

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالمي و البحث العلمي  
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de Recherche Scientifique  
جامعة الجيلالي بونعامة خميس مليانة  
Université de Djilali Bounaama Khemis Miliana  
كلية علوم الطبيعة و علوم الارض  
Faculté des Sciences de la Nature et de la vie et des Sciences de la Terre  
Département de: Biologie



**Mémoire pour L'obtention du Diploma de Master**

**Domaine:** science de la nature et de la vie

**Filière:** Sciences biologiques

**Spécialité:** Ecopédologie et Environnement

**Contribution de la Télédétection à la Réalisation de la Carte  
de Végétation dans le Parc National de Theniet**

**El Had (Conton Sidi Abdoun)**

**Présenté par:**

- **HARKAT Hadjira**
- **KHELIFI Fatima**

**Soutenue devant le jury:**

<b>Président:</b> Mr. AROUS Ali	MAA Université de Djelali Bounaama,khemis Miliana
<b>Promoteur:</b> Mr. AMOKRANE Athmane	MAA Université de Djelali Bounaama,khemis Miliana
<b>Co-promoteur:</b> Mr. BAGHLOUL Djilali	Ing Direction du Parc National de Theniet El Had.
<b>Examineur:</b> Mr. YAHIAOUI Ibrahim	MCB Université de Djelali Bounaama, khemis Miliana
<b>Examineur:</b> Mr. HAMMODA Rachid Fethi	MAA Université de Djelali Bounaama,khemis Miliana

**Année universitaire 2016/2017**

# Sommaire

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction général

## Chapitre I:présentation de la zone d'étude

I.1.Historique.....	1
I.2. Cadre physique.....	1
I.2.1. Situation, superficie et limites géographique.....	1
I.2.1.1.Délimitation et superficie de la zoned'étude.....	2
I.2.2.Topographie.....	3
I.2.2.1. Relief.....	3
I.2.2.2. Altitude.....	3
I.2.3. Hydrologie.....	4
I.2.3.1.Les oueds.....	4
I.2.4. Pédologie.....	4
I.3. Cadre biologique.....	5
I.3.1. La flore de parc National de Thneit El Had.....	5
I.3.1.1. La strate arborescente.....	5
I.3.1.2. La strate arbustive.....	6
I.3.1.3. La strate herbacée.....	6
I.3.2.la faune de Parc National de Thneit el Had.....	6
I.3.2.1. les mammifères.....	6
I.3.2.2.les oiseaux.....	7
I.3.2.3. les insectes.....	7
I.3.2.4.les reptiles et amphibiens.....	7
I.4. Climatologie.....	7
I.4.1. Choix de la station météorologique.....	7
I.4.2. Température.....	8
I.4.2.1. Température mensuelles maximale, minimale.....	8
I.4.3. Précipitation.....	8
I.4.3.1.precipitation annuelle.....	8
I.4.3.3. Les régimes saisonniers des précipitations.....	9
I.4.3. 4. Autre forme de précipitation.....	10
I.4.3. 4.1. La neige.....	10
I.4.3. 4.2. Le vent.....	10
I.4.3. 4.3. Gelée.....	10
I.4.3.4.4. Humidité.....	11
I.4.3.5. Diagramme Ombrothermique.....	11
I.5. L'action anthropique a l'intérieure du PNTH.....	11
I.5.1. Pâturage.....	12

I.5.2. Incendie.....	12
I.5.3. Tourismes .....	12

## Chapitre II : Aperçu Bibliographique

II.1. Définition de la télédétection.....	13
II.2. Intérêt de la télédétection.....	13
II.3. Interactions rayonnement et surfaces terrestres .....	14
II.3. 1. Réflectance spectrales de sol .....	14
II.3.2. Réflectance spectrales de l'eau.....	15
II.3.3. Réflectance spectrales de la végétation .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.3. 3.1. Variations de la signature spectrale de la végétation.....	15
II.3. 3.2 Caractérisation de la structure d'un couvert végétal .....	15
II.3. 3.3. Propriétés optiques des feuilles .....	16
II.3. 3.3.1. Pigments foliaires .....	17
II.3. 3.3.2. Structure cellulaire des feuilles .....	17
II.3. 3.3.3. L'influence de la teneur eau .....	18
II.4. Notion de réflectance.....	18
II.5. Les domaines d'application de la télédétection .....	18
II.6. Traitements des images satellitaires LANDSAT 8 .....	19
II.6.1. Images satellitaires .....	19
II.6.2. Image satellitaire LANDSAT .....	19
II.7. Traitement des données de télédétection .....	20
II.7.1. L'analyse et l'interprétation visuelle de l'image .....	20
II.7.2. Notion de classe.....	20
II.7.3. Méthodes de classification .....	21
II.7.3.1. Classification supervisée .....	22
II.7.3.2. Classification non supervisée .....	22
II.7.4. Détermination d'algorithmes de classification .....	22
II.7.4.1. L'algorithme de maximum de vraisemblance.....	23
II.7.5. Evaluation des résultats de la classification .....	23
II.7.5.1. La matrice de confusion .....	23
II.7.5.2. Test de Kappa .....	24
II.8. Indices de végétation .....	24
II.9. Cartographie de la végétation.....	25
II.9.1. Objectifs de la carte de la végétation.....	25
La carte de la végétation se propose deux objectifs.....	25
II.9.2. Types de cartes de végétation.....	26
II.9.3. Végétation de Parc national de Theneit El Had.....	26
II.9.3.1. La végétation .....	26
II.9.3.2. Les unités écologiques.....	27

## Chapitre III : Matériel et Méthode

III.1. Données satellitaires.....	28
III.2. Les données cartographiques .....	28

III.3. Matériel du terrain.....	28
III.4. Logiciels utilisé.....	28
III.5. Méthodologie.....	29
III.6. L'image satellitaire utilisée.....	29
III.7. Intérêts et caractéristiques de l'image Landsat 8 dans notre étude.....	30
III.7. Corrections de l'image.....	31
III.7.1. Corrections radiométriques (atmosphériques).....	31
III.7.2. Corrections géométriques.....	32
III.8. Utilisation ENVI pour l'analyse de l'image de la végétation.....	32
Tout notre travail de traitement d'image et de télédétection était effectué sous le logiciel ENVI 4.7.....	32
III.8.1. Logiciel ENVI.....	32
III.9. Classification des images satellitaires.....	33
III.9.1. Classification non supervisée.....	33
III.9.2. Classification supervisée.....	34
III.10. Evaluation de la classification selon la méthode (algorithmes de Minimum de vraisemblance).....	34
III.10.1. Test séparabilité.....	34
III.10.2. Matrice de confusion et Coefficient Kappa.....	34
III.10.3. Statistique des classes.....	35

## **Chapitre IV : Résultats et discussions**

IV.1. Interprétation des images.....	37
IV.2. Classification de l'image.....	38
IV.2.1. Classification non supervisée de l'image satellitaire.....	38
IV.2.2. Coefficient de Kappa.....	39
IV.2.3. Matrice de confusion.....	39
IV.2.4. La superficie de classes issues de la classification non supervisée.....	40
IV.3. Classification supervisée de l'image satellitaire selon l'algorithme du minimum distance.....	41
IV.3.1. Signatures spectrales des classes.....	42
IV.3.2. Pertinence de la classification.....	42
IV.4. Tests kappa des images classées.....	42
IV.4.1. Test kappa de l'image du 29 mars 2017 (saison printanière).....	42
IV.4.2. Matrice confusion (pixel, pourcentage) de l'image du 29 mars 2017.....	43
IV.4.3. Teste de séparabilité des images classées.....	44
IV.4.4. Superficies des classes des images classées.....	44
IV.5. Indices de végétation.....	45
Discussion générale.....	47

## **Conclusion**

## Résumé

Notre étude a été réalisée au niveau du Parc national de Thneit El Had (canton Sidi abdoun), Ce canton est limité au Sud par Oued El Ghoul, au Nord par le canton Pépinière, à l'ouest par canton Ouerten, et à l'est par le canton Kef sachine.

L'application des techniques de télédétection, doit permettre d'effectuer une analyse des changements intervenus au cours d'un intervalle de temps donné, avec une comparaison par rapport à une carte de végétation plus ancienne, la quantification des pertes en ressources naturelles et la recherche des éléments de causalité, en vue de lutter efficacement contre la régression de l'espace végétal algérien surtout dans les zones protégées.

La classification supervisée de notre image selon l'algorithme de minimum de vraisemblance, nous a permis d'identifier 4 classes, chêne vert, clairière, chêne liège, et le cèdre de l'Atlas avec une bonne capacité discriminatoire ( $kappa > 99\%$ ).

La carte actualisée du canton Sidi Abdoun, avec l'utilisation de la télédétection, montre l'évolution spatiale de la végétation du parc selon les saisons, et aussi explique la distribution de certains espèce par rapport à l'altitude ou à l'exposition du terrain.

**MOTE Clé : cartographie, végétation, télédétection, canton Sidi Abdoun.**

## المخلص

دراستنا التي أجريناها على مستوى مقاطعة سيدي عبدون فيالحظيرة الحظيرة الوطنية, والتي يحدها من الشمال مقاطعة المشتلة و من الجنوب واد الغول, من الشرق كاف ساشين من الغرب مقاطعة ورتان وفي إطار هذه الدراسة قمنا بتطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد الذي يسمح بتحليل التغيرات في فترة زمنية معينة, مع مقارنة لخريطة الغطاء النباتي القديمة, وتحديد حجم الموارد الطبيعية والخسائر والعناصر المسببة لها من أجل مكافحة فعالة ضد التناقص الحاد للغطاء النباتي في الجزائر وخاصة في المناطق المحمية.

تجميع الصورة لدينا وفقا للحد الأقصى من لغاتمية احتمال، سمح لنا بالتعرف على 4 اصناف، ،  
البلوط الأخضر، شجر الارز، الفلين مناطق خالية من الاشجار ، مع القدرة التمييزية جيدة ( $\kappa <$   
(98%)

الخريطة التي تحصلنا عليها لمقاطعة سيدي عبدون باستعمالنا لتقنية الاستشعار عن بعد تفسر  
التطور المكاني للنباتات الحظيرة مع فصول السنة ، كما يبين أيضا توزيع بعض الأنواع نسبة إلى ارتفاع  
أو وضعية الأرض.

كلمات مفتاحيه : خريطة ، غطاء نباتي ، الاستشعار عن بعد ، مقاطعة سيدي عبدون.

## Abstract

Our study was accomplished at the level of the canton Sidi Abdoun . In the national park of Thneit El Had, It is a natural site of a big interest, by the wealth of its flor, its fauna.

The application of the techniques of remote sensing, must allow to perform an analysis of changes intervened in the course of one interval of given time, with a comparison in comparison with a card of more ancient vegetation, the quantification of losses in natural resources and the research of the elements of causality, with a view to struggling efficiently against the decline of the Algerian plant space especially in safe havens.

The classification supervised of our picture according to the algorithm of minimum of likelihood, allowed us to identify 4 classes, , holm oak glade and and z oak,felin with a good discriminating capacity ( $\kappa >$ ; 98 %).

The card updated by the canton , Sidi Abdoun with the use of remote sensing, shows the space evolution of the vegetation of the park according to seasons, and also explains the distribution of some kind by report has altitude or has the exhibition of the ground.

**Keywords: cartography, vegetation, remote sensing, canton Sidi Abdoun**

# Remerciement

*Avant tout, nous remercions ALLAH le tout puissant qui nous a donné le courage, la volonté et la patience pour faire ce travail.*

*Nous remercions notre Promoteur : Mr. AMOKRANE ATHMANE.*

*Pour ses précieux conseils et ses encouragements et pour son aide*

*Nous tenons ainsi à remercier les membres de jury pour avoir accepté d'affecter un temps à ce modeste travail et de l'attribuer des remarques et des corrections très intéressantes :*

*Monsieur AROUS ALI maître assistant à l'université de Djilali Bounaama, Khemis Miliana pour avoir accepté de nous honorer par sa présence comme président de mon jury, Mr ; YAHIAOUI IBRAHIM et Mr ; HAMMODA RACHID pour avoir accepté notre travail en qualité d'examineur*

*Nous tenons également à exprimer tout nos remerciements à Mr ; BAGHLOUL DJILLALI ET CHERIER HAMID .Ainsi qu'à tous les enseignants du*

*Département de science de la nature et de la vie*



## *Dédicaces*

*Avant toute dédicace je tiens à remercier « Allah » le tout puissant qui m'a donné le courage pour mener ce travail à terme.*

*Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui me sont chers, en particulier mon cher père qui ne cesse de donner sans jamais recevoir, dont je suis fière et j'espère que Dieu lui accorde une longue vie pour qu'il puisse assister à d'autres succès.*

*A ma chère mère, symbole du sacrifice et du dévouement, qui m'a accompagnée durant tout ce parcours laborieux, veillé sur moi m'offrant ce qu'une mère a de mieux, l'amour et la compréhension.*

*A toute ma grande famille, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance et mes sincères gratitude.*

*A toutes les personnes que j'ai connues, en particulier mes amis*

*Et toute ma promotion écopédologie 2016/2017.*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, ne serait-ce que par humble présence.*

***HARKAT HADJIRA***

## *Dédicaces*

*Avant tous, je remercie le dieu de m'avoir donné le courage et la volonté nécessaire à l'élaboration de ce modeste travail. Ainsi que les personnes qui ont contribué de près ou de loin qu'ils trouvent ici le témoignage de ma gratitude.*

*Je dédie ce présent mémoire*

*À ma mère pour m'avoir offert la possibilité de poursuivre mes études dans les bonnes conditions et pour son soutien.*

*À mon père qui m'ont toujours encouragé, soutenu.*

*À mes sœurs, et mes frères*

*J'aimerais remercier chaleureusement ma grande famille de m'avoir toujours soutenue et d'avoir toujours cru en mes capacités, tout au long de mes années d'études.*

*Je ne peux conclure sans évoquer mes amis avec qui j'ai pu partager mes angoisses ou simplement décompresser*

*Je ne pourrais oublier de dédier ce travail à mes amis de:*

*- Toute ma promotion sortie en (2016/2017) d'écopédologie et environnement à Khemis miliana.*

*Merci à ceux qui ont fait le déplacement pour venir m'écouter, merci aussi à tous ceux qui auraient aimé venir, qui ne le pouvaient pas mais qui m'ont encouragé malgré tout.*

***KHELIFI FATIMA***

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Situation géographique de station météorologique.....	7
<b>Tableau 2 :</b> Nombre de jour de gelées blanches enregistrés dans la station de Thneit El Had.....	10
<b>Tableau 3 :</b> caractéristique de l'image satellitaire Landsat 8 .....	21
<b>Tableau 4 :</b> Compositions des couleurs B3, B4, B5 pour l'image Landsat TIR 8 (29.03.2017).....	38
<b>Tableau 5 :</b> Matrice de confusion de la classification non supervisée(pixel).....	39
<b>Tableau 6:</b> Matrice de confusion de la classification non supervisée (pourcentage).....	40
<b>Tableau 7:</b> la superficie et le pourcentage des classes au niveau de canton sidi abdoun.....	40
<b>Tableau 8 :</b> Matrice de confusion de la classification supervisée au minimum de Vraisemblance (Pixel).....	43
<b>Tableau 9 :</b> Matrice de confusion de la classification supervisée au minimum de Vraisemblance (Pourcentage).....	43
<b>Tableau 10:</b> Teste de séparabilité pour la classe du chêne zeen.....	44
<b>Tableau 11:</b> la superficie et le pourcentage des classes au niveau de canton sidi abdoun.....	44
<b>Tableau 32 :</b> les indices végétation des classes.....	45

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Carte de localisation du parc national de Thneit El Had.....	2
<b>Figure 2</b> : Délimitation de la zone d'étude (conton sidi abdoun) dans le parc national de Theniet el had .....	2
<b>Figure 3</b> : Carte des altitudes du parc national de Thneit El Had (Zaiz et Dib, 2011).....	3
<b>Figure 4</b> : Carte des sols du parc national de Thneit el Had (PNTN).....	5
<b>Figure 5</b> :variation des températures mensuelles maximales, minimale et la moyenne Station Miliana entre (1995-2010).....	8
<b>Figure 6</b> : variation des précipitations annuelles dans la station Miliana (1995-2010).....	8
<b>Figure 7</b> :moyennes mensuelles de la pluviométrie de la station Miliana (1995-2010).....	9
<b>Figure 8</b> : Le régime saisonnier de la station Miliana entre 1995 et 2010.....	10
<b>Figure 9</b> :Diagramme Ombrothermique de la zone d'étude la période 1995-2010.....	11
<b>Figure 10</b> : Signatures spectrales des surfaces naturelles dans le domaine visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen (UVED, 2008).....	14
<b>Figure 11</b> : lustration des interactions entre le sol et la végétation, intégrées au niveau de la mesure satellitaire (d'après fensholt ,2003).....	16
<b>Figure 12</b> : principaux facteurs influençant la signature spectrale de la végétation dans le visible, le proche infrarouge et l'infrarouge moyen (UVED, 2008).....	17
<b>Figure 13</b> :Image satellitaire réflectance landsat 8 prise le 29.03.2017 .....	32
<b>Figure 14</b> : Image LANDSAT 29.03.2017, parc national de Thniet El Had.....	33
<b>Figure 15</b> : Délimitation de la zone d'étude.....	34
<b>Figure16</b> : principaux étapes de la classification non supervisée.....	35
<b>Figure 17</b> : schéma représente les différentes étapes de classification supervisé d'une carte de végétation.....	36
<b>Figure18</b> : Carte de classification non supervisé de l'image LANDSAT8 TIR (29 mars 2017).....	38
<b>Figure 19</b> : Carte de classification supervisée de l'image LANDSAT TIR (29 mars 2017).....	41
<b>Figure 20</b> : graphes des signatures spectrales des classes des deux images classées.....	42
<b>Figure 21</b> : Histogramme représenter la superficie des classes au niveau de canton sidi abdoun (29 M ars 2017).....	45

<b>Figure 22:</b> Image représente l'indice de végétation (NDVI) de l'image LANDSAT TIR (29 Mars 2017).....	45
<b>Figure 23:</b> Les indices de végétation des classes.....	46

## Liste d'abréviation

**T** : Température.

**K** : kappa

**P** : Précipitation

**°C** : Degré Celsius.

**N**: Nord.

**NDVI** : Indice de Végétation Différence Normalisée.

**RVI**: Ratio Vegetation Index.

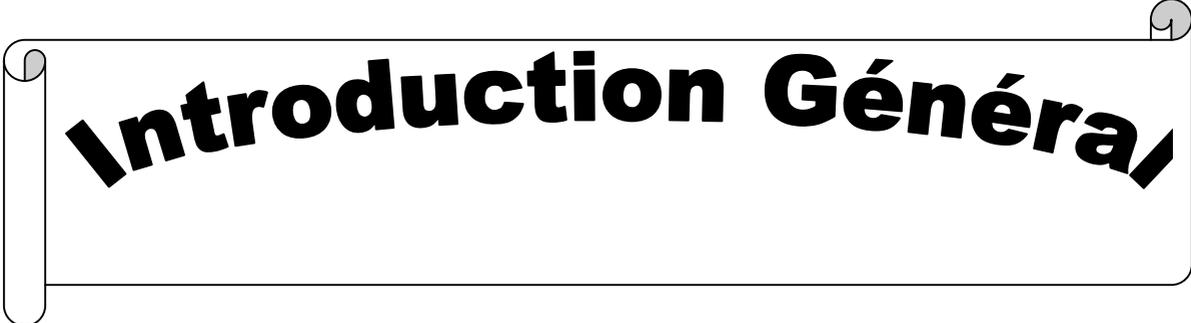
**PIR**: canal proche infrarouge.

