975 Sols minéraux bruts CPCS, 1967	Sols très peu profonds, apparaissant généralement sur des terrains de roches dures pentus à très pentus. Ces sols très sensibles à l’érosion devraient être laissés sous une végétation naturelle protectrice. Lorsqu’ils sont abîmés des mesures de conservation devraient être prises. Ils sont très présents en région méditerranéenne. La forêt et le pâturage extensif contrôlé sont les utilisations les plus adaptées.
<b>Rendzic leptosols</b> - FAO, 1988- soil Taxonomy, 1975 Rendzines - CPCS, 1967	Sols, toujours sur roche mère calcaire, riches en humus, souvent peu profonds, avec des taux élevés en graviers ; ils apparaissent souvent sur des terrains accidentés. Sur des pentes faibles, le développement d’une agriculture intensive est possible (olives, figes, vignes, orge, légumes, pâtures d’hiver). Sur les sols les plus en pente la forêt et le pâturage extensif contrôlé sont les utilisations les plus recommandées.
<b>Vertisols</b> - FAO, 1988	Sols souvent profonds et homogènes, caractérisés par des teneurs élevées en argiles gonflantes. Ils sont particulièrement représentés au Moyen Orient et au Maghreb. Ces sols sont à bon potentiel agricole mais ils doivent faire l’objet de pratiques agricoles spécifiques pour assurer un rendement durable. Leur faible maniabilité les rend peu aptes à l’agriculture de subsistance. A moins de disposer de puissants moyens de mécanisation et d’irrigation, ces sols sont plutôt destinés au pâturage.
<b>Luvisols chromiques</b> - FAO, 1988 Rhodoxeralfs - Soil Taxonomy, 1975 Sols rouges méditerranéens CPCS, 1967.	Sols généralement décarbonatés, mais riches en bases ; ils se développent sur différents matériaux. Les plus connus sont les terra rossa développées sur du calcaire dur. Dans les montagnes de Grèce, d’Albanie, d’Italie, de Turquie, ils sont de type caillouteux. Beaucoup sont dégradés, à cause des cultures, de la déforestation et du surpâturage. Ils sont encore largement utilisés dans tous les pays méditerranéens pour des cultures très diverses.
<b>Calcisols</b> - FAO, 1988 - Soil Taxonomy, 1975	Sols comportant souvent une accumulation significative de carbonate de calcium à leur base ; ils apparaissent sous les climats méditerranéens les plus secs. En Afrique du Nord, ce sont surtout des terrains peu pentus utilisés pour les céréales d’hiver et pour l’élevage extensif. En Espagne (Andalousie) et en Turquie (Anatolie de l’Ouest) ces sols se trouvent sur des reliefs vallonnés ou montagneux et sont souvent caillouteux. Les principales utilisations sont alors la vigne, le pâturage ou la forêt.

(Source : d’après CIHEAM, 1993 (26))

### III.5. Hydrologie



**Fig. 7 :** Réseau hydrographique du Parc National de Tlemcen (Source : PNT)

L'arrangement du relief, ainsi que l'abondance des roches imperméables l'argile-marneux, ont combiné leurs effets et ont permis la naissance d'un important réseau hydrographique. Ce dernier est en grande partie lié à l'évolution des phénomènes structurels qui ont affecté la région pendant les époques géologiques.

Le barrage du Meffrouche représente l'ensemble des ressources hydriques dans le PNT, ces ressources regroupant environ 36 sources à une circulation variable. Le barrage de 195 ha abrite régulièrement une avifaune riche incluant les tadornes casarca, le belon et le grand cormoran.

Le PNT renferme une hydrographie assez importante constituée par des oueds à régime temporaire, alimentés par les eaux provenant des points culminants des monts de Tlemcen. La majorité de ces oueds perdent leurs eaux dans les calcaires très perméables du Jurassique supérieur, ce qui diminue leur débit. Par contre cette eau chemine à travers des fissures et des cavités et donne par la suite de nombreuses surgescences (sources) éparpillées à travers le parc national. (Barka, 2009)

La majorité des oueds existant dans l'aire du parc national s'orientent vers le Nord pour se perdre enfin dans les hautes plaines tlemceniennes avec des pentes en long très faibles. L'oued Nachef qui assure actuellement l'alimentation du barrage d'El Meffrouche est l'oued le plus important dans le Parc National de Tlemcen il est à régime temporaire, coule sur une faible pente et est alimenté par de nombreuses sources. Il se replie juste après la barrage El Meffrouche en un réseau anastomose sous le mont d'oued safsaf qui se précipite par les cascades étagées sur l'escarpement rubéfié d'El Ourit. (Barka, 2009)

### **III.6. Patrimoines du Parc National de Tlemcen**

Le parc national de Tlemcen couvre des richesses naturelles et culturelles se résumant en un patrimoine forestier, faunistique et floristique ainsi que des sites naturels et archéologiques.

Le patrimoine forestier est essentiellement représenté par la chênaie qui est la formation la plus importante et se trouvant sous forme de peuplements mixtes à chêne liège, chêne vert et chêne Zeen.

La pinède est représentée essentiellement par la forêt domaniale de Tlemcen ce qui est un boisement datant de 1890 conçu pour la protection de la ville de Tlemcen. Elle joue par ailleurs la fonction d récréation et de loisir du fait que c'est le pôle d'attraction pour la population citadine surtout pendant les week-ends.

Les autres formations forestières existent sous forme de maquis et de peuplements de dégradation et se situent au niveau de la région de Ain-fezza et la région de l'Ourit.

#### **III.6.1. Patrimoine naturel**

Les sites pittoresques à travers le parc sont nombreux présentant des potentialités écotouristiques importante à savoir la région des cascades d'El Ourit et les grottes de Beni-Add

##### **III.6.1.1. Grottes de Beni-Add**

Ces fameuse grottes d'une superficie de 8500 m<sup>2</sup> jouissant d'une température constante de 13°, est composé d'un ensemble de galeries et de salles agrémentées de figurines, de colonnes creuses et sonores et de formes diverses de stalactites et stalagmites dont l'origine découle du phénomène de karstification.

### **III.6.1.2. Falaise de Lalla Setti**

La falaise de Lalla Setti est située au sud de la ville de Tlemcen, d'une superficie de 90 ha, elle domine la ville et ses alentours et offre un panorama pittoresque des plus rares. Le site fait l'objet d'implantation de plusieurs projets tels que le complexe de la nature

### **III.6.1.3. Barrage de Meffrouche**

- L'Oued Meffrouch prend naissance dans les monts de Tlemcen après avoir coulé pendant quelques temps sur le plateau rocheux qui se trouve au sud de la ville.

Il descend de la falaise en formant de grandes cascades, il prend le nom d'oued Saf-Saf puis d'oued Sikkak.

L'emplacement choisi pour le barrage se situe immédiatement en amont des - cascades et ce là à une altitude de 1100 m, surplombant ainsi la ville de Tlemcen.

### **III.6.2. Patrimoine culturel**

Le Parc National de Tlemcen, se distingue par sa particularité de renfermer un certain nombre de sites historiques et archéologiques classés faisant partie du patrimoine national, et compte tenu de la nécessité impérieuse de protéger et valoriser notre acquis culturel, ce patrimoine doit faire l'objet d'opérations de protection et de conservation.

Parmi ces sites on peut citer :

- Monument Historique « Sidi Abou IshaqTayar »
- Monument Historique « Agadir »
- Monument Historique de « Mansourah. »
- Monument Historique de « Sidi Boumediéne »

## **III.7. Richesses faunistiques et floristiques du Parc National de Tlemcen**

### **III.7.1. La faune**

Un patrimoine faunistique important qui s'élève à 174 espèces regroupant dans l'aire protégée dont 49 espèces sont protégées. On y trouve des espèces placées au sommet de chaîne trophique

a en citer les aigles, les faucons, les buses et les chacals, sont considérés plus fréquemment en vue des années antérieures du certainement a une relative sérénité qu'a connu certaines régions suite à l'absence des activités humaines.

Offrant ainsi des aires qui favorisent aussi bien l'accroissement et le développement de la perdrix gamba que la prolifération du sanglier (rareté des espèces prédatrices).

On compte 16 espèces de mammifères dans le Parc national de Tlemcen représentant ainsi 17.7% de l'ensemble de la faune nationale avec 8 espèces protégées ce qui représente aussi 17% de la faune mammalienne protégée.

**Tableau IV : Evaluation de la faune (Barka , 2009)**

Classe	Nombre	Ratio % sur National	Especies protegees	Ratio protegees /parc	Ratio potegees /natonal
Oiseaux	125	37	43	34.4	40
Mammifères	20	15.8	12	60	25
Reptiles	20	28.5	04	20	50
Batraciens	08	66.5	/	/	/
Insectes	33	/	02	/	/

Une centaine d'espèces est compte parmi l'ensemble de l'avifaune du parc, représentant ainsi 29%de l'avifaune nationale alors que celle protégée, au nombre de 38 ne représente que 34.5% du patrimoine avifaunistique protégé. On remarque aussi le retour et la sédentarisation de certaines espèces dont la bécasse de bois qui avait disparu pendant des années ainsi que la huppe fasciée et la tourterelle turque.

Au niveau du parc on dénombre 18 espèces de reptiles soit 25.7 % du patrimoine avec une seule espèce protégée correspondant ainsi a 12.5%

### III.7.2. La flore

La flore du parc national regroupe 754 espèces inventoriés à ce jour soit 31.6% de l'ensemble du Parc national et 22 espèces protégées soit 9.7% de la flore nationale protégée, 90 espèces a usage thérapeutique, 31 endémiques dont 09 endémiques a l'Oranie, 38 rares et 27 très rares.

**Tableau V : Evaluation des unites ecologiques**

Unites	% Faune	% Flore
Chenais	49	66
Pinedes	30	15.26
Falaises	37	49
Milieu aquatique	29	4
Garrigues	49	4
Terrains de culture	40	10.39

## IV. Etude bioclimatique

### IV.1. Introduction

Le climat représente les différentes conditions météorologiques moyennes d'une région (précipitations températures, vitesse des vents, ensoleillement, humidité, etc.) qui domine durant une longue période. L'Organisation météorologique mondiale oblige que la période doit être minimum 30 ans.

A l'échelle de la planète, le climat est le produit, dans l'espace et dans le temps, de toute une série d'interactions entre les éléments qui composent les différents compartiments :

- L'atmosphère ;
- La lithosphère (la croûte terrestre) ;
- L'hydrosphère (l'ensemble des mers, des océans, des lacs et des cours d'eau du planète) ;
- La cryosphère (les glaces du monde entier) ;
- La biosphère (l'ensemble des êtres vivants, en particulier la végétation).

Le climat d'Algérie été étudié analytiquement et synthétiquement par plusieurs auteurs dont **Seltzer (1946) ; Bagnouls et Gaussen (1953) ; Emberger (1954) ; Chaumont et Paquin (1971); Stewart (1975); Bottner (1981) ; Le Houerou (1995)**. Tous ces études ont prouvé que le climat algérien appartient au climat méditerranéen. L'Algérie, qui est un pays soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude, présente un climat de ce type qui est extra tropical tempéré. 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 supérieure à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien. **(Nedjraoui,2003)**

## **IV.2. Paramètres climatiques**

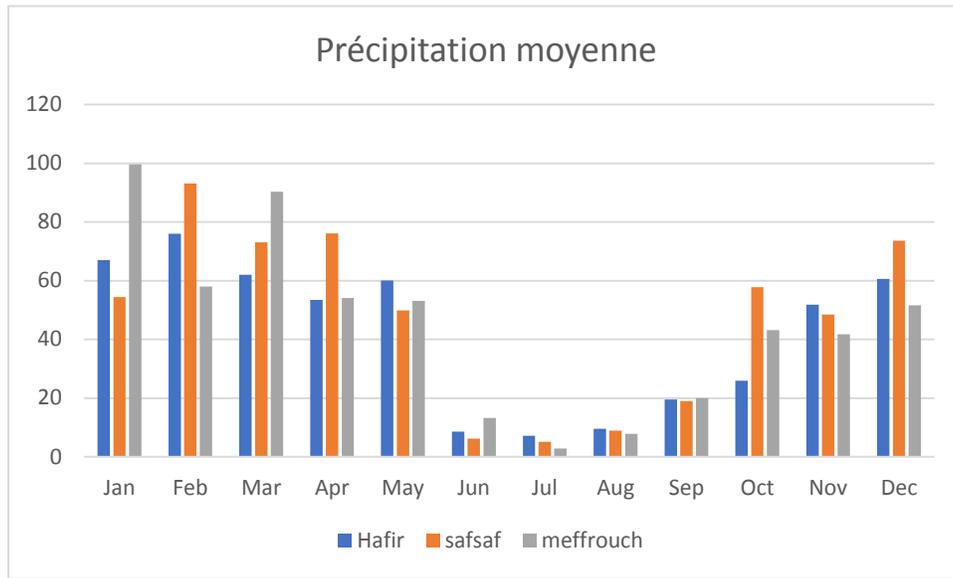
### **IV.2.1. Précipitation**

Les précipitations constituent l'un des facteurs majeurs qui détermine la répartition et la dynamique de la couverture végétale.

