

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

كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences écologiques

Option : écologie végétale et environnement steppes et oasis

THEME

**APPROCHE SPATIAL DE L'OCCUPATION DU SOL PAR LA METHODE DE LA
CLASSIFICATION ORIENTEE-OBJET AU MOYEN D'ECOGNITION⁹, CAS DU BASSIN
VERSANT DE L'OUED KRAMIS (MOSTAGANEM- L'ALGERIE)**

Présenté par :

Kmari Imane

Hireche Amina

Rapporteur : BENCHETTOUH Ahmed

Président: CHAIBI Rachid

Examineur : ROUGHY Taher

Co-Rapporteur : ADJABALLA Ahmed

Soutenu publiquement : juin 2018.

Résumé

L'arrivée de l'imagerie satellite à THRS ouvre de nouvelles applications en télédétection dans le domaine de l'écologie. Malgré les nombreux avantages de l'approche orientée objets pour le traitement de l'image à THRS pour une thématique écologique. L'objectif de ce travail est trouver une meilleure classification pour l'extraction des objets terrestres à partir d'une image Landsat-8 OLI (30 m de résolution). L'étude porte sur une unité topographique d'une utilisation écologique variée, soit un des bassins versant de la région nord-ouest de l'Algérie (bassin versant de l'oued Kramis). Les tests de classification sont effectués d'une part, par les méthodes dirigées et non dirigées au moyen du logiciel l'ENVI 4.7 et d'autre part par la méthode orientée objet au moyen du logiciel eCognition. Conformément aux utilisations de notre zone cette dernière méthode semble avoir une similitude très proche à la réalité du terrain. Les résultats obtenus de six classes d'occupation par la classification orientée objet, plan d'eau, céréaliculture, forêt, calcaire, sol nu et la jachère donnent respectivement les taux suivants : 0,5%, 20,5%, 5,2 %, 0,4%, 61,2 et 12,3%. Afin d'améliorer la classification des arbres dispersés et des petites rues, nous recommandons d'utiliser des données d'altitude ou de plus haute résolution spectrale ainsi que des méthodes de traitement d'images plus adaptées.

Mot clés : Bassin versant, Oued Kramis, ENVI 4.7 ,eCognition

الملخص:

وصول صور الأقمار الصناعية في THRS يفتح التطبيقات الجديدة في الاستشعار عن بعد في مجال البيئة. على الرغم من المزايا العديدة للتصنيف الموجه لمعالجة الصور في THRS لموضوع إيكولوجي. والهدف من هذا العمل هو العثور على تصنيف أفضل لاستخراج الاجسام الأرضية من صورة OLI لاندسات-8 (30 م قرار). وتركز الدراسة على وحدة طبوغرافية للاستخدام البيئي المتنوع، واحدة من حوض المائي في المنطقة الشمالية الغربية من الجزائر (حوض المائي في وادي Kramis). تتم اختبارات التصنيف لأول مرة، من خلال أساليب غير خاضعة للرقابة والإشراف باستخدام ENVI البرمجيات 4.7 والآخر من خلال طريقة التصنيف الموجه باستخدام برنامج eCognition. وفقاً لاستخدامات منطقتنا، كما يبدو أن هذه الطريقة الأخيرة تشبه إلى حد كبير حقيقة الواقع. النتائج المحصل عليها في ستة فصول بالتصنيف الموجه، سطح الماء، والحبوب والغابات، والحجر الكلس، والتربة العارية والارض البور على التوالي النسب التالية: 0.5%، 20.5%، 5.2 % و 0.4% و 61.2 و 12.3%. ومن أجل تحسين تصنيف أشجار متنوعة وشوارع صغيرة، ونحث باستخدام بيانات المرتفعة أو دقة أعلى للطف وطرق معالجة الصور الأكثر ملائمة.

الكلمات المفتاحية: الحوض المائي، واد كراميس ، ENVI 4.7 ، برنامج eCognition

Abstract :

The arrival of satellite imagery at THRS opens up new applications in remote sensing in the field of ecology. Despite the many advantages of the object-oriented approach for image processing at THRS for an ecological theme. The objective of this work is to find a better classification for the extraction of terrestrial objects from a Landsat-8 OLI image (30 m resolution). The study concerns a topographic unit of varied ecological use, one of the watersheds of the northwestern region of Algeria (watershed of wadi Kramis). The classification tests are carried out on the one hand by the directed and non-directed methods using the ENVI 4.7 software and on the other hand by the object-oriented method using the eCognition software. In accordance with the uses of our zone this last method seems to have a similarity very close to the reality of the field. The results obtained from six occupancy classes by object-oriented classification, body of water, cereals, forest, limestone, bare soil and fallow respectively give the following rates: 0.5%, 20.5%, 5.2 %, 0.4%, 61.2 and 12.3%. In order to improve the classification of scattered trees and small streets, we recommend using altitude or higher spectral resolution data as well as more suitable image processing methods.

Key words: Watershed, Oued Kramis, l'ENVI 4.7 , eCognition .

Remerciement

Tout d'abord nous remercions Dieu, le tout poussant de nous avoir guidés sur la bonne voie, vers le savoir et la lumière. Au terme de ce modeste travail, nous adressons nos sincères remerciements à :

Mr. BEN CHATTOUH A, directeur de thèse, Maître Assistant au département de biologie, et DJABALLAH A, coencadreure de thèse, Maître Assistant au département de génie civil de l'Université Amar Thelidji Laghouat, qui nous a proposé ce sujet et nous a dirigé pour sa bonne Réalisation, nous lui exprimons nous sincères gratitude pour sa disponibilité à notre égard, pour ses conseils, pour ses orientations et pour son aide dans la rédaction du Mémoire.

Et jury, qui est d'examiner notre Travail.

Nous remercions à tous nos amies et nos professeurs du Département de biologie.

En fin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

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 mes précieuses sœurs Amel, Wafa et ma belle-sœur meriem les mots ne peuvent résumer ma reconnaissance et mon amour à son égard

A mes chers frères : Mohamed El Amine, Mustapha, Taher, Younes en témoignage de mon amour fraternel et de mon attachement éternel ;

A mes babies ma Nièce Meriem et mon Neveu Yacine

A mes adorables amies amies : Rania, Souad, Imane , Affifa , Anfel , Isra pour leur fidélité ;

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

A mes oncles, tantes, cousins et cousines (Wafa), vous avez de près ou de loin contribué à ma formation. Affectueuse reconnaissance ;

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

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

Amina

Dédicaces

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 Zahra les mots ne peuvent résumer ma reconnaissance et mon amour à son égard

A mes chers frères : Bachir, Aïssa, Kaddour, Tarek, Mahmoud en témoignage de mon amour fraternel et de mon attachement éternel ;

A mes babies ma Nièce Ryma et mon Neveu Ammar

A mes adorables amies amies : Isra, Amina, Anfel, Mouna, Allia pour leur fidélité ;

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 pour son affection et sa contribution à mon épanouissement.

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

Imane

Sommaire

Résumé

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

Liste des abréviations

Introduction : 1

Chapitre I: Etude des caractères physiques du milieu

2.1. Présentation de la région d'étude	3
2.1.1. Localisation de la région d'étude.....	3
2.1.2. Géologie de la zone d'étude	4
2.1.3. Types de sol	4
2.1.3.1. Sols bruts	5
2.1.3.2. Vertisols	5
2.1.3.3. Sols calcimagnisiques.....	5
2.1.3.4. Sols bruns calcaires.....	5
2.1.3.5. Sols à sesquioxyde de fer.....	5
2.1.4. Morphologie du bassin versant	5
2.1.4.1. Hypsométrie.....	5
2.1.4.2. Pentes.....	6
2.1.4.3. Exposition	8
2.1.4.4. Réseau hydrographique.....	9
2.1.5. L'Occupation de sol du bassin versant	9
2.1.5.1. Les forêts.....	10
2.1.5.2. L'arboriculture et viticultures	10
2.1.5.3. La céréaliculture	10
2.1.5.4. Cultures maraichères	11
2.1.5.5. Reboisement.....	11
2.1.5.6. Steppe.....	11
2.1.6. Etude climatique	11
2.1.6.1. Les stations pluviométriques	11
2.1.6.2. La température	13
2.1.6.3. Les précipitations	14
2.1.6.4. Synthèse bioclimatique	16
2.1.6.4.1. Fiabilité des données climatiques utilisées (précipitations et températures).....	16
2.1.6.4.2. Le quotient pluviothermique et les étages bioclimatiques d'Emberger	17
2.1.6.4.3. L'indice d'aridité climatique de de Martonne (1927)	18
2.1.6.4.4. Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953).....	18

Chapitre II:La télédétection, le couvert végétal et les classifications de l'occupation du sol

