

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار ثليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Option : Ecologie Végétale et Environnement Steppes et Oasis

THEME

**Apport de la Télédétection pour un suivi spatio-temporel de
l'occupation du sol cas du bassin versant de l'Oued Kramis
Mostaganem (Algérie).**

Présenté par : BENBOULERBAH Hadjer ; HATTABI Amina.

Encadré par : M. BENCHETTOUH Ahmed

Devant le jury:

Président(e) : SOUFI Ibtissem

Rapporteur : BENCHETTOUH Ahmed

Examineur: YUCEFI Mostapha Naceur

Soutenu publiquement le : Juin 2016.



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : BIOLOGIE

RESUME DE MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Option : Ecologie végétale et Environnement

Thème : Apport de la Télédétection pour un suivi spatio-temporel de l'occupation du sol cas du bassin versant de l'Oued Kramis Mostaganem (Algérie).

Présenté par : BENBOULERBAH Hadjer ; HATTABI Amina.

Encadré par: M. BENCHETTOUH Ahmed

Résumé

L'objectif de notre approche était la détection des changements de l'occupation du sol du bassin versant de l'Oued Kramis région de Mostaganem (Algérie) à partir de données satellitaires multitudes au moyen de Télédétection. Cette détection des changements du couvert végétal a été étudiée sur trois axes du temps : mensuel, saisonnier et interannuel. La méthode de la classification orientée-objets à l'aide de Google Earth Pro. et au moyen du logiciel ArcGIS 10.2 a été utilisée. La classification de l'occupation des sols après digitalisation des objets terrestres reconnus sur le terrain (orientée-objets) l'aide du Google Earth Pro. et leur combinaison avec des images satellites pour la même date a été retenue. Les valeurs du NDVI obtenues après leur classification en fonction de l'occupation des sols nous permettent de constater que la saison humide présente une forte densité du couvert végétal qui s'étale entre Février et Avril. La détection interannuelle de changement du couvert végétal sur une période de 11 ans (2004 – 2014) montre que le bassin versant de l'Oued Kramis présente une bonne stabilité de l'occupation des sols (98.9%).

Mot clés : Bassin versant, Oued Kramis, NDVI, Télédétection, occupation des sols.



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



جامعة عمار ثليجي – الأغواط

كلية/معهد: العلوم

قسم: البيولوجيا

ملخص مذكرة الماستر

الميدان: علوم الطبيعة و الحياة

الشعبة: بيولوجيا

التخصص: علم البيئة النباتي

عنوان المذكرة: دور تقنيات الاستشعار عن بعد في المتابعة الزمنية و المكانية للاستغلال التربة في حوض واد كراميس مستغانم (الجزائر).

تقديم الطالب: بن بولرباح هاجر; خطابي امينة

الأستاذ المؤطر: بن شتوح احمد

ملخص المذكرة

إن الهدف من بحثنا هو الكشف عن التغير في الغطاء النباتي بالحوض الماني بمنطقة واد كراميس مستغانم (الجزائر) انطلاقا من بيانات الأقمار الصناعية متعددة الأزمنة بواسطة تقنيات الاستشعار عن بعد. درس الكشف عن التغيرات في الغطاء النباتي على مستوى محاور الوقت الثلاثة: شهرية ، فصلية و سنوية. تم استخدام طريقة تصنيفات المقارنة الزمنية. بعد رقمنة الأغصية النباتية المتعرف عليها عن بعد من خلال محرك البحث عال الجودة: Google Earth Pro تم تصنيف هذه الأغصية وفقا لمعطيات صور الأقمار الصناعية لنفس التاريخ. ان قيم NDVI المتحصل عليها بعد تصنيفها وفقا لمختلف انواع الغطاء النباتي سمحت لنا أن نستنتج أن موسم الأمطار سجل كثافة عالية في الغطاء النباتي والتي تمتد بين شهري فيفري و افريل. ان التغير في الغطاء النباتي السنوي على مدى 10 سنوات (2004-2014) دل على أن واد كراميس له استقرار جيد بالنسبة لغطاء التربة (98.9%).

الكلمات المفتاحية: الحوض الماني ، واد كراميس ، NDVI ، الاستشعار عن بعد، الغطاء النباتي .



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTY: SCIENCES
DEPARTMENT: SCIENCES OF BIOLOGY

ABSTRACT OF MEMORY OF MASTER

Field: Sciences of Nature and the Life

Die: Biology

Option: Vegetable ecology and Environment

Theme: Remote Sensing Report for a spatio-temporal monitoring of the ground occupation of the watershed of Oued Kramis Mostaganem (Algeria).

Presented by: BENBOULERBAH Hadjer; HATTABI Amina.

Framed by: Mr. BENCHETTOUH Ahmed

Abstract

The objective of our approach was the detection of changes land use in the region of the watershed of Oued Kramis Mostaganem (Algeria) from multi-temporal satellite data by means of Télédetection. The detection of changes in land cover was studied on three axes of time: monthly, seasonal and interannual. The method of object-oriented classification using Google Earth Pro.Moye and ArcGIS 10.2 software was used. The classification of land after digitalization of terrestrial objects recognized in the field (object-oriented) using Google Earth Pro. and their combination with satellite images for the same date was chosen. The NDVI values after their classification according to the land use permit us to see that the wet season has a high density of vegetation cover that lies between February and April. The yearly detecting land cover change over a period of 10 years (2004-2014) shows that the watershed of Oued Kramis has good stability in the land cover (98.9%).

Key words: Watershed, Oued Kramis, NDVI, Télédetection ,vegetation cover.

Dédicace

Avec l'aide de Dieu tout puissant, j'ai pu achever ce travail que je dédie :

A ma très chère mère

Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A la mémoire de mon Père Mehamed

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation. Je dédie cet événement marquant de ma vie à la mémoire de mon père disparu trop tôt.

J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un fils qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !

A mon très cher mari Djemel

Quand je t'ai connu, j'ai trouvé l'homme de ma vie, mon âme sœur et la lumière de mon chemin. Ma vie à tes côtés est remplie de belles surprises. Tes sacrifices, ton soutien moral et matériel, ta gentillesse sans égal, ton profond attachement m'ont permis de réussir mes études. Sans ton aide, tes conseils et tes encouragements ce travail n'aurait vu le jour. Que dieu réunisse nos chemins pour un long commun serein et que ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.

A ma très chère sœur Berkahem, son mari Ali et leurs enfants.

Ma chère sœur que m'est la mère et le père, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. Mon ange gardien et mon fidèle compagnon dans les moments les plus délicats de cette vie mystérieuse.

À mes chères sœurs Naima, Zohera, Khedidja et Kheira.

À mes chère frères Gacem, Walide et Atiya ;

A tous les membres de ma famille Benboulbah et Kaabache, petits et grands Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection

A mon ami et binôme Amina celui qui a partagé avec moi son temps et ses efforts pour qu'on puisse mener à bien notre travail.

Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite

Enfin, A tout le groupe de l'option d'écologie végétale, ainsi qui a toute la promo2016.

Hadjer

Dédicace

Avec l'aide de Dieu tout puissant, j'ai pu achever ce travail que je dédie :

A mon papa, à qui je dois mon éducation et mon instruction, que Dieu lui accorde sa grâce infinie ;

A ma très chère et douce mère, qui m'a transmis la vie, l'amour, le courage, qui s'est trop inquiétée pour cette recherche, et qui a tant veillé pour moi ;

Qu'ils trouvent ici l'hommage de ma gratitude qui, si grande qu'elle puisse être, ne sera jamais à la hauteur de leur dévouement. Aucune dédicace ne saurait vous exprimer la profondeur de mes sentiments. Que dieu vous protège et vous garde pour nous.

A la mémoire de mes grands-parents ;

A celui qui m'a toujours encouragé ;

A ma précieuse sœur Ouahiba, les mots ne peuvent résumer ma reconnaissance et mon amour à son égard, que Dieu lui prodigue guérison et santé ;

A mes deux chers frères : Ahmed et Abdelkader, en témoignage de mon amour fraternel et de mon attachement éternel ;

A ma belle mère, que dieu la protège, à ma belle famille ;

A mon fiancé Bechir, pour son soutien aux moments difficiles de mon travail et surtout pour sa patience ;

Avec toute ma tendresse, à mes neveux et nièces, meilleurs vœux de succès dans leurs études ;

A mes oncles, tantes, cousins et cousines, vous avez de près ou de loin contribué à ma formation.

Affectueuse reconnaissance ;

A toute ma famille Hattabi et Birane pour son affection et sa contribution à mon épanouissement.

A mon ami et binôme Hadjer celui qui a partagé avec moi son temps et ses efforts pour qu'on puisse mener à bien notre travail.

Je ne saurai terminer sans citer mes amies : Hadjer, Hanaa, Safa, Fatima, Somaia, Naima, Sabrina, Souad, à qui je souhaite plein de succès dans ces études ;

A toute ma promotion de master « Ecologie végétale », Université Ammer Thelidji.

Je dédie également ce travail à tous ceux qui m'ont apporté leur savoir et contribué à ma formation ;

Enfin je le dédie à tous mes ami(e)s que je n'ai pas cité (e)s et à tous ceux qui me connaissent.

Qu'ils trouvent à travers ce travail ma sincère reconnaissance ;

A tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail. ;

A mon pays.

Amina

Remerciement

Notre parcours d'étude ne s'est pas réalisé sans défis et sans soulever de nombreuses questions pour lesquelles les réponses nécessitent de longues heures de travail.

Nous remercions avant tout Dieu le tout puissant qui donné assez de force pour achever ce travail et de venir à bout de cette formation.

Nous tiens à exprimer nos reconnaissances à notre directeur de thèse, Professeur Benchattouh A, chargé de cours au département de biologie et agronomie pour avoir accepté de diriger notre travail, ainsi que pour ses précieuses orientations.

Nous remercions aussi chaleureusement les membres du jury : Mme Soufi Ibtisseme et M Yousfi Mostapha Naceur.

Mes sincères remerciements à tous ceux qui, à un moment ou à un autre, ont prodigués des conseils scientifiques, fourni une aide matérielle ou technique, ou tout simplement humaine.

Nous sincère remerciements à tous les enseignants des départements de Biologie de l'université Ammar Thlidji de Laghouat,

Enfin, que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail, trouve ici mes profonds et sincères remerciements.

Amina et Hadjer

Liste des figures

| | | |
|-----------|--|----|
| Figure 1 | Principe de Télédétection | 9 |
| Figure 2 | Caractéristiques d'une onde électromagnétique monochromatique : | 10 |
| Figure 3 | Interactions du rayonnement électromagnétique avec la une cible «absorption, réflexion, transmission» | 11 |
| Figure 4 | Spectre du rayonnement électromagnétique solaire:..... | 12 |
| Figure 5 | Signatures spectrales des surfaces naturelles dans le domaine du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen (UVED, 2008) :..... | 12 |
| Figure 6 | Comportement spectral de la végétation dans le domaine du visible et l'infrarouge Les longueurs d'onde bleue et rouge sont absorbées par la chlorophylle. Les vertes sont très faiblement réfléchies par la feuille. Le rayonnement infrarouge (IR), lui, est fortement réfléchi par le parenchyme | 13 |
| Figure 7 | Image numérique de Télédétection et sa structure :..... | 14 |
| Figure 8 | Localisation de la zone d'étude | 21 |
| Figure 9 | Hypsométrie de la zone d'étude | 27 |
| Figure 10 | Expositions des reliefs de la zone d'étude | 29 |
| Figure 11 | Réseau hydrographique de la zone d'étude : | 30 |
| Figure 12 | Répartition spatiale des températures moyennes annuelles sur la zone d'étude | 34 |
| Figure 13 | Précipitations moyennes mensuelles (2004 - 2015) :..... | 35 |
| Figure 14 | Répartition spatiale des précipitations moyennes annuelles sur la zone d'étude | 36 |
| Figure 15 | Diagramme Ombrothermique (station de Sidi M'hemed Ben Ali 2004-2015) :..... | 39 |
| Figure 16 | Méthode d'élaboration de la carte hydrographique et délimitation de la zone d'étude | 41 |
| Figure 17 | Méthode d'élaboration de la carte de précipitations et les températures / ArcGIS | 42 |
| Figure 18 | Méthode d'élaboration de la carte topographique /ArcGIS | 43 |
| Figure 19 | Méthode de calcul de l'NDVI à l'aide de l'ArcGIS | 43 |
| Figure 20 | Carte d'occupation des sols | 48 |
| Figure 21 | Dynamique du NDVI moy et les précipitations mensuelles durant l'année 2014 | 50 |
| Figure 22 | La dynamique saisonnière de l'occupation des solspendant l'année 2014 | 51 |

Liste des figures

| | | |
|-----------|--|----|
| Figure 23 | Croisement des classes des sols nus/ sols couverts durant les saisons de l'année 2014 :..... | 52 |
| Figure 24 | L'état d'occupation des sols pendant la période sèche de l'année 2004 :..... | 53 |
| Figure 25 | L'état d'occupation des sols pendant la période sèche de l'année 2011 :..... | 53 |
| Figure 26 | L'état d'occupation des sols pendant la période sèche de l'année 2014 :..... | 54 |
| Figure 27 | Variation mensuelle du NDVImax au cours de la période sèche de l'année 2004 et celle 2014 :..... | 55 |
| Figure 28 | Carte des gains et des pertes entre 2004 et 2014 :..... | 57 |

Liste des tableaux

| | | |
|------------|---|----|
| Tableau 1 | Indices de végétation définis à partir de données de télédétection | 17 |
| Tableau 2 | Surface des orientations des reliefs:..... | 28 |
| Tableau 3 | La superficie des forêts existe | 31 |
| Tableau 4 | Caractéristiques des stations pluviométriques:..... | 33 |
| Tableau 5 | Températures moyennes mensuelles (2004 -2015) | 33 |
| Tableau 6 | Données climatiques (2004-2015) | 35 |
| Tableau 7 | L'indice bioclimatique d'Emberger,L. (d'après Stewart, 1969) | 38 |
| Tableau 8 | L'indice de De Martonne | 38 |
| Tableau 9 | Les classes d'occupation des sols du bassin versant de l'Oued Kramis | 47 |
| Tableau 10 | Les différents types d'occupation des sols dans le bassin versant de l'Oued Kramis | 49 |
| Tableau 11 | Croisement des classes des sols nus/ sols couverts durant les saisons de l'année 2014 | 51 |
| Tableau 12 | L'évolution de l'état couvert végétale de la région d'étude | 56 |

Liste des abréviations

| Abréviations | Significations |
|---------------------|---|
| % | Pour cent. |
| °C | Degré Celsius. |
| °K | Kelvin. |
| cm | Centimètre. |
| NDVI | <i>Normalised Difference Vegetation Index</i> |
| TM | Thematic Mapper |
| B.N.E.D.E.R | Bureau National d'Etude au Développement Rural. |
| ha | Hectare. |
| Landsat | Land satellite. |
| m | Mètre. |
| mm | Millimètre. |
| MNT | Modèle Numérique de Terrain. |
| PIR | Proche Infra Rouge. |
| R | Rouge. |
| SIG | Système d'Information Géographique. |

Introduction

INTRODUCTION

La communauté internationale est depuis longtemps consciente que la dégradation des terres pose un grave problème économique, social et environnemental à de nombreux pays de toutes les régions du monde (Boulkheir et *al.*, 2001).

Des graves menaces pèsent sur les processus naturels soumis d'une part à l'effet des changements climatiques et d'autre part aux impacts des actions de l'homme (Sanda, 2010).

En Algérie, comme dans les pays en développement, la conjugaison de la pauvreté et de la croissance démographique dans les régions fragiles abouties à une dégradation irréversible ou difficilement réversibles en particulier le couvert végétal, les sols et les eaux.

Les montagnes algériennes, aussi bien telliennes que méditerranéennes, sont devenues des lieux de ruptures écologiques qui, si elles ne sont pas contenues, engagent des processus de destruction en chaîne (LE Coz, 1990). C'est une situation extrêmement difficile consécutive à des défrichements excessifs et à l'abandon des aménagements culturels traditionnels, ce qui se traduit par une dénudation et une fragilisation des sols.

Le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR, 2011) estime à 50 millions d'hectares des surfaces menacées par la dégradation en Algérie, soit plus de 20% de la superficie totale du pays dont environ 14 millions d'hectares de zones de montagne dans le Tell Oranais, 32 millions d'hectares en zones steppiques et 4 millions d'hectares de forêts soumises aux menaces du changement climatique (MADR, 2011). Selon ONS (2006), ces zones approvisionnent environ 37% de la population nationale (Souidi et *al.*, 2014).

Le bassin versant de notre zone d'étude situé dans le Tell Oranais l'un de ces régions connaissant une croissance démographique rurale de plus en plus remarquable depuis 2004, date de la mise en service de barrage de l'Oued Kramis.

Nombreux secteurs dans le Tell Oranais a fait l'objet de plusieurs études portant sur la végétation (Ferka Zazou, 2006 ; Baraka, 2008 ; Cherifi et *al.*, 2008 ; Bouzidi et *al.*, 2009), mais aucune n'a utilisé la télédétection pour confirmer, visualiser et quantifier la rétraction du couvert végétal. Or cette méthode a largement fait ses preuves pour l'analyse de l'évolution des espaces naturels (Demaze, 2003; Nguessan et *al.*, 2003; Desjaedins et *al.*, 2005; Axel et *al.*, 2005; EL Zereyet *al.*, 2009; Khader et *al.*, 2009). Un intérêt particulier à

l'apport de la télédétection dans ce cadre représente une part de l'originalité de cette contribution.

Ce présent travail rentre dans le cadre du Projet de *Sigmed* «Approche spatialisée de l'impact des activités agricoles au Maghreb sur les transports solides et les ressources en eau de grands bassins versants», il s'inscrit dans le cadre du plan bleu (2005)¹.

L'objectif de cette recherche est dans un premier temps, d'étudier le changement de l'occupation du sol dans le bassin versant de l'Oued Kramis dès sa mise en service (2004) à partir d'images Landsat datant de 2004, 2011 et 2014 et d'analyser dans un second temps les facteurs environnementaux influençant ces changements.

Ce travail est structuré comme suit :

- ☞ Le premier chapitre expose un bilan de connaissance sur la dynamique du couvert végétal;
- ☞ Le deuxième chapitre, un aperçu sur les théories et les principes de la télédétection;
- ☞ Le troisième chapitre, consacré à l'étude des caractères physiques du milieu;
- ☞ Le quatrième chapitre présente le matériel utilisé et la méthodologie adoptée ;
- ☞ Et en fin, le chapitre cinq répond à la problématique posée par une analyse et une interprétation des résultats obtenus.

¹Plan dont les objectifs est de protéger l'environnement et d'assurer le développement durable en Méditerranée

Chapitre I :
Bilan de connaissance sur la
dynamique du couvert végétal

1. INTRODUCTION

L'Algérie constitue une entité écologique exceptionnelle dans la biosphère. Rares sont les autres zones biogéographiques présentant une telle étendue et possédant une telle surface constituée par des écosystèmes de type méditerranéen, steppique et saharien.

L'Algérie est un grand centre de diversité biologique; sa position géographique et la structure de ses étages bioclimatiques font de ses terroirs un gisement relativement important de ressources génétiques. Cependant, la croissance démographique galopante, les conditions climatiques difficiles, la qualité des sols et leur dégradation constante ont diminué fortement l'autosuffisance alimentaire, entraînant une surexploitation des ressources naturelles et des pratiques culturelles non adaptées telles que le surpâturage, le défrichement et autres. Le développement socio-économique n'a pas toujours tenu compte de l'impact sur l'environnement (Benachour, 2006).

2. POURQUOI ETUDIER LE COUVERT VEGETAL ?

Recouvrant une très grande partie des continents et premiers maillons de la chaîne alimentaire en tant que producteur de matière organique, la végétation est un élément fondamental des écosystèmes terrestres. Les couverts végétaux régulent les échanges d'énergie et de matière à l'interface sol-végétation-atmosphère. Ils puisent l'eau et les éléments minéraux nécessaires à leur développement et leur croissance dans le sol et produisent l'oxygène, via le processus de photosynthèse, indispensable à la vie sur terre.

Le rayonnement solaire global, somme du rayonnement direct et diffus, est la quantité d'énergie solaire incidente à la surface de la terre pendant une période de temps donnée. Elle est intégrée sur tout le spectre solaire.

Seul le rayonnement photosynthétiquement actif (PAR, de l'anglais *Photosynthetically Active Radiation*) dont les longueurs d'onde s'étendent de 400 nm à 700 nm est utilisé par les plantes pour leur croissance. Un paramètre habituel pour estimer l'état d'une plante est sa productivité, fonction à la fois du type de plante, de la fraction du rayonnement solaire incident, de la disponibilité en eau et de l'influence du climat régional (Abdelbaki, 2012).

3. DYNAMIQUE DU COUVERT VEGETAL

On entend par « dynamisme de la végétation » les modifications et transformations survenues ou pouvant encore se manifester au sens de la végétation, transformations soit

naturelles, soit dues à l'homme, tant dans le sens progressif (évolution) que dans les sens régressif (dégradations) (Guinochet, 1955, *in* Saidi, 1984).

4. L'EVOLUTION DU COUVERT VEGETAL

L'évolution progressive de la végétation a lieu chaque fois que la cause dégradante disparaît.

Lorsque l'action humaine est absente ou moindre, la tendance évolutive des communautés végétales s'explique par une meilleure exploitation des ressources trophiques de l'environnement (Khoudja, 1986). Il ya deux types d'évolution du tapis végétal : l'évolution cyclique et l'évolution progressive ou régressive ou évolution linéaire. (Gounot, 1969, *in* Khoudja, 1986). L'évolution linéaire, pendant son dynamisme peut ou non passer par les mêmes stades dans les deux sens (Lemee, 1978, *in* Khoudja, 1986).

5. FACTEURS DE DEGRADATION DU COUVERT VEGETAL EN ALGERIE

Malheureusement et suite à une longue histoire d'occupation humaine, l'Algérie ne renferme plus à l'heure actuelle, d'écosystème terrestre vierge d'action anthropique. L'action conjuguée de la hache, du feu et du pâturage en forêt a provoqué la transformation des forêts en formations végétales dégradées. Les steppes ont également été considérablement dégradées, par suite du surpâturage et même de mise en culture inadaptée. En conséquence, les communautés végétales propres à ces écosystèmes ou ce qu'il en reste, ne sont plus qu'un pâle reflet de ce qu'elles étaient dans leurs conditions primitives (Micle, 1997).

Cette destruction progressive est liée à des facteurs anthropiques, quelquefois naturels. (DGF, 2004), à cause de plusieurs défis dont les principaux sont :

5.1. La pression anthropique, aggravée par la croissance démographique

Dès que l'homme sut maîtriser le feu, puis pratiquer l'élevage et l'agriculture, il devient alors sédentaire et commença de modifier la végétation (Saidi, 1984).

5.2. L'incendie

Arfa (2008) note que malgré les capacités de régénération de la forêt, les incendies représentent un véritable fléau auquel très peu d'espèces peuvent résister. Pour sa part, (Meddour-Sahar 2008) précise que la période coloniale a été fatale, comme on le sait, pour notre patrimoine forestier. En effet, une surface cumulée de 3 506 942 ha a été parcourue par le feu, sur une période de 87 ans (1876-1962), soit une moyenne de 41 258 ha/an.

Selon (Khader et *al.*, 2009), depuis 1963 à nos jours la forêt algérienne enregistre un chiffre de 1 321 995 ha de superficie incendiée.

5.3. Le surpâturage

Cherifi et Bouzidi (2008) notent que l'impact du surpâturage sur la végétation est important aussi bien sur le plan qualitatif que quantitatif :

Sur le plan qualitatif, les bonnes espèces appétibles sont consommées avant d'avoir eu le temps de former des repousses pour les saisons à venir et elles disparaissent totalement en laissant la place à des espèces non palatables.

Sur le plan quantitatif, le surpâturage provoque une diminution du couvert végétal pérenne qui voit sa densité diminuée avec le temps.

5.4. Les coupes de bois

En Afrique, l'extraction du bois de feu a bondi du fait de l'augmentation de la population régionale (FAO, 2011). Abdelguerfi et Ramdane (2003) confirment que l'état actuel de la dégradation des peuplements forestiers en Algérie montre que la végétation ligneuse a été surexploitée, suite à la hausse des prix du bois, les coupes illicites de bois de chauffage, de bois d'œuvre pour la construction et de bois d'ébénisterie sont en augmentation. Arfa (2008) ajoute que ces coupes touchent les arbres ayant les meilleures caractéristiques phénotypiques et génétiques et éliminent les meilleurs porteurs de graines.

Malgré des efforts et des campagnes de reboisement réalisées annuellement depuis l'indépendance, le taux de boisement en Algérie se situe entre 10 et 12%. Le couvert végétal est agressé par les actions négatives de l'homme causées des coupes.

5.5. Le tourisme

Le tourisme et les usages récréatifs qui nécessitent l'aménagement de voies de circulations, de stations... augmentent les risques d'incendies et affectent les zones boisées (Abdelbaki, 2012).

5.6. Les défrichements

Selon la FAO (2002), si le défrichement a existé depuis l'époque romaine, il s'est accéléré durant la colonisation et continu de se pratiquer à nos jours. Il a pour origine l'extension de la céréaliculture qui constitue l'activité la plus importante après l'élevage.

Abdelguerfi et Ramdane (2003) ajoutent que ce dernier est accentué par développement de la mécanisation.

5.7. Les insuffisances institutionnelles

Malgré des reboisements importants (972 000 ha selon un bilan réalisé en 1997), le taux de réussite est relativement bas (42%). Le barrage vert (106 000 ha de reboisement en Pin d'Alep) n'a eu qu'une réussite de 36%. Les réalisations du programme de grands travaux ne sont pas prises en compte. La conception centralisée des interventions, l'insuffisante maîtrise des actions, l'absence de traditions sylvicoles et surtout la non association des communautés locales en fonction de leurs intérêts n'ont pas permis de traiter les problèmes complexes posés par la gestion et la conduite moderne des peuplements forestiers (Benachour, 2006)

5.8. L'application de techniques inappropriées

5.8.1. Sylviculture

En Algérie, les travaux forestiers, tels que le démasclage, l'élagage, les coupes et les opérations de reboisement, sont confiés à des entreprises qui recrutent des ouvriers non spécialisés. Les travaux mal entrepris ont des impacts nocifs sur le plan de la conservation des forêts et de la reforestation. Selon la même source (Arfa, 2008), les coupes rases des peuplements forestiers, par exemple, engendrent un changement radical du microclimat, une minéralisation rapide de l'humus, une destruction de la structure du sol, un lessivage des éléments nutritifs, une aridification et une érosion du sol,... d'où une forte diminution de la productivité ligneuse, un vieillissement précoce et un dépérissement sur pied du peuplement forestier sans être renouvelé par régénération naturelle. C'est bien le phénomène de la « désertification ». Lorsqu'elles ne sont pas bien dosées, les coupes d'éclaircies et les opérations de nettoyage des forêts conduisent, elles aussi, aux mêmes résultats que les coupes rases. Elles détruisent les structures d'équilibre et les appauvrissent considérablement.