Comme le PNT est situé dans un climat méditerranéen, on observe une fluctuation des précipitations selon les saisons, une moyenne de précipitation élevée dans la période hivernale et une sécheresse dans la période estivale, qui est une irrégularité typique d'un climat méditerranéen.

**Tableau VI : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles de 3 stations météorologiques 1975-2016**

<b>Mois</b>	<b>J</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>Jt</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>Année</b>
<b>P (mm)</b>													
<b>Hafir</b>	67	76	62	53,4	60,1	8,6	7,2	9,5	19,5	25,9	51,8	60,6	<b>483,98</b>
<b>P(mm)</b>													
<b>Saf saf</b>	54,4	93,1	73,1	76,1	49,9	6,2	5,1	8,9	19,0	57,8	48,5	73,6	<b>585,6</b>
<b>P(mm)</b>													
<b>meffrouch</b>	99,6	58,0	90,3	54,06	53,1	13,2	2,8	7,8	19,9	43,2	41,7	51,6	<b>535,4</b>



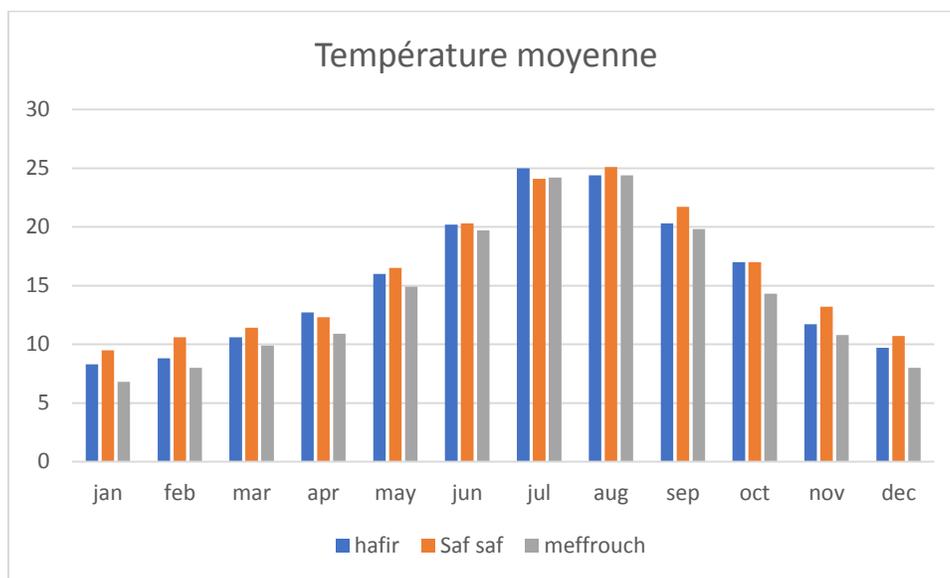
**Fig. 8 :** Moyennes mensuelles des précipitations (1975-2016)

#### IV.2.2. Température

Le facteur thermique a un impact fondamental dans plusieurs paramètres végétaux, y compris la croissance et la reproduction. Il joue aussi un rôle dans la détermination des aires de répartition des végétaux, car les végétaux sont sensibles aux températures extrêmes.

**Tableau VII :** Moyennes mensuelles des températures des 3 stations météorologiques. Période : (1984 – 2016).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Année
<b>T(°c)</b> <b>hafir</b>	8,3	8,8	10,6	12,7	16	20,2	25	24,4	20,3	17,0	11,7	9,7	15,38
<b>T(°c)</b> <b>Saf saf</b>	9,5	10,6	11,4	12,3	16,5	20,3	24,1	25,1	21,7	17,0	13,2	10,7	16,0
<b>T(°c)</b> <b>Meffrouch</b>	6,8	8	9,9	10,9	14,9	19,7	24,2	24,4	19,8	14,3	10,8	8	15,5



**Fig. 9 :** Les moyennes des températures des trois stations météorologiques (1984-2016)

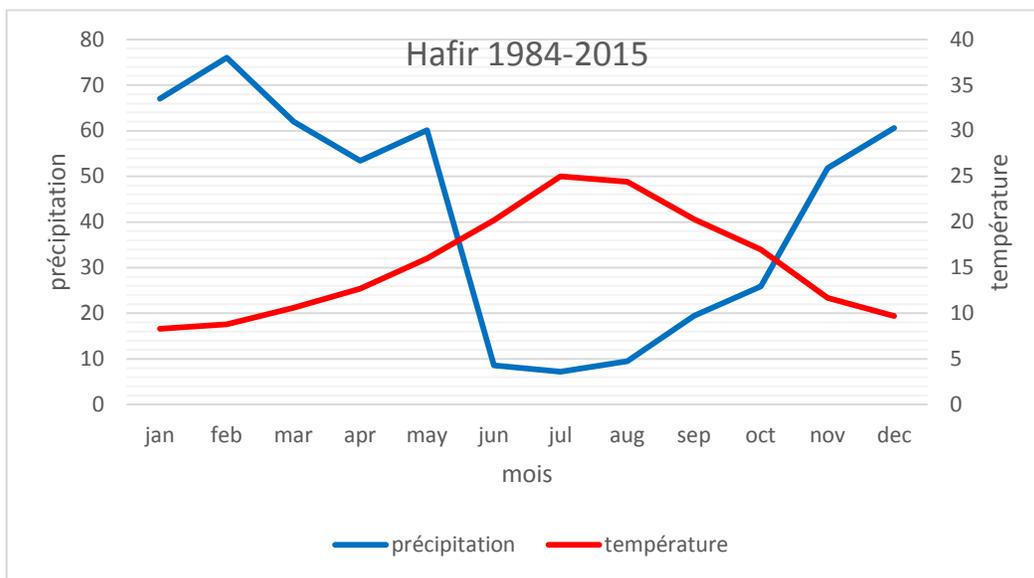
On observe que la période la plus chaude est dans la période estivale pour les 3 stations avec une température maximale de Hafir en juillet et pour Saf-saf et Mafrouche c'est en Aout. Pour la période la plus froide c'est dans la période hivernale avec la température la plus basse marqué en janvier pour toutes les stations.

### IV.3. Synthèse Bioclimatique

Pour mieux caractériser le climat d'une région précise, une synthèse bioclimatique doit être établie, cette synthèse consiste à réaliser le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen, ensuite le climagramme pluviométrique d'Emberger.

#### IV.3.1. Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme ombrothermique de (Bagnouls et Gaussen, 1953) est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année avec une échelle  $P=2T$  ou  $P < 2T$  c'est la précipitation et  $T$  c'est la température



**Fig. 10** : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Selon le diagramme ombrothermique de la station de Hafir, on remarque que la période de sécheresse se prolonge du mois de Mai jusqu'au mois d'octobre.

### IV.3.2. Climagramme d'Emberger

Le climagramme d'EMBERGER permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée. Il est déterminé à partir de la formule simplifiée de STEWART :

$$Q_3 = 3.43 * P / (M - m)$$

**P** : précipitation annuelle (mm)

**M** : la température maximale du mois le plus chaud en °C

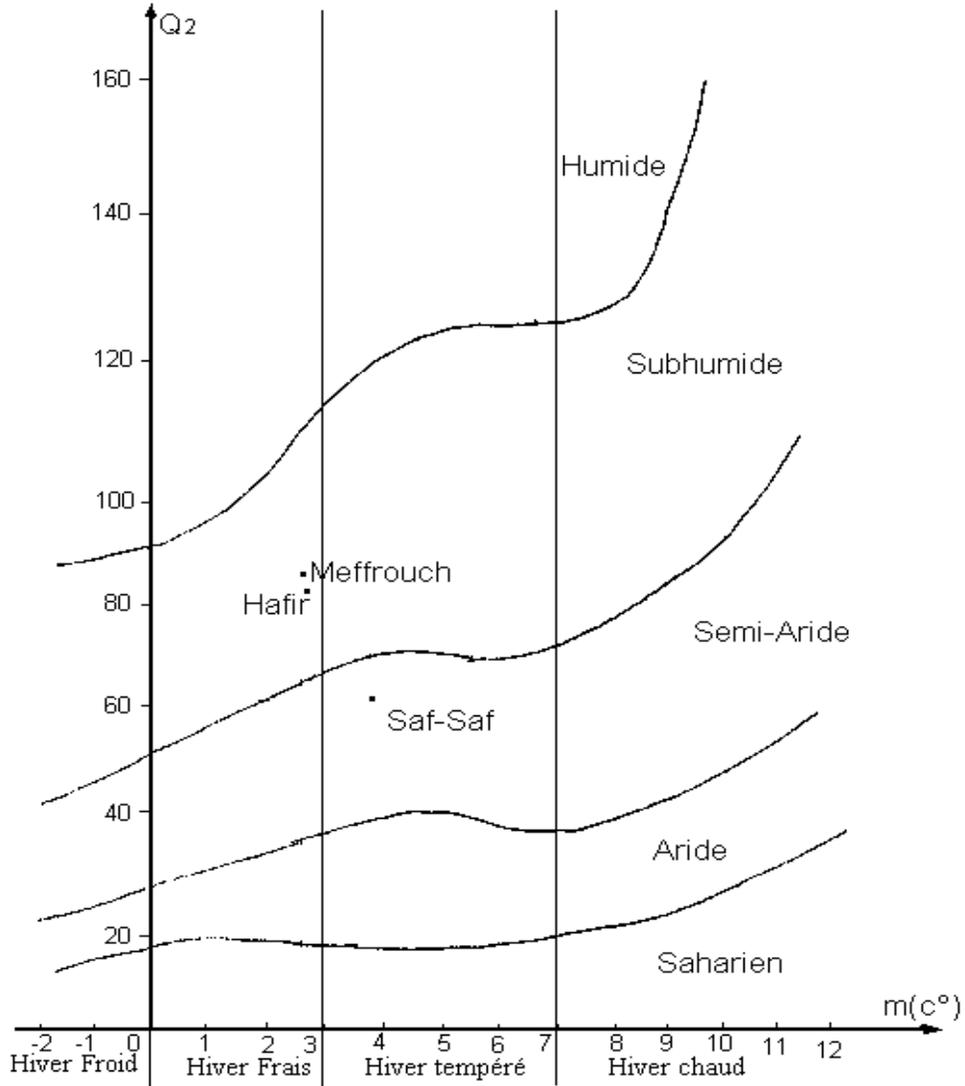
**m** : la température minimale du mois le plus froid en °C

L'avantage de ce climagramme c'est qu'il permet de comparer rapidement les différentes stations. Contrairement au climagramme de Bagnouls et Gaussen. Son inconvénient c'est qu'il manque les détails de chaque station, car les précipitations, les maxima et les minima ne sont pas apparents.

**Tableau VIII** : Les étages bioclimatiques des 3 stations météorologiques

Station	Q <sub>3</sub>	M(°C)	m(°C)	Etage bioclimatique
Saf-Saf	73,0	32,5	5,0	Semi-Aride à hivers tempéré
Hafir	57,1	32,35	3,2	Sub-Humide à hivers frais
Meffrouch	65,87	30,3	2,2	Sub-Humide à hivers frais

Donc à partir de tableau ci-dessus on conclut que le PNT se trouve dans une région bioclimatique subhumide inférieure et semi-aride supérieur.



**Fig. 11:** Climagramme d'Emberger (1952) des trois stations

Suite à cette étude bioclimatique, on peut conclure que la région d'étude reçoit suffisamment de pluies et présente des conditions de températures pas trop contraignantes pour entretenir une armature forestière importante.

# **Chapitre III**

## **Notions de la télédétection**

## **I. Introduction**

Depuis le lancement du premier satellite dédié à la collecte des informations des ressources terrestres (Landsat 1), plusieurs satellites américains, japonais, français et de l'agence spatiale européenne ont été mis en orbite. Un nombre considérable d'images ont été collectées et stockées. Les informations dérivées par les satellites ont été intensivement utilisées, et la télédétection est devenue la principale source de données et un outil essentiel pour la cartographie des sols, la surveillance de l'environnement et la mise à l'échelle des processus écologiques aux niveaux régionales et mondiales (**Plummer, 2000**). En outre, ce type de données offre des possibilités dans la modélisation des phénomènes écologiques (**Asner et al., 2003**). Les informations et les images archivées offrent de larges potentialités pour décrire les dynamiques spatiale et temporelle des caractéristiques végétales couvrant une période de plus de 40 ans.

## **II. Télédétection**

### **II.1 C'est quoi la télédétection ?**

Généralement, la télédétection se réfère aux activités d'enregistrement / observation / perception (détection) des objets ou des événements à des endroits éloignés (télé). Dans la télédétection, les capteurs ne sont pas en contact direct avec l'objet ou le phénomène observé., l'information a besoin d'un transporteur physique pour passer de l'objet / phénomène au capteur par un moyen intermédiaire, le rayonnement électromagnétique est normalement utilisé comme un porteur d'information dans la télédétection. (**Kumar, 2005**)

Dans le contexte environnementale la télédétection c'est la technologie d'enregistrement des énergies électromagnétiques qui provient des surfaces ou des objets de la surface terrestre, les océans ou l'atmosphère. (**Short, 2010**)

### **II.2. Domaines de la télédétection**

Avec le développement récent de la télédétection, des SIG et de la technologie de l'informatique, il est maintenant possible d'évaluer et de se surveiller la dynamique des

couvertures végétales et de l'occupation des sols à des échelles spatio-temporelles différentes. **(Hansen et DeFries, 2004).**

Les domaines d'utilisation de la télédétection sont très variés, on trouve plusieurs types des capteurs, avec plusieurs résolutions : la résolution temporelle, spectrale et spatiale ; chaque plateforme avec ces propres caractéristiques est utilisée dans un domaine compatible avec ces caractéristiques.