3.1. Définitions	21
3.2. Utilité de la télédétection.....	21
3.3. Principe de la télédétection	21
3.4. Différentes étapes de la télédétection.....	22
3.5. Bases physiques de la télédétection.....	23
3.5.1. Rayonnement électromagnétique.....	23
3.5.2. Interactions du rayonnement électromagnétique	23
3.5.3. Signatures spectrales des principales surfaces naturelles	24
3.5.3.1. La végétation	26
3.5.3.2. Le sol.....	26
3.5.3.3. L'eau	27
3.6. Image numérique de télédétection et sa structure.....	27
3.6.1. Caractéristiques d'un capteur de télédétection.....	27
3.6.1.1. Résolution spectrale	27
3.6.1.2. Résolution spatiale	27
3.6.1.3. Résolution temporelle ou répétitivité	28
3.6.1.4. Résolution radiométrique	28
3.6.2. Analyse d'une image satellite.....	28
3.6.2.1. Classification non supervisée/ non dirigé	28
3.6.2.2. Classification supervisée	29
3.6.2.3. Classification orient objet	29
3.7. La Cartographie	29
3.7.1. Définition	29
3.7.2. Types de carte.....	30
3.7.2.1. Carte topographique	30
3.7.2.2. Carte thématique	30
3.8. La télédétection dans le domaine de l'écologie végétale avantages et inconvénients	30
3.8.1. Avantages.....	30
3.8.2. Inconvénients.....	31

Chapitre III :Matériel et Méthode

4.1. Outils utilise.....	33
4.1.1. Outils d'analyse.....	33
4.1.1.1. Méthode orientée objet	33
4.1.1.2. Envi: (Environment for Visualizing Images).....	34
4.1.1.3. Classification non supervisée	40
4.1.1.4. Classification supervisée	47
4.1.1.5. Logiciel Arcgis Version 10	54

Chapitre IV Résultats et discussion

5.1. Résultats et discussion.....	56
-----------------------------------	----

<i>5.1. Classification non supervisé</i>	56
<i>5.1.1. Méthode d'Isodata</i>	56
<i>5.1.2. Méthode de K-means</i>	56
<i>5.2. Classification supervisée</i>	57
<i>5.2.1. La méthode parallélépipède</i>	57
<i>5.2.2. La méthode likelihood</i>	57
<i>5.2.3 La méthode mahalanobis</i>	58
<i>5.2.4. La méthode minidistance</i>	58
<i>5.3 Classification orientée objet</i>	59
<i>Conclusion</i>	62
<i>CONCLUSION</i>	63
<i>Références</i>	64
<i>Bibliographiques</i>	64

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude	03
Figure 2 : Hypsométrie de la zone d'étude	06
Figure 3 : Carte des classe de des pentes de la zone d'étude (Source : travail originale, 2017).	07
Figure 4 : Carte d'exposition de la zone d'étude (Source : travail originale, 2017).	08
Figure 5 : Réseau hydrographique de la zone d'étude	09
Figure 6 : Répartition spatiale des températures moyennes annuelles sur la zone d'étude	14
Figure 7 : Précipitations moyennes mensuelles (2004 - 2015)	15
Figure 8 : Répartition spatiale des précipitations moyennes annuelles sur la zone d'étude	15
Figure 9 : Diagramme Ombrothermique (station de Sidi M'hamed Benali : 2004-2015)	19
Figure 10 : Principe de la Télédétection	22
Figure 11 : Caractéristiques d'une onde électromagnétique monochromatique	23
Figure 12 : Interactions du rayonnement électromagnétique avec la une cible «absorption, réflexion, transmission»	24
Figure 13 : Spectre du rayonnement électromagnétique solaire	25
Figure 14 : Signatures spectrales des surfaces naturelles dans le domaine du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge moyen (UVED, 2008)	25
Figure 15 : Comportement spectrale de la végétation dans le domaine du visible et l'infrarouge	26
Figure 16 : Image numérique de Télédétection et sa structure	27
Figure 17 : Algorithmes de segmentation (eCognition)	33
Figure 18 : Classification par pixel (a) ; classification orientée objet (b)	34
Figure 19 : Extraction de l'occupation du sol par la classification non supervisée algorithme Isodata	56

Figure20 : Extraction de l'occupation du sol par la classification non supervisée (K-means)	56
Figure21 : Extraction de l'occupation du sol par la classification supervisée parallélépipède	57
Figure22 : Extraction de l'occupation du sol par la classification supervisée algorithme likelihood	57
Figure 23 : Extraction de l'occupation du sol par la classification supervisée mahalanobis	58
Figure 24 : Extraction de l'occupation du sol par la classification minidistance	58
Figure25 : Extraction de l'occupation du sol par la classification orientée objet	59

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : Répartition des superficies de classes des pentes	07
Tableau 02 : Répartition de différentes expositions de la zone d'étude	08
Tableau 03 : La superficie des forêts existe	10
Tableau 04 : Caractéristiques des stations pluviométriques de la zone d'étude	12
Tableau 05 : Températures moyennes mensuelles (2004 -2015) de la zone d'étude	13
Tableau 06 : Données climatiques (2004-2015) de la station de Sidi Mhamed Benali	14
Tableau 07 : L'indice bioclimatique d'Emberger,L. (l'après Stewart, 1969)	17
Tableau 08 :L'indice de De Martonne	18
Tableau 09 : Extraction de l'occupation du sol par les sept méthodes de classification	59

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 :

L'occupation des terres est une variable fondamentale pour la planification régionale ainsi que pour l'étude et la compréhension de l'environnement (Foody, 2002). Cependant, l'apparition de l'imagerie satellite à très haute résolution spatiale (THRS), issue de *Ikonos* (Bhaskaran et al., 2010), *World View-2* (Jia et al., 2013), *Spot-5* (Achbun et al., 2013 ; Kassouk et al., 2014) ou *Quick bird* (Pham et He, 2015), ouvre de nouvelles applications en télédétection permettant en effet, la mise à jour des bases de données spatiales d'une région donnée.

La terre émergée est extrêmement hétérogène tant au niveau spatial qu'au niveau spectral. La complexité spatiale se manifeste par la densité et la diversité des objets qui s'y trouvent. La résolution spectrale, à l'intérieur d'une classe d'occupation du sol, augmente quand la taille de pixel est réduite, comme dans le cas des capteurs à THRS (Pham et He, 2015). La classification par pixels n'est pas capable de séparer les classes d'occupation des sols. Cela confirme que l'information spectrale à elle seule, y compris celle obtenue avec des images THRS, est insuffisante pour distinguer les objets terrestres (Guindon, 1997). De nouvelles études se sont donc penchées sur une autre approche appelée « orientée objet », qui intègre d'autres types d'informations que les signaux spectraux, ainsi elle est basée sur la création d'objets d'image (Hay et Castilla, 2006). Plusieurs auteurs montrent que cette approche donne de meilleures cartographies géomorphologiques (Jia et al., 2013), géologiques ou lithologique (Kassouk et al., 2014 ; Hereher et Shehta, 2017) ainsi que celles de l'utilisation des terres (Bhaskaran et al., 2010 ; Achbun et al., 2013).

Pour cela le présent travail est structuré comme suit :

- Etude des caractères physiques du milieu.
- Synthèse bibliographique consacré à la présentation de la télédétection, le couvert végétal et les classifications de l'occupation du sol.
- Le troisième chapitre décrit le matériel et les méthodes
- Le quatrième chapitre exposera les résultats et la discussion

Enfin, nous terminerons par une conclusion générale où seront résumées les grandes lignes de ce travail.

Chapitre I:

Etude des caractères physiques du milieu

2.1. Présentation de la région d'étude

2.1.1. 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.