5.8.2. Agriculture

Les utilisations non raisonnées de certains outils, équipements et technique agricoles sur des sols en pente ou fragiles et le recours au défrichage en vue d'élargir les superficies agricoles, ont souvent provoqué les résultats inverses à ceux escomptés. De même que la réalisation de certaines cultures ou plantations arboricoles mal adaptées au

sol (Mate, 2003). Abdelguerfi et Ramdane (2003) notent que comme tout moyen de production, la terre s'use et demande à être recapitalisée.

5.9. Les attaques parasitaires liées à la dégradation

A travers les dernières statistiques de la FAO (2010), les chiffres concernant les maladies ont été estimés sur la base des rapports établis par la Direction Générale des Forêts et le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Le principal insecte ravageur des forêts est sans doute la chenille processionnaire du pin. La superficie infestée entre 2003 et 2007 est estimée à 1 077 350 ha, soit une moyenne annuelle de 215 470 ha. Selon la même source, la diminution des superficies touchées par les maladies s'explique par le fait qu'un dispositif important a été mis en place pour lutter contre les différentes maladies et attaques parasitaires notamment contre la chenille processionnaire du Pin. Il est à noter que durant les années 2004 et 2005, le dispositif de la DGF a vu ses capacités orientées plutôt vers la lutte anti acridienne.

6. CONCLUSION

En Algérie, l'action anthropique reste le principal facteur de dégradation du couvert végétal. La conservation de ce dernier est essentielle pour assurer la pérennité d'un patrimoine génétique en espèces et sous espèces essentielles pour l'avenir.

Chapitre II :
Aperçu sur les théories et les
principes de la Télédétection

1. INTRODUCTION

Les recherches scientifiques utilisent des approches essentiellement descriptives. A 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 ce servant des techniques de la télédétection et des systèmes d'information géographique (Belhadj et *al.*, 2003; Oloukoi et *al.*, 2006).

2. DEFINITIONS

Le mot Télédétection (*Remote sensing*) désigne des techniques qui permettent d'accueillir l'information à distance sur des objets terrestres, principalement fondée sur l'analyse des images obtenues dans différentes gammes de longueurs d'onde à partir de satellites orbitaux.

La Télédétection est définie comme l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques de l'objet terrestre. Elle englobe tout le processus qui consiste à capter et enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi par une cible terrestre, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information (Benhadj, 2008; Alhaskeer, 2012). Le traitement et l'analyse des informations véhiculées par le rayonnement enregistré permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible: géométriques (position, forme et dimensions), optiques (réflexion, transmission, absorption, ... etc.) et physicochimiques (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire, phytomasse, matière organique du sol,...) (Soudani, 2005).

Elle suppose donc l'existence d'une source d'énergie électromagnétique, d'une cible et d'un capteur. La source peut être passive (soleil) ou active (source artificielle= satellite):

3. UTILITE DE LA TELEDETECTION

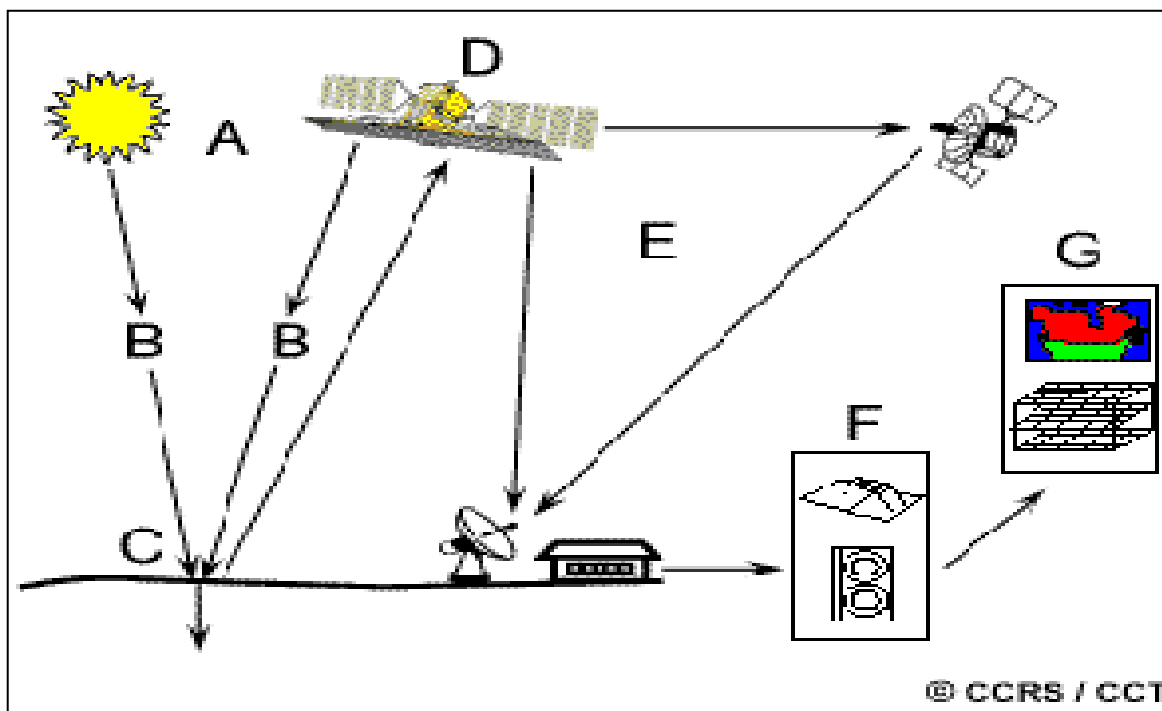
D'un point de vue application, et surtout pour l'observation de la terre, la Télédétection est un outil de collecte des données sous format raster (image). Ces images représentent un enregistrement objectif du spectre qui concerne les propriétés physiques et la composition chimique des matériaux de la surface de la terre (Liu et Philippa, 2009). Le traitement d'image devient ainsi un outil indispensable pour l'extraction des informations thématiques et/ou quantitatives de l'image. Pour une analyse plus complète, les images doivent être analysées en conjonction avec d'autres données complémentaires, telles que les

thématiques existants ; les cartes de la topographie, la géomorphologie, la géologie et l'utilisation des terres, ou avec géochimiques et géophysiques, données d'enquête ou de données de terrain, là où un Système d'Information Géographique (SIG) entre en jeu. Les SIG contient des outils très sophistiqués pour la gestion, l'affichage et l'analyse de tous les types d'information à référence spatiale (Longley *et al.*, 2009).

4. PRINCIPE DE LA TELEDETECTION

Le principe de la Télédétection est similaire à celui de la vision de l'homme. La Télédétection est le résultat d'interaction de trois éléments fondamentaux :

- ☞ La cible qui est l'élément ou la portion de la surface terrestre observée par le satellite;
- ☞ La source d'énergie qui éclaire la cible en émettant une onde électromagnétique;
- ☞ Le capteur ou plateforme de Télédétection mesure l'énergie réfléchiée par la cible.



Source: Soudani, (2005)

Figure 01 : Principe de la Télédétection

5. DIFFERENTES ETAPES DE LA TELEDETECTION

- ☞ Une source d'énergie ou d'illumination (A): En Télédétection dite passive, le soleil constitue la principale source d'énergie. En Télédétection dite active, la source est fabriquée par l'homme.

☞ Interactions entre le rayonnement et l'atmosphère tout au long du trajet source-cible et cible-capteur (**B**).

☞ Interactions avec la cible (**C**) : Ces interactions sont de trois types : la transmission, la réflexion et l'absorption. L'émission est à considérer comme un phénomène à part.

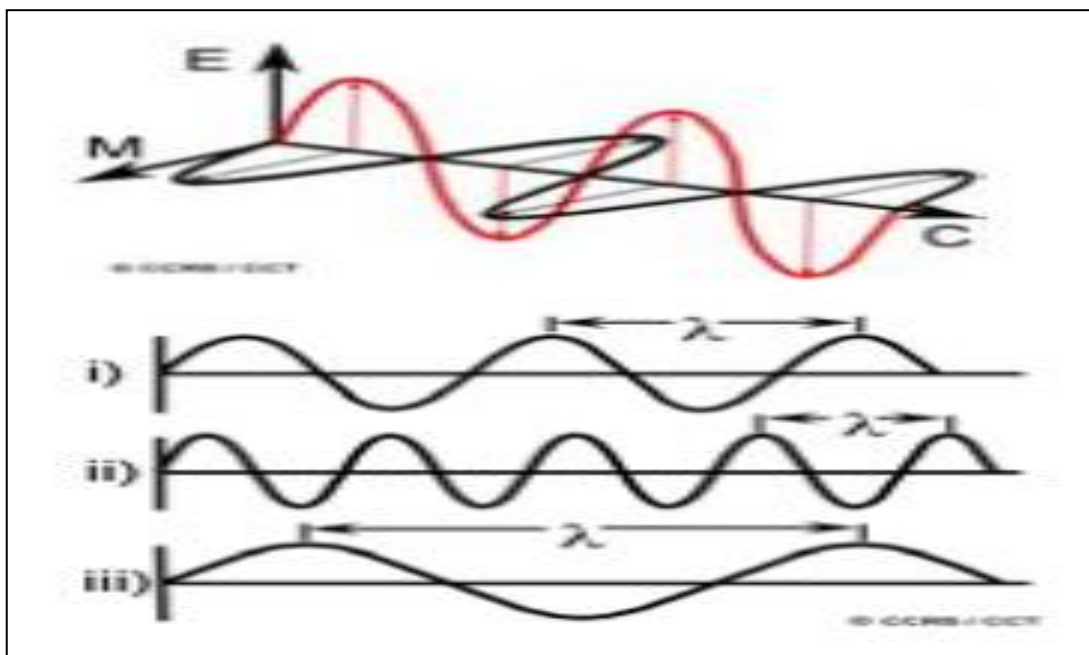
☞ Enregistrement du signal par le capteur (**D**) : Le capteur enregistre le signal reçu par la cible.

☞ Transmission, Réception, et Traitement (**E**) : Le satellite transmet les signaux vers des stations de réception au sol ou à des satellites relais. Au niveau de ces stations, les informations sont décodées et enregistrées sous forme d'images ou de photographies.

☞ Traitements, analyses, interprétation et applications (**F** et **G**) : Les traitements se basent sur des théories et techniques souvent complexes et servent à extraire les informations utiles. Ces informations sont ensuite utilisées pour caractériser la cible étudiée.

6. BASES PHYSIQUES DE LA TELEDETECTION

6.1. Rayonnement électromagnétique



Source: Soudani (2005)

Figure 02 : Caractéristiques d'une onde électromagnétique monochromatique

λ : Longueur d'onde ou distance entre deux points exprimée en $\mu\text{m} = 10^3 \text{nm} = 10^{-6} \text{m}$

f : Fréquence ou nombre d'oscillations par unité de temps (s^{-1} ou Hz-Hertz).

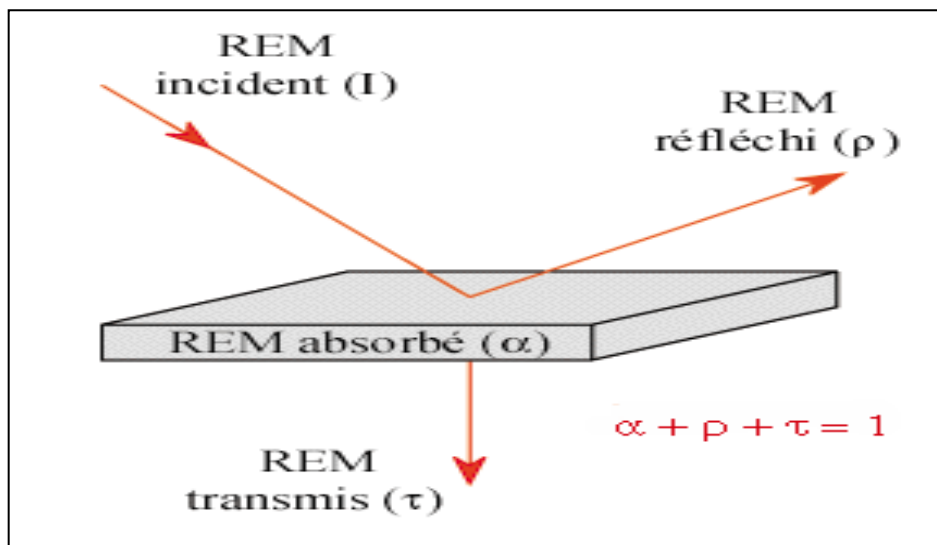
T : Temps nécessaire pour réaliser une oscillation : $T = 1/f$.

Relation fondamentale : $\lambda = c / f$

c : vitesse de la lumière dans le vide $= 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$

6.2. Interactions du rayonnement électromagnétique

Tout rayonnement (figure 02), affectant une matière donnée, est absorbé, réfléchi ou transmis de façon à répondre à la relation : $\alpha + \tau + \rho = I$.



Source : Abdelbaki (2012)

Figure 03 : Interactions du rayonnement électromagnétique avec la une cible «absorption, réflexion, transmission»

Où :

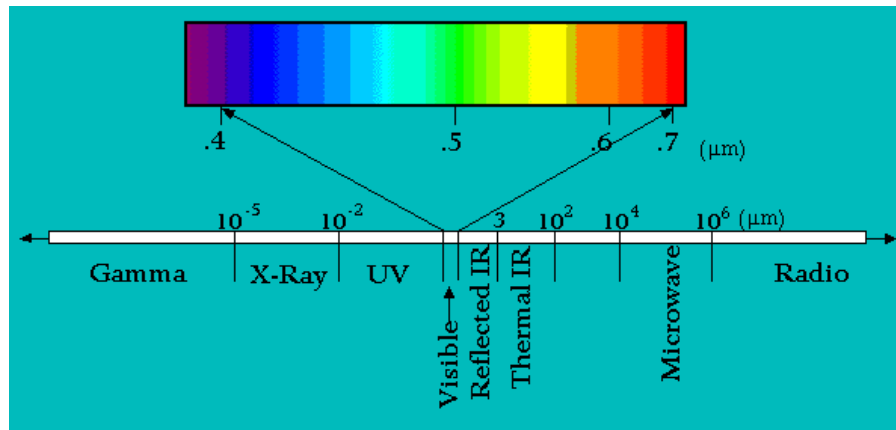
α = Absorption ;

τ = Transmission ;

ρ = Réflexion.

6.3. Signatures spectrales des principales surfaces naturelles

En fonction de la nature et des caractéristiques intrinsèques des objets et des surfaces, le rayonnement incident interagira avec la cible selon l'une ou l'autre des propriétés citées précédemment, ou de manière générale selon une combinaison de ces propriétés. Chaque surface possède ainsi une signature spectrale - quantité d'énergie émise ou réfléchie en fonction de la longueur d'onde - qui lui est propre et qui permettra son identification sur les images satellitaires. La figure ci-dessous présente la signature spectrale des principales surfaces naturelles.



Source: Soudani (2005)

Figure 04: Spectre du rayonnement électromagnétique solaire

Contrairement à l'œil humain qui n'est capable de capter le rayonnement que dans une fenêtre très étroite du spectre électromagnétique (0,4μm et 0,7μm), les capteurs satellitaires utilisent une fraction beaucoup plus étendue (fenêtres spectrales) :

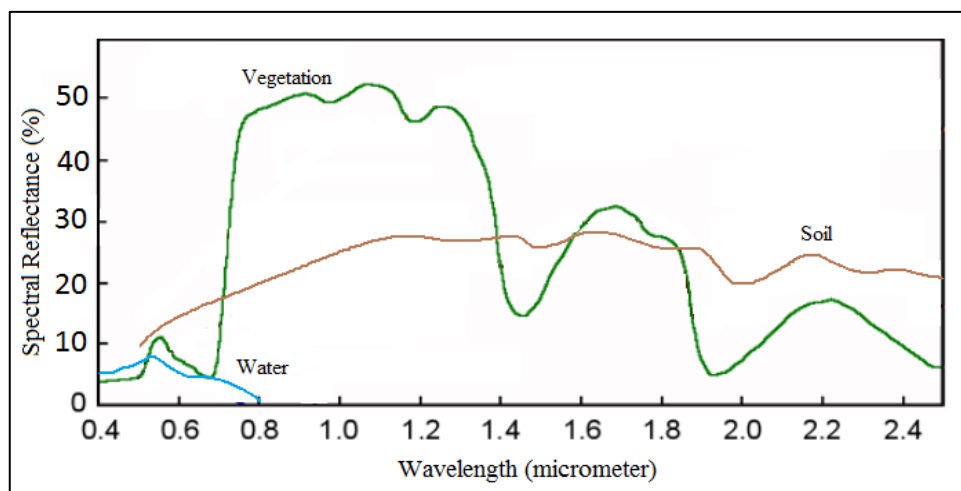
Le visible 0.4 -0.7 μm

Le proche infrarouge 0.7 -1.5 μm

L'infrarouge moyen 1.5 – 3 μm

L'infrarouge thermique 3 -15 μm

Les micro-ondes ou hyperfréquences 1 mm – 1 m.



Source: Soudani (2005)

Figure 05: Signatures spectrales des surfaces naturelles dans le domaine du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen (UVED, 2008)

6.3.1. La végétation

Comme nous pouvons le constater sur la figure 05, et selon Moquet (2003), en générale possède une réflectance :

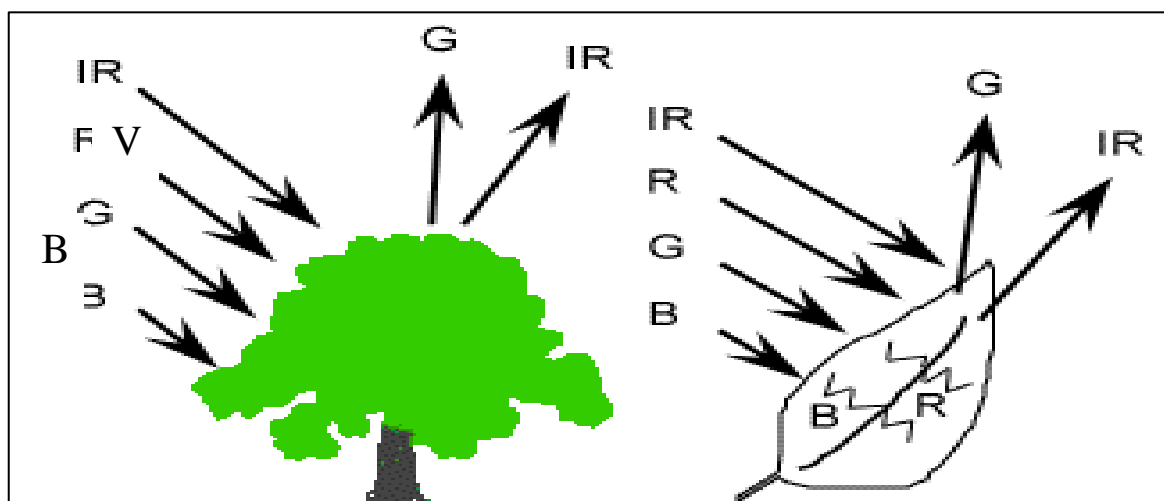
Très faible dans le rouge (~660nm) et le bleu (~450nm) ;

Faible dans le vert (~546nm) ;

Élevée dans le proche infrarouge (0,7-1 μ m).

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

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



Source: Soudani (2005)

Figure 06 : Comportement spectral de la végétation dans le domaine du visible et l'infrarouge Les longueurs d'onde bleue et rouge sont absorbées par la chlorophylle. Les vertes sont très faiblement réfléchies par la feuille. Le rayonnement infrarouge (IR), lui, est fortement réfléchi par le parenchyme.

6.3.2. Le sol

En ce qui concerne la signature spectrale des sols, on note un accroissement régulier de la réflectance au fur et à mesure qu'on se déplace vers les grandes longueurs d'onde. Les discontinuités que l'on observe dans le proche infrarouge et l'infrarouge moyen sont dues aux bandes d'absorption de l'eau. L'étude des propriétés spectrales des sols est toutefois particulièrement complexe car elle doit tenir compte de la nature hétérogène du sol qui contient à la fois des matières minérales et organiques, mais aussi une composante liquide ; tous ces éléments vont influencer la réflexion du rayonnement (Toumi,2013)

6.3.3. L'eau

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

7. IMAGE NUMERIQUE DE TELEDETECTION ET SA STRUCTURE

Une image de photographie est toute forme de représentation en deux dimensions. L'image numérique est divisée en petits morceaux de taille et de forme égale, que nous nommons pixels. La luminosité de chaque pixel est représentée par une valeur numérique. L'ordinateur affiche chaque valeur numérique comme un niveau de luminosité (niveau de gris). L'objectif est de représenter une portion de l'espace géographique. Dans son principe, l'élément de l'image numérique exprime une grandeur physique, la luminance exprimant l'énergie réfléchié ou émise. L'image ne contient qu'une mesure relative de luminance exprimée en ton de gris (un nombre compris entre 0 et 255). A ce contenu de luminance s'ajoute celui de son positionnement dans la dimension spatiale (Gower *et al.*, 1988).

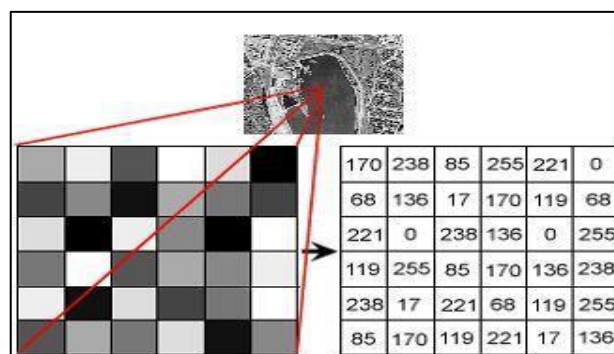


Figure 07 : Image numérique de Télédétection et sa structure

7.1. Caractéristiques d'un capteur de Télédétection

7.1.1. Résolution Spectrale

Elle correspond aux bandes de longueurs d'onde auxquelles les capteurs sont sensibles.

7.1.2. Résolution Spatiale

Elle correspond à la surface élémentaire d'échantillonnages observés instantanément par le capteur satellitaire. Cette surface correspond au pixel (*Picture element*). Cette résolution

est 20 m * 20 m pour le satellite SPOT, 30 m * 30 m pour le satellite *Landsat Thematic Mapper*, 1000 m * 1000 m pour NOAA et AVHRR, etc.

7.1.3. Résolution temporelle ou répétitivité

Elle correspond à la période entre deux acquisitions de la même scène. Cette résolution ne dépend pas du capteur mais de l'orbite et du mode de manœuvre du satellite. Notons que le satellite SPOT offre la possibilité de viser un site sur commande permettant ainsi d'assurer une excellente résolution temporelle. Sans manœuvre, la résolution temporelle de SPOT est de 26 jours, 16 jours pour LANDSAT TM et 14.5 jours pour NOAA-AVHRR.

7.1.4. Résolution radiométrique

Elle correspond à la capacité d'un système d'acquisition à distinguer entre deux niveaux d'énergie voisins. Le rayonnement réfléchi par les cibles au sol et enregistré par le capteur est codé en format numérique binaire et l'image résultante est en niveaux de gris. Pour un codage en 8 bits, le niveau de gris correspondant au rayonnement réfléchi varie entre 0 et 255 (soit 256 niveaux de gris = 2⁸). En 16 bits, le niveau de gris varie entre 0 et 65535. Deux niveaux de rayonnement voisins peuvent être confondus lorsque le codage est sur 8 bits alors qu'il n'est plus pour un codage sur 16 bits (Soudani, 2005).

7.2. Analyse d'une image satellite

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

7.2.1. Classification non supervisée/ non dirigé

Cette méthode consiste à classer les données d'image numérique, par traitement informatique basé uniquement sur les statistiques d'image sans recours à des échantillons d'entraînement. Elle produit un regroupement naturel des pixels de l'image que l'on nomme regroupement spectral ou classe (les régions de l'image ayant une même signature spectrale ont un type d'utilisation du sol similaire). L'analyste doit ensuite déterminer l'identité de ces

regroupements spectraux. Les principaux algorithmes de classification non dirigée sont : le regroupement par moyenne-K (*K-means*) et le regroupement par *ISODATA* (Girard, 1989).