Parmi les différents domaines ou on peut appliquer la télédétection, on trouve :

Le domaine de la géologie et la géomorphologie, on peut utiliser la télédétection pour :

- L'actualisations des cartes géologiques existantes
- Identification des caractéristiques favorables à la localisation des minéraux
- La préparation des cartes tectoniques et linéaire
- La préparation des cartes géomorphologiques à l'échelle de 1 :250 000
- La surveillance des mouvements des dunes, des rivières et des ressources ...

Le domaine de cartographie de classification des sols qui est faite en trois dimensions, ce dernier dépend des processus géomorphiques, les facteurs environnementaux et les matériaux parentales. Les données de télédétection peuvent étudier la manifestation de surface (géomorphique) en améliorant l'efficacité des relevés de sol.

Le domaine des ressources hydriques : l'application des données acquises par la télédétection sont pratique pour :

- Cartographie des eaux de surface et des courants
- La cartographie des plaines d'inondation et la configuration des rivières avant et après les inondations
- Cartographie des couverts de neige
- La surveillance et l'étude des surfaces irrigué
- Détermination des potentialités des zones avec nappes phréatiques

Le domaine d'agriculture : les données fournis par la télédétection peuvent estimer la quantité de production des champs agricoles et même le bien être des cultures, ces informations sont très essentielles dans la sécurité alimentaire.

La cartographie forestière et végétale : la télédétection peut aider à fournir :

- Des informations sur l'étendue du couvert forestier et donner une idée générale des types de couverture forestière ;
- La détection des risques forestiers comme le feu, la maladie et l'abattage excessif

La cartographie de l'utilisation des terres : la connaissance de la répartition spatiale de la couverture terrestre / l'utilisation des terres d'une vaste zone revêt une grande importance pour les planificateurs régionaux et les administrateurs. Les méthodes terrestres conventionnelles nécessitent beaucoup de temps, coûteuses et non uniformes. Les données de télédétection peuvent être utilisées avec grand avantage pour obtenir des modèles d'utilisation des terres à jour de grande échelle à tout moment donné et surveiller également les changements qui se produisent au cours du temps.

### **II.3. Source d'énergie**

L'acquisition d'informations de la surface terrestre en utilisant des plates-formes de télédétection dépend de la mesure de l'énergie émanant de la région d'intérêt afin qu'une image puisse être formée. L'énergie peut provenir de la terre elle-même, ou elle peut être le reflet de l'énergie sur la surface de la Terre provenant d'une source externe telle que le soleil. Elle pourrait également provenir d'une source artificielle comme un laser ou un générateur d'une autre forme d'énergie rayonnante portée sur une plate-forme d'avion ou d'engin spatial. **(Richards, 2009)**

Le premier et le plus commun c'est le Soleil, l'étoile la plus proche de la Terre, qui est pour la télédétection une source d'illumination assez standard dans la gamme visible de la partie éclairée du monde. Une partie de l'énergie électromagnétique du Soleil dans la gamme visible est absorbée par l'atmosphère terrestre, se transmet en chaleur ou réémis par la couche d'ozone, ce qui reste est absorbé par les différents couvert terrestre, une autre partie est reflété, et ce qui reste est transformé en énergie par la photosynthèse ou absorbé par le sol.

La deuxième source d'énergie principale est la Terre elle-même. En émettant ce que l'on appelle généralement l'énergie thermique. Les capteurs conçus pour fonctionner dans ces longueurs d'onde en effet mesurent la température (et l'émissivité) de la Terre elle-même. Sur

cette gamme, l'énergie solaire réfléchi est très faible et peut être considérée comme insignifiante par rapport aux émissions thermiques.

La troisième source d'énergie est celle qui a été créée artificiellement. Dans le spectre des micro-ondes, où les longueurs d'ondes sont généralement 10 000 fois plus longues que celles de la lumière ou de la chaleur, les niveaux d'énergie de la lumière du soleil réfléchi et des émissions thermiques de la Terre sont si faibles par rapport aux micro-ondes que la Terre est presque sombres. Cela permet d'utiliser la technologie radar pour éclairer la Terre artificiellement avec une source d'énergie radio et ainsi créer une image des caractéristiques de surface de la Terre dans le spectre de longueurs d'ondes hyperfréquences. Cette technique est connue sous le nom de télédétection active par opposition à la télédétection passive, où le soleil ou la terre fournissent la principale source d'énergie

#### **II.4. Interactions du rayonnement avec l'atmosphère**

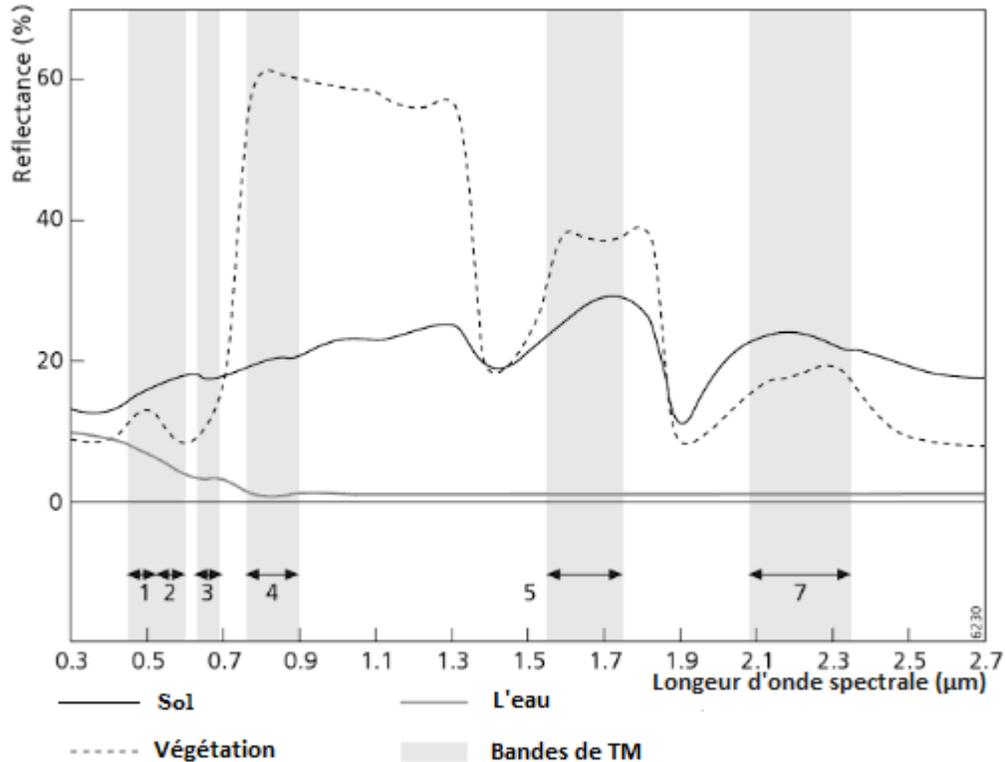
Avant que le rayonnement solaire atteigne la surface terrestre, l'atmosphère l'influence. En outre, l'atmosphère influencera le rayonnement solaire réfléchi ou les rayonnements émis par un objet sur la surface de la terre avant qu'un capteur ne le détecte. L'atmosphère se compose principalement d'azote moléculaire et d'oxygène. En plus, elle contient de la vapeur d'eau et des particules (aérosols) tels que les gouttelettes d'eau, la poussière, la suie et les cristaux de glace. Les changements de rayonnement peuvent varier en fonction de la longueur d'onde, de l'atmosphère et de l'angle zénithale solaire.

#### **II.5. Interactions des rayonnements avec la surface terrestre**

Lorsque le rayonnement électromagnétique atteint un objet sur la surface de la Terre, il peut être transmis, absorbé ou réfléchi. L'amplitude mutuelle de ces processus est déterminée par les propriétés de l'objet.

En télédétection, nous pouvons mesurer la quantité de rayonnement solaire réfléchi en fonction de la longueur d'onde, appelée réflexion spectrale. La réflectance spectrale de certains objets est différente les uns des autres. L'eau absorbe la plupart des rayonnements entrants et ne

reflète qu'une faible quantité de rayonnement dans la partie visible du spectre. Les sols présentent une courbe de réflexion spectrale plus ou moins lisse.



**Fig. 12 :** Courbes de réflectance spectrale typiques de l'eau du sol et de la végétation (De Jong et Van Der Meer, 2006)

## II.6. Enregistrement du signal par le capteur

Des scanners sont utilisés pour enregistrer la lumière du soleil réfléchi dans le domaine optique, ces scanners sont montés sur des plates-formes aériennes ou spatiales. Un scanner scanne systématiquement la surface de la Terre en mesurant ainsi l'énergie électromagnétique réfléchie par la zone observée. Ces mesures sont effectuées simultanément pour plusieurs bandes de longueur d'onde et c'est l'origine du nom scanner multi-spectral. Une bande de longueur

d'onde est un intervalle du spectre électromagnétique pour lequel la réflectance moyenne est mesurée. Deux types de scanners multi-spectral sont les plus utilisés.

## **II.7. Transmission et la réception des données**

Les données obtenues lors des missions aéroportées de télédétection peuvent être récupérées une fois l'avion atterri. Elle peut ensuite être traité et livré à l'utilisateur final. Cependant, les données acquises sur les plates-formes satellitaires doivent être transmises électroniquement à la Terre, car le satellite continue de rester en orbite pendant sa durée de vie opérationnelle.

Il existe trois options principales pour transmettre les données acquises par les satellites à la surface. Les données peuvent être transmises directement à la Terre si une Station de réception terrestre (SRT) est dans la ligne de visée du satellite. Si ce n'est pas le cas, les données peuvent être enregistrées à bord du satellite pour la transmission à un SRT ultérieurement. Les données peuvent également être transmises au SRT via le système TDRSS (système de suivi et des relais des données satellitaire), qui consiste en une série de satellites de communication en orbite géosynchrone. Les données sont transmises d'un satellite à l'autre jusqu'à ce qu'elles atteignent le SRT approprié.

## **III. Rayonnement électromagnétique**

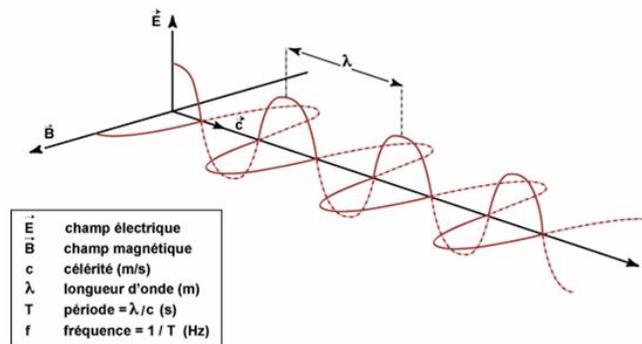
### **III.1. Définition**

Le rayonnement électromagnétique est une des formes d'émission de l'énergie dans la nature, la forme la plus familière des rayonnements électromagnétiques est la lumière visible perçue par l'œil humain. Le rayonnement électromagnétique peut également être considéré comme un déplacement de particules élémentaires représentant une quantité d'énergie (optique énergétique et quantique).

### III.2. Ondes électromagnétiques

Une onde électromagnétique comporte à la fois un champ électrique et un champ magnétique oscillant à la même fréquence. Ces deux champs, perpendiculaires l'un par rapport à l'autre se propagent dans un milieu selon une direction orthogonale (fig. ci-dessous). (UVED, 2008)

La propagation de ces ondes s'effectue à une vitesse qui dépend du milieu considéré. Dans le vide, la vitesse de propagation est égale à  $3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .



**Fig. 13** : nature et propagation d'une onde électromagnétique. D'après (Bonn et Rochon, 1992)

La longueur d'onde et la fréquence sont inversement proportionnelles et unies par la relation suivante :

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

Où

-  $\lambda$  : longueur d'onde de l'onde électromagnétique

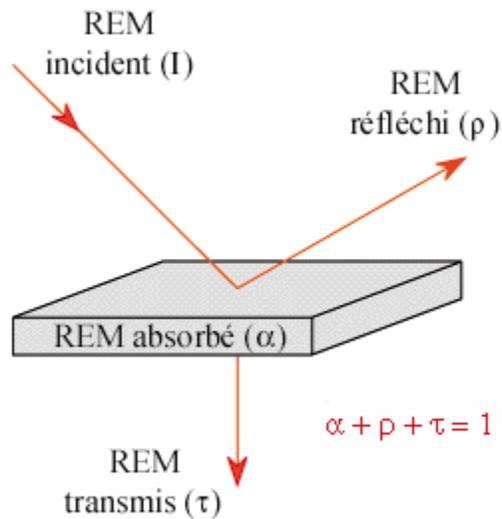
-  $c$  : vitesse de la lumière ( $3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ )

-  $\nu$  : la fréquence de l'onde

Donc, plus la longueur d'onde est petite, plus la fréquence est élevée, et réciproquement.