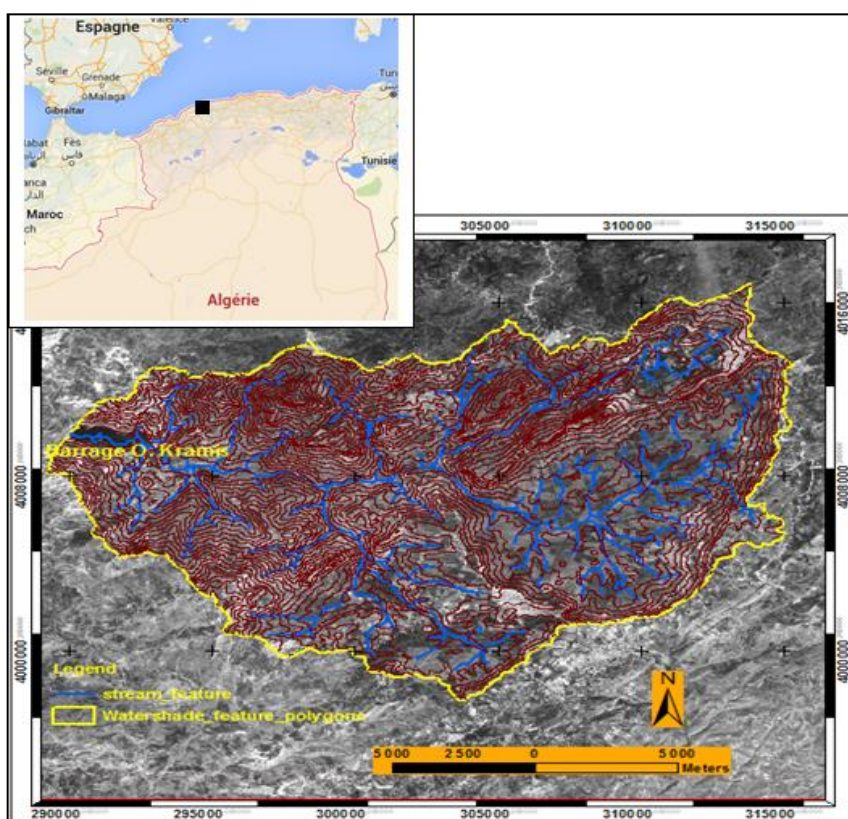


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

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.

2.1.2. 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 carbonatés 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.

2.1.3. 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.

2.1.3.1. 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**.

2.1.3.2. 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.

2.1.3.3. Sols calcimagnisiques

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.

2.1.3.4. 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 un sol calcaire.

2.1.3.5. Sols à sesquioxyde de fer

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

2.1.4. Morphologie du bassin versant

2.1.4.1. 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.

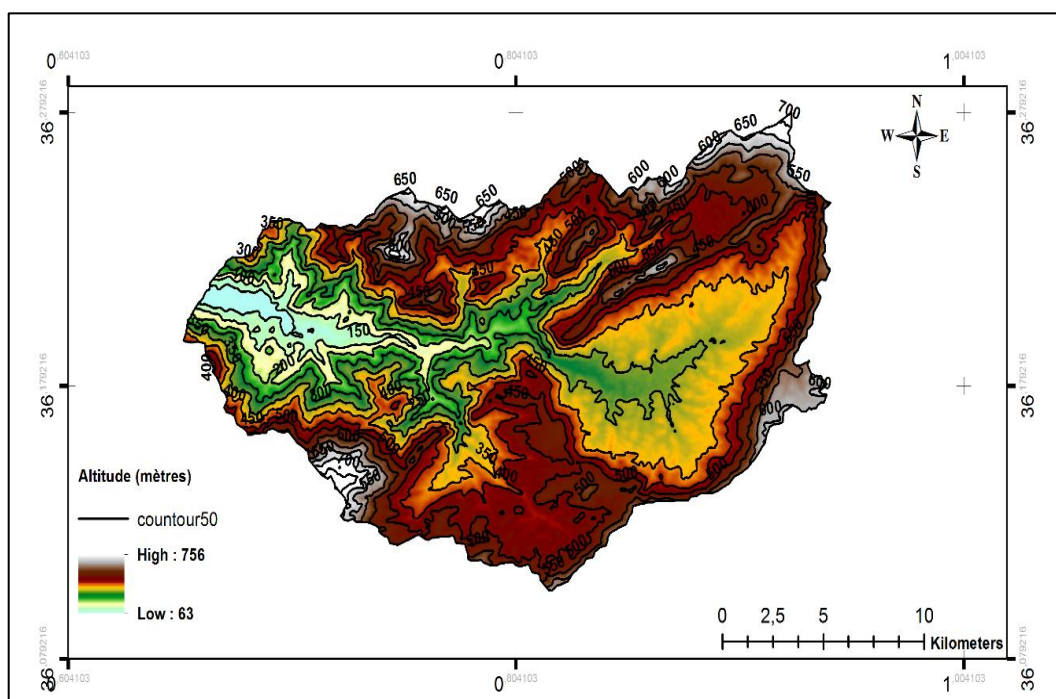


Figure 2 : Hypsométrie de la zone d'étude

2.1.4.2. Pentes

Dans le cadre de notre étude, quatre classes de pentes ont été retenues (<5- 5 à 15% - 15 à 30% et > 30%).

Les résultats de calculs des superficies réparties par classes de pentes, figurent dans le tableau ci-dessous

Tableau 01: Répartition des superficies de classes des pentes

Classe	Classe des pentes (%)	Superficie	
		Km ²	%
1	< 5	92,5	30,6
2	5 - 15	185,8	61,5
3	15-30	23,4	7,8
4	+ 30	0,2	0,1
	Total	302,0	100,0

- Les deux premières classes <5 et (5à15%) sont prépondérantes couvrant (30.6% ,61.5 %) de la superficie totale étudiée ce sont des terrains fortement accidentés ayant subi une forte érosion et dégradation. .
- Les deux dernières classes (15 à 30 %) et plus de +30 %, En superficie elles sont relativement faible en comparaison aux autres classes (7.8% ,0.1 %). La plus part des terres sont nues, abandonnées si elles ne sont pas exploitées en céréales
Ainsi une grande partie de la superficie totale est favorable au développement de l’agriculture de montagne (terrains privés) et Reboisement de protection (domaine publique de l’Etat).

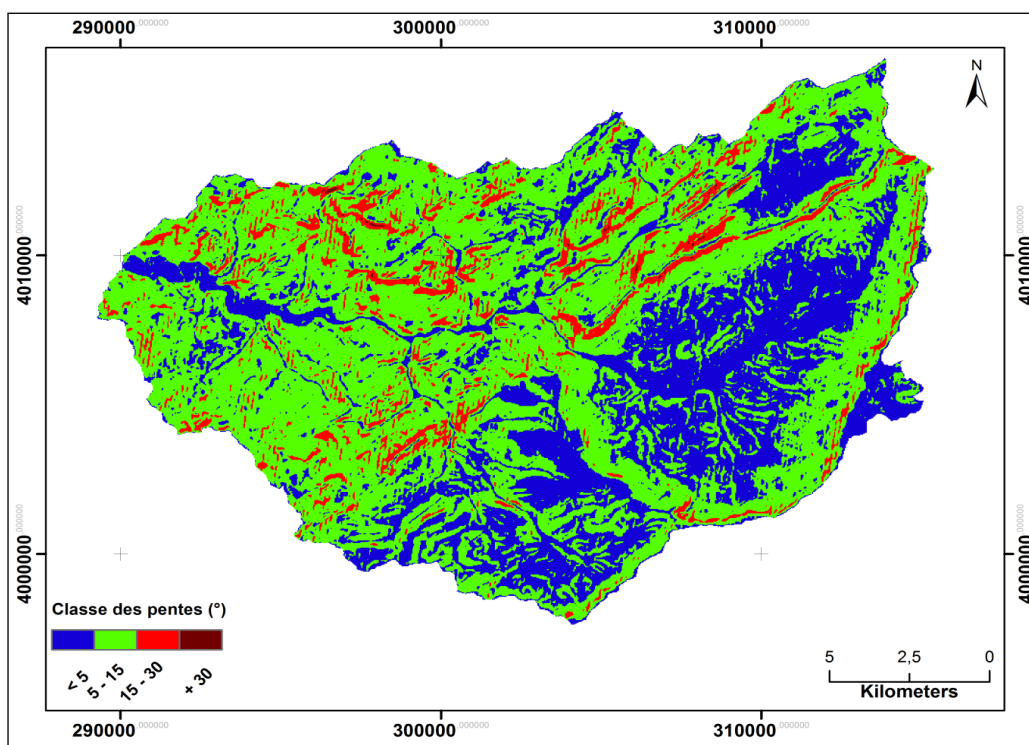


Figure 03: Carte des classe de des pentes de la zone d’étude (Source : travail originale, 2017).

2.1.4.3. Exposition

L'exposition est un facteur du milieu non moins important puisqu'il permet de déterminer l'humidité relative et le taux de l'évapotranspiration.

De ce fait, les versants expositions Nord et ouest, généralement bien arrosés, sont plus humides que les versants sud et sud Est où les faibles précipitations et leur irrégularité augmentent l'évapotranspiration.