7.2.2. Classification supervisée

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

8. INDICES DE VEGETATION

En Télédétection, les indices de végétation font partie des méthodes de traitement que l'on appelle les transformations multispectrales. Ils consistent à convertir les luminances mesurées au niveau du capteur satellitaire en grandeurs ayant une signification dans le domaine de l'environnement. Les indices de végétation, comme tous les autres indices, reposent sur une approche empirique basée sur des données expérimentales. Ils sont très utilisés d'une part, pour identifier et suivre la dynamique de la végétation, mais aussi pour estimer certains paramètres biophysiques caractéristiques des couverts végétaux (la biomasse, l'indice de surface foliaire...*etc.*) (Abdelbaki, 2012)

8.1. Principe

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

Le réflectance dans le proche infrarouge augmentent avec la présence de la végétation (forte réflexion par le parenchyme lacuneux), tandis que celles dans le rouge diminuent (pic d'absorption de la chlorophylle) (Abdelbaki, 2012)

8.2. Principaux indices de végétation

De très nombreux indices de végétation ont été construits et utilisés depuis maintenant une quarantaine d'années (Bannariet.al., 1995). Ils prennent la forme soit d'expressions très basiques, simple différence $DVI = R_{NIR} - R_{RED}$ Tucker (1980) ou simple ratio.

$$RDVI = (PIR - R) / \sqrt{(PIR + R)}$$

Rougean et Breon (1995) soit de formules beaucoup plus complexes (Abdelbaki, 2012). On a l'habitude de les classer en familles d'indices selon qu'ils prennent ou non en compte les facteurs externes aux couverts végétaux, tels que l'influence de l'atmosphère, la contribution spectrale des sols, la teneur en eau des végétaux (indices de sécheresse), *etc.*

Tableau01: Indices de végétation définis à partir de données de télédétection.

| Les indices simples | |
|--|--|
| $DVI = \rho_{PIR} - \rho_R$ | Bacour <i>et al.</i> (2006) |
| $RVI = \frac{\rho_{PIR}}{\rho_R}$ | Krieger <i>et al.</i> (1969) ; Jordan (1969) |
| $NDVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + \rho_R}$ | Rouse and Haas (1973) ; Tucker (1979) |
| Les indices de stress hydrique | |
| $MSI = \frac{\rho_{MIR}}{\rho_{PIR}}$ | Hunt and Rock (1989) |
| $NDWI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_{MIR}}{\rho_{PIR} + \rho_{MIR}}$ | Gao (1996) |
| Les indices prenant en compte l'influence des sols | |
| $PVI = \frac{1}{\sqrt{a^2 + 1}}(\rho_{PIR} - a\rho_R - b)$ | Richardson and Wiegand (1977) |
| $SAVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + \rho_R + L} (1 + L)$ | Huete (1988) |
| $TSAVI = \frac{a(\rho_{PIR} - a\rho_R - b)}{\rho_R + \rho_{PIR} - ab + 0,08(1 + a^2)}$ | Baret <i>et al.</i> (1989) |
| $MSAVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + \rho_R + L} (1 + L)$ | Qi <i>et al.</i> (1994) |
| Les indices prenant en compte les effets conjugués des sols et de l'atmosphère | |
| $ARVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_{rb}}{\rho_{PIR} + \rho_{rb}}$ | Kaufman and Tanré (1992) |
| $GEMI = \eta(1 - 0.25\eta) - \frac{\rho_{rouge} - 0.25}{1 - \rho_{rouge}}$ | Pinty et Verstraete (1992) |
| Les indices prenant en compte les effets conjugués des sols et de l'atmosphère | |
| $EVI = G \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + C_1\rho_R - C_2\rho_B + L}$ | Huete <i>et al.</i> (1999) |
| Les indices prenant en compte les températures de surface | |
| $TDVI = \frac{T_S - T_{S(min)}}{a + b NDVI - T_{S(min)}}$ | Sandholt <i>et al.</i> (2002) |

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

8.3. NDVI

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

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

L'Indice de Végétation Différence Normalisée, est un indicateur de la vigueur et de l'activité de la végétation. Le NDVI, est un indice de végétation qui estime la densité foliaire. Il est largement utilisé dans l'analyse de la végétation en raison de sa capacité à mettre en évidence des différences dans la couverture végétale qui ne sont pas facilement visibles autrement. Le calcul de cet indice est basé sur la propriété de réflectance du couvert végétal dans le spectre visible (*RED*) et dans le proche infrarouge (*NIR*). Il varie entre -1,0 (sol dépourvu de végétation) et +1,0 (une forte activité chlorophyllienne).

La normalisation par la somme des deux bandes permet de réduire les effets d'éclairement.

Le NDVI conserve une valeur constante quel que soit l'éclairement global, contrairement à la simple différence qui est très sensible aux variations d'éclairement.

Les valeurs du NDVI sont comprises en théorie entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages, pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, la réflectance étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0. Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7. Les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses.

9. LA TELEDETECTION DANS LE DOMAINE DE L'ÉCOLOGIE VÉGÉTALE AVANTAGES ET INCONVENIENTS

On fait une première évaluation de l'utilisation des images Landsat pour cartographier et évaluer des unités de dégradation de sols.

9.1. Avantages

La Télédétection est un moyen rapide et relativement peu coûteux pour réunir des informations sur les terres quand on ne dispose d'aucune autre source de données ou quand les renseignements sont de médiocre qualité. Pour ces diverses raisons, elle a été particulièrement utile au projet d'évaluation en ce qui concerne le couvert végétal et l'utilisation des terres:

- ☞ Elle permet une délimitation exacte des limites physiographiques.
- ☞ Elle donne la seule complète semblable à une photographie de la totalité de la zone étudiée. Cette caractéristique facilite des déductions quant aux types et causes de dégradation des sols.
- ☞ Elle donne la possibilité de faire des examens multi spectraux répétitifs, annuels ou saisonniers, cet aspect n'a pas été expérimenté, mais un indice a été établi dans les zones tests au moyen des images fournies par satellites cet indice pourra être comparé avec les conditions qui se créeront à l'avenir.
- ☞ L'interprétation des images de satellites pour l'évaluation de la dégradation des sols peut être utilisée à plusieurs niveaux (du 1/5000 000 au 1/1000 000).

9.2. Inconvénients

- ☞ Tous les renseignements de télédétection utilisés pour l'évaluation de la dégradation des sols proviennent de l'interprétation. C'est une tâche longue et onéreuse.
- ☞ Certaines limites d'unités importantes peuvent passer inaperçue là où l'expression physiographique est peu marquée ou masquée par la végétation, comme c'est le cas dans les zones tropicales tests.
- ☞ Les estimations du pourcentage de couvert végétal (mais ce sont les seules dont on dispose) manquent parfois de précision à la petite échelle utilisée, ou à des échelles plus grandes si le pourcentage de végétation est inférieur à 20%. C'est un problème faut vérifier sur le terrain.
- ☞ Elle demande un personnel hautement compétent et expérimenté, et une bonne connaissance de la région à interpréter.

10. CONCLUSION

L'interprétation des images Landsat peut être une technique efficace quand il s'agit de cartographie et d'obtenir des renseignements pour l'évaluation au 1/5000 000 de la dégradation des sols. Comme toute technique, elle a ses points fortes et ses faiblesses et

doit donc être utilisée en combinaison avec d'autres techniques, en particulier avec la méthode paramétrique, car les données qu'elle fournit nécessitent une interprétation ultérieure.

Il vaut mieux l'utiliser dans les premiers stades d'un projet et pour des régions dans lesquelles les données manquent et où la physiographie est vigoureuse, il est indispensable aussi que le personnel de télédétection et le personnel d'évaluation de la dégradation des sols collaborent étroitement à tous les stades de l'interprétation. La télédétection doit être complétée par des vérifications au sol et une information thématique, en particulier quand la physiographie est vague.

L'expérimentation au sol et l'information en retour de la part des utilisateurs de la méthode de l'évaluation de la dégradation sont des éléments capitaux tant pour réaliser l'évaluation que pour améliorer le rôle de la télédétection dans ce domaine. Aux échelles plus grandes (environ 1/1000000), c'est-à-dire au niveau de planification régionale et nationale, l'interprétation des images fournies par les satellites est également prometteuse.

Chapitre III :
Etude des caractères physiques du
milieu

1. INTRODUCTION

Ce chapitre est consacré à une description générale du bassin versant de l'Oued Kramis afin de donner les indications géographiques et biophysiques, bases indispensables à la future compréhension des mécanismes de l'évolution du couvert végétal. En effet, les pentes, l'exposition des reliefs, l'altitude, le réseau hydrographique, la lithologie et le climat se sont des facteurs interdépendants dans une unité géographique. Les principales caractéristiques biophysiques et géomorphologiques d'un bassin versant étudié ont une importance majeure car elles interviennent, et souvent d'une façon combinée, dans l'évolution de changement du couvert végétal.

2. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

2.1. Le choix de la zone d'étude

Le choix du bassin versant de l'Oued Kramis pour la réalisation de ce travail a été motivé par le volume des données déjà disponibles, ça d'une part.

D'autre part, cette étude s'inscrit dans le cadre du projet *Sigmed* (Approche Spatialisée de l'Impact des activités agricoles au Maghreb sur les transports solides et les ressources en eau de grands bassins versants) (créer en 2005) qui a pour objectif général : l'étude de la relation entre les activités humaines et en particulier agricoles, les transferts d'eau et le transport de sédiments dans les bassins versants au Maroc et en Algérie (Mahe et *al.*, 2013).

2.2. Localisation de la région d'étude

Le bassin versant de l'Oued Kramis se situe dans la partie Nord-Ouest de l'Algérie. Les limites géographiques du bassin versant ainsi définie sont entre 36° 16' 44" et 36° 6' 12" latitude Nord, ainsi qu'entre 0° 56' 42" et 0° 39' 18" longitude Est (Projection WGS84, Zone 31 hémisphère Nord).

Il occupe une superficie totale d'environ 304.3 km². Il fait partie du grand bassin versant de Côtiers algérois. L'Oued Kramis prend sa source dans les monts de Taougrite et la partie amont de la commune de Sidi Mhamed Benali à l'Est.

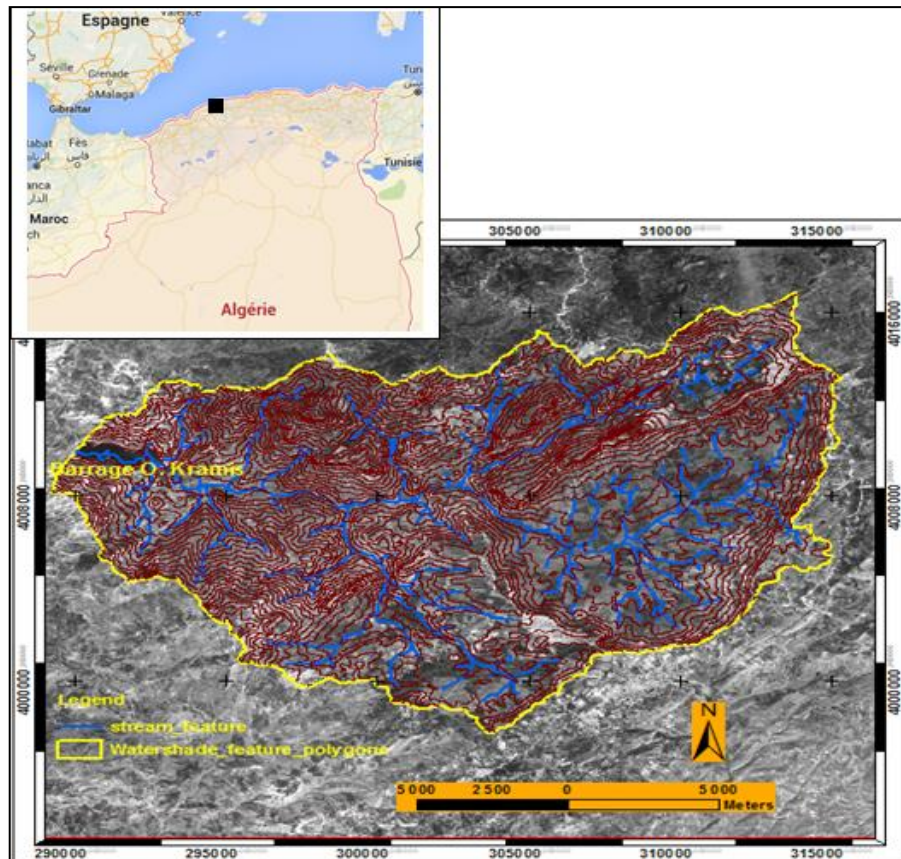


Figure 09 : Localisation de la zone d'étude

Le barrage d'eau de l'Oued Kramis a été mis en service en 2004 pour une capacité de rétention 45 millions m³. Ce dernier doit répondre aux besoins d'approvisionnement en eau potable à une population rurale totale de 11 546 habitants appartient aux communes situées au sein et au autour du bassin versant à savoir les communes: Sidi Mhamed Benali, Mediouma, Dahra, Nekmaria, Achaacha, Khadra, Beni Zentis, El Guettar, Mazouna, Ain Marane et Taougrite et des besoins agricoles par le développement de l'irrigation sur le périmètre de Achaacha d'une surface de 4300 hectares situé à l'aval de la zone d'étude.

2.3. Géologie de la zone d'étude

L'information géologique a été prise de la carte géologique à l'échelle 1/500 000 de l'Oued Okris et de l'étude réalisée par (Caltechnika, 1975) portant sur le reboisement industriel.

Le rapport géologique consulté indique que les formations rocheuses présentes dans la région sont composées de grès carbonatées en surface, d'argile, de calcaire et de marnes en profondeur. La vallée du bassin versant du barrage Kramis est formée par des bancs de sable fin à moyens limoneux.

Des alluvions sableuses sont présentes dans le lit d'Oued et des dunes à l'embouchure.

La carte géologique consultée indique que la zone d'étude est recouverte de roches sédimentaires, plutoniques.

La carte géologique consultée distingue plusieurs types de dépôts quaternaires alluvions (actuelles, récentes, anciennes), les colluvions, les éboulis, les dunes ainsi que les sable.

2.4. Principaux types de substrat rencontrés au niveau de zone d'étude

Nous rencontrons trois types de substrat

Les Grés : leur décomposition donne des sables qui sont facilement transportés par les eaux de ruissellement et le vent, pour aller se déposer sur les terrains à faibles pentes.

Nous rencontrons trois types de grés sur le périmètre.

Grés à ciment calcaire : sa désagrégation est très facile par H_2O des pluies + $CO_2 \rightarrow$ dissolution du calcaire.

Grés à ciment siliceux : sa désagrégation est lente vu que la silice est inaltérable.

Les calcaires : roches plus souvent compactes, constituées essentiellement de carbonate de calcium.

Leur décomposition est liée à la dissolution de calcium par les eaux de pluie chargées de CO_2 .

Leur dissolution laisse un résidu argileux (argile de décalcification) qui sera entraîné par les eaux de ruissellement. Comme la plus grande partie de calcaire est dissoute, il ne se forme pas ou peu de sol.

Seules les variations de température, le gel, l'action de désagrégation des racines peut un calcaire cohérent en cailloutis.

Les sols formés sur calcaire sont le plus souvent pierreux et sans profondeur. Ce sont des sols riches en élément utilisables par la plante, ils se réchauffent vite et sont plus secs.

Les terrains présentant une alternance avec les marnes donnent des sols de meilleure qualité.

Les marnes : les terrains développés sur substrat marneux se prêtent mieux à la forêt. Leur décomposition donne des argiles formant des terrains lourds profonds suivant leur situation, ce sont des sols imperméables, froids, sujettes à l'érosion linéaire et en masse.

Elles se dessèchent très vite, deviennent durs et crevassées. Elles donnent des sols peu favorables aux essences forestières dont les racines se déchirent avec la présence de fente de retrait, une fois le sol desséché.

Calcaire marneux : ce mélange présente un substrat plus cohérent, mais sur les terrains en pente facilement emportés par les eaux de ruissellement, les argiles ont tendance à se détacher des bandes calcaires qui apparaissent sous formes de colluvions caillouteuse très importantes.

Miocène : le miocène inférieur marin, burdigalien, est formé d'une épaisse série monotone d'argile et de marines budes, souvent rubanées, parfois sableuses ou limoneuses. L'étage se termine par un complexe argilo-détartique formé d'une alternance de marnes et de grès grossiers, l'épaisseur de la série peut atteindre de 500 à 600 m.

Le miocène supérieur marin, vindobonien, les formations médianes sont représentées par des couches des marnes bleues, entrecoupées des marnes sableuses, de cierites, de marno-calcaire et localement d'argiles bentonitiques la partie supérieure et constitué par une série de grès calcaire fossilifères que l'on voit passer littéralement aux calcaires à lithothamnées, l'épaisseur de la série peut atteindre de 500 à 800 m.

Pliocène : Le pliocène continental et villafranchien forment une série continental rouge, les sables et les grès faibles alternent avec l'argile, les limons et les poudingues et conglomérats, calcaire la custres et argile à lighite.

Le pliocène marin-astien, série marine finement détritique sableuse ou gréseuse, les grès peu argileux, sauf la partie inférieure, sont le plus souvent à ciment calcaire et peuvent localement passer à des calcaires gréseux, les grès astiens sont des grès calcaire plus ou moins consolidés, de couleur jaune fauve, localement de couche de sable quartzuse à grain fins.

Crétacé : inférieur marin, marnes et argile grés, schisteuses avec couches de grés quartzitiques et avec nodules fer érugineux, moins fréquemment avec couche de calcaires dures, grés foncé, puissance de m environ.

Diphonie : ce résultat de chargement des couches rocheux, est représenté sous forme couche de calcaires dures.

Trias : sont des argiles ou marnes bigarrés plus ou moins gypseuses et salées.

2.5. Types de sol

L'information pédologique a été prise de l'étude (BNEDER, 1998) relativement au schéma agricole de la wilaya de Mostaganem.

L'influence négative du relief qui est accidenté et parfois largement ondulé a conféré aux sols de la zone le caractère de discontinuité.

En effet, il s'agit d'une succession ou d'un ensemble de sols, ils comprennent essentiellement des sols érodés (Lithosols, Régosols) et des sols calcimorphes surtout les rendzines, les sols à sesquioxyde de fer à l'état parfois érodé qui se développent sur matériaux gréseux par endroit, ces unités se caractérisent par affleurements rocheux.

En dehors des sols longeant l'Oued Kramis et les principaux affluents et qui sont alluviaux, le reste du périmètre est représenté par des sols à possibilité agricole très limitée (forte pente), de même leur situation topographique les expose fréquemment aux problèmes d'érosion pluviale (ravinement intense, ruissellement diffus et concentré) qui se traduit par un décapage des horizons de surface favorisé en cela par une couverture végétale pratiquement inexistante.

2.5.1. Sols bruts

Lithosols : ce sont des sols reposants sur des roches dures ne permettant pas la pénétration des racines par contre les régosols reposent sur les roches meubles, faibles ou assez morcelées. Pour permettre une facile pénétration des racines par cette classe, il sera utile de procéder.

Sols peu évolués : sont pauvres en matière organique mais sont plus ou moins colonisés par la végétation. Les boisements sont possibles sur ce type de sol. Les sols, d'apport colluvial modaux sont davantage voués à l'agriculture qu'aux forêts s'ils sont trop caillouteux ou sur une forte pente, ce sont généralement de bons sols profonds.

2.5.2. Vertisols

Du fait des fentes de retrait après le lessivage du et compacité des horizons ces sols ne conviennent pas à la forêt mais constituent de très bonnes terres à céréales si la pente est moins excessive et la pluviométrie suffisante, notons aussi qu'ils des sols profonds ou les racines ne trouvent pas de difficultés pour leur développement.

2.5.3. Sols calcimagnésiques

Rendzines : ils se comportent comme des sols secs avec horizon peu épais, ils donnent des terres de cultures convenables, surtout si le sol est humifère avec une structure grenue.

Les rendzines sont en général défavorables à la régénération si le sol est superficiel et trop filtrant.

2.5.4. Sols bruns calcaires

Quand le sol contient beaucoup de calcaire actif, les essences calcifuges sont à éliminer. Seules les espèces tolérantes ou calcicoles peuvent se développer sur un sol calcaire.

2.5.5. Sols à sesquioxyde de fer

Ils sont en général assez compacts. Les pluies s'infiltrent plus moins mal, ces terrains sont mieux réservés à l'agriculture si la pente est moins accentuée.

2.6. Morphologie du Bassin versant

2.6.1. Hypsométrie

Elle consiste à joindre les points d'égales altitudes; dans le cas où elles sont rapprochées la pente est raide et lorsqu'elles sont éloignées, la pente est faible et le terrain a un aspect plat.

A partir du MNT30 de notre zone d'étude, traité par le logiciel ArcGIS10.2 nous avons élaboré une carte hypsométrique avec des tranches d'altitude de 50 m, et ce pour faire bien ressortir les surfaces correspondantes et avoir une idée sur le degré de pente pour chaque tranche.

Il en ressort:

- ☞ Une altitude moyenne de la zone d'étude de 381.7m.
- ☞ Une partie à faible pente qui correspond aux plaines de la commune de Sidi Mhamed Benali.

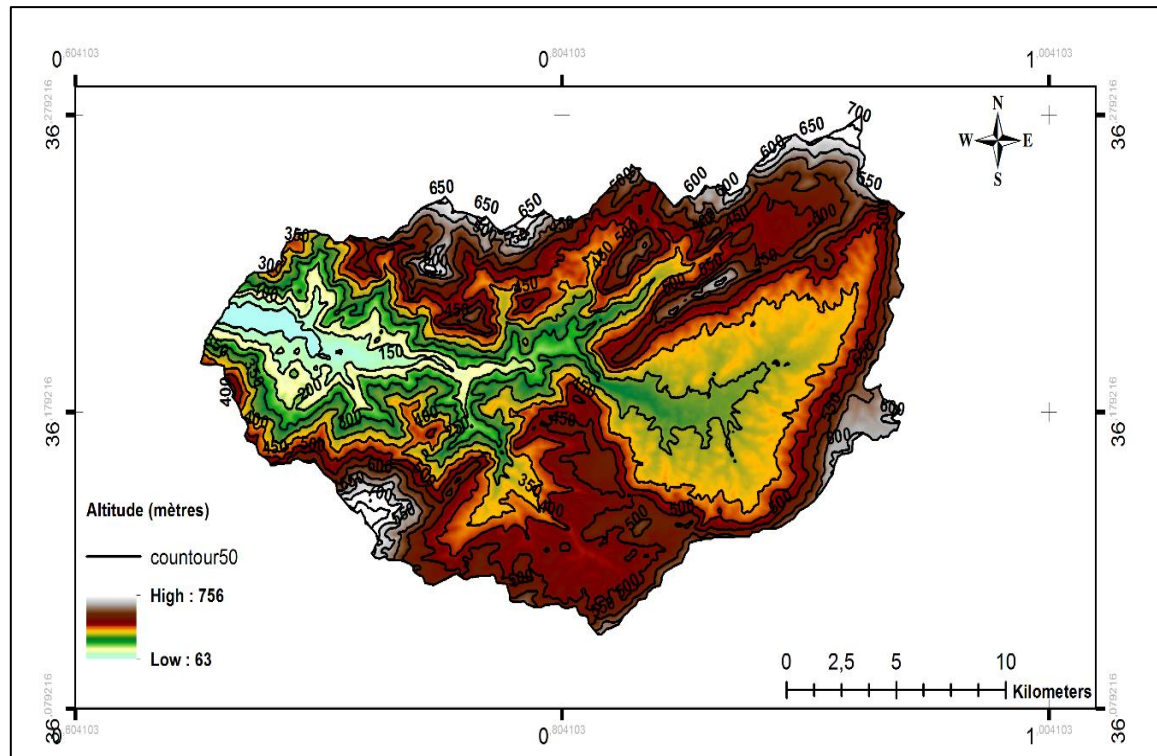


Figure 10 : Hypsométrie de la zone d'étude

2.6.2. Pentés

L'étude des pentes revêt une grande importance en tant qu'élément déterminant l'aspect du relief. Les pentes agissent favorablement sur la dégradation des sols, en effet sur des terrains raides et fragiles les sols soumissent aisément aux différents types de dégradation qu'un terrain à des pentes faibles.

Classe 1 : 0-3%

Cette classe caractérise les terrains à pentes très faibles. On rencontre au niveau de la plaine, cela elle est la plus terrain concerne 28% de la superficie de la zone d'étude se localise principalement au niveau de la plaine Gri et à côté de l'Oued Kramis.

Classe 2 : 3-12.5%

Représente 23% de la superficie totale de la zone d'étude, cette classe caractérise les zones a pentes faible, et assurent la transition entre la plaine et les hautes piémonts.

Cette classe est occupée par des cultures céréalières, il y aura un risque d'érosion réel si les agriculteurs ne pratiquent pas une rotation des cultures.

Classe 3 : 12.5-25%

Cette classe représente la majorité de la zone d'étude qui est très touchée par le ravinement, généralement dans ce cas il existe un risque d'érosion important quel que soit le système de mise en culture (l'utilisation des moyens mécaniques deviennent très difficiles).

Classe 4 : >25%

Inclinaison >25% repérées au niveau des zones les plus élevées haut piémont qui se caractérisent par des versants à pentes fortes (montagne).

Représente 1% de la superficie totale de la zone d'étude où le ravinement est important, il n'est plus possible de pratiquer une agriculture qui nécessite l'emploi des machines.

2.6.3. Exposition des reliefs

L'influence de l'orientation des versants est déterminée par l'intermédiaire des facteurs tels que la durée d'ensoleillement, l'état hydrique du sol et la direction des vents (notamment ceux qui sont dominants). Ces facteurs climatiques ont une influence directe sur le développement et la croissance des végétaux. Dans les régions méditerranéennes, les expositions Sud contrairement à celles du Nord soumissent aux effets de rayons solaires qui réchauffent les sols pendant la saison froide ainsi elles augmentent l'évaporation des eaux pendant la saison sèche. Dans notre étude quatre classes d'expositions sont considérées (N, E, S, et W).

Tableau 02 : Surface des orientations des reliefs

| Les orientations (°) | Surface | |
|----------------------|-----------------|------------|
| | Km ² | % |
| 0-90° Nord (N) | 77.3 | 25.4 |
| 90-180° Est (E) | 76.0 | 25.0 |
| 180-270° Sud (S) | 80.0 | 26.3 |
| 270-360° Ouest (W) | 71.0 | 23.3 |
| Total | 304.3 | 100 |

Les reliefs de la zone d'étude présentent une légère asymétrie. En effet, les versants à exposition Sud ont un pourcentage de surface légèrement supérieur (26,3%) à ceux du

Nord (25,4%), ainsi que les versants à exposition Est avec un pourcentage (25%) supérieur à ceux de l'Ouest (23,3%).