**P.N.T.H**: Parc National de Theniet el Had.

**WGS 84**: World Geodetic System (révision de 1984).

**ERTS**: Earth Resources Technology Satellite.

**ETM**: Enhanced Thematic Mapper.



# **Introduction Générale**

# INTRODUCTION GENERAL

---

## INTRODUCTION

Le parc national des cèdres de Theniet el Had, comme d'ailleurs toutes les autres aires protégées, est créé dans le but de sauvegarder les qualités exceptionnelles de la nature, en conciliant la protection intégrale de la flore, de la faune et des beautés naturelles avec l'utilisation pour objectifs éducatifs, récréatifs et scientifiques.

Le besoin croissant d'estimer, de prévoir, de surveiller et de gérer la végétation dans toutes les parties du monde et à différentes échelles (locale, régionale et globale) tend à faire ressortir la nécessité d'améliorer en permanence les méthodes de recueil systématique et périodique d'informations caractérisant la végétation.

L'analyse et la combinaison de ces informations permettra par la suite de cartographier de la végétation, de suivre les phénomènes évolutifs et accéder à certaines zones bioclimatiques difficilement explorables et des zones d'importances internationales comme les parcs nationaux (comme c'est le cas de notre zone d'étude).

Notre étude s'inscrit dans la suite de diverses études sur le Parc National de Thneit El Had, dans le cadre d'une convention de l'université avec notre université.

Le traitement de ces données par des chaînes d'application appropriées permet l'extraction de plusieurs paramètres biophysiques utiles pour des applications thématiques. Parmi ces paramètres les indices de végétation qui présente une grande efficacité dans la caractérisation et le suivi régulier des ressources naturelles.

L'application de technique de télédétection ,doit permettre d'effectuer une analyse des changements intervenus au cours d'un intervalle de temps donné ,avec une comparaison par rapport à une carte de végétation plus ancienne, la quantification des pertes en ressources naturelles et la recherche des éléments de causalité, en vue de lutter efficacement contre la régression de l'espace végétal algérien surtout dans les zones protégées.(Mokhtari.D.1999).

Notre étude a pour objectif la cartographie de grande type de végétation du parc national de Theniet El Had (canton sidi Ababdoun).Pour atteindre notre objectif, on a subdivisé notre travail en quatre chapitres comme suit:

- Chapitre 1 Présentation de la zone d'étude

# INTRODUCTION GENERAL

---

- Chapitre 2 Aperçu bibliographie
- Chapitre 3 Matériel et méthodes
- Chapitre 4 résultats et discussion.



**Chapitre I**  
**Présentation de la zone d'étude**

## Chapitre I : présentation de la zone d'étude

### I.1. Historique

Entre 1843-1885, la forêt domaniale de Thneit El Had avait connu des exploitations considérables par le service forestier ce qui conduisit à une dégradation progressive (Plan PNTN 2008-2012).

Toutefois, un incendie a affecté les beaux peuplements de chêne liège du versant sud de la cédraie essentiellement en 1902, 1903 et 1905 sur une superficie évaluée respectivement à 400, 155 et 130 ha dont la cause est l'imprudence. Les subéraies ont été réceptées et reconstituées par le rejet de souche (Zedak, 1984). Suite à une action citoyenne le 03 août 1923 la cédraie fut érigée en parc national par arrêté gouvernemental, sur une superficie de 1563 ha.

Body (1955) indique qu'à Thneit El Had, le chêne liège forme de très vieux peuplements, tendant à disparaître et qu'il faut régénérer d'urgence.

Le 23 juillet 1983, le parc national de Thneit el Had a été recréé par décret présidentiel n°83-459, une étude bulgare menée en 1984 a retenu une superficie de 3423,7 ha. (**Plan PNTN 2008-2012**).

### I.2. Cadre physique

#### I.2.1. Situation, superficie et limites géographiques

Le parc national de Thneit El Had est situé au niveau de la partie septentrionale du grand massif de l'Ouarsenis dans la wilaya de Tissemsilt (figure 02)

L'Ouarsenis est le principal chenal du Tell occidental situé entre :

- les Bénéichougranes à l'ouest
- les monts du Titteri à l'est
- la vallée du Chlef au nord limite par le Sersou au sud (**Ouzir H, 2010**)

Le parc national de T.N.H se trouve localisé à travers les coordonnées géographiques suivantes :

-X : 02° 02' et 02° 01' latitude nord

-Y : 35° 45' et 34° 49' longitude est (**DGF, 2006**)

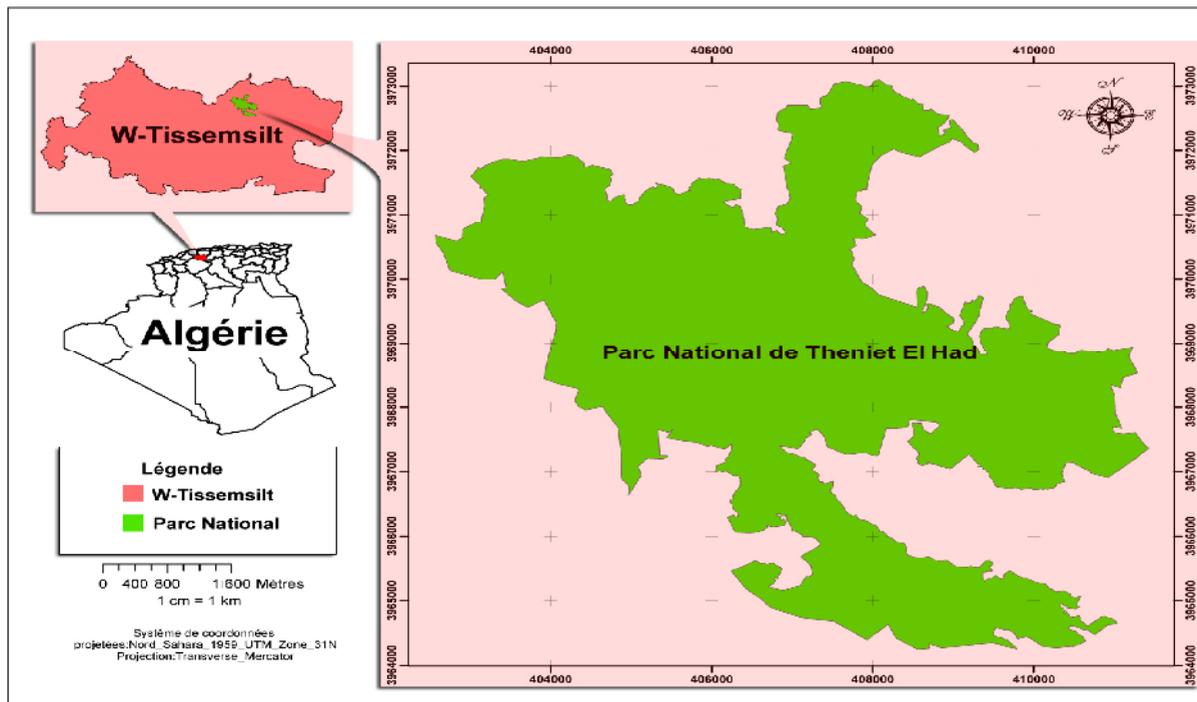


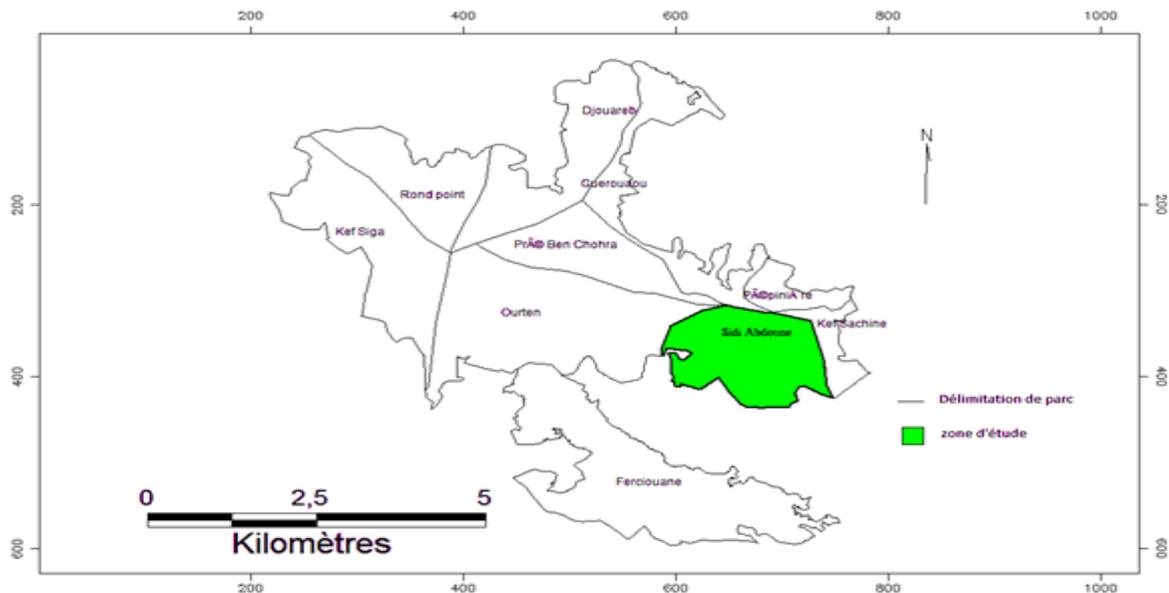
Figure 1 : Carte de localisation du parc national de Thneit El Had (PNTH 2017)

## I.2.2. Délimitation et superficie de la zone d'étude

La superficie du canton sidi abdoun est de 323 ha, situé au partie Est de massif il est limité au Sud par des terres agricoles et Oued El Ghoul, au Nord par le canton pépinière, à l'Ouest par le canton Ouerten et à l'Est par le canton Kef sachine.

Le canton se caractérise par la présence de la futaie de chêne vert, chêne liège clairière (pAncant, paronychia, plantan) et quelque pieds de cèdre.

Un relevé floristique est réalisé dans le cadre de cette étude .la liste des espèces recensées est identifiée alors par : *Quercus ilex*, *Quercus suber*, *Quercus faginea*, *Juniperus oxycedrus*, *Cedrus atlantica* pistachier, *Pinus halepensis*



**Figure 2 :** Délimitation de la zone d'étude (canton sidi abdoun) dans le parc national de Theniet el had (PNTH 2017)

## I.2.2. Topographie

### I.2.2.1. Relief

Le parc représente globalement deux expositions principales : Nord et Sud

- le versant Nord entrecoupé de quelques cuvettes encaissées et la crête principale ou culmine le point le plus haut «Ras el Braret » relevant canton rond-point.
- le versant Sud est d'une assez forte inclinaison, mais contrairement au versant Nord, la longitude du terrain est assez vaste environ le double du premier.

### I.2.2.2. Altitude

Le territoire du parc est compris entre des altitudes répartir entre les deux principales expositions :

- ❖ Au versant nord : il culmine a 1.787m (Ras el Braret) et descend jusqu'a 1.787m et au niveau du Oued Mouilha dans le canton Djouereb.
- ❖ Au versant sud : on rencontre une altitude supérieure qui est le pic a 1.787m et la limite inférieure est a 968 représentant le bout aval du oued el Ghoul appartenant au canton Fersiouane a la limite de la RN14 du côté Sud.
- ❖

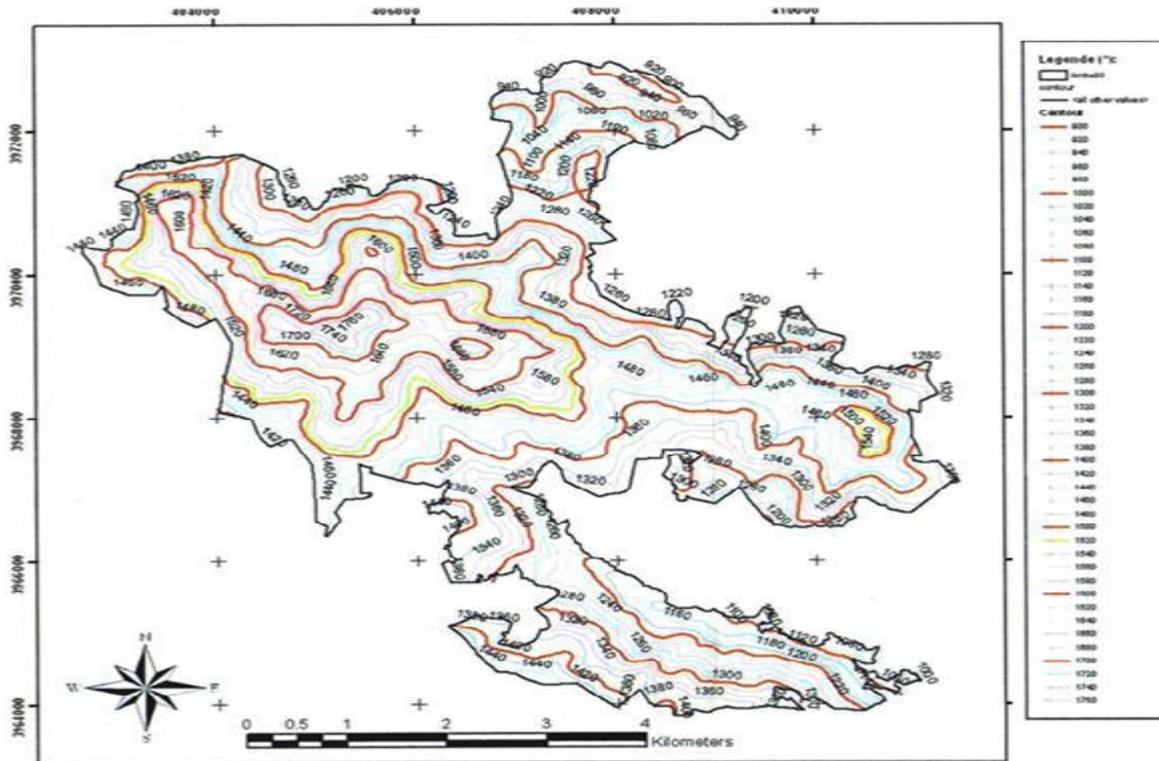


Figure 3 : Carte des altitudes du parc national de Thneit El Had (Zaiz et Dib, 2011)

## I.2.3. Hydrologie

### I.2.3.1. Les oueds

Au périphérique du parc, existent deux oueds permanents :

- ✓ Oued El Mouilha au Nord Est du parc
- ✓ Oued El Ghoul au Sud du parc ;
- ✓ Sept points d'eau permanents ont été aménagés dans le parc. Actuellement seulement trois points sont utilisables en cas d'intervention pour l'extension d'éventuels feux de forêts. Il s'agit de Toursout, Ain Touila et Ain Harhar (P N T H, 2010).

Signalant aussi la présence d'une retenue collinaire au Sud du canton Sidi Abdoun. Au niveau du parc, il y'a plusieurs oueds et chaabats, parmi lesquels nous citerons les 02 grands: Oued El Ghoul, Oued Mouilha.

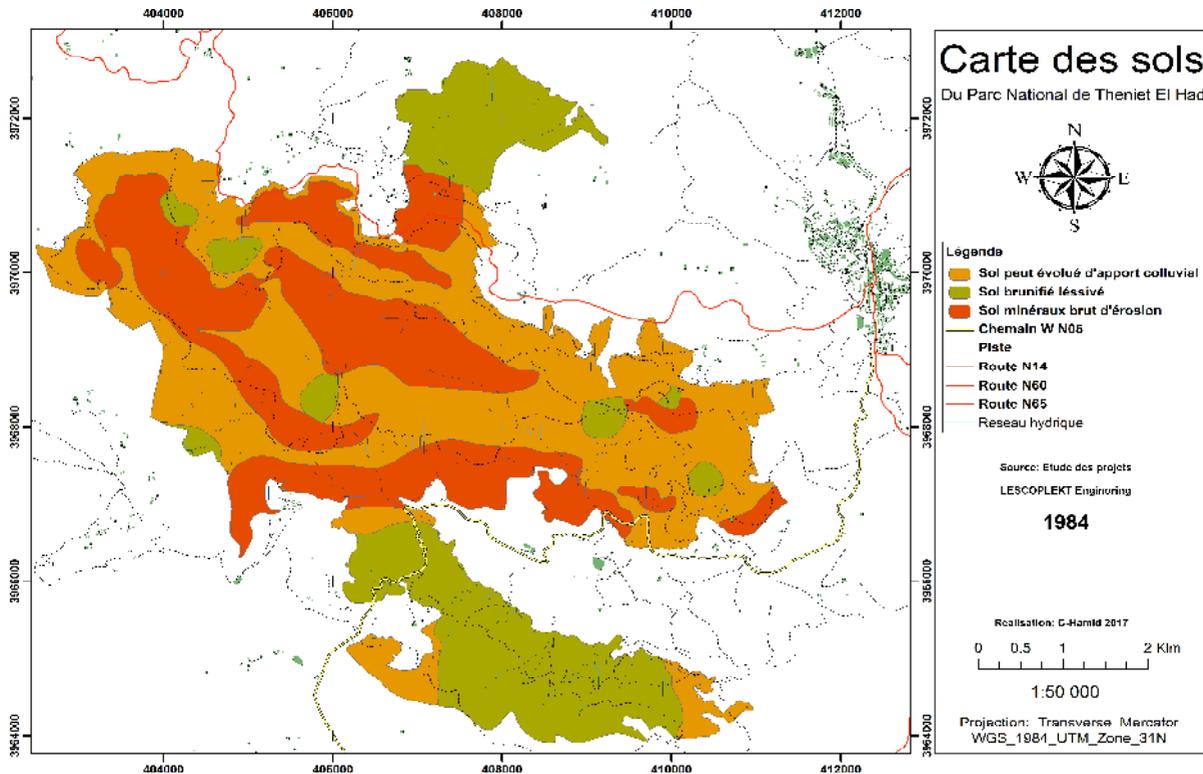
## I.2.4. Pédologie

Dans la cédraie, prédominent trois types de sols (classes de sols) :

- **Les sols peu évolués du groupes d'apport colluvial** sont formés par des matériaux argilo-sablonneux mélangés a des morceaux de roches particulièrement de grés en quantité et dimensions très varées allant de 01cm a 02cm.
- **Lithosols** se sont des sols de la classe minéraux bruts groupe d'érosion sont peu profond formés de particules grossières et à création neutre. Ce sont des sols qui conviennent au reboisement à cause de leur petite épaisseur de l'horizon podzolique et l'absence des matières organiques et

nutritives.