Dans l'ensemble du périmètre étudié, l'exposition sont variables et sont fonction de la configuration topographique du terrain. Notre zone d'étude présente différentes expositions

Tableau 02: Répartition de différentes expositions de la zone d'étude

Orientations	Surface	
	Km ²	%
Nord	41,6	13,8
Nord-est	30,3	10,0
Est	27,6	9,1
Sud-est	41,7	13,8
Sud	42,2	14,0
Sud-ouest	33,8	11,2
Ouest	37,5	12,4
Nord-ouest	47,2	15,6
Total	302,0	100,0

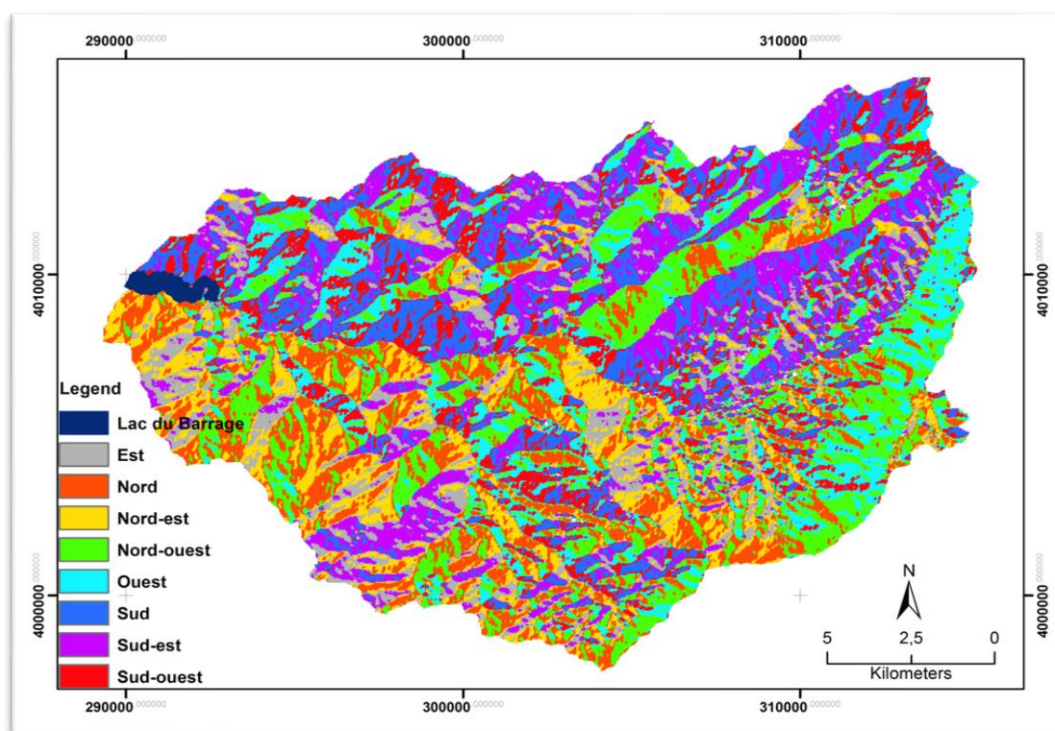


Figure 04: Carte d'exposition de la zone d'étude (Source : travail originale, 2017).

2.1.4.4. 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.

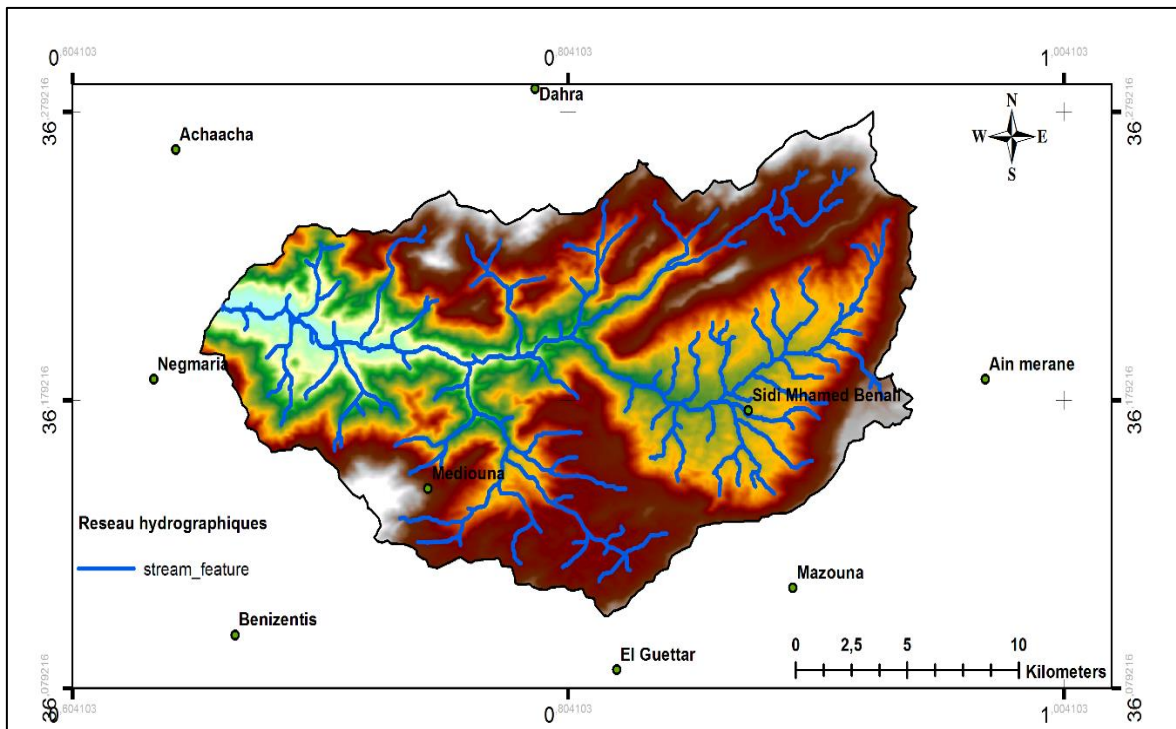


Figure 5 : Réseau hydrographique de la zone d'étude

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 5).

2.1.5. 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.

2.2.5.1. 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 dispose pas de forêts de grande superficie les seules qui existent sont mentionnées dans le tableau 03.

Tableau 03 : La superficie des forêts existe

Formation forestière	Superficie (ha)
Forêt Chabaibia	298
Forêt domanial	220
Araar	60
Sidi Saïd	120
Zekri	40
Saha	80
Sidi Khalfi	60

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).

2.1.5.2. 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.

2.1.5.3. 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, ou on introduit (le blé, l'orge et l'avoine).

2.1.5.4. 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.

2.1.5.5. Reboisement

Les escarpements marneux sont reboisés en *Pinu 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.

2.1.5.6. 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*, *Poa bulbosa* et *Ziziphus lotus*. Ces espèces sont broutées par le bétail. Le recouvrement du sol est nul et la hauteur ne dépasse pas 50 cm.

2.1.6. 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.

2.2.6.1. Les stations pluviométriques

Les données pluviométriques ont été obtenues à partir du site Web (2016) : <http://tn.freemeteo.com/letemps/historique/historique-quotidien/?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. 1.6.2. 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'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.

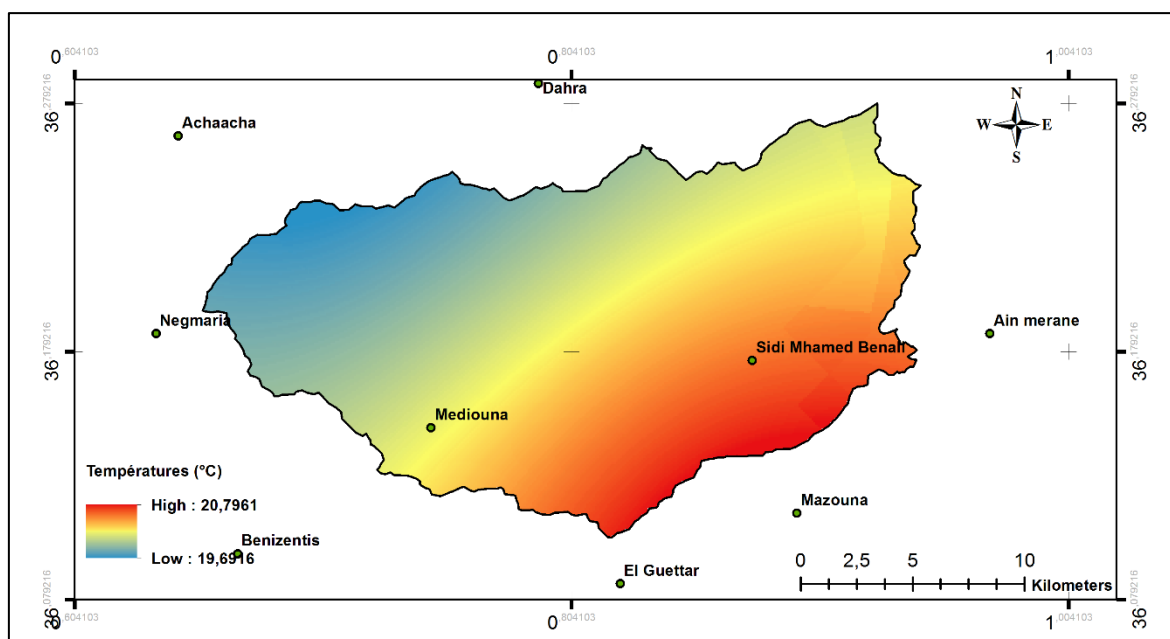


Figure 6 : Répartition spatiale des températures moyennes annuelles sur la zone d'étude

Les températures moyennes mensuelles de chaque station (11 stations, figure 5) ont été estimées. D'après la figure 6 on remarque que le secteur Sud-Est a enregistré des valeurs relativement élevées par rapport à 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 météorologiques 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 6).