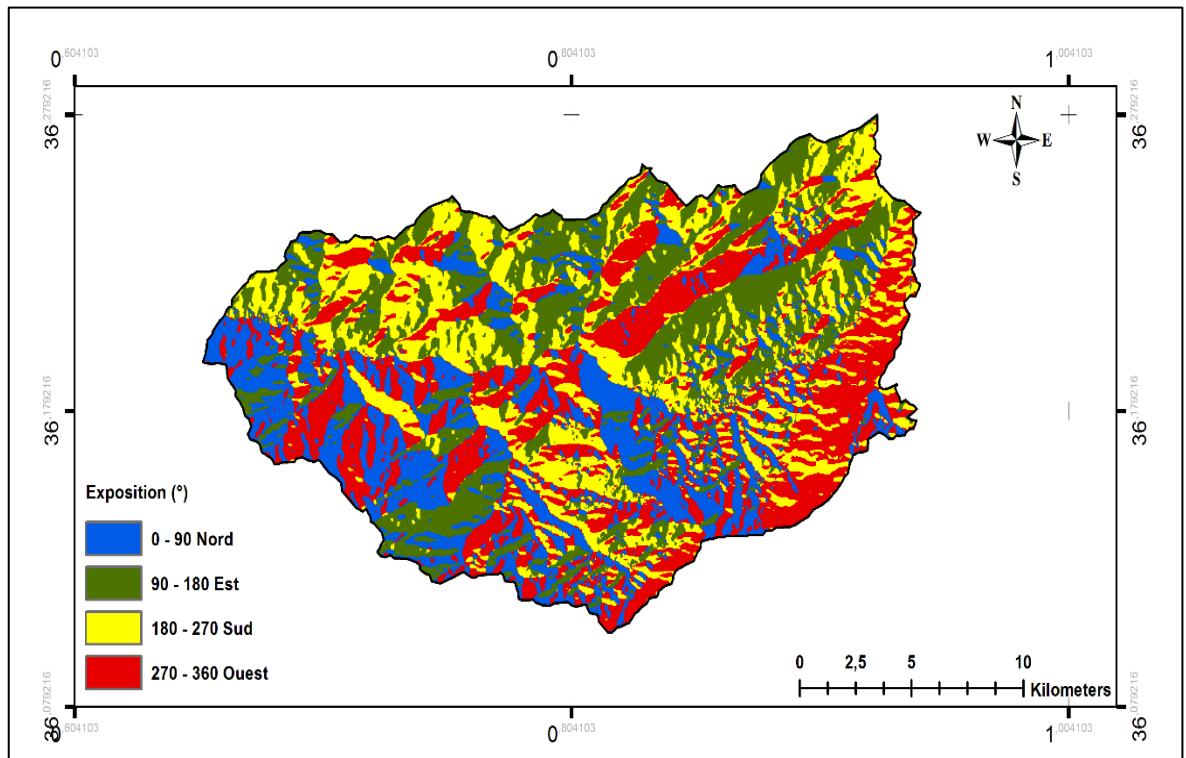


Figure 11 : Expositions des reliefs de la zone d'étude

2.6.4. Réseau hydrographique

Le réseau hydrologique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels ou temporaires qui participent à l'écoulement des eaux superficielles.

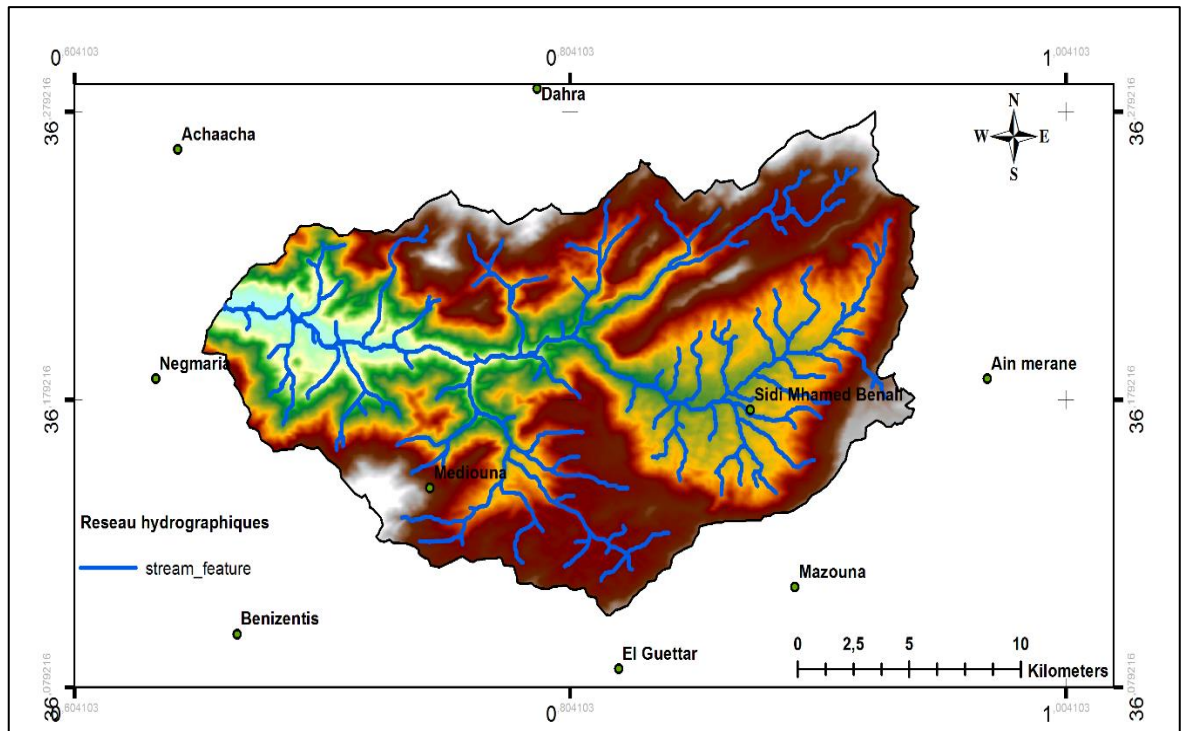


Figure 12 : Réseau hydrographique de la zone d'étude

Le réseau hydrographique constitue le résultat des eaux de ruissellement sur le substrat géologique (Eque, 1984).

Au moyen du logiciel ArcGIS 10.2 et à l'aide de la commande *spatial analyst tools* ensuite *hydrology*, nous avons extrait le réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Kramis. Ce bassin versant est divisé en 18 sous bassins versants et un réseau hydrographique peut aller à un ordre de 5 (figure 12).

2.7. L'Occupation de sol du bassin versant

Dans la planification d'un projet de conservation des sols, la couverture végétale doit être placée au premier rang parmi les moyens pour lutter contre la dégradation des sols.

D'après Kouri (1993), le couvert végétal est un facteur conditionnel important des phénomènes de dégradation, son influence se marque surtout à travers le degré de couverture du sol.

2.7.1. Les forêts

Ce sont des formations végétales composées principalement d'arbres, mais aussi d'arbustes et d'arbrisseaux (Clemen, 1990).

La zone d'étude ne dépose pas des forêts de grandes superficies les seules qui existent sont mentionnées dans le tableau 03.

Tableau 03 : La superficie des forêts existe

| forêts | Superficie (ha) |
|-----------------|-----------------|
| Forêt Chabaibia | 298 |
| Forêt domanial | 220 |
| Araar | 60 |
| Sidi Saïd | 120 |
| Zekri | 40 |
| Saha | 80 |
| Sidi Khalfi | 60 |

Source : DSA(2016)

En effet ces forêts sont constamment soumises aux risques d'incendies à cause des pressions exercées par les populations riveraines, cet état de dégradation est accentué par les attaques d'insectes xylophages (chenille processionnaire).

2.7.2. L'arboriculture et viticultures

Les arbres fruitiers couvrent 88 ha soit 39% de la superficie totale de la zone d'étude, les principales espèces sont les amandiers et l'olivier, la vigne occupe une faible superficie de l'ordre de 145 ha soit 0.05%, elle est localisée sur : Grainiya 24ha, Tamdjet 21ha et Oued Missoum 100ha.

2.7.3. La céréaliculture

Ces cultures riveraines de base sont pratiquées par un nombre important d'agriculteurs, elles occupent les plaines, les collines, et les piémonts.

C'est dans la zone d'étude la céréaliculture couvre plus de 40% de superficie totale, on introduit (le blé, l'orge et l'avoine).

2.7.4. Cultures maraichères

Les cultures maraichères occupent les secteurs irrigués situés dans les vallées à proximité de l'Oued Kramis. Les espèces maraichères saisonnières exigeant des travaux de sarclage (pomme de terre, tomate, oignons,...etc.) sont pratiquées en rotation avec la jachère.

2.7.5. Reboisement

Les escarpements marneux sont reboisés en *Pinus shalpensis*, *Eucalyptus gamphocephala*, *acacia cyanophylla* et *Atriplex halimus* recevant annuellement 231 mm

de pluies par an. Ces reboisements se divisent en deux types; l'un des sols stériles des terrasses qui est clair et l'autre sur des sols n'ayant subi aucun type d'aménagement. Ce dernier apparaît dense.

2.7.6. Steppe

Cette formation est représenté dans bassin versant de barrage Kramis sur des sols superficiels sur marnes vert-clair recevant moins de 230 mm de pluies par an. Le cortège floristique est dominé par *Artemesia herba alba* et *Artemesia compestris* et comporte également *Stipa tenacissima*, *Poabulbosa* et *Ziziphus lotus*. Ces espèces sont broutées par le bétail.

2.8. Etude climatique

Selon Legrain (2002), le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques (température, pression, vent, précipitation...etc.) qui caractérisent l'état de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné, ces phénomènes sont en interaction d'où leur rôle primordial dans le comportement hydrologique des cours d'eau, l'abondance de la végétation...etc. Le climat joue un rôle essentiel dans la répartition et le développement des plantes et la nature du sol.

2.8.1. Les stations pluviométriques

Les données pluviométriques ont été obtenues à partir du site Web (2016) : <http://tn.freemeteo.com/letemps/historique/historique-uotidien/?gid=2492205&date=2015-05-06&station=13004&language=french&country=algeria>. Pour les onze stations (Sidi Mhamed Benali, Taougrite, Mediouna, Ain Merane, Khadra, Dahra, Achaacha, Negmaria, Beni Zentis, El Guettar et Mazouna). Ces stations pluviométriques sont réparties spatialement comme suit : deux stations localisées à l'intérieur et neuf autres sont situées hors de la zone d'étude. Leurs caractéristiques sont données dans le tableau 04.

Pour analyser les différents facteurs climatiques influençant la dynamique spatiotemporelle du couvert végétal sur le bassin versant de l'Oued Kramis à savoir les températures mensuelles (max, min, moyenne et aptitude), le cumul pluviométrique mensuel, nous avons choisis celle de Sidi Mhamed Benali comme étant une station de référence de notre région d'étude. Le choix de cette station a été reposé sur les constatations suivantes :

Les précipitations moyennes annuelles de cette station (398.2 mm/an) sont proches aux précipitations moyennes annuelles de l'ensemble des stations de la zone d'étude (375.5 mm/an avec un écart de 22.7 mm) ainsi que sa localisation au sein de la zone d'étude.

Tableau 04 : Caractéristiques des stations pluviométriques de la zone d'étude

| N° | Nom de station | Projection | | P (mm) | T (°C) | Alt. (m) | Locali. | Nb. Année |
|----|--------------------|------------|--------|--------|--------|----------|---------|-----------|
| | | UTM WGS84 | | | | | | |
| | | X (dd) | Y (dd) | | | | | |
| 1 | Sidi Mhamed Benali | 0.87 | 36.18 | 398.2 | 20.3 | 496 | (+) | 11 ans |
| 2 | Taougrite | 0.94 | 36.30 | 313.0 | 20.1 | 547 | (-) | 11 ans |
| 3 | Mediouna | 0.75 | 36.15 | 348.0 | 19.8 | 488 | (+) | 11 ans |
| 4 | Ain Merane | 0.97 | 36.19 | 335.0 | 20.2 | 436 | (-) | 11 ans |
| 5 | Khadra | 0.55 | 36.24 | 356.0 | 19.9 | 153 | (-) | 11 ans |
| 6 | Dahra | 0.79 | 36.29 | 350.0 | 19.4 | 501 | (-) | 11 ans |
| 7 | Achaacha | 0.65 | 36.27 | 366.0 | 18.8 | 219 | (-) | 11 ans |
| 8 | Negmaria | 0.64 | 36.19 | 394.0 | 20.5 | 132 | (-) | 11 ans |
| 9 | Beni Zentis | 0.67 | 36.10 | 420.0 | 19.9 | 475 | (-) | 11 ans |
| 10 | El Guettar | 0.82 | 36.09 | 430.0 | 21.3 | 485 | (-) | 11 ans |
| 11 | Mazouna | 0.90 | 36.11 | 421.0 | 22.2 | 375 | (-) | 11 ans |

(+) au sein de la zone d'étude, (-) hors zone d'étude

2.8.2. La température

Le facteur thermique a une influence capitale sur les comportements des organismes par le contrôle qu'il exerce sur l'ensemble des processus vitaux. La croissance, l'activité végétative et la production sont étroitement dépendantes de la température.

Les espèces végétales sont plus sensibles aux températures minimales de la saison froide et aux températures maximales de la saison chaude et par conséquent à l'amplitude de leurs oscillations.

Tableau 05: Températures moyennes mensuelles (2004 -2015) de la zone d'étude

| Mois | Jan. | Fév. | Mars | Avr. | Mai | Juin | Juil. | Aout | Sept | Oct. | Nov. | Déc. | Moy |
|------------|------------|------|------|------|------|------|-------|-------------|------|------|------|------|------|
| M | 7.1 | 7.4 | 8.6 | 11.8 | 14.7 | 18.8 | 22.8 | 23.5 | 20.3 | 16 | 11.1 | 7.9 | 14.7 |
| M | 16.2 | 16.9 | 19.1 | 23.9 | 28.3 | 33.4 | 38.1 | 38.3 | 33.1 | 27.6 | 20.4 | 16.4 | 26.9 |
| Moy | 11.7 | 12.1 | 13.9 | 17.9 | 21.5 | 26.1 | 30.3 | 30.6 | 26.7 | 21.8 | 15.7 | 12.1 | 20.8 |
| Apt | 9.1 | 9.5 | 10.5 | 12.1 | 13.5 | 14.6 | 15.3 | 14.8 | 12.8 | 11.6 | 9.3 | 9.0 | 11.7 |

Apt.: écart entre la valeur maximale et minimale*

Tel que :

M : Température moyenne mensuelle des maxima.

m : Température moyenne mensuelle des minima.

(M+m)/2 : Température moyenne mensuelle des moyennes.

L'indice de continentalité

L'analyse de l'indice des écarts thermiques mensuels (M-m) met en relief des températures assez importantes pendant une période allant d'Avril à Septembre. Cet indice moyen interannuel, appelé également l'indice de continentalité, permet de préciser l'influence maritime ou au contraire continentale d'une région donnée.

Debrach (1953) définit quatre types de climats:

Climat insulaire: $M-m < 15^{\circ}\text{C}$.

Climatlittoral : $15^{\circ}\text{C} < M-m < 25^{\circ}\text{C}$.

Climat semi-continentale : $25^{\circ}\text{C} < M-m < 35^{\circ}\text{C}$.

Climat continental : $M-m > 35^{\circ}\text{C}$.

L'indice de continentalité permet de situer notre zone dans un climat insulaire.

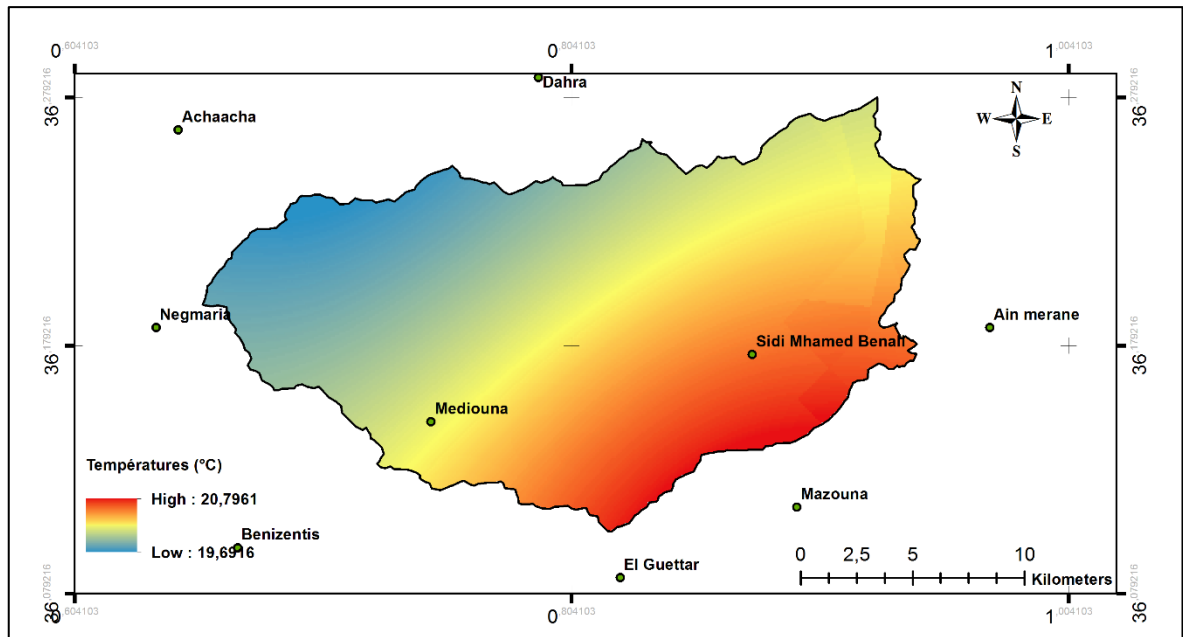


Figure 13 : Répartition spatiale des températures moyennes annuelles sur la zone d'étude

Les températures moyennes mensuelles de chaque station (11 stations, figure13) ont été estimées. D'après la figure13, on remarque que le secteur Sud-Est a enregistré des valeurs relativement élevées par rapport a celui situé au Nord-Ouest de la zone d'étude. Cette variabilité spatiale des températures peut être liée aux conditions géographiques (l'éloignement à la mer, exposition des reliefs, exposition aux vents, durée d'ensoleillements...etc).

L'extrapolation des températures mensuelles de 11 stations métrologiques sur l'ensemble du bassin versant de l'Oued Kramis a été réalisée au moyen de l'ArcGIS 10.2, en utilisant l'outil *Geostatistical analysis Kriging/Cokriging*. Le résultat obtenu a été figuré dans la carte des températures moyennes annuelles (figure 13).

2.8.3. Les précipitations

Les précipitations sont définies comme : «formes variées sous lesquelles l'eau solide ou liquide contenue dans l'atmosphère se dépose à la surface du globe (pluie, brouillard, neige, grêle, rosée» (Legrain, 2002).

Tableau 06: Données climatiques (2004-2015) de la station de Sidi Mhamed Benali

| Mois | Jan. | Fév. | Mars | Avr. | Mai | Juin | Juil. | Aout | Sept | Oct. | Nov. | Déc. | Moy. |
|--------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|
| P (mm) | 36,1 | 85,0 | 53,4 | 42,0 | 27,3 | 8,2 | 2,2 | 4,6 | 17,9 | 27,6 | 58,9 | 34,9 | 398,2 |

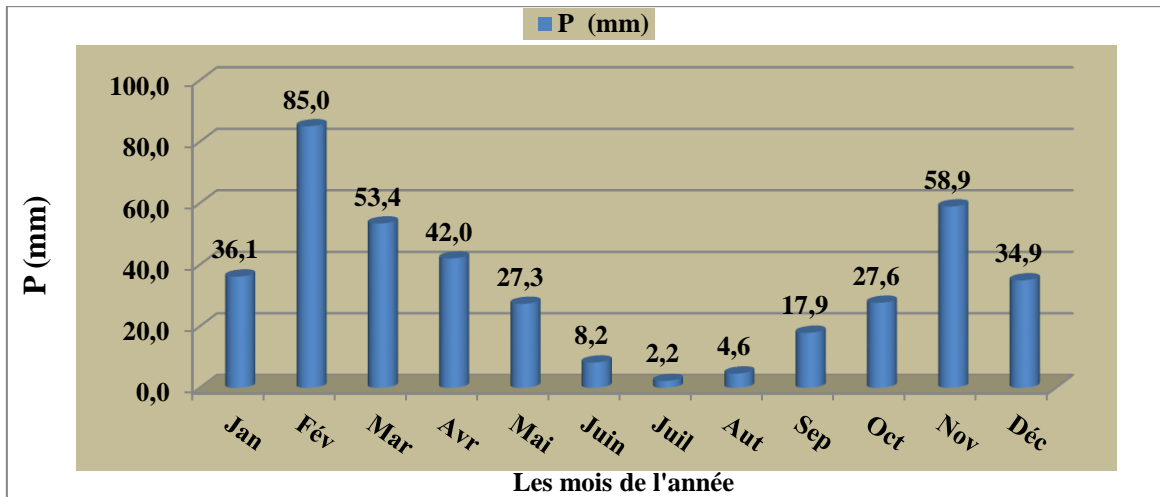


Figure 14: Précipitations moyennes mensuelles (2004 - 2015)

Les cumules pluviométrique mensuels de la station de Sidi Mhamed Benali ont été estimé.

D'après la figure ci-dessus, on déduit que le mois de Février est le mois le plus humide avec un cumul pluviométrique mensuel moyen de 85.0 mm, alors que la valeur minimale du cumule pluviométrique mensuel moyen a été enregistré au cours du mois de Juillet 2.2 mm.

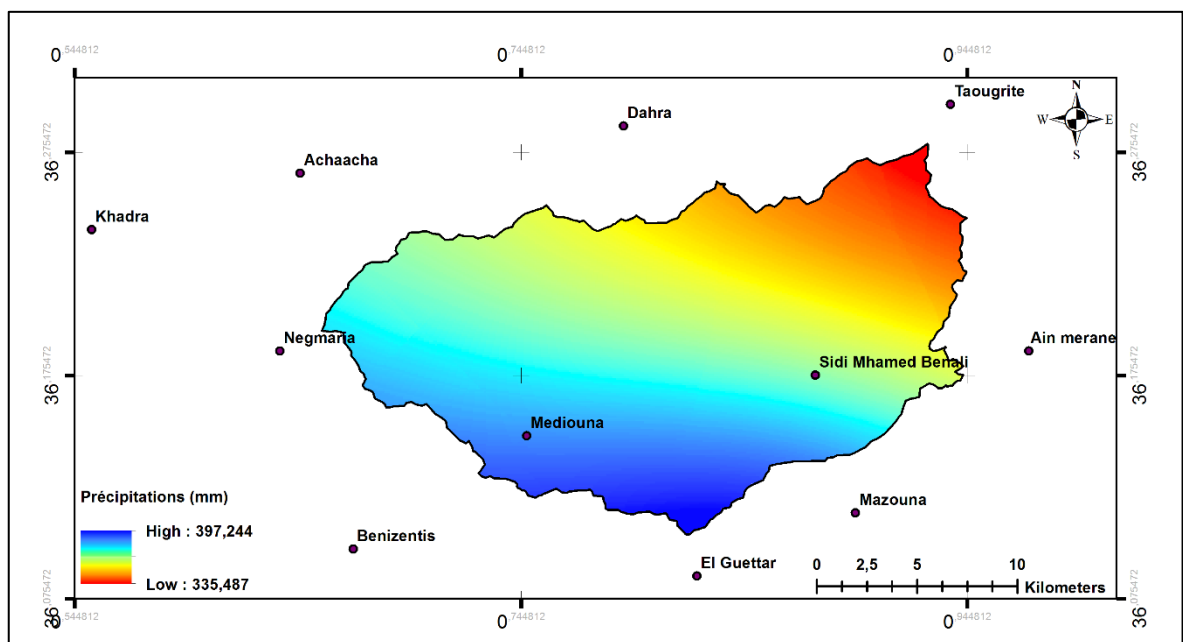


Figure 15: Répartition spatiale des précipitations moyennes annuelles sur la zone d'étude

L'extrapolation des précipitations de onze stations sur l'ensemble de la zone d'étude a été réalisée au moyen de l'ArcGIS 10.2, en utilisant l'outil *Geostatistical analysis Kriging/Cokriging*. Le résultat obtenu a été figuré dans la carte des précipitations (figure 15). On note que les valeurs maximales de précipitations ont été

enregistrées au niveau des stations de Beni Zentis, El Guettar et Mazouna (secteur Sud) avec des valeurs dépassant 420 mm/an, alors que celles minimales ont été observées au secteur Nord de la zone d'étude comme par exemple les stations de Taougrite et Dahra avec des valeurs annuelles ne dépassant pas 350mm.

2.8.3. Synthèse bioclimatique

Fiabilité des données climatiques utilisées (précipitations et températures)

Avant d'entamer l'étude de la synthèse bioclimatique sur notre région d'étude au moyen de deux facteurs climatiques (températures et précipitations), il est très intéressant tout d'abord de vérifier la fiabilité de leurs données observées durant 11 ans pour les 11 stations météorologiques de la zone d'étude.

Après l'application et le teste de différentes techniques de prédiction géospatiale au moyen du logiciel de l'ArcGIS 10.2, la méthode *Ordinary Kriging/Cokriging* a été choisi pour interpoler soit les valeurs des précipitations ou bien celles des températures moyennes mensuelles sur l'ensemble de la zone d'étude. Cette méthode a donné de meilleurs résultats de la validation croisée et de la racine carrée de la moyenne des erreurs (RMS).

Pour toutes les stations météorologiques, la validation croisée compare les valeurs mesurées et prédites (températures et précipitations). Pour estimer l'erreur normalisée, les valeurs mesurées sont soustraites des valeurs prédites et ensuite divisés par les erreurs standards (figure 01 et 02, annexe II).

En générale, le meilleur modèle est celui qui a la moyenne la plus proche de zéro et la plus petite erreur de prédiction de racine carrée moyenne (RMS). Si les erreurs de prédiction ne sont pas biaisées, l'erreur de prédiction moyenne devrait être proche de zéro, mais nous devons toujours avoir à l'esprit que cette valeur dépend de l'échelle des données utilisées (Kouli et *al.*, 2009).

La synthèse bioclimatique est une étape indispensable à tout projet relatif à l'environnement. Elle s'est faite à partir des travaux d'Emberger (1930, 1955); Bagnouls et Gaussen (1953); Thornthwaite (1946) et Sauvage (1963), pour ne citer que ces auteurs.

2.6.3.1. Le quotient pluviothermique et les étages bioclimatiques d'Emberger

L'emploi du quotient pluviothermique (Q_2) est spécifique au climat méditerranéen. Il a été utilisé avec succès en Afrique du Nord et en France méditerranéenne. En effet, ce quotient permet d'apprécier l'aridité des régions méditerranéennes. Les valeurs du Q_2 étant

d'autant plus basses quand le climat est plus sec. Cet indice est calculé par la formule de Sauvage (1963):

$$Q_2 = 1000 \cdot P / (M - m) [(M + m) / 2]$$

Où: P: précipitations moyennes annuelles (mm).

M: température moyenne des maxima du mois le plus chaud (°K).

m: température moyenne des minima du mois le plus froid (°K).