### III.3. Interaction du rayonnement électromagnétique (REM)

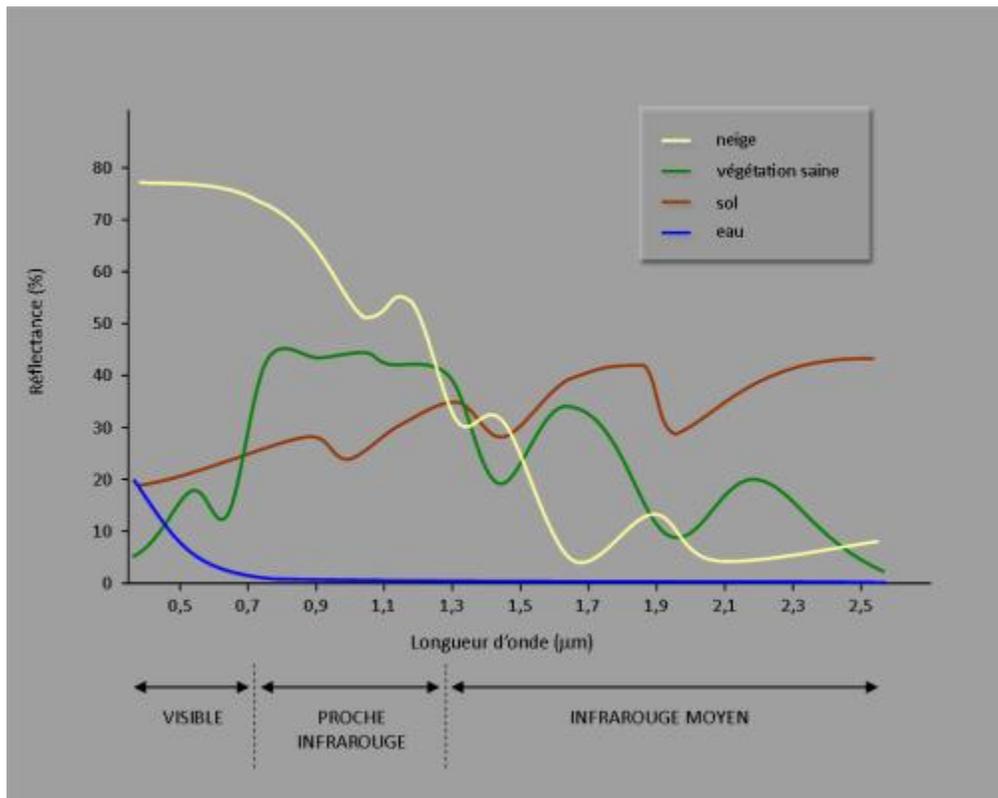
Lorsque le rayonnement électromagnétique atteint un objet, une partie des longueurs d'onde est réfléchiées par l'objet, certaines longueurs d'onde sont absorbées et ce qui reste est transmis à travers l'objet



**Fig. 14** : Interactions du rayonnement électromagnétique avec la matière - absorption, réflexion, transmission. Source : (Bonn et Rochon, 1992)

### IV. Signature spectrale des principales surfaces naturelles

Les objets sur la surface de la terre ne se composent pas des mêmes éléments, c'est pour cela que chaque objet réagit différemment avec le rayonnement électromagnétique incident. A cause de ces paramètres que chaque objet a sa propre signature spectrale qui le rend séparable des autres objets dans les images satellitaires. Cette figure montre quelques exemples des différents signatures spectrales.



**Fig. 15 :** signatures spectrales des surfaces naturelles dans le domaine du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen (UVED, 2008)

#### IV.1. Signature spectrale de la végétation

La signature spectrale de la végétation a une faible réflectance dans la région optique dépend en grande partie de la présence de pigments. Le plus important est la chlorophylle, qui a des maxima d'absorption à 0,45 et 0,65 µm (respectivement, bleu et rouge) et, par conséquent, donne lieu à un maximum de réflectance spectrale à environ 0,55 µm. C'est l'explication de la couleur verte de beaucoup de matière végétale. Les autres pigments botaniques importants sont le carotène et la xanthophylle (qui donnent des spectres de réflectance orange-jaune) et les anthocyanines (rouge-violet). Ces derniers pigments dominent à l'automne, lorsque la chlorophylle se décompose en plusieurs espèces et donne lieu aux couleurs des feuilles d'automne. La forte réflexion de la végétation dans l'infrarouge proche, environ entre 0,7 et 1,3 µm, est un effet de diffusion du volume. Elle est principalement causé par de multiples réflexions

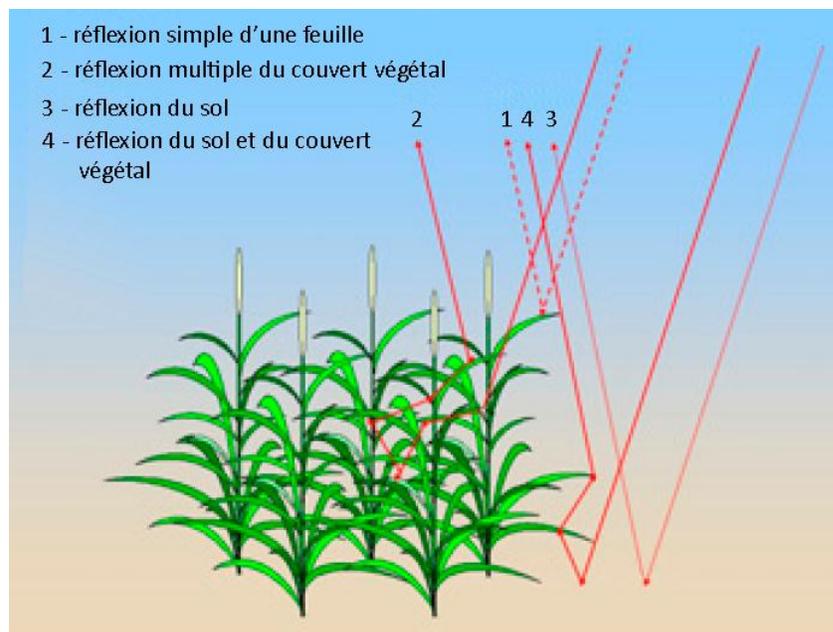
internes du rayonnement provenant des parois cellulaires hydratées dans la mésophylle des feuilles, avec peu d'absorption. (Rees, 2001).

#### IV.1.1 Variation de la signature spectrale des végétations

Les différentes structures des formations végétales et leur propriétés optiques des feuilles est le facteur qui distingue certain réflectance de espèces végétales mesurer par les capteurs des satellites de télédétection

##### IV.1.1.1. Caractérisation de la structure d'un couvert végétal

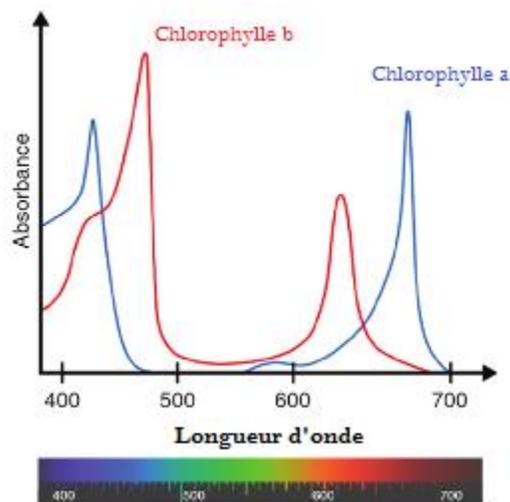
Lorsque on compare la couverture végétale de deux régions, même s'ils avaient les mêmes espèces végétales, ils auront pas les mêmes caractéristiques spectrales, car les réflectances mesurer par la télédétection ne dépend pas qu'au type d'espèce, mais aussi à la structure des formations végétales, les paramètres de structure de la canopée, l'angle d'inclinaison des feuilles, et l'organisation spatiale des peuplements, leur agencement, leur densité, ainsi que le taux de recouvrement du sol etc...



**Fig. 16 :** Les interactions entre le sol et la végétation, intégrées au niveau de la mesure satellitaire. (Fensholt, 2003)

#### IV.1.1.2 Les propriétés optiques des feuilles

La classe dominante de pigments en termes de concentration, de fonction et de distribution dans les auvents végétaux est la chlorophylle (...) Les principaux types dans les plantes supérieures sont la chlorophylle a et b. La chlorophylle se trouve dans les chloroplastes (...) L'activité optique de la chlorophylle réside dans sa capacité à absorber le rayonnement solaire, et il est particulièrement efficace pour absorber dans la région visible de la lumière, à une bande d'ondes de 400-700 nm (fig. 17). L'absorption de l'énergie contenue dans les photons de lumière est la première étape de la fixation photosynthétique du CO<sub>2</sub> (...) La chlorophylle a, b et c diffèrent légèrement en structure chimique et diffèrent légèrement dans leurs spectres d'absorption (...). Cependant, les chlorophylles sont très bonnes à absorber les parties rouge / orange et bleu du spectre et ont une faible absorbance dans la partie verte et jaune du spectre, ce qui explique pourquoi les feuilles saines sont vertes (**Eamus et al., 2016**).



**Fig. 17** : Le spectre d'absorption des chlorophylles a et b (Source : Wikipedia.org)

## **V. Traitements en télédétection**

Dans le cadre de l'analyse numérique des données de télédétection, le prétraitement se réfère à des opérations qui sont préliminaires à l'analyse des images. Les opérations typiques de prétraitement peuvent inclure

- Prétraitement radiométrique pour ajuster les valeurs numériques pour les effets de l'atmosphère
- Prétraitement géométrique pour amener une image à s'inscrire avec une carte ou une autre image.

Une fois les corrections apportées, les données peuvent ensuite être soumises aux analyses. Ainsi, le prétraitement forme une phase préparatoire qui, en principe, améliore la qualité de l'image comme base pour des analyses ultérieures qui vont extraire les informations de l'image (**Campbell et Wynne, 2011**).

## **VI. Analyse d'une image**

### **VI.1. Classification non supervisée**

Cette classification implique des algorithmes qui examinent les pixels inconnus dans une image et les agrègent en plusieurs classes en fonction des groupements naturels ou des groupes présents dans les valeurs d'image. Il fonctionne très bien dans les cas où les valeurs dans un type de couverture donné sont proches l'une de l'autre dans l'espace de mesure, les données dans différentes classes sont comparativement bien séparées.

Il existe de nombreux algorithmes de classements qui peuvent être utilisés pour déterminer les groupements spectraux naturels présents dans l'ensemble de données. Une forme commune de classification, appelée approche "K-means" également appelée ISODATA (Interaction Self-Organizing Data Analysis Technique), accepte de l'analyste le nombre de classements à localiser dans les données. L'algorithme arbitrairement localise, ce nombre de centres de classement dans l'espace de mesure multidimensionnel.

## VI.2. Classification supervisée

La classification supervisée peut être définie comme le processus d'échantillons d'identité connue pour classer les pixels d'identité inconnue. Les échantillons d'identité connue sont les pixels situés dans les zones d'instruction. Les pixels situés dans ces zones désignent les échantillons de repère utilisés pour guider l'algorithme de classification pour affecter des valeurs spectrales spécifiques à une classe d'information appropriée.

Les zones d'instruction sont des zones d'identité connues délimitées sur l'image numérique, généralement en spécifiant les points d'angle d'une zone rectangulaire ou polygonale en utilisant les numéros de ligne et de colonne dans le système de coordonnées de l'image numérique.

## VII. Indices de végétation

Les végétaux réfléchissent des différents rayons électromagnétiques dans des différents bandes spectrales par rapport à leur caractéristiques, les utilisateurs selon leurs types d'étude concentrent sur une des longueurs d'onde spécifiques ou la combinaison des différentes longueurs d'onde captées par les satellites de télédétection pour mieux comprendre ou suivre un phénomène ou un état précis.

### VII.1. Principaux indices de végétation

Il existe plusieurs indices de végétation développés par les chercheurs par rapport au données disponibles et les phénomènes étudiés ; parmi ces indices on trouve des indices simple et facile à utiliser, et des autres qui sont complexe et demande un très haut niveau de compétence dans le domaine de télédétection et des données de bonne résolution.

Parmi ces indices on cite :

- **L'indice de végétation (Jordan, 1969)**

Aussi connu sous le nom RVI, il est établi par l'équation suivante :

$$RVI = \frac{\rho_{PIR}}{\rho_R}$$

- **Indice différentiel de végétation :**

Cet indice est égal à la différence entre les bandes du proche infrarouge et les bandes de rouge. (Bacour et al., 2006), il est défini par l'équation suivante :

$$DVI = \rho_{PIR} - \rho_R$$

- **L'indice de NDVI :**

Aussi connu sous le nom indice de végétation par différence normalisé ou le NDVI, il est défini par l'équation suivante :

$$NDVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + \rho_R}$$

Ses valeurs sont comprises entre  $-1 \leq NDVI \leq +1$ . Les fortes valeurs ( $>0,3$ ) indiquent systématiquement une surface végétale ; plus ces valeurs sont fortes plus le couvert est dense. Les valeurs les plus faibles ( $<0,1$ ) caractérisent les types de couverts plus clairsemés (Bannari et al., 1995 ; Mather, 1999 ; Robin, 2002).