- **Les sols bruns lessivés** qui sont localisés dans les grandes clairières et pied monts en général ou les pentes sont très faibles. (Abdelhamid D 1999).



**Figure 4 :** Carte des sols du parc national de Thniet el Had (PNTN)

## I.3. Cadre biologique

### I.3.1. La flore de parc National de Thniet El Had

L'inventaire de la flore du Parc National de Thniet el Had est très incomplet. La principale formation forestière est dominée par le cèdre. Les essences forestières qui composent le reste du massif sont le chêne zéen, le chêne liège, le chêne vert et le pin d'Alep. Ce mélange d'espèces forestières qui coexistent dans un même milieu s'explique par les influences de climat méditerranéen et du climat semi-aride combiné à l'influence de l'altitude. Le peuplement forestier couvre les  $\frac{3}{4}$  de la superficie du Parc. (ABDELGUERFI A, et RAMADANE S.A, 2003).

Le Parc National de Thniet El Had renferme une diversité floristique impressionnante allant de la strate arborée jusqu'au tapis herbacé (D.P.N.T.H, 2008). Elle est résumée comme suite:

#### I.3.1.1. La strate arborescente

Au parc national de Thniet el Had la strate arborée est représenté principalement par le *Cedrus atlantica* (cèdre de l'Atlas), *Quercus faginea* (chêne zeen), *Quercus suber* (Chêne

liège), *Quercus ilex* (chêne vert), *Pinus halepensis* (pin d'Alep). Nous rencontrons, avec une moindre importance, le genévrier oxycédre (*Juniperus oxycedrus*), le pistachier de l'atlas (*Pistachia atlantica*), l'érable demontpellier (*Acer monspessulanum*), le frêne commun (*Fraxinus angustifolia*), l'orme champêtre (*Ulmus campestris*), et le merisier (*Prunus avium*).

- **Cèdre de l'Atlas:** c'est une essence qui descend beaucoup plus bas dans le versant nord, en s'associant avec le chêne vert dans la partie inférieure de son aire et au chêne zeen dans la partie supérieure de celle-ci.
- **Chêne zeen :** de fut assez rectiligne à tordu. Il est très répandu dans tous les cantons à l'exception du canton pépinière ou seulement quelques tiges se trouvent. Il est en mélange avec le cèdre dans les hauteurs et avec le chêne liège en basse altitude.
- **Chêne vert :** il se présente comme une futaie dans le versant nord et en taillis dans le versant sud. Il occupe les parties inférieures de ces deux versants.
- **Chêne liège:** il se présente principalement dans le versant sud ou il peuple la partie inférieure de celui-ci. Il est en mélange avec le chêne zeen et le cèdre jusqu'à 1575 m d'altitude (ZEDEK, 1993).

### I.3.1.2. La strate arbustive

Une diversité d'espèce se trouve en mélange dans la strate arbustive. Au versant nord, les principales espèces représentées sont: *Rubus ulmifolius*, *Rosa sempervirens*, *Crataegus monogynaet Rosa canina* au versant sud, en plus des espèces précitées on rencontre: *Juniperus oxycedrus*, *Cistus fontanesii*, *Cistus trifloris*, *Genista tricuspidata*, *Calycotum spinosa*, *Rosmarinus turneforti*, *Ampelodesma mauritanicaet Ferula communis* (ABDELHAMID, 1999).

### I.3.1.3. La strate herbacée

A l'exposition nord, est riche en espèces, dont principalement: *Geranium atlanticum*, *Viola munbyana*, *Vicia sicula*, *Alliaria officinalis* et *Cynosorus elegans*. A l'exposition Sud, on remarque la prédominance de: *Lonicera etrusca*, *Silene fuscata* et *Bromus madrilensis* (BELKAID, 1988).

Pour la subéraie, les principales espèces de la strate herbacée sont représentées par: *Lavandula stoechas*, *Phlomis bovei*, *Ampelodesma mauritanica*, *Daphne gnidium*, *Poa bulbosa*, *Dactylis glomerata*, *Centarium umbelatum* (ABDELHAMID, 1999).

### I.3.2. la faune de Parc National de Thneit el Had :

Bien qu'elle soit riche et diversifiée, la faune du parc national demeure parmi les ressources, les moins étudiées des aires protégées en Algérie. ce règne est caractérisées par (plan de gestion du parc national, 2013).

#### I.3.2.1. les mammifères :

L'inventaire faunistique du parc a fait ressortir 19 taxons, la plus part sont déterminés au niveau de l'espèce. 17 espèces identifiées appartenant à 12 familles (**Rekmouche Moussa et Rezig Nacer 2009/2010**)

### **I.3.2.2. les oiseaux :**

95 espèces d'oiseaux ont été répertoriées, dont 60% sont nicheurs, ce qui indique la diversité des habitats offerts par le parc.

Le parc national de Thneit El Had est une étape de migration qui mène les oiseaux de leurs quartiers d'hiver en Afrique méridionale vers leur lieu de reproduction en Europe. Les travaux sur les oiseaux nicheurs en cédraie étant rares en Algérie, il serait intéressant de les approfondir (**Rekmouche Moussa et Rezig Nacer 2009/2010**).

### **I.3.2.3. les insectes :**

Quatre vingt d'espèces d'insectes ont été inventoriées dans le parc. Allant de la coccinelle jusqu'à la courtilière, en passant par la cétoine dorée, la mante religieuse le graphosome, la punaise à bouclier, le Pyrrhocore, le cérambyx, le lampyre, le machaon,....etc.

### **I.3.2.4. les reptiles et amphibiens :**

La faune reptilienne du parc se rassemble dans environ une dizaine d'espèces rencontrées à majorité non redoutable.

Parmi les amphibiens du parc, on a recensé quelques espèces comme la grenouille verte et le crapaud commun rencontrés dans les lacs, mares et étangs (**Rekmouche Moussa et Rezig nacer 2009/2010**).

## **I.4. Climatologie**

### **I.4.1. Choix de la station météorologique**

En l'absence de données climatiques récentes relatives à Thneit El Had nous avons utilisé les données des stations météorologiques les plus proches, en considérant les critères topographiques et altitudinales.

La seule station qui répond à ces critères est celle de Miliana les données enregistrées durant la période 1995-2010 sont seules à partir desquelles on caractérisera le climat de la cédraie, du moins à titre indicatif.

Les extrapolations sont faites à partir des moyennes de précipitations et de température des 16 dernières années (1995-2010). Le tableau résume les caractéristiques de la station de Miliana :

**Tableau 2:** Situation géographique de station météorologique

Station	Altitude(m)	Latitude(m)	Longitude (E)
ONM	715	36°18	2°14

Source (ONM, 2012)

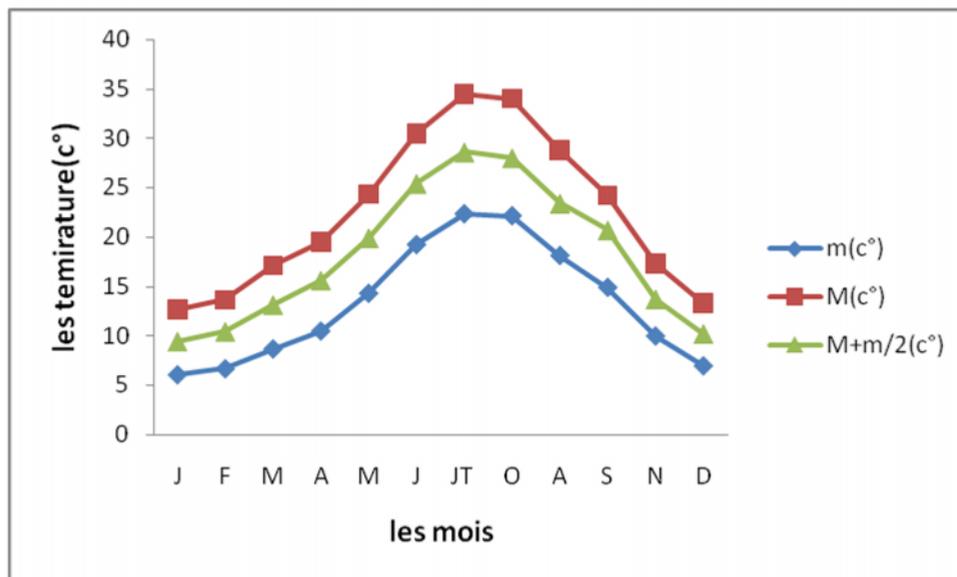
## I.4.2. Température

La température est un facteur limitant pour la végétation dans leur répartition altitudinale (Riou-Nivert, 2005).

La température est un paramètre climatique qui conditionne la possibilité et l'intensité de diverses fonctions vitales des végétaux.

### I.4.2.1. Température mensuelles maximale, minimale

Les températures mensuelles minimales et maximales obtenues par la station de Miliana entre l'année 1995 et 2010 sont représenté dans la figure 5. (Annexe 03).



**Figure 5** : variation des températures mensuelles maximales, minimale et la moyenne Station Miliana entre (1995-2010).

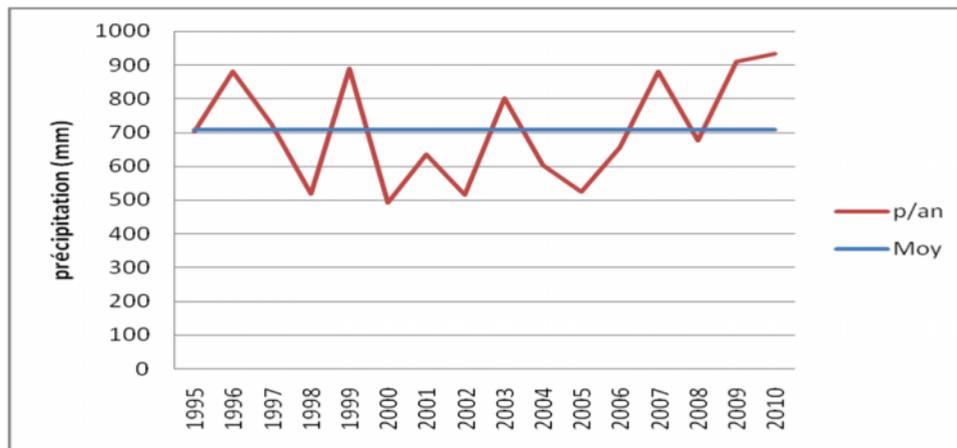
D'après la **figure5**, on observe que le mois le plus chaud est celui de juillet avec la valeur de 34,5° c ; le mois le plus froid janvier avec la valeur de 6,1°c.la temperature moyenne annuelle est de 18,1°c.

## I.4.3. Précipitation

Les précipitations constituent un facteur important dans la vie des plantes et le déterminisme des types de végétations. (Djbailli 1984).

### I.4.3.1.précipitation annuelle

Les données pluviométriques annuelles durant la période allant de 1995-2010 sont présentées dans l'Annexe 01



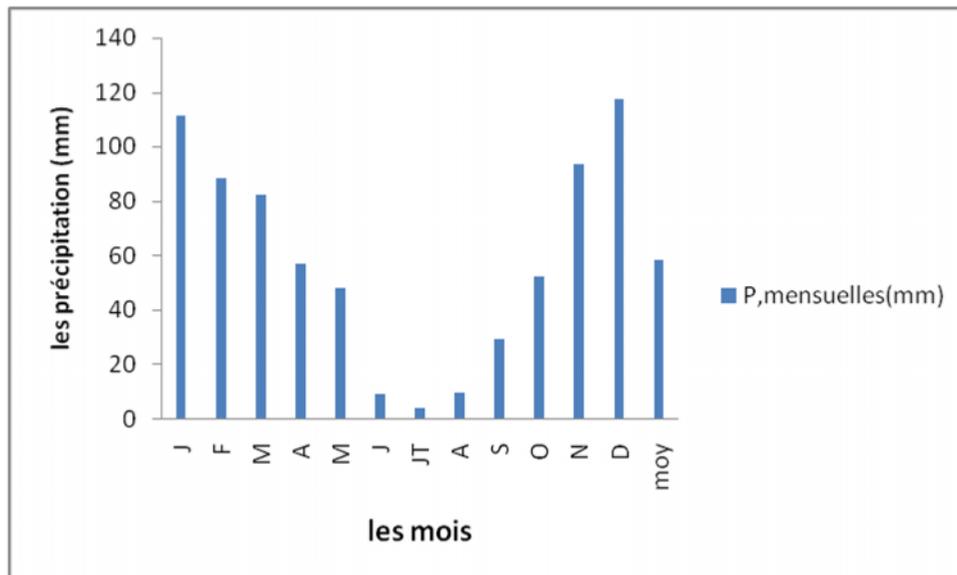
**Figure 6 :** variation des précipitations annuelles dans la station Miliana (1995-2010)

La moyenne annuelle enregistrée durant la période (1995-2010) est égale à 708.2 mm

La plus grande valeur de précipitation annuelle maximale, estimée égale 933.1mm est enregistrée durant l'année 2010, la valeur la plus faible était enregistrée durant l'année 2000 égale (491.3mm).

### I.4.3.2. Précipitation mensuelle

Les données pluviométriques mensuelles de 16 années sont présentées dans l'Annexe 02



**Figure 7 :** moyennes mensuelles de la pluviométrie de la station Miliana (1995-2010)

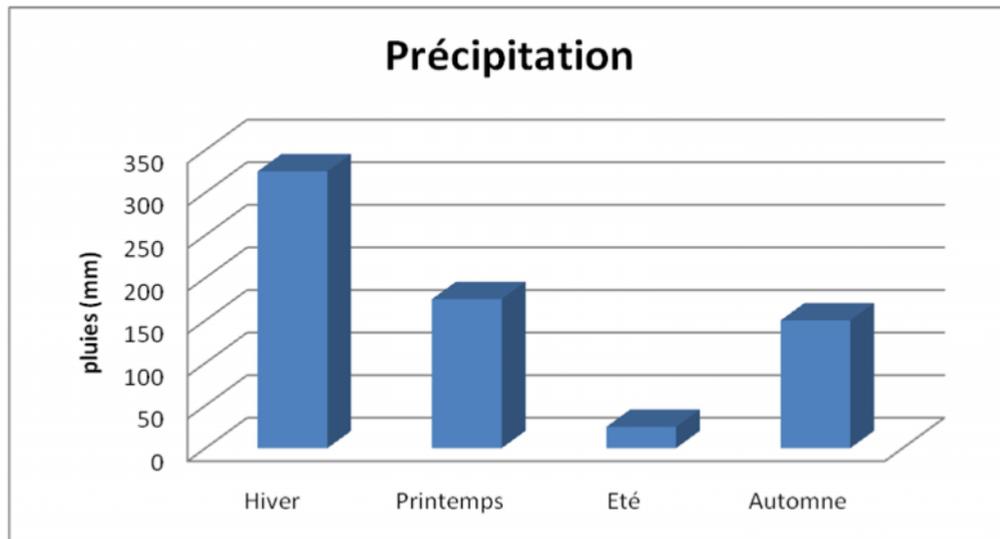
On observe que la plus grande valeur de précipitation estimée égale 117,5 mm enregistrée durant le mois décembre, la plus faible valeur de précipitation estimée égale 3.6 mm durant le mois juillet.

### I.4.3.3. Les régimes saisonniers des précipitations

Les régimes saisonniers donnent une indication sur la répartition des pluies suivant les quatre saisons de l'année, et ceci est en rapport direct avec la croissance de la végétation, autrement dit le cycle du

développement des végétaux est étroitement lié au rythme saisonnier (**Djellouli, 1980 et Hammouda R F et Mataam M, 2003**).

D'après la figure ci dessous, cet espace ou les pluies moyennes d'hiver occupent le premier rang de 48%, viennent en second position le printemps avec 26%.enfin pour l'été ; on constate 4% de cumul de précipitation. (Annexe 04).



**Figure 8** : Le régime saisonnier de la station Miliana entre 1995 et 2010.

#### I.4.3. 4. Autre forme de précipitation

##### I.4.3. 4.1. La neige

La couverture neigeuse joue un rôle d'isolant qui protège efficacement du froid les jeune semis de cèdre de l'Atlas. Cependant, la persistance de celle-ci constitue un facteur écologique défavorable par la réduction de la période végétative (**Hadji, 1997, in Guittoun, 2004**).

**Seltzer (1946)** a enregistré dans la station de thneit el had un nombre moyen annuel de jours de neige égale a 22 jours durant la période 1913-1938.

##### I.4.3. 4.2. Le vent

Le vent est un facteur écologique déterminant dans la dissémination des grains ainsi que la stabilité et la qualité du bois des arbres.

D'après les données de **Seltzer (1946)** enregistrées durant la période 1913-1938, les vents dominants sont ceux du nord-ouest(NW) et nord(N) avec une fréquence moyenne respective de 20km/h par an.

##### I.4.3. 4.3. Gelées

Les gelées blanches sont fréquentes en hiver et absentes en été.

**Tableau 1** : Nombre de jour de gelées blanches enregistrés dans la station de Thneit El Had Seltzer (1946).

Mois	J	f	M	a	m	j	J	a	s	o	n	d	Total
Gelée	4.6	3.2	2.3	1.3	0.2	0	0	0	0	0.3	2.4	4.6	18.6

#### I.4.3.4.4. Humidité

Pour un développement normal de la végétation, la quantité d'humidité dans l'atmosphère elle est caractérisée par l'humidité relative (Seltzer 1946).

L'humidité relative est faible au milieu de la journée alors qu'elle diminue très légèrement pendant le soir par rapport à la matinée, l'humidité absolue est faible pendant les mois d'hiver et atteint le maximum au cours d'été (Seltzer, 1946).

#### I.4.3.5. Diagramme Ombrothermique

Les mois secs et humides peuvent être définis sur la base de la formule suivante :

$$P \leq 2T$$

Avec : P : Précipitation mensuelle      T : Température moyenne mensuelle

La période sèche, comme le montre la (Figure 9), est de 3 mois, elle s'étale du mois de mai jusqu'au mois septembre

Une différence de 80 mm est enregistrée entre le mois le plus sec et le mois le plus humide. Une variation de 19.7 °C est enregistrée sur l'année.