2.1.6.3. 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

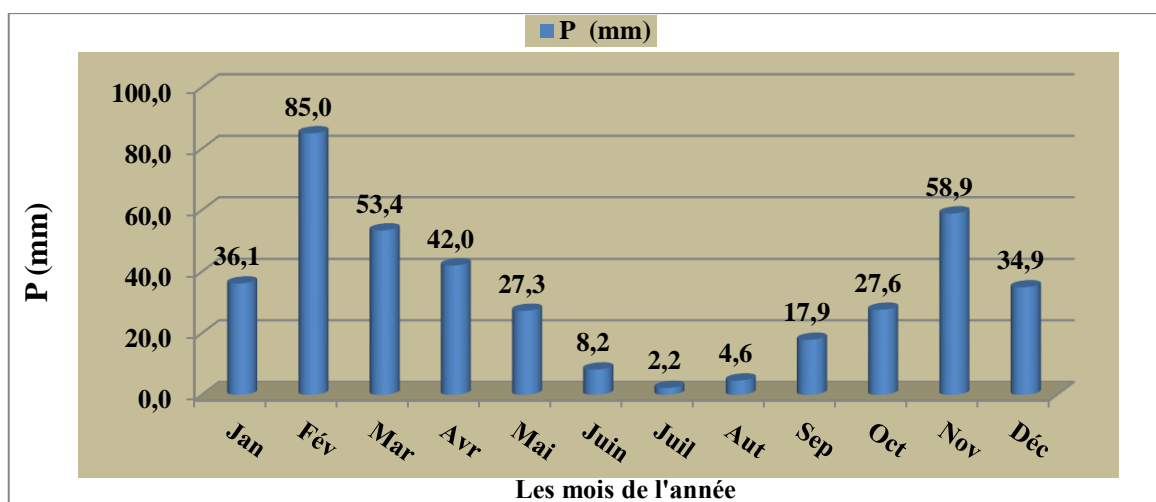


Figure 7: Précipitations moyennes mensuelles (2004 - 2015)

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.

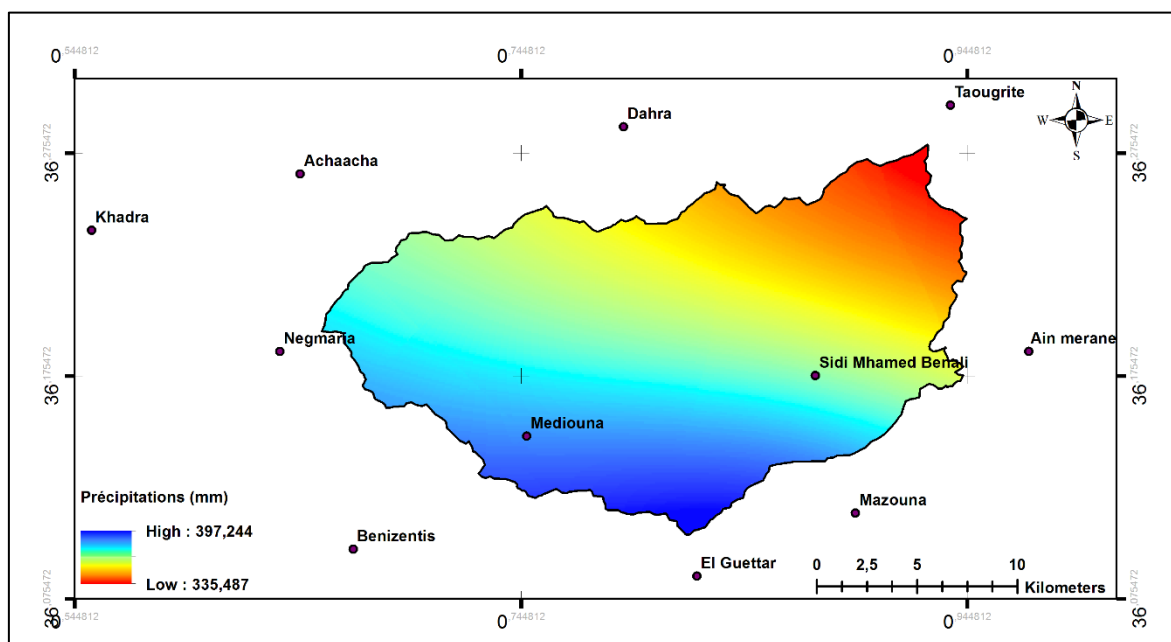


Figure 8: Répartition spatiale des précipitations moyennes annuelles sur la zone d’étude

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 8). 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.

2.1.6.4. Synthèse bioclimatique

2.1.6.4.1. 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 06 et 07)

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.

2.1.6.4.2. 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):

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

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).

Cet auteur a mis au point un zonage du bioclimat méditerranéen du plus sec vers le plus humide en combinant les données climatologiques et celles de la végétation. On distingue plus souvent les étages bioclimatiques : saharien, aride, semi-aride, subhumide et humide. Chaque étage comprend une stratification verticale.

Ce coefficient a été modifié par Stewart (1969), la formule obtenue est la suivante :

$$Q_2 = 3,43. P / (M-m)$$

Q_2 : Le quotient pluviométrique d'Emberger ;

P : Pluviométrie annuelle en (mm) ;

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en (°C) ;

m : Moyennes des minima du mois le plus froid en (°C).

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 Climagramme pluviométrique d'Emberger, la station de Sidi Mhamed Benali, avec $Q_2 = 43,2$ et $m = 07,1^\circ\text{C}$. La valeur de Q_2 portée sur le climagramme en tenant compte de m, classe la station de Sidi Mhamed Benali dans la zone d'étude dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver chaud.

2.1.6.4.3. 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.

2.1.6.4.4. Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson (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 Gausson (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).

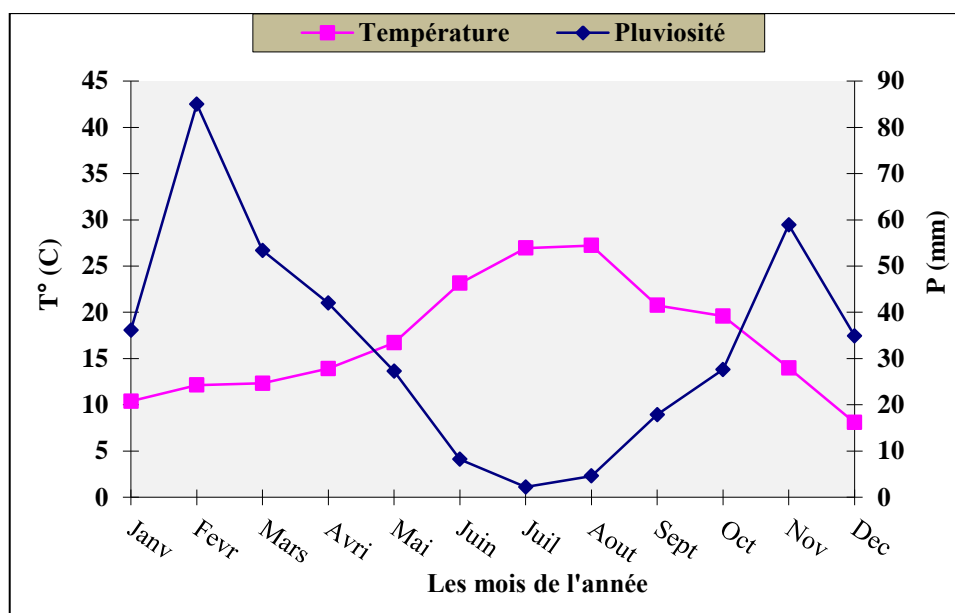


Figure 9 : Diagramme Ombrothermique (station de Sidi M'hamed Benali : 2004-2015)

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.