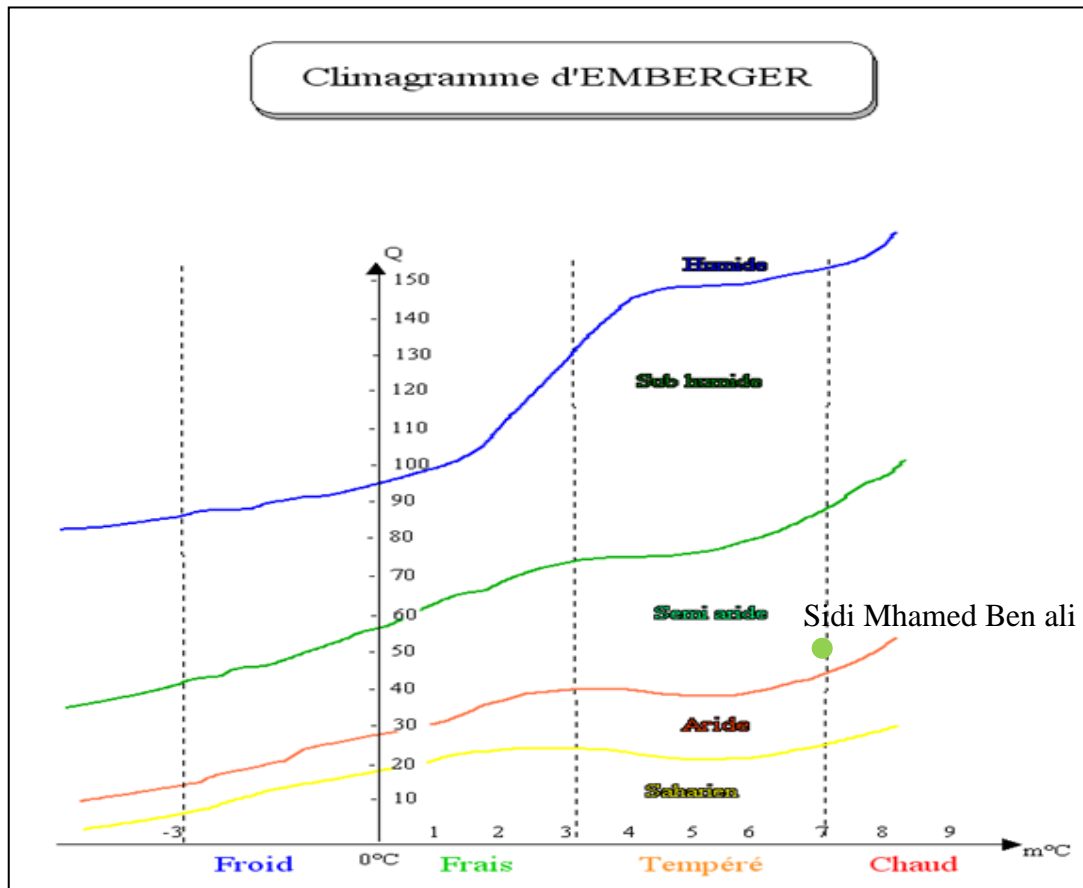


Figure 15 : Climatgramme d'Emberger,L.

Tableau 07: L'indice bioclimatique d'Emberger,L. (l'après Stewart, 1969)

| Station | P (mm) | M °K | m °K | Q ₂ |
|--------------------|--------|-------|-------|----------------|
| Sidi Mhamed Benali | 398,2 | 311,3 | 280,1 | 43,2 |

Pour notre cas :

En se référant au Climatgramme pluviométrique d'Emberger, la station de Sidi Mhamed Benali, avec Q₂= 43,2 et m = 07,1°C. La valeur de Q₂ portée sur le climatgramme en tenant

compte de m, classe la station de Sidi Mhamed Benalide la zone d'étude dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver chaud.

2.8.3.2. L'indice d'aridité climatique de De Martonne (1927)

En se basant sur le régime de précipitations moyennes interannuelles P (mm) et de températures moyennes interannuelles T (°C), l'indice d'aridité est calculé par la formule suivante:

$$I = P / (10 + T)$$

Grille d'interprétation

7,5 < I < 10 climat steppique.

10 < I < 30 climat semi-aride.

30 < I < 50 climat tempéré.

Tableau 08 : L'indice de De Martonne

| Stations P (mm) | P (mm) | T (°C) | T+ 10 (°C) | I |
|-------------------|--------|--------|------------|------|
| SidiMhamed Benali | 398.2 | 20.8 | 30.8 | 12.9 |

D'après le tableau 08, la zone d'étude est caractérisée par un climat semi-aride.

2.8.3.3. Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953)

Les monts Ouest du bassin versant de Côtier algérois ont un climat de type méditerranéen semi-aride caractérisé par une sécheresse estivale prononcée. Selon Bagnouls et Gaussen (1953), une période sèche est définie comme étant celle durant laquelle la moyenne des précipitations (en mm) est inférieure au double de la moyenne des températures (en °C).

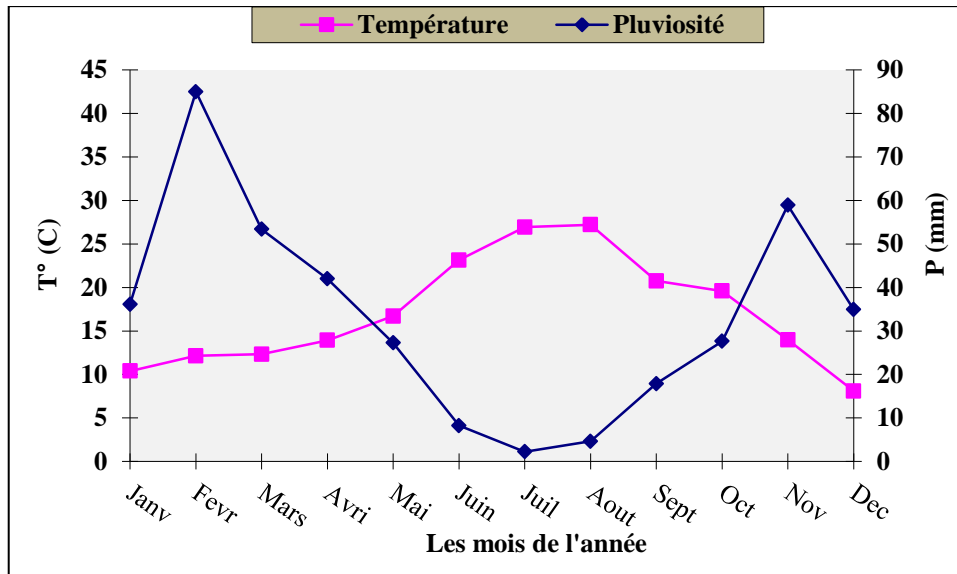


Figure 16 : Diagramme Ombrothermique (station de Sidi M'hamed Benali : 2004-2015)

Le diagramme Ombrothermique montre que, la zone d'étude est caractérisée par une période sèche s'étalant sur six (6) mois : Mai, Juin, Juillet, Aout, Septembre et Octobre.

Le climat du bassin versant de l'Oued Kramis est de type semi-aride, caractérisé dans sa majeure partie par une saison sèche et une saison humide marquée par des faibles précipitations. Ce climat est influencé à la fois par l'altitude qui varie entre 756 m et 63 m et par son ouverture sur la mer, cette dernière assure aussi bien l'humidification que la modération des températures.

3. CONCLUSION

Les reliefs présentent une légère asymétrie, cette asymétrie est due à des différences de pédogénèse, de météorisation et d'ablation selon l'exposition. L'hypsométrie avec des tranches d'altitude de 50 m, nous donne une altitude moyenne de 381.7 mètres.

Le climat est de type semi-aride (398.2 mm/an) dont l'écart thermique atteint parfois 31,2 °C entre Aout et Janvier et où les pluies sont rares et irrégulières. L'étude de la répartition spatiale au moyen de logiciel ArcGIS 10.2 des données pluviométriques en utilisant l'outil *Geostatistical analysis Kriging/Cokriging* montre que, le secteur Sud est plus arrosé que celui situé au Nord. Le mois de Février est le plus arrosé (85 mm) que les autres mois de l'année.

Chapitre IV :
Matériel et méthode

1. DONNEES UTILISEES ET METHODOLOGIE APPLIQUEE

1.1. Données utilisées

La méthodologie adoptée pour cette étude repose sur l'exploitation des données multi-sources (satellitaires, pédologiques, météorologiques et des observations à distance faites sur le terrain par Google-Pro pour identifier les différentes occupations des sols). Toutes ces données sont intégrées et analysées dans un environnement ArcGis 10.2 et MapInfo 8.0, ENVI 4.7 et Excel.

Une image *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) de résolution 30 m et de coordonnées ASTGTM_N36E000 en format *DEM* (*Digital Elevation Model*) obtenue sur le site : <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp> a été utilisée.

Une scène multi spectrale Landsat_8 OLI/TIRS (*Operational Land Imager*) (*Thermal Infrared Sensor*) (2014 à 2015) et Landsat_5 (*Enhanced Thematic Mapper Plus : ETM*) (2004 à 2013) de Path_197/Row_035 a été choisi. Les caractéristiques des images utilisées sont mentionnées dans le tableau 01 en annexe I.

Une carte pédologique détaillée, du bassin versant de l'Oued Kramis à une échelle de 1/50 000 a été obtenue auprès du laboratoire de géomatique Université Mascara.

Des données climatiques instantanées (heure) disponibles sur le site web: <http://tn.freemeteo.com/letemps/historique/historique-quotidien/?gid=2492205&date=2015-05-06&station=13004&language=french&country=algeria> pour les analyses climatiques (température, précipitations, vent...etc) de notre zone d'intérêt ont été fournies. On note que ces données pluviométriques sur onze stations météorologiques couvrent une période de 11 ans (2004 – 2015).

1.2. Méthodologie appliquée

1.2.1. Méthode de délimitation de la zone d'étude

Le bassin versant représente l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et de ses effets. Plus précisément, le bassin versant est une surface élémentaire hydrologiquement close, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que tous les excédents de précipitations s'évaporent ou s'écoulent par une seule section l'exutoire. Le bassin versant, en une section droite d'un cours d'eau, est donc défini comme la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents l'amont de cette section. Il est entièrement caractérisé par son exutoire, à partir duquel on peut tracer le point de départ et d'arrivée de la ligne de partage des eaux qui le

délimite. Généralement, la ligne de partage des eaux correspond à la ligne de crête. On parle alors de bassin versant topographique. Pour délimiter notre zone d'étude, nous avons procédé les différentes étapes schématisées ainsi :

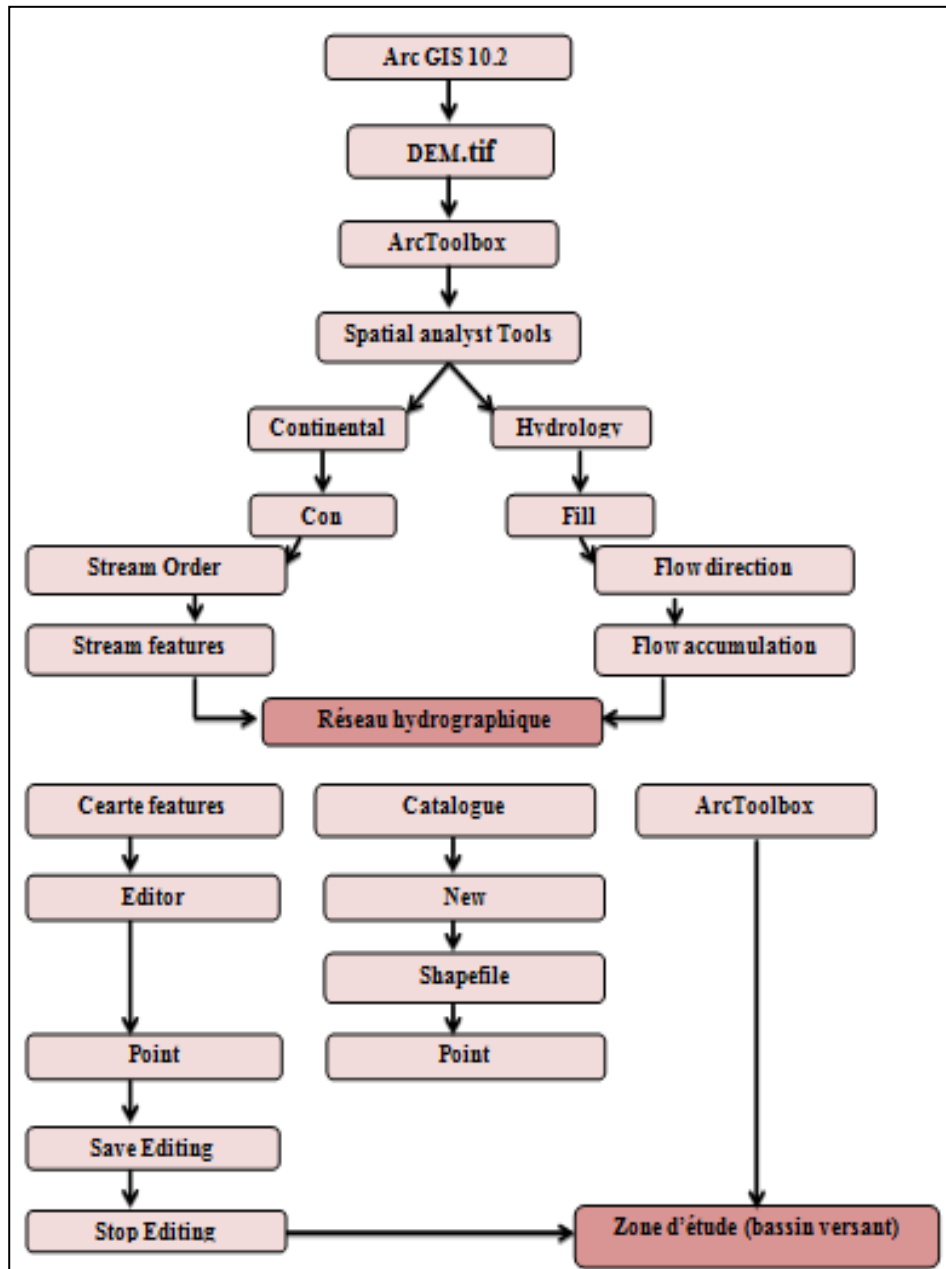


Figure 16: Méthode d'élaboration de la carte hydrographique et de la délimitation de la zone d'étude

1.2.2. Vérification de la fiabilité des données climatiques utilisées (précipitations et températures)

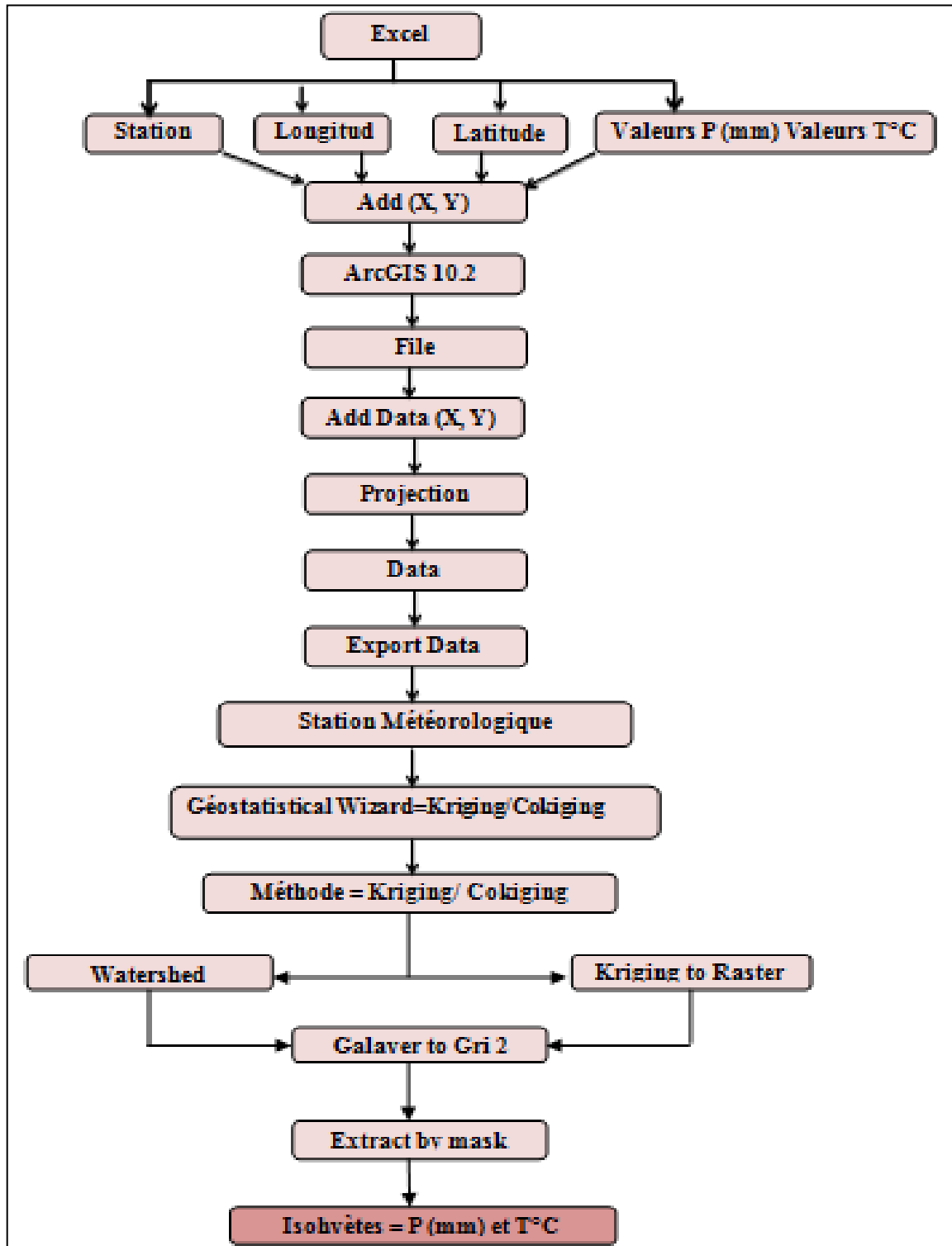


Figure 17: Méthode d'élaboration de la carte de précipitations et de températures / Arc GIS

1.2.3. Méthode d'étude des caractères du milieu: exposition et hypsométrie

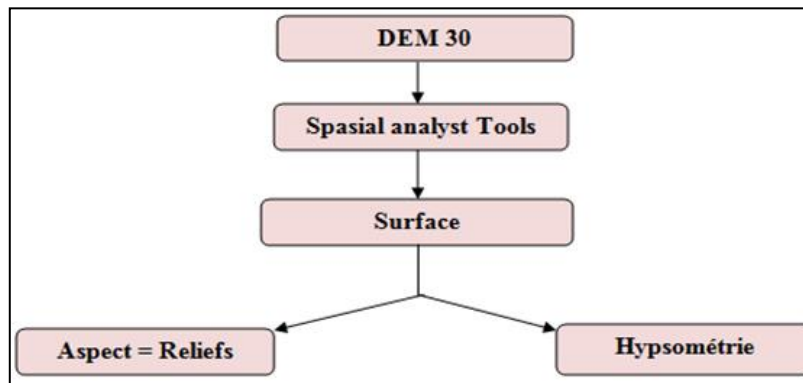


Figure 18: Méthode d'élaboration de la carte topographique /ArcGIS

1.2.4. Méthode de l'extraction du NDVI

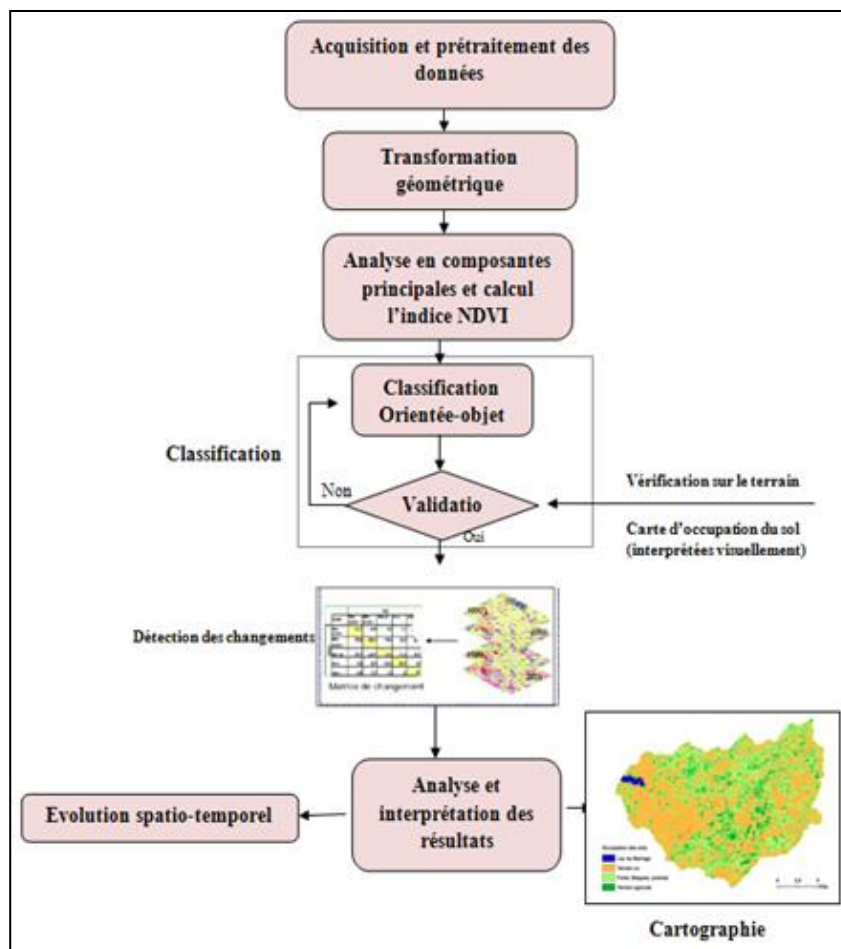


Figure19 : Méthode de calcul du NDVI à l'aide de l'ArcGIS

1.2.5. Les indices de végétation

La conception d'indices de végétation requiert une bonne connaissance des métadonnées des images satellites (conditions physiques et atmosphériques, caractéristiques orbitales, capteurs ... etc.) dans les bandes spectrales auxquelles la

végétation est sensible : il s'agit notamment des canaux visibles rouge (R), proche infrarouge (PIR) et vert. Cette dernière bande est plus dépendante des conditions atmosphériques et pour cela, est moins utilisée dans l'élaboration des indices de végétation. En 1975, Colwell et *al.* propose l'indice de végétation : $VIN = PIR/R$ (VIN : *Vegetation Index Number*). Si cette formule a l'avantage d'être rapide d'utilisation, elle reste très sensible au cycle de l'évolution de la végétation et présente un faible pouvoir de discrimination lorsque le taux de recouvrement du sol est inférieur à 50% (Collet et Caloz, 2001). De plus, le VIN est un mauvais indicateur de la déficience hydrique des plantes.

L'Indice de Végétation Normalisé (NDVI) proposé par Rouse et *al.* (1974) est lui défini par le rapport $NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$, la normalisation permettant de réduire les effets de pente. Les valeurs du NDVI sont proches de 1 pour les surfaces forestières, quasi nulles pour les sols nus et négatives pour les surfaces hydriques. Afin de pallier la présence des valeurs négatives dans le NDVI, Rouse (1974) a proposé un nouvel indice $TVI = \sqrt{NDVI + 0,5}$ (TVI : *Indice de Végétation Transformée*). Cet indice présente quasiment les mêmes propriétés que le NDVI mais, produit une meilleure corrélation statistique en raison de l'utilisation de la racine carré (Bariou et *al.*, 1985).

Au fil de l'évolution des recherches, la définition du NDVI a subi plusieurs ajustements dans le but de réduire les influences atmosphériques ainsi que celles relatives au recouvrement du sol. Afin de compenser les effets atmosphériques qui modifient la luminance des images à différentes dates, Kaufmann et Tanré (1992) ont produit un nouvel indice en intégrant la bande bleue (sensible aux conditions atmosphériques) dans la formule initiale du NDVI: $ARVI$ (*Atmospherically Resistant Vegetation Index*) = $(PIR - RB) / (PIR + RB)$, avec $RB = R - \gamma(B - R)$, γ où dépend de la présence et du type d'aérosols et est calculé suivant une estimation des luminances ou réflectances intrinsèques de l'atmosphère dans les canaux R et B. Mais sa valeur est de 1 en l'absence de ces informations. Par ailleurs, les approches développées par Huete et *al.* (1997) et Baret et *al.* (1993) consistent à réduire la contribution spécifique des sols pour que la sensibilité de l'indice ne concerne que la végétation, dans le cas où celle-ci ne couvre que partiellement le sol: $SAVI$ (*Soil Adjusted Vegetation Index*) = $(PIR - R)(1 + L) / (PIR + R) + L$, où L représente la densité de couverture du sol : elle prend la valeur 1 pour les densités végétales faibles ; 0,5 pour les densités moyennes et 0,25 pour les fortes densités.

Toutefois, si l'introduction de ces formulations plus ou moins complexes permettent d'augmenter la sensibilité de l'indice et mieux représenter certaines situations spécifiques, la plus haute spécification des indices accroît leur complexité et compromet leur

concrétisation ou leur mise en œuvre (Rondeaux *et al.*, 1996 ; Collet et Caloz, 2001). De ce fait et malgré ses limites, le NDVI, moins complexe, demeure le plus utilisé pour suivre les caractéristiques biophysiques des couverts végétaux à leurs différents stades phénologiques (phase active, sèche ou sénescence).

L'indice de végétation normalisé est parmi les indices de végétation proposés depuis les origines de la Télédétection spatiale (Rouse *et al.*, 1974) est devenue l'outil standard de description du comportement spectral de la couverture végétale (Bartholomé, 1993). Cet indice, le plus souvent appelé NDVI selon son abréviation anglaise, est calculé à partir de deux bandes spectrales, le rouge R et l'infrarouge IR selon la formule suivante: $NDVI = (IR - R)/(IR + R)$. Son utilité pour décrire le couvert végétal se base sur le fait que d'une part ce dernier absorbe préférentiellement (mais pas uniquement) l'énergie lumineuse dans les longueurs d'onde du rouge pour la photosynthèse, et réfléchit par contre fortement cette énergie dans le proche infrarouge.

Chapitre VI :
Résultats et discussion

1. EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL

L'objectif de ce chapitre est d'exposer le traitement des séries temporelles des images satellites, pour extraire les informations relatives aux changements d'occupation et l'utilisation du sol sur le bassin versant de l'Oued Kramis, plus précisément sur l'évolution de la couverture végétale.

Il comprend d'une part l'estimation de taux de changement à partir de l'application de la formule de l'indice de couvert végétal normalisé (NDVI) sur les images du capteur Landsat_8 prise pour chaque mois de l'année 2014 (sauf le moi de Janvier à cause de la non disponibilité des images satellites). Cette étude permet la détection les changements mensuels de l'occupation des sols en fonction des facteurs climatiques notamment les précipitations mensuelles. Ces traitements spatiotemporels permettent de déterminer les/ou le mois le plus végétalisé de l'année et de localiser les changements d'occupation des sols. En effet, l'analyse multi-spectrale et multi-temporelle des données satellitaires peut déboucher sur une cartographie évolutive des paysages, utile à la connaissance de la dégradation des sols ou vers une remontée biophysique de l'occupation de ces sols.