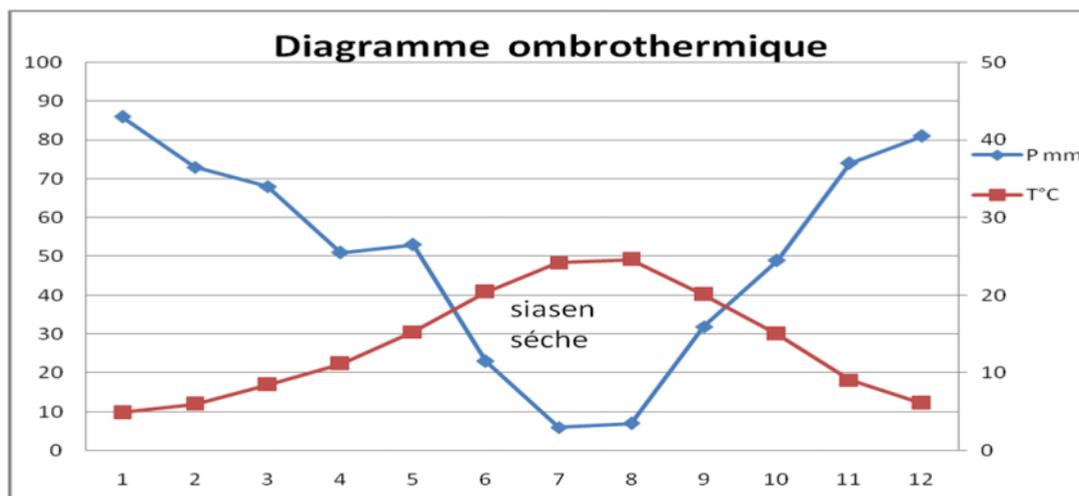


Figure 9 : Diagramme Ombrothermique de la zone d'étude la période 1995-2010

## I.5. L'action anthropique à l'intérieur du PNTH

Le parc national de Thneit El Had a connu une grande activité anthropique jugée sévère, à cause de sa situation et de sa richesse naturelle. Les principales activités remarquables dans le parc national sont les coupes, ainsi que les incendies, ces activités sont commises principalement par la population riveraine.

Comme tous les parcs nationaux le parc de Thneit el Had est soumis à une pression de visiteurs et de touristes surtout au printemps et en été.

### I.5.1. Pâturage

Le parc a connu un fort taux de pâturage a cause de la population qui l'entourée surtout la population riveraine.

Les passages répétés de bétail présentent néanmoins une véritable menace pour les jeunes semis dans la menace ou toute régénération se trouve compromise, le surpâturage est en permanence signalé dans le parc.

Toutefois, durant la décennie d'insécurité (1993-2000) la présence du bétail était fortement réduite.

### I.5.2. Incendie

Les incendies des forets n'ont que rarement affecté le parc national du fait de sa composition végétale peu inflammable et grâce à la vigilance du personnel. Ainsi que l'intervention très active des riverains qui précède souvent celle des forestiers et des agents de la protection civile.

### I.5.3. Tourismes

La plus grande affluence vers le site forestier el "Meddad " est enregistrée notamment en fin de semaine, et en provenance de plusieurs wilayas voisines ou éloignées comme Tiaret Ain defla Media, et Alger, durant les années 2004 et 2005 ,2500 à 3000 visiteurs y ont été recensés. Ces visites sont répertoriée dans le cadra du :

- Tourisme récréatif (familles).
- Tourisme scientifique ou de découverte (sorties pédagogiques de étudiants chercheurs, clubs scientifiques).

A decorative graphic of a scroll with a black outline and rounded corners. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges curving upwards. The text is centered within the scroll.

# **Chapitre II**

## **Aperçu bibliographie**

### Chapitre II : Aperçu Bibliographie

#### II.1. Définition de la télédétection

« Ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. » (**Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale, 1988. In Kergomard, 2004**).

La télédétection est l'ensemble des techniques qui permettent, par l'acquisition d'images, d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre. Elle englobe tout le processus qui permet, à l'aide d'un capteur, "d'observer" et d'enregistrer le rayonnement électromagnétique, émis ou réfléchi, par une cible quelconque sans contact direct avec celle-ci. Le traitement et l'analyse des informations véhiculés par le rayonnement enregistré permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible : géométriques (position, forme et dimensions), optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physico-chimiques (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire). (**Soudani, 2005 ; Centre Canadien de Télédétection, 2007**).

#### II.2. Intérêt de la télédétection

Le premier intérêt de la télédétection est de fournir des images de l'espace géographique. Elle fournit des images pour s'orienter et établir des cartes topographiques, et des images pour mener des inventaires de la plupart des ressources. A un autre niveau d'utilisation, la télédétection est un puissant outil cartographique pour appréhender des questions extrêmement variées et toujours plus nombreuses relevant entre autres, de la géographie rurale (ex : société rurale appréhendée par ses composantes paysagères comme le parcellaire ou la pratique du brûlis), de la géo-archéologie, de l'aménagement, de la géomorphologie, de la géographie urbaine depuis la possibilité de la très haute résolution visible (ex : relation entre architecture et composantes socioculturelles et socioéconomiques), de la démo-géographie (ex : évaluation de la population par les densités de bâti).

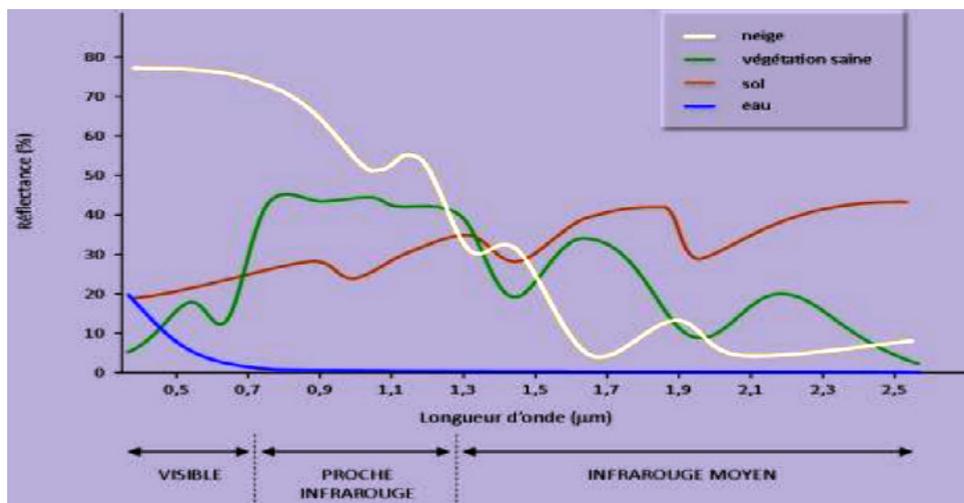
Par la répétitivité des acquisitions, elle autorise une analyse diachronique (ex : impacts d'une sécheresse, rythme et forme de l'urbanisation ou de la déforestation). D'une façon générale, elle permet de dater l'inscription d'un fait dans le paysage, d'en apprécier le contenu, la forme, le sens et le rythme d'évolution.

## II.3. Interactions rayonnement et surfaces terrestres

Au niveau de la cible, le rayonnement électromagnétique est réfléchi, absorbé et transmis dans des proportions variables. Lorsqu'on s'intéresse à une longueur d'onde spécifique, le rapport du rayonnement réfléchi au rayonnement incident est appelé réflectance ( $\rho_\lambda$ ). De la même manière, on définit l'absorption ( $\alpha_\lambda$ ) et la transmittance ( $\tau_\lambda$ ). Les capteurs utilisés en télédétection mesurent le rayonnement réfléchi et donc on s'intéresse à la réflectance des objets. La réflexion d'une onde incidente sur la surface terrestre dépend des caractéristiques de l'onde (longueur d'onde, polarisation, angle d'incidence.) et des caractéristiques de la surface (matériau, pente, rugosité, humidité.) (**Polidori, 2002**).

La variation de la réflectance en fonction de la longueur d'onde est appelée signature spectrale.

Chaque type d'objets possède alors une signature spectrale plus ou moins caractéristique. On utilise alors les différences de signatures spectrales pour différencier les objets situés au sol. La figure ci-dessous représente les signatures spectrales de quelque objet.



**Figure 10:** Signatures spectrales des surfaces naturelles dans le domaine visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen (UVED, 2008)

### II.3. 1. Réflectance spectrales de sol

Les réponses spectrales des sols se caractérisent par des valeurs de réflectance régulièrement croissantes dans le visible et le proche infrarouge, tandis qu'elles sont généralement faibles dans le moyen infrarouge réflectif. Ces valeurs, d'autant plus faibles que les sols sont plus humides, sont particulièrement faibles pour les bandes d'absorption de l'eau. (**Yahiaoui, 2011**).

### II.3.2. Réflectance spectrales de l'eau

Le comportement spectral de l'eau présente un maximum dans la bande bleue avec une réflectance de 0.5  $\mu\text{m}$  et quasi nulle dans l'infrarouge. La turbidité, transport de matériaux en suspension et une eau peu profonde, modifient ses caractéristiques et la réflectance devient plus importante pour toutes les longueurs d'ondes. (Yahiaoui, 2011).

### II.3.3. Réflectance spectrales de la végétation

Comme nous pouvons le constater sur la (Figure 11), selon (MOQUET, 2003) la végétation en générale possède une réflectance :

- très faible dans le rouge (~660nm) et le bleu (~450nm)
- faible dans le vert (~546nm)
- élevée dans le proche infrarouge (0,7-1  $\mu\text{m}$ )

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

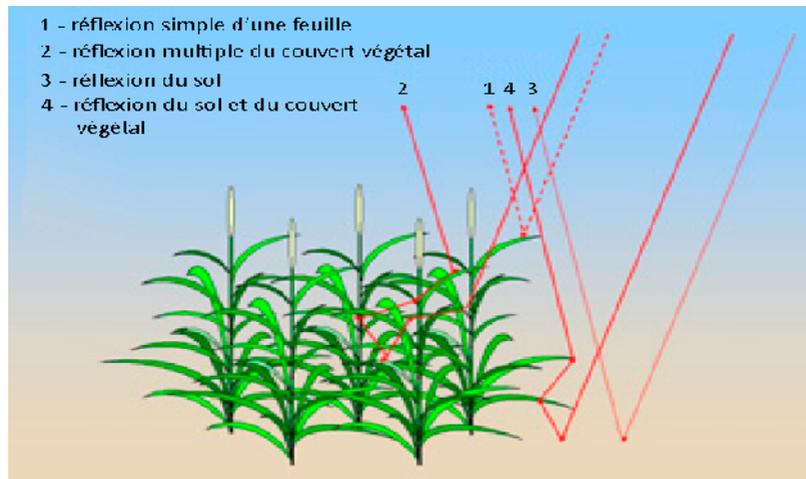
L'identification et le suivi des couverts végétaux repose sur la réponse spectrale des surfaces dans les différents longueurs d'onde et donc sur la notion de signature spectrale.

#### II.3.3.1. Variations de la signature spectrale de la végétation

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

#### II.3.3.2 Caractérisation de la structure d'un couvert végétal

La structure d'un couvert végétal n'est pas reliée aux organes végétaux, mais concerne la plante ou le peuplement. Elle prend en compte à la fois des paramètres de structure de la canopée, comme l'indice de surface foliaire ou l'angle d'inclinaison des feuilles, et l'organisation spatiale des peuplements, leur agencement, leur densité, ainsi que le taux de recouvrement du sol selon le stade phénologique.



**Figure11:** lustration des interactions entre le sol et la végétation, intégrées au niveau de la mesure satellitaire (d'après fensholt ,2003)

Lorsque la végétation est peu couvrante, la réponse spectrale des plantes est affectée par la réflectance des sols. Les interactions du rayonnement entre la végétation et le sol sont si complexes qu'il est très difficile de corriger l'influence perturbatrice du sol.

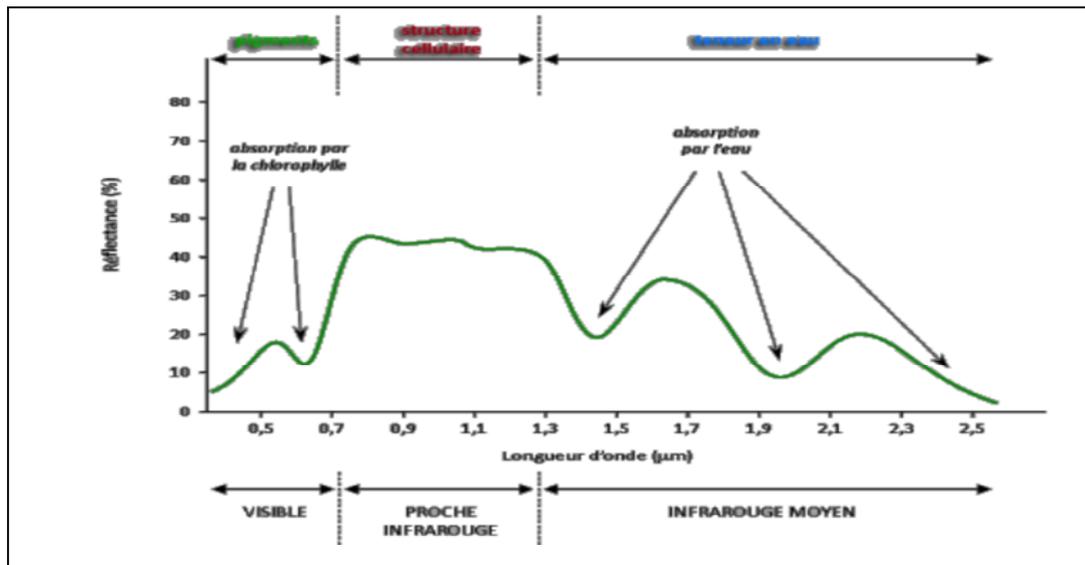
Le signal mesuré par le capteur intègre généralement les réflectances du sol et de la végétation, comme le schématise la figure ci-dessous (**HUETE, 1989**).

### II.3. 3.3. Propriétés optiques des feuilles

Les propriétés optiques des feuilles sont liées à leurs caractéristiques biochimiques (teneur en pigments, structure cellulaire, teneur en eau, état physiologique). On distingue trois types d'éléments qui interviennent dans les propriétés optiques des feuilles et qui correspondent aux grands domaines spectraux du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen.

- la teneur en pigments
- l'anatomie des feuilles, leur structure cellulaire
- la teneur en eau

Ces trois éléments varient au cours du temps et entraînent par conséquent des changements dans la structure et les caractéristiques des couverts végétaux.



**Figure 12 :** principaux facteurs influençant la signature spectrale de la végétation dans le visible, le proche infrarouge et l'infrarouge moyen (UVED, 2008).

### II.3. 3.3.1. Pigments foliaires

Tous les végétaux renferment des pigments : chlorophylles (pigments verts), carotènes (pigment orangés) et anthocyanes (pigments bleus rouges), les pigments chlorophylliens étant de loin les plus abondants. La chlorophylle possède deux bandes d'absorption dans le bleu (450 nm) et dans le rouge (660 nm). La présence des pigments foliaires dans les végétaux est donc responsable de la forte absorption du rayonnement visible, avec un maximum relatif de réflectance autour du vert (550 nm). (UVED D, 2008).

### II.3. 3.3.2. Structure cellulaire des feuilles

La structure anatomique des feuilles joue un rôle très important dans la signature spectrale de la végétation. Si les pigments chlorophylliens absorbent la majeure partie du rayonnement visible qui leur parvient, ils sont en revanche totalement transparents au rayonnement de plus grande longueur d'onde. Le proche infrarouge traverse donc la feuille jusqu'à une couche cellulaire formée de cellules irrégulières et d'espaces intercellulaires dans lesquels sont stockés les gaz échangés entre la feuille et l'atmosphère, le parenchyme lacuneux ou mésophylle. C'est au niveau de cette couche, lieu d'échange entre l'oxygène et le dioxyde de carbone dans les processus de la photosynthèse et de la respiration, que le rayonnement proche infrarouge est fortement réfléchi. (Jensen, 2000).

Il est d'autant mieux réfléchi que le parenchyme lacuneux est bien développé.

### II.3. 3.3.3. L'influence de la teneur eau

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

### Remarque

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

## II.4. Notion de réflectance

La réflectance est la fraction d'énergie lumineuse incidente réfléchi par la cible. De nombreux capteurs embarqués sur satellites ou sur avions sont sensibles à l'énergie émise par le soleil et réfléchi par le système terre-atmosphère. Avant que le rayonnement solaire n'atteigne la surface terrestre, il traverse une certaine épaisseur d'atmosphère et est affecté en conséquence par des phénomènes de diffusion et d'absorption.

Les objets renvoient de manière différente les radiations lumineuses. Ceci les rend identifiables et permet de déterminer certaines de leurs caractéristiques. La réflectance mesurée par le capteur renseignera donc sur les caractéristiques optiques des éléments de chaque pixel (BONN ET AL., 1996).

## II.5. Les domaines d'application de la télédétection

Selon Kergomard (2004) Trois grands domaines ont bénéficié de la télédétection :

- Le premier grand domaine d'application de la télédétection a été l'étude de

l'atmosphère (météorologie et climatologie). L'intérêt de la télédétection dans ce domaine est d'assurer une couverture globale et très fréquemment répétée de la planète entière ; par contre la résolution spatiale n'est pas primordiale pour les applications météorologiques ;

- En océanographie, la télédétection offre l'avantage de permettre une vision synoptique de vastes régions qu'il est impossible d'obtenir par les moyens traditionnels (bateaux). Pour certaines études à petite échelle, les données des satellites météorologiques sont largement utilisées en océanographie (températures de surface de l'océan) ;

- Les applications terrestres de la télédétection sont extrêmement variées, et le champ des utilisations ne cesse de s'élargir : cartographie, géologie et prospection minière, mais aussi surveillance des cultures ou du couvert forestier, urbanisme, aménagement, génie civil, etc... Le traitement de l'imagerie satellitaire numérique est une discipline en constant développement, et la baisse du coût des matériels informatiques a entraîné une augmentation rapide du nombre des utilisateurs.

### **II.6.Traitements des images satellitaires LANDSAT 8**

#### **II.6.1.Images satellitaires**

Les images sont descriptives et elles apportent une information visuelle beaucoup plus importante par rapport à l'homme (**Pouchin, 2001in Bensaid, 2006**).