Chapitre II:

**La télédétection, le couvert végétal
et les classifications de l'occupation
du sol**

3.1. Définitions

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):

3.2. Utilité de la télédétection

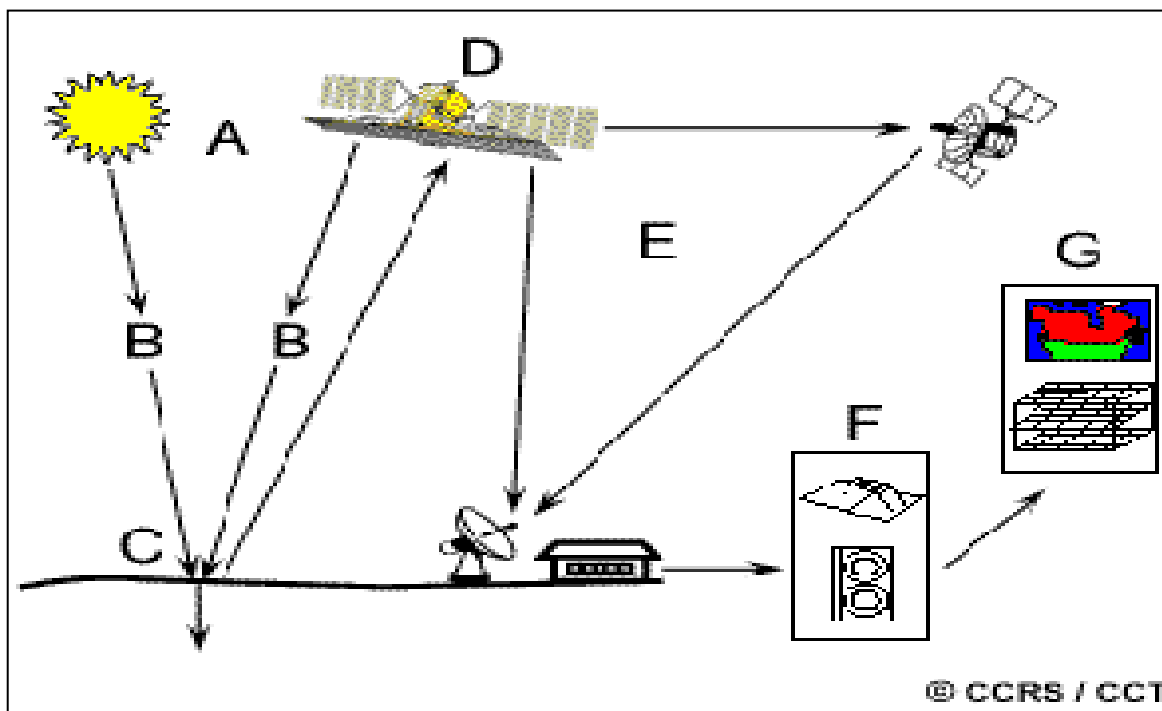
D'un point de vue application, et surtout pour l'observation de la terre, la Télédétection est un outil de collecte des données sous format raster (image). Ces images représentent un enregistrement objectif du spectre qui concerne les propriétés physiques et la composition chimique des matériaux de la 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 contiennent 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).

3.3. Principe de la télédétection

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 10 : Principe de la Télédétection

3.4. Différentes étapes de la télédétection

☞ 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.

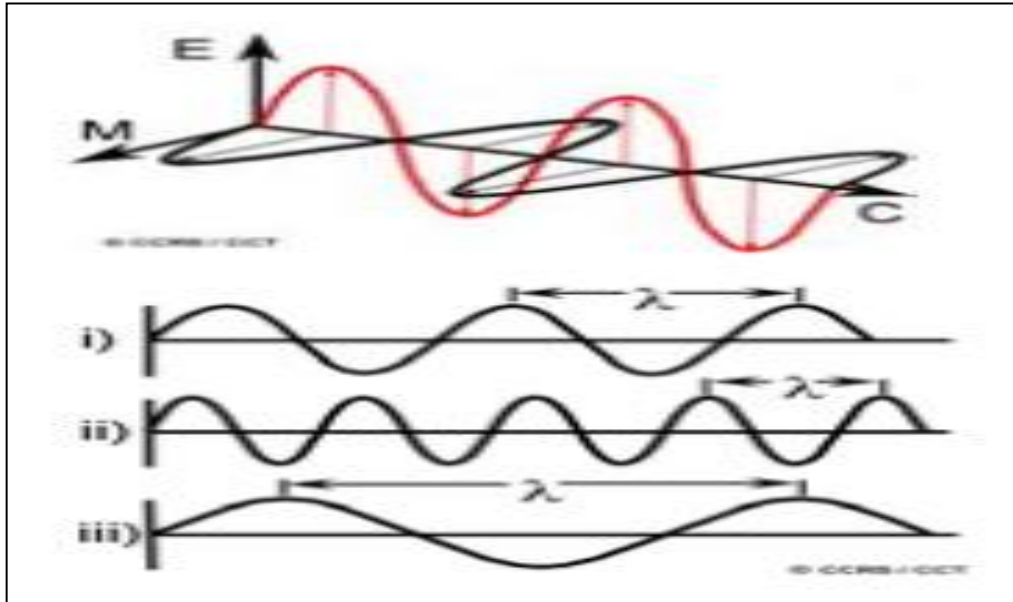
☞ Enregistrement du signal par le capteur (**D**) : Le capteur enregistre le signal reçu par la cible.

☞ 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.

3.5. Bases physiques de la télédétection

3.5.1. Rayonnement électromagnétique



Source: Soudani (2005)

Figure 11 : Caractéristiques d'une onde électromagnétique monochromatique

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

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

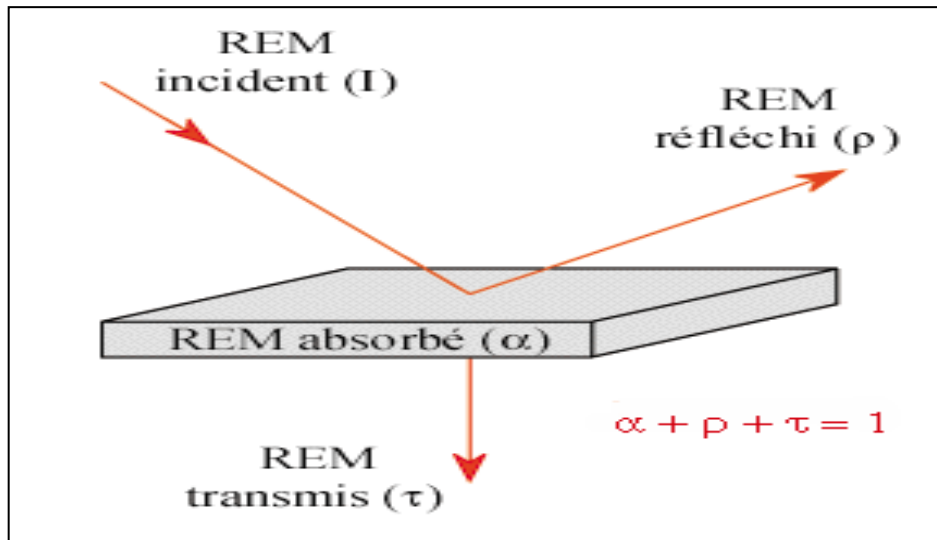
T: Temps nécessaire pour réaliser une oscillation : $T = 1/ f$.

Relation fondamentale : $\lambda = c/ f$

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

3.5.2. Interactions du rayonnement électromagnétique

Tout rayonnement (figure 12), affectant une matière donnée, est absorbé, réfléchi ou transmis de façon à répondre à la relation : $\alpha + \tau + \rho = \mathbf{I}$.



Source : Abdelbaki (2012)

Figure 12 : Interactions du rayonnement électromagnétique avec la une cible «absorption, réflexion, transmission»

Où :

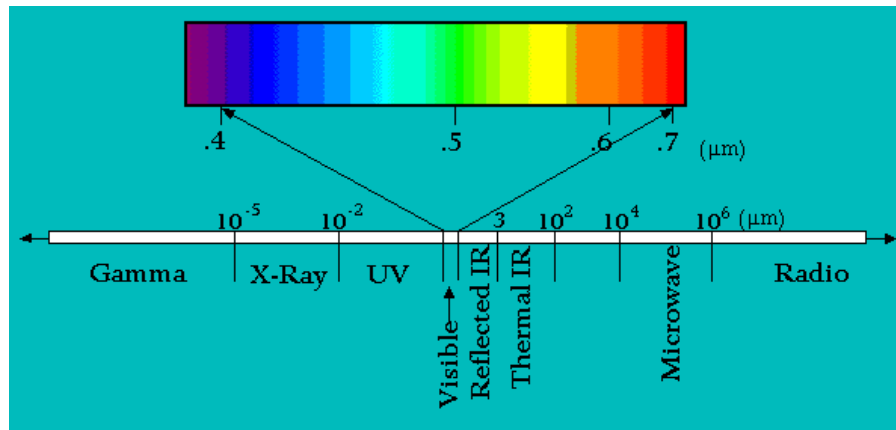
α = Absorption ;

τ = Transmission ;

ρ = Réflexion.

