

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عمار ثليجي بالأغواط

UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT



كلية العلوم

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

Mémoire de MASTER

Domaine: Science de la nature et de la vie

Filière: Ecologie Végétale et environnement

Option: Ecologie Végétale steppes et oasis

Par:

KOUIZI Tedjani & BENHACINE Tayeb

THEME

**Apport du SIG et de la Télédétection dans l'impact
dans une mise en défens sur la biodiversité végétale**

(cas la région de GUELTAT SIDI SAAD)

wilaya de LAGHOUAT

Soutenu publiquement devant le jury composé de:

Mr. Moulai A

Mr. Rouighi T

Mr. Benchettouh A

Mme. Souffi I

Président

Examineur

Rapporteur

Co-Rapporteur

Année Universitaire 2013_2014

Remerciement

Avant toute chose, nous remercions Allah, le tout puissant, pour nous avoir donné la force et la patience pour mener à terme ce travail.

Au terme de ce travail et à travers ces quelques lignes, nous tiens à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'aboutissement de ce modeste travail.

*Nous exprimons nos plus vifs remerciements à Mr **GUERROUDJ Ahmed** (Centre des recherches spatiale et de la géomatique Oran) de pour son aide précieuse.*

Nous adressons nos sincères remerciements aux personnel de l'Institut National des Sols d'Irrigation et de Drainage (I.N.S.I.D) Kaser Elchallala TIART, pour leur accueil chaleureux et sa présence et d'avoir mis à notre disposition les moyens humains et matériels.

Et on voudrait adresser plus particulièrement des remerciements plein de reconnaissance et de gratitude à nos professeurs KOUIDRI Mohamed, ZARROUGUE Salime, YOSSFI Moustafa, SARIDI AEK, MAALAM Hamida, AMRANI Ouarda, SOUFFI Ibrahim, GOUZI Hicham de département de biologie.

Dédicace

A mes très chers parents « Mohamed et Rokhaia » qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Et Je souhaite une Omra bénédicée à mon père en Ramadan prochain Avec la bonne santé.

A mes frères et sœurs, spécialement Abd Elkader et Houfa

A toute la famille KOUIZI

A tous les parents dans le village d'Oued Touil.

A Tous les amis tout avec son nom

A Tous les collègues du Spécialité Ecologie Végétale et parasitologie

A tout les promotions de Science Naturelle et de la Vie LMD

KOUIZI Tedjani 

Je dédie ce modeste travail à :

La mémoire de mon père

Ma très chère et douce mère, mon très cher père pour l'éducation qu'ils m'ont prodigué ; avec tous les moyens et au prix de toutes les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard, pour le sens du devoir qu'ils m'ont enseigné depuis mon enfant.

Pour mes chers frères : Abdelkader et Mostafa.

Pour ma chère sœur.

Pour mes chers amis.

Toutes la promotion des 2^{ème} années master écologie végétale et environnement :2013/2014.

BENHACINE Tayeb 

ملخص

تمثل تقنية الحماية الطبيعية إحدى طرق الإنعاش البيولوجي ولدراسة تأثير هذه التقنية على التنوع الحيوي اخترنا سهوب بلدية قلعة سيدي سعد كمنطقة للدراسة، لتوفرها على مشاريع التهيئة، أين قمنا بدراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة و دراسة نباتية حيث كشفت هاتان الدراستان إلى وجود اختلاف في تركيبة النسيج التراي وكذلك الثروة النباتية بين منطقة خاضعة لهذه التقنية و منطقة حرة. وبمساهمة المعطيات الصادرة عن الإستشعار عن بعد مقرونة بتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية قمنا بإنشاء عدة خرائط منها الخريطة البيومناخية و خريطة البنية التراي للمنطقة المذكورة هذا من جهة و بتتبع و رصد تغيرات الغطاء النباتي خلال الفترة الممتدة من سنة 2000 إلى 2014 وذلك باستخدام مختلف توابع لاندسات من جهة أخرى. وفي الأخير قمنا بنمذجة عدة مؤشرات طيفية نباتية كمؤشر الإختلاف النباتي المضبوط *NDVI* ومؤشر الرطوبة *INH* على قنوات *OLI* للقمر الصناعي الحديث لاندسات 8.

الكلمات المفتاحية: قلعة سيدي سعد، الاستشعار عن بعد، نظم المعلومات الجغرافية، محمية طبيعية، لاندسات، التنوع الحيوي، نمذجة.

Résumé

La Technique mise en défens représente l'une des méthodes de remonté biologique, et pour étudier l'impact de cette technique sur la biodiversité, on a choisi la steppe de la commune de Gueltat Sidi Saad comme un lieu d'étude, parce qu'à fait l'objet de projet d'aménagement. Nous avons étudiés les propriétés physiques et chimiques du sol et procéder a une étude floristique. Les résultats montrent une différence dans les propriétés du sol, ainsi que la richesse floristique entre parcours soumise à cette technique et parcours libre. L'approche des données issues de la télédétection et de système d'information géographique, nous avons créé plusieurs cartes, y compris une carte bioclimatique et la carte pédologique de la zone mentionnée d'une part et le suivi et l'évaluation des changements de l'occupation de sol au cours de la période 2000-2014, à l'aide de divers capteurs de Landsat d'une autre part. Nous avons fait une modélisation des nombreux indices spectraux comme l'indice de végétation *NDVI* et l'indice d'humidité *INH* par les différentes canaux de capteur *OLI* de moderne satellite Landsat 8.

Les mots clés: Gueltat Sidi Saad, télédétection, système d'information géographique, modélisation, biodiversité, Landsat, mise en défens.

Abstract

Exclosure technique is one of the methods of biological wound, and to study the impact of this technology on plant biodiversity, we chose the steppes of Gueltat Sidi Saad region as place to study, because it contained the development projects, where we studied the physical and chemical properties of soil and floristic study, and these two studies showed the difference in land ownership, and also between species richness traverses subjected to this technique and traverses free.

Because of approach data from the remote sensing and geographic information system, we have created several maps, including to the bioclimatic map and soil map of the area mentioned and the monitoring and evaluation of changes occupation of land during the period 2000-2014, using various sensors Landsat. Finally, we made a model of many spectral index as the vegetation index *NDVI* and humidity *INH* index different channels *OLI* modern Landsat sensor 8.

Keywords: Gueltat Sidi Saad, remote sensing, geographic information system, modeling, biodiversity, Landsat, exclosure.

Table des matières

Liste des tableaux	VI
Table des figures.....	VII
Liste des abreviations	IX
<i>INTRODUCTION</i>	1
<i>Partie I : Synthèses Bibliographiques</i>	
I. CHAPITRE I : SIG ET TELEDETECTION	4
I.1. SIG et applications	4
I.1.1. Aperçu sur les SIG	4
I.1.1.1. Définition	4
I.1.1.2. Historique.....	5
I.1.2. Types de structure d'un SIG	6
I.1.2.1. Raster	6
I.1.2.2. Vecteur	6
I.1.3. Notion de couche	7
I.1.4. Modèle Numérique de Terrain.....	8
I.1.4.1. Définition	8
I.1.4.2. Acquisition et génération des MNT	8
I.1.4.3. Formats des MNT	8
I.1.5. Mise en place d'un SIG.....	9
I.2. La Télédétection.....	10
I.2.1. Définition	10
I.2.2. Principes.....	10
I.2.3. Signature spectrale	10
I.2.4. Les données satellites.....	11
I.2.4.1. Capteurs LANDSAT	12
I.2.4.2. Types des images LANDSAT	12
I.2.5. Prétraitement des images satellites	12
I.2.5.1. Correction géométrique et Géocodage.....	12
I.2.5.2. Correction radiométrique et atmosphérique.....	13
I.2.6. Techniques de classification	13
I.2.6.1. Classification non dirigée.....	13
I.2.6.2. Classification dirigée	14

I.2.7. Application de télédétection.....	14
II. <i>CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE</i>	15
II.1. Situation géographique et administrative de Gueltat Sidi Saad.....	15
II.2. Climatologie.....	16
II.3. La pédologie.....	17
II.4. La géomorphologie	18
II.5. La flore.....	19
II.6. La Faune.....	19
III. <i>CHAPITRE III : APERÇU SUR LES MISE EN DEFENS</i>	20
III.1. Généralités sur les mise en défens en Algérie.....	20
III.1.1. Qu'est ce qu'une mise en défens ?.....	20
III.2. Effets de la mise en défens sur les conditions écologiques.....	21
III.2.1. Rôle antiérosive.....	21
III.2.2. Lutte contre la désertification	21
III.3. Effets de la mise en défens sur la végétation	22
III.3.1. Effet sur la production de semences	22
III.3.2. Effet sur la densité des espèces végétales	22
III.3.3. Effet sur le recouvrement.....	22
III.3.4. Effet sur la biomasse	23
III.3.5. Effet sur la composition floristique.....	23
<i>Partie II: Etude Applicative & Resultats</i>	
IV. <i>CHAPITRE IV : CARACTERES DU SITE D'ETUDE</i>	25
IV.1. Localisation du site	25
IV.2. Synthèse climatique	25
IV.2.1. Précipitations.....	25
IV.2.2. Température	26
IV.3. Etude édaphique	27
IV.3.1. Méthodes de prélèvement du sol.....	27
IV.3.2. Analyses physiques	27
IV.3.2.1. Analyse granulométrique	27
IV.3.2.2. La structure	27
IV.3.3. Analyses chimiques.....	27
IV.3.3.1. pH.....	27
IV.3.3.2. Conductivité électrique	27
IV.3.3.3. Calcaire totale	28

IV.3.3.4. Calcaire active.....	28
IV.3.3.5. La matière organique	28
IV.3.4. Résultats d'analyses physico-chimiques du sol	29
IV.3.5. Discussions des résultats.....	30
IV.3.5.1.1. Mise en défens	30
IV.3.5.2. Parcours libre	30
IV.4. Etude floristique.....	31
IV.4.1. Choix des stations	31
IV.4.2. Méthode d'Echantillonnage	31
IV.4.2.1. Homogénéité	31
IV.4.2.2. Relevé linéaire.....	31
IV.4.3. Résultat et description les relevés floristiques	32
IV.4.3.1. Les relevés de mise en défens	32
IV.4.3.2. Les relevés d'une parcoure libre	33
IV.4.1. Discussions des résultats.....	34
V. CHAPITRE V: <i>CARTOGRAPHIE ET SUIVI-EVALUATION SPATIALE DE LA</i> <i>VEGETATION</i>	36
V.1. Organigramme méthodologique.....	36
Vectorisation	37
V.2. Matériels utilisées.....	38
V.2.1. Matériels utilisées sur le terrain	38
V.2.1.1. Carte topographique.....	38
V.2.1.2. GPS	38
V.2.2. Ordinateur et logiciels.....	38
V.2.3. Les données satellitaires.....	40
V.2.3.1. Les images satellitaires	40
V.2.3.2. Comparaison des canaux entre les capteurs utilisés	41
V.2.3.3. Les Données ASTER GDEM	42
V.3. Etapes de la cartographie du site.....	42
V.3.1. Scannérisation	42
V.3.2. Géoréférencement	42
V.3.3. Vectorisation	43
V.3.4. La superposition des couches d'informations.....	43
V.3.5. Élaboration des carte thématique	44
V.3.5.1. Modèle numérique de terrain	44

V.3.5.2. Dérivées du modèle numérique de terrain	45
V.3.5.2.1. Carte des expositions	45
V.3.5.2.2. Carte des pentes	46
V.4. Télédétection de la végétation.....	47
V.4.1. Prétraitement des données satellitaires	47
V.4.1.1. Transformation d'images	47
V.4.1.1.1. Combinaison des bandes.....	47
V.4.1.1.2. Extraction de la région d'étude.....	47
V.4.1.2. Orthorectification.....	47
V.4.1.3. La correction radiométrique.....	48
V.4.2. Traitement numérique	48
V.4.2.1. Choix des canaux	48
V.4.2.1.1. Caractéristiques des canaux de OLI et les équivalences.....	48
V.4.2.1.2. L'indice d'OIF	49
V.4.2.2. Compositions colorées.....	52
V.4.3. Classification et détection de changement.....	55
V.4.3.1. Classification non supervisée.....	55
V.4.3.2. Cartes d'occupation du sol.....	55
V.4.3.2.1. L'état de l'occupation du sol en 2000.....	56
V.4.3.2.2. L'état de l'occupation du sol en 2007.....	58
V.4.3.2.3. L'état de l'occupation du sol en 2014.....	60
V.4.3.3. Détection diachronique de l'occupation du sol.....	62
V.4.3.3.1. Evolution de l'occupation du sol entre 2000 et 2014	63
V.4.3.3.2. Dynamique de la nappe alfatière.....	64
V.4.4. Modélisation des indices spectraux de végétation.....	65
V.4.4.1. Indice de végétation normalisé <i>NDVI</i>	67
V.4.4.2. Indice d'humidité <i>INH</i>	69
V.4.4.3. Indice de Rapport & indice de Différence	71
V.4.4.4. Indice de végétation amélioré <i>EVI</i>	73
<i>CONCLUSION</i>	76
Références Bibliographiques.....	79
Annexe.....	91

Liste des Tableaux

Tableau 01: Sources et techniques d'acquisition du MNT	8
Tableau 02: Comparaison des capteurs satellites.....	11
Tableau 03: Avantages et inconvénients des méthodes de classification.....	14
Tableau 04: Répartition mensuelle des précipitations (2000_2012).....	25
Tableau 05: Variation des températures mensuelles (2000_2012).....	26
Tableau 06: Echelle d'interprétation de carbonates	28
Tableau 07: Résultats des analyses physico-chimiques du sol	29
Tableau 08: Espèces inventoriées dans la mise en défens.....	32
Tableau 09: Les espèces non végétales inventoriées dans la mise en défens	32
Tableau 10: Les espèces inventoriées dans le parcoure libre.....	33
Tableau 11: Les espèces non végétales inventoriées dans le parcoure libre	33
Tableau 012: Comparaison des canaux entre les capteurs utilisés.....	41
Tableau 013: Caractéristiques des canaux de OLI et leur équivalences	49
Tableau 14: Matrice de corrélation des données ETM+	50
Tableau 15: Indice OIF de la combinaison de trois canaux ETM+	50
Tableau 16: Matrice de corrélation des données TM.....	50
Tableau 17: Indice OIF de la combinaison de trois canaux TM	50
Tableau 18: Matrice de corrélation des données OLI	51
Tableau 19: Indice OIF de la combinaison de trois canaux OLI	51
Tableau 20: Statistiques de l'occupation du sol en 2000.....	57
Tableau 21: Statistiques de l'occupation du sol en 2007.....	59
Tableau 22: Statistiques de l'occupation du sol en 2014.....	61
Tableau 23: Matrice de changement d'occupation du sol entre 2000 et 2014.....	62
Tableau 24: Les principaux indices spectraux de la végétation.....	66

Table des Figures

Figure 01: Conception de système information géographique.....	4
Figure 02: Représentation schématique des deux types de structure d'un SIG.	6
Figure 03: Donnée où l'espace est divisé de manière régulière.	6
Figure 04: Les types de données vecteur	7
Figure 05: Notion de couche en SIG	7
Figure 06: Représentation des différents formats de MNT.....	9
Figure 07: Processus de télédétection.	10
Figure 08: Signature spectrale de l'eau, du sol et de la végétation.	11
Figure 09: Exemple de distorsions géométriques	12
Figure 10: Classification d'image	13
Figure 11: Représentation générale de la situation géographique.....	15
Figure 12: Carte des étages bioclimatiques de GUELTAT SIDI SAAD	16
Figure 13: Carte pédologique de GUELTAT SIDI SAAD	17
Figure 14: Diagramme ombrothermique de la région d'étude du période 2000-2012	26
Figure 15: Echelle de salure en fonction de la conductivité de l'extrait aqueux au 1/5.....	28
Figure 16: Répartition des types biologiques au mise en défens et parcoure libre	34
Figure 17: Répartition des familles au mise en défens et parcoure libre	34
Figure 18: Composition colorée de la zone d'étude scène OLI de Landsat 8.....	40
Figure 19: interface graphique de site de téléchargement des données ASTER GDEM.....	42
Figure 20: Calage de la carte topographique sous Mapinfo 8.0.....	43
Figure 21: Carte de MNT de Gueltat Sidi Saad	44
Figure 22: Carte des expositions	45
Figure 23: Carte des pentes	46
Figure 24: Combinaison des bandes sous l'ENVI 4.7	47
Figure 25: Composition colorée d'image ETM+ 2000 de Gueltat Sidi Saad	52
Figure 26: Composition colorée d'image TM 2007 de Gueltat Sidi Saad.....	53
Figure 27: Composition colorée d'image OLI 2014 de Gueltat Sidi Saad	54
Figure 28: Carte d'occupation du sol de Gueltat Sidi Saad en 2000	56
Figure 29: Répartition de l'occupation du sol en 2000.....	57
Figure 30: Carte d'occupation du sol de Gueltat Sidi Saad en 2007	58
Figure 31: Répartition de l'occupation du sol en 2007.....	59

Figure 32: Carte d'occupation du sol de Gueltat Sidi Saad en 2014	60
Figure 33: Répartition de l'occupation du sol en 2014.....	61
Figure 34: Organigramme d'élaboration d'une Carte de changement.....	62
Figure 35: Carte de dynamique de l'occupation du sol entre 2000 et 2014.....	63
Figure 36: Carte de dynamique de la nappe alfatière entre 2000 et 2014.....	64
Figure 37: Structure graphique des modèles utilisées.....	65
Figure 38: Structure modèle <i>NDVI</i> d'une image OLI.....	67
Figure 39: Résultat de <i>NDVI</i> d'image OLI de landsat 8	68
Figure 40: Structure modèle <i>INH</i> d'une image OLI.....	69
Figure 41: Résultat de <i>INH</i> d'image OLI de Landsat 8	70
Figure 42: Structure modèle <i>IND</i> et <i>RVI</i> d'une image OLI	71
Figure 43: Résultat <i>RVI</i> et <i>DVI</i> d'image OLI de Landsat 8	72
Figure 44: Structure modèle <i>EVI</i> d'une image OLI	73
Figure 45: Résultat <i>EVI</i> d'image OLI de Landsat 8.....	74

LISTE DES ABREVIATIONS

ASTER: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer.
BNEDER: Bureau National des Études pour le Développement Rural.
DEM: Digital Elevation Model.
DVI: Indice de Différence.
ENVI: Environment visualising image.
ESRI: Environmental Systems Research Institute.
ETM+: Enhanced Thematic Mapper plus.
EVI: indice de végétation amélioré
Fi: Fréquence spécifique
GEOTIFF: Georeferenced Tagged Image File Format.
GLCF: Global Land Cover Facility.
GPS: Global Positioning System.
HCDS: Haut Commissariat pour le Développement de la Steppe.
INH: Indice d'Humidité.
INSID: l'Institut National des Sols d'Irrigation et de Drainage.
IR: Infrarouge.
IRTh: Infrarouge Thermique.
ISODATA: Iterative Self-Organizing Data Analysis Technics.
LCDM: Landsat Data Continuity Mission
LISS (IRS): Indian Remote Sensing Satellite.
MED : Mise en défens
MIR: Moyen Infrarouge
MNE: Modèle Numérique d'élévation.
MNS: Modèle Numérique de Surface.
MNT: Modèle Numérique de Terrain.
MSS: Multi Spectral Scanner.
NASA: National Aeronautics and Space Administration.
NDVI: Normalized Difference Vegetation Index
Ni: Nombre des individus
OIF: Optimum Index Factor.
OLI: Operational Land Imager
Pan: Panchromatic.
PC: Personal Computer.
PDAU: Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme.
PIR: Proche infrarouge
PL : Parcours libre
QUAC: QUick Atmospheric Correction
RAM: Random Access Memory.
ROI: Region Of Interest.
RVI: Indice de Rapport.
SGBD: Système de Gestion de la Base de Données.
Shp: Shapefile
SIG: Système de l'Information Géographique.
SPOT: Satellite Pour Observation de la Terre.
SWIR: Short Wave Infrared.
TIN: Triangular Irregular Network.
TIRS: Thermal Infrared Sensor.
TM: Thematic Mapper.
USGS: United State Geological survey.
UTM: Universal Transverse Mercator.
VNIR: Visible and Near-infrared.
WGS: World Geographical System.

Introduction

Générale

Introduction

Les écosystèmes steppiques ont une vocation essentiellement pastorale. Ils connaissent aujourd'hui une forte tendance à la dégradation, qui se définit comme un processus qui réduit le potentiel de production des sols ou de l'utilité des ressources naturelles. Se définit également comme un changement de tous les aspects naturels ou biophysiques de l'environnement par une activité anthropique au détriment de la végétation, des sols, de l'état de surface, des eaux de surface ainsi que des écosystèmes (Ferchichi & Neffati, 1992., Abdallah et al, 2003., Aïdoud et al, 2011., Soufi, 2012., Gamoun et al,2013., Chikhaoui et al, 2013)

L'Algérie, au même titre que les autres pays du nord de l'Afrique, doit faire face actuellement à la dégradation et à la désertification des écosystèmes les plus fragiles que sont les parcours pastoraux arides (Aïdoud et al,2011). Parmi les solutions proposées pour la réhabilitation des parcours dégradés, la technique de la mise en défens qui vise à réactiver la remontée biologique des espèces autochtones sera appliquée essentiellement aux types de parcours présentant des aptitudes de régénération rapide d'espèces de haute valeur pastorale. Elle concernera essentiellement les parcours de steppes et de montagnes (Tbib & Chaieb, 2004., Chikhaoui et al, 2007., Benaradj et al., Badji et al, 2013, Maatougui et al, 2013)

L'occupation des terres est une variable fondamentale pour la planification régionale ainsi que pour l'étude et la compréhension de l'environnement. Elle a des effets sur le cycle biogéochimique et sur l'érosion des terres et le développement durable, ainsi que sur la biodiversité (Champin et al, 2000).

Parallèlement au cours de développement de l'informatique et des systèmes d'information géographique, se trouve une nouvelle source de données localisées qu'il s'agit de l'image numérique, en particulier celle obtenue par télédétection satellitaire, alors cette importance en fait une thématique incontournable dans la plupart des inventaires cartographiques et de suivi des phénomènes environnementaux (Ouattara, 2006., Hadjadj, 2011).

L'objectif de ce travail a donc été d'analyser et d'interpréter le changement du couvert végétal notamment les formations steppiques pastorales, au moyen de collaboration entre l'analyse pédologique et floristiques et la cartographie multi daté 2000, 2007, 2014 à base de la télédétection et du système d'information géographique pour la caractérisation de l'état de l'occupation du sol et modélisation des indices spectraux de la végétation les plus couramment utilisés dans le domaine de la télédétection en écologie végétale. Pour cela nous choisissons la commune de Gueltat sidi Saad comme un lieu d'étude puisqu'elle fait l'objet des projets de réhabilitation des écosystèmes dégradés.

La visualisation spatial par les différents capteurs de LANDSAT qui sont mis à notre disposition pourront-ils nous aider à faire une classification de l'image des sites étudiés pour détecter les changements d'occupation du sol et suivi-évaluation spatiale de la végétation? Mais alors comment authentifiée ces résultats a partir des analyses pédologiques et l'étude floristiques ?

Pour arriver à résoudre cette problématique, nous avons suivi une méthodologie qui repose sur une démarche adoptée pour ce travail qui se compose de deux grandes parties :

Partie bibliographique : cette partie est constituée de trois chapitres afin de donner une aperçu sur les trois piliers de ce sujet : SIG et télédétection, caractéristique de la zone d'étude, la mise en défens.

Partie expérimentale ; où nous avons défini le matériel et les méthodes utilisés pour l'étude d'évaluation de l'occupation du sol (floristique, informatique, Statistique) qui nous ont permis d'interpréter et de discuter les résultats obtenus.

Partie I

Synthèses

Bibliographiques

CHAPITRE I : SIG et Télédétection

Les chercheurs des sciences utilisent des approches essentiellement descriptives. À une échelle spatiale plus grande, les géographes et les écologues étudient les changements intervenus dans l'occupation des terres à partir des observations directes en se servant des techniques de la télédétection et des systèmes d'information géographique. (Belhadj Aissa, et al, 2003., Oloukoi et al, 2006)

I.1. SIG et applications

I.1.1. Aperçu sur les SIG

I.1.1.1. Définition

Un SIG est défini comme un environnement de traitement de l'information à référence spatiale (Claude, 2004).

Un système d'information géographique (SIG) est l'ensemble des matériels et logiciels informatiques et données géographiques avec lesquels les utilisateurs communiquent afin d'intégrer, analyser et visualiser les données recueillies et de les spatialiser dans le but d'en tirer des informations pertinentes à la gestion du milieu et trouver des solutions aux problèmes (Anonyme, 2002., Randriamanga et al, 2003., Ouhti, 2006., Lavoie et al, 2007., Chaouan, 2009., Hadjaj, 2010)

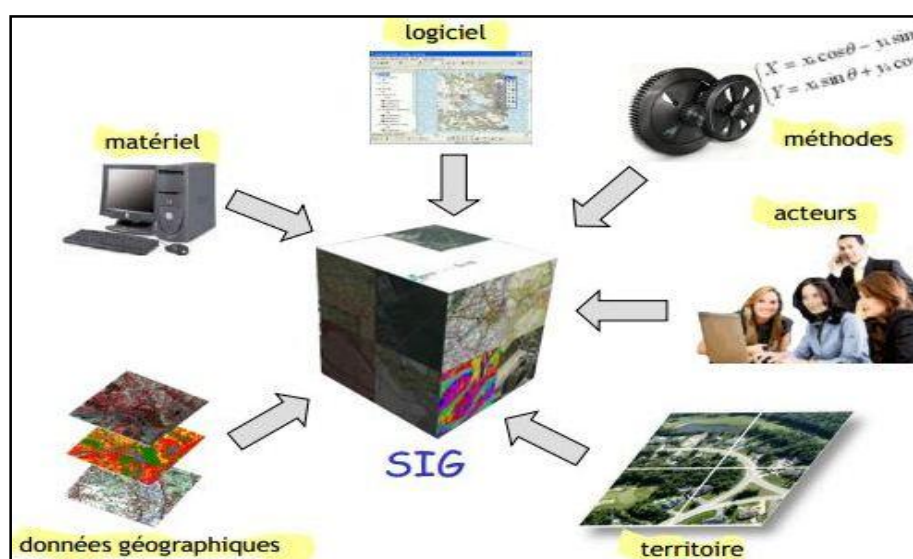


Figure 01: Conception de système information géographique

Source: (Gilliot, 2013)

(Burrough, 1989., Hesses, 2005) distingue quatre principales fonctionnalités de base d'un SIG:

- i.* Saisir des données (numérisation¹)
- ii.* Stocker des données (base de données graphique et tabulaire)
- iii.* Analyser des données (requêtes, modélisations, simulations)
- iv.* Présentation des résultats (cartes, tableaux, graphiques, exportation et transferts de fichiers).

I.1.1.2. Historique

On distingue trois périodes principales dans l'évolution des SIG :

- ✓ Fin des années 1950 – milieu des années 1970 : début de l'informatique, premières cartographies automatiques
- ✓ Milieu des années 1970 - début des années 1980 : diffusion des outils de cartographie automatique/SIG dans les organismes d'État (armée, cadastre, services topographiques ...)
- ✓ Depuis les années 1980: croissance du marché des logiciels SIG, développements des applications SIG, mise en réseau (bases de données distribuées, SGBD, avec depuis les années 1990, des applications SIG sur Internet) et une standardisation de l'usage de l'information géographique (cartographie sur Internet, calcul d'itinéraires routiers, utilisation d'outils embarqués liés au GPS...), apparition de « logiciels libres » ou d'outils dédiés aux pratiques coopératives.

<http://www.sig-geomatique.fr>²

¹ La numérisation ou digitalisation est la conversion des informations d'un support (texte, image,...) ou d'un signal électrique en données numériques.

² Consulté: 20 Février 2014.

I.1.2. Types de structure d'un SIG

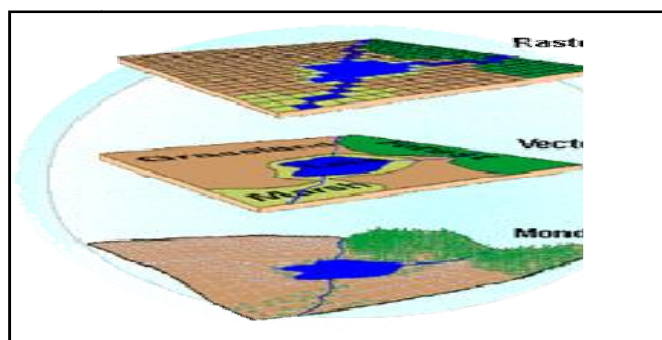


Figure 02: Représentation schématique des deux types de structure d'un SIG.

Source : www.esrifrance.fr³

I.1.2.1. Raster

Le format raster utilise une description matricielle de l'espace géographique sous forme de matrice ou chaque élément de l'image contient un niveau donné qui représente une thématique. Ces images sont généralement issues de scanners ou photos aériennes ou satellitaires (Gillot, 2000). Tout les donnés cartographiques peut être représenté comme une donnée raster, mais il y a des limitations. Un raster est une grille régulière qui se compose de cellules .ou, dans le cas de l'imagerie, de pixels, il y a un nombre déterminé de lignes et de colonnes, chaque cellule a une valeur numérique et une certaine taille géographique (Athanasopoulos, 2010., Mihi, 2012., Hijmans, 2014)

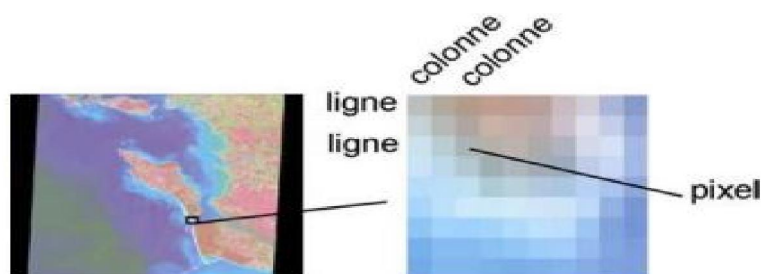


Figure 03: Donnée où l'espace est divisé de manière régulière.

Source : (Iaak, 2003)

I.1.2.2. Vecteur

Dans le mode vecteur la représentation graphique de l'information se fait à l'aide d'une succession de points définis par leurs coordonnées X et Y. De façon générale, dans les objets géographiques on distingue les points, les lignes et les surfaces qui sont toujours représentés en couches différentes. (Ouhti, 2006., Elhage Hassan, 2011., Benguerai, 2011., Mihi, 2012)

³ Consulté: 26 Janvier 2014.