Les images satellitaires constituent un outil important dans la cartographie de végétation ainsi que dans la planification et la gestion des ressources ; elles sont descriptives et apportent une information spatiale, beaucoup plus importante par rapport aux autres sources d'information (**Pouchin, 2001**) et spectrale qui permet la caractérisation des objets dans une large bande spectrale.

Le processus d'interprétation, qu'il soit visuel ou automatique, transforme les données contenues dans l'image en éléments d'informations attachés à une localisation géographique. Cela permet d'utiliser ces données de télédétection dans un processus de gestion des ressources en les combinant avec des données pluri-thématiques et multi-sources. C'est dans cette intégration des données que le potentiel de développement des applications de télédétection est le plus important.

#### **II.6.2. Image satellitaire LANDSAT**

Le premier satellite d'observation LANDSAT-1 a été lancé par la NASA en 1972. Connu à l'origine sous l'acronyme ERTS-1 (Earth Resource Technology Satellite),

Landsat avait été conçu pour tester la faisabilité d'une plate-forme multi spectrale d'observation de la Terre non habitée. Depuis, le programme Landsat a permis l'acquisition de données sur tous les coins de la planète. Le programme Landsat qui était gérée à l'origine par la NASA, est sous la responsabilité de la NOAA, en 1983. En 1985, le programme a été commercialisé pour fournir des données aux divers utilisateurs civils (**GIRARD, 1999. TAYLOR, 2009**).

### II.7. Traitement des données de télédétection

#### II.7.1 . L'analyse et l'interprétation visuelle de l'image

L'interprétation et l'analyse visuelles datent du tout début de la télédétection avec l'interprétation de photos aériennes. Actuellement, l'interprétation la plus efficace des images satellitaires associe l'utilisation des méthodes assistées par ordinateur et l'analyse visuelle (**GIRARD, 1995**).

L'interprétation est facilitée par le choix des couleurs établis en fonction des objets représentés. On dégage ainsi plus facilement les grandes organisations spatiales qui se perçoivent par des associations de couleurs. Il n'en n'est pas de même pour une autre palette de couleurs. Ainsi si l'on distribue les couleurs au hasard, l'organisation n'est plus du tous facile à interpréter.

L'interprétation peut se faire directement sur l'écran quand on dispose d'un système informatique de traitement des images. Les limites des plages cartographiques sont alors dessinées directement sur écran.

On peut augmenter ou diminuer le nombre de groupes selon le but de classification (**GIRARD & GIRARD, 1999**).

#### II.7.2 Notion de classe

La définition d'une classe repose sur le principe qu'a une signature spectrale donnée correspond un objet bien identifiable et inversement (**LAINE, 1990**). Un pixel peut être caractérisé à partir de plusieurs paramètres de mesure comme par exemple les mesures spectrales du rayonnement électromagnétique (luminance, réflectance, température, coefficient de rétrodiffusion).

Un pixel peut être aussi défini à partir d'un ensemble de  $n$  composantes image auxquelles on associe les paramètres de mesures. Cet espace à  $n$  dimensions, parfois appelé espace spectral, est donc occupé par l'ensemble des vecteurs possibles formés des valeurs des  $n$  paramètres d'observation (**BONN ET ROCHON., 1996**).

On appelle signature d'objet, d'une classe ou d'un pixel, la série de combinaisons singulières de valeurs de chacun des paramètres de mesure.

Obtenir des classes de signatures consiste à découper l'espace spectral en sous-espaces en essayant de satisfaire deux hypothèses de base :

- 1- tous les pixels d'une même classe ont une signature identique ;
- 2- les différentes classes sont parfaitement distinctes les une des autres. Dans la réalité, ces deux hypothèses ne se rencontrent que très rarement. En effet, il existe des chevauchements entre les signatures qui rendent difficile la mise en place de limites de ces classes dans l'espace spectral (notion de confusion).

### II.7.3. Méthodes de classification

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

Le processus de classification comporte trois étapes :

- 1) l'établissement des classes de signatures.
- 2) la classification des pixels en fonction de ces signatures ;
- 3) la vérification des résultats.

L'établissement des classes de signatures peut se faire à partir de deux situations initiales distinctes:

### II.7.3.1. Classification supervisée

Dans le second cas, on possède des connaissances a priori sur la nature des objets contenus dans l'image et il suffit alors de communiquer ces informations à l'ordinateur pour son apprentissage : on dit alors que la classification est dirigée (GAY, 1999).

La classification dirigée est une procédure utilisée pour l'identification de zones « spectralement similaires » d'une image. On identifie d'abord des sites d'entraînement dont on extrait la signature spectrale et à partir des quel son extrapole pour le reste de l'image.

La classification dirigée est basée sur une connaissance a priori de la position et de la nature d'un thème quelconque de l'image. Cette connaissance peut être acquise par travail de terrain, photographie aérienne ou par toute autre source d'information indépendante. Les sites d'entraînement (généralement de petites surfaces isolées par rapport à l'image entière), sont utilisés pour « entraîner » l'algorithme de classification à reconnaître les différents thèmes en fonction de leur signature spectrale telle que définie sur l'image.

Pour un thème en particulier, les sites d'entraînement doivent être représentatifs de toute la variabilité du thème observée sur l'image. Des variables environnementales, telles que le type de sol, la teneur en humidité et la santé de la végétation, peuvent modifier la signature spectrale d'un thème et de ce fait, affecter la précision de la carte classifiée résultante.

### II.7.3.2. Classification non supervisée

La classification non supervisée procède de la façon contraire. Les classes spectrales sont formées en premier, basées sur l'information numérique des données seulement ces classes sont ensuite associées, par un analyste, à des classes d'information utile. Des programmes appelés algorithmes de classification sont utilisés pour déterminer les Groupes statistiques naturels ou les structures des données.

### II.7.4. Détermination d'algorithmes de classification

Méthode extrêmement simple qui consiste à calculer, dans l'espace spectral, la distance entre chaque pixel de l'image et les centres de regroupement préalablement déterminés (moyennes des classes spectrales calculées à partir des sites d'entraînement).

### II.7.4.1. L'algorithme de maximum de vraisemblance

L'algorithme de maximum de vraisemblance est un critère de décision statistique fondé sur le calcul de la vraisemblance et servant à classer des éléments d'image dans des classes spectrales. La classification par maximums de vraisemblances est une méthode tout à fait satisfaisante mathématiquement car les pixels sont classés à partir d'une probabilité ce qui est tout à fait souhaitable en télédétection (**GIRARD, 1999**).

### II.7.5. Évaluation des résultats de la classification

La dernière étape d'une classification d'image consiste à la validation de la classification en évaluant sa pertinence. Pour cela on peut consulter le taux de pixels bien classés dans une matrice de confusion et estimer la qualité de la précision de la classification par le test Kappa.

#### II.7.5.1. La matrice de confusion

La matrice de confusion se présente sous forme d'un tableau à double entrée. Une des entrées correspond aux pixels affectés aux classes d'après notre connaissance du terrain (en ligne) tandis que l'autre représente les pixels attribués aux classes après la procédure de classification (en colonne). Et en diagonale les nombres de pixels correctement classifiés.

Cette matrice permet de calculer:

- La précision totale: nombre de pixels bien classés divisé par le nombre total d'individus.
- L'erreur d'excédents : pourcentage de pixel d'une classe issue de la classification qu'il appartient, en fait à d'autres classes dans les données de références.
- La précision pour l'utilisateur: pourcentage de pixels d'une classe issue de la classification correspondante à la même classe dans les données de références, elle est égale à "100 %-erreur d'excédents".
- L'erreur de déficits: pourcentage de pixels d'une classe de référence affectés à d'autres classes de classification.
- La précision pour le réalisateur : pourcentage de pixels d'une classe de référence affectés à la même classe, par la classification, elle est égale à "100 %-erreur de déficits" (**DOUAOUI, 2005**).

### II.7.5.2. Test de Kappa

Un des tests fréquemment utilisé est celui de Kappa qui est une technique d'analyse multi variée pour estimer la valeur d'une matrice de confusion (GAY, 1999).

La formule du calcul du test de Kappa est la suivante :

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})}$$

Où :

**r** : est le nombre de colonne de la matrice

**x<sub>ii</sub>** : est le nombre d'observations dans la colonne i et la ligne i

**x<sub>i+</sub>** et **x<sub>+i</sub>** : sont les totaux marginaux de la ligne i et de la colonne i

**N** : est le nombre total d'observations

Le coefficient Kappa est un estimateur de qualité qui tien compte des erreurs en lignes et en colonnes. Il varie de 0 à 1. C'est une estimation de la précision de la classification.

Il exprime la réduction proportionnelle de l'erreur obtenue par une classification complètement au hasard, une valeur de 0,75 par exemple, signifie que la classification qui vient d'être réalisée évite 75% des erreurs obtenues par une procédure qui travaille complètement au hasard (DOUAOUI, 2005).

Le coefficient de Kappa peut aussi être utilisé pour comparer entre différentes matrices afin de montrer si un résultat est significativement meilleur qu'un autre (GAY, 1999).

### II.8. Indices de végétation

Ces différents indices de végétation exploitent essentiellement la différence de réponse spectrale de la végétation et des sols dans la bande rouge (R) qui est liée à l'absorption de la lumière par la chlorophylle et la bande proche infrarouge (PIR) qui est liée à la densité de la végétation verte. Les indices de végétation doivent donc être sensibles à la partie verte du

couvert végétal sans pour autant être influencés par le sol. Pour une meilleure évaluation de la couverture végétale, six indices de végétations ont été retenus :

- Le **RVI** (Ratio Vegetation Index, **PEARSON AND MILLER, 1972**) est défini sans référence à la droite des sols (définie par le plan spectral « rouge-proche infrarouge »)

$$\text{RVI} = \text{PIR}/\text{R}.....(01)$$

PIR : compte numérique dans la bande proche infrarouge

R : compte numérique dans la bande rouge.

-Le **NDVI** est calculé comme suit :  $\text{NDVI} = (\text{PIR} - \text{R}) / (\text{PIR} + \text{R})..... (2)$

Avec : PIR : canal proche infrarouge

R : canal rouge.

Par opposition aux aperçus quantitatifs de l'utilisation de NDVI, les utilisateurs ont tendance à estimer un grand nombre de propriétés de végétation (LAI : indice foliaire, la biomasse, la concentration en chlorophylle dans les feuilles, la productivité végétale, la couverture partielle de végétation, les précipitations accumulées) à partir de la valeur de cet indice, en corrélant les valeurs espace dérivées de NDVI avec des valeurs terre-mesurées de ces variables (**ESCADAFAL, 1994**).

## II.9. Cartographie de la végétation

La première carte de la végétation a été établie par Henri Gaussen, elle se base sur la détermination d'espèce homogène, représenté par une série de végétation (**OZENDA ,1982**).

### II.9.1. Objectifs de la carte de la végétation

La carte de la végétation se propose deux objectifs

- l'inventaire et la représentation de la végétation existante, tentateur elle que transformée par l'homme.
- l'indication de la végétation possible, c'est –a -dire du sens de l'évolution cette végétation d'après son dynamisme.

### II.9.2. Types de cartes de végétation

Il est extrêmement difficile, encore aujourd'hui, de donner une définition unique de ce qu'est une Carte de la végétation. Chaque pays, chaque organisme international ont leurs propres méthodes et système classification, en fonction de leurs objectifs, de la taille de la région cartographiée ou des moyens mis en œuvre. On générale, on peut subdiviser les cartes de la végétation en deux grandes classes :

- celle qui tient compte des paramètres du milieu et de dynamisme des peuplements.
- celle dans lesquelles la physionomie et la flore de ces mêmes peuplements sont presque exclusivement prises en compte.

On conçoit ainsi des cartes savantes tout floristiques, et des cartes essentiellement dynamiques et écologiques. Il est clair que les données sur la flore, sur la physionomie de la végétation et sur l'utilisation de ses ressources par l'homme conduisent à la production de cartes relativement statiques, dites « cartes d'utilisation du sol ». De telles ne sont en fait qu'une représentation spatiale d'inventaires.

L'emploi de telles cartes est limitée, car elles n'informent que sur l'état de la végétation selon un petit nombre de critères (floristique, physionomiques) et a une date donnée. La diversité des cartes des végétations est intimement liée à celle des échelles de représentation. **(JANODETE ET BLASCO, F 1993).**

### II.9.3. Végétation de Parc national de Theneit El Had

#### II.9.3.1. La végétation

On appelle végétation l'ensemble des végétaux qui couvrent un territoire et en forment le paysage.

En première approximation, cette notion est indépendante de toute connaissance floristique de la végétation, c'est la forêt, la lande, le gazon qu'il soient respectivement formés de hêtre ou de chêne, de bruyères ou de genêts, de dactyles ou de bromes. En fait, la végétation d'un territoire déterminé traduit la manière dont les éléments de la flore s'harmonisent ou concurrencent en fonction des exigences propres de chaque espèce, ceci par rapport aux conditions du milieu dans lequel elles vivent **(Girard et Dupont., 2004)**

La présence des pigments chlorophylliens est responsable, en grande partie, de la forme très particulière de la signature spectral des végétaux (**Gay., 1999**). toutefois, le comportement spectral de la nature de l'espèce, du stade de développement, du taux de recouvrement et de l'état du peuplement (**Douaoui., 2005**).

Les facteurs influençant la réflectivité de la végétation peuvent être classée, en quatre groupes (**Girard et Girard., 1989**) : structure de la feuille (structure interne, surface de la feuille, contenu de l'eau, chlorophylle), Géométrie de la feuille ( orientation , inclinaison), Assemblage des feuilles ( recouvrement, disposition ), et structure canopée (lisse, rugueuse, ouvert, fermée).

### **II.9.3.2. Les unités écologiques**

La reconnaissance des différentes sous unités est basée sur des critères biotiques et abiotiques (couvert végétal, le relief, l'exposition, l'altitude, faune). Au total, les sous unités écologiques ont été individualisés et résumé sous forme de tableau (voir l'annexe)

## Chapitre II : Aperçu Bibliographie

---

A decorative graphic of a scroll with a black outline and a light gray shadow, containing the chapter title. The scroll is positioned horizontally across the middle of the page.

# **Chapitre III**

## **Matériel et Méthode**

### III.1. Données satellitaires

Les données satellitaires sont constitués d'une image satellites LANDSAT téléchargées sur le site <http://glovis.usgs.gov/>. Ce sont:

- une image LANDSAT 8 OLI, du 29.03.2017

### III.2. Les données cartographiques

On a utilisé plusieurs cartes du parc national de theniet el had .

- une carte topographique avec une échelle de 1/75000.
- Carte de végétation du (Source : Département de protection et promotion des ressources naturelles du parc national de Theniet el Had).
- Carte des cantons .
- carte des sols.
- Carte des Habitats Naturelles.

### III.3. Matériel du terrain

Le matériel de collecte des données de terrain est composé de :

- un appareil photographique numérique pour les différentes prises de vue.
- un récepteur GPS (Global Positioning System) pour lever les coordonnées du point de la limite du canton de Sidi abdoun ,il a aussi servi à lever les coordonnées des zones d'apprentissage pour la phase de classification supervisée.

### III.4. Logiciels utilisé

Les principaux logiciels ont été utilisés dans le cadre de cette étude. Il s'agit des logiciels :

- ENVI 4.7 utilisé pour la visualisation et le traitement numérique des images satellites.
- Google Earth pro pour la localisation des points.
- Word et Excel 2007 de Microsoft, pour la rédaction du rapport.
- MapInfo

### III.5. Méthodologie

Au cours de nos sorties sur terrain, plusieurs itinéraires suivis pour l'identification des espèces végétales du canton Sidi abdoun, et leurs positions géographiques à l'aide d'un GPS.

Ces itinéraires, préétablis avec les ingénieurs du Parc, basés sur leurs connaissances de la végétation du Parc.

### III.6. L'image satellitaire utilisée

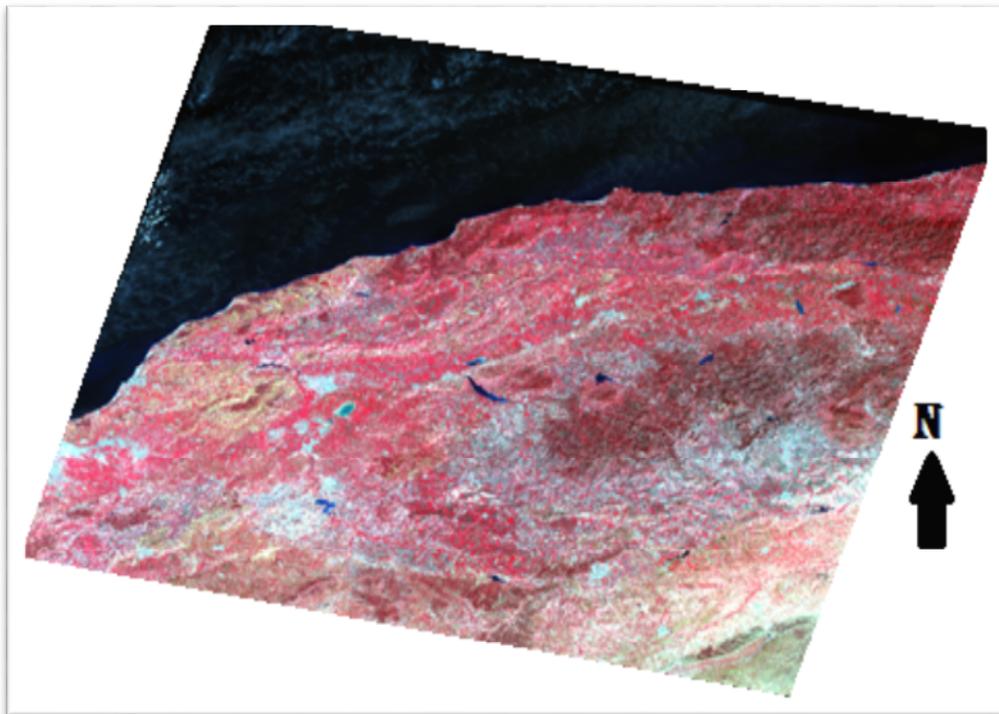
Les particuliers de cette image sont :

- La résolution est de 30 mètre (moyenne résolution). on a les bandes 10 et 11 la résolution est de 100 mètres

- Elle couvre une zone de 185 kilomètres/185 kilomètres.
- Elle est composée de 11 bandes spectrales.

L'image LANDSAT 8 à une résolution de 30 mètres, et elle est constituée de 11 bandes, mais nous avons choisis que les bandes (bandes qui caractérisent le plus la végétation):

- La bande 3 (le vert) avec une longueur d'onde de 0.525 - 0.600  $\mu\text{m}$ .
- La bande 4 (le rouge) avec une longueur d'onde de 0.630 - 0.680  $\mu\text{m}$ .
- La bande 5 (le proche infrarouge) avec une longueur d'onde de 0.845 - 0.885  $\mu\text{m}$ .