D'autre part, il comprend l'étude de la variation spatio-temporelle de la végétation à partir des valeurs du NDVI des images satellites de trois séries : année 2004, 2011 et 2014.

Cette étude serve à caractériser finement les variations de la végétation en fonction de l'utilisation du bassin versant de l'Oued Kramis par la communauté rurale existante dans ce site à vocation agricole.

La méthode de classifications de différents types d'occupation des sols à partir des observations au moyen de Google Earth Pro. A été choisie. Le principe de cette méthode est basé sur la digitalisation des objets terrestres ayant le même type d'occupation. Par exemple sur le Google Earth Pro. Pour une date précise (jour, mois et année) on digitalise tout d'abord certain nombre des objets pour chaque type d'occupation : surfaces d'eau, sol nu, formation forestière, surfaces bâties, badlands, cultures céréalières, steppes,etc) ensuite on choisi une image satellite qui a la même date avec celle de Google Earth Pro. Les valeurs du NDVI correspondantes aux objets digitalisés à l'aide de l'ArcGIS 10.2. sont calculées. On note que l'approche de classification orientée-objets a été utilisée largement dans le monde (Diello et *al.*, 2005; Huong Hoang et *al.*, 2010).

Afin de faciliter l'étude de changement d'occupation des sols et après seuillage nous avons retenu trois classes d'occupation des sols. Ces classes sont figurées dans le tableau 09.

Tableau 09 : les classes d'occupation des sols du bassin versant de l'Oued Kramis

| Type d'occupation | Classes |
|------------------------------|------------|
| Sol nu | (-1) – 0.2 |
| Végétation moyennement dense | 0.2 – 0.3 |
| Végétation dense | > 0.3 |

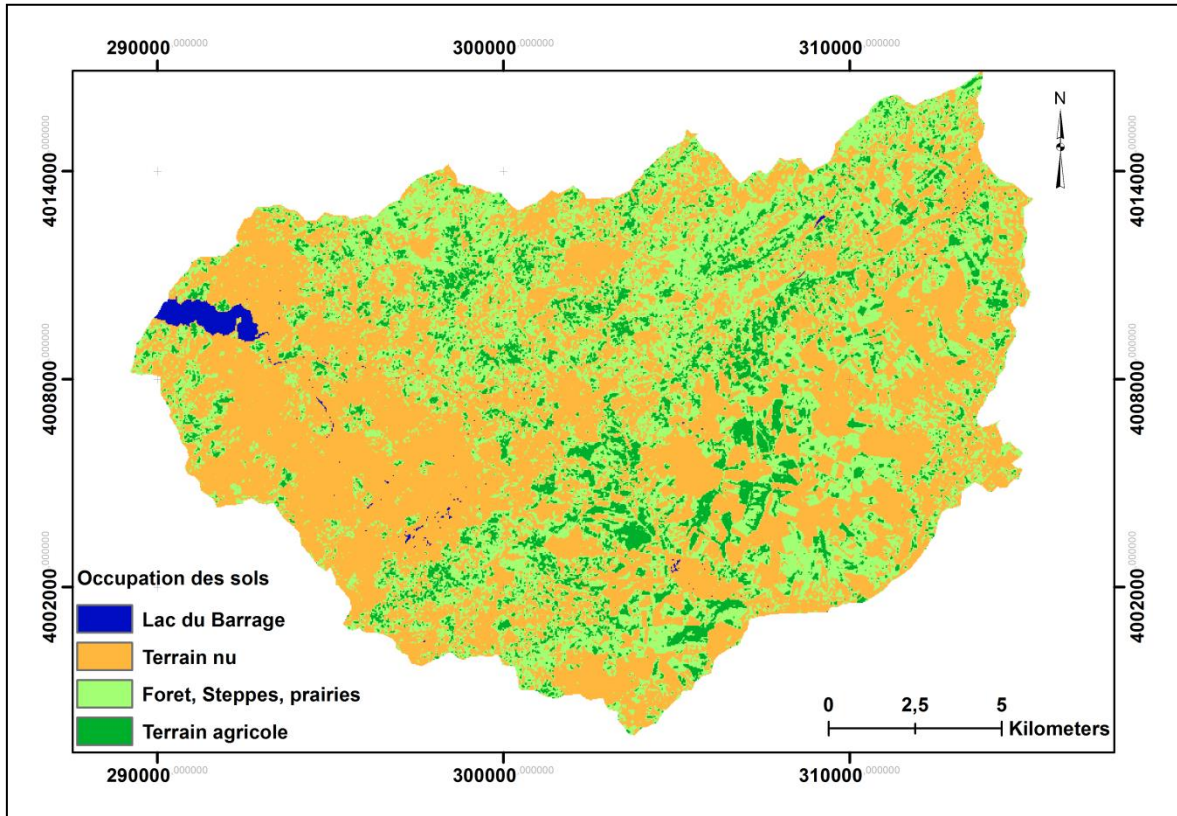


Figure 20 : Carte d'occupation des sols

Les résultats de l'étude spatiale de l'occupation des sols nous permet de constater que le secteur Est (en amont) du bassin versant connue une activité agricole importante (Figure 20), tandis que le secteur Ouest (en aval) est caractérisé par des sols nus y compris les surface d'eau, des surfaces boisées (*Pinus halpensis*, *Eucalyptis gamphocephala*, *acacia cyanophylla*), des formations steppiques (*Artemesia herba alba*, *Artemesia compestris*, *Stipa tenacissima* et *Poa bulbosa*), des prairies, des pâturages et les badlands.

2. DETECTION DES CHANGEMENTS

Les données du NDVI utilisées sont issues du capteur. Ce capteur offre une couverture mensuelle avec une résolution spatiale d'environ 30 m².

Le NDVI décrit la différence de réponse spectrale de la chlorophylle des végétaux entre le canal rouge et infrarouge suivant l'équation cité dans le chapitre Matériel et méthodes. Les données brutes sont des images en niveau de gris (les valeurs des pixels varient entre 0

et 255). Lorsque le NDVI est supérieur à 0,1, le type de couverture terrestre est identifié comme couvert végétal, qui est également utilisé pour déterminer la saison de croissance de la végétation (Cuomo *et al.*, 2001; Lanfredi *et.al*, 2003).

Les changements dans le couvert végétal peuvent être déduits du NDVI. Plus la valeur NDVI est élevée plus la végétation est, dense. Selon les lois de croissance des plantes et les caractéristiques de variation du NDVI, le maximum annuel du NDVI reflète le meilleur état de la végétation en un an (Huang *et al.*, 2001).

Dans cette partie, on a élaboré tout d'abord des cartes mensuelles du changement de l'occupation des sols pour l'année 2014 en prenant compte les trois classes : sol nu, végétation moyennement dense et végétation dense. Ensuite on a fait la même démarche pour la variabilité saisonnière de l'année 2014.

La détection annuelle du changement de l'occupation des sols pour les périodes 2004, 2011 et 2014 a été interprétée au moyen des cartes thématiques. Les gains et les pertes de l'occupation des sols sont calculés entre l'année 2004 et celle 2014.

2.1. Variation mensuelle l'année 2014

Selon les valeurs du NDVI obtenues après seuillage, trois classes d'occupation du sol ont été retenues: sol nu (surface d'eau, surfaces bâties, badlands, ...), végétation moyennement dense (boisement, steppes, pâturages et prairies) et végétation dense (grandes cultures : blé et orge en forte activité chlorophyllienne durant la période printanière).

Tableau 10 : les différents types d'occupation des sols dans le bassin versant de l'Oued Kramis

| Occupation (%) | Fév. | Mars | Avr. | Mai | Juin | Juil. | Aout | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| sol nu | 50.3 | 25.6 | 27.0 | 77.5 | 91.2 | 90.9 | 94.5 | 95.5 | 96.7 | 94.9 | 85.7 |
| Végétation moyennement dense | 34.6 | 33.4 | 30.2 | 21.4 | 8.0 | 7.9 | 5.1 | 4.2 | 3.2 | 4.9 | 12.6 |
| Végétation dense | 15.1 | 41.0 | 42.8 | 1.1 | 0.8 | 1.2 | 0.5 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 1.7 |
| Total des surfaces végétalisées | 49.7 | 74.4 | 73 | 22.5 | 8.8 | 9.1 | 5.6 | 4.4 | 3.3 | 5.1 | 14.3 |

D'après les résultats mentionnés dans le tableau 10, on constate que les deux classes: végétation et sol nu ont subi un grand changement annuel au cours de l'année 2014. En effet, la majeure partie de la zone d'étude dépourvue de végétation correspond à la période qui s'étale entre le mois de Mai et le mois de Décembre (77.5%, 91.2%, 90.9%, 94.5%, 95.5%, 96.7%, 94.9% et 85.7%). Contrairement à la période printanière : Février, Mars et Avril, on remarque une évolution de la superficie végétale : 49.7%, 74.4% et 73 % respectivement.

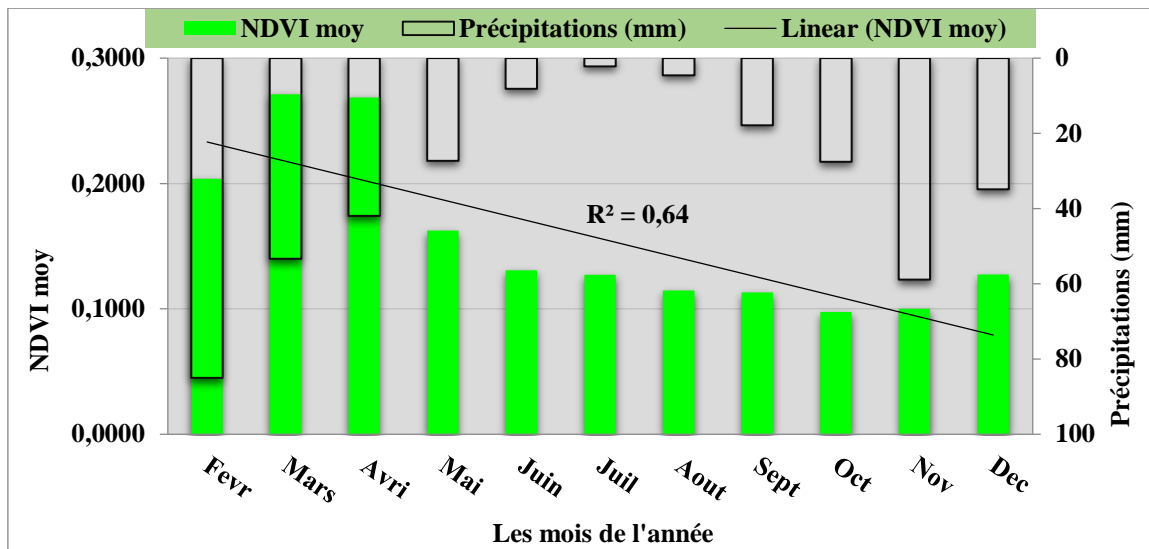


Figure 21 : Dynamique du NDVI moy et les précipitations mensuelles durant l'année 2014

Le coefficient de détermination R^2 entre l'indice de végétation (NDVI) et le cumul pluviométrique mensuel est de 0.64 sur l'ensemble de la zone d'étude (figure 21). Les précipitations mensuelles maximales sont enregistrées durant le mois de Février (85 mm), tandis que les valeurs minimales sont observées durant le mois de Juillet (2.2 mm) (figure 14, chapitre étude du milieu). La figure 21 montre que les histogrammes des précipitations qui ont des valeurs maximales coïncident avec les valeurs maximales du NDVI moyen.

Notre résultat est en accord avec d'autres études effectuées sur le même aspect. José et al. (2009) ont trouvé une corrélation entre les variables précipitations du NDVI pour la région sahélienne entre 200 et 500 mm de précipitations par an avec un R^2 moyen de 0.6. Ces auteurs montrent également que les régions semi-arides présentent une forte corrélation entre ces deux variables, car dans ces régions, l'eau est le facteur limitant essentiel de la production primaire, ce qui n'est plus le cas lorsque les précipitations deviennent supérieures à 800 mm/an. Cette relation est censée être plutôt linéaire d'après les études menées par Nicholson et d'autres chercheurs. Cet auteur avait trouvé une relation linéaire entre ces deux variables au dessous de 1000 mm/an. Selon Nicholson, à partir de ce seuil on peut considérer que cette relation devient logarithmique à cause de l'effet de saturation de l'indice de végétation pour un niveau élevé de précipitations.

2.2. Variation saisonnière de l'année 2014

Une comparaison de l'occupation et de l'utilisation du sol a été effectuée pour les quatre saisons (Printemps, Eté, Automne et Hiver) de l'année 2014. Cette comparaison permet d'identifier les surfaces du sol nu et les surfaces du sol couvert au cours des saisons de l'année 2014 en se basant sur les valeurs du NDVI moyen, tableau 11.

Tableau 11 : Croisement des classes des sols nus / sols couverts durant les saisons de l'année 2014

| Classes | Printemps | Été | Automne | Hiver |
|---------------|------------|------------|------------|------------|
| Sol nu % | 77.5 | 93.4 | 94.9 | 70.6 |
| Sol couvert % | 22.5 | 6.6 | 5.1 | 29.4 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 |

D'après les résultats mentionnés dans le tableau 11, nous constatons que la période humide : Hiver et Printemps a un pourcentage relativement élevé de l'occupation des sols: 29.4 % et 22.5 %, respectivement par rapport à la période sèche : Eté et Automne : 6.6 % et 5.1 % respectivement. Cette variation est due principalement à la quantité des précipitations. Le cumul pluviométrique mensuel de la période humide est de 310,3 mm, tandis que le cumul pluviométrique enregistré durant la période sèche ne dépasse pas 87.9 mm.

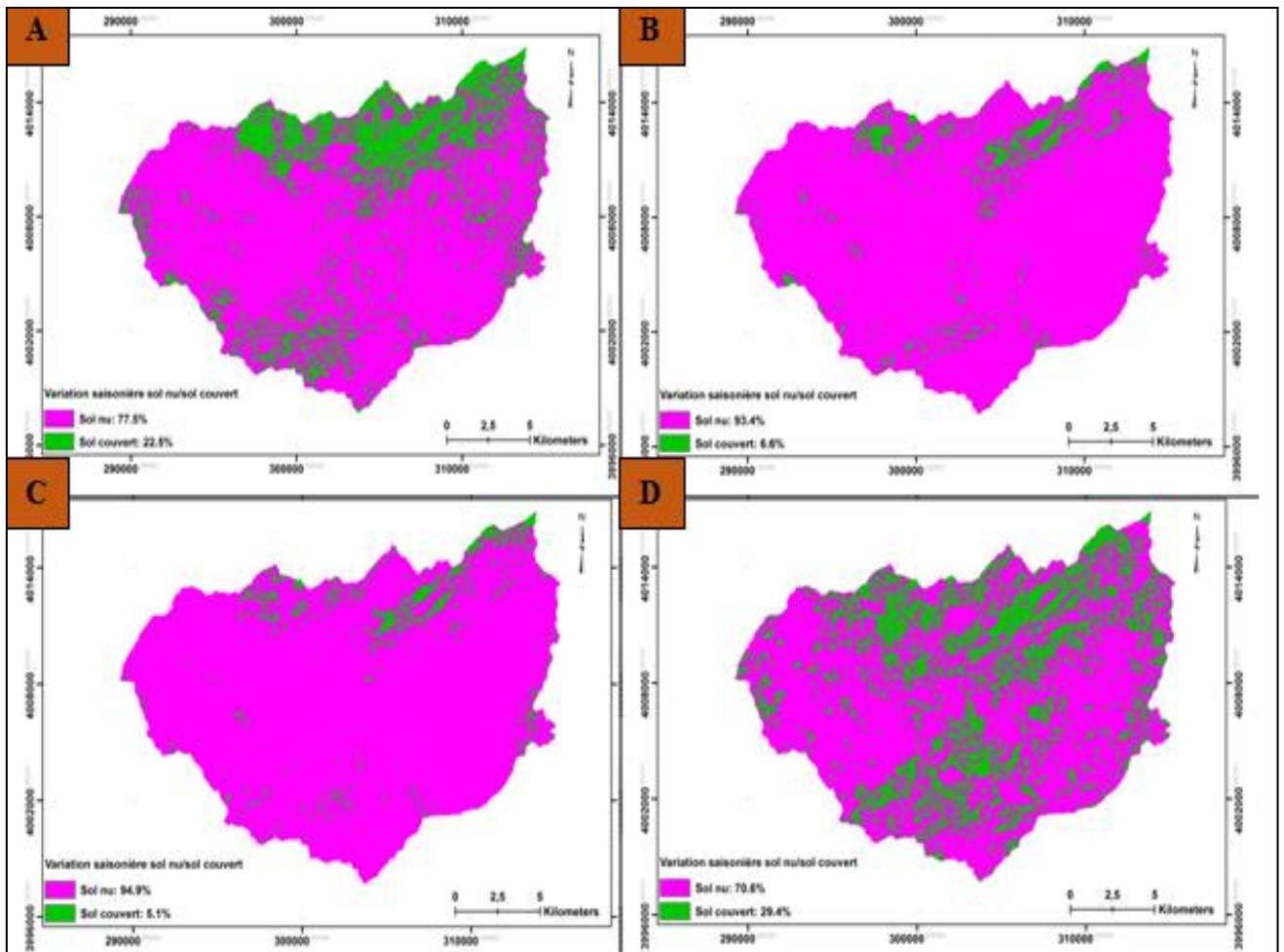


Figure 22 : La dynamique saisonnière de l'occupation des sols pendant l'année 2014

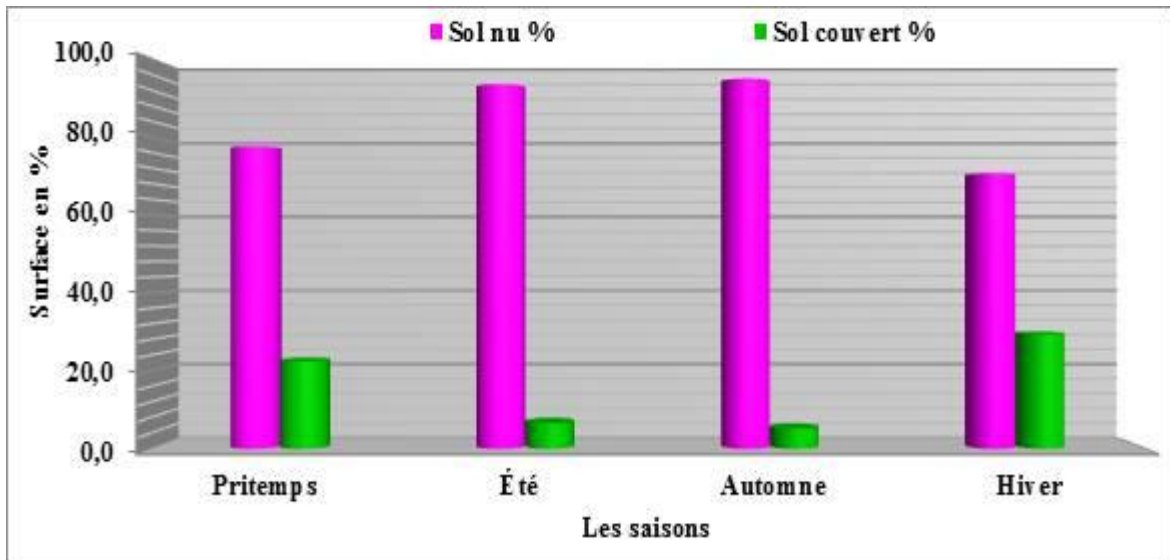


Figure 23: Croisement des classes des sols nus/ sols couverts durant les saisons de l'année 2014

2.3. Variation annuelle (2004 – 2011- 2014)

La détection du changement annuel de l'occupation des sols de notre zone d'étude a été effectuée sur les 6 mois de la période sèche (Mai, Juin, Juillet, Aout, Septembre et Octobre) de chaque année 2004, 2011 et 2014.

Ce choix repose sur les constatations suivantes:

- ☞ La disponibilité des images satellites communes entre deux périodes : 2004 et 2014 ;
- ☞ La majorité des études effectuées sur le même aspect prennent en considération uniquement la période sèche de l'année (Bahri et *al.* (2012); Mougnot et Cailleau, 2014; Noyola et *al.*, 2014);
- ☞ L'impact des facteurs influençant le changement du couvert végétal est remarquable pendant la saison sèche de l'année dans les régions méditerranéennes arides et semi-arides.

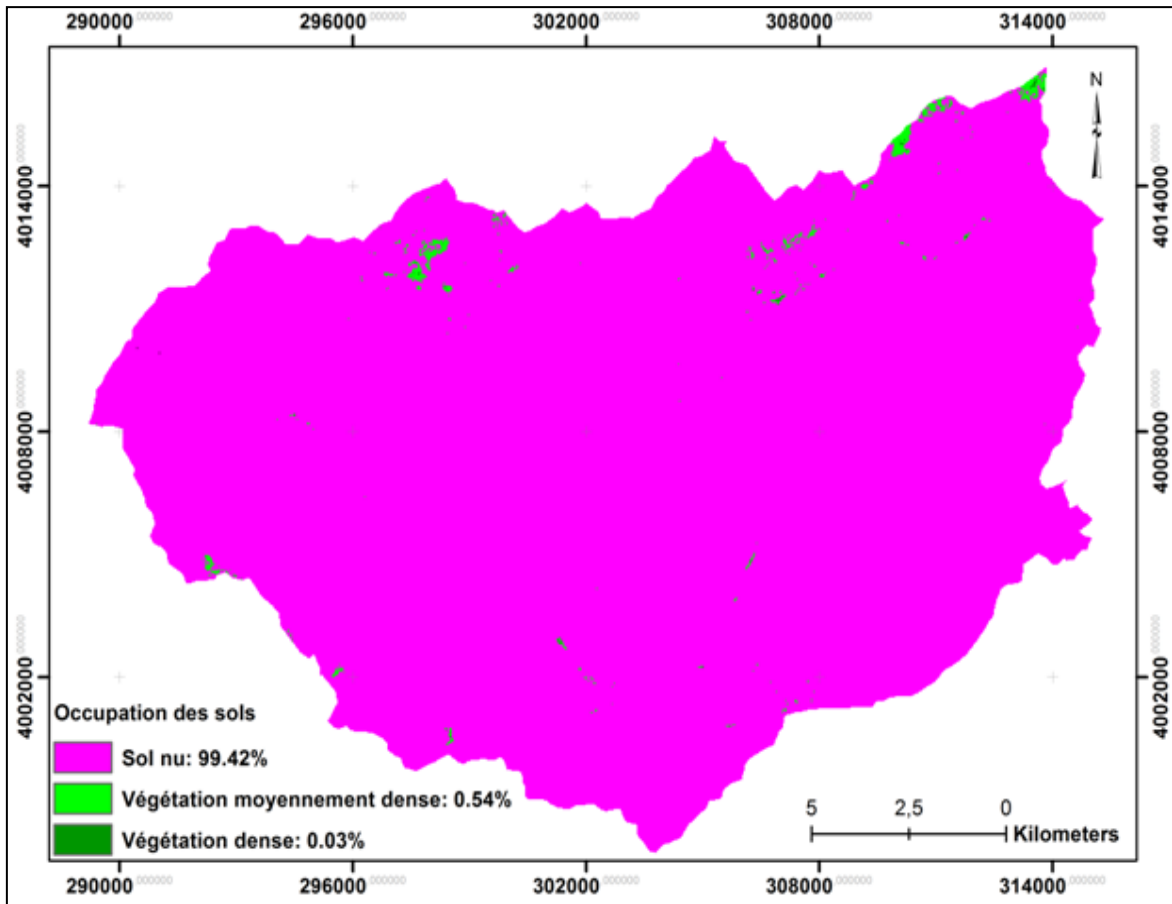


Figure 24: L'état d'occupation des sols pendant la période sèche de l'année 2004

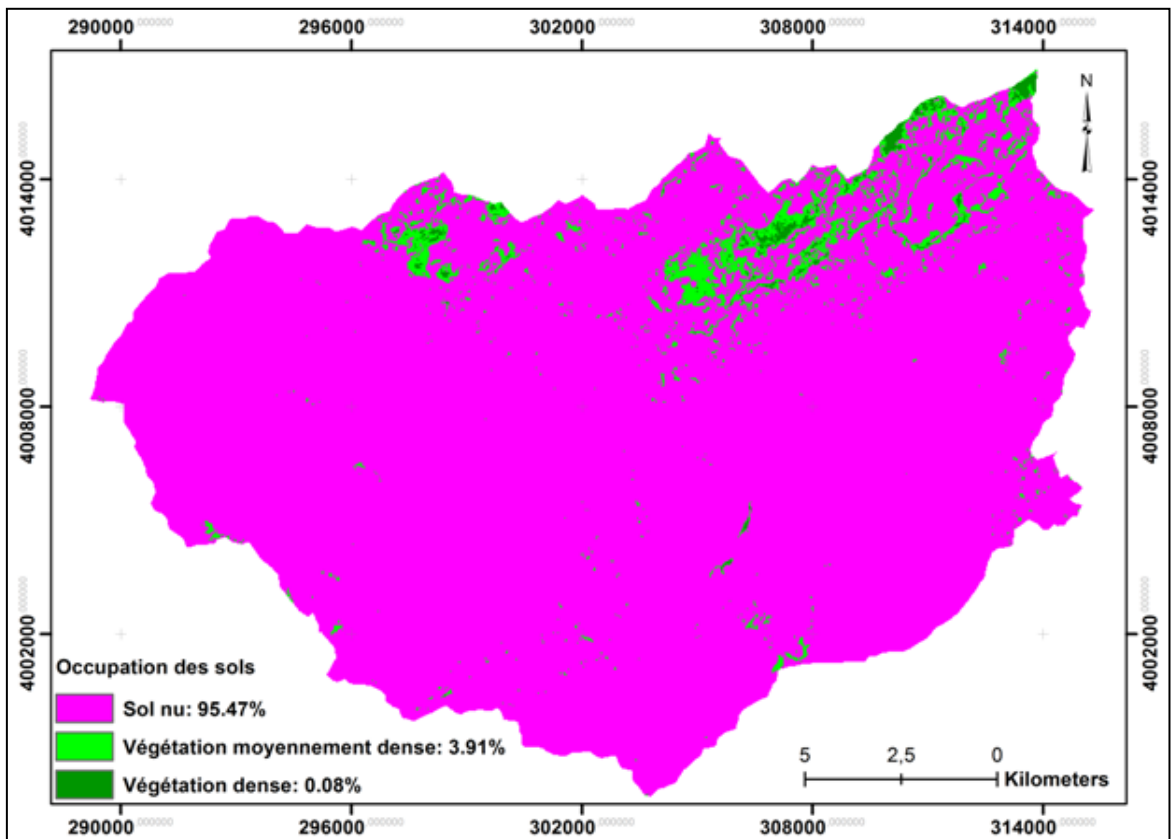


Figure 25 : L'état d'occupation des sols pendant la période sèche de l'année 2011