3.5.3. 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 13 : 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) :

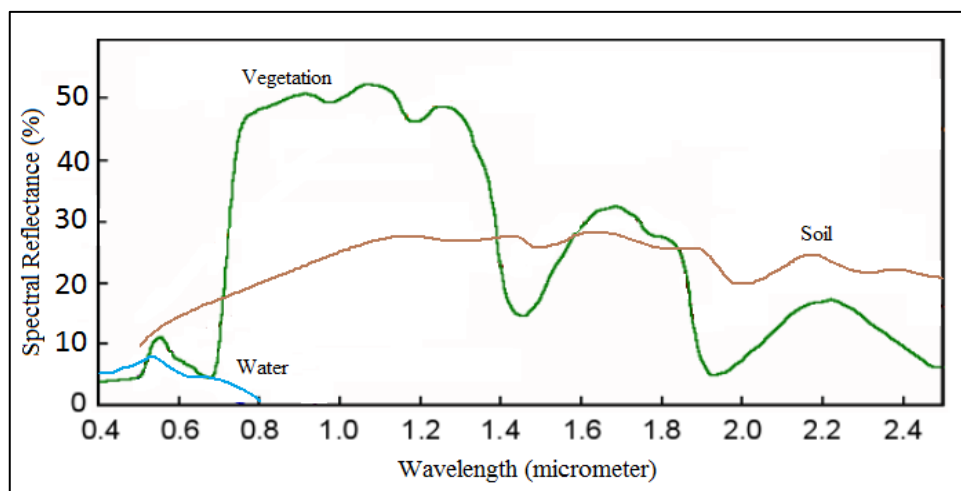
Le visible 0.4 -0.7 μm

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

3.5.3.1. La végétation

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

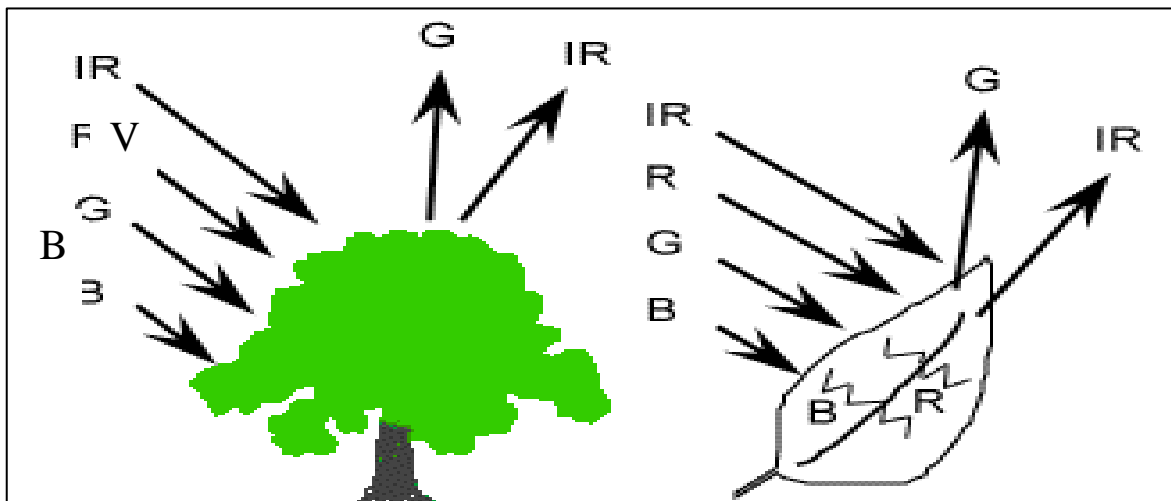
Très faible dans le rouge (~660nm) et le bleu (~450nm) ;

Faible dans le vert (~546nm) ;

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

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 15 : Comportement spectrale 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.

3.5.3.2. 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)

3.5.3.3. 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).

3.6. Image numérique de télédétection 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).

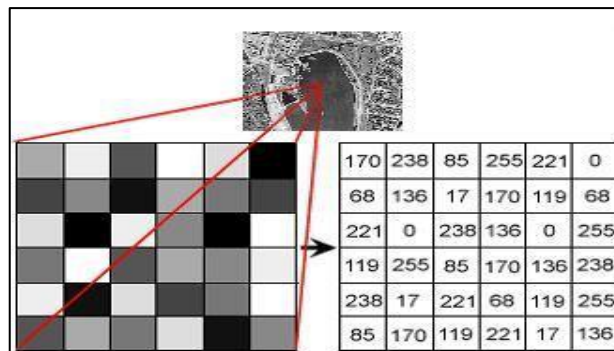


Figure 16 : Image numérique de Télédétection et sa structure

3.6.1. Caractéristiques d'un capteur de télédétection

3.6.1.1. Résolution spectrale

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

3.6.1.2. 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.

3.6.1.3. 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.

3.6.1.4. 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**).

3.6.2. 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 :

3.6.2.1. 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).

3.6.2.2. 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.

3.6.2.3. Classification orient objet

A la différence de la classification par pixel, la méthode basée sur l'approche orientée objet regroupe les pixels selon leur appartenance à des régions homogènes en tenant compte à la fois de leur caractéristiques spectrale, spatiale, morphologique, texturale, contextuelle, temporelle et thématique. L'objectif principal est de gommer l'effet « poivre et sel » présent dans la classification des méthodes traditionnelles. (Blaschke, 2009)

Ainsi, ces groupes de pixel sont considérés comme des objets pour lesquels on peut accéder à leur propriété. Cette méthode est actuellement implémentée dans plusieurs logiciels du marché (ENVI, ERDAS, ..) mais c'est le logiciel eCognition qui propose une version qui se rapproche de l'interprétation humaine. (Navulur, 2007) La démarche de la classification sous ce logiciel se fait en deux étapes : segmentation et classification.

3.7. La Cartographie

3.7.1. Définition

La cartographie est l'ensemble des études et des opérations, scientifiques et techniques, intervenant dans l'établissement des cartes ou des plans à partir de résultats d'observation directes ou de l'exploitation d'une documentation préexistante (LONG, 1974). Selon CAUVIN *et al.* (2007) la cartographie est l'ensemble des concepts, des méthodes et des techniques permettant de représenter sur un plan ou son équivalent, une partie de la surface terrestre, avec ses caractéristiques, ses attributs que l'on peut observer ou extraire, et de faire apparaître, de transmettre ou de communiquer de l'information dans un but précis à des individus définis au moyen de cette représentation numérique, graphique, visuelle appelée carte».

Cette dernière étant définie comme une représentation géométrique, conventionnelle d'une partie de la surface terrestre, c'est-à-dire, une représentation en position relatives, de

phénomènes concrets ou abstraits. Cette représentation s'effectue sur un support conçue à un moment donné du temps pour un (des) but (s) précis (Cauvin *et al.*, 2007).

La carte exprime plus de choses que ne peut le faire un texte, elle les exprime plus clairement, c'est-à-dire d'une manière aisée et plus vite exploitable, elle les exprime enfin plus objectivement (Ozenda, 1986).

3.7.2. Types de carte

Il y a deux types des cartes:

3.7.2.1. Carte topographique

Ces cartes sont un outil de référence, montrant les contours d'une sélection de caractéristiques naturelles et artificielles de la terre. Elle agit souvent comme un cadre pour d'autres informations ; on la désigne aussi par l'expression « carte de base » (Long, 1974).

3.7.2.2. Carte thématique

Désigne toute carte non exclusivement topographique représentant sur un fond repère topographique, des phénomènes localisables de toute nature, qualitatifs ou quantitatifs. Ces cartes sont un outil pour communiquer des concepts géographiques tels que la distribution des espèces forestières (ansari *et al.*, 2008 in zerroug, 2012).

3.8. La télédétection dans le domaine de l'écologie végétale avantages et inconvénients

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

3.8.1. 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 à 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 des 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 à 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).

3.8.2. 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.

Chapitre III :

Matériel et Méthode

4.1. Outils utilisés

4.1.1. Outils d'analyse

4.1.1.1. Méthode orientée objet

Cette méthode est actuellement implémentée dans plusieurs logiciels de marché (ENVI, ERDAS, ...) mais c'est le logiciel eCognition qui propose une version qui se rapproche de l'interprétation humaine (Navulur, 2007) La démarche de la classification sous ce logiciel se fait en deux étapes : segmentation et classification.

➤ *Segmentation*

La première étape consiste à la segmentation de l'image. Le logiciel propose également plusieurs types de segmentation illustrés dans la figure ci-dessous. (cf. Documentation du logiciel).