Bien que le NDVI soit sensible au sol et à la diffusion atmosphérique, il reste un bon indicateur de la quantité de végétation (Henerby, 1993). En outre, c'est un indice qui reste insensible à la topographie (Mather, 1999 ; Robin, 2002).

# Chapitre IV

## Matériels et méthodes

## **I. Introduction**

Il est important dans une étude comme celle-ci de pouvoir analyser la couverture végétale pour identifier les zones de changement au-cours du temp. Pour cette étude on a utilisé plusieurs données au fil du temp pour savoir la dynamique de la couverture végétale dans le Parc National de Tlemcen. Des images satellitaires du programme Landsat ont été utiliser dans cette étude.

Le but de cette étude est de fournir au différents acteurs (décideurs, gestionnaires, etc...) des outils pratiques dans la gestion et le promouvoir du patrimoine végétal du Parc National, autrement, on voulut évaluer les efforts mise par la direction du PNT dans le cadre de la préservation du patrimoine et la réhabilitation du couvert végétale soumis à la dégradation au sein de territoire du parc. Dans ce but, on a procédé à une étude chronologique des images acquises en 1987 (Landsat 5 TM), en 2003 (Landsat 7 ETM<sup>+</sup>) et en 2017 (Landsat 8 OLI), pour analyser la dynamique de la couverture végétale.

Pour cela, l'approche employer est basé sur les points suivants :

- L'analyse du dynamique de la couverture végétale et la compréhension des changements en fonction des efforts mise par la direction du PNT et les événements naturels.
- L'instauration des cartes de végétation sur la base des images satellitaires du Landsat.
- Déterminer les zones dégradées, en cours de dégradation ou de restaurer.

## **II. Outils utilisés**

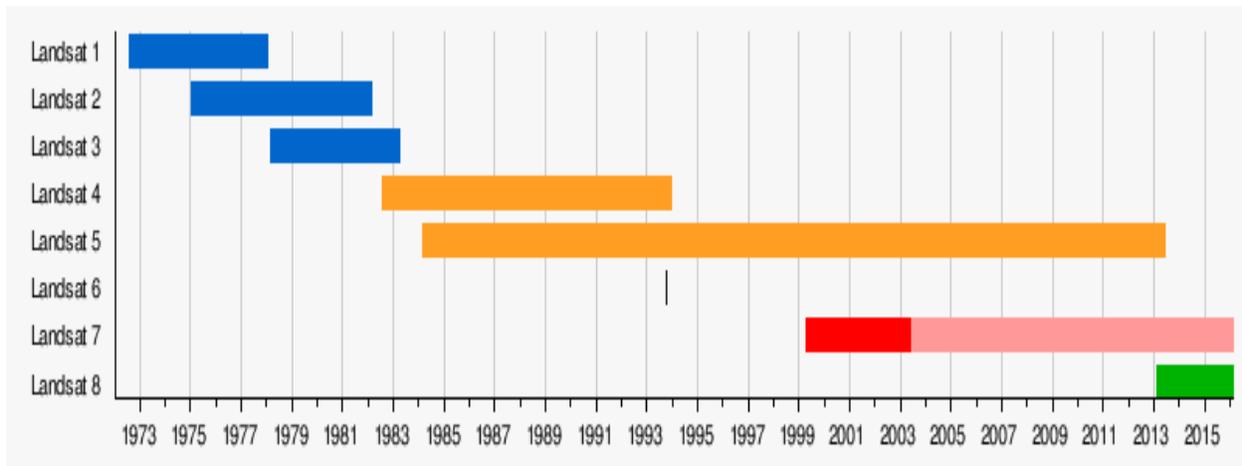
Comme outil d'analyse des images satellitaire, on a utilisé le programme ENVI. Acronyme de « L'environnement pour la visualisation des images », c'est un logiciel utilisé pour traiter et analyser les images géospatiales. Il est utilisé dans la télédétection par les analystes d'image. ENVI regroupe un certain nombre d'algorithmes scientifiques pour le traitement d'image qui permet aux utilisateurs d'accomplir des tâches complexes.

Parmi les taches faisables par ENVI, le prétraitement des images satellitaire, l'analyse des données spectrales contenues dans les images et l'analyse de végétation par différents indices comme NDVI.

### III. Les données utilisées

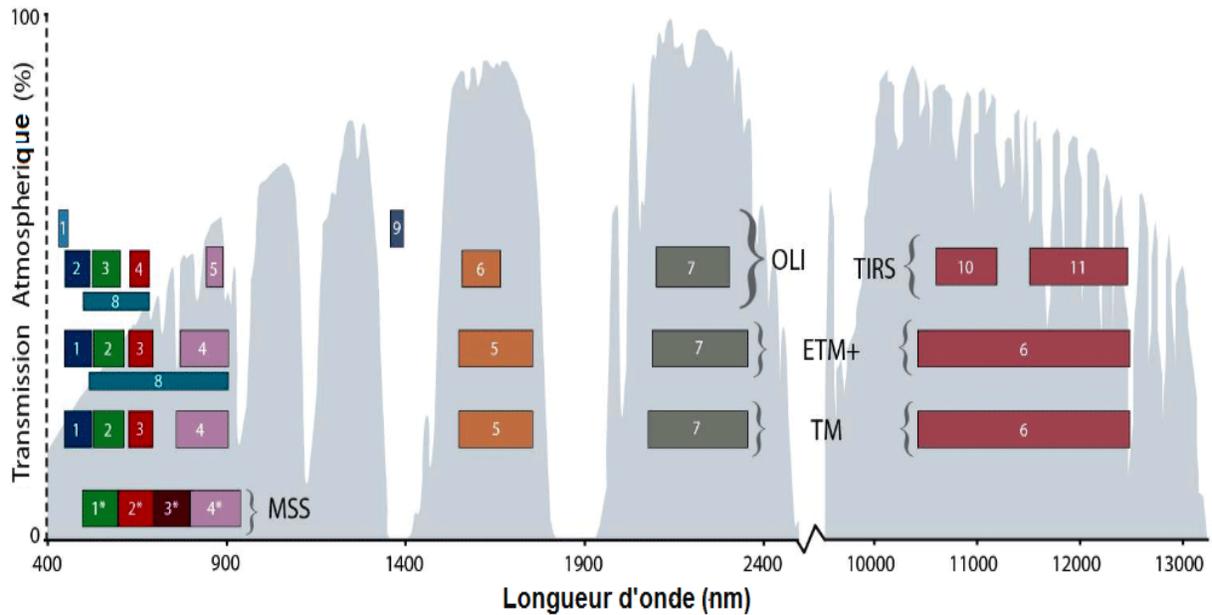
Pour cette étude on a utilisé des images satellitaires fournis par plusieurs satellites du programme Landsat qui représente la plus longue collection mondiale de données de télédétection terrestre par satellite. Le programme Landsat est une série de missions satellitaires d'observation de la Terre gérées conjointement par la NASA et la Commission géologique des États-Unis, et ces images fournissent une ressource unique pour les études d'agriculture, la géologie, la foresterie, l'aménagement du territoire, la cartographie et la recherche sur les changements globaux.

Le programme a commencé en 1972 par le lancement du premier satellite, (Earth Resources Technology Satellite) ultérieurement renommé Landsat. Depuis, 7 autres satellites ont été mise en orbite. Les capteurs montés sur ces satellites ont évolué du RBV (Return Beam Vidicon) et MSS (Multi-Spectral Scanner) en ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) et OLI (Operational Land imager)



**Fig. 18** : Chronologie de lancement des satellites Landsat.

La résolution spatiale des capteurs monté sur les satellites de Landsat a développé de 80m de résolution à 30m (jusqu'à 15m pour le mode panchromatique), et des bandes spectrales passant du visible et proche infrarouge jusqu'au loin infra-rouge et la bande thermique. La fig. ci-dessus montre les longueurs d'onde de chaque capteur des satellites de Landsat.



**Fig. 19** : les longueurs d'onde capté par les différents capteurs (source : USGS)

Les images de Landsat ont été choisi pour leur répétitive, leur disponibilité sur une longue période et les informations qu'elles présentes pour plusieurs études. La période de prise de vue des images est la même pour les trois scènes, elle était choisie en mars pour éviter les changements saisonniers de la couverture végétale.

#### IV. L'analyse des données

Dans la télédétection on ne peut pas interpréter les images directement de la source, plusieurs analyses et prétraitement doivent être accomplis pour déterminer les caractéristiques de ces images et éliminer les bruits et les facteurs externes qui peuvent influencer la précision des données.

## **IV.1. Prétraitement**

Le prétraitement des données est une étape importante dans le travail analytique de la télédétection et souvent le plus long. Des exemples de tâches de prétraitement comprennent la correction géométrique des images pour améliorer la précision de position, la coupe d'images pour économiser l'espace de disque et préciser les régions d'intérêts, la correction des effets atmosphériques pour améliorer les qualités spectrales d'une image et d'autres tâches selon les différentes applications.

### **IV.1.1 Correction atmosphérique**

Du soleil à la terre et de la terre au capteur, le rayonnement électromagnétique passe à travers l'atmosphère deux fois. L'absorption et la diffusion par des particules dans l'atmosphère modifient le rayonnement électromagnétique, l'absorption réduit l'intensité et la diffusion redirige l'énergie électromagnétique dans l'atmosphère provoquant un effet où les pixels voisins sont partagés. Ces deux phénomènes affectent la qualité d'une image et sont la principale raison de la correction atmosphérique.

Pour la correction atmosphérique, le DOS (Dark Object Substraction) est souvent la méthode recommandée pour les applications de classification et de détection de changement dans la couverture végétale. Cette méthode suppose l'existence d'une réflectance de surface nulle ou très petite. La valeur DN (Digital Number) minimale dans l'histogramme d'une scène entière est soustraite de tous les pixels.

### **IV.1.2. Correction géométrique**

Les images acquises par les satellites d'observation de la Terre ne peuvent être transformés directement en cartes, car elles sont géométriquement déformées ceci est dues à des erreurs dans le positionnement du satellite sur son orbite, le fait que la Terre tourne sur son axe lorsque l'image est enregistrée. Certaines déformations, telles que les effets de la rotation de la Terre et des angles de caméra, sont prévisibles. Ils peuvent donc être calculés et les valeurs de correction appliquées systématiquement.

Pour les images acquises par Landsat, elles sont prétraitées géométriquement et géo-référenciées de la source avant publication, qui facilite le travail des utilisateurs des images.

#### **IV.1.3. Correction radiométrique**

Lorsque l'énergie électromagnétique réfléchiée par la surface terrestre est enregistrée par un capteur à bord d'un engin spatial, l'énergie observée ne correspond pas avec l'énergie réfléchiée par le même objet observé à une courte distance. Ceci est dû aux conditions atmosphériques, l'azimut et l'élévation du soleil, la sensibilité du capteur, etc., ceci influence l'énergie observée par le capteur. Donc, afin d'obtenir la réflectance réelle, ces déformations radiométriques doivent être corrigées.

Il existe 3 types de correction radiométrique :

- 1- Correction radiométrique des effets due à la sensibilité du capteur
- 2- Correction radiométrique pour l'angle du soleil
- 3- Correction radiométrique pour la topographie

#### **IV.2. Choix de composition colorée**

Le choix des couleurs des données de télédétection est important pour une interprétation visuelle efficace.

Une image en couleur peut être générée en composant trois images multi-bandes sélectionnées à l'aide de trois couleurs primaires (Rouge, Vert et Bleu). Différentes images en couleur peuvent être obtenues en fonction de la sélection d'images à trois bandes et de l'attribution des trois couleurs primaires.

Lorsque trois filtres de RVB sont attribués aux mêmes régions spectrales de rouge, de vert et de bleu, presque la même couleur que l'échelle naturelle, peut être reproduit et s'appelle composite de couleur naturelle

Les images multi-bandes ne sont pas toujours divisées dans les mêmes régions spectrales que les filtres de couleurs primaires (RVB). De plus, des régions invisibles, comme les infrarouges doivent être affichées en couleur. Comme un composite de couleur avec une bande infrarouge n'est plus une couleur naturelle, il s'appelle un composite de fausses couleurs.

## **V. Approche méthodologique**

La méthode suivie pour étudier la dynamique de la couverture végétale au sein du PNT était par une évaluation quantitative de l'organisation spatiale de la couverture végétale sur un échelle temporelle de 30 ans à partir des images satellitaires.

### **V.1. Approche visuelle**

Cette méthode consiste à l'interprétation a l'œil nu des 3 images après prétraitement et affichage par une composite de couleur naturelle et un composite de fausse couleur.

Cette méthode n'est pas très fiable à cause des différents facteurs qui peuvent intervenir dans le processus de l'interprétation comme la réflexion du sol, on peut la suivre pour déterminer les changements très aigus.