**Figure 13** : Image satellitaire refléctance landsat 8 prise le 29.03.2017

On a opté pour la trichromie suivante (celle qui différencie le mieux les types de végétations)

- La couleur bleu correspond à la bande B3
- La couleur vert correspond à la bande B4
- La couleur rouge correspond à la bande B5.

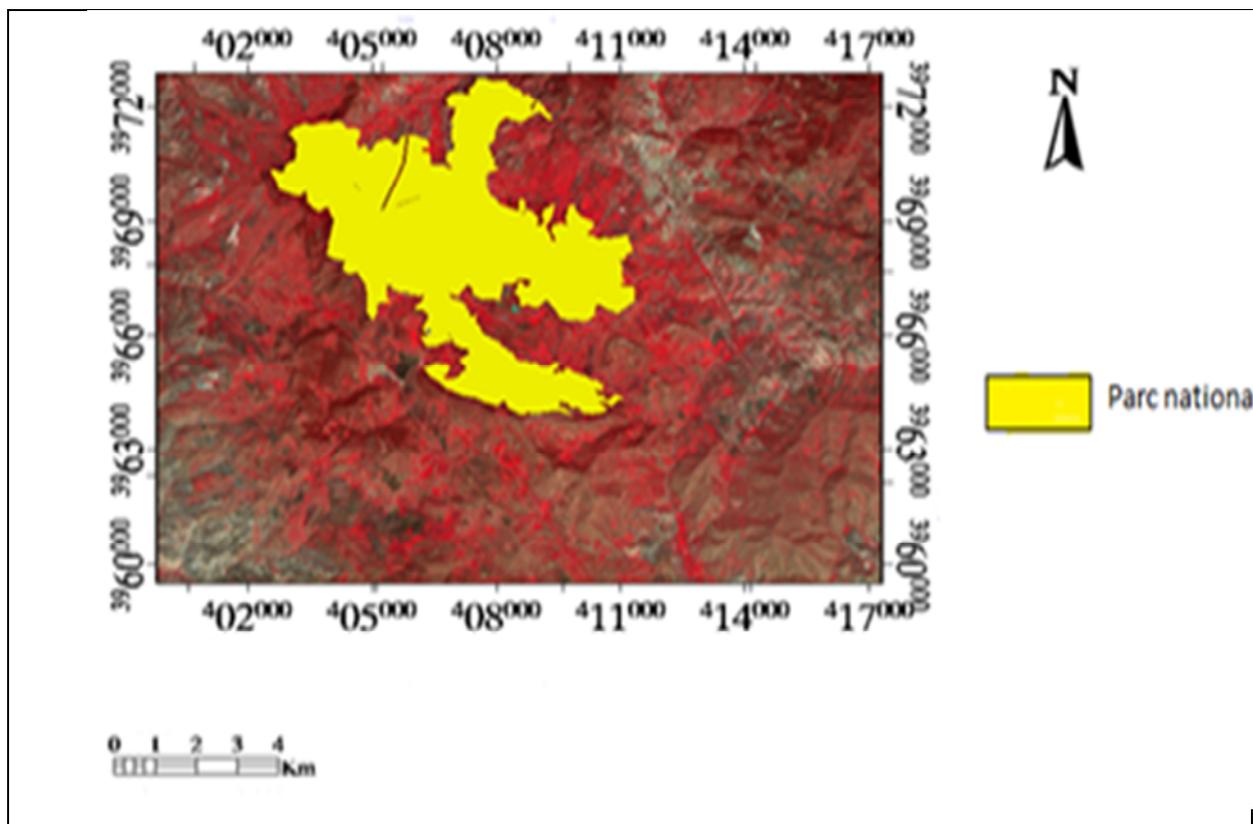
**III.7. Intérêts et caractéristiques de l’image Landsat 8 dans notre étude**

Les images du satellite Landsat offrent les meilleures caractéristiques selon les objectifs de cette étude : une large couverture spectrale allant jusqu’à l’infrarouge, une couverture de toute la zone d’étude, en une seule image.

**Tableau 3** : caractéristique de l’image satellitaire Landsat 8 **Source** : <http://landsat.usgs.gov/>.

Bande	Domaine spectrale (microns)	Résolution spatiale
Bande 1	0.433-0.453 um (Aérosols)	30m
Bande 2	0.450-0515 um (Bleu)	30m
Bande 3	0.525-0.600 um (vert)	30m
Bande 4	0.630-0.680um (rouge)	30m
Bande 5	0.845-0.885 um (infrarouge proche)	30m
Bande 6	1.560-1.660 um infrarouge moyen 1)	30m
Bande 7	2.100-2.300 um (infrarouge moyen2)	30m
Bande 8	0.500-0.680 um (panchromatique)	15m
Bande 9	1.360-1.390 um (cirrus)	30m
Bande 10	10.30-11.30µm (infrarouge moyen)	100m
Bande 11	11.50-12.50µm (infrarouge moyen)	100m

-  
-



**Figure 14:** Image LANDSAT 29.03.2017, parc national de Thniet El Had.

### III.7. Corrections de l'image

L'image « brute » en sortie du capteur ne peut être directement utilisée car elle est entachée d'erreurs liées à la sensibilité des capteurs, la géométrie d'observation et la présence d'effet de l'atmosphère autour de la terre. Les conditions d'éclairement et d'atténuation atmosphérique sont très variables dans le temps et dans l'espace.

Les images nécessitent donc obligatoirement des corrections atmosphériques, afin d'homogénéiser les données multi spectrales.

#### III.7.1. Corrections radiométriques (atmosphériques)

Le principe de correction atmosphérique d'une image de télédétection consiste à convertir les comptes numériques de l'image (niveau de gris) en luminance au niveau du capteur satellitaire et ensuite d'extraire de cette nouvelle variable les effets perturbateurs atmosphériques afin d'aboutir finalement à une mesure physique de la réflectance au niveau de la surface visée.

On utilise l'outil Landsat calibration de l'ENVI afin de calibrer notre image, donc effectuer les corrections atmosphériques.

## III.7.2. Corrections géométriques

A cause de la géométrie, et le passage de la 3D à la 2D qui nous oblige a utilisé des projections. Il y a donc des erreurs géométriques qui peuvent être soit systématiques (ex : rotation de la Terre) et qui peuvent donc être modélisées et corrigées automatiquement ; soit aléatoires et qui demandent des corrections plus empiriques.

L'image a été corrigée géométriquement et référencée selon la projection UTM WGS 84 zone 31. On utilisera cette image comme étant l'image de référence

## III.8. Utilisation ENVI pour l'analyse de l'image de la végétation

Tout notre travail de traitement d'image et de télédétection était effectué sous le logiciel ENVI 4.7.

**III.8.1. Logiciel ENVI** (The Environment For Visualizing Images, élaboré par la société « ITTVIS »). C'est un logiciel commercial complet de visualisation et de traitements d'images issues de la télédétection. Il présente une interface logique et intuitive pour lire, visualiser et analyser différents formats d'images. Toutes les méthodes de traitement d'images de corrections géométriques, radiométriques, de classification et de mise en page cartographique sont présentes.

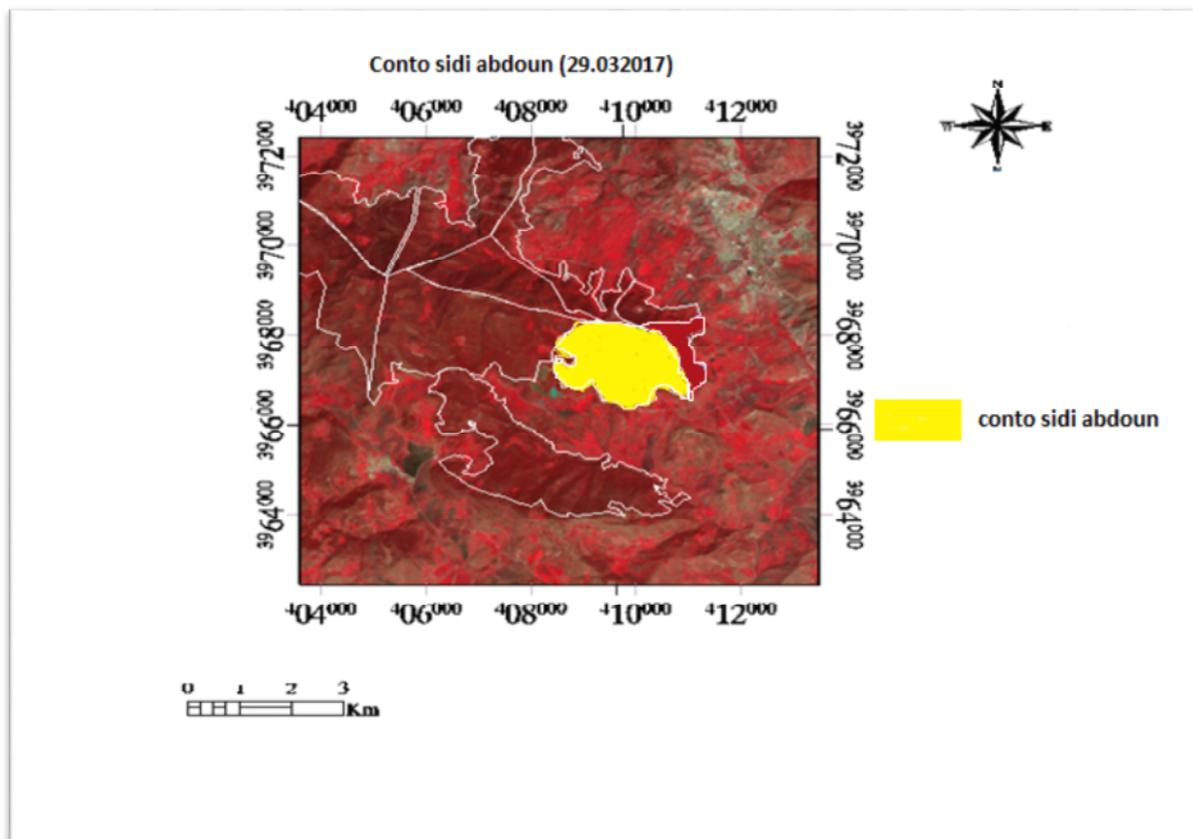


Figure 15: Délimitation de la zone d'étude.

### III.9. Classification des images satellitaires

On a utilisée deux types de classification (supervisée et non supervisée), mais les résultats de la supervisé et ceux qui nous intéressent :

#### III.10.1. Classification non supervisée

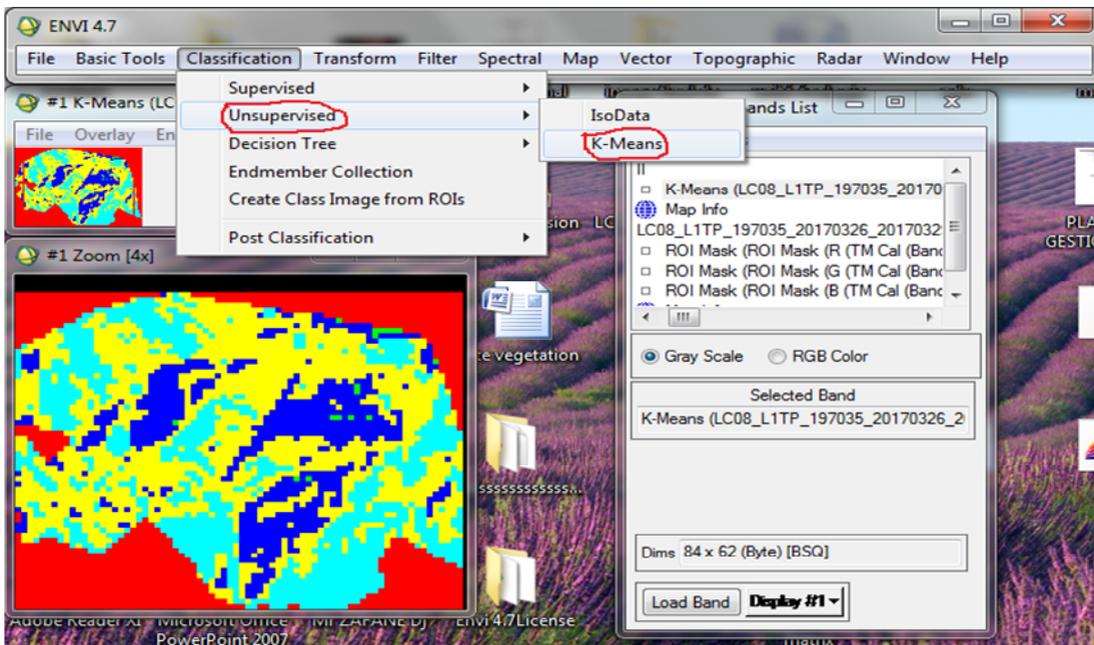


Figure16 : principaux étapes de la classification non supervisée

#### III.10.2 Classification supervisée

Pour fait cette classification on va suivre les étapes suivant :

- Masque de certaines parties de l'image.
- Définition des règles de classification à partir des zones d'apprentissage.
- Application des règles de classification à l'ensemble des pixels de l'image / Choix algorithm.
- Confrontation des résultats aux connaissances du terrain.
- Cartes thématiques de végétation.

### **III.11. Evaluation de la classification selon la méthode (algorithmes de Minimum de vraisemblance)**

#### **III.11.1. Test séparabilité**

Pour mesure de la séparabilité entre les différentes classes, qui varient entre 0 et 2. de séparabilité très faible à séparabilité parfaite.

#### **III.11.2. Matrice de confusion et Coefficient Kappa**

Le coefficient part 0 à 1, cela indique s'il y a de confusion entre les classes ou non. Pour la validation l'acceptabilité de la classification.

#### **III.11.3. Statistique des classes**

Pour calculer les superficies et les pourcentages des classes.

Le schéma ci-dessous résumé les étapes de la méthodologie suivis afin de cartographié la végétation à partir d'une image satellitaire brute après des plusieurs traitements.

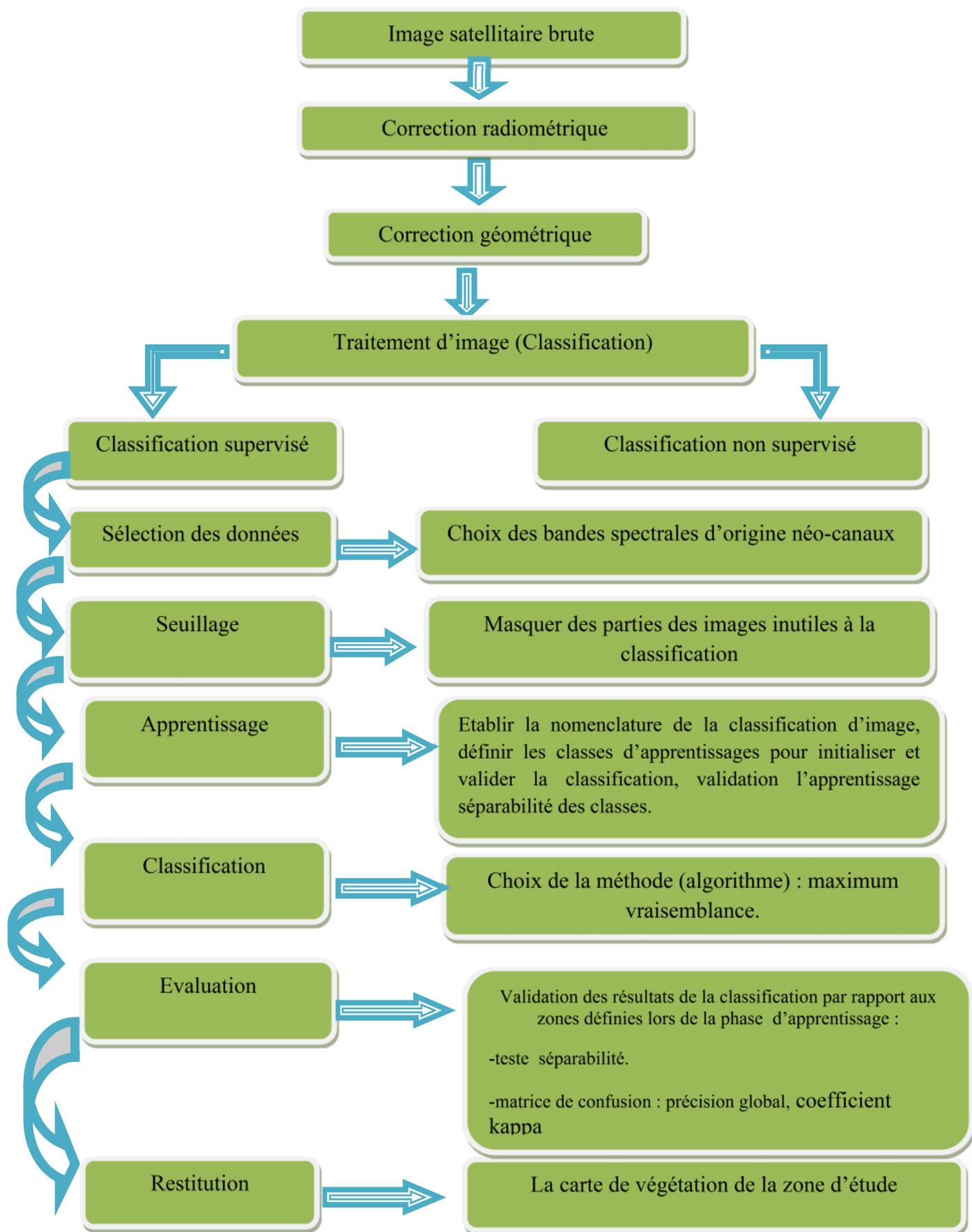


Figure 17: schéma représente les différentes étapes de classification supervisé d'une carte de végétation.