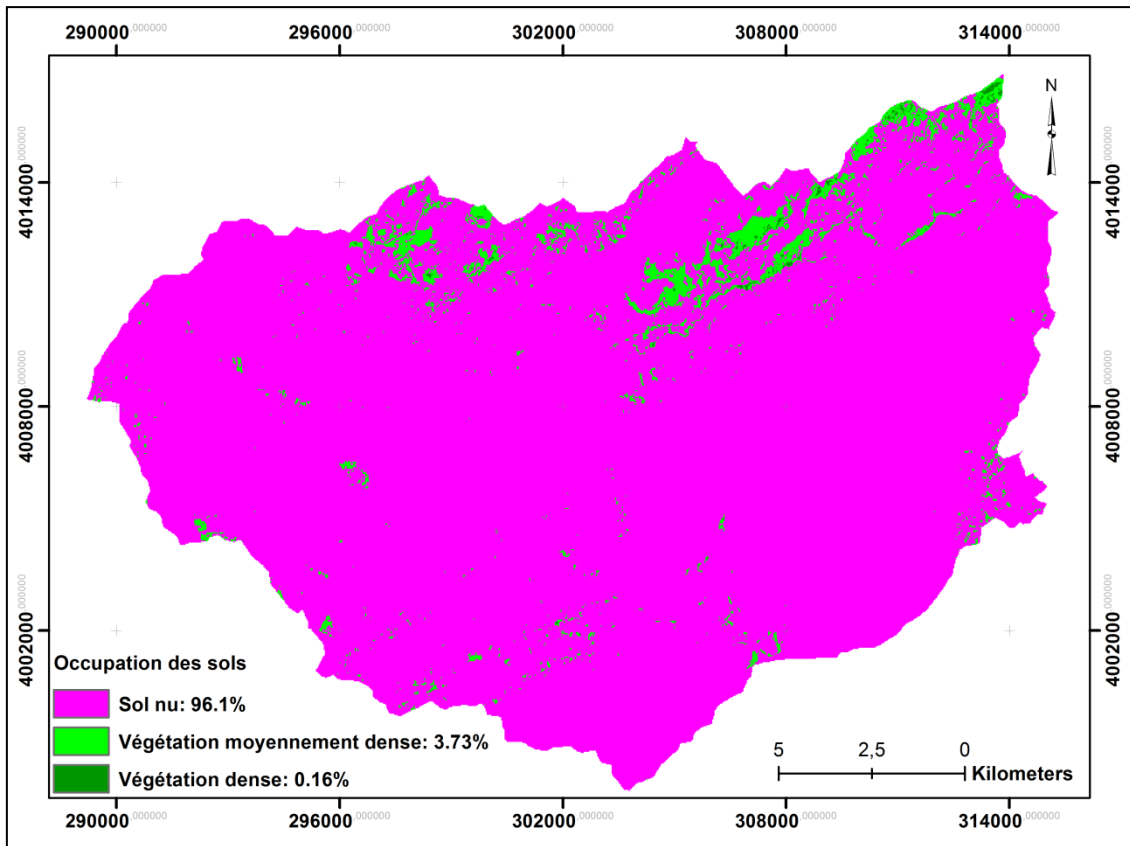


Figure 26 : L'état d'occupation des sols pendant la période sèche de l'année 2014

D'après les figures 24, 25 et 26, l'étude diachronique de trois périodes: 2004, 2011 et 2014 montre que le changement d'occupation des sols de la zone d'étude a connu une légère variation interannuelle. En effet, entre l'année 2004 et l'année 2011 on a enregistré une amélioration de l'occupation des sols avec un écart de 3.9%, tandis que la période entre l'année 2011 et celle de 2014 on a observé une régression du couvert végétal atteignant un écart de 0.6%.

L'utilisation des valeurs maximales du NDVI (NDVImax) permet de conserver la valeur la plus élevée du NDVI pour chaque pixel au cours d'une période donnée pour évaluer la dynamique de la végétation (Holben, 1986).

Le NDVImax est défini comme le NDVI maximal pour un intervalle de temps. Le NDVImax décadaire, mensuel et annuel peut être un indicateur fiable des variations qui peuvent affecter l'état du couvert végétal. Il permet aussi de montrer la nature des variations interannuelles de la végétation et de déterminer le lien entre ces variations et celles des conditions climatiques et/ou encore celles induites par l'homme.

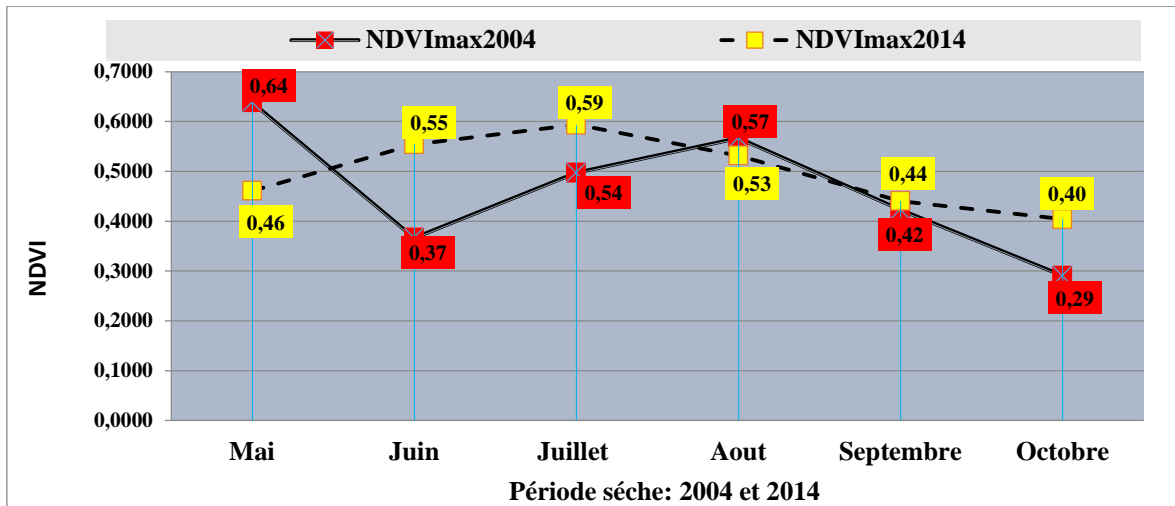


Figure 27: Variation mensuelle du NDVImax au cours de la période sèche de l'année 2004 et celle 2014

Si on examine les valeurs du NDVImax pendant la période sèche de l'année 2004 mentionnées dans la figure ci-dessus, on remarque que les valeurs maximales du NDVImax se sont produites durant le mois de Mai et le mois d'Aout avec des valeurs de 0.64 et de 0.57 respectivement et au delà de ces deux mois on enregistre toujours une diminution des valeurs du NDVImax en atteignant une valeur minimale à la fin de mois d'Octobre (0.29).

Pour la période sèche de l'année 2014, les valeurs maximales du NDVImax se sont produites au cours de Juin et Juillet, ensuite une régression durant les autres trois mois (Aout, Septembre et Octobre) de cette période en arrivant à une valeur du NDVImax de 0.40 à la fin de mois d'Octobre.

Cette fluctuation inter mensuelles des valeurs du NDVImax durant la période sèche, en particulier celles de l'année 2004, est due principalement à l'irrégularité des précipitations au cours de cette période. En effet, les valeurs de précipitations enregistrées durant les mois de Juillet et Aout sont respectivement 21 mm et 35 mm, contrairement au mois de Juin qu'a un cumul mensuel ne dépassant pas 4.5 mm.

2.4. Gains et pertes interannuels de l'occupation des sols

Le résultat de rapport du $NDVI_{2014}$ moins du $NDVI_{2004}$ est une image des changements survenus dans la zone étudiée. Les valeurs de cette image sont comprises entre -0,29 et 0,32.

Afin de faciliter l'interprétation des gains et des pertes de l'occupation des sols sur la période qui s'étale entre 2004 et 2014, les changements de l'occupation des sols sont regroupées en trois classes:

- ☞ Les valeurs inférieures à 0, expriment une régression de radiométrie;
- ☞ Les valeurs entre 0 et 0.2 pas de changement;
- ☞ Les valeurs supérieures de 0.2, expriment une progression radiométrie;

Tableau 12 : l'évolution de l'état biologique de la région d'étude

| Type de changement | Classes | Surface en ha | Surface en % |
|-----------------------|----------|----------------|--------------|
| Régression | (-1) – 0 | 277.4 | 0.9 |
| Stable | 0 – 0.2 | 30098.8 | 98.9 |
| Progression | > 0.2 | 53.5 | 0.2 |
| Surface totale | | 30429.6 | 100 |

L'analyse de ces résultats a permis de faire un lien entre l'état de la végétation et le type de changement détecté. En effet, la progression de la radiométrie est liée à une augmentation de la densité de la végétation entre 2004 et 2014. Les interprétations faites, après reclassement des valeurs du NDVI suivant les classes figurées dans le tableau 12, ont permis d'établir une carte de changements de la végétation de notre zone d'étude durant la période: 2004 – 2014 (figure 28).

Sur une superficie de 277.4 ha (tableau 12), le taux de régression enregistré sur une période de 10 ans est de 0.9 % de la superficie totale. Cette légère régression due principalement à la faible quantité des précipitations enregistrées pendant la période humide pour l'année 2014 (310.3 mm) par rapport à celle enregistrée pour l'année 2004 (368.5 mm). Alors que, une surface de 53.5 ha a connu une progression interannuelle avec un taux de 0.2 %. Cette progression est un signe du changement végétal progressif. La radiométrie positive correspond à une formation végétative à base de Pin d'Alep. Cette formation a été boisée par les services de la direction des forêts après l'année 2004.

Or une importante partie de la surface de la zone d'étude reste stable (98.9 %) durant cette période. Cette surface stable entre deux dates 2004 et 2014 est représentée par des formations steppiques (*Artemesia herba alba*, *Artemesia compestris*, *Stipa tenacissima* et *Poa bulbosa*), des prairies et des pâturages.

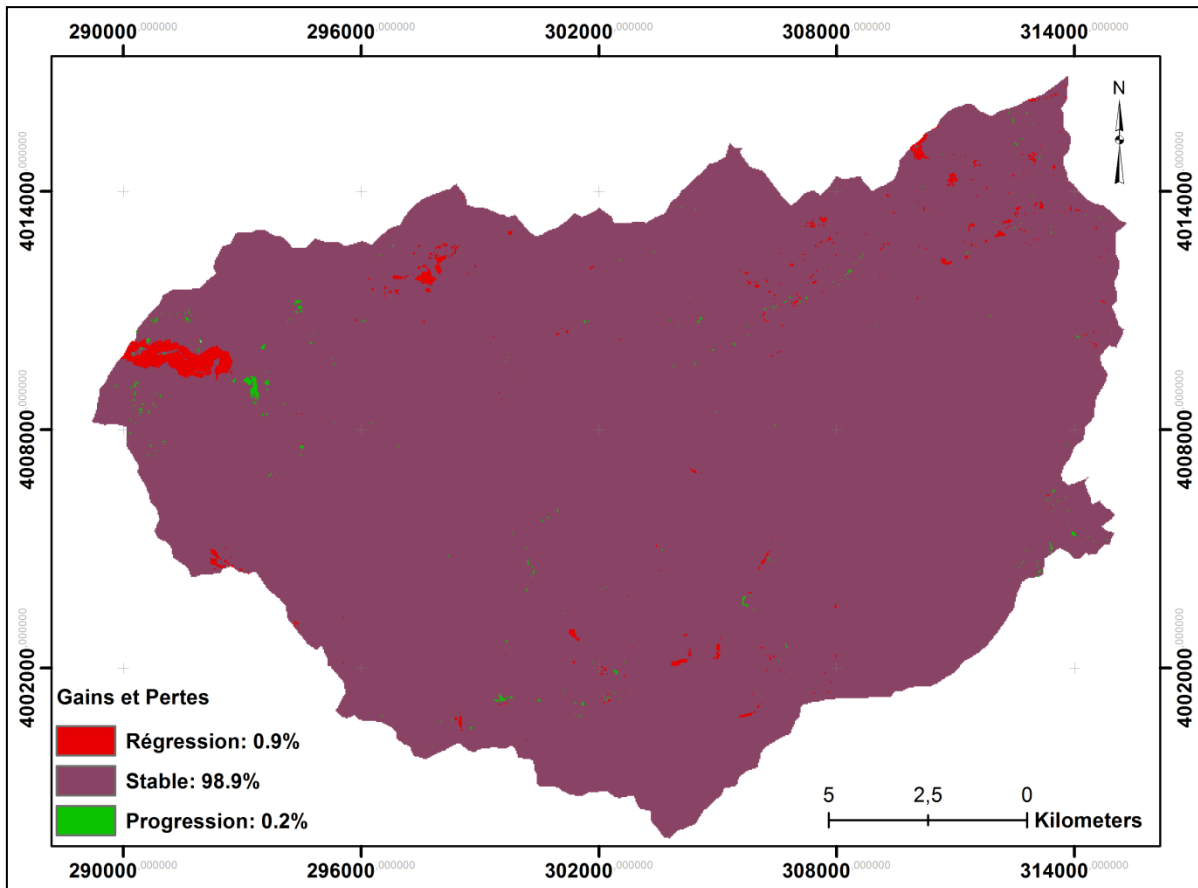


Figure 28 : Carte des gains et des pertes entre 2004 et 2014

D'après cette étude, nous constatons que le facteur anthropozoïque n'a aucun impact sur le changement de l'occupation des sols de notre zone d'étude. Bien que cette zone a une vocation agricole. Des études similaires à notre cas, on cite entre autres; Khader *et al.* (2014) et Souidi *et al.* (2014) ont montré que la régression radiométrique d'un changement du couvert végétal est liée aux facteurs multiples notamment l'action anthropozoïque et climatique.

Conclusion

Conclusion

Dans cette étude, l'accent est mis sur le traitement des données de la Télédétection multi-temporelle pour un suivi de l'occupation des sols durant une période de 10 ans (2004 – 2014) dans le bassin versant de l'Oued Kramis, région semi-aride du Nord-Ouest de l'Algérie.

La classification des valeurs du NDVI dérivé des images satellites traitées a permis d'obtenir des cartes des changements mensuels, saisonniers et interannuels avec leurs histogrammes sur notre zone d'étude.

L'analyse des résultats obtenus montre que les facteurs climatiques notamment les précipitations ont un rôle important dans le changement de l'occupation des sols.

En générale, notre zone d'étude a connu une très bonne stabilité du changement de l'occupation des sols avec un taux de 98.9 % durant les dix ans, bien que cette région semi-aride a une vocation agricole.

Ces résultats sont encourageants pour contribuer aux autres aspects écologiques en relation directe avec le couvert végétal, tel que la relation NDVI- Relevé floristique en fonction de quelques paramètres orothopographiques de la zone comme par exemple; les expositions des reliefs, l'altitude, les pentes...etc.

D'une part, ces futures approches écologiques nous permettront de connaître au mieux cette région agricole qualifiée parmi les zones ayant une importance sur la rive sud du bassin méditerranéen (Projet de *Sigmed*). D'autre part, ces futures études seront une approche indispensable dans le cadre des aménagements intégrés appropriés aux caractéristiques topographiques et vocationnelles de cette unité géographique contre toutes formes de dégradation en particulier celles qui sont contribuées à l'envasement de barrage de l'Oued Kramis.

Références bibliographiques

- Abdelbaki A., 2012. Utilisation des SIG et télédétection dans l'étude de la dynamique du couvert végétal dans le sous bassin versant deoued Bouguedfine (Wilaya de Chlef). Université Hassiba BEN BOUALI CHLEFFaculté des Sciences Département de Biologie.
- Abdelguerfi, A et Ramdane M. S. A., 2003. FEM/PNUD, Projet ALG/97/G31, Plan d'Action et Stratégie Nationale sur la Biodiversité, TOME VII, Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à l'évaluation et la réduction des risques menaçant les éléments de la diversité biologique en Algérie, bilans des expertises.157p, 2003.
- Alhaskeer, Z., 2012. Evaluation de la dynamique des paysages de vallées du bassin versant de la mine à partir de la télédétection et de SIG, Thèse de Doctorat, Université Maine. France. 483 p.
- Arfa, A. M. T., 2008. Les incendies de forêt en Algérie : Stratégies de prévention et plans de gestion, Mémoire magistère, Univ. Mentouri Constantine, 124pp.
- Bannari, A., Morin, D., Huete, A.R. et Bonn, F., 1995. A review of vegetation indices. Remote Sensing Reviews, n°13, 95-120p.
- Baret F.S., Jacquemoud S. etHanocq J.-F., 1993: The soil line concept in remote sensing, Remote Sensing of Environment, 7: 65-82.
- Bariou R.D., Lecamus D. et LE Henaff F., 1985 : Indices de végétations, in Dossier de télédétection, Rennes, Université de Rennes 2, France, 121 p. + 29 p. biblio.
- Belhadj Aissa M, Belhadj A, Samara Y., 2003.Application du SIG et de la Télédétection dans la gestion des feux de forêts en Algérie, 2nd FIG Régional conférence, Marrakch, Maroc.
- Benachour K., 2006. Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation Impact du phénomène en Algérie,15p.
- Benhadj, I., 2008. Observation spatiale de l'irrigation d'agrosystème semi arides et gestion durable de la ressource en eau plaine de Marrakech, Thèse de Doctorat, Université de Toulouse. France . 273 p.
- Bonn, F. et Rochon, G., 1992. Précis de télédétection, Vol I. Principes et méthodes, presses de l'Université de Québec. AUPELF, 485 p.
- Caloz, R. et Puech, C., 1996. Hydrologie et imagerie satellitaire in Précis de télédétection. Volume 2 : Applications thématiques. Presses de l'Université du Québec UREF/AUPELF.159-196.
- Cherifi, K. et Bouzidi, M. A., 2008. Approche préliminaire d'étude d'impact du surpâturage dans les Monts de Tessala (Wilaya de Sidi Bel Abbès), Université Djillali Liabes, Sidi Bel Abbès, Algérie, Colloque international « Développement durable des productions animales: enjeux, évaluation et perspectives », Alger, 20-21 Avril 2008.
- Climent, 1983. Larousse agricole France p1205-1207.
- Collet, C. et Caloz, R., 2001. Précis de télédétection : traitements numériques d'images de télédétection, Presses de l'université du Québec, 386 p.
- CPS., 2011. Guide d'initiation à la télédétection appliquée à la pêche hauturière de thonidés. Section développement de la pêche côtière et secrétariat général de la Communauté du Pacifique. Nouméa (Nouvelle-Calédonie).22p.
- Cuomo V., Lanfredi M. et Lasaponara R .et.al., 2001. Detection of inter-annual variation of NOAA-AVHRR and Meteosat data for studying vegetation development.10 pages.
- DGF., 2004. Direction Générale des Forêts. Programme d'Action National sur la lutte contre la Désertification. 104 p.

Références bibliographiques

- Diello, P., Mahe, Gil., Paturol, J.E., Dezetter, A., Delclaux, F., Servat, E. & Ouattara, F., 2005. Relations indices de végétation.pluie au Burkina Faso: cas du bassin versant du Nakambé. *Hydrological Sciences.Journal.des Sciences Hydrologiques*, 50(2) avril 2005.
- Duminil, T., 2007. Exploitation de données de télédétection en vue d'étudier la mise en place de l'écotourisme dans la région de Andavadoaka (Madagascar). Rapport de stage deuxième année SUPAGRO, Montpellier, 19 p.
- DSA, 2016. Direction des services d'agriculture de la wilaya de Mostaganem.
- FAO, 2002. Etude prospective du secteur forestier en Afrique (FOSA) Algérie, 60 p.
- FAO, 2010. Evaluation des ressources forestières mondiales 2010. Rapport principal. ÉTUDE FAO: FORÊTS 163. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome, 2010. 377 p.
- FAO, 2011. Evaluation des ressources forestières mondiales 2010, Rapport national «Algérie», Département des forêts, FRA2010/003, Rome, 57 p.
- Ferka, Z. N., 2006. Impact de l'occupation spacio-temporelle des espaces sur la conservation de l'écosystème forestier, cas de la commune de Tessala, Wilaya de Sidi Bel Abbes, Algérie. Mémoire de magistère. Université AboubekrBelkaïd. Tlemcen. 164 p.
- Gilabert, M.A; González-Piqueras, J. García-Haro, F.J et Meliá J. A., 2002. Generalized soil - adjusted vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, n°82, 303-310.
- Girard, M. C., et Girard, C. M., 1989. Télédétection appliquée, zones tempérées et intertropicales. (2 ed.), Paris, Masson, 260 p.
- Gower, J.F.R., Borstadt, G.A., Gray, L.H. et Edel, H.R., 1988. The Fluorescence Line Imager: High-Resolution Imaging Spectroscopy Over Water and Land. *Spectral Signatures of Objects in Remote Sensing*, 273-278 p. France.
- Holben B., 1986. Characteristics of maximum value composite images for temporal AVHRR, *International Journal of Remote Sensing*, 7, pp. 1417-1437
- Huang, C., B., Wylie, L., Yang, C., Homer, et G., Zylstra, 2001. Derivation Of A Tasseled Cap Transformation Based On Landsat 7 At-Satellite Reflectance. Raytheon ITSS, USGS EROS Data Center Sioux Falls, SD 57198, USA.10 pages.
- Huete, A.R., Liu H.Q., Batchily K. et Van Leewen W., 1997. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS, *Remote Sensing of Environment*, 59: 440-451.
- Huong Hoang, K., Bernier, M. Villeneuve, J.P., 2010. Les changements de l'occupation du sol dans le bassin versant de la riviere cau (viet-nam). *teledetection, editions scientifiques gb*, 2009, 8 (4), pp.227-236. <hal-00545765>.
- Kaufman, Y.J. et Tanré, D.C., 1992. Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) for EOS-MODIS, *IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing*, 30(2): 261-270.
- Khader, M., Benabdeli K., Mederbal, K., Fekir, Y., Gueddim, R. et Mekkous, B., 2009. Etude du risque incendie à l'aide de la géomatique : cas de la forêt de Nesmoth (Algérie), *MEDITERRANEA SERIE DE ESTUDIOS BIOLÓGICOS*, Universidad de Alicante, Departamento de Ecología. Facultad de Ciencias, Época II, N° 20, 39 p.
- Khoudja, A. M., 1986. Etude de la dynamique de la végétation du maquis dans la région de MECHTRAS (Grande Kabylie), mémoire ingénieur, ENSA, El Harrach, Algérie, 71 p.
- Kouri, L., 1993. L'érosion hydrique des sols dans le bassin versant de l'Oued Mina (Algérie) etude des processus et types fonctionnelles des ravines dans la zone des marnes tertiaires, thèse de doctora de l'université LOUS Pasteur, Strasbourg (mention géographe physique) p 32-41.

Références bibliographiques

- Lanfredi M., Simoniello T. and Lasaponara R. et.al., 2003. Multiresolution spatial characterization of land degradation phenomena in Southern Italy from 1985 to 1999 using NOAA-AVHRR NDVI data, *Geophysical Research Letter*, 30, pp. 1069.
- LeCoz, J., 1990. Espaces méditerranéens et dynamiques agraires. État territorial et communautés rurales. Édité. CIHEAM-UNESCO/MAB, Paris; 249 p.
- Legrain, M., 2002. Dictionnaire encyclopédique. Ed. Larousse, France, pp. 325, 1119, 1253.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W. & Chipman. J. W., 2004. Remote Sensing and Image Interpretation. 5 th edition : John Wiley and Sons, New York, USA. 763p.
- Liu, J.G., et Philippa, J. M., 2009. Essential Image Processing and GIS for Remote Sensing. John Wiley & Sons Ltd Publication. www.wiley.com/wiley-blackwell.
- Longley, P.A., M.F. Goodchild, D.J., Maguire, D.W., Rhind, 2009. Geographical Information Systems and Science 2nd Edition. John Wiley & Sons Ltd Publication. www.wiley.com/wiley-blackwell.
- Mate, 2003. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (2003). Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement. 465 p.
- Maurel, P., 2002. Initiation à la télédétection - UMR 3S Cemagref/ENGREF - p 4 / 53.
- Mazour M., 1992. - Les facteurs de risque de l'érosion en nappe dans le bassin versant de l'oued Isser : Tlemcen, Algérie. Bull. Réseau Erosion 12 : 300- 3 13.
- Meddour-Sahar, O., Meddour R et Derridj A., 2008. Analyse des feux de forêts en Algérie sur le temps long 1876-2007, Les notes d'analyse du CIHEAM. N° 39, 11p.
- Messous, N., 2013. Caractérisation de l'état de milieu et évaluation numérique de la vulnérabilité à la désertification par les outils de la géomatique -piémont méridional des monts de Belezma.
- Micle, 1997. Ministère de l'Intérieur, des Collectivités Locales et de l'Environnement, Secrétariat d'Etat Chargé de l'Environnement (Décembre 1997) . Elaboration de la stratégie nationale pour la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique. 27p.
- Moquet, A., 2003. Apports de la télédétection pour la cartographie d'habitats terrestres en zones humides méditerranéennes, application aux habitats de la Réserve Nationale de Camargue. PFE d'Ingénieur Agronome. École Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires. Nancy. 64p.
- 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.
- Peduzzi, P., 2009. Initiation à la télédétection. Notes du cours « satellites et applications ». Université de Genève.
- Prasannakumar, V., 2011, Estimation of soil erosion risk within a small mountainous sub-watershed in Kerala, India, using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and geo-information technology.

Références bibliographiques

- Rondeaux, G., Steven, M. et Baret F., 1996. Optimization of Soil-Adjusted Vegetation Indices, *Remote Sensing of Environment*, 55: 95-107.
- Rouse, J.W. et Haas, R.H., 1973. Monitoring vegetation systems in the great plain with ERTS. Third ERTS Symposium, 1, 309-317. - Washington DC: NASA.
- Rouse, J.W., Haas, R.W., Schell J.A., Deering D.W. et Harlan J.C., 1974. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (Greenwave effect) of natural vegetation, NASA/GSFC Type-III, Final Report, Greenbelt (Maryland), 164 p.