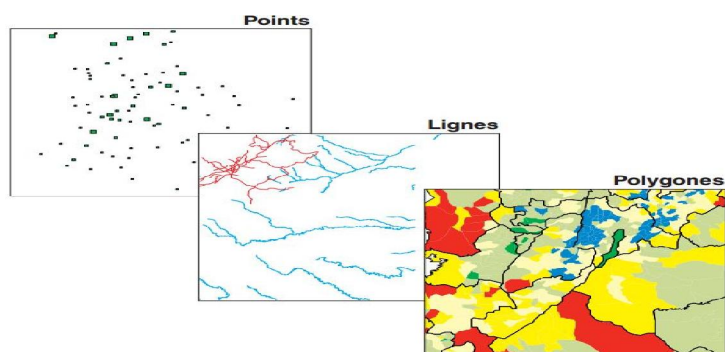


Figure 04: Les types de données vecteur

Source : (Habert, 2000)

➤ ***Polypoints***

L'objet le plus simple, il peut représenter à grande échelle des arbres, des bornes d'incendie, des collecteurs d'ordures...

➤ ***Polylignes***

La ligne représente les réseaux de communication, d'énergie, réseaux hydrographiques, d'assainissement,

➤ ***Polygone***

Elle peut matérialiser une entité abstraite comme la surface d'une commune ou des entités ayant une existence géographique comme une forêt, un lac, ...

I.1.3. Notion de couche

Les données géographiques sont souvent organisées en couches thématiques à l'intérieur des SIG, à partir de plusieurs couches de bases, dont les informations sont regroupées selon une thématique choisie. On obtient alors une couche résultante (Tadjeddine, 2001).

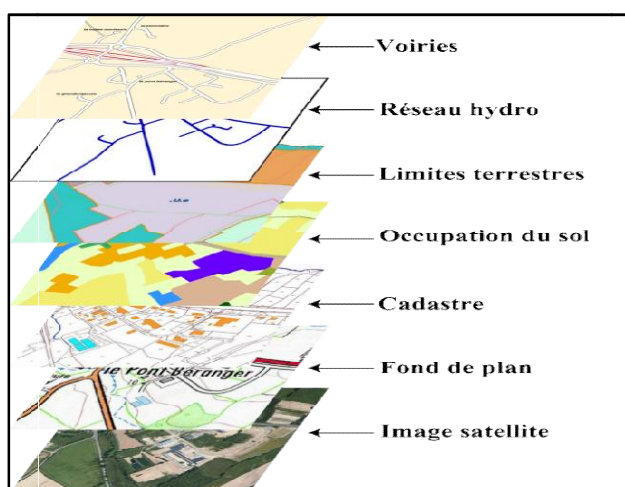


Figure 05: Notion de couche en SIG

Source : (Habert, 2000)

I.1.4. Modèle Numérique de Terrain

I.1.4.1. Définition

Un Modèle Numérique de Terrain est une représentation numérique du terrain en termes d'altitude. Il fournit des renseignements non seulement sur les formes du relief mais également sur leur position. La pente et l'orientation sont obtenues à partir des dérivées premières du MNT. Les dérivées secondes MNE, MNS, nous renseignent sur les courbures du terrain. L'ensemble de ces informations représente les plans dérivés du MNT. (Hocine et *al*, 2008., Mastere et *al*, 2011., Aubry et *al*, 2012)

I.1.4.2. Acquisition et génération des MNT

L'acquisition de MNT peut se faire par des capteurs de mesure de signal embarqués sur plusieurs types de vecteurs (avions, bateaux), ou avec des levés de terrain. Ils sont également générés à partir de couples d'images (satellites ou aériennes), ou encore des digitalisations de cartes. Ces différents modes d'acquisition entraînent par la suite un des traitements qui leur sont spécifiques. (Mascret, 2010., Boutarfa et *al*, 2012)

Sources	Techniques
Points cotés	Mesures topométriques
Images radar : capteurs actifs aéroportés ou satellitaires	Radargrammétrie, Radarclinométrie ⁴ , Interférométrie ⁵
Images optiques : capteurs passifs aéroportés ou satellitaires	Photogrammétrie, clinométrie
Mesures laser topographiques	Distance optique

Tableau 01: Sources et techniques d'acquisition du MNT

Source : (Mascret, 2010)

I.1.4.3. Formats des MNT

L'acquisition effectuée et les traitements appliqués afin d'extraire l'information de relief, les modèles numériques doivent être stockés dans un format facilement réutilisable par la suite au sein d'un SIG. Les formats de MNT les plus couramment employés sont : nuage ou grille de points, courbes de niveau, profils, TIN, grille régulière ou non.

⁴ Radar-clinométrie ou clinométrie est une technique qui reconstruit le relief à partir de la radiométrie d'une image, en se basant sur une reconstruction par ombrage.

⁵ L'interférométrie exploite la différence de phases entre deux images radar préalablement recalées et prises dans les mêmes conditions géométriques.

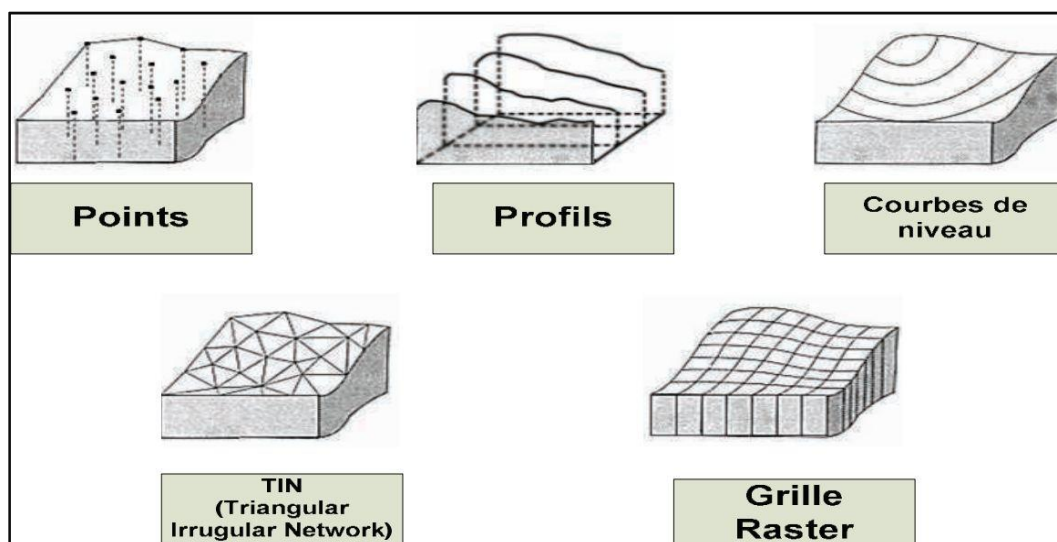


Figure 06: Représentation des différents formats de MNT.

Source : Mascaret, 2010

1.1.5. Mise en place d'un SIG

Le SIG touche pratiquement la plupart des domaines et résout des problématiques de plus en plus complexes. Ainsi on entend parler des SIG en :

- ✓ Urbanisme: Gestion des plans d'occupation du sol, voirie, réseaux d'assainissement.
- ✓ Gestion de territoires: L'utilisation qu'en font les gestionnaires va de l'emploi simple de la base de données du territoire à la réalisation d'analyses plus sophistiquées.
- ✓ Etude économiques et socio-économiques: Population, emploi, logement, production et services.
- ✓ Tourisme: Gestion des infrastructures, itinéraires touristiques.
- ✓ Réseaux de communication: Electricité, eau, routes, fleuves, réseaux,...
- ✓ Réseaux de transport : Planification des transports urbains,
- ✓ Protection civile : Gestion et prévention de catastrophes.
- ✓ Hydrologie : Fleuves, oueds, nappes, barrages et stations.
- ✓ Forêt: Il permet aux gestionnaires d'avoir une approche globale et synthétique des problèmes liés à la dégradation du milieu.
- ✓ Science de la terre : Géologie, géodésie, pédologie, géotechnique.
- ✓ Biologie: Etude du déplacement des populations animal.

I.2. La Télédétection

I.2.1. Définition

Le mot télédétection, *Remote Sensing* en anglais, désigne l'ensemble des techniques qui permettent d'acquisition à distance d'informations sur la surface terrestre, principalement fondée sur l'analyse d'images obtenues dans différentes gammes de longueurs d'onde à partir d'aéronefs ou de satellites.

La télédétection est définie comme l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets. La télédétection en globe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information. (Benhadj, 2008., Alhaskeer, 2012.,)

I.2.2. Principes

Dans la plupart des cas, la télédétection implique une interaction entre l'énergie incidente et les cibles. Le processus de télédétection au moyen de systèmes imageurs comporte les sept étapes présentées ci-dessous. (Kluser, 2000)

- Source d'énergie ou d'illumination (A)
- Rayonnement et atmosphère (B).
- Interaction avec la cible (C).
- Enregistrement de l'énergie par le capteur(D).
- Transmission, réception et traitement (E).
- Interprétation et analyse (F).
- Application (G).

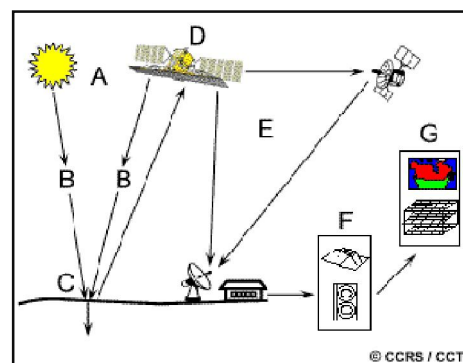


Figure 07: Processus de télédétection.

Source: www.uved.fr ⁶

I.2.3. Signature spectrale

Chaque matériel présent sur terre absorbe, transmet ou reflète une certaine quantité de radiations solaires. Cette quantité varie suivant la longueur d'onde. (Girard, 1999). Les variations locales des caractéristiques physiques et bio-chimiques d'objets entraînent nécessairement des variations spatiales du rapport signal-objet. (Mattikalli, 1997., Taïbi et *al*, 2005., Hadj Said et *al*, 2011)

⁶ L'université virtuelle environnement et développement durable, université numérique thématique francophone. Consulté avec succès le: 26 février 2014.

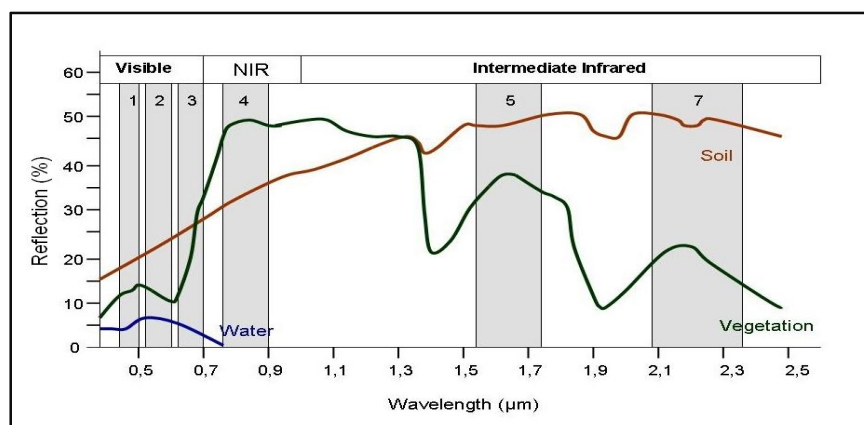


Figure 08: Signature spectrale de l'eau, du sol et de la végétation.

Source : www.seos-project.eu⁷

I.2.4. Les données satellites

Jusqu'à ce jour les images satellites utilisées dans les études à l'échelle d'un massif forestier, proviennent presque exclusivement des satellites SPOT⁸ et LANDSAT. Ces capteurs fonctionnent dans les domaines (visible-infrarouge) ou domaine optique, avec des récepteurs sensibles aux rayonnements électromagnétiques de longueurs d'onde allant de 0,4 à 2,4 microns. Leurs images sont qualifiées de haute (10-30 m) ou de moyenne (80 m) résolution spatiale.

Tableau 02: Comparaison des capteurs satellites.

	Satellite	Date de lancement	période revisite	Résolution			Average swath
				Pan	VNIR	SWIR	
Moyenne Résolution	Aster (Terra)	15/12/99	16 days	Non	15 m	30 m	60Km
	Landsat 7	04/15/99	16 days	15 m	30 m	30 m	185Km
	Spot 5	05/04/02	26 days	10_2.5m	10_2.5m	Non	120Km
Haute Résolution	Quick Bird II	10/18/01	1_3.5 days	0.6m	2.5m	None	16Km
	Ikonos II	09/24/99	3 days	1m	4m	None	11.3Km
	LISS (IRS)	10/17/03	24 days	None	6m	> 6m	24_40Km
	Orbview 3	06/26/03	1.5 days	1m	4m	None	8Km

Source : Short, 2000

⁷ Consulté: 27 février 2014.

⁸ Satellite lancé par la France.

I.2.4.1. Capteurs LANDSAT

Les images satellites LANDSAT sont des données d'observation de la terre de résolution relativement haute. Ces données sont acquises par des capteurs montés sur les satellites de la NASA. Une image satellite est composée de bandes qui peuvent être différemment combinées suivant les besoins d'études. Les scènes Landsat se distinguent en scène TM acquises par satellite Landsat 4 et 5, et ETM+ par le satellite Landsat 7 et OLI par le satellite LDCM (l'Annexe 01).

I.2.4.2. Types des images LANDSAT

Le type des images LANDSAT a évolué d'une façon chronologique.

MSS: Multi Spectral Scanner

TM: Thematic Mapper

ETM+: Enhanced Thematic Mapper Plus

OLI: Operational Land Imager

I.2.5. Prétraitement des images satellites

Le suivi du recouvrement végétal exige que le signal des images soit calibré de manière à assurer la comparaison des données entre elles. À cette fin, diverses corrections (radiométriques et atmosphériques, géométriques) sont appliquées à toutes les images utilisées. (Dehbi et al, 2007)

I.2.5.1. Correction géométrique et Géocodage

Les distorsions géométriques sont dues au mouvement relatif du capteur, de la plateforme qui l'embarque et de la terre, ainsi qu'à la géométrie du terrain. Les corrections géométriques sont appliquées pour compenser ces distorsions afin que la représentation de l'image soit aussi fidèle que possible et que les observations soient présentées dans un système de projection cartographique. (Faour et al, 2004., Dehbi et al, 2007., Benhadj, 2008)

A : image non corrigée

B : image corrigée

B1, .. B4. Points de contrôle

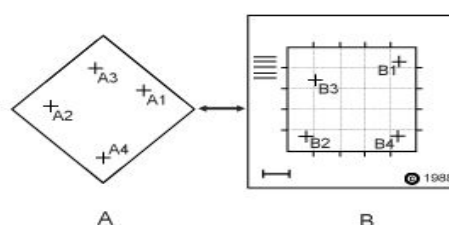


Figure 9: Exemple de distorsions géométriques
Source : www.ccrs.nrcan.gc.ca⁹

⁹ Consulté: 28 février 2014.

I.2.5.2. Correction radiométrique et atmosphérique

La correction radiométrique a pour but de minimiser les perturbations causées par les effets de l'atmosphère (absorption et diffusion des gaz, aérosols et poussières), et de déterminer la vraie réponse spectrale, reçue par le satellite, de la cible visée. (Blanc, 1999., Christina *et al.*, 2004., Alhaskeer, 2012)

Pour corriger ces effets et obtenir une réflectance de surface, on utilise des modèles mathématiques qui décrivent les interactions principales du signal avec l'atmosphère (Blanc, 1999., Vermote *et al.* 2002., Benhadj, 2008., Daumard, 2010., Servadio, 2011).

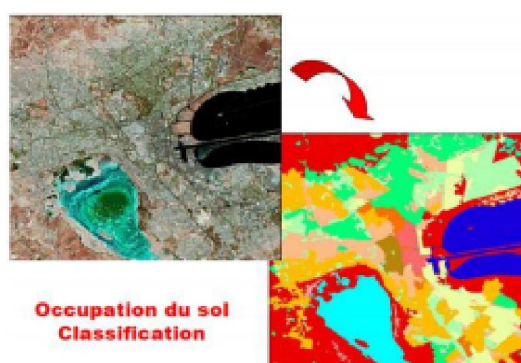


Figure 10: Classification d'image

Source: Mihi, 2012

I.2.6. Techniques de classification

La classification numérique des images utilise l'information spectrale contenue dans les valeurs d'une ou de plusieurs bandes spectrales pour définir chaque pixel individuellement. Ce type de classification est appelé reconnaissance de regroupements spectraux. (Khedam, 2008)

I.2.6.1. Classification non dirigée

La classification non dirigée est une méthode probabiliste destinée à obtenir des groupes homogènes de réponses spectrales de pixels d'une image (Benguerai, 2011). Le principe de la classification non-supervisée est d'attribuer automatiquement chaque pixel à une classe suivant sa signature spectrale. Les deux algorithmes le plus souvent utilisés sont *ISODATA* et l'algorithme *K-MEANS*. (Candillier *et al.*, 2004., Ioana-Toroimac *et al.*, 2006., Andrieu & Mering, 2008., Mafhoud, 2009., Terras, 2011)

I.2.6.2. Classification dirigée

La classification dirigée ou supervisée est une méthode déterministe destinée à obtenir des catégories ou classes de pixels au moyen d'un traitement interactif des données radiométriques couvrant la zone d'étude à partir de sites témoins identifiés au sol ou sur photos aériennes. (Ximenes et *al*, 2005., Mafhoud, 2009)

Tableau 03: Avantages et inconvénients des méthodes de classification.

Méthode	Avantages	Inconvénients
Classifications non assistées	Utiles pour réaliser une première segmentation des images en grands thèmes d'occupation du sol. Cette segmentation pourra être utilisée pour réaliser un masquage des thèmes non concernés par l'étude.	Le regroupement des valeurs de comptes numériques crée des classes dont la signification thématique est parfois difficile à identifier
Classifications assistées	Les classes obtenues ont une signification thématique précise	Le temps de réalisation est long, en particulier pour le choix et la délimitation des zones d'apprentissage

Source: Girard & Girard, 1999

I.2.7. Application de télédétection

- La mise à jour du couvert forestier.
- La surveillance de la diminution des ressources forestières.
- La mesure des propriétés biophysiques des forêts.
- La collecte d'informations sur les récoltes forestières.
- La mise à jour des inventaires pour la demande de coupe.
- Les types de forêts et l'identification des espèces.
- Les mesures de biomasse et la densité de végétation.
- La surveillance de la qualité et la santé des forêts.
- Surveillance de la diversité des forêts de la Terre.
- L'identification des dommages subit par les forêts.
- La cartographie des zones en feu ou brûlée

CHAPITRE III : Présentation de la Région d'étude

II.1. Situation géographique et administrative de Gueltat Sidi Saad

La wilaya de Laghouat s'étend sur une superficie de 25052 Km² elle se situe à 400 Km au Sud de la capitale Alger, ces coordonnées sont : 33°48' N ,02° 53' E. Elle est limitée au Nord et à l'Est par la wilaya de Djelfa, au Nord-Ouest par les wilayas de Tiaret et El-Bayad et au Sud par wilaya de Ghardaïa (D.P.A.T., 2008).

La commune de Gueltat Sidi Saad est située dans le Nord-Ouest de la wilaya de Laghouat, sa superficie est de 1040 Km² limitée vers le Nord la wilaya de Tiaret, et celui des communes El Beidha et Sidi Bouzid dans l'Est, la commune d'Ain Sidi Ali de l'Ouest et commune Sebgague au Sud. (P.D.A.U, 2009)

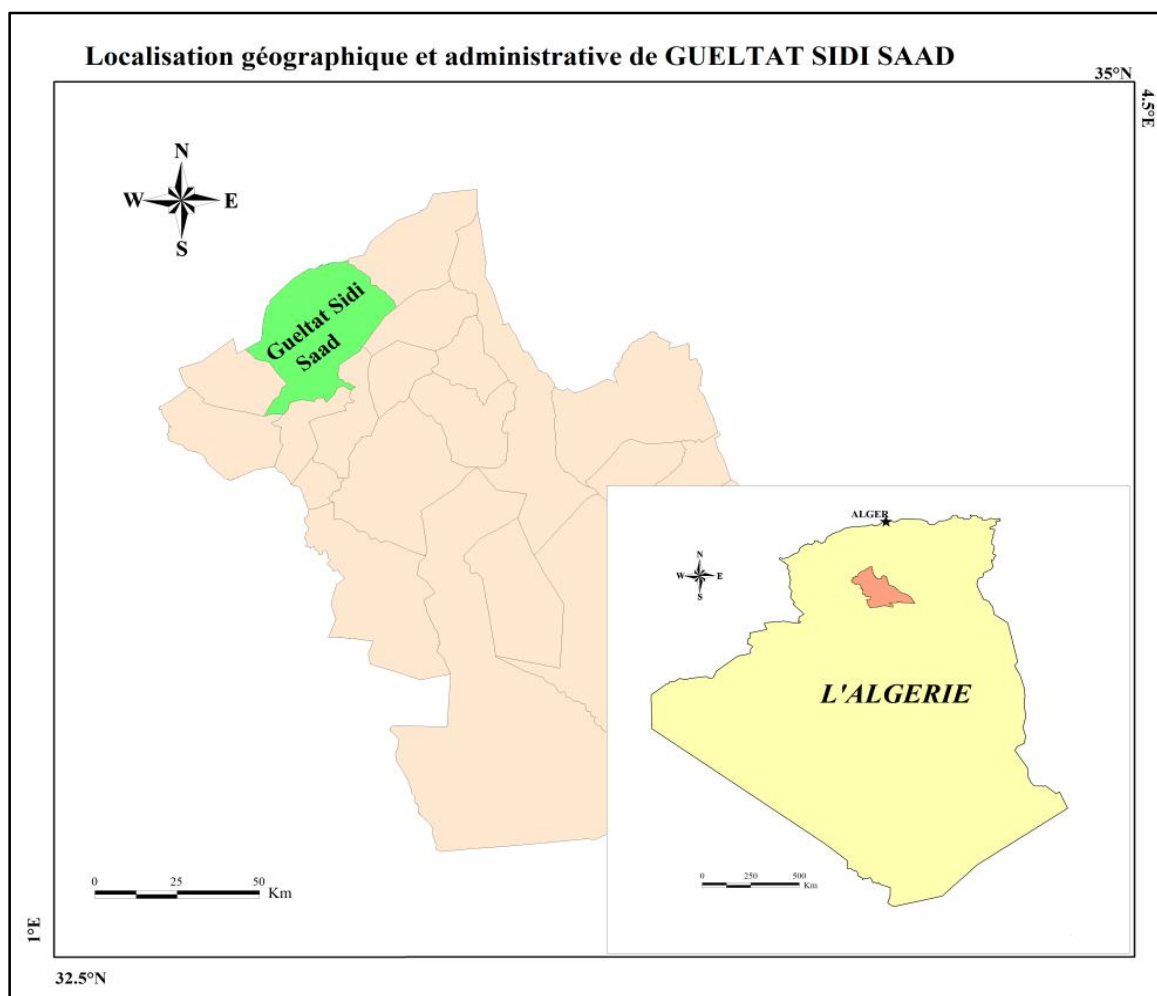


Figure 11: la situation géographique et administrative de Gueltat Sidi Saad.

II.2. Climatologie

Le climat est un ensemble de facteurs écologiques dont dépendent étroitement l'équilibre, le maintien et la distribution des êtres vivants. Les auteurs pour une étude synthétique du climat recherchant une classification des types de climat qui puisse rendre compte au mieux du comportement de la végétation.

Généralement l'étage bioclimatique dominant de la commune de Gueltat Sidi Saad est aride froid qui se caractérise par une faiblesse moyenne de précipitation en fonction de la température.

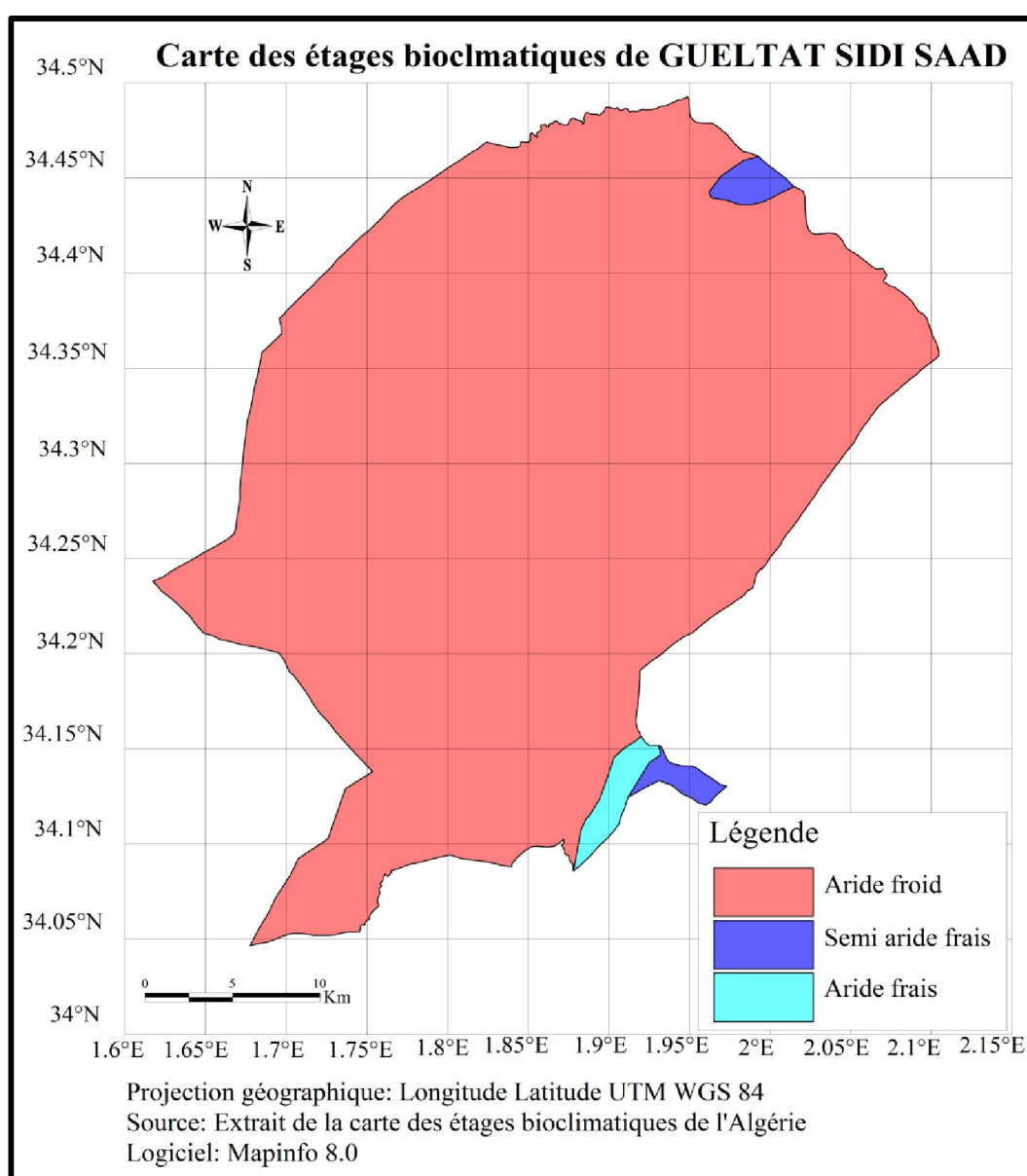


Figure 12: Carte des étages bioclimatiques de GUELTAT SIDI SAAD (source : BNEDER)

II.3. La pédologie

L'étude de la structure pédologique réalisée par des bureaux des études tels que le BNEDER montre que des différentes les unes des autres, Les sols de la commune de Gueltat Sidi Saad sont en majeure partie d'apport alluvial typique sur croûte calcaire, que évolués.

Dans cette région les formations du calcaire friable et sableux du tertiaire continental représentent un aquifère intérieur lorsqu'elles atteignent une épaisseur importante.

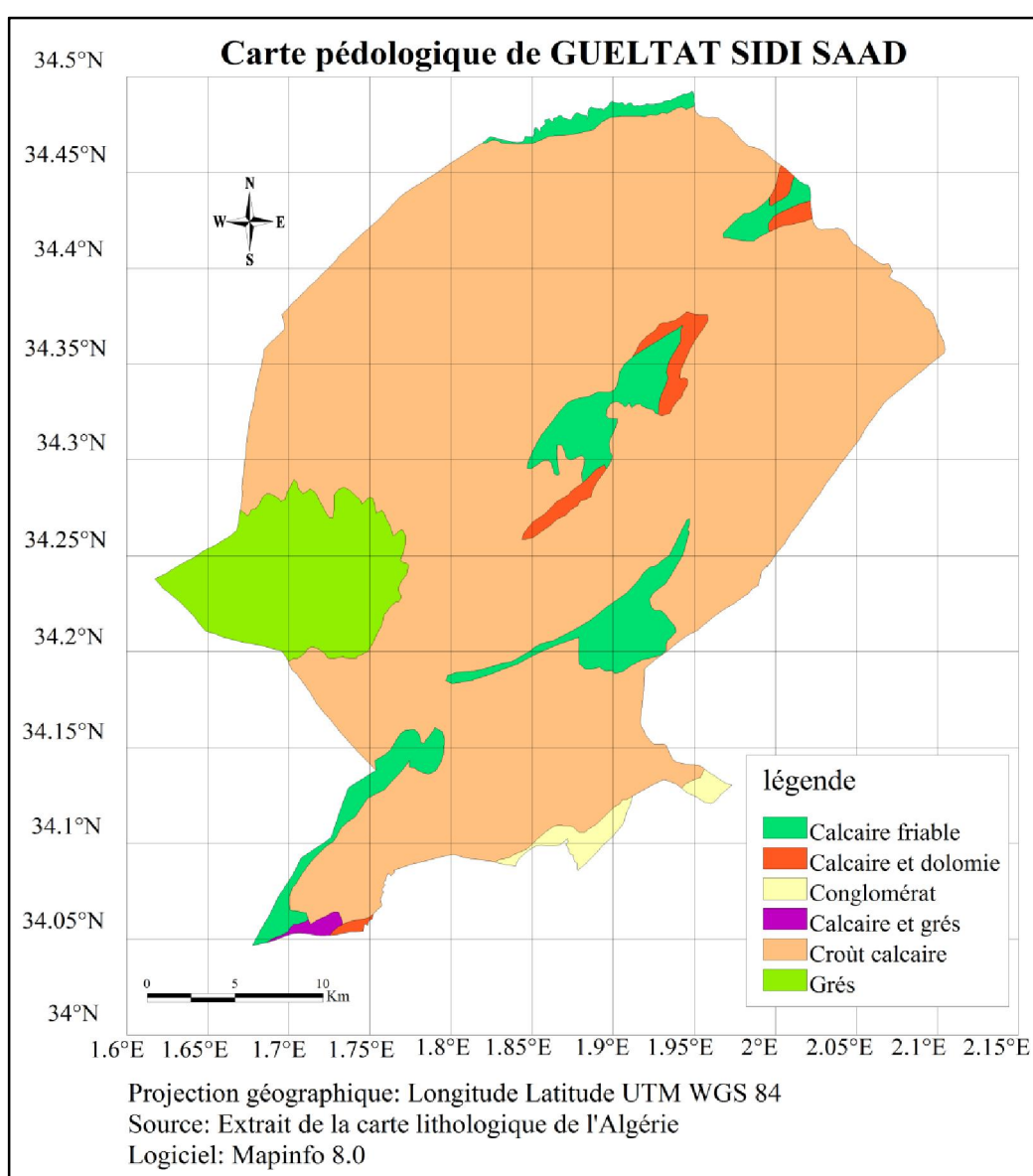


Figure 13: Carte pédologique de GUELTAT SIDI SAAD (source : BNEDER)

II.4. La géomorphologie

La partie nord de wilaya de Laghouat est simple dans son cadre générale, puisque il n'y a que certaines compositions où l'on trouve parmi eux les hauts plateaux qui sont apparus clairement dans cette commune, en plus des zones basses représentées par les terres qui sont caractérisées par des plis, couches de l'ère secondaire (Crétacé, Jurassique).