**Chapitre IV**  
**Résultats et discussions**

### Chapitre IV : Résultats et discussions

#### IV.1. Interprétation des images

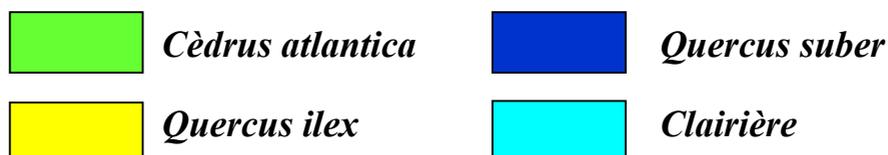
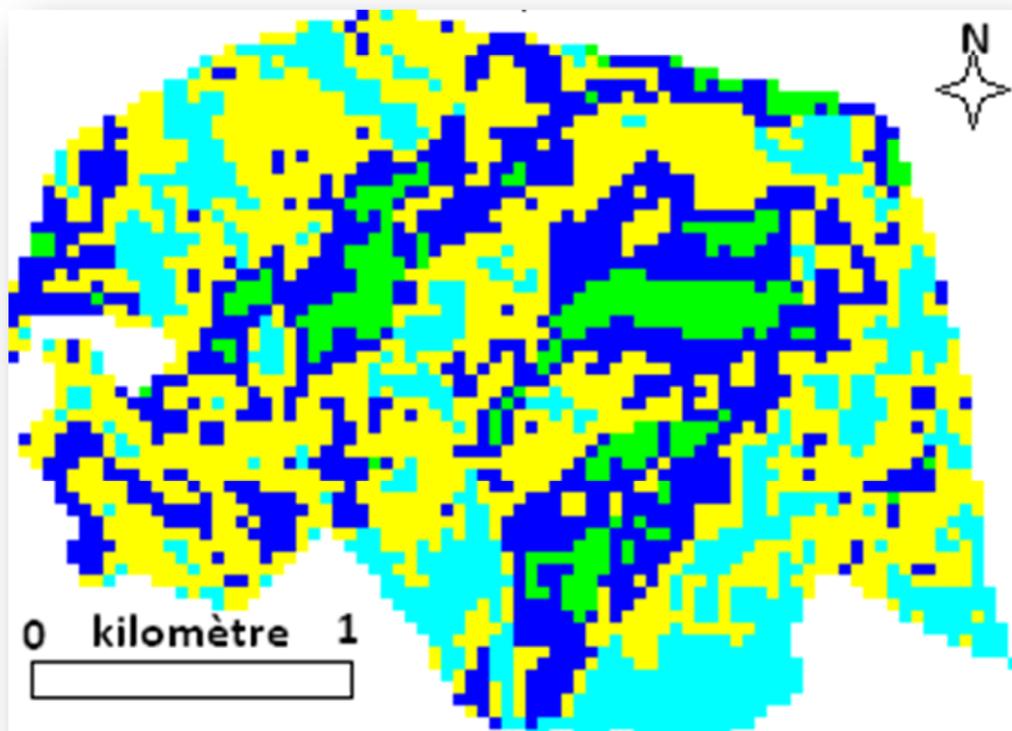
Pour une meilleure interprétation de l'image et pour la distinction d'un minimum de nuances sur le terrain (grands types de végétation), nous avons choisi la meilleure trichromie qui a été établie à partir des compositions des couleurs B3, B4, B5 pour l'image Landsat TIR 8 (29.03.2017).

**Tableau 4** : Compositions des couleurs B3, B4, B5 pour l'image Landsat TIR 8 (29.03.2017)

Band 3	Vert
Band 4	Rouge
Band 5	Proche infrarouge

#### IV.2. Classification de l'image

##### IV.2.1. Classification non supervisée de l'image satellitaire



**Figure 15** : Image classée avec la méthode non supervisé (LANDSAT8 TIR, 29 mars 2017)

Cette carte représente la classification non supervisé de notre image, qui nous a donnée quatre classes : *Cèdrus atlantica*, *Quercus suber*, clairière et le *Quercus ilex* qui occupe des superficies différentes, avec une superficie maximale chez la classe du chêne vert dans le canton sidi abdoun

Cette classification a été réalisée afin de nous orienté sur le nombre et les différentes classes spectrales qui existent dans notre zone d'étude.

### IV.2.2. Coefficient de Kappa

Le coefficient de Kappa pour cette classification est de 100%, car cette classification est automatique a applique un algorithme non supervisé donc n'accepte pas d'erreur.

### IV.2.3. Matrice de confusion

Avec la méthode de classification non supervisé, tout les pixels sont bien classés, et ont trouve aucun chevauchement entre les quatre classes, soit en nombre de pixel ou en pourcentage (voir tableaux ci-dessous).

**Tableau 05** : Matrice de confusion de la classification non supervisé (pixel)

classe	Qi	Qs	Ca	clairière	total
Qi	2502	0	0	0	2502
Qs	0	714	0	0	714
Ca	0	0	1548	0	1548
clairière	0	0	0	444	444
total	2502	714	1548	444	5208

**Tableau 06 :** Matrice de confusion de la classification non supervisé (pourcentage).

classe	Qi	Qs	Ca	clairière	total
Qi	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>48.04</b>
Qs	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>13.71</b>
Ca	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>29.72</b>
clairière	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>8.53</b>
Total	<b>48.04</b>	<b>13.71</b>	<b>29.72</b>	<b>8.53</b>	<b>100</b>

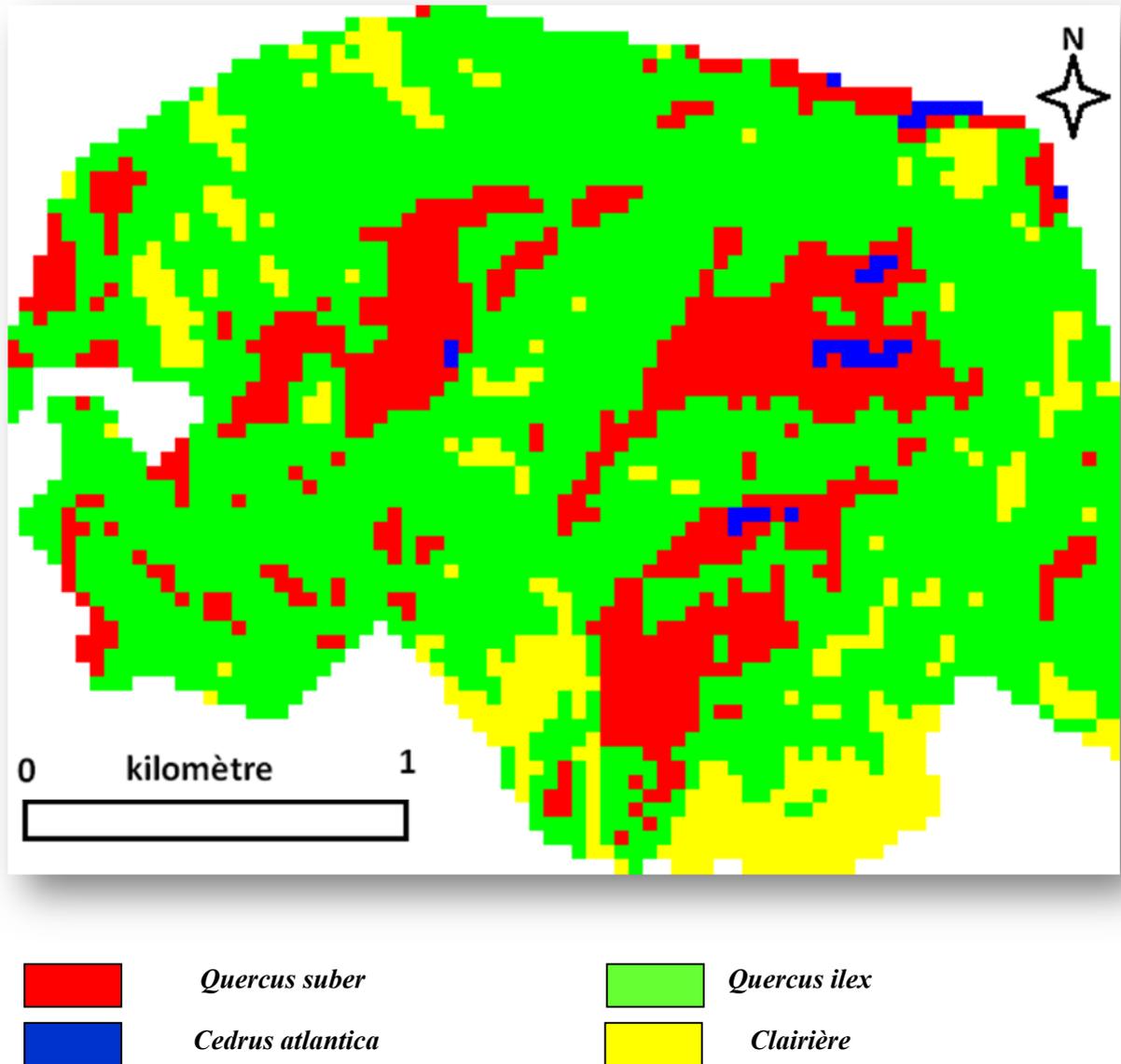
#### IV.2.4. La superficie de classes issues de la classification non supervisée

**Tableau 07:** la superficie et le pourcentage des classes au niveau de canton sidi abdoun

classe	Superficie (ha)	Pourcentage(%)
Qi	<b>219.7</b>	<b>68.01</b>
Qs	<b>79.02</b>	<b>24.46</b>
Ca	<b>3.8</b>	<b>1.17</b>
clairière	<b>20.48</b>	<b>6.34</b>
total	<b>323</b>	<b>100</b>

La superficie de *Quercus ilex* est la plus importante par rapport des autres classes. Suivi par la classe chêne liège et des clairières, la classe qui occupe le moins de superficie est la classe du Cèdre de l'Atlas.

### IV.3. Classification supervisée de l'image satellitaire selon l'algorithme du minimum distance



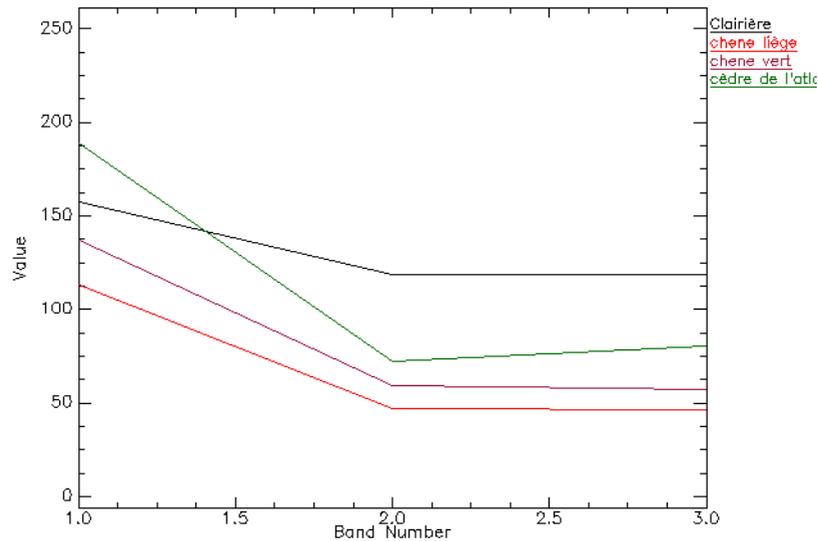
**Figure 14:** Carte de classification supervisée de l'image LANDSAT TIR (29 mars 2017)

Après la classification, on a obtenues quatre classes, trois classes représentent la végétation arborée, Chêne vert, chêne liège et Cèdre de l'Atlas. La quatrième classe représente la clairière, qui est occupé généralement avec des espèces herbacées.

On remarque que la classe du chêne vert couvre une plus grande surface dans ce canton et se localise dans tout le canton, mais surtout occupe le versant Nord.

Une grande partie de chêne liège se localisé dans le centre de canton mélangé avec la classe du chêne vert. La classe du Cèdre occupe le versant nord avec une faible superficie, en dernier la classe les clairières occupe le Sud et Nord-Ouest du canton.

### IV.3.1. Signatures spectrales des classes



**Figure 15 :** graphes des signatures spectrales de l'image classée selon la classification supervisée.

Les signatures spectrales des quartes classe confirme le choix de nos classes, car les classes du chêne vert, chêne liège, clairière et cèdre de l'Atlas ont un maximum de réflexion dans le proche infrarouge (bande1) se qui es le cas de tout les végétaux.

### IV.3.2. Pertinence de la classification

Pour estimé la pertinence de la classification supervisée de l'image Landsat 8, on calcule le pourcentage de pixels correctement classée par la matrice de confusion, qui va nous aide a calculé le coefficient de Kappa (est un estimateur de précision qui tient compte des erreurs en lignes et en colonnes).

## IV.4. Tests kappa des images classée

### IV.4.1. Test kappa de l'image du 29 mars 2017 (saison printanière)

La valeur du coefficient de Kappa calculé est de 0.9830 (98,30% de précision avec moins de 1% d'erreurs) pour l'image classée du 29 mars 2017; sachant que la valeur critique de ce dernier au-delà de laquelle une classification est jugée acceptable est de 75 % (Soudani, 2006).on peut donc dire qu'il y a une bonne confusion entre les classes qu'on a choisies.

## Chapitre IV : Résultats et discussion

### IV.4.2. Matrice confusion (pixel, pourcentage) de l'image du 29 mars 2017

**Tableau 08** : Matrice de confusion de la classification supervisée au minimum distance (Pixel).

Classe	Cèdre de l'Atlas	Chêne liège	clairière	Chêne vert	total
Cèdre de l'Atlas	31	0	0	0	32
Chêne liège	0	714	0	0	714
clairière	0	0	444	0	443
Chêne vert	0	0	0	2502	2502
Total	32	714	443	2502	3691

On remarque dans le tableau ci-dessus qu'il y a une bonne discrimination entre les classes. Ou en générale ont à pas de pixels classé dans deux classes différentes

**Tableau 09** : Matrice de confusion de la classification supervisée au minimum de Vraisemblance (Pourcentage).

Classe	Cèdre de l'Atlas	Chêne liège	Chêne vert	clairière	total
Cèdre de l'Atlas	100	0	0	0	0.84
Chêne liège	0	100	0	0	19.35
Chêne vert	0	0	100	0	67.79
Clairière	0	0	0	100	12.03

## Chapitre IV : Résultats et discussion

total	100	100	100	100	100
-------	-----	-----	-----	-----	-----

Nous remarquons aussi que le pourcentage de confusion est nulle (0%), car le choix des classes été parfait, et cela es due a la superficie faible du canton qui a facilité notre classification.

### IV.4.3. Teste de séparabilité des images classée

**Tableau 10:** Teste de séparabilité pour la classe du Cèdre de l'Atlas

Les classes	Les nombres de pixels	Les valeurs de test de séparabilité
Chêne liège	41 points	(1.99100150 1.99999714)
Clairière	67 points	(1.9999990 2.00000000)
Chêne vert	44 points	(1.99999436 1.99999996)

On remarque dans le tableau ci dessus que la séparabilité des classes varie entre 1.9 et 2.0 (bonne séparabilité, 1 séparabilité parfaite avec aucun risque de confusion), et ceci est valable aussi pour les autres tableaux (voir annexe).

Se qui signifie que les quartes classe sont bien séparée, se qui confirme le bon choix de nos classes

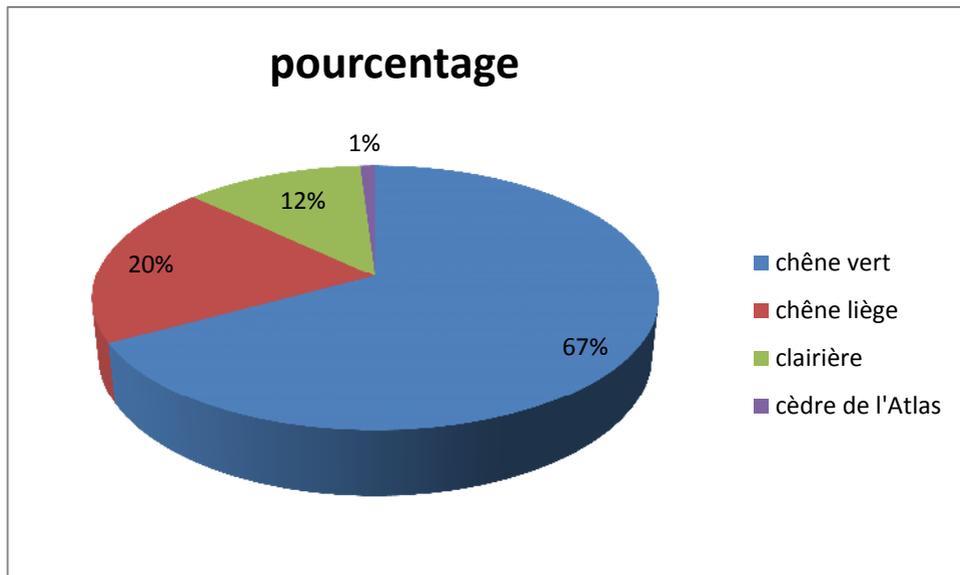
### IV.4.4. Superficies des classes des images classées

**Tableau 11:** la superficie et le pourcentage des classes au niveau de canton sidi abdoun.

Classe	SUPERFICIES (ha)	POURCENTAGE (%)
Chêne vert	215.0900	66.59
chêne liège	64.2600	19.89
clairière	39.8700	12.34

## Chapitre IV : Résultats et discussion

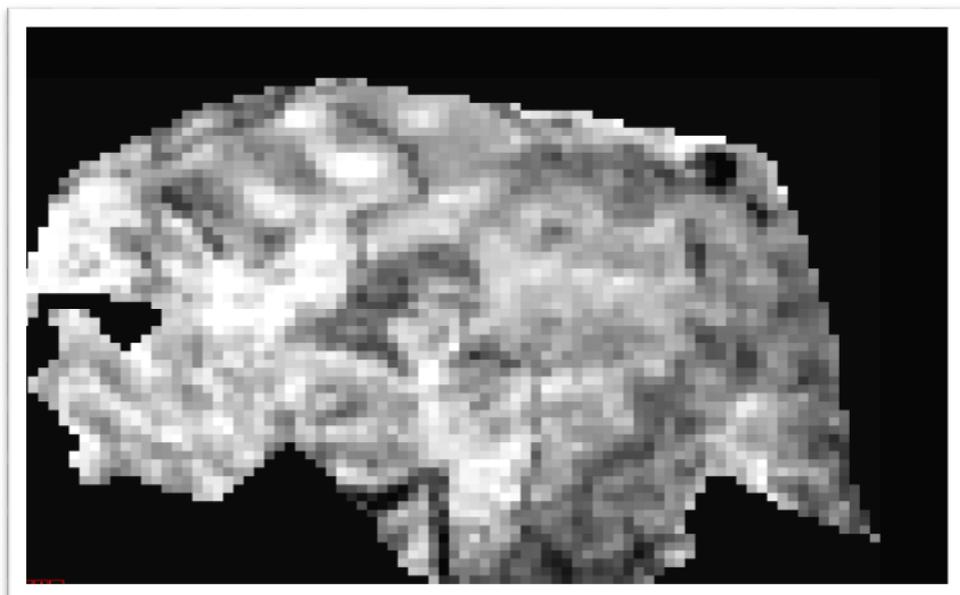
Cèdre de l'Atlas	2.8800	0.89
------------------	--------	------



**Figure 16:** histogramme représenter la superficie des classes au niveau de canton sidi abdoun (29 M ars 2017)

On remarque que, la superficie du chêne vert est plus importante que celle des autres classes, chêne liège, clairière et Cèdre de l'Atlas. La classe qui occupe le moins de superficie est la classe du Cèdre de l'Atlas.