Références bibliographiques

- Saidi N., 1984. Dynamique de la végétation du maquis dans les chaînes de Dj Zerouela et de Dj Bou-Zegra (Atlas tellien), mémoire ingénieur, ENSA, El Harrach, Algérie, 131p.
- Sanda, G. H., 2010. Cartographie de la dynamique de l'occupation des sols et de l'érosion dans la ville de Niamey et sa périphérie, UNIVERSITE ABDOU MOUMOUNI DE NIAMEY, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Département de Géographie (MESS/RS), Mémoire de Maîtrise, 62p.
- Site Web, 2016. http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect3/Sect3_1.html.
- Soudani, K., 2005. Cours rédiger de télédétection. Introduction générale à la télédétection. ECOII Version 1.2 – Séries -Version PDF. ., Univ. Paris Sud XI. 26 p.
- Souidi, Z. Hamimed, A. & Donze F., 2014. Cartographie du risque de dégradation des terres en région semi-aride Cas des Monts de Beni Chougrane dans le Tell occidental algérien. Geo-Eco-Trop, 2014, 38, 1, n.s.: 85-102.
- Toumi, S., 2013. Application des techniques nucléaires et de la télédétection a l'étude de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued Mina, Thèse de Docteur, l'école nationale supérieure d'hydraulique
- UVED., 2008. ENVCAL - Suivi de l'environnement par télédétection, Cours en ligne. Université Paris I, Panthéon-Sorbonne.

Annexe

Annexe

Tableau 01 : Les caractéristiques et les conditions des images prises pour l'étude

| Satellite | Nbr. de bande | Heure Stop time | Elévation solaire | Azimut solaire | Résolution | Date d'acquisition |
|-----------------------|---------------|-------------------|-------------------|----------------|------------|--------------------|
| Landsat_8 OLI/TIRS | 12 | 10:33:10 | 36.05774204 | 150.31967146 | 30m*30 | 14.02.2014 |
| | | 10:32:46 | 47.5274103 | 144.90207749 | | 18.03.2014 |
| | | 10:32:13 | 59.02950657 | 137.54637232 | | 19.04.2014 |
| | | 10:31:49 | 66.39168798 | 126.11718708 | | 21.05.2014 |
| | | 10:32:21 | 61.77910508 | 129.50597488 | | 22.06.2014 |
| | | 10:32:11 | 64.53265908 | 122.97373671 | | 08.07.2014 |
| | | 10:32:23 | 58.22997949 | 137.04627704 | | 25.08.2014 |
| | | 10:32:27 | 53.90434599 | 144.41285216 | | 10.09.2011 |
| | | 10:32:29 | 38.4659005 | 158.92053658 | | 28.10.2014 |
| | | 10:32:32 | 33.81119111 | 160.53423247 | | 13.11.2014 |
| | | 10:32:20 | 27.60734278 | 157.50716673 | | 31.12.2014 |
| | | Landsat_4-5 TM | 7 | 10:22:12 | | 26.82112272 |
| 10:22:06 | 48.99747253 | | | 140.04261939 | 26.03.2011 | |
| 10:21:55 | 59.68605395 | | | 131.35819354 | 27.04.2011 | |
| 10:21:50 | 63.32067012 | | | 125.54191383 | 13.05.2011 | |
| 10:21:36 | 65.88685788 | | | 115.52440194 | 14.06.2011 | |
| 10:21:14 | 61.32367675 | | | 122.1596363 | 01.08.2011 | |
| 10:20:15. | 39.91631808 | | | 153.75456614 | 04.10.2011 | |
| 10:22:06 | 48.99747253 | | | 140.04261939 | 04.12.2011 | |
| 10:32:11 | 64.53265908 | | | 122.97373671 | 20.05.2004 | |
| 10:08:17. | 63.09915758 | | | 110.38681233 | 24.06.2004 | |
| 10:21:50 | 54.36168496 | | | 145.90207749 | 10.07.2004 | |
| 10:32:46 | 56.32455884 | | | 124.95648721 | 26.07.2004 | |
| 10:09:09 | 57.53710733 | | | 122.34516594 | 11.08.2004 | |
| 10:09:56. | 45.80003707 | | | 143.95209216 | 28.09.2004 | |
| 10:20:17 | 58.36549872 | | | 155.56489751 | 22.10.2004 | |

Annexe II

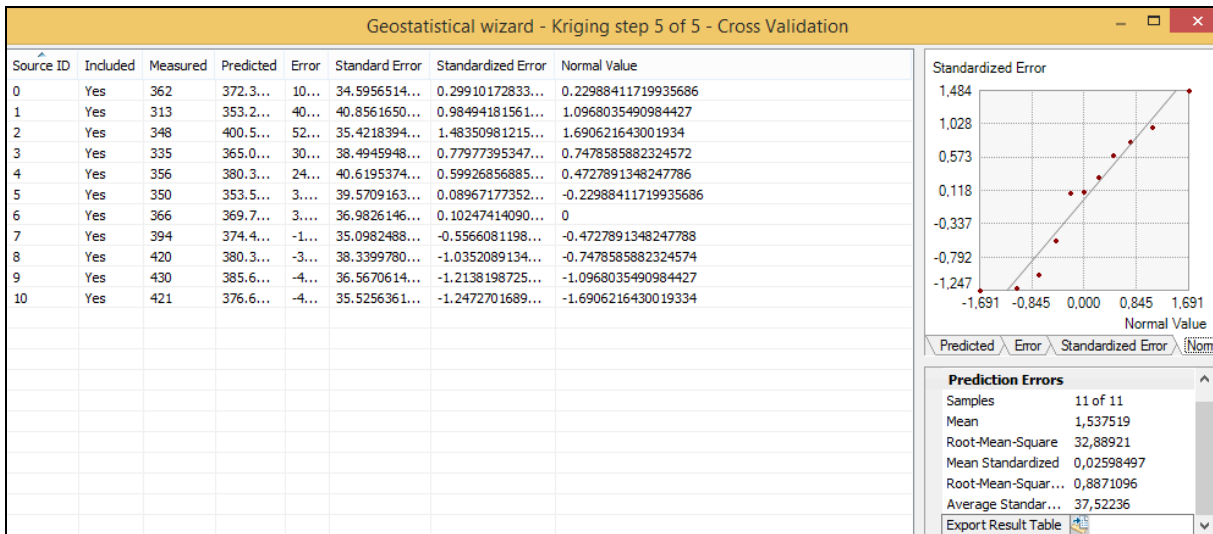


Figure 01: Analyse géostatistique des paramètres entraînés appliquant un contrôle de validation croisée sur le facteur précipitations estimé

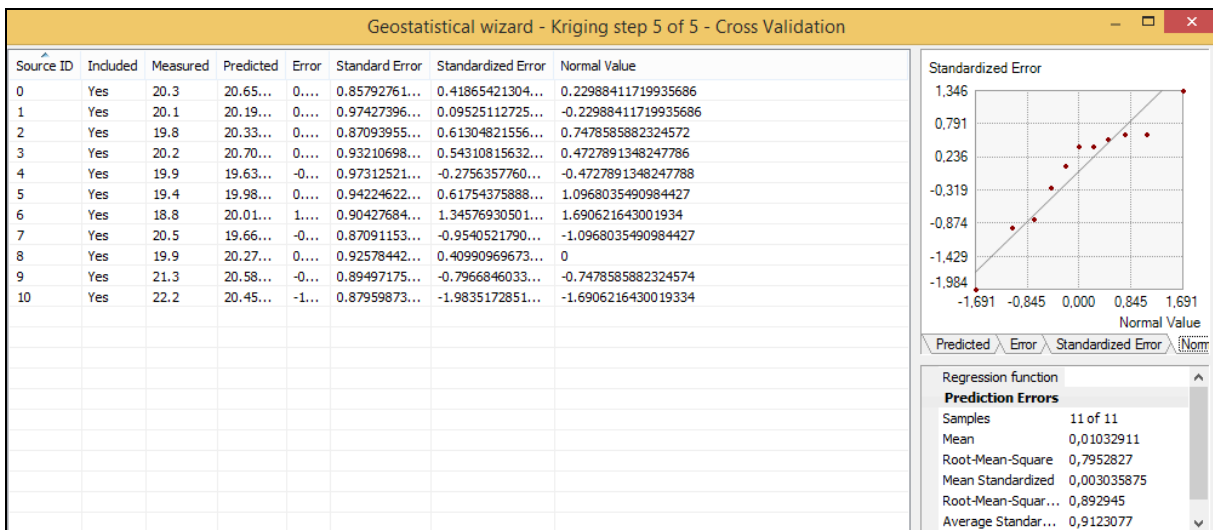
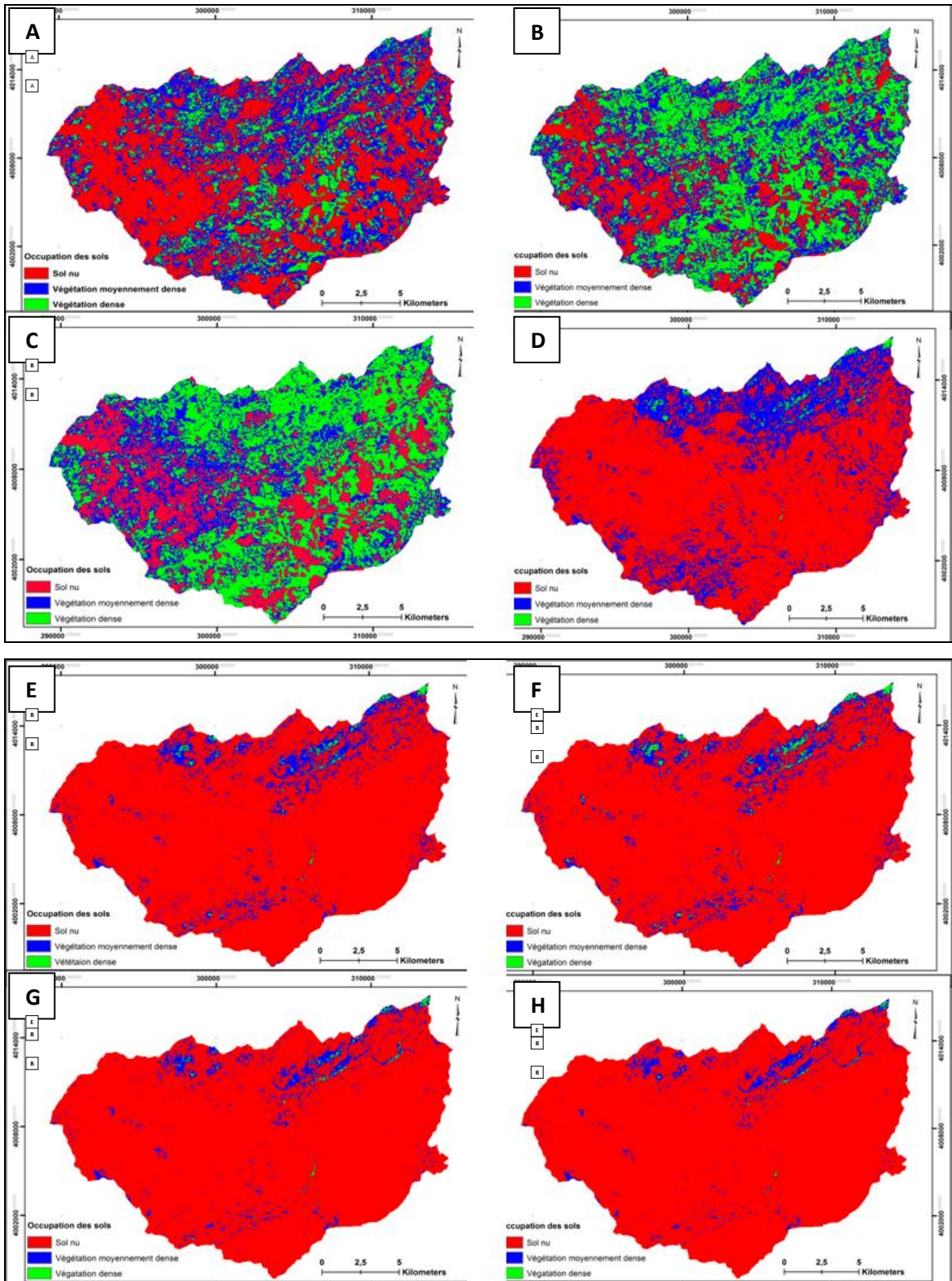


Figure 02: Analyse géostatistique des paramètres entraînés appliquant un contrôle de validation croisée sur le facteur temperature estimé

Annexe



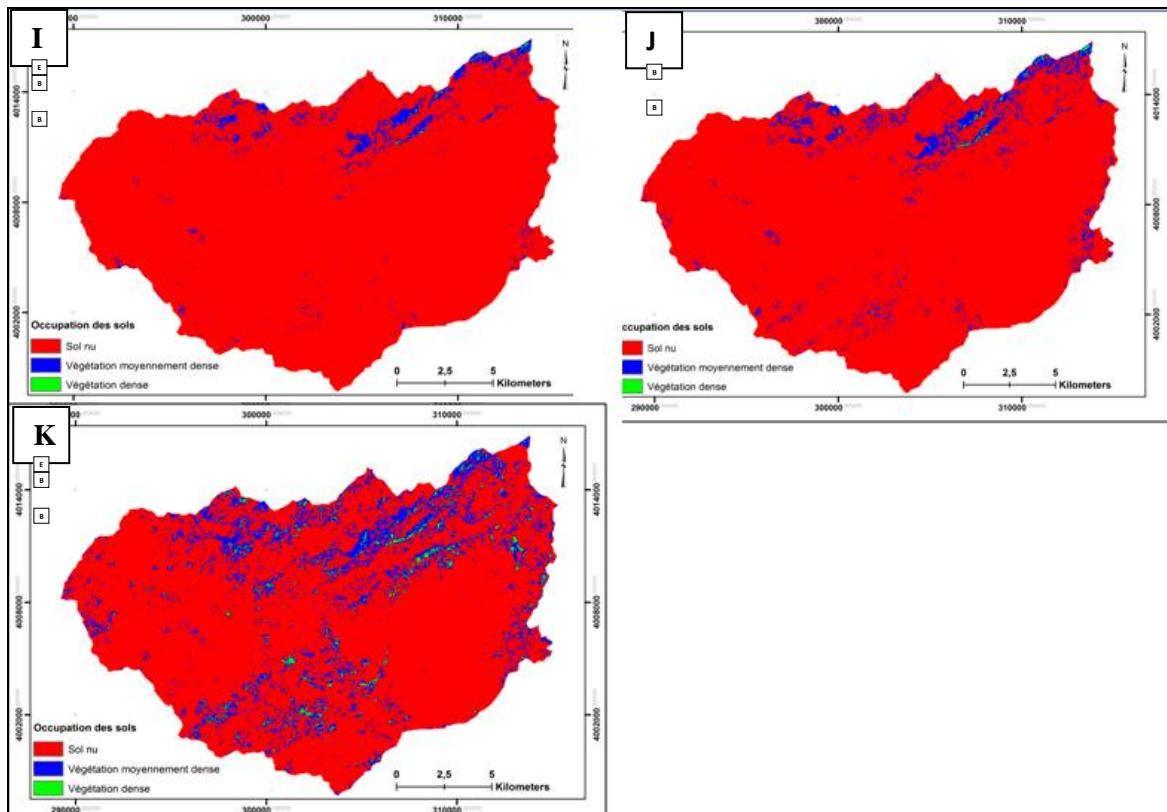


Figure 03 : La dynamique mensuelle de l'occupation des sols de la zone d'étude durant l'année 2014 (A : Février, B : Mars, C : Avril, D : Mai, E : Juin, F : Juillet, G : Aout, H : Septembre, I : Octobre, J : Novembre, K : Décembre)

Annexe III



Planche 01 : Barrage de l'Oued Kramis



Planche 02 : Des monts boisés (*Pinus halpensis*) dans le bassin versant de l'Oued Kramis



Planche 02 : Champs cultivés en cerealicultures dans les vallées de l'Oued Kramis

Table des matières

| | |
|--------------------------------|-----|
| Résumé : | I |
| Abstract : | II |
| ملخص:..... | III |
| Liste des abréviations : | IV |
| Liste des figures : | V |
| Liste des tableaux : | VI |
| Introduction : | 1 |

Chapitre 1 : Bilan de connaissance sur la dynamique du couvert végétal

| | |
|---|---|
| 1. INTRODUCTION | 3 |
| 2. POURQUOI ETUDIER LE COUVERT VEGETAL ? | 3 |
| 3. DYNAMIQUE DU COUVERT VEGETAL : | 3 |
| 4. L'EVOLUTION DU COUVERT VEGETAL | 4 |
| 5. FACTEURS DE DEGRADATION DU COUVERT VEGETAL EN ALGERIE : | 4 |
| 5.1. La pression anthropique, aggravée par la croissance démographique : | 4 |
| 5.2. Les incendies | 4 |
| 5.3 Le surpâturage : | 5 |
| 5. 4. Les coupes de bois : | 5 |
| 5.5. Le tourisme | 5 |
| 5.6. Les défrichements : | 5 |
| 5.7. Les insuffisances institutionnelles : | 6 |
| 6.8. L'application de techniques inappropriées : | 6 |
| 5.8.1. Sylviculture : | 6 |
| 5.8.2. Agriculture : | 6 |
| 5.9. Les attaques parasitaires liées à la dégradation : | 7 |
| 6. CONCLUSION : | 7 |

Chapitre II: Matériels et Méthodes

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCTION | 8 |
| 2. DEFINITION | 8 |
| 3. UTILITE DE LA TELEDETECTION | 8 |
| 4. PRINCIPE DE LA TELEDETECTION | 9 |
| 5. DIFFERENTES ETAPES DE LA TELEDETECTION : | 9 |
| 6. BASES PHYSIQUES DE LA TELEDETECTION : | 10 |
| 6.1. Rayonnement électromagnétique : | 10 |
| 6.2. Interactions du rayonnement électromagnétique : | 11 |
| 7. SIGNATURES SPECTRALES DES PRINCIPALES SURFACES NATURELLES : | 11 |
| 7.1 La végétation : | 13 |
| 7.2. Le sol : | 13 |
| 7.3. L'eau : | 14 |

| | |
|--|----|
| 8. IMAGE NUMERIQUE DE TELEDETECTION ET SA STRUCTURE | 14 |
| 9. CARACTERISTIQUES D'UN CAPTEUR DE TELEDETECTION | 14 |
| 9.1. Résolution Spectrale | 14 |
| 9.2. Résolution Spatiale | 14 |
| 9.3. Résolution temporelle ou répétitivité | 15 |
| 9.4. Résolution radiométrique | 15 |
| 10. ANALYSE D'UNE IMAGE SATELLITE | 15 |
| 10.1 Classification non supervisée/ non dirigé | 15 |
| 10.2. Classification supervisée | 16 |
| 11. INDICES DE VEGETATION | 16 |
| 11.1. Principe | 16 |
| 11.2. Principaux indices de végétation | 16 |
| 11.3. NDVI | 18 |
| 12. LA TELEDETECTION DANS LE DOMAINE DE L'ECOLOGIE VEGETALE | 18 |
| AVANTAGES ET INCONVENIENTS | |
| 12.1. Avantages | 18 |
| 12.2. Inconvénients | 19 |
| 13. CONCLUSIONS | 19 |

Chapitre III : Etude des caractères physiques du milieu

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCTION | 21 |
| 2. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE | 21 |
| 2.1. Localisation de la région d'étude | 21 |
| 2.2. Le choix de la zone d'étude | 22 |
| 2.3. Géologie de la zone d'étude | 22 |
| 2.4. Principaux types de substrat rencontrés au niveau de zone d'étude | 23 |
| 2.5. Types de sol | 24 |
| 2.5.1. Sols bruts | 25 |
| 2.5.2. Vertisols | 25 |
| 2.5.3. Sols calcimagnisiques | 25 |
| 2.5.4. Sols bruns calcaires | 26 |
| 2.5.5. Sols à sesquioxyde de fer | 26 |
| 2.6. Morphologie du Bassin versant | 26 |
| 2.6.1. Hypsométrie | 26 |
| 2.6.2. Pente | 27 |
| 2.6.3. Exposition des reliefs | 28 |
| 2.6.4. Réseau hydrographique | 29 |
| 2.7. L'occupation de sol du bassin versant | 30 |
| 2.7.1. Les forêts..... | 30 |
| 2.7.2. L'arboriculture et viticultures | 31 |
| 2.7.3. La céréaliculture | 31 |
| 2.7.4. Cultures maraichères | 31 |
| 2.7.5. Reboisement | 31 |
| 2.7.6. Steppe | 32 |

Table des matières

| | |
|--|----|
| 2.8. Etude climatique | 32 |
| 2.8.1. Les stations pluviométriques | 32 |
| 2.8.2. La température | 33 |
| 2.8.3. Les précipitations | 35 |
| 2.8.4. Synthèse bioclimatique | 37 |
| 2.8.4.1. Le quotient pluviothermique et les étages bioclimatiques d'Emberger | 37 |
| 2.8.4.2. L'indice d'aridité climatique de De Martonne (1927) | 38 |
| 2.8.4.3. Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953) | 39 |
| 3. CONCLUSION | 40 |

Chapitre IV : Matériel et méthode

| | |
|--|----|
| 1. DONNEES UTILISEES ET METHODOLOGIE APPLIQUEE | 41 |
| 1.1. Données utilisées | 41 |
| 1.2. Méthodologie appliquée | 41 |
| 1.2.1. Méthode de délimitation de la zone d'étude | 41 |
| 1.2.2. Vérification de la fiabilité des données climatiques utilisées (Précipitations et températures) | 43 |
| 1.2.3. Méthode d'étude des caractères du milieu : Exposition et Hypsométrie | 44 |
| 1.2.4. Méthode de l'extraction du NDVI | 44 |
| 1.3.5. Les indices de végétation | 44 |

Chapitre VI : Résultats et discussion

| | |
|---|----|
| 1. EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL | 47 |
| 2. DETECTION DES CHANGEMENTS | 48 |
| 2.1. Variation mensuelle l'année 2014 | 49 |
| 2.2. Variation saisonnière de l'année 2014 | 50 |
| 2.3. Variation annuelle (2004 - 2014) | 52 |
| 2.4. Gains et pertes interannuels de l'occupation des sols | 55 |
| CONCLUSION | 58 |
| <i>Références bibliographiques</i> | 59 |
| <i>Annexes</i> | |

Résumé

APPORT DE LA TELEDETECTION POUR UN SUIVI SPATIO-TEMPOREL DE L'OCCUPATION DU SOL CAS DU BASSIN VERSANT DE L'OUED KRAMIS MOSTAGANEM (ALGERIE)

L'objectif de notre approche était la détection des changements de l'occupation du sol du bassin versant de l'Oued Kramis région de Mostaganem (Algérie) à partir de données satellitaires multitemporales au moyen de Télédétection. Cette détection des changements du couvert végétal a été étudiée sur trois axes du temps : mensuel, saisonnier et interannuel. La méthode de la classification orientée-objets à l'aide de Google Earth Pro. et au moyen du logiciel ArcGIS 10.2 a été utilisée. La classification de l'occupation des sols après digitalisation des objets terrestres reconnus sur le terrain (orientée-objets) l'aide du Google Earth Pro. et leur combinaison avec des images satellites pour la même date a été retenue. Les valeurs du NDVI obtenues après leur classification en fonction de l'occupation des sols nous permettent de constater que la saison humide présente une forte densité du couvert végétal qui s'étale entre Février et Avril. La détection interannuelle de changement du couvert végétal sur une période de 10 ans (2004 – 2014) montre que le bassin versant de l'Oued Kramis présente une bonne stabilité de l'occupation des sols (98.9%).

Mot clés : Bassin versant, Oued Kramis, NDVI, Télédétection, couvert végétal, occupation des sols.

ملخص

دور تقنيات الاستشعار عن بعد في المتابعة الزمنية و المكانية للاستغلال في حوض واد كراميس مستغانم (الجزائر)

إن الهدف من بحثنا هو الكشف عن التغير في الغطاء النباتي بالحوض المائي بمنطقة واد كراميس مستغانم (الجزائر) انطلاقا من بيانات الأقمار الصناعية متعددة الأزمنة بواسطة تقنيات الاستشعار عن بعد. درس الكشف عن التغيرات في الغطاء النباتي على مستوى محاور الوقت الثلاثة: شهرية، فصلية وسنوية. تم استخدام طريقة تصنيفات المقارنة الزمنية. بعد رقمنة الأغشية النباتية المتعرف عليها عن بعد من خلال محرك البحث عال الجودة: Google Earth Pro تم تصنيف هذه الأغشية وفقا لمعطيات صور الأقمار الصناعية لنفس التاريخ. ان قيم NDVI المتحصل عليها بعد تصنيفها وفقا لمختلف انواع الغطاء النباتي سمحت لنا أن نستنتج أن موسم الأمطار سجل كثافة عالية في الغطاء النباتي والتي تمتد بين شهري فيفري وافريل. ان التغير في الغطاء النباتي السنوي على مدى 10 سنوات (2004-2014) دل على أن واد كراميس له استقرار جيد بالنسبة لغطاء التربة (98.9%).

الكلمات المفتاحية: الحوض المائي، واد كراميس، NDVI، الاستشعار عن بعد، الغطاء النباتي، غطاء التربة

Abstract

REMOTE SENSING REPORT FOR A SPATIO-TEMPORAL MONITORING OF THE GROUND OCCUPATION OF THE WATERSHED OF OUED KRAMIS MOSTAGANEM (ALGERIA)

The objective of our approach was the detection of changes land use in the region of the watershed of Oued Kramis Mostaganem (Algeria) from multi-temporal satellite data by means of Télédétection. The detection of changes in land cover was studied on three axes of time: monthly, seasonal and interannual. The method of object-oriented classification using Google Earth Pro. and ArcGIS 10.2 software was used. The classification of land after digitalization of terrestrial objects recognized in the field (object-oriented) using Google Earth Pro. and their combination with satellite images for the same date was chosen. The NDVI values after their classification according to the land use permit us to see that the wet season has a high density of vegetation cover that lies between February and April. The yearly detecting land cover change over a period of 10 years (2004-2014) shows that the watershed of Oued Kramis has good stability in the land cover (98.9%).

Key words: Watershed, Oued Kramis, NDVI, Télédétection, vegetation cover, ground occupation