### **V.2. Approche statistique « classification d'image »**

L'objectif général des procédures de classification d'image est de classer automatiquement tous les pixels d'une image dans des classes ou des thèmes de couverture terrestre. Souvent cela se fait en utilisant des motifs spectraux (**Lillesand *et al.*, 2015**).

La technique qu'on a choisie pour classer les images est la classification non-supervisé, dans cette technique les pixels sont regroupés en fonction des propriétés de réflexion des pixels. L'utilisateur identifie le nombre de classes à générer et les bandes à utiliser. Avec cette information, le logiciel de classification d'image génère des classes. Il existe différents algorithmes de regroupement d'images tels que K-means et ISODATA.

#### **V.2.1. Validation de la classification**

Pour la validation de la classification, on a effectué une reconnaissance visuelle des classes selon les images à haute résolution de google earth et TerraServer qui sont utilisés comme source d'information pour valider la carte de recouvrement.

### **V.3. Détection de changement par calcul du NDVI**

Pour étudier le taux de changement de la couverture végétale, on a calculé le NDVI de chaque image satellitaire du PNT. Le NDVI comme mentionné précédemment dépend de la différence entre la réflectance du rouge et l'infra-rouge.

$$NDVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + \rho_R}$$

# Chapitre V

## Résultats et discussions

## **I. Analyse des images satellitaires**

Le prétraitement des images satellites par correction atmosphérique et radiométrique nous a permis d'éliminer les facteurs qui perturbent la qualité des images, qui en effet a amélioré la précision des résultats.

Pour la première étape on a utilisé le logiciel ENVI 5.3 pour convertir les valeurs numériques en valeurs de luminance pour les calibrer en réflectance, cette étape nous a permis de bien différencier la végétation dans le PNT.

## **II. Application d'indice de NDVI**

Chaque image a fait l'objet du calcul de l'indice NDVI correspondant aux trois années (1987, 2003 et 2017). Les résultats sont présentés dans les fig.s 20, 21 et 22 respectivement.



**Fig. 20** : Visualisation de l'indice de l'NDVI du PNT en 1987.

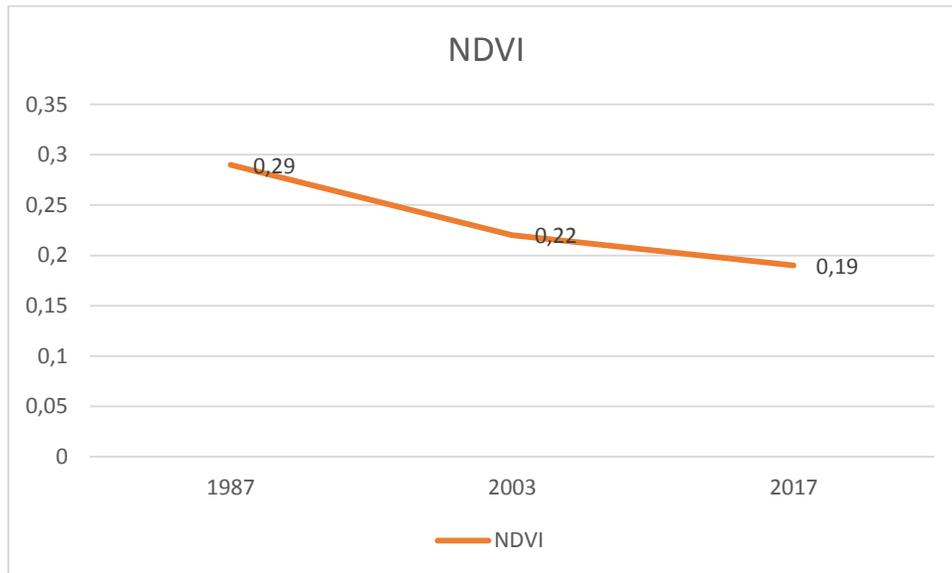


**Fig. 21** : Visualisation de l'indice NDVI du PNT en 2003



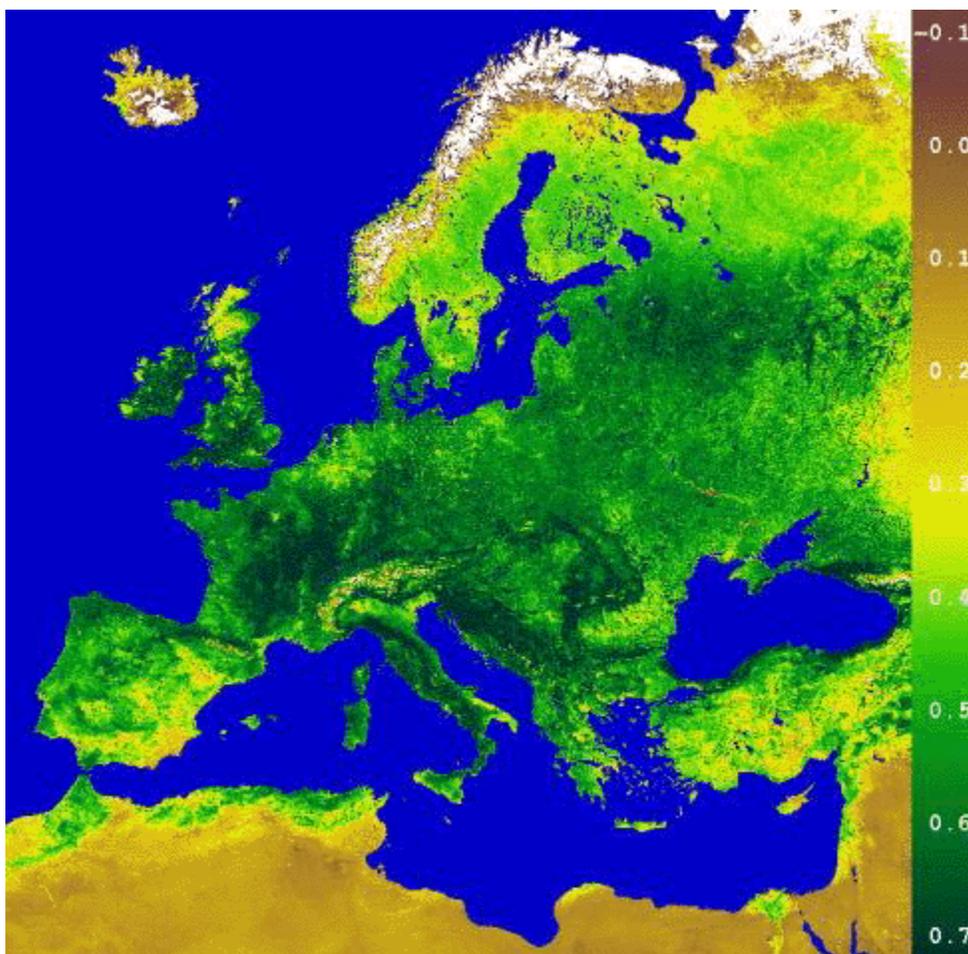
**Fig. 22** : Visualisation de l'indice NDVI du PNT en 2017

Les valeurs d'indice NDVI varient généralement de 0,2 à 0,8, les valeurs plus importantes représentant des surfaces plus vertes. Les sols nus vont d'environ 0,1 à 0,2.



**Fig. 23** : les valeurs de NDVI pendant 30 ans

Les valeurs d'NDVI estimé dans notre étude sont : 0.29, 0.22, 0.19 respectivement aux années 1987, 2003, 2017 comme représenté dans le graphe au-dessous, on observe une diminution significative des valeurs de NDVI, ce qui suggère une dégradation de la couverture végétale durant une période de trente ans que couvre les trois images Landsat.



**Fig. 24 :** le NDVI en Europe et le nord-Afrique (Source : centre des données de télédétection allemand).

### **III. Classification non-supervisé**

La classification non-supervisé est la méthode de classification retenue. Elle était réalisée par le logiciel ENVI, La classification non supervisé produit une image dans laquelle un certain nombre de classes sont identifiées par l'utilisateur et chaque pixel est affecté à une classe. L'utilisateur devra attribuer des étiquettes significatives à chaque classe. Les classes doivent souvent être combinées pour créer une carte significative.

### III.1. Détermination des classes

Pour notre étude on a pu décrire la végétation du PNT en 5 classes :

**Végétation dense :** Cette classe est représentée par des forêts de chêne, le chêne vert (*Quercus ilex*) qui se développe sur tous les sols relativement secs et le chêne liège (*Quercus suber*) qui se développe sur des sols siliceux, avec la présence des pinèdes généralement des pins d'Alep (*Pinus halipensis*).

**Végétation dégradée :** Généralement des matorrals qui se caractérisent par la domination des arbustes avec des feuilles persistantes, larges et petites, rigides et épaisses, avec des petits arbres parfois présents avec ou sans sous-bois (**Blondel et Aronson, 1999**)

**Végétation très dégradée :** Généralement des maquis dégradés et garrigues qui contiennent une association des végétaux dépassant rarement le stade arbustif, ces plantes sont caractérisées par leur résistance à la sécheresse et sont endémique à la région méditerranéenne.

**Végétation clairsemée :** Des garrigues dégradés où la végétation arbustive y est moins dense et la strate arboré est absente, dispersé sur toute la zone, ces garrigues sont dominées essentiellement par : le Jujubier sauvage (*Ziziphus lotus*), l'asphodèle (*Asphodelus microcarpus*), le Palmier nain (*Chamaerops humilis*) ...etc.

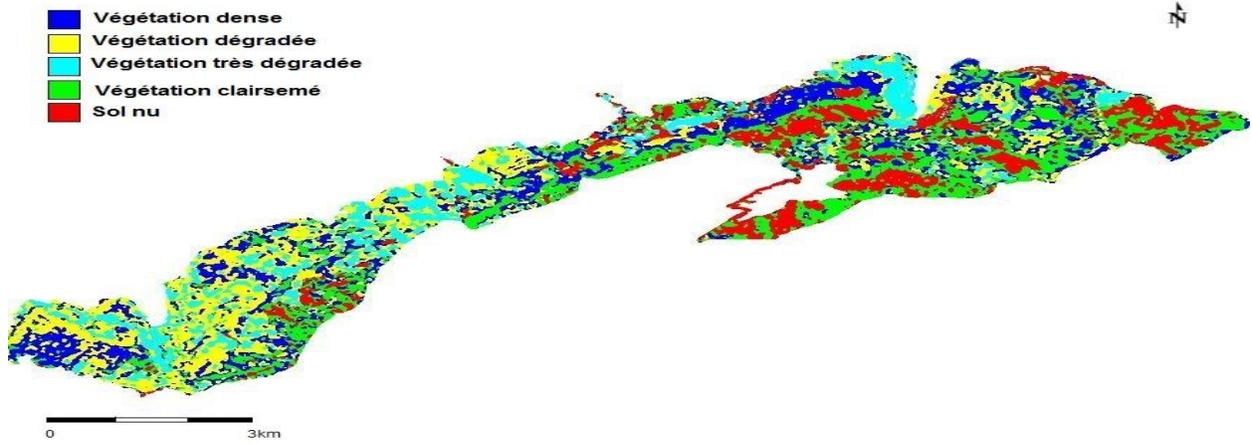
**Sols nus :** Cette classe englobe les sols nus des formations à base de thérophytes (ermes).