### IV.5. Indices de végétation



## Chapitre IV : Résultats et discussion

**Figure 17 :** Image représente les indices de végétation (NDVI) calculés avec l'image LANDSAT TIR (29 mars 2017)

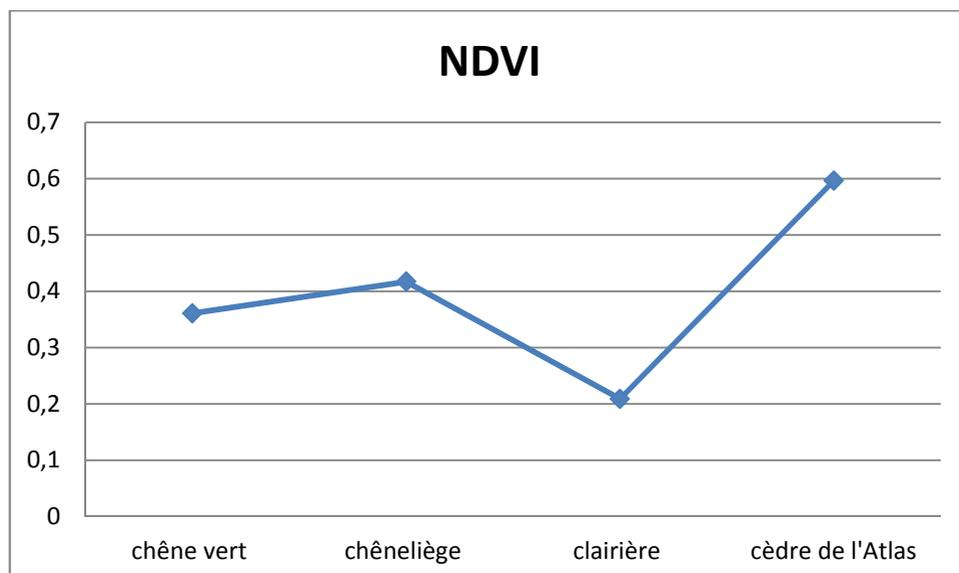
On remarque dans cette image que la végétation occupe une grande partie du canton, mais les régions où on a une densité importante de la végétation est le sud et le nord ouest du canton, car ces régions ont trouvé les deux espèces en même temps, le chêne vert et le chêne liège.

**Tableau 12 :** les indices de végétation des classes.

classe \ indice	NDVI
Chêne vert	0.36184957
Chêne liège	0.4175979
Cèdre de l'Atlas	0.59698129
Clairière	0.20987585

On a remarqué dans les résultats de tous les indices de végétation sont élevés, mais les valeurs les plus élevées sont enregistrées pour la classe du Cèdre de l'Atlas, et ceci est dû à la densité des espèces herbacées dans la saison printanière.

Les valeurs plus faibles sont enregistrées pour la classe des clairières, à cause de la faible présence de la végétation dans les clairières au cours de cette saison (voir Tableau 12).



**Figure 18:** les indices de végétation des classes.

## Chapitre IV : Résultats et discussion

---

Les valeurs des indices pour la classe clairière sont les plus faible, car c'est la classe ou il ya moins de végétation dans cette saison.

### Discussion générale

Le canton sidi abdoun s'étend à superficie très important de l'ordre de 323ha qu'occupe une biodiversité floristique très importante.

Les valeurs des coefficients de Kappa calculés (supérieur à 0,99), confirme la bonne confusion des classes choisies et la qualité de l'image classée.

Aussi, les valeurs des indices pour toutes les sont élevés, et cela es due à la densité de la végétation dans cette saison.

Les résultats trouvés dans le chapitre précédent ont montré qu'il existe des zones homogènes pouvant être caractérisées par des classes de végétations dans le Parc. Ces classes sont nommées comme suit, classe du chêne vert, du Cèdre de l'Atlas, du chêne liège, et classe des clairières.



**Figure 20** : chêne vert



**Figure 21**:clairière



**Figure22 : Cèdre de l'Atlas**

La classe du chêne vert occupe le plus de surface dans le canton avec 66.59 % de la surface totale, la classe des chênes liège occupe la deuxième place avec 19.89 % de la clairière occupe la troisième place 12.34 % et quatrième place occupé par le Cèdre de l'Atlas 0.89 %.

Malgré la faiblesse de la superficie du canton Sidi Abdoun, et après la classification supervisée bien réalisée (Kappa supérieur à 0,99), la carte actualisée obtenue correspond parfaitement à la répartition des classes de végétation dans le canton de Sidi Abdoun (sortie terrain).



**Conclusion général**

# CONCLUSION GENERAL

---

## CONCLUSION

Le but d'une classification est de simplifier la réalité d'un état de surface et de faciliter son interprétation. Cela consiste à simplifier la radiométrie d'une image brute qui représente le paysage, en formant des classes qui regroupent les pixels similaires.

D'un autre côté, une classe d'information très large (par exemple végétation) peut contenir plusieurs sous-classes spectrales avec des variations spectrales définies. En utilisant l'exemple de la végétation, les sous-classes spectrales peuvent être causées par des variations dans l'âge, l'espèce, la densité des arbres ou simplement par les effets d'ombrage ou des variations dans l'illumination. L'analyste a pour rôle de déterminer de l'utilité des différentes classes spectrales et de valider leur correspondance à des classes d'informations utiles.

Dans ce travail on a utilisé la classification supervisée d'une image qui a une résolution spatiale de 30 m, quant l'analyste identifie des échantillons assez homogènes de l'image qui sont représentatifs de différents types de surfaces. La sélection de ces données-tests est basée sur les connaissances de l'analyste, sa familiarité avec les régions géographiques et les types de surfaces présents dans l'image.

Plusieurs algorithmes différents sont possibles pour la classification : Pour cette méthode, on commence par définir des aires d'entraînement ç .à. d un échantillon représentatif de points sur l'image de chaque classe.

La classification supervisée de notre image selon l'algorithme de maximum de vraisemblance , nous a permis d'identifier 4 classes, chêne liège, chêne vert clairière et le cèdre de l'Atlas, avec une bonne capacité discriminatoire ( $\kappa > 99\%$ ).

La carte actualisée du canton sidi abdoun, avec l'utilisation de la télédétection, montre l'évolution spatiale de la végétation du parc selon les saisons, et aussi explique la distribution de certains espèce par rapport a l'altitude ou a l'exposition du terrain.



**Références bibliographiques**

## Références bibliographique

---

- **Abdelhamid D .1999.**Étude bioécologique de l'entofaune du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica*(1844) dans la cedraie de Thneit el Had .thèse ingénieur .LINA Alger.106p.
- **Abdelguerfi A,et Ramadane S.A,2003.**Autoécologie du complexe d'espèce *Medicago ciliaris*-*M.intertexta* en Algérie.Acta Bot Gallica 2003 ;150 :253-65.
- **Anonyme ,1984 :** étude de projets pour la mise en valeur des terres, aménagement des forêts et des parcs nationaux dans le massif «Ouarsenis», ministère de l'hydraulique de l'environnement et des forêts, Alger.
- **Behafid K, 2004 :** contribution à l'étude de cortège floristique des groupements végétaux dans le parc national des cèdres de Thneit El Had.thèse ingénieur. Tiaret.
- **Bonn F.Rochon G .1996.**précis de télédétection. Vol. : Principes et méthodes.press de l'université du Québec/AUPELF.
- **CENTRE CANADIEN DE T2L2D2TECTION.2007.** Notion fondamentales de télédétection.
- **Deshayes M .Maurel P.1990.**l'image spatiale et son contenu. CIHEAM-options méditerranéennes sur la télédétection en agriculture.
- **DGF .2006.**Atlas des parcs nationaux.
- **Djbailli S. 1984.** «Steppe Algérienne phytosociologie et écologie»OPU, Alger.
- **Douaoui A.2005.**variabilité spatial de la salinité et sa relation avec certaine caractéristique des sols de la plaine du BAS Chélif. Apport de la géostatistique et de la télédétection. Thèse Doctorat d'état.INA Alger.
- **D.P.N.T.H ,2008).**Direction de Parc National de Thneit el Had (Département des ressources naturelles) 2008.
- **Emberger ,1955 :** une classification biogéographique des climats, Recueil travaux laboratoire botanique. Géologie, zoologie, faculté science.montpellier, serie botanique.
- **FENSHOLT R., 2003.** Assesment of primary production in a semi-arid environment from satellite data : exploiting capabilities of new sensors. Institu te of Geography, University of Compenhagen, 270p. –PhD
- **Gay .M.1999.**cours rédigé de télédétection sur la classification des images satellitales à l'Ecole supérieure d'Agriculture de PURPAN.
- **Girad.MC.1999.**Apport de l'interprétation visuelle des images satellitaires pour l'analyse spatiale des sols. Un exemple dans la région de Lodève. Etude et Gestion des sol.2.1.1995.

## Références bibliographique

---

- **Girard M.C. & Girard C.M.1989.**-Traitement des données de télédétection .Dunod, Paris, CD-ROM.
- **Guinochet M.1973.**Phytosociologie, ED : Masson et Cie
- **GUYOT G., 1984.** Caractérisation spectrale des couverts végétaux dans le visible et le proche infrarouge, application a la télédétection. Bulletin de la société française de photogrammétrie et télédétection, n°95, pp 5-14.
- **JENSEN J.R., 2000.** Remote sensing of the environment: an Earth resource perspective. Upper Saddle River: NJ: Prentice Hall.
- **Kaabeche M, 1990.**les groupements végétaux de la région de Boussaâda (Algérie) essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb, thèse de docteur, université de paris-sud centre d'Orsay N°d'ordre.
- **Kergomad C.2004.**LA TELEDETECTION AERO-SPATIALE : une introduction ;cours de l'École Normale Supérieure Paris..
- **L'homme S .2013.**introduction à la géomatique (complément de cours à
- **Laine.G.19990.**La télédétection à l'IRCT/CIRAD.CIHEMOptionMéditerranéennes,Séirie.,La Télédétection .en agriculture.
- **Marouf A, Reynaud J.2007.**Dictionnaires Botanique de A a Z.université de khemis Miliana.
- **MOQUET A., 2003.** Apports de la télédétection pour la cartographie d'habitats terrestres en zones humides méditerranéennes, application aux habitats de la réserve nationale de Camargue. PFE d'ingénieur Agronome. École national supérieur d'agronomie et des industries Alimentaires. Nancy. 64p
- **Ounadi F.1990.**Diagnostic écologique et aménagement sylvo-pastoral du Djebel el Meddad, parc national de Thneit el Had thèse ing.USTHB.Alger
- **Ouzir H, 2010.** Contribution a une étude phytobiologique et phytoécologique du parc national de Thneit el Had «canton pépinière, Kef sachine, sidi abdoun».mémoire d'ingénieur. Université de Msila .
- **Ozenda P .1984.**Les végétaux dans la biosphère.Ed : Doin éditeur. Paris.
- **Plan PNTH 2008-2012 :** plan de gestion (2008-2012) partie A : unités écologiques
- **P N T H, 2010.**plan de gestion période (2010-2014) phase I et II approche descriptive et analytique.
- **Polidoro L.2002.**introduction à la télédétection spatiale ; Ecole Supérieur des Géomètres et Topographes. Laboratoire Régional de télédétection (Cayenne, Guyane Française).

## Références bibliographique

---

- **Rekmouche Moussa et Rezig Nacer 2009/2010.** contribution a l'inventaire floristique au niveau du parc national de Thneit el Had .W.Tessemsilt.
- **Seltzer .1946.**le climat de l'Algerie.Imprimé La hypo litho et Jules carbonel.Réunies.Alger.
- **Soudani K.2005.**introduction général à la télédétection.cours en ligne Fac des sciences d'Orsay-Unv paris Sud XI.26p.
- **UVED D., 2008.** ENVCAL – suivi de l'environnement par télédétection, cours enligne. Université paris I, pointhéon – sorbonne.
- **YAHIAOUI I., 2011.** Evaluation de la dynamique spatiale de l'occupation du sol dans la plaine du Bas – Cheliff (Algérie).Apport de la Télédétection. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene.
- **Zedek, 1993.**Contribution à l'étude de la productivité du cedrus atlantica Manetti. (cèdre de l'atlas) dans le PNTH. Thèse magister, Alger.

## WEBOGRAPHIQUE

- [www.googleearth.com](http://www.googleearth.com)
- [www.usgs.gov.us](http://www.usgs.gov.us)
- <http://fr.climate-data.org/location/45068/>



# **Annexes**

## Les Annexes

**Tableau 02:** les températures moyennes mensuelles (minimale et maximale).

Les mois	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D
m(c°)	6.1	6.7	8.7	10.5	14.3	19.2	22.3	22.1	18.1	14.9	10	7
M(c°)	12.6	13.6	17.8	19.5	24.3	30.5	34.5	34	28.8	24.2	17.3	13.3
M+m/2(c°)	9.4	10.4	13.1	15.6	19.9	25.4	28.6	28	23.4	20.7	13.7	10.2

**Tableau 03 :** variation des précipitations annuelles dans la station Miliana (1995-2010).

Les années	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
p. annuelle (mm)	702.6	880.9	724.7	518.6	888.6	491.3	633.4	513.8
	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
	800.6	603.6	522.2	656.6	880.6	676.6	908.8	933.1

**Tableau 04 :** les moyennes mensuelles de la pluviométrie de la station Miliana (1995-2010)

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	moy
p. mensuelles (mm)	111.5	88.3	82.1	56.9	47.9	9	3.6	9.2	29.3	52.2	93.5	117.5	708.2

**Tableau 05 :** le régime saisonnier de la station de Miliana (1995-2010)

Pluies (mm)	Hiver	Printemps	Eté	Automne
	325	175	25	150

**Tableau 05 :** Les unités écologiques :

Les unités écologiques de PNTH, (Rekmouche Moussa et Rezig Nacer 2009/2010)

Formation	unité	caractéristique	Flore caractéristique
Formation végétal N°1	Unité n°1.2	Au versant Sud, elle est caractérisé par un mélange de <i>Cedrus atlantica</i> et de <i>Quercus ilex</i> avec une faible présence de <i>Quercus suber</i> .elle s'étend sur une superficie de 220 ha entre 1300 et 1500 m d'attitude ,sur des sols légèrement accidenté et peu profonds ,regroupement des espèces pionniers aptes a coloniser les substrats nus.	- <i>Dactylis glomerata</i> , espèce xérophile et héliophile - <i>Rumex bucephalophorus</i> , - <i>anthylis vulneraria</i> , lie a des milieux très dégradés. - <i>Sisymbrium thalianum</i> , - <i>Alyssum parviflorum</i> - <i>Coronilla pentophylla</i> , se développent sur des sols squelettiques plus ou moins rocailleux.
	Unité n°1.3	caractérisée par la présence de <i>Quercus suber</i> en mélange avec quelques bouquets de chêne vert et faible présence de <i>Quercus faaginea</i> , entre 1200 et 1350 m d'altitude. Cette unité se trouve a par entière en exposition sud juste a la limite inferieure de l'étage de cedre.elle s'étend sur une superficie de 386 ha .	- <i>Pulicaria odora</i> ; espèce forestière, des lieux humides  - <i>Arabis globra pseudo-turritis</i> ; - <i>Anthemis montana</i> ; rupicole, héliophile - <i>Catananche caerulea</i> ; - <i>Anthoxantum odoratum</i> Cette unité forme des chênaies qui s'établissent sur sols profonds a faibles pentes.
	Unité n°1.4	Au versant Nord, caractérisée par le maquis de chêne vert reparti à l'état de taillis ou sous forme rabougrie, il se trouve avec quelques pieds de cèdre dans les hautes altitudes. Cette unité s'étend sur une superficie de 625 ha, entre 1100 et 1350 m d'altitudes	

Unité n°1.5	<p>Au versant sud, caractérisé par le maquis à <i>Quercus ilex</i> en mélange avec le chêne liège et faible présence de <i>Pistacia atlantica</i>. Elle s'étend sur une superficie de 1472 ha, cette unité regroupe des informations arborescentes plus ou moins claires, sur sol squelettique a superficiel, a affleurement puissant.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Ampelodesma mauritanica</i></li> <li>- <i>Genista tricuspidata</i></li> <li>- <i>Bellis silvestris</i></li> <li>- <i>Teucrium polium</i></li> <li>- <i>Micropus bombycinus</i></li> <li>- <i>Pinus halepensis</i></li> </ul> <p>La présence de Pin d'Alep indique un milieu thermophile, et plus ou moins xérique</p>
Unité n° 1.6	<p>À la partie inférieure du parc national (canton Djouareb et Guerouaou, vers le Nord), caractérisée par le maquis à <i>Quercus ilex</i> en mélange avec le pin d'Alep. Elle s'étend sur une superficie de <b>240</b> ha entre 853m et 1200 m d'altitude. Elle occupe des expositions Nord, sur sol peu profond et comporte des espèces, xérophiles à fortes potentialités dynamiques.</p> <p>La pyrophilie du groupement est exprimée par la présence de <i>Genista tricuspidata</i>, <i>Ampelodesma mauritanica</i>, <i>Pinus halepensis</i>, qui sont favorisés par les incendies et témoignent d'une dégradation variable.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-<i>Ampelodesma mauritanica</i>,</li> <li>-<i>Genista tricuspidata</i>,</li> <li>-<i>Bellis sylvestris</i></li> <li>-<i>Teucrium polium</i>,</li> <li>-<i>Micropus bombycinus</i>,</li> <li>-<i>Pinus halepensis</i></li> </ul> <p>La présence du pin d'Alep indique un milieu thermophile, héliophile et plus ou moins xérique.</p>

**Tableau 06 : chêne liège Texte de séparabilité**

Les classes	Les nombres de pixels	Les valeurs de test de séparabilité
Cèdre de l'Atlas	7 points	(1.99100150 1.99999714)
Clairière	67 points	(1.99970966 2.00000000)
Chêne vert	44 points	(1.99487990 1.99710867)

**Tableau 07 : clairière Texte de séparabilité**

Les classes	Les nombres de pixels	Les valeurs de test de séparabilité
Cèdre de l'Atlas	7 points	(1.999999902.00000000)
Chêne liège	41 points	(1.999709662.00000000)
Chêne vert	44 points	(1.993638591.99999999)

**Tableau 08 : chêne vert Texte de séparabilité**

Les classes	Les nombres de pixels	Les valeurs de test de séparabilité
Cèdre de l'Atlas	7 points	(1.999994361.99999996)
Chêne liège	41 points	(1.774879901.80710867)
clairière	67 points	(1.993638591.99999999)