Les zones humides sont apparues sous forme des restes des bassins agglomératifs faillés comme le cas de la zones « Djebel Menazah », « Kef El Karbah » du côté Ouest, on trouve aussi le même type de sol comme la zone « Djebel Alleg », « Kef Matmoura » ces zones sont caractérisées par la présence des plis de la période d'activité tectonique connue sous le nom : Eocène, les reliefs de cette zone se composent des roches formés de Marne et du calcaire (P.D.A.U, 2009).

Ces couches s'accumulent dans les avals composant des quantités de limon continental « mio-plio-quaternaire » dans des aspects sub-horizontales, ce qui forme des quantités de limon calcique, et qui donne à la terre une certaine spécificité, celle de la légèreté (n'est pas dense) et de la fertilité (P.D.A.U, 2009).

II.5. La flore

La zone Nord-Ouest de la wilaya de Laghouat est constituée de vieux massifs forestiers d'une superficie de 68.43 ha de nappe alfatière couvrant une superficie 315.125 ha dont 77.500 ha exploitable, ainsi que de parcours d'une superficie de 508.000 ha (C.D.F, 2008).

Selon (P.D.A.U, 2009), plus de 634 ha de la superficie totale de la commune de Gueltat Sidi Saad est occupée par les massifs forestiers, dont les zones les plus occupées sont celles humides est submergées comme « Djebel Aouidja »

L'Alfa « *Stipa tenacissima* » couvre de sa part une superficie de 57550 ha de territoire de la commune c'est-à-dire 50 % de la surface globale.

Vue la localisation de la commune qui la confère l'aspect pastoral et l'abondance des plantes : *Stipa grostispungens*, *Stipa tenacissima*, *Lygum spartum*, *Atriplex halmus*. Qui sont des sources pastorales.

II.6. La Faune

D'après Ramad, (2003) terme désignant l'ensemble des espèces animales constituent une zoocénose c'est-à-dire la totalité des unités systématiques présentes dans telle entités.

Dans la wilaya, on peut remarquer la dominance des ovins avec 87.87 % de l'effectif total, suivis par les caprin avec 10.50 % les bovin avec 1.29 %, alors que les chevaux 0.23 % du l'effectif animal (D.S.A, 2010).

Dans la commune de Gueltat Sidi Saad la faune représente de Plus de 45000 tête de bétail (P.D.A.U, 2009).

CHAPITRE III : Aperçu sur les mise en défens

Le développement d'une stratégie d'aménagement d'un parcours donné nécessite une bonne connaissance de l'évolution de sa végétation en termes de recouvrement, de composition floristique, de densité et de production.

La restauration et régénération des parcours dégradés, le Haut Commissariat au développement de la Steppe H.C.D.S a tenté des essais de mises en défens dans différentes steppes à *Stipa Tenacissima* (Amghar & Kadi Hanifi., 2004). Dans ce chapitre nous allons voir que signifié les mises en défens ainsi que sa représentation en Algérie et leur effets sur le milieu et la végétation.

III.1. Généralités sur les mise en défens en Algérie

III.1.1. Qu'est ce qu'une mise en défens ?

La mise en défens est une technique qui Consiste à mettre au repos, par des rotations périodiques, des surfaces dégradées afin d'y favoriser la régénération des couvertures végétale et pédologique. Elle peut être une solution alternative aux opérations de reboisement à la réussite bien incertaine et très coûteuses par nature. (Diatta, 1994., Badji et al, 2013)

La mise en défens est la technique la plus indiquée pour induire la remontée biologique naturelle dans ces régions dégradées et précaires (Benrhouma & Souissi, 2004).

Selon (Benabadji et al, 2009), La mise en défens d'une steppe dégradée est une technique permet, après un laps de temps plus ou moins long, la reconstitution des caractéristiques majeures (couvert, composition, production) de la végétation préexistante.

L'objectif des mises en défens vise surtout à développer la production fourragère et réduire la durée d'utilisation des parcours. La restauration, à l'aide de la mise en défens, d'un parcours dégradé nécessite une période de repos variable selon l'état actuel du parcours, les caractéristiques du site, les conditions climatiques qui suivent la protection, et le niveau d'amélioration à atteindre (Elbare, 2003)

III.2. Effets de la mise en défens sur les conditions écologiques

III.2.1. Rôle antiérosive

La mise en défens contribue à la lutte contre l'érosion et la conservation du sol par reconstitution de la végétation.

Dans les pâturages d'Edwards plateaux au Texas, (Mcginty et *al.*, 1979) montrent que la mise en défens est favorable à la conservation du sol, alors que le pâturage aboutit à un taux d'érosion important, les pertes en sédiment en Kg/ ha peuvent varier de 160 pour la mise en défens à 211 pour le pâturage continu.

En plus, le recouvrement de la litière peut être très important (18,6 %) sous une mise en défens comparativement à l'extérieur dominé par le sol nu (65,5%) (Alaoui, 1993). (Branson et *al.*, 1981) estiment qu'un couvert végétal de l'ordre de 20% peut assurer une protection convenable du sol contre l'érosion éolienne.

III.2.2. Lutte contre la désertification

Les travaux de fixation des dunes sont des réalisations extrêmement délicates, qui nécessitent durant plusieurs années une protection intégrale et constante, la mise en défens consiste à interdire pour une durée définie ou indéfinie toute exploitation et toute éradication de végétaux sur une superficie donnée. La durée de la mise en défens dépend du degré de dégradation des parcours et de la conjoncture pluviométrique au cours de la période de protection, Elle peut être d'une à plusieurs saisons. (Benguerai, 2011)

la nécessité dans le contexte mondial actuel de promouvoir la conservation de la biodiversité et le développement durable des écosystèmes sont autant d'éléments qui justifient l'étude entreprise. A partir des actions de lutte contre la désertification ont été mis en place par l'administration des forêts et le haut commissariat au développement de la steppe. En effet, des milliers d'hectares des espaces steppiques ont été soustraits à l'exploitation agropastorale en vue de restauration ou de protection: mise en défens.

Le semis en mélange de ces deux espèces locales sur des parcours dégradés garantira une certaine production pastorale. Il améliorera aussi le couvert végétal dans ces régions désertiques, en assurant la fixation du sable mobile et par conséquent la lutte contre la désertification. (Abdallah et *al.*, 2003)

III.3. Effets de la mise en défens sur la végétation

III.3.1. Effet sur la production de semences

Les différentes études réalisées sur ce sujet concordent sur son aspect améliorateur. Ainsi, dans une étude réalisée au niveau du périmètre pastoral signale que la production de semences de l'armoise est significativement affectée par son historique d'utilisation. La production des akènes totaux (par plante et dans le sol) est plus élevée dans le site protégé pendant dix ans comparativement au pâturage continu. (Ouhti, 2006)

Autre étude dans la même région, mais dans un site à alfa, (Elmrabti, 1989) rapporte que le stock du sol en semences est plus élevé dans la partie mise en défens que dans la partie pâturée. De fait, et depuis longtemps, il a été rapporté une diminution de la fécondité de plusieurs espèces sous l'action du pâturage intense et fréquent.

III.3.2. Effet sur la densité des espèces végétales

L'effet de la mise en défens de longue durée sur la densité des espèces végétales paraît moins évident. En effet, la densité dépend de la pression du pâturage, de l'historique d'utilisation, des espèces et des conditions édapho-climatiques.

(Ouaskioud., 1999) a remarqué que la plus forte densité totale moyenne des graminées vivaces, 30,93 individus/10m², est observée dans la mise en défens, alors que la densité totale moyenne reste très faible dans le parcours libre où elle est seulement de 7,7 individus/10m². Cependant, les résultats des études réalisées sur la densité sont parfois différents, voire même contradictoires, suivant les conditions des sites (espèces, climat, conditions écologiques).

III.3.3. Effet sur le recouvrement

L'effet de la mise en défens sur l'accroissement du recouvrement de la végétation a été remarqué par la plupart des auteurs.

L'utilisation de mise en défens, même de courte durée, s'avère globalement bénéfique pour le taux de recouvrement et de diversité spécifique dans ces milieux hostiles. D'ailleurs, cette technique a permis, pendant une année, une nette amélioration des paramètres édaphique. (Gamoun et *al*, 2010)

L'impact des mise en défens sur la végétation a été marqué par une amélioration des recouvrements basal et aérien qui ont augmenté de 2% à 18% et de 8% à 63%, respectivement (Oulahboub et *al.*, 1995)

D'après (Elhassani 2003), la différence des recouvrements des pérennes est importante (44,95% à l'intérieur de la mise en défens contre 9,18% à l'extérieur) dans l'un des plaines marocaines.

III.3.4.Effet sur la biomasse

Selon (Oulahboub et *al.*, 1995), L'impact écologique de la mise en défens dans la zone d'action du PDPEO a été mis en évidence par une augmentation de la phytomasse de 150 à 800 Kg MS/ha.

III.3.5.Effet sur la composition floristique

Un certain nombre d'études se rapportant à l'effet de la mise en défens sur la composition floristique concordent sur son aspect améliorateur. (Lehouerou., 1995) rapporte que dans une région semi aride en Libye, une mise en défens de 3 à 5 ans a permis une régénération spectaculaire des espèces palatables, notamment des graminées pérennes.

D'après une étude au Maroc, Elhassani (2003) a trouvé que la moyenne des nombres des espèces pour les relevés de 100 m² à l'intérieur de la mise en défens est de 17,32 espèces/ 100 m² alors qu'elle est de 16,95 espèces/100 m² à l'extérieur, ce qui veut dire que le nombre d'espèces n'est pas beaucoup influencé par la mise en défens dans les conditions de cette étude.

Partie II:
Etude
Applicative
&
Résultats

CHAPITRE IV : Caractères du site d'étude

IV.1. Localisation du site

Le présent travail a été réalisé dans la mise en défens de Sahou Lahmer, région de Gueltat Sidi Saad. Cette mise en défens, est située dans la partie septentrionale de la wilaya de Laghouat entre la latitude 34°11' et 34°19' Nord et la longitude 1°53' et 2°0' Est. Elle s'étend sur une surface de 48 km² environ, réalisée par le H.C.D.S. en 2004. C'est une mise en défens naturelle sans action anthropique.

IV.2. Synthèse climatique

La combinaison des données pluviométriques et des températures est très intéressante pour la caractérisation de l'influence du climat sur la région et de couverture végétale.

Le climat est la composante directe déterminante de la distribution des organismes vivants et le facteur primordial influant l'activité des biocénoses. Le climat est l'une des composantes fondamentales d'un écosystème terrestre. Avec ses principaux paramètres, le climat reste l'élément le plus important dans la caractérisation des écosystèmes forestiers.

L'absence d'une station météorologique au niveau de la région d'étude Gueltat Sidi Saad nous a contraints à utiliser pour ce travail des mesures issues de la station référence d'Aflou.

IV.2.1. Précipitations

Belhacini (2011) définit la pluviosité comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat. En effet, celle-ci conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal d'une part, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion d'autre part.

Tableau 04: Répartition mensuelle des précipitations (2000_2012)

	<i>Jan</i>	<i>Fév</i>	<i>Mar</i>	<i>Avr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Aut</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Déc</i>
P (mm)	33,4	28	21,1	29,8	36,6	12,8	11,5	8,4	33,8	15,54	25,2	17,7

Données recueillis à la Station météo d'Aflou

La pluviométrie moyenne annuelle pendant la période 2000 et 2012 est de 223,84 mm.

IV.2.2. Température

Tableau 05: Variation des températures mensuelles (2000_2012)

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Max	9	11	14,6	18	22,8	29,3	33,8	32,3	26	23,7	13,5	9,3	20,275
Min	-5,9	-3,6	-1,8	1,8	4,7	8,2	12,8	13,9	7,6	3,6	-1,5	-3,5	3,025
Moy	1,55	3,7	6,4	9,9	13,75	18,75	23,3	23,1	16,8	13,65	6	2,9	11,65

Données recueillis à la Station météo d'Aflou

Le Diagramme Ombrothermique est un indicateur efficace pour la durée de la saison sèche. Cette dernière correspond au nombre de mois dont la pluviométrie (P) est inférieure à deux fois la température moyenne annuelle T_m .

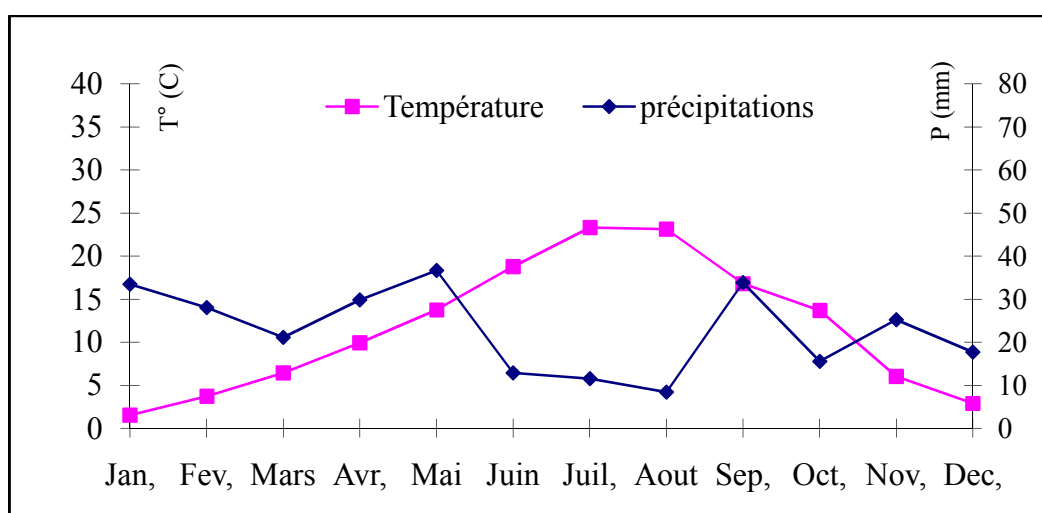


Figure 14: Diagramme ombrothermique de la région d'étude du période 2000-2012

On remarque que la période sèche est plus importante pendant la période (2000-2012), elle est étalée sur 6 mois de mai à octobre, avec une courte période humide durant les autres 6 mois.

D'autre part, nous pouvons déduire que la période pluvieuse coïncide avec la saison froide et la période sèche coïncide avec la saison chaude,

IV.3. Etude édaphique

IV.3.1. Méthodes de prélèvement du sol

Nous avons prélevé trois échantillons au niveau de chacune des deux stations (dans la mise en défens et hors mise en défens). Le sol est prélevé à une profondeur de 30 cm au centre de la station. Ce prélèvement nous permet de constater l'influence des caractéristiques du sol sur la répartition et le recouvrement des espèces végétales.

Les analyses du sol ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'INSID de Kaser Elchellala wilaya de Tiaret.

IV.3.2. Analyses physiques

IV.3.2.1. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique a pour but de quantifier pondéralement en pourcentage les particules du sol (sables, limons et argiles), et de définir la texture du sol.

IV.3.2.2. La structure

La proportion des différentes classes granulométriques définie sous un terme générique de groupe la granulométrie. On définira ainsi un horizon sablo-limoneux, ou bien argileux. Plusieurs définitions de textures ont été proposées.

IV.3.3. Analyses chimiques

IV.3.3.1. pH

Le principe consiste à mesurer la force électromotrice d'une solution aqueuse du sol (Rapport Eau/sol) est égale à 2.5) à l'aide d'un pH-mètre.

IV.3.3.2. Conductivité électrique

La mesure de la conductivité électromagnétique (C.E.M) des sols est une méthode qui petit à petit s'est imposée pour la mesure de la salinité des sols (Aboura, 2006., Belhacini, 2011).

On détermine la conductivité sur une solution d'extraction aqueuse (rapport sol/eau est égale à 1/5) exprimée en millisiemens par centimètre (mS/cm) à l'aide d'un conductivimètre.

L'estimation de la teneur globale en sels dissous a été faite à l'aide de l'échelle de salure des sols.

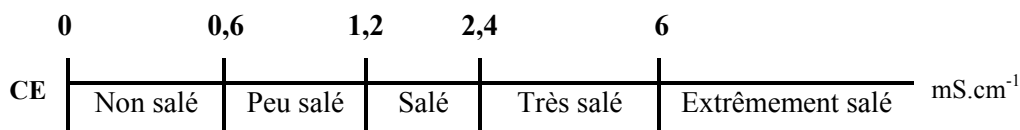


Figure 15: Echelle de salure en fonction de la conductivité de l'extrait aqueux au 1/5

IV.3.3.3. Calcaire totale

Fondé sur la réaction caractérisée du carbonate de calcium (CaCO₃) avec l'acide Chlorhydrique (Hcl), le dosage du calcaire total est réalisé à l'aide du Calcimètre de Bernard.

L'échelle d'interprétation des carbonates permet de déterminer la quantité du CaCO₃ comprise dans un échantillon du sol.

Tableau 06: Echelle d'interprétation de carbonates

% Carbonates	Charge en calcaire
< 0,3	Très faible
0,3 _ 03	Faible
03 _ 25	Moyenne
25 _ 60	Forte
> 60	Très forte

IV.3.3.4. Calcaire active

Le calcaire actif est la fraction du calcaire total susceptible de se dissoudre facilement et rapidement dans la solution du sol. Elle correspond peu ou prou à la fraction fine au plan granulométrique. Elle permet de maintenir une saturation calcique élevée de la détermination du calcaire actif constitue un bon indice pour guider les arboriculteurs et les viticulteurs à choisir les porte-greffes les mieux adaptés à leurs sols.

IV.3.3.5. La matière organique

La matière organique regroupe une somme importante et hétérogène de substances et composés carbonés d'origine végétale et animale : des débris en cours de décomposition issus de la végétation qui constituent la litière du sol. Le taux de matière organique accessible par analyse de sol physico-chimique classique.

IV.3.4. Résultats d'analyses physico-chimiques du sol

Tableau 07: Résultats des analyses physico-chimiques du sol

Echantillons	Mise en défens			Parcoure libre		
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Granulométrie %						
Sable	66	62	71	62	47	52
Argile	20	22	19	33	46	38
Limon	14	16	10	05	07	10
Type de Texture	LS	LSA	LS	LSA	AS	AS
pH	6,88	6,86	6,85	7,30	7,51	7,63
Appréciation	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre	Basic	Basic
Conductivité Electrique $\mu\text{S.m}^{-1}$	277	261	256	480	388	390
Estimation de la salinité	Non salé	Non salé	Non salé	Non salé	Non salé	Non salé
Calcaire Total %	07,78	16,27	24,44	13,67	11,20	08,33
Quantité	Faible	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Calcaire Actif %	2,58	4,86	5,13	5,38	2,17	2,88
Quantité	faible	faible	Assez élevé	Assez élevé	faible	faible
Matière organique	0,48	0,60	0,45	0,40	0,33	0,35
Estimation	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible

SLA: limoneuse-sablo-argileuse, LS : limono- sableuse, AS: Argilo-sableuse,

IV.3.5. Discussions des résultats

IV.3.5.1.1. Mise en défens

La texture est située entre le limono-sableuse pour l'échantillon 1 et 2 et sablo-limoneuse-argileuse pour l'échantillon 3.

Les trois échantillons présentent une quantité moyenne de calcaire CaCO_3 . Le pH est neutre, le sol est peu salé avec une conductivité électrique qui varie entre 256 et $277\mu\text{S.m}^{-1}$.

Floret & Pontanier (1982) Montrent que les effets de la mise en défens sont variables : il a été observé des changements dans les milieux sablonneux et sablo-limoneux que dans les steppes sur limons.

Globalement, la mise en défens favorise la régénération des pérennes qui en piégeant du sable et la matière organique et en permettant l'infiltration de l'eau de pluie, entraîne l'accroissement du couvert végétal et son maintien en période de risque d'érosion.

IV.3.5.2. Parcours libre

Généralement la texture est située entre l'argilo-sableuse pour l'échantillon 5,6 et sablo-limoneuse-argileuse pour l'échantillon 4.

La quantité de matière organique est faible à très faible, cela est dû à la dégradation du couvert végétal dans cette station, qui est de plus en plus marquée par l'action anthropique.

IV.4. Etude floristique

IV.4.1. Choix des stations

Le relevé écologique est une surface n'offrant pas d'écart de composition floristique appréciable entre ses différentes parties (Guinochet, 1973., Elmoudden, 2004). Le choix des relevés est effectué en tenant compte de l'aspect physiognomique de la végétation telle que composition floristique, densité et recouvrement apparent de la végétation, et des conditions écologiques associés comme la texture du sol, position, topographie.

Au sein de chaque site, mise en défens et parcouru libre nous avons pris vingt relevés. Le choix des stations se fait de manière à avoir la meilleure représentativité des différents peuplements végétaux observés d'une part et sa rareté et leur absence pour une d'autre part. La taille de la station est dépendante de l'homogénéité floristique.

IV.4.2. Méthode d'Echantillonnage

Dagnelie (1970) définit l'échantillonnage comme un ensemble d'opérations qui ont pour objet de prélever dans une population des individus devant constituer l'échantillon.

Selon Daget (1989), pour toutes études écologiques fondées sur des relevés de terrain, l'échantillonnage est la première phase du travail et toute la suite en dépend. Et comme le tapis végétal n'est jamais étudié d'une manière continue, son étude se fait grâce à un échantillonnage permettant de répartir les échantillons de façon à ce qu'ils donnent une image valable de l'ensemble de la végétation.

Selon (Ozenda, 1982) l'étude des groupements végétaux se fait essentiellement par la méthode des relevés. Ces relevés doivent être homogènes floristiquement et représentatifs de l'association.

IV.4.2.1. Homogénéité

Le concept de la relation de la courbe aire-espèces peut servir à déterminer l'aire minimale lors des relevés écologiques dans une aire représentative (Gounot, 1969), peut être aussi nécessaire pour l'étude de la composition floristique (Ramade, 1993).

IV.4.2.2. Relevé linéaire

Selon (Guerrache, 2010) Plusieurs auteurs ont décrit la technique du relevé linéaire parmi eux; Gounot (1961); Daget & Poissonet, (1971). Le relevé linéaire est considéré comme un moyen efficace pour étudier l'évolution de la couverture végétale lorsqu'il

s'agit d'une ligne permanente (Aidoud, 1983). Une lecture se fait tous les 10 cm le long d'une ligne de 10 m ou 20 m matérialisée par un ruban gradué tendu au-dessus de la végétation; la maille de 10 cm est la plus adaptée au recensement des espèces steppiques (Nedjraoui, 1981). Pour notre cas, nous avons retenu une ligne de 10 m ce qui fait 100 points de lecture.

IV.4.3. Résultat et description les relevés floristiques

IV.4.3.1. Les relevés de mise en défens

Tableau 08: Espèces inventoriées dans la mise en défens 2014

Taxons	Ni	Fi	Famille	Type biologique	Type biogéographique
<i>Stipa tenacissima</i>	18	25,35	Graminées	Gé	Méd
<i>Artemisia herba halba</i>	7	9,86	Asteracées	Ch	Méd
<i>Noaea mucronata</i>	2	2,82	Chénopodiacées	Ch	Méd
<i>Stipa parviflora</i>	5	7,04	Graminées	He	Méd
<i>Artemisia campestris</i>	9	12,68	Asteracées	Ch	Méd
<i>Schismus barbatus</i>	2	2,82	Poacées	Th	Méd
<i>Atractylis humilis</i>	6	8,45	Astéracées	He	Sah
<i>Helianthemum apertum</i>	7	9,86	Cistacées	Ch	NA
<i>Lygeum spartum</i>	1	1,41	Poacées	Gé	Méd
<i>Helianthemum kehicicum</i>	2	2,82	Cistacées	Ch	Méd
<i>Onopordon arenarium</i>	4	5,63	Astéracées	He	Méd
<i>Launaea glomerata</i>	3	4,23	Astéracées	He	Méd
<i>Medicago minima</i>	1	1,41	Fabacées	Th	Méd
<i>Allium cupani</i>	1	1,41	Lilacées	Gé	Méd
<i>Herniaria hirsuta</i>	1	1,41	Caryophyllacées	Th	Méd
<i>Ononis augustissima</i>	2	2,82	Fabacées	Th	Méd

Source: Nos calculs

Gé: Géophyte ; Th : Thérophyte ; He: Hémicréptophyte ; Ch: Chaméphyte.

Méd: méditerranée, NA: Nord African, Sah : Saharien

Tableau 9: Les espèces non végétales inventoriées dans la mise en défens

Les éléments	N	FI %
Eléments grossier	06	20,69
Sol nu	14	48,28
Litière	6	20,69
Sable	0	0,00
Pellicule	3	10,34
Totale	29	100,00

IV.4.3.2. Les relevés d'une parcoure libre

Tableau 10: Les espèces inventoriées dans le parcoure libre

Taxons	Ni	Fi	Famille	Type biologique	Type biogéographique
<i>Hedipnois cretica</i>	6	24	<i>Astéracées</i>	Th	Méd
<i>Plantago albicans</i>	2	8	<i>Plantaginacées</i>	He	Méd
<i>Artemisia campestris</i>	3	12	<i>Asteracées</i>	Ch	Méd
<i>Astragalus caprinus</i>	9	36	<i>Fabacées</i>	Th	Méd
<i>Atractylis humilis</i>	2	8	<i>Astéracées</i>	He	Sah
<i>Atractylis serratuloides</i>	1	4	<i>Astéracées</i>	Ch	Sah
<i>Helianthemum apertum</i>	1	4	<i>Cistacées</i>	Ch	NA
<i>Lygeum spartum</i>	1	4	<i>Poacées</i>	Gé	Méd

Source: Nos calculs

Gé: Géophyte ; Th : Thérophyte ; He: Hémicréptophyte ; Ch: chamaephytes

Méd: Méditerranée, NA: Nord African, Sah : Saharien

Tableau 11: Les espèces non végétales inventoriées dans le parcoure libre

Les éléments	N	FI %
Eléments grossier	10	13,33
Sol nu	25	33,33
Litière	33	44,00
Sable	5	6,67
Pellicule	2	2,67
Totale	75	100

Source: Nos calculs

L'Abondance Relative: Exprimé en %, est calculé comme suit:

$$AR = \frac{Nv}{N} \times 100$$

Ou : Nv c'est le nombre d'individu

N c'est le nombre total des individus

AR dans la mise en défens est **71%**

AR dans le parcoure libre **25 %**

IV.4.1. Discussions des résultats

Pour la comparaison entre mise en défens MED d'une part et parcours libre PL d'une autre part, nous avons adopté un échantillonnage systématique selon la dominance physionomique d'une espèce ou d'un groupe d'espèces. Les résultats ainsi que les vues de comparaison été considéré comme suit :

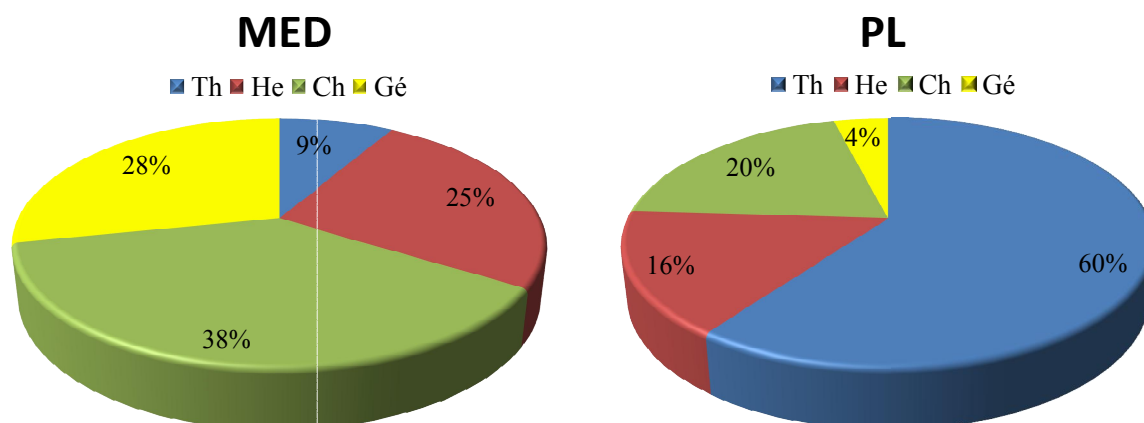


Figure 16: Répartition des types biologiques au mise en défens et parcours libre

Pour la mise en défens MED du point de vue les types biologiques, la majorité des espèces sont des chamaephytes dominant avec plus de 38%, suivies par géophytes de 28%, et les hémicryptophytes et thérophytes avec respectivement 25 % et 9 %.

On remarque pour la station du parcours libre les thérophytes représentent plus de 60%, les chamaephytes avec pourcentage de présence de 20% et de 16% pour les hémicryptophytes et se diffèrent en abondance relative 4% pour les géophytes.

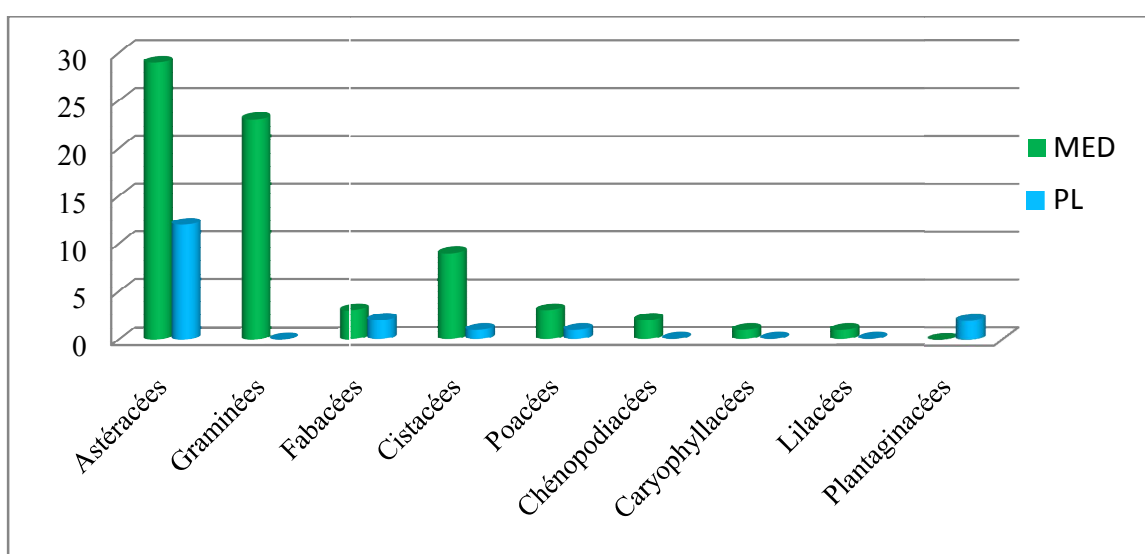


Figure 17: Répartition des familles au mise en défens et parcours libre

Les *Astéracées* et les *Graminées* sont dominant dans la mise en défens, ils couvrent plus de la moitié de la surface recouverte par la végétation, alors que le parcours libre les *Astéracées* abondance relative.