### III.2. Résultats de la classification

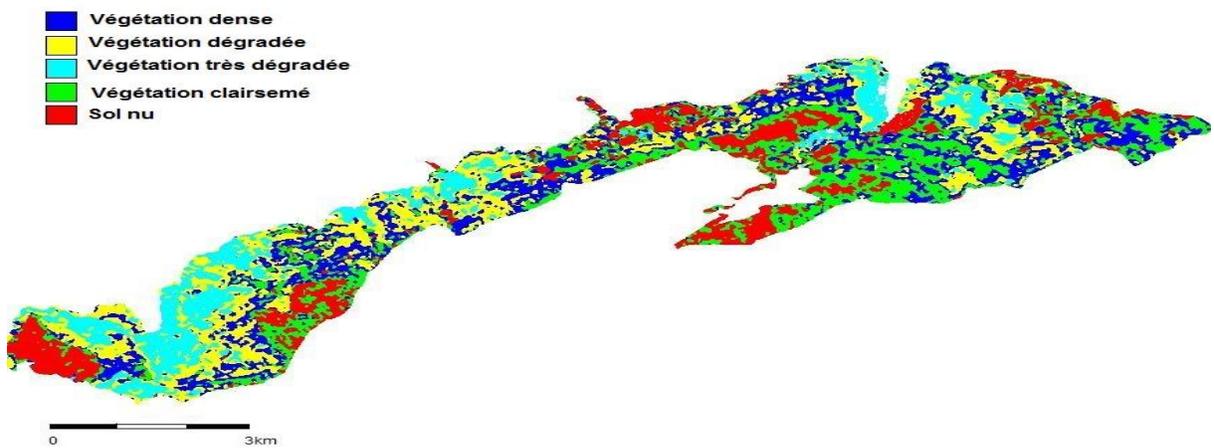
**Tableau IX** : moyenne d'NDVI et écart-type de chaque classe

<b>Classe</b>	<b>Végétation dense</b>	<b>Végétation dégradée</b>	<b>Végétation très dégradée</b>	<b>Végétation clairsemée</b>	<b>Sol nu</b>
<b>Moyenne NDVI</b>	0,45	0,36	0,29	0,22	0,13
<b>Ecart-type</b>	0,05	0,037	0,035	0,036	0,046

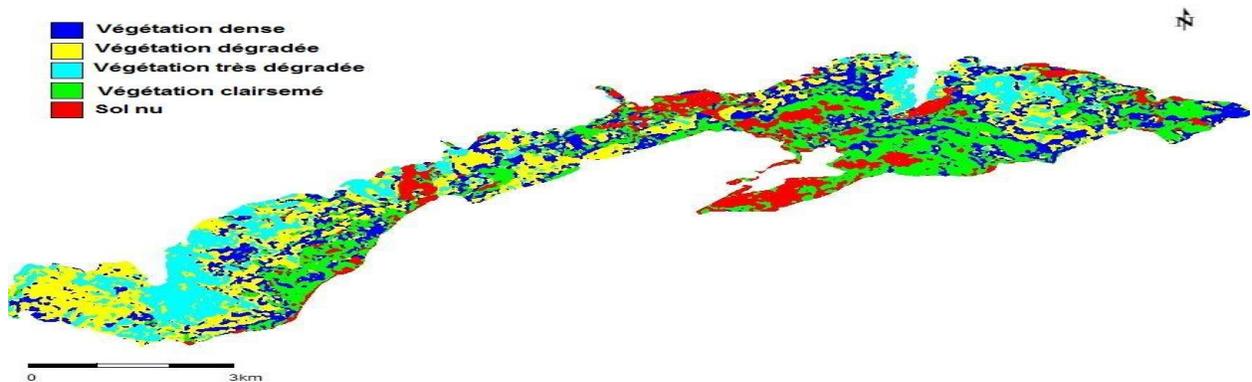
Les images NDVI ont été soumises à une classification non supervisée avec un nombre de 5 classes qui sont : végétation dense, végétation dégradée, végétation très dégradée et végétation clairsemée et sol nu. Par ailleurs, le barrage de Mafrouche (étendue d'eau) n'était pas concerné par cette classification et donc on a du faire un mask. Les fig. (25,26,27) représentent les images classifiées des années 1987, 2003 et 2017.



**Fig. 25 :** Image classée du PNT pour l'année 1987



**Fig. 26 :** Image classée du PNT pour l'année 2003



**Fig. 27 :** Image classée du PNT pour l'année 2017

#### IV. Succession de la couverture végétale du PNT

Les résultats obtenus par la classification des images satellitaires (1987, 2003 et 2017) par le logiciel ENVI ont permis de quantifier chaque classe des couvertures végétales et leur répartition dans le PNT.

##### IV.1. Etat de la végétation pour chaque période

Les tableaux ci-dessus montrent les superficies de chaque classe dans les périodes étudiées (1987, 2003, et 2017) et leur pourcentage du paysage

**Tableau X** : Superficie de chaque classe pour l'année de 1987

Les classes	Superficie (m <sup>2</sup> )	Pourcentage
Végétation dense	18 531 000	23,12%
Végétation dégradée	19 836 900	24,75%
Végétation très dégradée	11 114 100	13,86%
Végétation clairsemée	18 451 800	23,02%
Sol nu	12 210 300	15,23%

**Tableau XI** : Superficie de chaque classe pour l'année de 2003

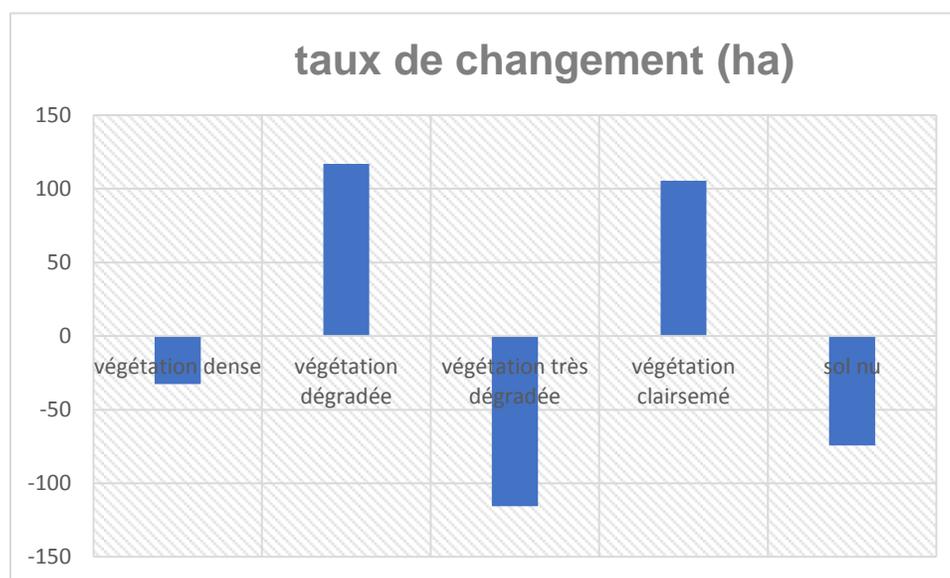
Les classes	Superficie (m <sup>2</sup> )	Pourcentage
Végétation dense	18 857 700	23,53%
Végétation dégradée	18 667 800	23,29%
Végétation très dégradée	12 268 800	15,30%
Végétation clairsemée	17 397 000	21,71%
Sol nu	12 952 800	16,16%

**Tableau XII :** Superficie de chaque classe pour l'année 2017

Les classes	Superficie (m <sup>2</sup> )	Pourcentage
Végétation dense	11 394 000	14,12%
Végétation dégradée	18 099 900	22,44%
Végétation très dégradée	17 982 900	22,29%
Végétation clairsemée	16 736 400	20,75%
Sol nu	16 442 100	20,38%

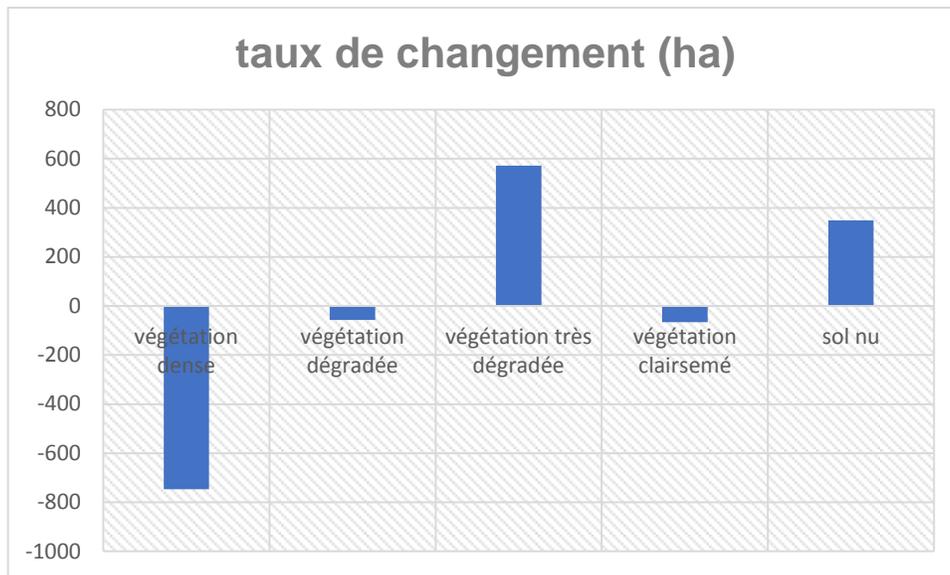
### V. La dynamique de la couverture végétale entre 1987-2003

La dynamique de couverture pour la période entre 1987-2003 a connu une régression de la végétation dense et la végétation très dégradée (dégradation) par une superficie de 32 ha pour la forêt dense et 115 ha pour le maquis dense, par contre la végétation dégradée et la végétation clairsemée ont eu plus de 100 ha de superficie, Les sols nu ont perdus 74 ha de leur superficie totale en 2003.



**Fig. 28 :** Le taux de changement (ha) pour la période entre 1987-2003

La dynamique de la couverture végétale pour la période entre 2003 et 2017 a connu encore une régression de la superficie des forêts dense par 139 ha, les forêts claires ont connus une progression par 185 ha, le maquis dense a connu une progression par 72 ha, les maquis clairs ont connus la progression la plus élevé par une superficie de 239 ha, les sols nus ont régressé par une superficie de 300 ha, cette régression est dû au régénération des végétaux après plusieurs incendies qui ont touchés les forêts du Hafir en 2003.

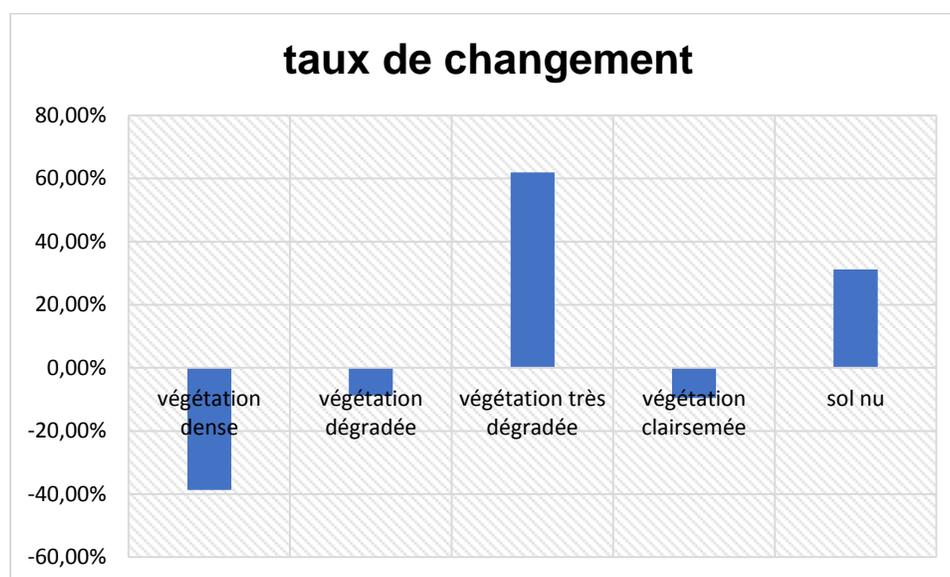


**Fig. 29 :** Le taux de changement (ha) pour la période entre 2003-2017

La dynamique de la couverture végétale du PNT a connu une régression de forêt dense par plus de 700 ha dans les dernières 30 ans, la plupart des surfaces des forêts dense c'est transformé en forêt claire par une superficie de 700 ha et 296 ha en maquis dense, par contre les sols nus ont progressé par plus de 300 ha, les maquis denses sont les classes les plus progressé par 680 ha.

**Tableau XIII** : Taux de changement de chaque classe pour la période de 1987-2017

Classes	Superficie 1987 (ha)	Superficie 2017 (ha)	Différence (ha)	Taux de changement
<b>Sol nu</b>	1222,92	1604,43	381,51	<b>+ 31,19%</b>
<b>Végétation clairsemé</b>	1846,17	1669,5	-176,67	<b>- 9,56%</b>
<b>Végétation dense</b>	1852,98	1136,97	-716,01	<b>- 38,64%</b>
<b>Végétation dégradée</b>	1982,25	1809,63	-172,62	<b>- 8,70%</b>
<b>Végétation très dégradée</b>	1112,24	1796,22	683,98	<b>+ 61,49%</b>



**Fig. 30** : Le taux de changement en ha de la végétation de 1987 à 2017

On constate que pour la période étudiée, soit 30 ans, une dégradation sévère de la végétation dense par un taux de 38% de la superficie initiale en 1987 est observé. Également, la végétation dégradée et la végétation clairsemé ont aussi perdus de superficie dans le période de 30 an étudié, soit un taux de 8,70% et 9,56% respectivement de leur superficie initiale en 1987. Le gain le plus remarqué dans cette dynamique est la végétation très dégradée par un taux de changement de plus de 61% de sa superficie initiale repéré en 1987.

## Conclusion

Le PNT a connu depuis plusieurs années une forte pression anthropique sous formes de défrichement, de surpâturage et des incendies très fréquentes, ces pressions avec le bétonnage anarchique et quelque facteurs naturels ont entamé une dégradation de la couverture végétale du PNT.

Cette étude par télédétection a permis l'étude de la dynamique de la couverture végétale au sein du PNT pour une période de 30 ans, commençant par le prétraitement suivi par application des indices de végétation et classification des différentes classes de la végétation de 3 échantillons des images satellitaires du Landsat 5, Landsat 7, et Landsat 8 des différents période (1987, 2003 et 2017). Cette étude a pour but de savoir la dynamique de la couverture végétale dans le PNT à partir de 1987 jusqu'à 2017, ces études ont été authentifié par le calcul d'NDVI de chaque image satellitaire.