Dans la mise en défens on remarque que l'abondance relative est de 71% et 25% dans le parcours libre, on déduit que, le site de la mise en défens est très et bien développé par rapport au parcours libre.

La conduite de la mise en défens devrait augmenter la diversité floristique grâce à une plus grande hétérogénéité du couvert végétal et parce que cette technique permet aux plantes à fleurs de réaliser leur cycle biologique complet (Plantureux et *al*, 2005).

CHAPITRE V: *Cartographie et suivi-évaluation spatiale de la végétation*

Cette étude a pour but de cartographier les espèces végétales de la commune de Gueltat Sidi Saad à partir de la classification non supervisée d'images satellitaires, de suivre la dynamique et l'évolution du couvert végétal à travers la comparaison de l'occupation du sol des années 2000, 2007, 2014. Enfin modéliser quelques indices spectraux de la végétation sur l'ensemble de la région d'étude.

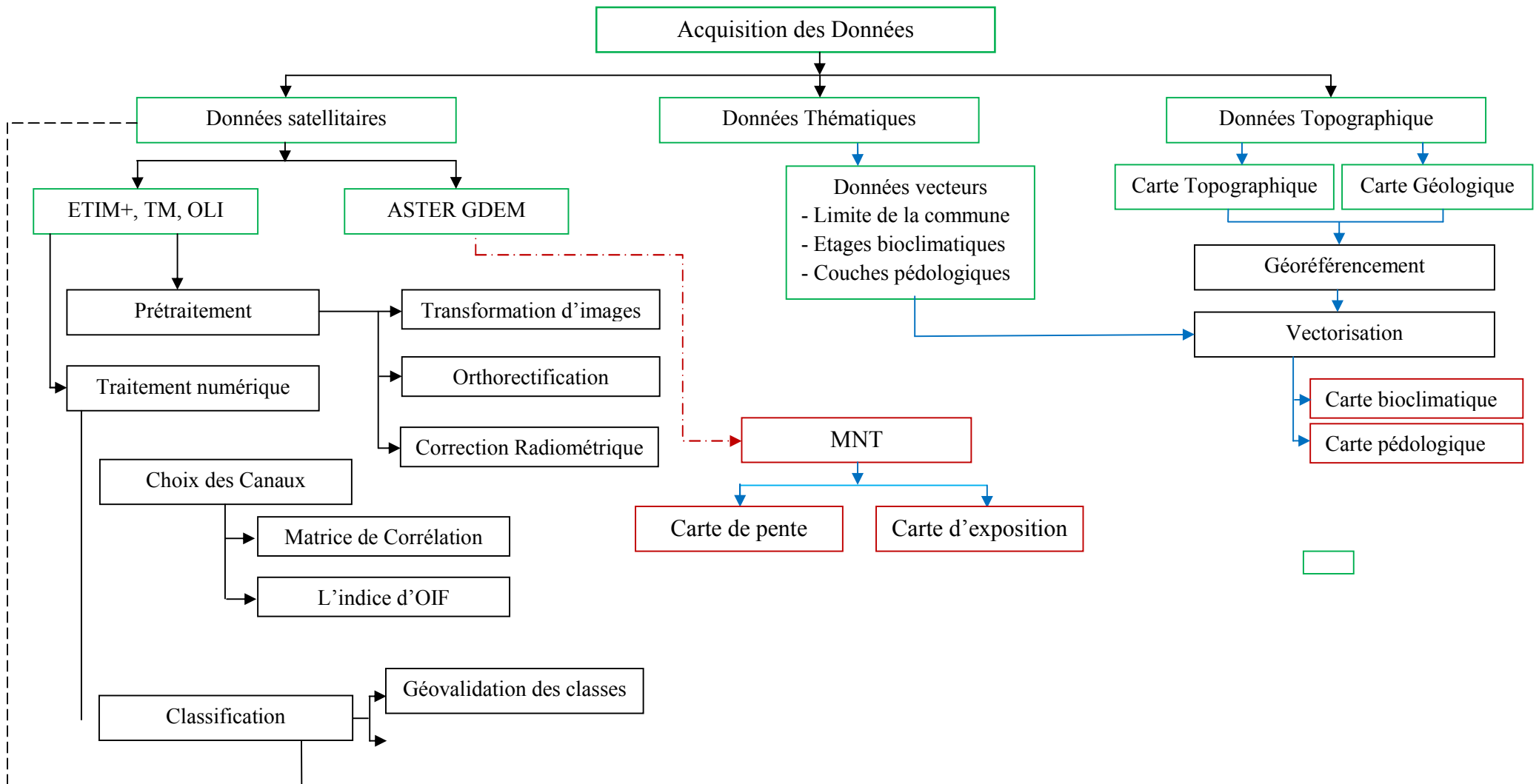
Pour répondre aux objectifs de notre étude, nous avons utilisé plusieurs sources d'informations à savoir: la carte topographique de la zone d'étude, les données satellitaires de LANDSAT 5, 7 et LCDM.

V.1. Organigramme méthodologique

La démarche adoptée tourne autour des points suivants:

- i.* L'acquisition des données consiste à collecter, assembler et stocker le maximum de renseignements nécessaire pour alimenter notre base de données concernant notre région d'études telles que des données de télédétection et les données topographiques autres données thématique auxiliaire nécessaires
- ii.* Le traitement et l'analyse des données sous différents logiciels ENVI, ERDAS, Global Mapper, Mapinfo, et la coopération entre eux comme la conversion des formats et l'intégration des fonctions afin d'en tirer les informations utiles;
- iii.* La présentation de ces informations dans des formats standards, leur diffusion, ou leur intégration dans des Systèmes d'Information Géographique (SIG) comme bases de données nouvelles pour une utilisation ultérieure.

Ses étapes effectuées dans deux environnements de traitement des données elles sont représentées dans l'organigramme suivant:



V.2. Matériels utilisés

V.2.1. Matériels utilisés sur le terrain

V.2.1.1. Carte topographique

La zone d'étude correspond à la carte topographique au 1/250 000 de la région d'Aflou. Cette carte couvrant la région et au vu de la diversité du paysage qu'elle comprend. Cette coupure de type 1960 dont les documents de base sont:

- ✓ Ellipsoïde de Clarke 1880
- ✓ Projection UTM
- ✓ Découpage rectangulaire 60cm x 40cm.

V.2.1.2. GPS

Système permettant de déterminer les coordonnées géographiques d'un point du globe à partir de l'observation des signaux radio émis par des satellites en orbite autour de la terre.

Nous avons utilisé le GPS pour la géoréférencement des échantillons relevés sur terrain ainsi que afin détermine des limite de la mise en défens et la vérification des résultats obtenus par classification des images satellites c'est-à-dire il joue un rôle fondamental à l'identification les classes de pixels et géolocalisation de l'espèces.

V.2.2. Ordinateur et logiciels

Les outils mis à notre disposition pour les besoins de notre travail sont :

- Un PC possédant les caractéristiques suivantes :
 - ✓ Processeur: Intel Core i5 à 1,8 GHz.
 - ✓ RAM: 4 Go.
 - ✓ Carte graphique Intel HD, 2Go de mémoire.
 - ✓ Capacité de stockage: 500 Gb

- Des logiciels SIG et Télédétection :

ENVI 4.7 & ENVI EX:

L'ENVI¹⁰ est un logiciel de traitement d'image développé par la société RSI. C'est un logiciel haut de gamme qui permet de lire, de visualiser et d'analyser des images numériques et en particulier issues de la télédétection.

Dans notre étude, nous avons utilisé ce logiciel pour la transformation d'images et combinaison des bandes, fusionnement des bandes à haute résolution et les travaux de classification *ISODATA* et la détection des changements d'occupation des sols.

MapInfo professionnel 8.0:

C'est logiciel de SIG qui sert à créer, traiter et cartographier l'information géographique, Il structure l'information en tables et il gère les cartes raster et vecteur.

Vertical Mapper 3.0 : ont servi à effectuer les différentes étapes d'élaboration du système d'information géographique

Global mapper 12:

C'est un système d'information géographique (SIG) de logiciel actuellement développé par Geographics Blue Marble qui s'exécute sur Microsoft Windows. Le logiciel de SIG en concurrence avec ESRI, GeoMedia, système d'admission, et MapInfo produits SIG. Global Mapper gère à la fois vecteur, raster et des données d'élévation, et permet la visualisation, la conversion, et d'autres fonctionnalités SIG général.

ERDAS imagine 8.4 :

Logiciel de télédétection et de traitements d'images. Il a servi notamment pour les modélisations des indices spectraux de la végétation .

¹⁰ Environment visualising image

V.2.3. Les données satellitaires

V.2.3.1. Les images satellitaires

Dans le cadre de ce travail, les images ETM+, TM et OLI de LANDSAT 5,7 et LCDM ou LANDSAT 8 sont fournies gratuitement par des organismes internationaux pour recherches scientifiques exemples : USGS et GLCF.

Les images satellitaires multispectraux des différents capteurs ETM+, TM, OLI ont été enregistrées successivement au 25 février 2000, 11 mai 2007, 06 janvier 2014. Le traitement numérique des images a été effectué à l'aide du logiciel ENVI 4.7 et ERDAS 8.4. Les données auxiliaires comprennent diverses cartes thématiques ayant servi à la préparation des missions de terrain et aux interprétations structurales des images satellitaires.

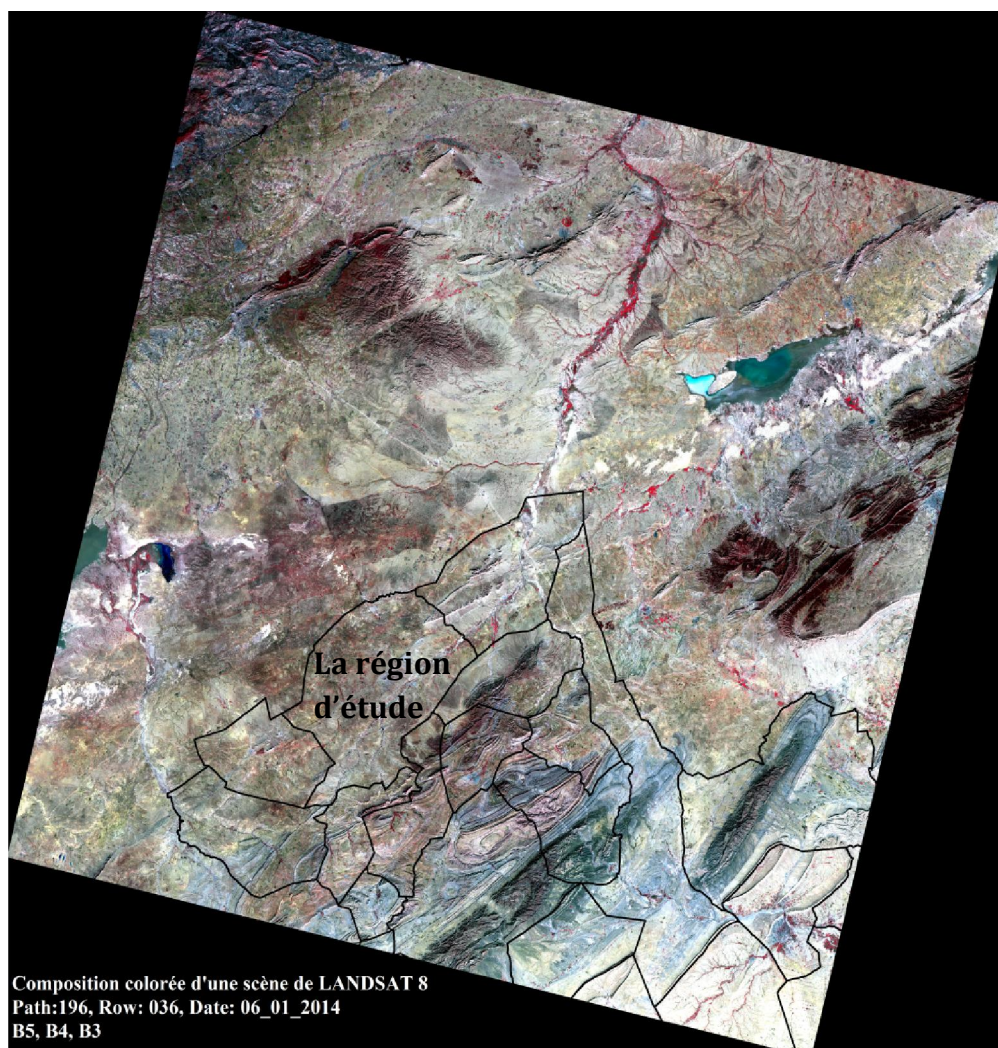


Figure 18: Composition colorée de la zone d'étude scène OLI de Landsat 8

Source: USGS

V.2.3.2. Comparaison des canaux entre les capteurs utilisés

Dans cette étude, nous avons pu obtenir des images TM et ETM+ et OLI. Le choix des ces dernières est basé généralement sur leur disponibilité, la qualité, ainsi que sur la bonne résolution spectrale. Pendant notre recherche sur des scènes multispectraux nous avons constaté que la qualité de ces images et de défèrent dates.

Tableau 012: Comparaison des canaux entre les capteurs utilisés

	Landsat 5 (TM)			Landsat 7 (ETM+)			LCDM (OLI & IRTS)		
	Domaine spectral μm		Résolution	Domaine spectral μm		Résolution	Domaine spectral μm		Résolution
Canal 1	0.45-0.52	Blue	30 m	0.45-0.52	Blue	30 m	0.43 - 0.45	Aérosol côtière	30 m
Canal 2	0.52-0.60	Vert	30 m	0.52-0.60	Vert	30 m	0.45 - 0.51	Blue	30 m
Canal 3	0.63-0.69	Rouge	30 m	0.63-0.69	Rouge	30 m	0.53 - 0.59	Vert	30 m
Canal 4	0.76-0.90	P Infrarouge	30 m	0.77-0.90	P Infrarouge	30 m	0.64 - 0.67	Rouge	30 m
Canal 5	1.55-1.75	IR Lointain -1	30 m	1.55-1.75	IR Lointain -1	30 m	0.85 - 0.88	P Infrarouge	30 m
Canal 6	10.40-12.50	IR Thermique	60 m	10.40-12.50	IR Thermique 1et 2	60 m	1.57 - 1.65	IR Lointain -1	30 m
Canal 7	2.09-2.35	IR Lointain -2	30 m	2.09-2.35	IR Lointain -2	30 m	2.11 - 2.29	IR Lointain -2	30 m
Canal 8	/	/	30 m	0.52-0.90	Panchromatique	30 m	0.50 - 0.68	Panchromatique	15 m
Canal 9	/	/	/	/	/	/	1.36 - 1.38	Cirrus	30 m
Canal 10	/	/	/	/	/	/	10.60 - 11.19	IR Thermique-1	100 m
Canal 11	/	/	/	/	/	/	11.50 - 12.51	IR Thermique-2	100 m

Source: <http://landsat.gsfc.nasa.gov/>¹¹

¹¹ Consulté: 26 Avril 2014

V.2.3.3. Les Données ASTER GDEM

ASTER GDEM V2, a été produite en collaboration avec l'équipe scientifique ASTER Japon-États-Unis en utilisant des données ASTER qui a été acquis depuis le début de l'observation jusqu'à la fin de Août 2010.

Afin de l'obtention de MNT de notre région d'étude nous avons téléchargé le model GDEM à partir de l'inscription dans le site web suivant:

<http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/index.jsp>¹²

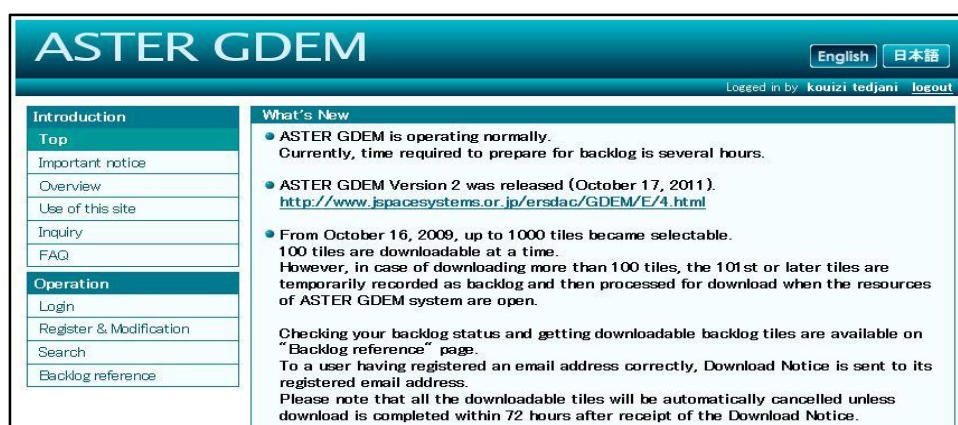


Figure 19: interface graphique de site de téléchargement des données ASTER GDEM

V.3. Etapes de la cartographie du site

V.3.1. Scannérisation

Le scanner permet de lire un document sur support papier et le transformer en fichier numérique. Les cartes peuvent être numérisées à l'aide d'une table de numérisation pour recueillir et mémoriser les coordonnées des éléments ou bien on peut acquérir la carte avec et traiter ensuite l'image obtenue avec des logiciels spécifique pour la conversion en format vecteur.

V.3.2. Géoréférencement

Le géoréférencement est un processus qui consiste à collecter des informations dans un système de coordonnées latitude et longitude de telle sorte que les nombreuses couches de données puissent être superposées et donner lieu à une analyse géographique exploitable. Les projections sont des méthodes mathématiques rattachées à la géométrie et qui, à tout point de la terre, donnent une correspondance sur la carte (Berger et al., 2005., Jomaa, 2008., Daumard, 2010)

¹² Consulté: 14 Avril 2014

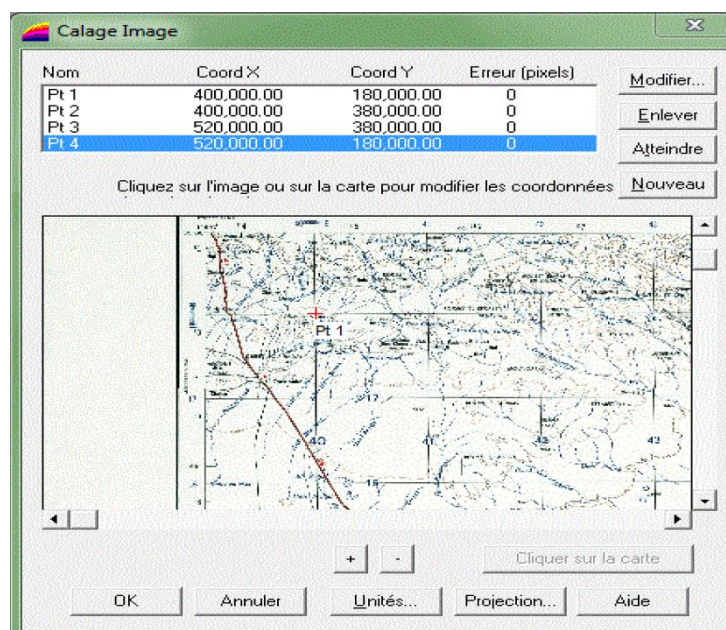


Figure 20: Calage de la carte topographique sous Mapinfo 8.0

V.3.3. Vectorisation

Dans la troisième étape nous avons réalisé les différentes couches en mode vecteur. Pour se faire nous avons utilisé MapInfo professionnel v8 pour réaliser la base de données et les différentes couvertures ainsi que extraire plusieurs fichiers Tab, ont été créés pour représenter l'infrastructure de la zone d'étude tel que réseaux hydrographique, Routes, pistes, points d'eaux, ...

V.3.4. La superposition des couches d'informations

La superposition des couches d'informations c'est l'étape finale pour établir une carte, d'après l'acquisition les différents données tel que les données thématique, carte topographique, carte géologique, qui sont été classifiées et intégrées dans un SIG en utilisent de la projection géographique UTM fuseau WGS 84.

Pour la réalisation des couches d'informations nécessaires à l'étude, à savoir le réseau hydrographique, les classes de pentes, la lithologie et la pédologie et bioclimatique, géologique. Toutes les cartes été citées ont subi des opérations de traitements basés sur une numérisation, un géo-référencement et enfin une digitalisation.

V.3.5. Élaboration des carte thématique

V.3.5.1. Modèle numérique de terrain

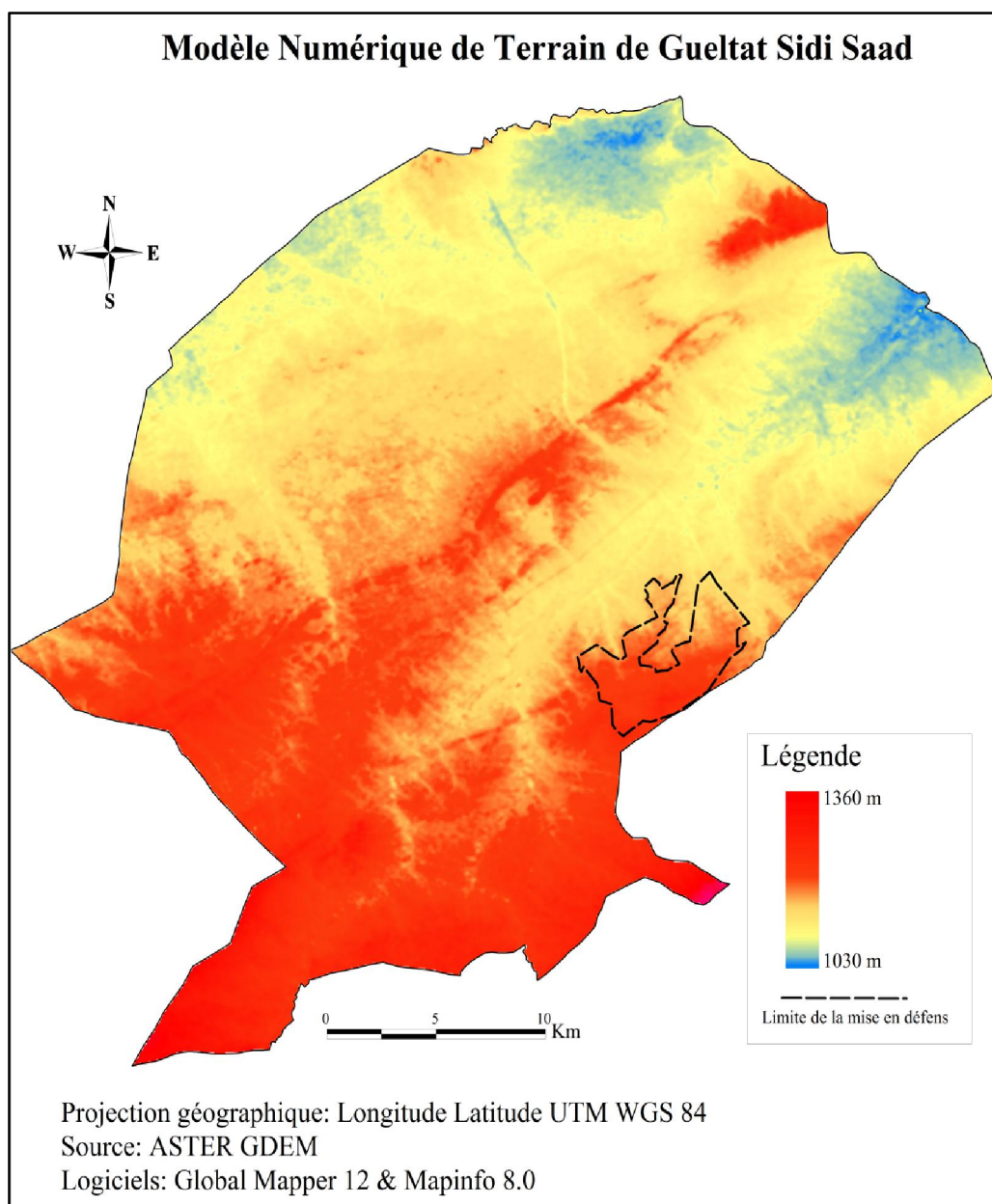


Figure 21: Carte de MNT de Gueltat Sidi Saad

Le modèle numérique de terrain de Gueltat Sidi Saad est créé avec une résolution de 30 mètres. On peut dériver depuis le MNT plusieurs cartes, l'inclinaison et l'orientation des pentes, direction d'écoulement des eaux, détermination des bassins versant, traçage des profils topographiques et générer des représentations du paysage en trois dimensions.

V.3.5.2. Dérivées du modèle numérique de terrain

V.3.5.2.1. Carte des expositions

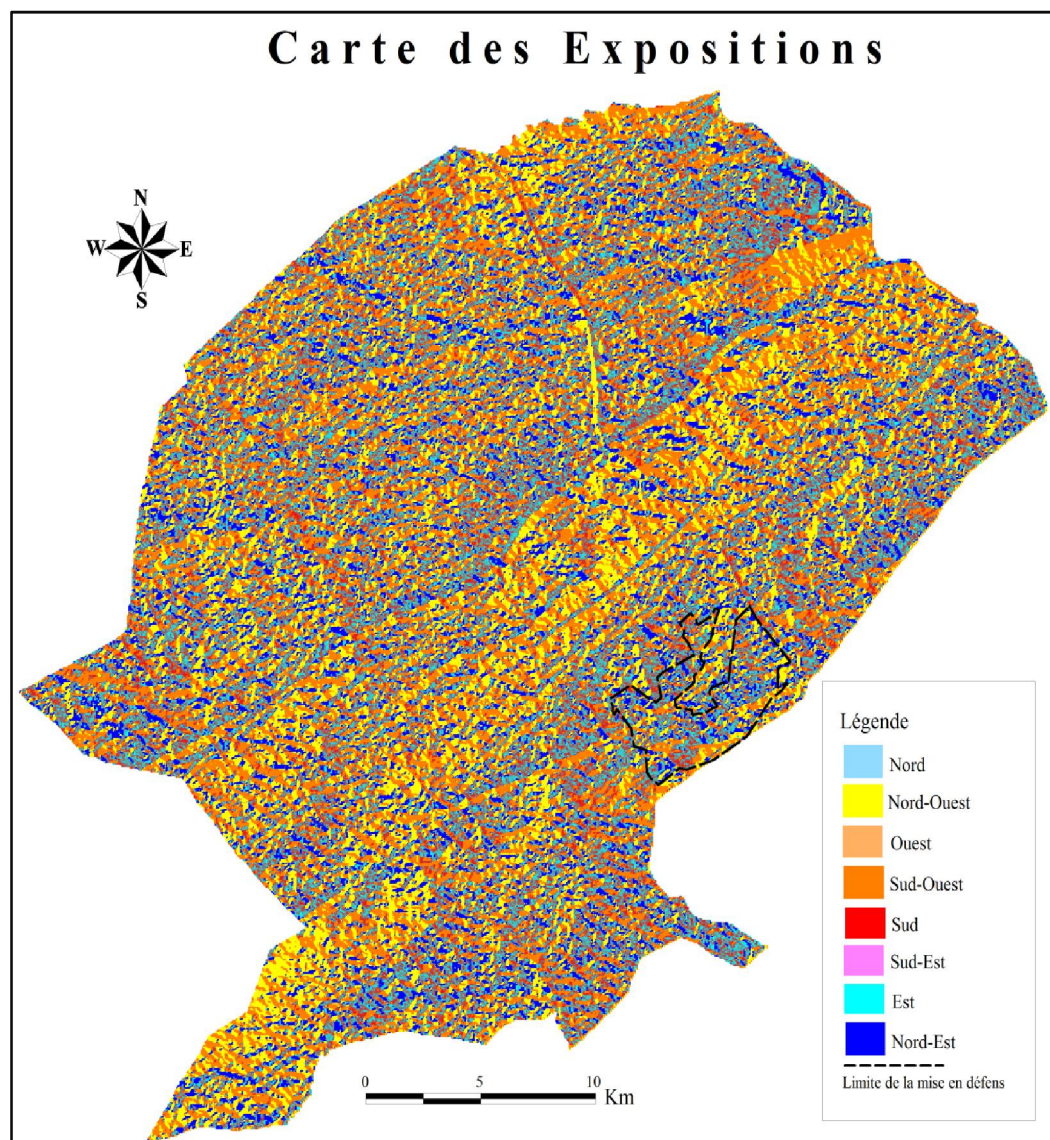


Figure 22: Carte des expositions

Les cartes d'aspects ou d'exposition ont 8 classes N, NE, E, SE, S, SO, O et NO. La carte des expositions de la commune de Gueltat Sidi Saad à partir du modèle numérique de terrain.

Généralement les classes dominantes sont les classes Nord-Est et Nord-Ouest, la visualisation des expositions des reliefs de la commune été orienté vert le NE et NO.

V.3.5.2.2. Carte des pentes

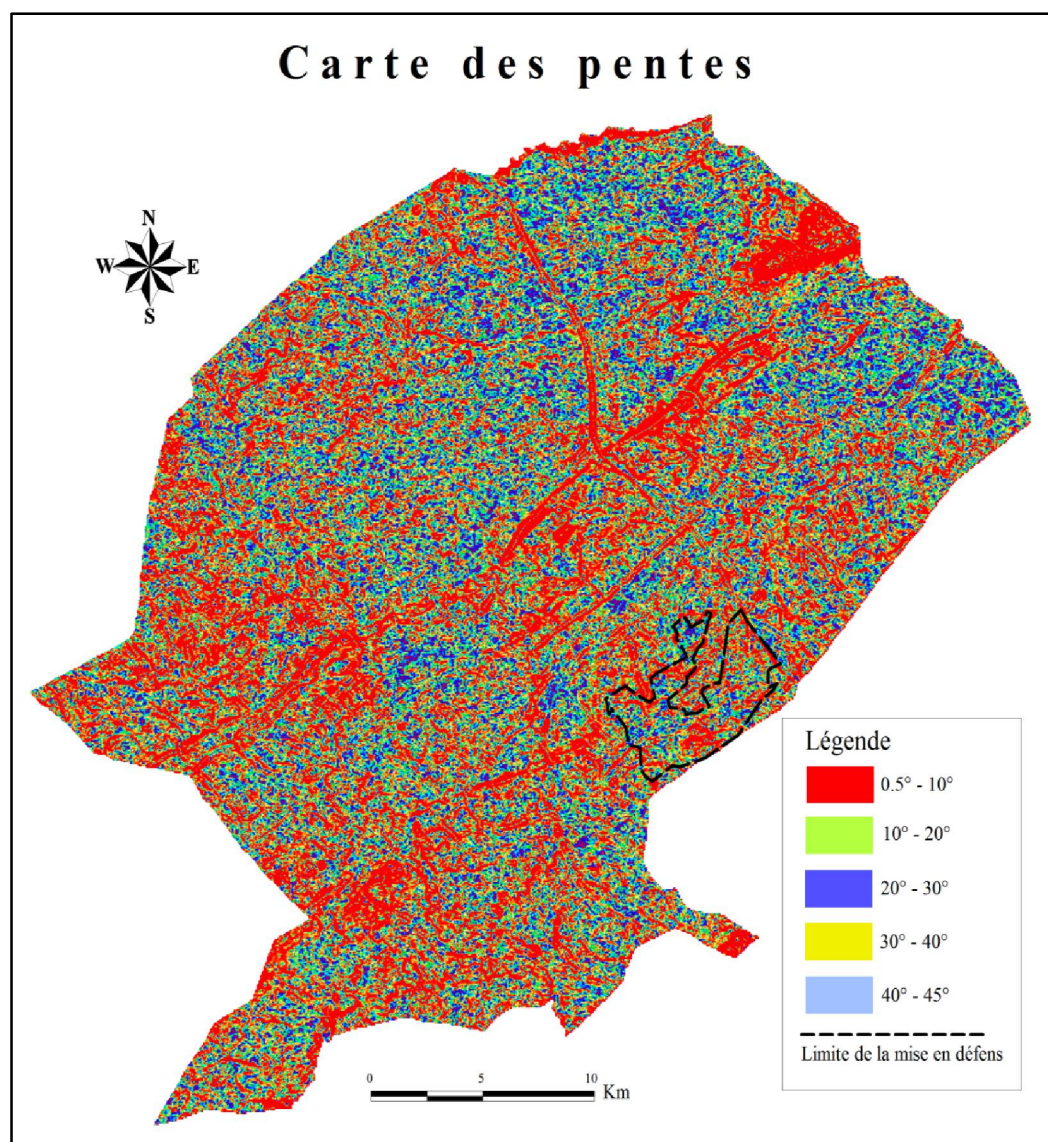


Figure 23: Carte des pentes

La pente est l'inclinaison d'une surface exprimée en degrés ou en pourcentage par rapport au plan de l'horizon. L'information de la pente est utilisée pour ajouter des critères de sélections dans la classification thématique. Le changement de pente est une réalité terrain qui a une grande importance surtout pour les études des ressources en eaux.

La carte des pentes du Gueltat Sidi Saad est produite à partir du modèle numérique de terrain puis visualisé et classifié pour connaître la pente de chaque classe. D'une manière générale le terrain de la commune de Gueltat Sidi Saad est une plate qui expliqué par la dominante de la classe a faible pente 0,5°-10°.

V.4. Télédétection de la végétation

Les images satellites permettent d'accéder à une vision particulière de la surface terrestre. Cette vision semble être adaptée à la détection de dynamique de sol dans notre région. La répétitivité permet de comparer différents stades d'évolution d'une région au cours du temps, et d'élaborer des analyses diachroniques à l'aide de traitements numériques.

V.4.1. Prétraitement des données satellitaires

V.4.1.1. Transformation d'images

V.4.1.1.1. Combinaison des bandes

Après le téléchargement, nous avons obtenues des images multi fichier et à différents d résolution spatiale, premièrement il faut redimensionner les canaux spatialement en même résolution de 30m. À la suite de cette étape nous avons combiné toutes les bandes dans un fichier standard ENVI Meta de bandes afin d'exporté des divers formats de traitement d'image.

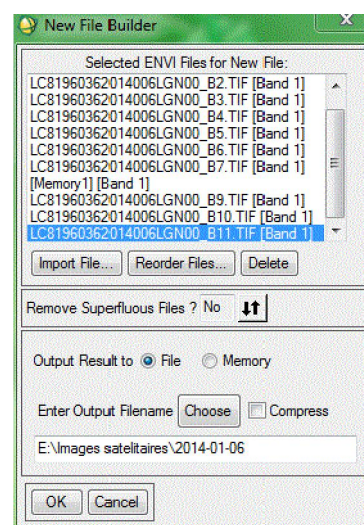


Figure 24: Combinaison des bandes sous l'ENVI 4.7

V.4.1.1.2. Extraction de la région d'étude

Pour le traitement sélectionné qui se fait sur une région déterminé, nous sommes basés sur la coopération entre deux logiciels Global Mapper et ENVI. La première étape sous le premier logiciel nous avons converti le vecteur limite de la commune de Gueltat Sidi Saad de format Tab à format Shp et reprojecté sous la projection géographique UTM. La deuxième étape s'effectuée sous logiciel ENVI par la fonction RIO¹³ où nous faisons une sélection vectoriel de région d'étude par l'importation de fichier Shp.

V.4.1.2. Orthorectification

Les images ont été calées par la projection géographique UTM fuseau WGS 84. Z 31. Sous le logiciel ENVI 4.7, afin de pouvoir les superposer avec d'autres sources des données. Ceci sera très utile dans la suite des traitements et notamment pour le choix des parcelles de référence.

¹³ RIO: Region of interest

V.4.1.3. La correction radiométrique

La correction radiométrique traduit les données brutes enregistrées par le satellite en intensité de rayonnement en exécutant une série de conversions. Afin de mettre toutes les images dans un même référentiel radiométrique, nous faisons appel à des modèles de correction radiométrique et atmosphérique. (Blanc, 1999).

Cela permet de réaliser une étude multidatés, ce qui rend facile la détection des changements réels qui ont eu lieu entre les différentes dates 2000, 2007 et 2014, d'améliorer le processus de classification automatique.

Les images utilisées doivent présenter des caractéristiques les plus homogènes de sorte que les différences provenant de leur comparaison puissent être associées à de réels changements d'état du territoire et non des artéfacts liés aux images. Le logiciel utilisé pour effectuer les corrections atmosphériques est le logiciel ENVI 4.7 en utilisant le modèle QUAC¹⁴ (QUick Atmospheric Correction)

V.4.2. Traitement numérique

Afin confronter l'étude comparative, l'utilisation d'images satellitaire multidatés TM, ETM+, OLI nous a servi comme support quant au suivi de la végétation.

V.4.2.1. Choix des canaux

L'analyse de la signature spectrale des différents objets de l'occupation du sol est une étape importante pour le choix des canaux des scènes Landsat (Bensaid et al, 2003., N'go et al, 2010).

Face aux nombres élevés de canaux ETM+, TM et OLI on est obligé de faire une analyse de séparabilité des classes afin de minimiser l'aspect dimensionnel afin de garder le maximum d'information sur la thématique recherchée.

V.4.2.1.1. Caractéristiques des canaux de OLI et les équivalences

Les canaux des capteurs OLI ont été choisis de manière à éviter la redondance de l'information et à avoir le maximum de cette dernière contenue dans ces canaux. Pour ce faire nous nous sommes basés sur l'analyse des bandes spectrales.

¹⁴ QUAC: QUick Atmospheric Correction

Tableau 013: Caractéristiques des canaux de OLI et leur équivalences

Canaux	Caractéristiques et équivalences
OLI 1	Il est appelé la bande côtière ou bien aérosol, a deux utilisations principales: imagerie eau peu profonde, et le suivi de fines particules comme la poussière et la fumée.
OLI 2	Bleu, équivalence avec ETM+1 et TM1, qui est utilisé pour la cartographie bathymétrique dans les eaux peu profondes et aussi à différencier le sol et végétation.
OLI 3	Vert, coïncidence avec ETM+2 et TM2. Présence des pics de réflectances vertes de la végétation, utilisé pour la détermination des plantes vigoureuses.
OLI 4	Rouge, coïncidence avec ETM+3 et TM3. Il met en évidence la bande d'absorption chlorophyllienne qui est importante pour la discrimination des types de végétations.
OLI 5	Proche Infrarouge, coïncidence avec des portions des bandes ETM+4 et TM4. Utilisable pour déterminer la contenance de la biomasse et pour la cartographie littorale.
OLI 6 & OLI 7	Moyenne Infrarouge 1et 2, correspondance avec ETM+5 et TM5. Il indique la teneur en humidité du sol et de la végétation, et pour la géologie: roches et des sols.
OLI 8	Panchromatique équivalence avec ETM+8, Il fonctionne exactement comme un noir et blanc: la place de la collecte des couleurs visibles séparément, il les combine en un seul canal.
OLI 9	l'une des caractéristiques les plus intéressantes de Landsat 8 Il couvre une très fine tranche de longueurs d'onde. Précisément la propriété de sol est à peine visible dans cette bande.
IRTh 1 & IRTh 2	Infrarouge thermique, ou TIR. Utilisable pour mesurer la température de l'air, comme le font les stations météorologiques, ils signalent à même le sol, ce qui est souvent beaucoup plus chaud.

Notre synthèse

V.4.2.1.2. L'indice d'OIF

L'indice OIF a permis la sélection des trois meilleures bandes spectrales ayant une forte variance et une corrélation faible. Nous considérons que les trois bandes spectrales des scènes TM et ETM+ et OLI sélectionnées présentent le maximum d'informations concernant l'occupation du sol. Cet indice était développé par Chavez (1982), il est défini par l'équation suivante :

$$OIF = \frac{\sum_{i=1}^3 \sigma_i}{\sum_{j=1}^3 |cc_j|}$$

(Eq: 01)

Où σ_i est l'écart type de chaque bande spectrale et cc_j est le coefficient de corrélation entre deux bandes spectrales.

Tableau 14: Matrice de corrélation des données ETM+

La région d'étude par la scène ETM+ 196/36 de date 2000_02_25								
Canaux	ETM+ 1	ETM+ 2	ETM+ 3	ETM+ 4	ETM+ 5	ETM+ 7	Moy	Ecart
ETM+ 1	1	0.9969	0.9905	0.9911	0.9897	0.9843	44.47	41.75
ETM+ 2	0.9969	1	0.9975	0.9969	0.9952	0.9916	47.69	45.17
ETM+ 3	0.9905	0.9975	1	0.9986	0.9976	0.9962	70.30	67.14
ETM+ 4	0.9911	0.9969	0.9986	1	0.9980	0.9960	62.33	59.32
ETM+ 5	0.9897	0.9952	0.9976	0.9980	1	0.9988	85.88	81.71
ETM+ 7	0.9843	0.9916	0.9962	0.9960	0.9988	1	78.75	75.39

Source: Nos calculs

Tableau 15: Indice OIF de la combinaison de trois canaux ETM+

Bandes	357	457	345	257	347	157	235	234
OIF	74,93	72,31	69,52	67,75	67,49	66,89	64,88	57,34
Range	1	2	3	4	5	6	7	8

Source: Nos calculs

Tableau 16: Matrice de corrélation des données TM

La région d'étude par la scène TM 196/36 de date 2007_05_11								
	TM 1	TM 2	TM 3	TM 4	TM 5	TM 7	Moy	Ecart
TM 1	1	0.9984	0.9948	0.9945	0.9946	0.9910	59.33	55.69
TM 2	0.9984	1	0.9983	0.9966	0.9963	0.9940	38.36	36.14
TM 3	0.9948	0.9983	1	0.9968	0.9972	0.9966	58.66	55.45
TM 4	0.9945	0.9966	0.9968	1	0.9973	0.9949	64.43	60.63
TM 5	0.9946	0.9963	0.9972	0.9973	1	0.9987	118.28	111.20
TM 7	0.9910	0.9940	0.9966	0.9949	0.9987	1	76.23	71.97

Source: Nos calculs

Tableau 17: Indice OIF de la combinaison de trois canaux TM

Bandes	457	157	357	345	257	235	147	235
OIF	81,51	80,04	79,74	75,98	73,37	67,78	63,18	50,88
Range	1	2	3	4	5	6	7	8

Source: Nos calculs

Tableau 18: Matrice de corrélation des données OLI

La région d'étude par la scène OLI 196/36 de date 2014_01_06								
Canaux	OLI 2	OLI 3	OLI 4	OLI 5	OLI 6	OLI 7	Moy	Ecart
OLI 2	1	0.9992	0.9966	0.9967	0.9955	0.9945	4484.25	4190.63
OLI 3	0.9992	1	0.9989	0.9984	0.9976	0.9968	4648.03	4355.43
OLI 4	0.9966	0.9989	1	0.9985	0.9985	0.9982	5353.14	5038.43
OLI 5	0.9967	0.9984	0.9985	1	0.9984	0.9974	6627.50	6230.79
OLI 6	0.9955	0.9976	0.9985	0.9984	1	0.9996	7426.23	6992.42
OLI 7	0.9945	0.9968	0.9982	0.9974	0.9996	1	6745.59	6359.19

Source: Nos calculs

Tableau 19: Indice OIF de la combinaison de trois canaux OLI

Bandes	567	467	456	367	265	357	345	234
OIF	6537,49	6137,58	6096,56	5914,18	5867,75	5662,44	5215,52	4536,18
range	1	2	3	4	5	6	7	8

Source: Nos calculs

L'utilisation de la technique OIF pour l'évaluation de l'information contenue dans les canaux, simplifie et réduit le temps de sélection des bandes appropriées pour la discrimination des différentes occupations du sol. Cette technique permet de réduire en outre le nombre de bandes à traiter en comprimant les informations selon une hiérarchie (N'go et al, 2010).

L'application de la technique OIF sur les canaux ETM+ a donné lieu à des combinaisons différentes (Tableau 14). La combinaison des bandes ETM+3, ETM+5, ETM+7 montre la valeur la plus élevée de l'OIF au premier rang. Cette combinaison représente le maximum d'informations pour notre zone d'étude.

Pour les autres canaux utilisé TM et OLI l'indice d'OIF montre que les informations constaté dans les bandes TM4, TM5, TM7 et OLI5, OLI6, OLI7.

L'analyse des tableaux, montre que la combinaison ayant un indice OIF au premier rang est associée aux valeurs de bandes à variance élevée et à faible corrélation entre les canaux.

V.4.2.2. Compositions colorées

La composition colorée couvrant la totalité de la zone d'étude a été obtenue à partir d'une mosaïque de trois compositions colorées issues de la superposition des canaux de chaque scène ETM+, TM et OLI.

La composition colorée des bandes ETM+3, ETM+5 et ETM+7 permet une bonne discrimination visible entre le couvert végétal et les zones dégradé. Dans cette période la majorité des parcoures de la commune elles touchent globalement par l'ensablement.

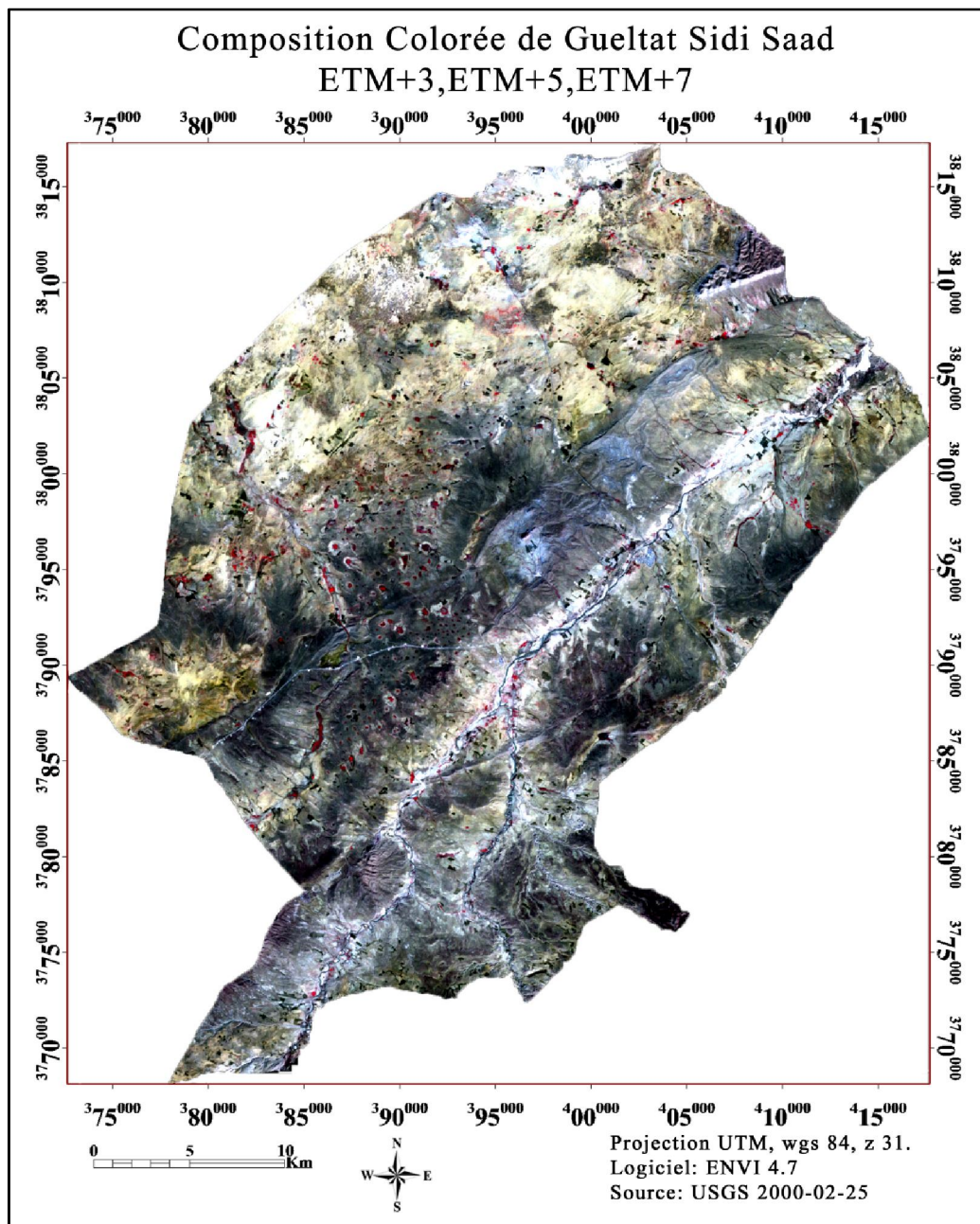


Figure 25: Composition colorée d'image ETM+ 2000 de Gueltat Sidi Saad

L'analyse visuelle de la Composition colorée des bandes TM4 et TM5 et TM7. Figure 26 montre que l'état du couvert végétale a été évoluée progressivement, dans cette période surtout au Nord de la commune où retrouve que réduction des zones ensablé.

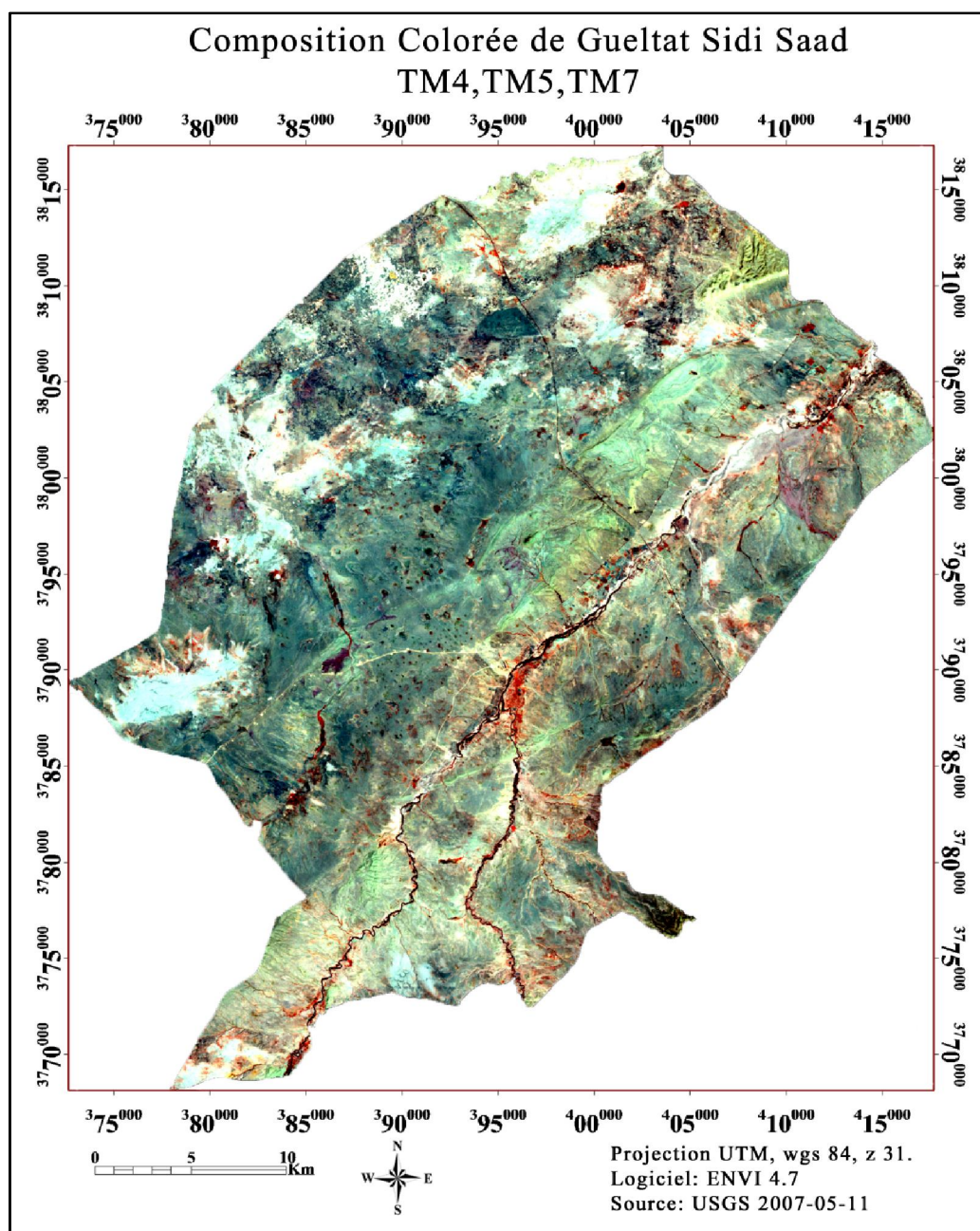


Figure 26: Composition colorée d'image TM 2007 de Gueltat Sidi Saad

La composition colorée de cette image OLI selon L'indice d'OIF a été réalisée à partir de mosaïque des bandes spectrales OLI5, OLI6, OLI7 Figure 24. Cette image de Landsat 8 enregistrée à l'hiver 2014 montre une activité moyenne de la végétation naturelle et cultivée.

L'interprétation visuelle de la composition colorée montre que le bleu foncé c'est le recouvrement de la végétation naturelle et le gradient de cette couleur il indique le degré de la densité de ce recouvrement, lorsque le rouge et le rose la couverture végétale cultivée.

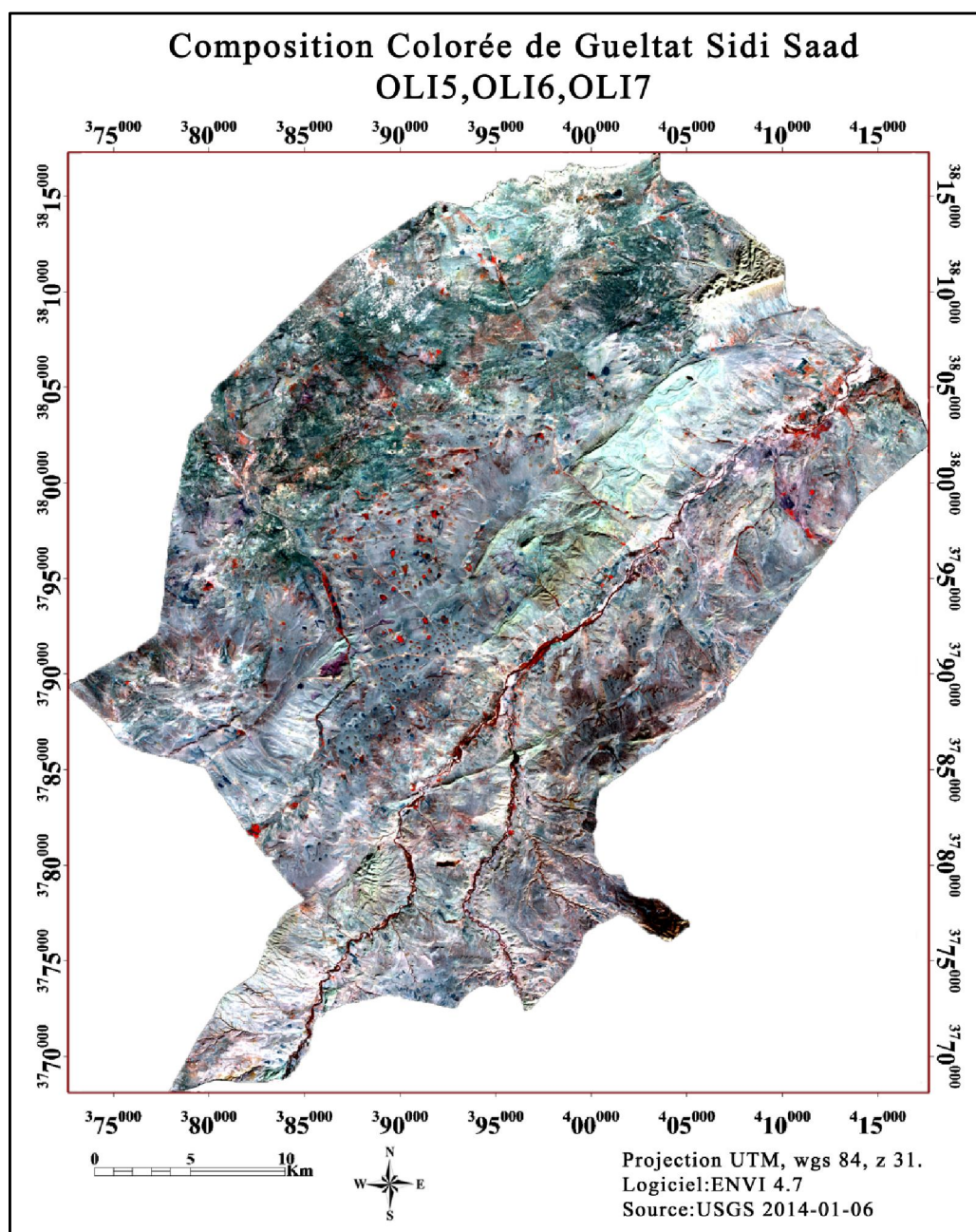


Figure 27: Composition colorée d'image OLI 2014 de Gueltat Sidi Saad

V.4.3. Classification et détection de changement

La détection et l'identification des changements, apparaissant à la surface de la terre, constituent l'une des préoccupations essentielles pour les scientifiques et les gestionnaires impliqués dans la compréhension et la gestion des écosystèmes naturels et artificiels (Maniere, 1987)

Après le traitement des images nous avons procédé à la classification non supervisée, elle se base sur l'arrangement des pixels selon des valeurs radiométrique homogènes. Après de ça nous avons validé ces valeurs par des matrices de confusion pour établir la carte d'occupation du sol de différentes classes a été géovalidé.

V.4.3.1. Classification non supervisée

Dans cette étude nous somme basé sur la classification non supervisée qui a été appliquée à l'aide du logiciel ENVI 4.7. Qui utilise l'algorithme ISODATA sur les trois images multispectraux ETM+ et TM et OLI de la commune de Gueltat Sidi Saad de résolution 30 m.

Dans le processus d'élaboration des cartes d'occupation du sol à partir des images satellitaires, on constate souvent l'insuffisance des résultats obtenus par les méthodes de classification classiques basées sur des critères de ressemblance spectraux (Iftene et *al*, 2003).

V.4.3.2. Cartes d'occupation du sol

La validation des classifications dirigées a été effectuée grâce aux observations de terrain et aux cartes d'occupation du sol. La vérification de ces classifications avec des parcelles de contrôle issues des observations faites sur le terrain.

L'évaluation des superficies des différents types de végétation et d'occupation du sol a servi à analyser l'évolution des différents types de formations végétales des steppes de Gueltat Sidi Saad entre 2000 et 2014.

Cinq classes ont été distinguées : Groupement à *Stipa tenacissima*, Groupement à *Lyguem Spartum*, Groupement à *Artemisia*, *Neae micronata*, sols nus.

V.4.3.2.1. L'état de l'occupation du sol en 2000

La carte obtenue par la classification non supervisée, et à l'aide des données de terrain, figure 28, montre la répartition de la végétation dans Gueltat Sidi Saad. On constate la semi-dominance de la nappe alfatière dans le sud-ouest et terrain nu dans le nord de la commune.