Le suivi de la dynamique du couvert végétale dans le PNT par analyse des images satellitaires de plusieurs années (1987,2003 et 2017) ont exposé une dégradation de la couverture végétale au sein du PNT par diminution de la valeur du NDVI dans l'échelle temporelle, les valeurs d'NDVI de chaque période sont comme suit :

- Valeur d'NDVI en 1987 : 0.29
- Valeur d'NDVI en 2003 : 0.22
- Valeur d'NDVI en 2017 : 0.19

Cette diminution des valeurs d'NDVI suggère une dégradation du couvert végétale du PNT.

La classification de la couverture végétale et son suivi pour la période de 30 an allant du 1987 jusqu'au 2017 a montré les surfaces les plus susceptible et menacé par la dégradation, l'étude des données de télédétection exprime des changements suivants :

- Régression de surface des végétations dense par 38% de sa superficie initiale en 1987.
- Régression de surface des végétations dégradées par 8,70%
- Une évolution de végétation très dégradée par plus de 61%
- Régression de la surface de végétation clairsemé par un taux de 9,5%
- Extension des sols nus par un taux de 31%

La carte établis par cette étude a démontré une forte régression de la forêt de Tlemcen y compris la forêt de Zarifet, Hafir et la forêt domaniale de Tlemcen, la régression du forêt est estimé a une perte de 700 ha, cette perte est très alarmante et des actions doivent être appuie pour diminuer cette régression. On outre, cette carte a montré que les zones les plus affecté par cette dégradation sont le plateau de Lala-Setti qui était convertis à une cité touristique, ce projet a diminué la couverture végétale et affecte la forêt domaniale de Tlemcen, en plus la zone ou la conservation de chasse était bâtis a aussi connu une forte régression de la couverture végétale, cette zone a totalement changé d'être une forêt à une terre de sol nu, cette zone a vraiment subis une forte dégradation qui est en train de se dégrader de plus en plus.

En perspectives, une étude avec des images d'une résolution plus élevé peut être établis pour avoir des analyses plus précises de la dynamique de la couverture végétale et mieux identifier les zones plus vulnérables à la dégradation pour mieux orienter les efforts de réhabilitation des écosystèmes dégradé.

Cette étude a dévoilé l'état de la dynamique du couvert végétale dans le PNT et a montré les zones où il y'avait une forte dégradation et qui nécessite une intervention rapide et efficace pour diminuer le taux de dégradation et réhabiliter ces zones avant que l'écosystème vas atteindre un état ou la réhabilitation ne sera plus possible et efficace.

# **Références bibliographiques**

- Abdelmadji D., Boutkhal M., Mohammed H., 2015.** L'érosion et le ruissellement des sols rouges dans les monts de Zariffet-Algérie : utilisation de simulation de pluies. *Cinq Continents* 5 (12): 138-156
- Adler P.B., Milchunas D.G., Lauenroth W.K., Sala O.E., Burke I.C., 2004.** Functional traits of graminoids in semi-arid steppes: a test of grazing histories. *Journal of Applied Ecology*, 41: 653-663.
- Ammar Khoudja M., 1986.** Etude de la dynamique de la végétation du maquis dans la région de MECHTRAS (Grande Kabylie), mémoire ingénieur, ENSA, El Harrach, Algérie, 71p.
- Asner G. P., Scurlock J. M., & Hicke J. A., 2003.** Global synthesis of leaf area index observations: Implications for ecological and remote sensing studies. *Global Ecology and Biogeography*, 12, 91–205.
- Aubouin J., Gaussen H., Harant H., 2001.** « MÉDITERRANÉENNE AIRE », *Encyclopædia Universalis* [en ligne],. URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/aire-mediterraneenne/>
- Auzias D., Labourdette J., 2010.** Guide de l'écotourisme. 2 édition, Paris, 384 p. (Collection Petit futé).
- Bacour C., Breon F.M., Maignan F., 2006.** Normalization of the directional effects in NOAA - AVHRR reflectance measurements for an improved monitoring of vegetation cycles. *Remote Sensing of Environment*, 102, n°3-4, 402-413.
- Bannari A., Morin D., Bonn F., Huete A. R., 1995** A review of vegetation indices. *Remote sensing Reviews*, Vol. 13, p. 95-120.
- Barka F., 2009.** Contribution à l'étude de la biodiversité végétale dans le Parc National de Tlemcen et la stratégie de préservation pour un développement durable., Mémoire de Magister., Université de Tlemcen.
- Barrett E. C., 1999.** Introduction to Environmental Remote Sensing. Abingdon, United Kingdom: Routledge.
- Bastin, Y., Allegrini, C., 2011.** Vocabulaire forestier : écologie, gestion et conservation des espaces boisés, AgroParisTech, pp. 168
- Benest M., 1985.** Evolution de la plate-forme de l'Ouest Algérien et du Nord-Est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : stratigraphie, milieux de dépôt et dynamique sédimentaire. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, n° 95, 581 p., 145 fig., 23 pl.

**Benmansour B., 2008.** La géologie de Tlemcen en Algérie (étude bibliographique) publier sur le site : <http://www.recy.net/frame.php?url=http://www.recy.net/actualites/20080428-geologie-Tlemcen-algerie.php>

**Blondel J., Aronson J., 1999.** Biology and wildlife of the Mediterranean region, New York, Oxford press

**Bonin G., Aubert M., Barbero J., Gamisans M., Gruber R., Loisel P., Quézel H., Sandoz M., Thinon G., Vedrenne., 1983.** Mise en évidence de la dynamique de quelques écosystèmes forestiers et préforestiers provençaux aux étages méditerranéens S.L. à l'aide des taxons indicateurs, Vegetation Vol. 54, No. 2, pp. 79-96

**Bonn F., Rochon G., 1992.** Précis de télédétection. Volume 1 : Principes et méthodes. AUPELF-UREF. Québec, Montréal : coll. Presses Universitaires

**Campbell J. B et Wynne R. H., 2011.** Introduction to Remote Sensing., New York: The Guilford press, Vol. 5.

**Casson S. A., Martin G. V., Watson A., Stringer A., Kormos C. F., 2016.** Wilderness Protected Areas: Management guidelines for IUCN Category 1b protected areas. IUCN

**Centre National de la Propreté Forestière., 2011.** Exploitation forestière – Généralités. pp., 1

**Chape S., Spalding M., Jenkins M., 2008.** World protected areas. Los Angeles: University of California Press.

**CIHEAM., 1999.** Institut Agronomique Méditerranéen de Zaragoza/ CCE. DG I (Relations extérieures) -Etat de l'Agriculture en Méditerranée. Les sols dans la région méditerranéenne : utilisation, gestion et perspectives d'évolution-Cahiers Options Méditerranéennes, vol. 1, n° 2-Zaragoza (ESP)-Institut Agronomique Méditerranéen de Zaragoza-269 p.

**Clements F. E., 1916.** Plant succession: An analysis of the development of vegetation. Carnegie institute. Wash. Publ. 242. 1-512.

**Collins S.L., Knapp A.K., Briggs J.M., Blair J.M., Steinauer E.M., 1998.** Modulation of diversity by grazing and mowing in native tallgrass prairie. Science, 280 : 745

**Convention Relative to The Preservation of Fauna and Flora in Their Natural State., 1933.** archived from the original on 2012-08-06, retrieved 2012- 08-06

- De Jong M. S., Van der Meer D. F., 2006.** Remote Sensing Image Analysis: Including the Spatial Domain. Dordrecht: Springer
- DGF., 2007.** Rapport sur la politique forestière et stratégique d'aménagement et de développement durable des ressources forestières et alfatières.
- Eamus D., Huete A., Yu, Q., 2016.** Vegetation Dynamics: A Synthesis of Plant Ecophysiology, Remote Sensing and modelling. New York: Cambridge University Press. pp. 47-48
- Emberger L., 1954.** Une classification biogéographique des climats. Rec. Trav. Lab.Bot. Géol. Zool. Univ. Montpellier, série Bot., n°7, pp 3-43.
- FAO., 2016.** Rapport d'état des forets, p3
- Fensholt R., 2003.** Assessment of primary production in a semi - arid environment from satellite data: exploiting capabilities of new sensors. Institute of Geography, University of Copenhagen, Denmark. 270p. – PhD
- Ferchichi A., 1999.** Les parcours de la Tunisie présaharienne : Pntialités, état de desertification et problématique d'aménagement. Options Méditerranéennes ; 39 : 137-41.
- Gausсен et Bagnouls., 1953.** Saison sèche et indice xéothermique. Revue de géographie de Lyon. Vol 29., n 3, pp. 269
- Ghazi A., 2009.** Rapport national de reflexion sur le secteur des forets (attenuation). ONU.
- Gleason H. A., 1927.** Further views on the succession concept. Ecology, 8, 229-326
- Greco J., 1966.** L'érosion, la défense et la restauration des sols, le reboisement en Algérie. Pub. Univ. Agr. Révolution Agraire. Algérie.
- Hansen M. C. et DeFries R. S., 2004.** Detecting long-term global forest change using continuous fields of tree cover maps from 8 Km advanced very high-resolution radiometer (AVHRR) data from 1982-99. Ecosystems, 7. 695-716.
- Heddadj D., 1997.** La lutte contre l'érosion en Algérie. Bull. réseau-érosion n° 17, Edit. IRD, Montpellier, 168-175.
- Henerby G. M., 1993** Detecting change in grasslands using measures of spatial dependence with Landsat ETM+. Remote sensing of environment, 46, p. 233-234.  
<http://www.un.org/geninfo/bp/enviro.html>

**Kinloch, Bruce., 1972.** The shamba raiders : memories of a game warden. (2 ed.). Hampshire: Ashford

**Kumar S., 2005.** Basics of remote sensing and GIS, Firewall media.

**Lambin E., Helmut F., Geist J., 2008.** Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts, Springer Science & Business Media

**Lillesand T. M., Kiefer R. W., Chipman J. W., 2015.** Remote sensing and image interpretation, Wiley publications, 7<sup>th</sup> edition, pp. 537

**Longaretti P.Y., 2013.** Changements globaux. Agathe Euzen, Laurence Eymard, Françoise Gaill. Le développement durable a découvert, CNRS éditions, pp.40-41, 2013, A découvert, 978-2-271-07896-4. <Hal-00934342>

**Mather, P. M., 1999** Computer processing of remotely-sensed images – An introduction. Edition John Wiley & Sons, Toronto, New York, 292 p.

**Mazzei L., Sist P., Ruschel A., Putz F., Marco P., Pena W., Ribeiro-Ferreira J. E., 2010.** Above-ground biomass dynamics after reduced-impact logging in Eastern Amazon. Forest Ecology and Management. 259 : 367 373.

**Meddour, S.O., Derridj, A., 2012.** Bilan des feux de forêts en Algérie : analyse spatiotemporelle et cartographie du risque (période 1985-2010). Article de recherche, 23 : 133–41.

**MINISTÈRE DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT (MATE), 2000.** Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement en Algérie.

**Monzón J., Moyer-Horner L. et Palamar M. B., 2010.** Climate Change and Species Range Dynamics in Protected Areas BioScience, Vol. 61, No. 10, pp. 752-761,

**Moumani, M., 2005.** Problématique de l'utilisation des espaces agraires dans les aires protégées : cas du parc national de Tlemcen, aménagement et gestion écologique. Mémoire de Magister en Foresterie. Option : Aménagement des écosystèmes forestiers et steppique. Univ de Tlemcen.

**Narayan, L. R. A., 1999.** Remote sensing and its applications. Universities press, Hyderabad, India.,

**Nedjraoui, B., 2003.** Profil fourrager ALGERIE. FAO

**Nemani, R., Running, S.W., 1996.** Implementation of a Hierarchical Global Vegetation Classification in Ecosystem Function Models, Journal of Vegetation Science, Vol. 7, No. 3, pp. 337-346.

**Plummer, S. E., 2000.** Perspectives on combining ecological process models and remotely sensed data. *Ecological Modelling*, 129, 169–186.

**Rees, W. G., 2001.** Physical principles of remote sensing. United Kingdom: Cambridge university press. pp. 79-81.

**Richards, J. A., 2009.** Remote Sensing with Imaging Radar., New York: Springer.

**Robin M., 2002** Télédétection – Des satellites aux SIG. Édition Nathan université, 2<sup>ème</sup> édition, Paris, 318 p.

**Rouse J. W. , Haas R. H., Schell J. A., Deering D. W., Harlan J. C., 1974** Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation. NASA/GSFC Type III final report, Greenbelt, Maryland, 50 p.

**Seltzer, S., 1946.** Le climat d'Algérie. Alger, 219p.

**Tucker, C. J., 1979.** Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of the Environment*, 8, 127–150.

**UNEP** sur : <http://www.unep.fr/shared/publications/cdrom/DTIx1043xPA/doc/fr/PARTIE2.pdf>

**USGS** : <https://landsat.usgs.gov>

**UVED., 2008.** ENVCAL – Suivi de l'environnement par télédétection, cours en ligne. Université Paris I, Panthéon-Sorbonne

**Williamson, T.B., Price, D.T., Beverly, J.L., Bothwell, P.M., Parkins, J.R., Patriquin, M.N., Pearce, C.B., Stedman, R.C., and Volney, W.J.A., 2007.** A framework for assessing vulnerability of forest- based communities to climate change. Information Report NOR-X-414. Edmonton: Northern Forestry Centre, Canadian Forest Service, Natural Resources Canada. 40