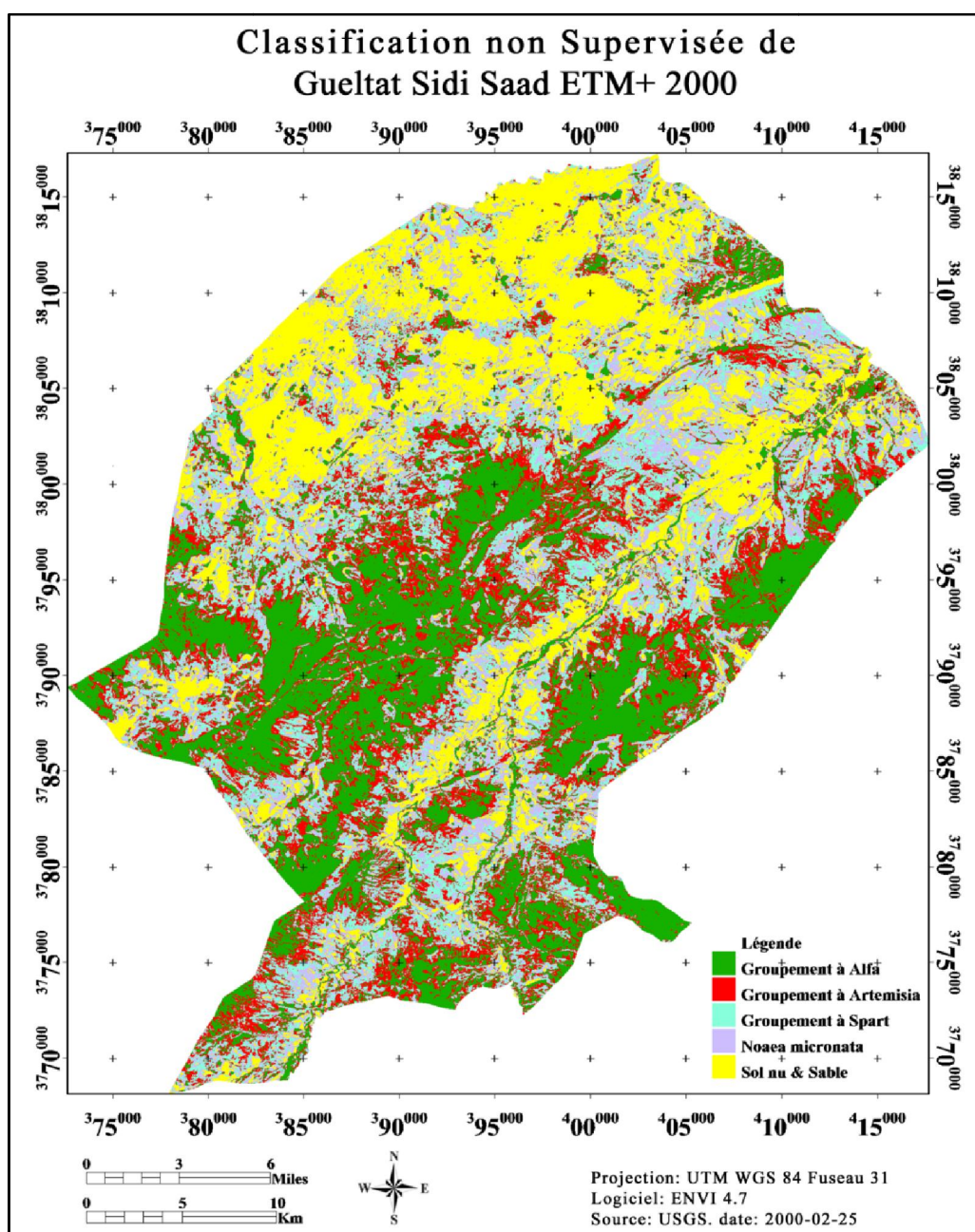


Figure 28: Carte d'occupation du sol de Gueltat Sidi Saad en 2000

Tableau 20: Statistiques de l'occupation du sol en 2000

	Légendes	Classes	Superficie m ²	Superficie Ha	Pourcentage
Groupement à Alfa	ST	311 418	280 276 200	28 028	23,68 %
Groupement à Armtimisia	AB	245 951	221 355 900	22 136	18,70 %
Groupement à Spart	LS	254 669	229 202 100	22 920	19,36 %
Noaea micronata	NM	205 649	185 084 100	18 508	15,64 %
Sol nu & Sable	SB	297 459	267 713 100	26 771	22,62 %
Total		1 315 146	1 183 631 400	118 363	100 %

Source: Nos calculs

En 2000, le couvert végétal de la commune de Gueltat Sidi Saad est dominé par la nappe alfatière (Tableau 20). Les classes se répartissent comme suit :

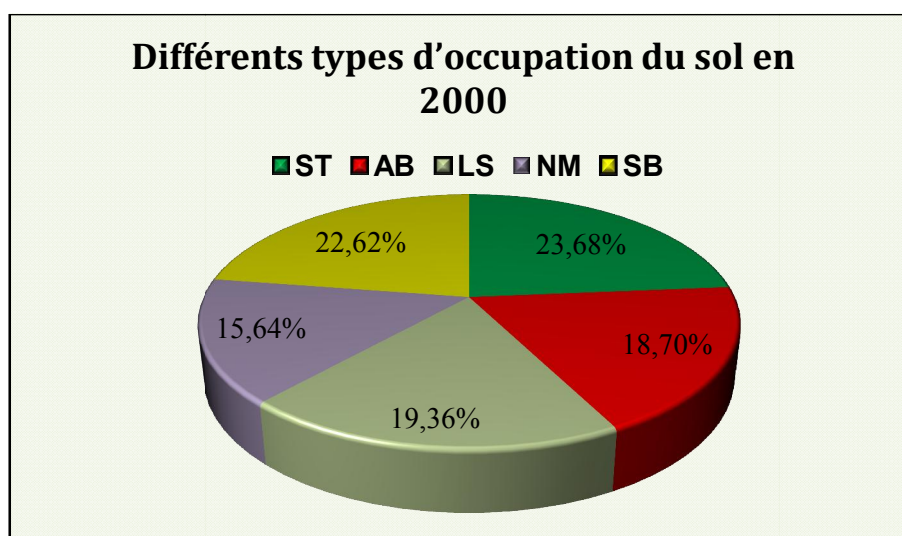


Figure 29: Répartition de l'occupation du sol en 2000

V.4.3.2.2. L'état de l'occupation du sol en 2007

La carte obtenue par la classification non supervisée *ISODATA* d'une image de TM en 2007.

Pendant la période 2000 à 2008 l'HCDS fais plusieurs d'action de l'aménagement dans les parcours dégradé dans cette commune tels que les plantations et les mises en défens.

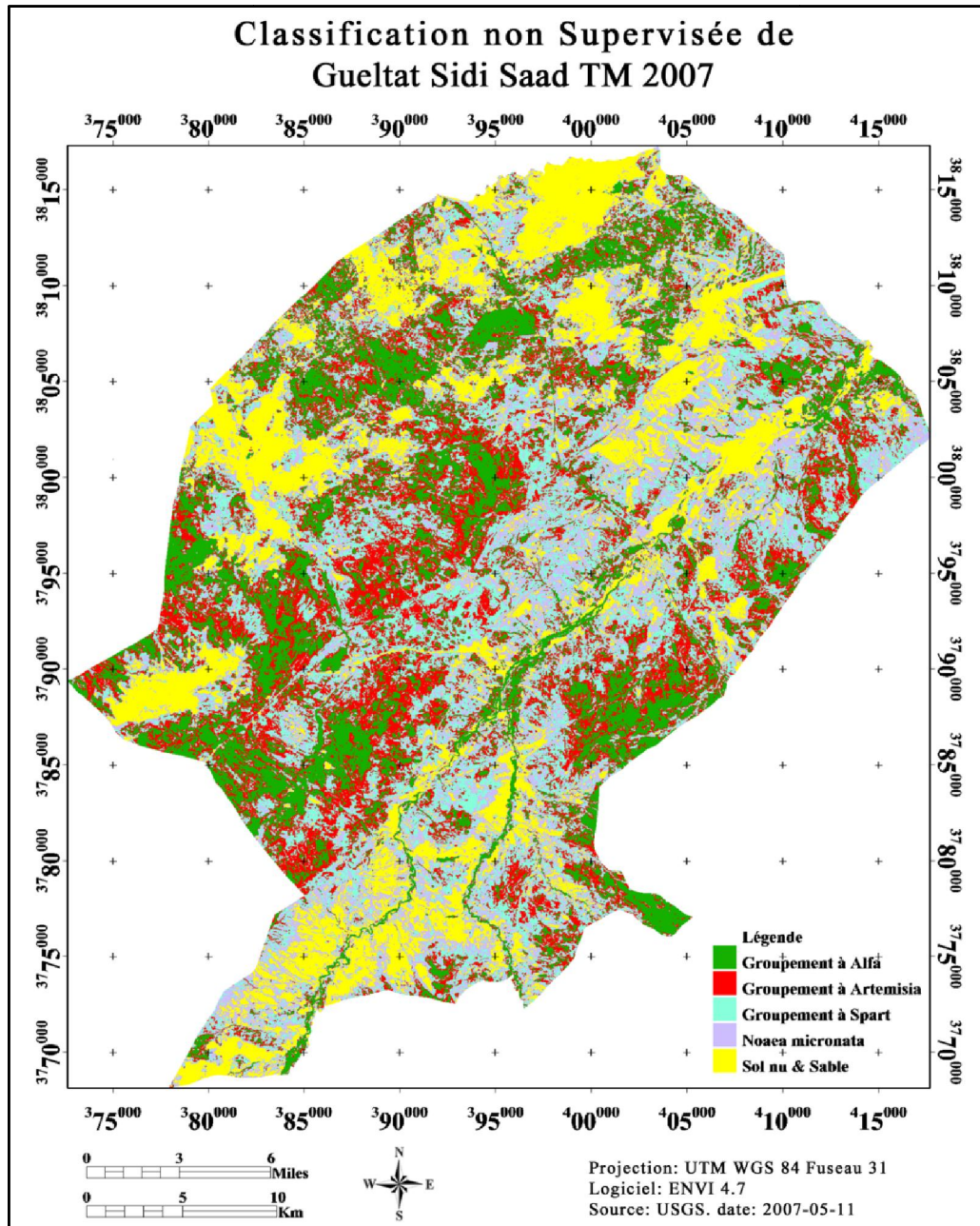


Figure 30: Carte d'occupation du sol de Gueltat Sidi Saad en 2007

Tableau 21: Statistiques de l'occupation du sol en 2007

	Légendes	Classes	Superficie m ²	Superficie Ha	Pourcentage
Groupement à Alfa	ST	239 213	215 291 700	21 529	18,19 %
Groupement à Artemisia	AB	285 823	257 240 700	25 724	21,73 %
Groupement à Spart	LS	305 129	274 616 100	27 462	23,20 %
Noaea micronata	NM	225 435	202 891 500	20 289	17,14 %
Sol nu & Sable	SB	259 546	233 591 400	23 359	19,74 %
Total		1 315 146	1 183 631 400	118 363	100 %

Source: Nos calculs

En 2007, le couvert végétal de la commune de Gueltat Sidi Saad est dominé par la les Groupements à Spart (Tableau 21). Les classes se répartissent comme suit :

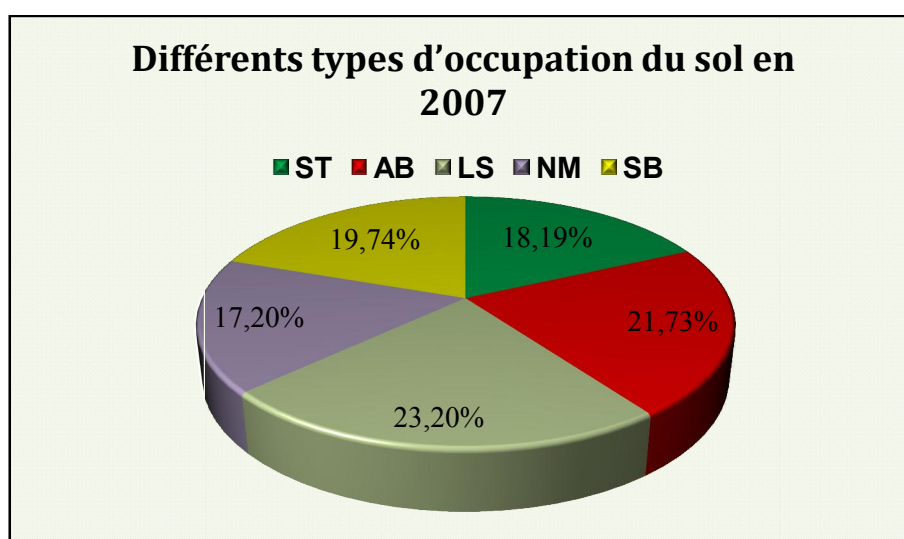


Figure 31: Répartition de l'occupation du sol en 2007

V.4.3.2.3. L'état de l'occupation du sol en 2014

Cette carte indique l'état de l'occupation du sol en 2014, cette carte obtenue par la classification non supervisée qui suit l'algorithme *ISODATA* de l'image OLI de Landsat 8.

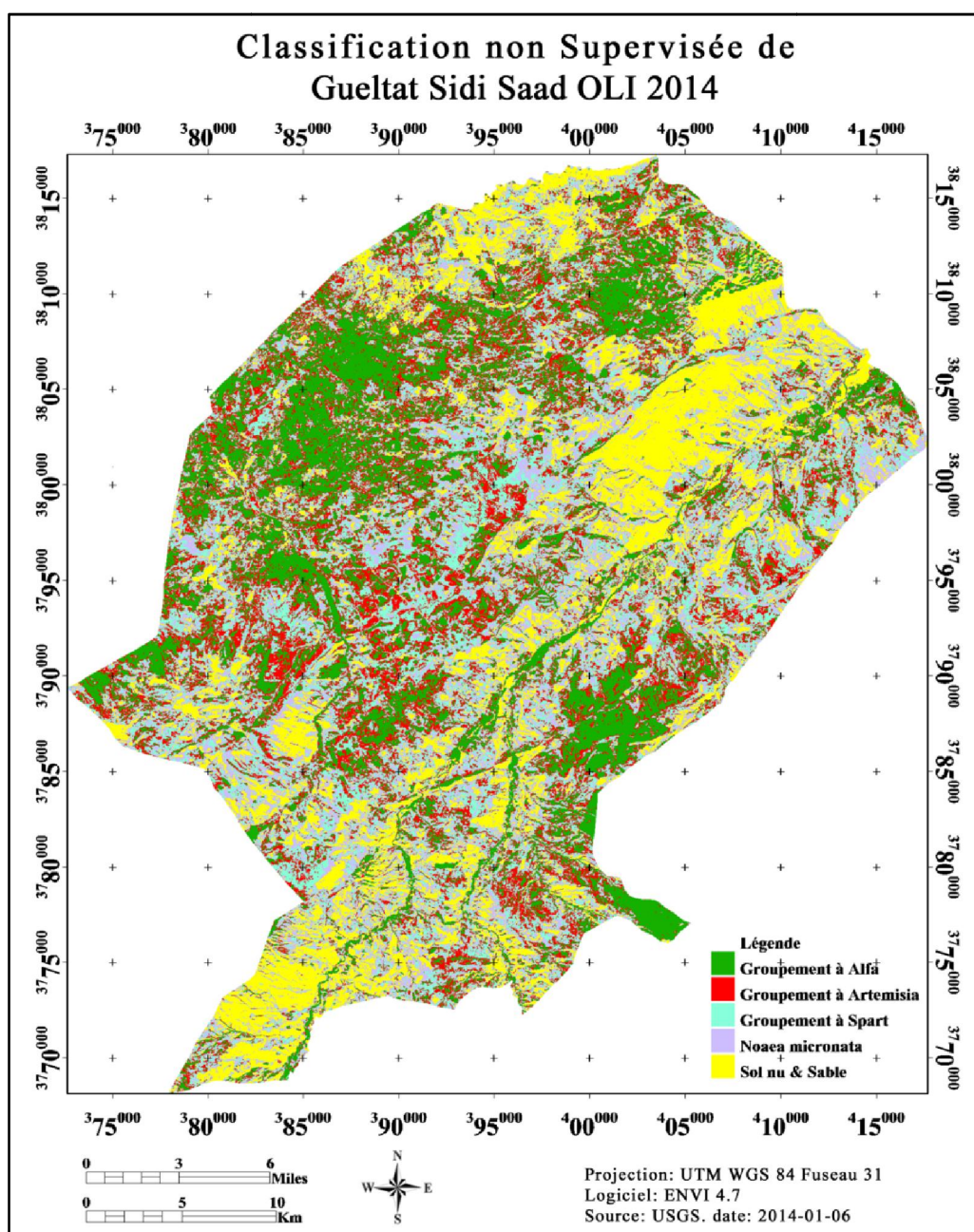


Figure 32: Carte d'occupation du sol de Gueltat Sidi Saad en 2014

Tableau 22: Statistiques de l'occupation du sol en 2014

	Légendes	Classes	Superficie m ²	Superficie Ha	Pourcentage
Groupement à Alfa	ST	264 732	238 258 800	23 826	20,13 %
Groupement à Armtimisia	AB	255 903	230 312 700	23 031	19,46 %
Groupement à Spart	LS	295 329	265 796 100	26 580	22,46 %
<i>Noaea micronata</i>	NM	234 351	210 915 900	21 092	17,82 %
Sol nu & Sable	SB	264 831	238 347 900	23 835	20,14 %
Total		1 315 146	1 183 631 400	118 363	100 %

Source: Nos calculs

En 2007, le couvert végétal de la commune de Gueltat Sidi Saad est codominé par les Groupements à Spart et les Groupement à Alfa (Tableau 22). Les classes se répartissent comme suit :

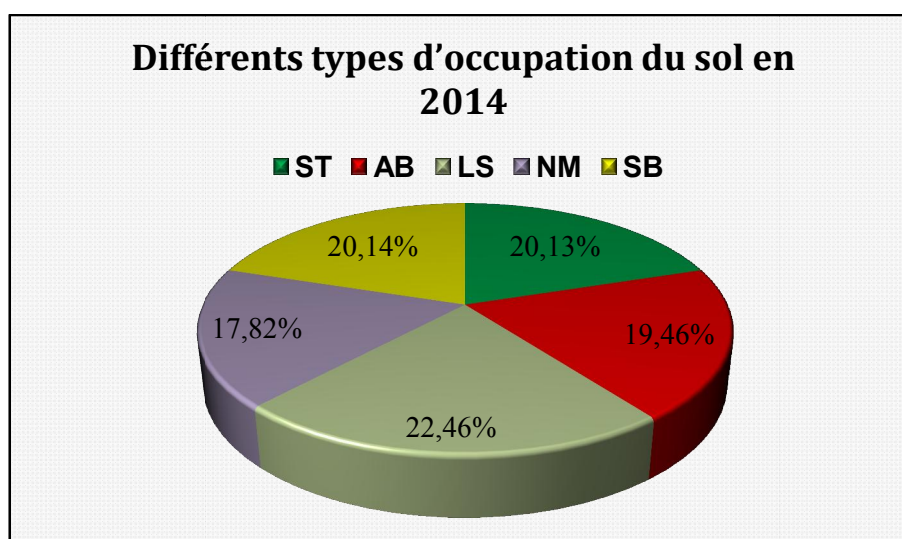


Figure 33: Répartition de l'occupation du sol en 2014

V.4.3.3. Détection diachronique de l'occupation du sol

A partir des images ETM+ 2000, et OLI 2014, nous avons pu établir la carte de changement d'occupation du sol de la commune de Gueltat Sidi Saad. Ces images ont été traitées et analysées pour la réalisation de cette carte. Nous sommes basé sur les caractéristiques multispectrales des pixels ainsi que sur la réalité du terrain pour mettre en évidence les caractéristiques de la surface du sol de cette commune.

L'utilisation des données de télédétection nous a permis de suivre à l'échelle régionale l'évolution spatiotemporelle de la dynamique de la végétation dans la commune de Gueltat Sidi Saad sur une période de 14 ans.

Tableau 23: Matrice de changement d'occupation du sol entre 2000 et 2014

2000 \ 2014	ST (ha)	%	AB (ha)	%	LS (ha)	%	NM (ha)	%	SB (ha)	%
ST (ha)	8990,91	32,1	3483,63	15,7	3288,24	14,3	2831,49	15,3	5231,61	19,5
AB (ha)	7729,92	27,6	4527,00	20,5	3597,39	15,7	2804,85	15,2	4372,11	16,3
LS (ha)	7040,79	25,1	6132,69	27,7	5017,14	21,9	3609,18	19,5	4779,81	17,9
NM (ha)	3081,78	11,0	4894,65	22,1	5086,08	22,2	3549,24	19,2	4479,84	16,7
SB (ha)	1184,22	4,2	3097,62	14,0	5931,36	25,9	5713,65	30,9	7907,94	29,5
Total	28027,62	100,0	22135,59	100,0	22920,21	100,0	18508,41	100,0	26771,31	100,0
Changement	19036,71	67,9	17608,59	79,5	17903,07	78,1	14959,17	80,8	18863,37	70,5

Source: Nos calculs

Afin d'élaboration d'une carte de dynamique de la végétation, nous sommes basé sur plusieurs étapes dans les deux environnements de traitement des images satellitaires télédétection et SIG à partir de trois logiciels, ENVI, Global Mapper, MapInfo. Cet organigramme considère les différentes étapes de traitement.

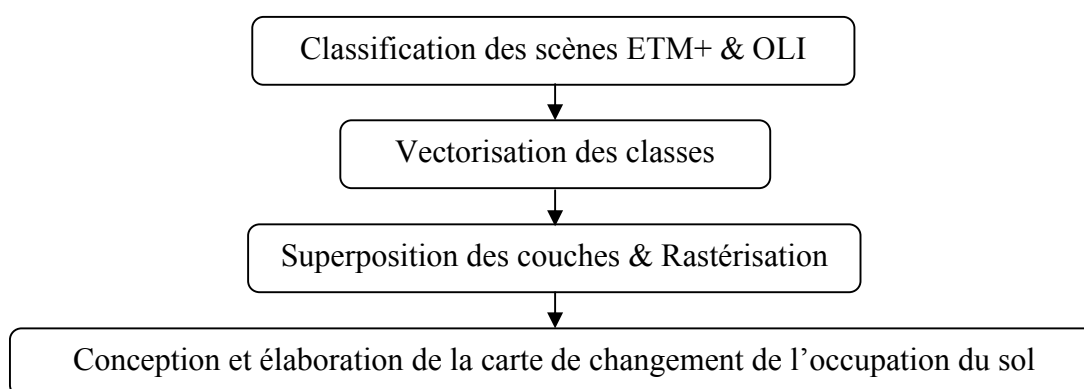


Figure 34: Organigramme d'élaboration d'une Carte de changement

V.4.3.3.1. Evolution de l'occupation du sol entre 2000 et 2014

Le traitement de ces données satellitaires sous les logiciels ENVI et Mapinfo a mis en évidence les principaux groupements de végétation de la région et a permis de dresser une carte de la dynamique de la végétation entre deux dates 2000 et 2014.

Cette commune a été mise des plusieurs action des aménagements tels que la plantation et les mises en défens qui sont amélioré généralement l'état de la couverture végétale.

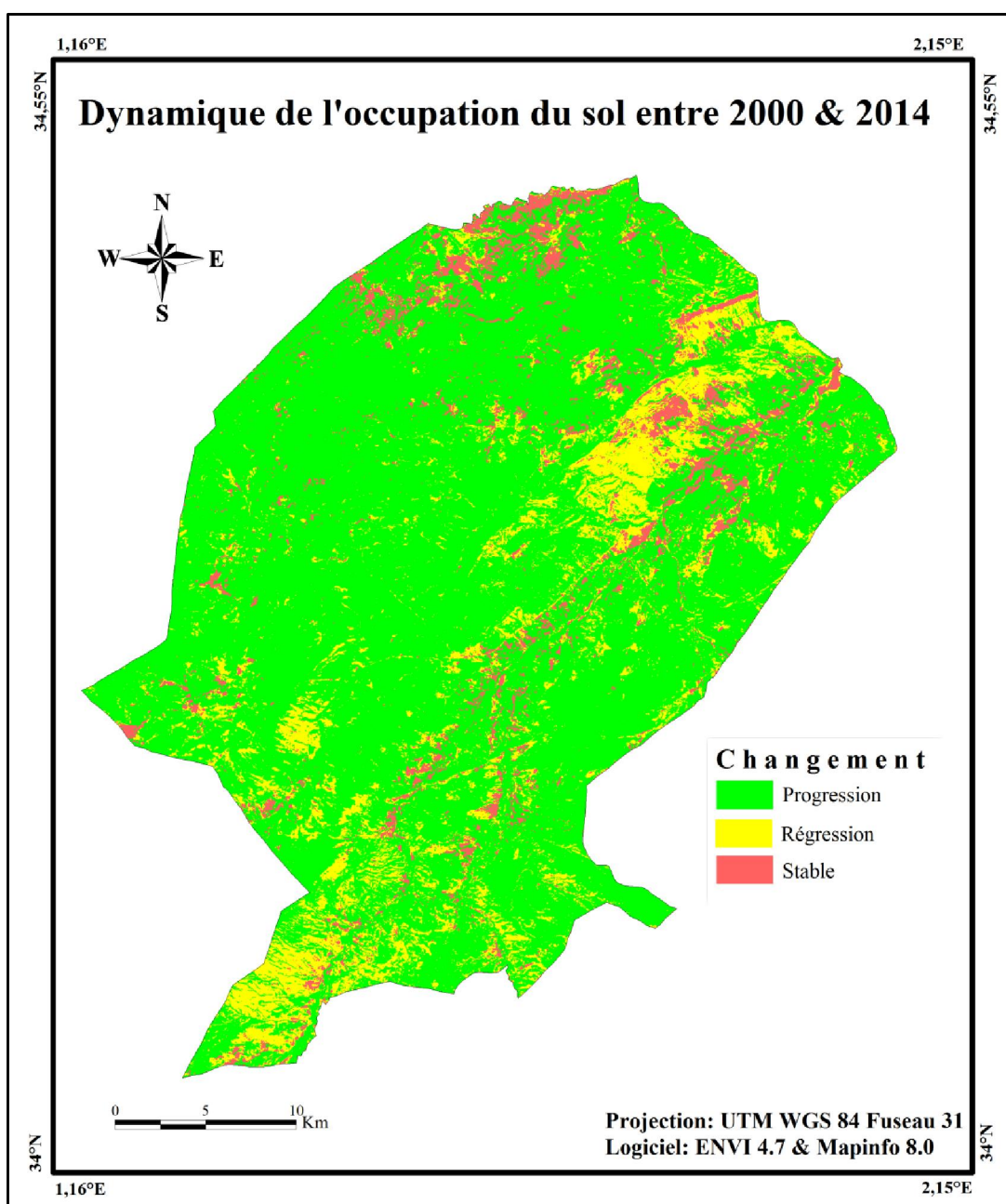


Figure 35: Carte de dynamique de l'occupation du sol entre 2000 et 2014

V.4.3.3.2. Dynamique de la nappe alfatière

Le *Stipa tenacissima* L jouent un rôle fondamental dans la protection et le maintien de l'intégrité de l'écosystème steppique original (Djouidi, 2013).

D'après de la détection diachronique de cette nappe les surfaces alfatières couvrent près de 28 028 d'hectares en 2000 et de 23 826 d'hectares. Et sa suiviévaluation montre que les taux de changement est égale a de 67,9% représente de 19036, 71 ha.

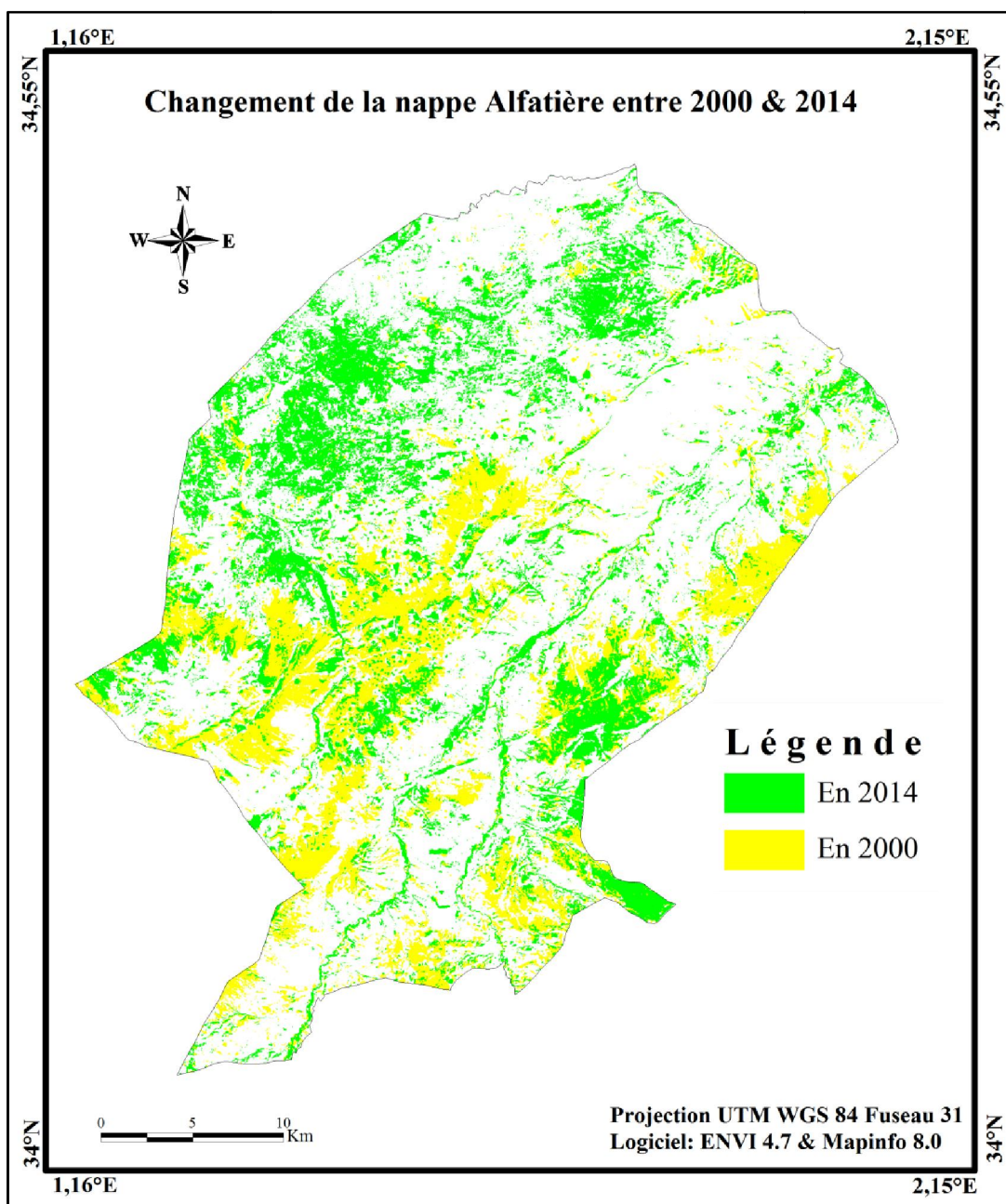


Figure 36: Carte de dynamique de la nappe alfatière entre 2000 et 2014

V.4.4. Modélisation des indices spectraux de végétation

Un indice est une combinaison de plusieurs bandes spectrales destinée à mettre en évidence les particularités d'une surface donnée.

Beaucoup de méthodes de traitement et d'interprétation des images satellites existent, dont chaque méthode nous donne des résultats différents de l'autre, soit de la réalité ou de la précision. Notre traitement des images satellites Landsat 8 est basé sur des indices spectraux, où la composition colorée est projetée en mode RVB¹⁵.

Notre modélisation s'effectue sous le modèle maker de logiciel ERDAS 8.4, à base des différentes indices spectraux de la végétation *NDVI*, *EVI*, *INH*, *IND*, *RVI*, nous avons créé un modèle de chaque indice caractérisé par des entrées (*Input*) des sorties (*Output*). La structure basique et générale représentée graphiquement comme suit :

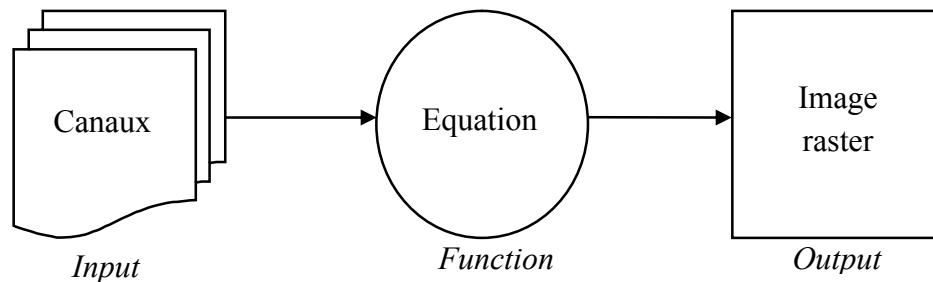


Figure 37: Structure graphique des modèles utilisées

Ce modèle basé sur la combinaison à travers des équations entre les bandes spectrales de la scène OLI de Landsat 8, et établir une image raster sous forme GEOTIFF a des valeurs variables selon la valeur d'indice de chaque point ou bien chaque objet.

¹⁵ Le système trichromatique rouge, vert, bleu, (RVB) : est basé sur le fait qu'une sensation colorée quelconque peut être reproduite par un mélange des 3 couleurs primaires. Les longueurs d'onde adoptées sont : rouge $\lambda(R) = 0,7 \mu\text{m}$, vert $\lambda(V) = 0,456 \mu\text{m}$, et bleu $\lambda(B) = 0,436 \mu\text{m}$.
(en anglais RGB = Red, Green, Blue)

Tableau 24: Les principaux indices spectraux de la végétation

Dénomination	Formule	Caractérisation	Auteurs
Différence	$DVI = R - PIR$	Forte sensibilité aux variations Atmosphériques.	Monget, 1980
Rapport	$RVI = PIR/R$	ou d'autres canaux Indice pigmentaire V/R Saturation aux forts indices Sensibilité à la contribution spectrale des sols et aux effets atmosphériques.	Knipling, 1970., Viollier et al., 1985
Indice de végétation normalisé	$NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$	Sensibilité à l'éclairement global. Efficacité pour déterminer la présence de végétation. Évaluation de l'activité de photosynthèse.	Rouse et al., 1974 ; Tucker, 1979
Indice de végétation Transformé	$TVI = (NDVI + 0,5)^{1/2}$	Essai d'élimination des valeurs négatives, stabilisation de la variance.	Deering et al., 1975
Indice de végétation Perpendiculaire	$PVI = (PIR - aR - b) / (a^2 + 1)^{1/2}$ où <i>a</i> est la pente de la droite des sols et <i>b</i> son ordonnée à l'origine	Diminution de la contribution spectrale des sols, mais sensibilité à diverses caractéristiques des sols.	Richardson & Wiegand, 1977
Indice de verdure issu du précédent	$GR4 = -b1(V) - b2(R) + b3(PIR) + b4(PIR)$ pour canaux MSS	Transformation orthogonale des 4 canaux pour réduire la sensibilité à la contribution spectrale des sols, sans pouvoir l'éliminer complètement.	Janckson, 1983
Indice de végétation ajusté au sol	$SAVI = \{(1+L)(PIR - R)\} / (PIR + R + L)$ avec <i>L</i> = 0.5	Pour diminuer l'effet du sol De nombreux indices sont issus de celui-ci pour minimiser l'effet du sol (TSAVI, MSAVI...)	Huete, 1988
Indice de végétation normalisé corrigé des effets atmosphériques	$ARVI = (PIR - RB) / (PIR - RB)$ avec $RB = R - \gamma(BR)$ γ : fonction du type d'aérosols	Diminue l'effet des aérosols contenus dans l'atmosphère sur le NDVI mais sensible à la contribution spectrale des sols.	Kaufman & Tanre 1992
Indice de végétation amélioré	$EVI = 2,5[(PIR - R) / (PIR + 6R - 7.5B + 1)]$	Diminue l'effet des aérosols contenus dans l'atmosphère sur le NDVI et minimise l'effet du sol.	Huete 1997
Indice d'humidité	$INH = (MIR - V) / (MIR + V)$		
Indice de brulence	$SBI = \frac{\sqrt{V^2 + R^2 + PIR^2}}{3}$		

Source: (Girard & Girard, 1999., GASTELLU-ETCHEGORRY et al, 2000., Mafhoud, 2009., Chaouan, 2009)

V.4.4.1. Indice de végétation normalisé NDVI

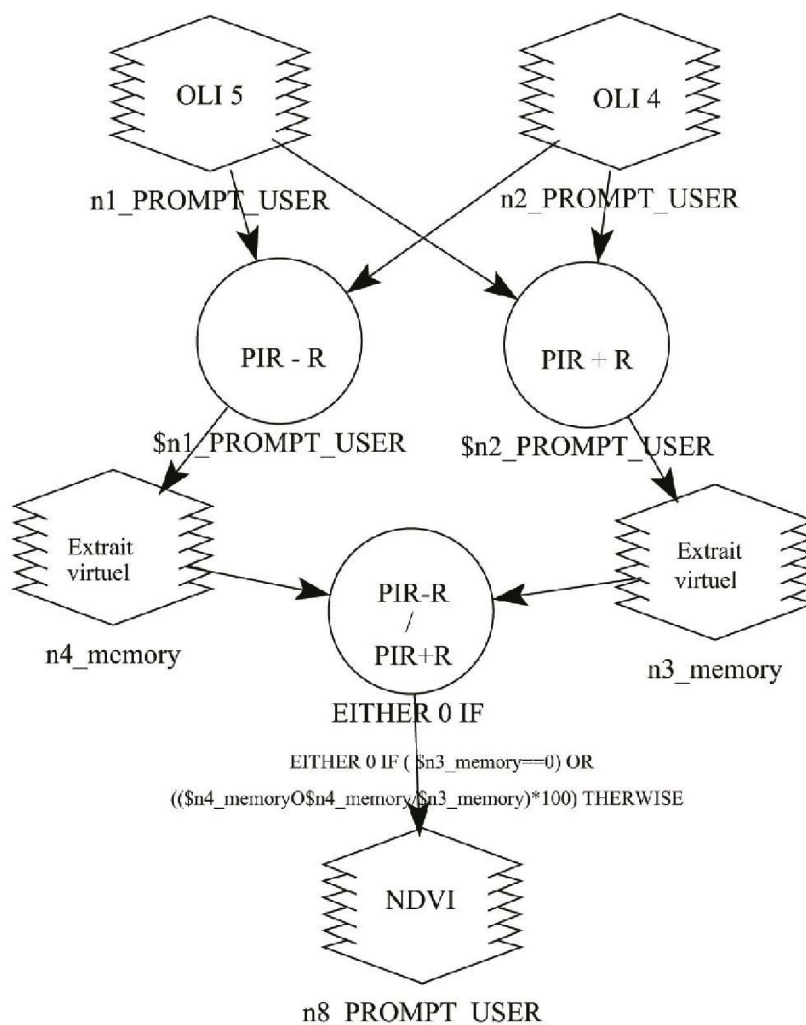
L'indice de la végétation est calculé à partir d'une opération arithmétique entre les bandes spectrales rouges et infrarouge de l'image. Cet indice est utilisé pour bien discriminer les deux composantes écosystémiques, sols et plantes d'une part et pour calculer le biovolume végétale d'une autre part (Khader et al, 2009., Rapine, 2012).

$$NDVI = \frac{PIR-R}{PIR+R} \quad \text{Ou} \quad NDVI = \frac{PIR-R}{PIR+R} 100$$

(Eq: 02)

La formule est simple mais peut être complexe parce que $PIR+R$ doit être inégale à 0 pour ne pas diviser le $PIR-R$ sur 0. Pour ça nous avons utilisé la fonction de condition IF puis multiplié le total sur 100

Figure 38: Structure modèle NDVI d'une image OLI



Source: Notre modélisation sous Model Maker

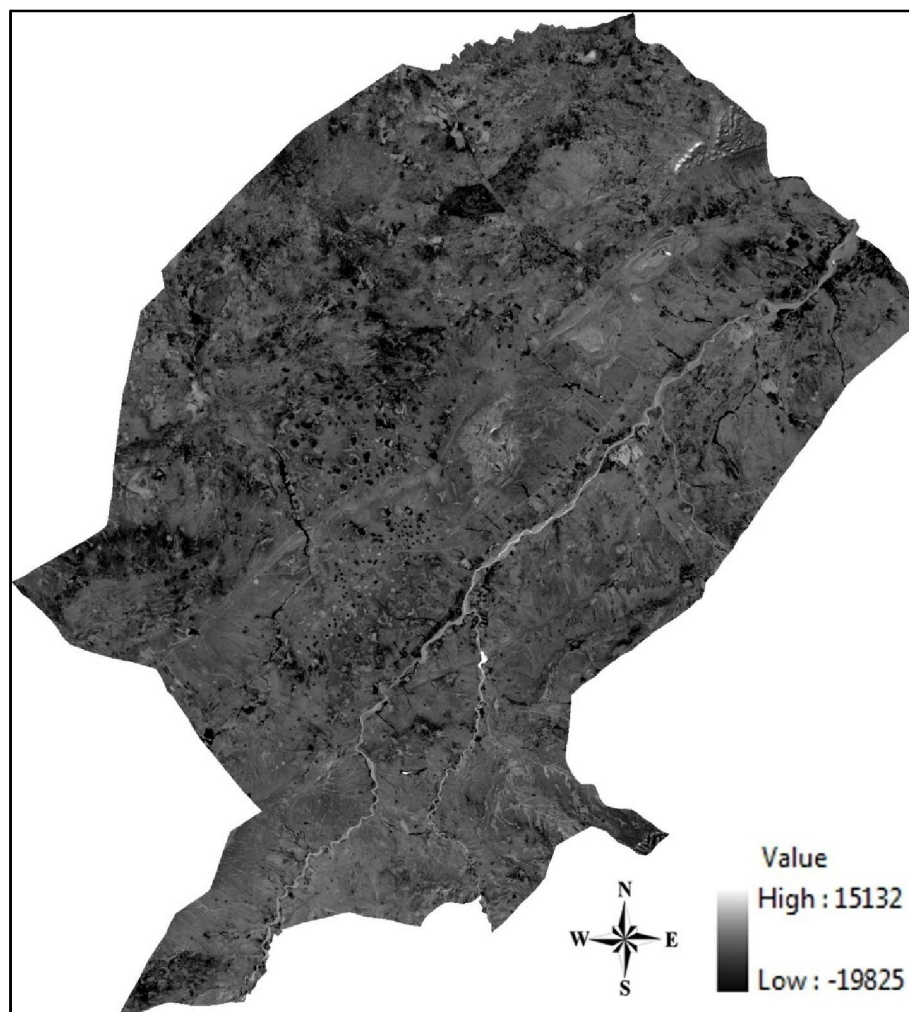


Figure 39: Résultat de *NDVI* d'image OLI de landsat 8

Généralement et à partir de plus la valeur de NDVI est élevée, plus la zone ne sera claire. Pour ce qui est de la classification en classes de densité de végétation, le NDVI montre peu les grands groupes de végétation.

Il présente des densités bien réparties la densité du couvert végétale et sol nu. Néanmoins, l'impossibilité de recourir à une validation précise des résultats fait que ces traitements restent ici des pistes de reconnaissance, plus que des méthodes agréées.

V.4.4.2. Indice d'humidité *INH*

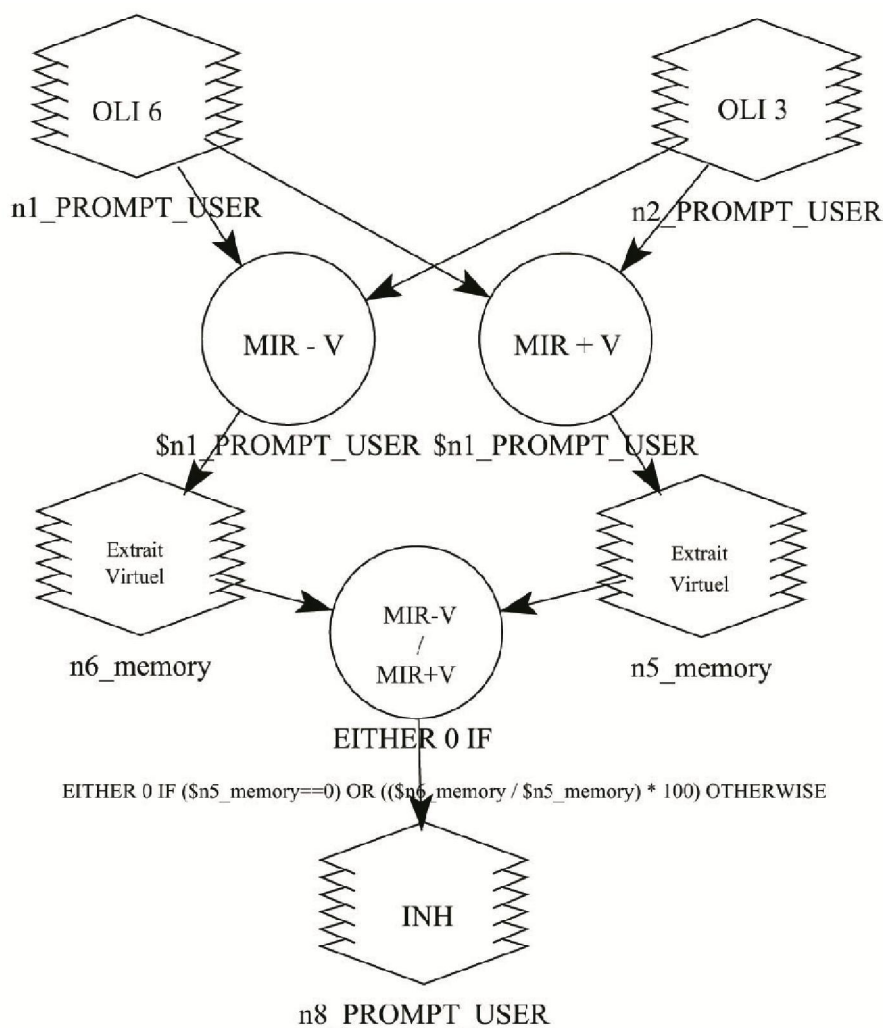
Il Indique les zones humides sur l'image, varie selon un gradient de la couleur noir qui signifie l'eau ou objet très humide, à la couleur blanche qui signifie des terrains nu ou culture sèche (des objets moins humides). Leur formule est basée sur l'infrarouge moyen qu'est sensible à la température de la cible, et la bande verte du spectre visible.

$$INH = \frac{MIR-V}{MIR+V} \quad \text{Ou} \quad INH = \frac{MIR-V}{MIR+V} 100$$

(Eq: 03)

Pour éviter la division de *MIR-V* sur 0, nous avons utilisé la fonction de condition *IF* puis multiplié le total sur 100 comme le premier modèle.

Figure 40: Structure modèle *INH* d'une image OLI



Source: Notre modélisation sous *Model Maker*

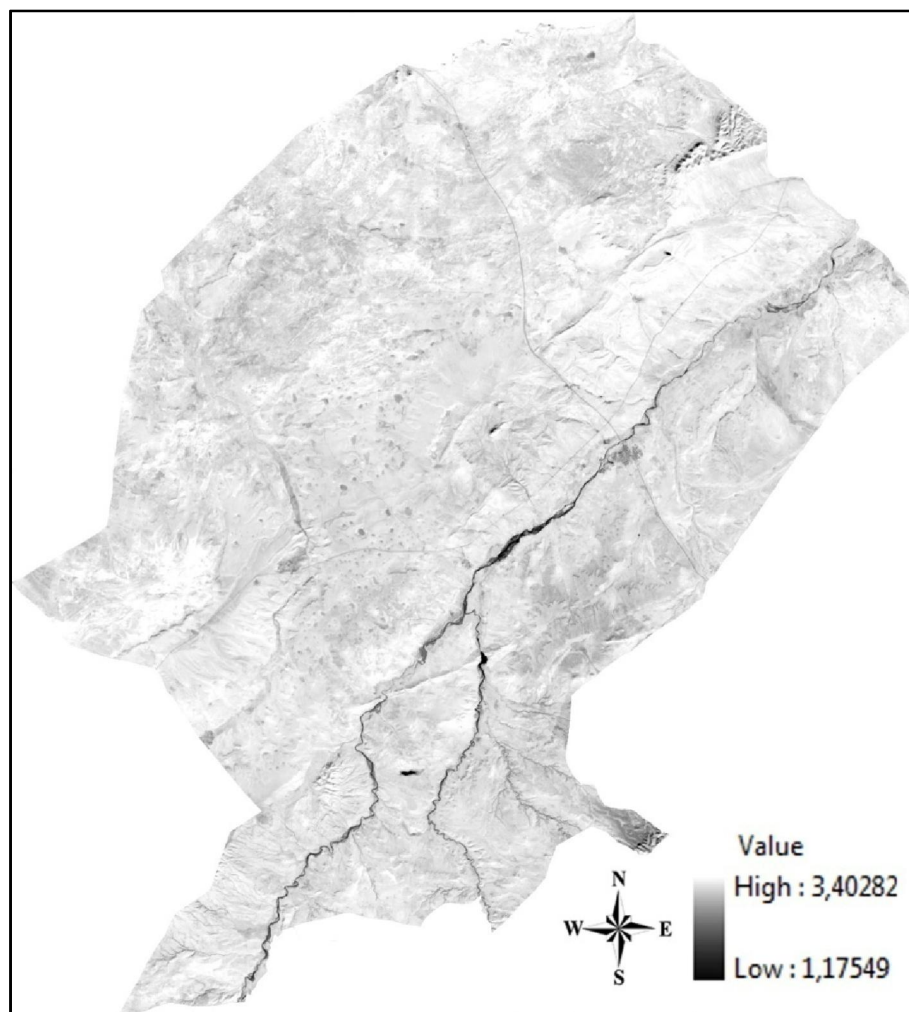


Figure 41: Résultat de *INH* d'image OLI de Landsat 8

Dans cette image nous avons une grande variation entre les zones humide et les zones sèche dans la commune de Gueltat Sidi Saad, les zones humide été concentré seulement dans les principaux courant hydrique les oueds Subgague et Berkana. La zone plus noire représenté par le barrage d'eaux qui s'appelle Khnegue Sidi Brahim et indique la zone plus humide.

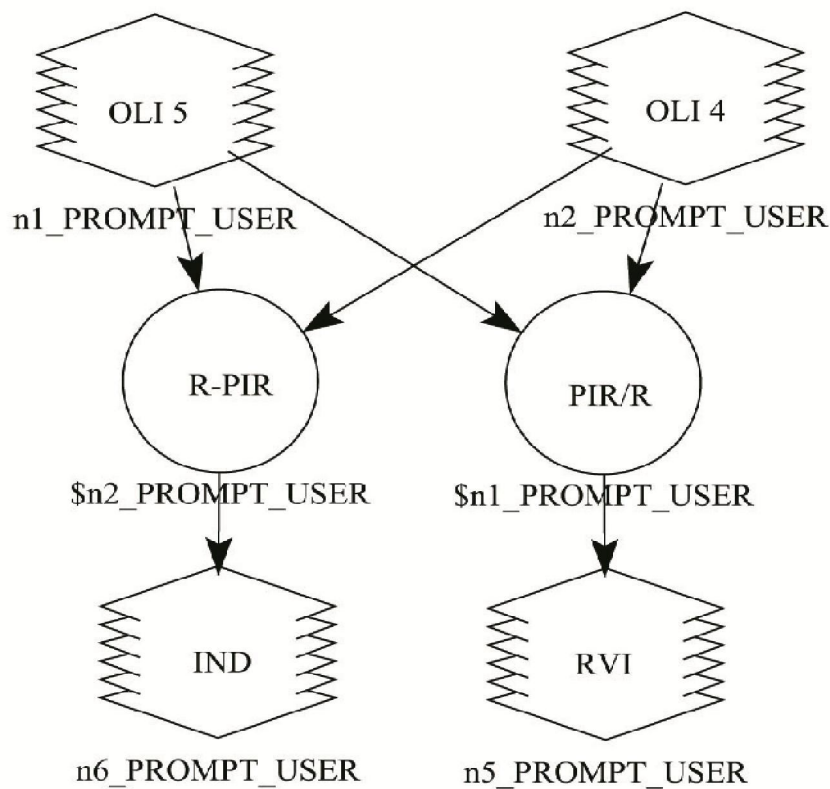
V.4.4.3. Indice de Rapport & indice de Différence

Ces deux indices contiennent les mêmes informations spectrales. Le *DVI* est très rarement utilisé, car il ne présente pas les avantages de *NDVI* et de *RVI*. Le rapport entre canaux permet de minimiser les effets de conditions d'éclaircement et de la géométrie de visée, les effets atmosphériques et les erreurs de calibration (Baret & Guyot, 1991., Bonn & Rochon, 1992). L'inconvénient de ces indices est qu'ils sont très sensibles aux variations atmosphériques, ainsi qu'à la contribution spectrale des sols. En outre, lorsque la végétation est très dense, la réflectance dans la bande rouge devient très faible.

$$IND = R - PIR \tag{Eq:04}$$

$$RVI = \frac{PIR}{R} \tag{Eq: 05}$$

Figure 42: Structure modèle *IND* et *RVI* d'une image OLI



Source: Notre modélisation sous *Model Maker*

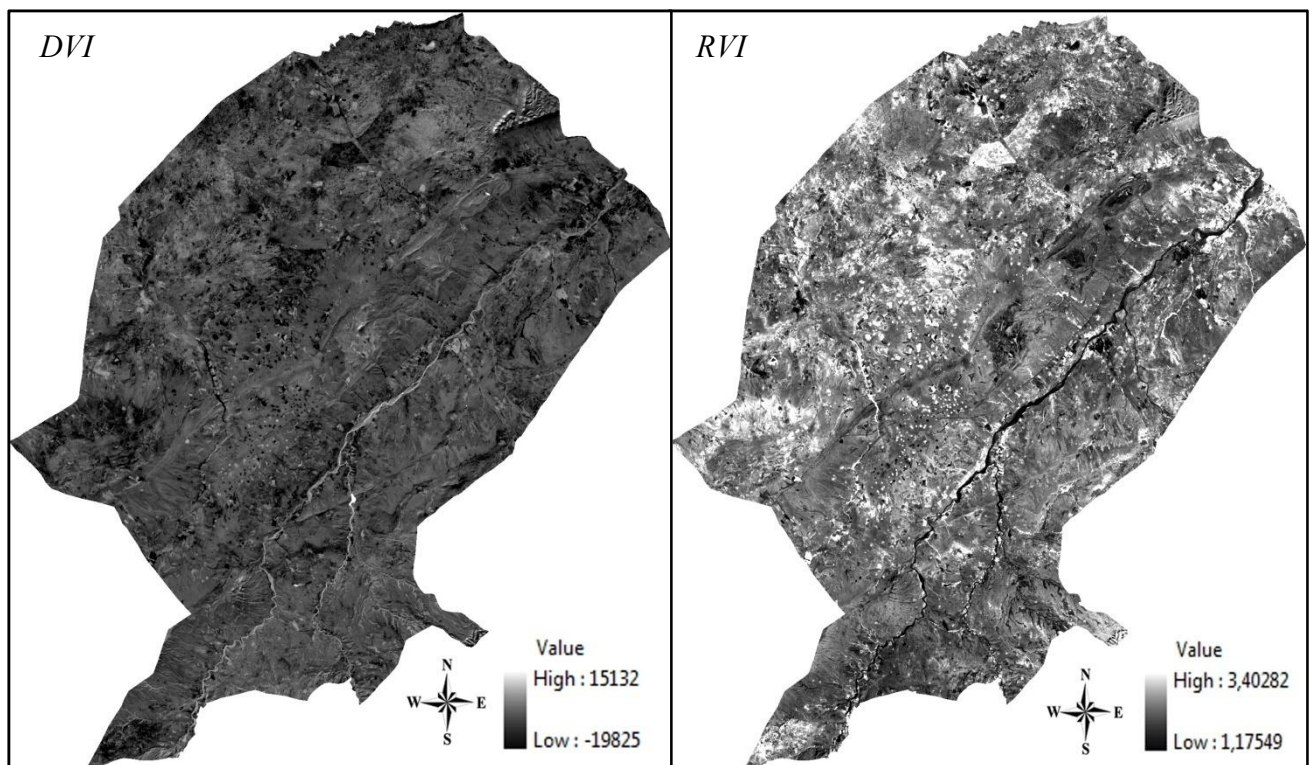


Figure 43: Résultat *RVI* et *DVI* d'image OLI de Landsat 8

Indice de Différence *DVI*:

A partir de la carte de cet indice les zones en foncé représente généralement les zones de céréaliculture puisque la réflectance transformé par l'indice de *RVI* été montré que la valeur résulté par la différence entre les spectres PIR et R est négative c'est-à-dire que l'activité photosynthétique est importante.

Indice de Rapport *RVI*:

A partir de la carte de *RVI* les zones représenté en blanche montrent que ces zones à faible sensibilité aux variations atmosphériques et a des valeurs très faible par des aérosol.

V.4.4.4. Indice de végétation amélioré EVI

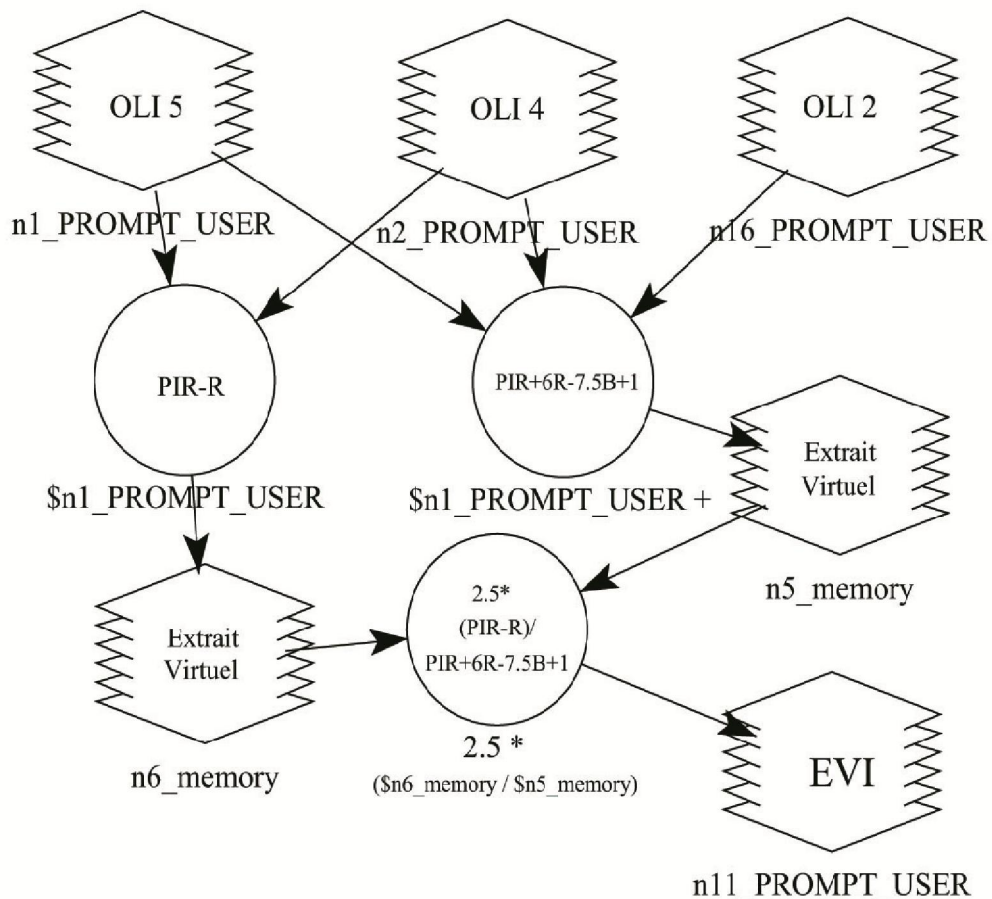
EVI est un NDVI modifié par un facteur de correction du sol L , Au lieu est un indice de végétation avec une meilleure sensibilité dans les régions élevées de la biomasse et l'amélioration suivi de la végétation par un découplage du signal couvert de fond et diminuer considérablement à l'augmentation des teneurs en aérosols atmosphériques.(Liu & Huete,1995., Huete, 1997)

$$EVI = 2,5 \left[\frac{(PIR - R)}{(PIR + 6R - 7,5B + 1)} \right]$$

(Eq: 06)

Où PIR: Proche infrarouge, R: canal rouge, B: canal bleu, facteur de correction du sol $L=1$.

Figure 44: Structure modèle EVI d'une image OLI



Source: Notre modélisation sous *Model Maker*

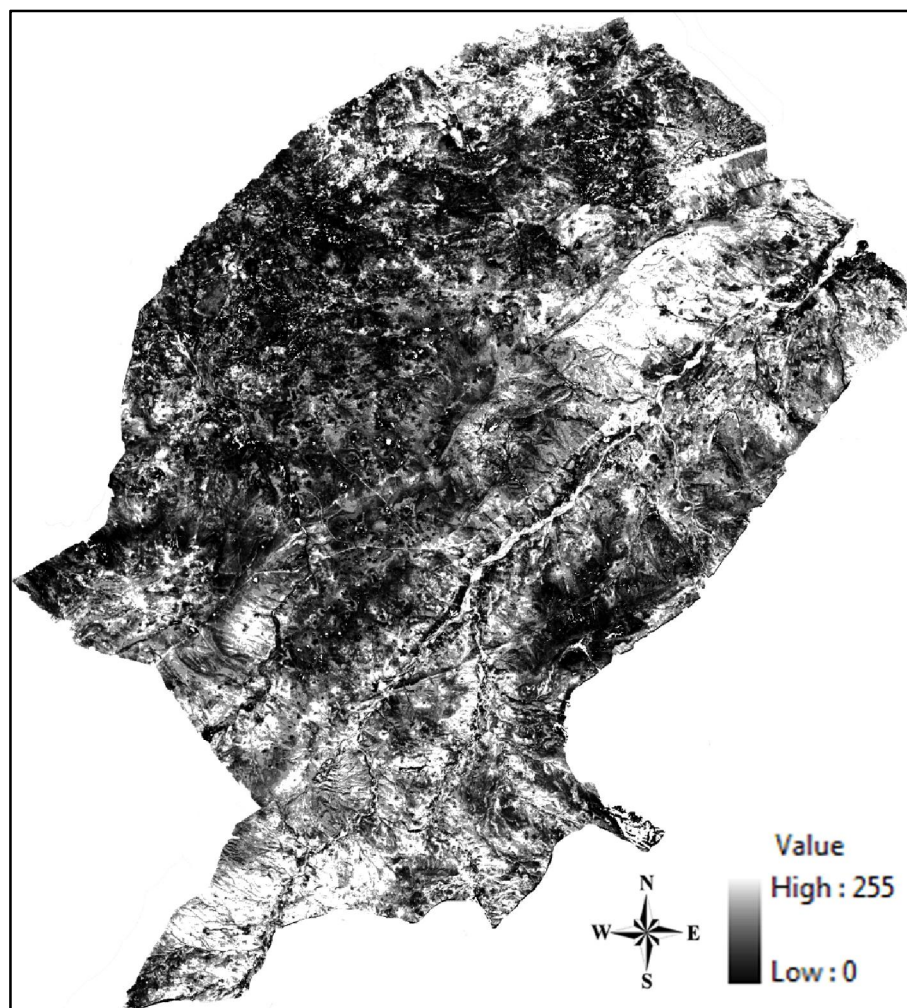


Figure 45: Résultat *EVI* d'image OLI de Landsat 8

Dans cette carte la couleur noir indique le gradient de valeur de cet indice c'est-à-dire que le couvert végétal en vision précisé et sans effet des aérosols est présenté par la couleur noire. D'autre par cet indice indique la densité du couvert végétale qui consacré par la nappe alfatière et les groupements *sparte* et les groupements *d'Artemisia*.

Conclusion

&

Perspectives

Conclusion

Notre étude a commencé dans sa première partie par la présentation et la conception de la télédétection et système information et leur rôle dans le domaine de l'écologie végétale ainsi que un aperçu général de la technique d'aménagement mise en défens en Algérie et ses effets sur la biodiversité végétale.

A travers cette étude, nous avons mis en évidence l'impact des projets de réhabilitation des écosystèmes tel que la mise en défens. La commune de Gueltat Sidi Saad fait l'objet de nombreux projet par de mise en défens et pour ce la, nous avons le cas de mise en défens de Sahou Lahmar afin d'étude floristique.

La différence entre les deux zones du point de vue pédologique s'avère plus nette en ce qui concerne la quantité de matière organique qui est pour la plupart des cas très faible dans le parcoure libre ou elle ne dépasse pas 0.40%, cela est dû essentiellement à la diminution de couverture végétale.

L'étude floristique réalisée sur les deux sites nous a permis d'avancer dans la démarche de comparaison entre ces stations mise en défens et parcoure libre, celle-ci a été basée sur l'analyse de la composition floristique et l'analyse de la diversité floristique. Dans cette dernière, nous avons tenu compte, en plus de la présence des espèces, de leur abondance relative.

Avec l'acquisition des déférentes donnés, nous avons entrepris une approche cartographique avec les SIG dans la représentation de notre région d'étude tel que la carte bioclimatique et la carte pédologique, notamment au niveau de la commune de Gueltat Sidi Saad (Wilaya de Laghouat).

Cette étude à savoir le traitement des images satellitaire à des dates différentes 2000, 2007, 2014 pour ces traitements nous avons vue des plusieurs étapes tels que les corrections des effets atmosphériques et l'orthoréctification et suit le choix des canaux par l'indice d'OIF et la classification non supervisée *ISODATA* sous les fonctions et corporation entre les logiciels utilisé, et tout ça s'accumule afin d'élaboration des cartes de l'occupation du sol aux périodes concernés.

Les études sur le changement de l'occupation du sol sont d'une grande importance car ils permettent de connaître les tendances actuelles dans les processus, de dégradation des parcours, de désertification et la perte de la biodiversité d'une région déterminée.

Généralement ce suiviévaluation fondé sur la cartographie de l'évolution et de détection des changements à partir d'une étude diachronique basée sur l'utilisation des images multitudes ETM+, TM, OLI de Landsat. Cette évaluation indiquée par la matrice de changement qui nous a donné le taux de changement de chaque type végétal.

La conception et la modélisation des indices spectraux de la végétation aux niveaux de la commune de Gueltat Sidi Saad nous a permis de visualiser et identifier différents mosaïques entre spectraux reflétés, ces traitements effectués sous le *Modeler* de l'EDAS 8.4. Les cartes des indices élaborés par la modélisation sont : carte d'indice de végétation normalisé *NDVI*, carte de l'indice d'humidité *INH*, carte indice de Rapport *RVI* et carte indice de Différence *DVI*, carte indice de végétation amélioré *EVI*.

En fin et au terme de l'évaluation, la mise en défens a un impact positif en matière de remontée biologique par augmentation quantitative et qualitative du taux de recouvrement de la végétation, de la richesse floristique.

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

Abdallah L, Chaieb M, Le Floc., 2003. Potentiel hydrique et phénologie de deux arbustes de la Tunisie saharienne, *Ecologia Mediterranea*, ISSN 0153-875, p165-178.

Aboura R, 2006. Comparaison phyto-écologique des *Atriplexaies* situées au Nord et au Sud de Tlemcen, Mémoire de Magistère, Université Abou Baker Belkaid, Tlemcen, Algérie. P 180.

Aïdoud A, Slimani H, Rozé F., 2011. La surveillance à long terme des écosystèmes arides méditerranéens : quels enseignements pour la restauration ? Cas d'une steppe d'Alfa (*Stipa Tenacissima L.*) en Algérie. *Ecologia Mediterranea*, Vol. 37 (2), Numéro spécial, p17-32.

Aidoud A., 1983. Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du Sud Oranais ; phytomasse, productivité primaire et applications pastorales. Thèse de Doctorat, USTHB, Alger. P255.

Alhaskeer Z., 2012. Évaluation de la dynamique des paysages de vallées du bassin versant de la Maine à partir de la télédétection et de SIG, Thèse Doctorat, Université du Maine. France. 483 P.

Amghar F & Kadi Hanifi H., 2004. Effet du pâturage sur la biodiversité et l'état de la surface du sol dans cinq stations à alfa du Sud Algérois. Zaragoza : *Ciheim Options Méditerranéennes*. n°62. p399-402.

Andrieu J & Mering C., 2008. Cartographie par télédétection des changements de la couverture végétale sur la bande littorale Ouest-Africaine : exemple des rivières du sud du delta du Saloum « Sénégal » au Rio Geba « Guinée-Bissau », *Revue Télédétection*, Vol 8, n°2, p 93-118.

Anonyme, 2002. SIG concepts, outils et données. Hermès Science Publications, 96 P.

Athan T., 2010. Quantum GIS, Manuel Utilisation, Version 1,3. *Mimas Quantum GIS Development Team*. 10 P.

Aubry A, Gardel A, Jeanson M, Lesourd S., 2012. Amélioration de la modélisation numérique de terrain sur un estran intertidal de la mer du Nord par

l'apport de la télédétection spatiale : The shore line detection method. *Revue Télédétection*, Vol 11, n° 1, p 251-262.

Badji M, Sanogo D, Akpo L E., 2013. Effet de l'âge de la mise en défens sur la reconstitution de la végétation ligneuse des espaces sylvo pastoraux du sud bassin arachidier (Sénégal), *Journal of Applied Biosciences*, n°64:4876 – 4887, ISSN 1997–5902.

Baret F., Guyot G., 1991. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and PAR assessment, *Remote Sensing of Environment*, n°35, p 161-173.

Belhacini F, 2011. Contribution à une étude floristique et biogéographique des matorrals du versant sud de la région de Tlemcen, Mémoire de Magistère, Université Abou Baker Belkaid, Tlemcen, Algérie. P 180.

Belhadj Aissa M, Belhadj-Aissa A, Smara Y., 2003. Application du SIG et de la télédétection dans la gestion des feux de forêts en Algérie, 2nd FIG Régional Conférence, Marrakech, Maroc.

Benabadji N, Aboura R, Benchouk F., 2009. La régression des steppes méditerranéennes : le cas d'un faciès à *Lygeum Spartum L.* d'Oranie « Algérie ». *Ecologia mediterranea*. Vol 35. P 75-90.

Benaradj A, Mederbal K, Benabdelli K., 2010. Remontée biologique du parcours steppique à *Lygeum spartum* après une durée de Mise en défens dans la steppe sud-oranaise de Naâma « cas de la station de Touadjeur », *Mediterranea* ,Vol. 2, n° 21, P 1059-1984.

Benguerai A., 2011. Évolution du phénomène de désertification dans le sud oranais «Algérie».Thèse de doctorat Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen, Algérie. 152 P.

Benhadj I., 2008, Observation spatiale de l'irrigation d'agrosystèmes semi arides et Gestion durable de la ressource en eau en plaine de Marrakech, Thèse de Doctorat, Université de Toulouse. France. 273 P.

Benrhouma H & Souissi M., 2004. Les parcours du Sud tunisien : possibilités et limites de leur développement. *CIHEAM, Cahiers Options Méditerranéennes*, n 62. P 185-189.

Bensaid A, Smahi Z, Iftene T, Benzineh S., 2003. Utilisation de la télédétection et des SIG pour l'aide à la surveillance du risque de dégradation des parcours steppiques, *Télédétection*, v 3, n° 5, p 387–402.

Bensaid A., 2006. SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride : le cas de la Wilaya de Naâma (Algérie). Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier-Grenoble 1, France, p. 288.

Blanc P., 1999. Développement de méthodes pour la détection de changement, Thèse de Doctorat, Ecole des Mines de Paris. France. 200 P.

Boutarfa S, Bouchemakh L, Smara Y., 2012. Filtre sigma et ses variantes appliqués aux images radar SAR polarimétriques. *Revue Télédétection*, Vol 11, n° 2, p 307-323.

Burrough Pa, 1989. Principales of geographical information system for land resources assessment. Clarendon press oxford.194 p

C.D.F : Conservation Des Forêts, 2010, Carte de la végétation de Laghouat.

C.D.F : Conservation Des Forêts., 2008_2009. Inventaires des espèces floristiques, Laghouat.

Candillier L, Tellier I, Torre F., 2004. Tuareg : Classification non supervisée contextualisée. Actes de la Sixième Conférence d'Apprentissage « CAp'2004 », Montpellier, France. p 159-174.

Chaaouan D, 2009. SIG et Télédétection appliquées à la cartographie des milieux forestière, cas de la forêt Ain Khala, Mémoire de master, Université Sidi Mohamed ben Abdellah, Maroc, 80P.

Champin Fs, Zavaleta Es, Eviner Vt, Naylor Rl., Vitousek, P.M., Reynolds Hl., Hooper Du., Lavorel S., Sala Oe., Hobbie Se., Lack Mc., Diaz S. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature*, n°401, p 234-242.

Chavez G. 1982. Statistical method for selecting Landsat MSS ratio. Journal of Applied photographic engineering, 8(3), pp. 23 – 30. In: BENSALD A., 2006. SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride : le cas de la Wilaya de Naâma (Algérie). Thèse Doctorat, Université Joseph Fourier-Grenoble 1, France, p 288.

Chikhaoui M, Bonn F, Merzouk A, Lacaze B, Mejjati A., 2007. Cartographie de la dégradation des sols a l'aide des approches du spectral angle mapper et des indices spectraux en utilisant des données ASTER. *Revue Télédétection*, vol. 7, n° 1-2-3-4, p 343-357.

Chikhaoui M, Merzouk A, Lacaze B, Chandra A., 2010. Étude de la dégradation des sols en milieu semi-aride a l'aide de l'approche neuronale et de données multi sources. *Revue Télédétection*, vol. 9, n° 2, p139-150.

Christina C, Janine S, Monique B, Jean-Pierre F, Jean-Pierre D, Yves G., 2004. Application d'un modèle d'estimation de l'équivalent en eau du couvert nival à partir d'images RSO de Radarsat-1 en montagne libanaise. *Revue Télédétection*, Vol 4, n°1, p 1-18.

Claude C., 2004. Analyse spatiale géométrique et systèmes d'informations géographique, un regard de l'analyse spatiale sur la géomatique et ses outils d'exploitation. Journées cassinisigma, Université Fibourg, Suisse, 3p.

D.P.A.T : Direction de Planification et de l'Aménagement du Territoire, 2008, Monographie de la wilaya de Laghouat, service Aménagement du territoire, Laghouat, p 168.

D.S.A., 2010 : Direction des Services Agricole.

Daget Ph & Poissonet J., 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application. *Ann. Agron*, pp, 22 ; P 5-41.

Daget Ph., 1989. De la réalisation des plans d'échantillonnage en phytosociologie générale, Quelques algorithmes d'allocation. *Biocénoses*. n°2. p 98-118.

Dagnelie p., 1970. Théorie et méthode statistique. Vol.(2). Duclot. Gembloux.

Daumard F., 2010. Contribution à la télédétection passive de la fluorescence chlorophyllienne des végétaux, Thèse de Doctorat, Ecole polytechnique ParisTech. France. 301 P.

Dehbi Y, Bonn F, He Dc, Lavoie A., 2007. Évolution du recouvrement végétal dans un bassin versant : cas du bassin versant de la rivière aux brochets au Québec. *Revue Télédétection*, Vol 7, n° 1-2-3-4, p 185-201.

Diatta H., 1994. Mise en défens et techniques agroforesteries au sine Saloum (Sénégal). Effets sur la conservation de l'eau, du sol et sur la production primaire, Thèse Doctorat, l'université Louis Pasteur Strasbourg, France, P193.

Djouidi S., 2013. Contribution à l'Etude bioécologique des arthropodes dans les formations des *stipa tenacissima* L de la région de Djelfa. , Mémoire de Magistère, Université Abou Baker Belkaid, Tlemcen, Algérie. P 130.

Elhage Hassan H., 2011. Les apports d'un S.I.G. dans la connaissance des évolutions de l'occupation du sol et de la limitation du risque érosif dans la plaine de la Bekaa « LIBAN », Thèse de Doctorat, Université Orléans, France. 41 P

Elhassani M, 2003.Contribution à la reconstitution de la végétation potentielle climacique du domaine steppique Ouarzazate et Zagoura. Mémoire de 3ème cycle IAV Hassan II, Rabat. In OUHTI Y, 2006. Contribution à la conception d'un SIG pour l'aménagement et la gestion des parcours dans la commune rurale de Oulad Dlim « Marrakech » Cas d'élaboration d'une base de données, Ingénieur d'Etat en Agronomie, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Maroc, 115p.

Elmoudden S., 2004. Impact du prélèvement du bois de feu sur les parcours steppiques cas d'Ighil , province de Ouarzazate ; Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Maroc. P 100.

Elmrabti K, 1989.Contribution à l'étude de régénération de *Stipa Tenacissima* L. Stock du sol en semences et survie des plantules selon les microsites. Mémoire de 3^{ème} cycle, l'ENA de Meknés. In OUHTI Y, 2006. Contribution à la conception d'un SIG pour l'aménagement et la gestion des parcours dans la commune rurale de Oulad Dlim « Marrakech » Cas d'élaboration d'une base de données, Ingénieur d'Etat en Agronomie, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Maroc, 115p.

Faour G, Shaban A, Jaquet Jm., 2004. Apport de la bande infrarouge thermique du capteur ETM+ de Landsat7 dans la détection de la pollution de l'eau de mer sur le littoral libanais. *Revue Télédétection*, Vol 4, n°2, p197-209.

Ferchichi A & Neffati M., 1992. Essai de resemis d'espèces pastorales autochtones en Tunisie centrale, *Ecologia Mediterranea*, n°26, p 25-30.

Floret C & Pontanier R., 1982. L'aridité en Tunisie présaharienne: climat, sol, végétation et aménagement. Paris, Orstom éditions. In **Benabadji N, Aboura R,**

Benchouk F., 2009. La régression des steppes méditerranéennes: le cas d'un faciès à *Lygeum Spartum L.* d'Oranie « Algérie ». *Ecologia mediterranea*. Vol 35. P 75-90.

Gamoun M, Belgacem A, Hanchi B, Neffati M, 2013. Variations de la diversité floristique en fonction du mode de gestion des parcours arides de la Tunisie méridionale. *Ecologia mediterranea*, Vol. 37 (2), Numéro spécial, P.33-40

Gamoun M, Chaieb M, Ouled Belgacem A., 2010. Évolution des caractéristiques écologiques le long d'un gradient de dégradation édaphique dans les parcours du sud tunisien, *Ecologia Mediterranea*, Vol 36 (2), p 5-16.

Gastellu-Etchegorry Jp, Adragna F, Kerry M, Lagouarde Jp, LEROY M, Letoa T., 2000. Paramètres de surface et signatures spectrales, *La télédétection en Francophonie: analyse critique et perspectives* .Éd. AUF. P 299-317.

Gillio Jm., 2000. Introduction aux systèmes d'information géographique, P46.

Gilliot Jm., 2013. Introduction à l'information géographique, Agro Paris Tech, France. 318 P.

Girard Mc & Girard Cm., 1999. Traitement des données de Télédétection. DUNOD, Paris, France. 529 P.

Gounot M., 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson, Paris, 314p.

Guinochet M, 1973. Phytosociologie.5-12p.

Hadj Said M, Laghrouche M, Malek M, Hadria R, Oliosio A, Courault D Et Aneur S., 2011. Détection supervisée des dates des opérations de fauche des prairies irriguées dans la plaine de la Crau ,France. *Revue Télédétection*, 2011, vol. 10, n° 2-3, p. 129-136.

Hadjadj M F., 2011. Apport des SIG et des images satellites pour la cartographie numérique de la forêt du Chettabah Wilaya de Constantine, « Modélisation climatique et classification », Mémoire de Magister, Université El-Hadj Lakhdar Batna, Algérie. P 186.

Hannechi., 1981. Relation entre les aquifères profondes et superficiels, hydrogéologie de la vallée de Oued M'zi, wilaya de Laghouat.

Hessas N., 2005. Evaluation cartographique et évolution diachronique par télédétection du risque incendie de forêt. Simulation de la propagation du feu dans le bassin versant du Paillon, Nice, Alpes-Maritimes. Thèse de Doctorat, Institut de Géographie Alpine, Université Joseph Fourier Grenoble I, France, 378 p.

Hijmans Rj., 2014. Introduction to the raster package, version 2.2-12, University of California, American. 27 P.

Hocine F, Belhadj Aissa M, Haddoud F, Ouarzeddine M, Belhadj Aissa A., 2008. Simulation du comportement des écoulements d'eau en utilisant le réseau hydrologique d'un bassin versant : cas de l'Oued Beni-messous, Algérie. *Revue Télédétection*, Vol 8, n° 1, p 179-19.

Iftene T, Mahi H, Isabaten H., 2003. Approche de classification par réseaux de Kohonen pour établir des cartes d'occupation du sol de la région d'Oran (ALGÉRIE), *Revue Télédétection*, vol. 3, n° 2-3-4, p. 361–372.

Ioana-Toroimac G, Zaharia L, Bigot S, Beltrando G., 2006. Activité végétale et caractéristiques hydroclimatiques en Dobroudja, Roumanie : l'apport des données spot-4 végétation, *Télédétection*, Vol 6, n°3, p 195-204.

Jomaa I., 2008. Analyse diachronique de la fragmentation des forêts du Liban, Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, France. P 219.

Khedam R., 2008. Contribution au développement de méthodologies de fusion-classification contextuelles d'images satellitaires multi-sources. Application à la cartographie thématique du milieu urbain de la ville d'Alger. Thèse de Doctorat. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger. 187p.

Lavoie A, Vézina K, Thomas O, 2007. Contributions récentes de Ferdinand Bonn à l'amélioration des pratiques de gestion de l'eau par bassin versant à l'aide de l'observation spatiale et de la géomatique. *Revue Télédétection*, vol 7, n° 1-2-3-4, p. 175-183.

Lehouerou H., 1995. Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique, diversité biologique, développement durable et désertisation. Montpellier, *Ciheam Options Méditerranéennes*, n10.p 64.

Maatougui A, Tardif N, Acherkouk M, El Houmaizi M., 2013. Impact d'une mise en défens sur la biodiversité végétale d'une steppe semi-aride a *Artemisia*

herba-alba Asso. dans les hauts plateaux de l'oriental Marocain. *Science Lib Editions Mersenne* : Vol. 5, n° 131006, ISSN 2111-4706.

Mafhoud I., 2009. Cartographie et mesure de la biodiversité du Mont Ventoux Approche par Système d'Information Géographique et Télédétection, préconisations méthodologiques et application pour l'aménagement forestier. Thèse de Doctorat, Spécialité Géographie, Université d'Avignon et des pays de Vaucluse. France., 163 p.

Maniere R. 1987. Télédétection spatiale et aéroportée et systèmes d'information géocodée sur l'environnement : principes généraux et étude de quelques domaines d'applications. Thèse de doctorat. Université d'Aix-Marseille III. *In: Bensaïd A., 2006.* SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride : le cas de la Wilaya de Naâma (Algérie). Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier-Grenoble 1, France, p. 288.

Mascret A., 2010. Développement d'une approche SIG pour l'intégration de données Terre-Mer, Thèse de Doctorat, l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris Tech, France, 165 P.

Mastere M, Van Vliet Lanoë B, Mansour M, Aïtbrahim L., 2011. Utilisation de la photogrammétrie numérique et du MNT pour l'analyse de la coulée de débris du Jbel Akroud « Maroc Nord-Occidental ». *Revue Télédétection*, Vol 10, n° 2-3, p 147-156.

Mattikalli N., 1997. Soil color modeling for the visible and near-infrared bands of Landsat sensors using laboratory spectral signature. *Remote Sensing of the Environment*, vol. 59, p. 14- 28.

Mihi A., 2012. La forêt de Zenadia « Haute Plaine Sétifienne » Diagnostic et perspective de protection, Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas Sétif, Algérie. 114 P.

N'go A, Lasm T, Koita M, Savane I., 2010. Extraction par télédétection des réseaux de fractures majeures du socle précambrien de la région de Dimbokro (centre est de la Côte d'Ivoire). *Revue Télédétection*, vol 9, n° 1, p 33-42

Nedjraoui D., 1981. Teneurs en éléments biogènes et valeurs énergétiques dans trois principaux faciès de végétation dans les Hautes Plaines steppique de la wilaya de Saida. Thèse Doctrat. 3^ocycle, USTHB, Alger. P156.

Oloukoi J, Mama V, Agbo F., 2006. Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le département des collines au Bénin, *Revue Télédétection*, vol. 6, n° 4, p. 305-323

Ouattara T, Dubois Q, Gwyn Hj., 2006. Méthode de cartographie de l'occupation des terres en milieu aride à l'aide de données multi-sources et de l'indice de végétation TSAVI, *Revue Télédétection*, Vol 6, n° 4, P 291-304.

Ouhti Y, 2006. Contribution à la conception d'un SIG pour l'aménagement et la gestion des parcours dans la commune rurale de Oulad Dlim –Marrakech- Cas d'élaboration d'une base de données, Ingénieur d'Etat en Agronomie, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Maroc, 115p.

Ozenda P., 1982. Les végétaux dans la biosphère. Doin. *Ed*: Paris, France. P 431.

Plantureux S, Peeters A, Cracken C., 2005. Biodiversity in intensive grasslands: Effet of management, improvement and challenges. *Agron.* n3,153-164.

Ramad F., 2003. Eléments d'écologie (écologie fondamentale),Dunod, Paris,P 690

Randriamanga S, Randrianarison Lt, Rakotondraompiana S, Collet C., 2003. Etude par télédétection des géorisques dans la région d'Anjojorobe, Madagascar. *Revue Télédétection*, vol 3, n° 2-3-4, p. 131–149.

Rapine S., 2012. Contribution de la télédétection à l'évaluation des fonctions des zones humides : De l'observation à la modélisation prospective, Thèse Doctorat, Université Rennes 2. France, p 333.

Scohier A., 2011. Impact d'une mise en défens temporaire de prairies permanentes durant le pic de floraison : sélection alimentaire des brebis, diversité floristique et entomologique, Thèse de Doctorat, Ecole doctorale des Sciences de la Vie, Santé, Agronomie, Environnement. France, 218 P.

Servadio Z., 2011. Apports de l'imagerie à haute résolution spectrale et spatiale dans les bilans de volume et les bilans radiatifs au piton de la fournaise, Thèse de Doctorat, Université de la Réunion. France. 232 P.

Soufi I, 2012. Contribution à l'étude des attributs vitaux de la végétation d'une plantation d'*Atriplex canescens* en vue d'un développement durable. Mémoire de Magister, Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene. P 74.

Taïbi An, Gassani J, Valleghadi A, Ballouche A, Moguedet G, Lemineouldbaba M, Ouldjiddou M., 2004. Diagnostic de la dynamique des ressources hydriques de surface et des processus de désertification du lac d'Aleg et de son bassin versant « Brakna, Mauritanie » par télédétection multiband. *Revue Télédétection*, vol 5, n° (1-2-3), p 123–137.

Tbib A, Chaieb M., 2004. La mise en défense des parcours en zones arides : avantages écologiques et obstacles socio-économiques. *In* : Ferchichi A. comp, Ferchichi A. collab. Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens. Zaragoza : *Ciheam Options Méditerranéennes*, n 62. p 473-476.

Terras M, 2011. Typologie, cartographie des stations forestières et modélisations des peuplements forestiers. Cas des massifs forestiers de la wilaya de Saida (Algérie), Thèse de doctorat Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen. P 205.

Vermote E, El Saleous N, Justice C., 2002. Atmospheric correction of MODIS data in the visible to middle infrared: first results. *Remote Sensing of Environment*, n 83, p 97-111.

Les sites d'internet

www.sig-geomatique.fr

www.uved.fr

www.esrifrance.fr

www.seos-project.eu

www.ccrs.nrcan.gc.ca

<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>

<http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/index.jsp>

<http://glcf.umd.edu/>

<http://earthexplorer.usgs.gov/>

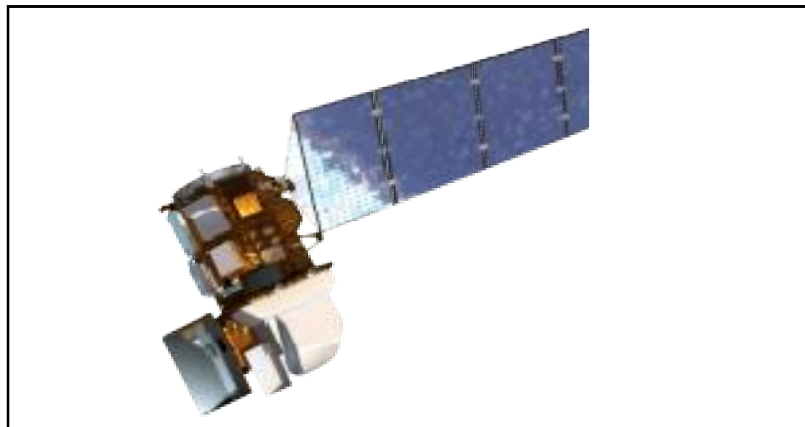
Annexe

Annexe

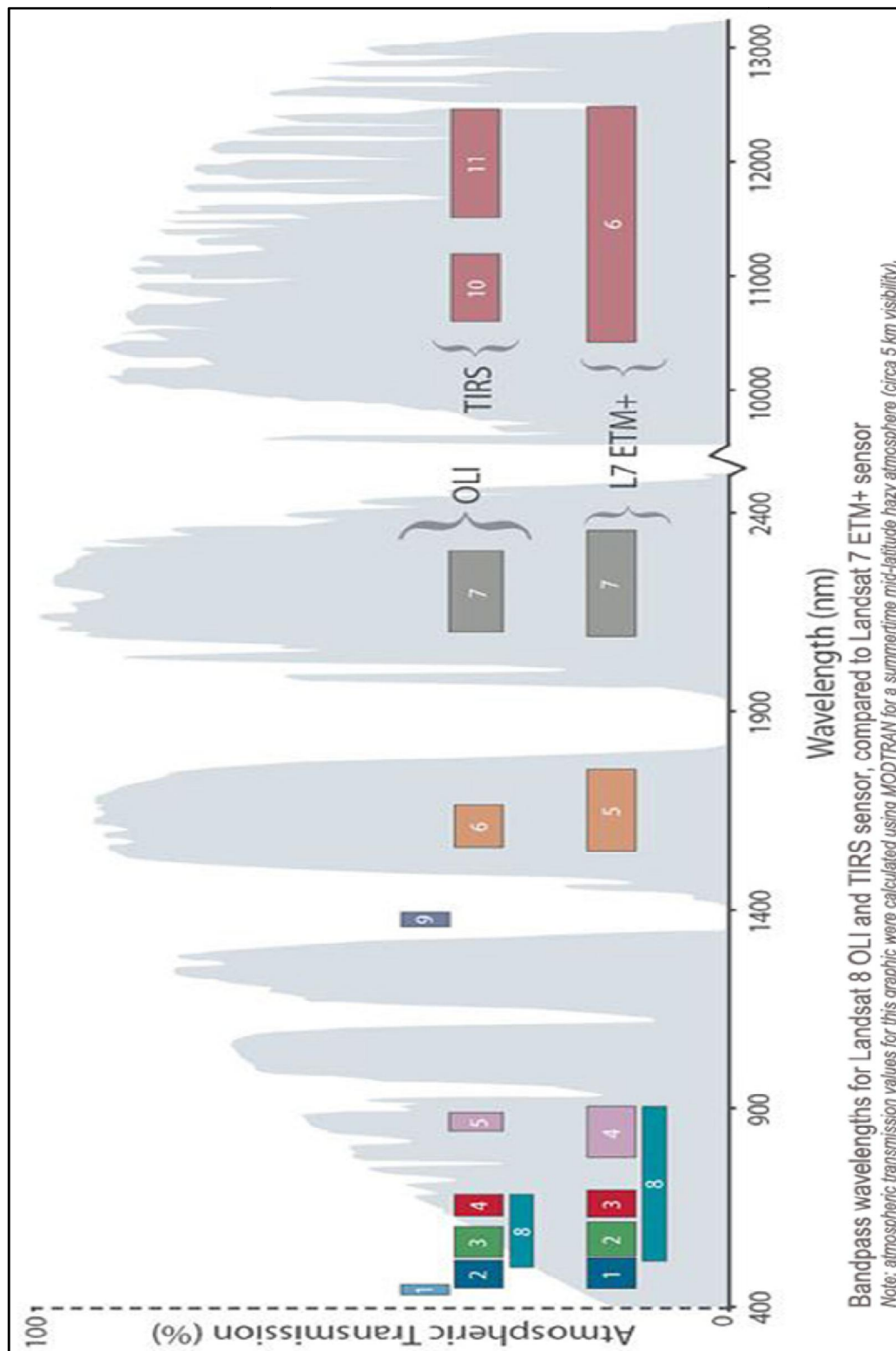
Annexe 01: Landsat 8 overview

Landsat 8 launched on February 11, 2013, from Vandenberg Air Force Base, California, on an Atlas-V 401 rocket, with the extended payload fairing (EPF) from United Launch Alliance, LLC. The Landsat 8 satellite payload consists of two science instruments—the Operational Land Imager (OLI) and the Thermal Infrared Sensor (TIRS). These two sensors provide seasonal coverage of the global landmass at a spatial resolution of 30 meters (visible, NIR, SWIR); 100 meters (thermal); and 15 meters (panchromatic).

Landsat 8 was developed as collaboration between NASA and the U.S. Geological Survey (USGS). NASA led the design, construction, launch, and on-orbit calibration phases, during which time the satellite was called the Landsat Data Continuity Mission (LDCM). On May 30, 2013, USGS took over routine operations and the satellite became Landsat 8. USGS leads post-launch calibration activities, satellite operations, data product generation, and data archiving at the Earth Resources Observation and Science (EROS)



Annexe 02: Comparaison des domaines spectrale entre Lansat 7 et Landsat 8



Annexe 03: Interface Graphique du *Model Maker* et type d'enregistrement