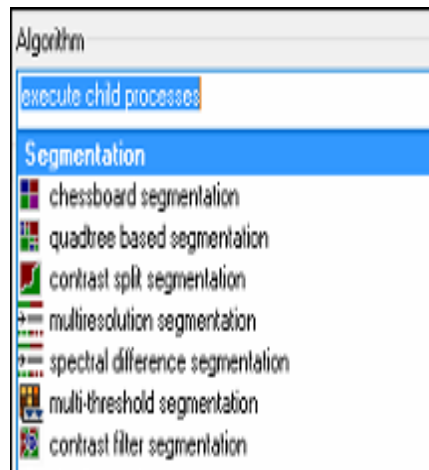


Figure 17 : Algorithmes de segmentation (eCognition)

➤ *Classification*

Une fois définie les différents paramètres permettant de segmenter au mieux l'image, la

- Par la suite, les objets de chaque classe peuvent être fusionnés.
- L'affectation des objets à leurs classes respectives en définissant des seuils,

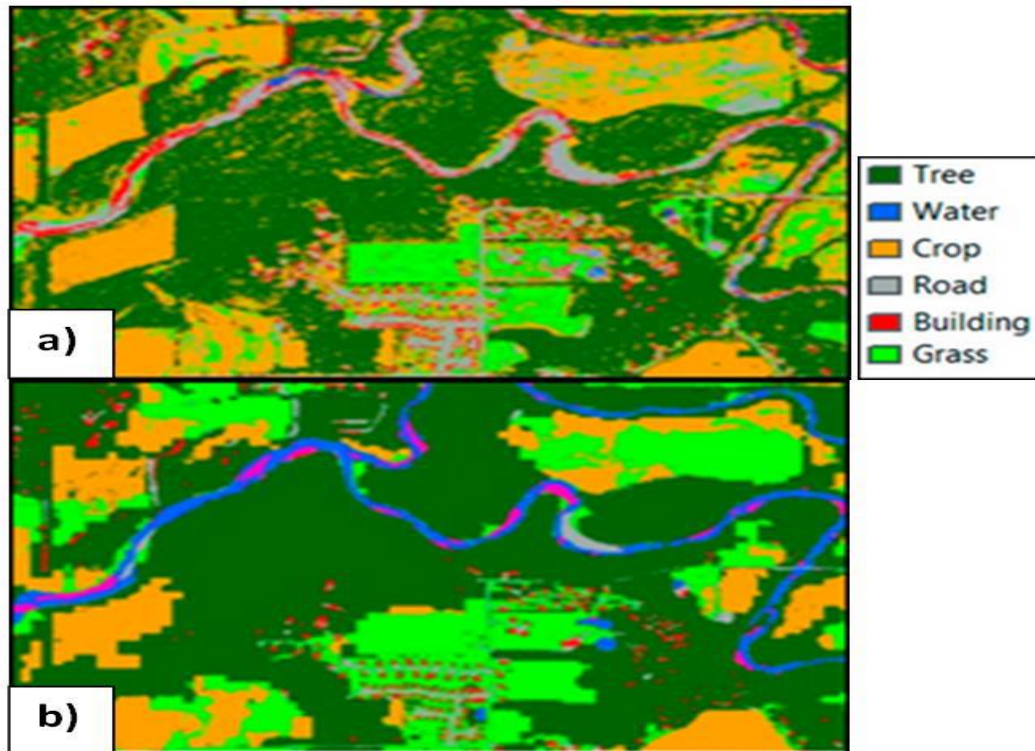


Figure 18: Classification par pixel (a) ; classification orientée objet (b)

4.1.1.2. Envi: (Environment for Visualizing Images)

ENVI fournit des outils pour la visualisation, le géoréférencement, les prétraitements, la classification et l'analyse des images satellitaires (Thomas et al, 2005.).

Il répond à la plus part des exigences de base nécessaires pour le traitement d'une image

Visualisation et traitement des données de télédétection ;


- Traitement et analyse spectrale de l'imagerie multispectrale et hyperspectrale ;
- Géoréférencement des images ;
- Classification et interprétation interactive ;
- Analyse de la végétation à l'aide des indices de végétation (NDVI) ;

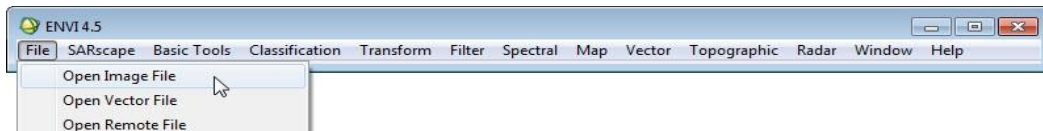
- Correction géométrique et radiométrique ;
- Calibrage et correction atmosphérique ;
- Support des formats raster et vecteur ;
- Fournis un soutien aux données de télédétection par satellites
WorldView-1, QuickBird, Ikonos, Cartosat, ALOS, EROS,
Orbview, SPOT, IRS, TERRA (ASTER), Landsat, etc.

❖ Images satellites utilisée

Dans notre étude afin de pouvoir cartographier les différentes occupations du sol nous avons utilisé une image satellitaire issue de Landsat 8 *Operational Land Imager (OLI)* et *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*. Cette image a été acquise le 26 mai 2016 dont le *path* 197 et le *row* 35 couvrant notre zone d'intérêt. Les caractéristiques physiques des différentes bandes qui la constituent sont mentionnées dans le tableau 00.

❖ Lancement d'ENVI

- Ou double-cliquez l'icône d'Envi sur le bureau 
- Dans le menu principal cliquez sur **File** → **Open image file**



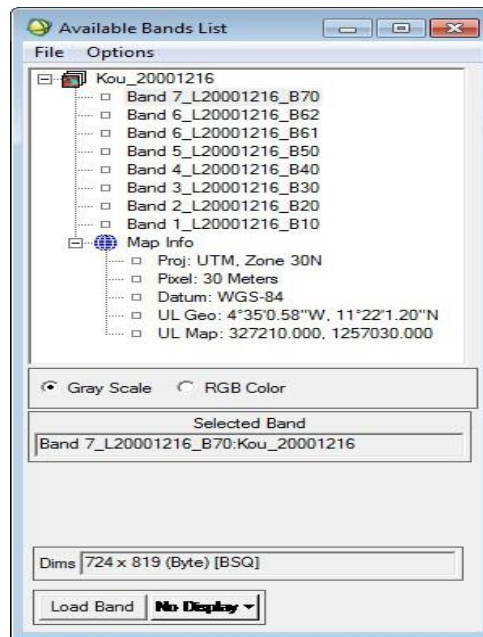
- Cliquez sur **Ouvrir**

Cette image est constituée de 8 bandes avec les longueurs d'ondes correspondantes suivantes :

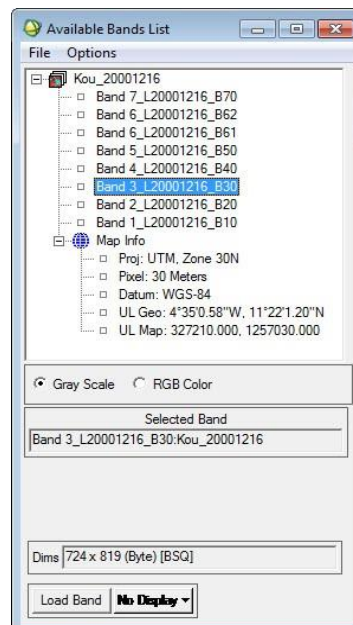
Gamme de bandes (micro m)	Localisation spatial	Resolution (m)	Swath (km)	Application principe
B1 : 0.45-0.52	Bleu	30x30	185	Pénétration des plans d'eau, cartographie des eaux territoriales
B2 : 0.52-0.60	Vert	30x30	185	Distinction de la végétation, évaluation de la vigueur et identification des différents types de cultures
B3 : 0.63-0.69	Rouge	30x30	185	Absorption de la chlorophylle, et différenciation des espèces végétales
B4 : 0.76-0.90	Proche IR	30x30	185	Détermination des types de végétation et surveillance de la vigueur et de la biomasse, définition des limites des plans d'eau
B5 : 1.55-1.75	Moyen IR	30x30	185	Indicateurs de végétation et d'humidité du sol utilisés pour la différenciation de la neige et des usages
B6 : 10.4-12.5	IR therm.	TM 120x120 ETM+ 60x60	185	Analyse des contraintes de végétation, distinction de l'humidité du sol et cartographie thermique
B7 : 2.08-2.35	Moyen IR	30x30	185	Identification des types de roches et de minéraux, cartographie hydrothermale et mesure de l'humidité du sol et de la végétation

Source: WU, 2003; <http://landsat.gsfc.nasa.gov/images/>.

La boîte de dialogue **Available Bands List** affiche le nombre de couches que

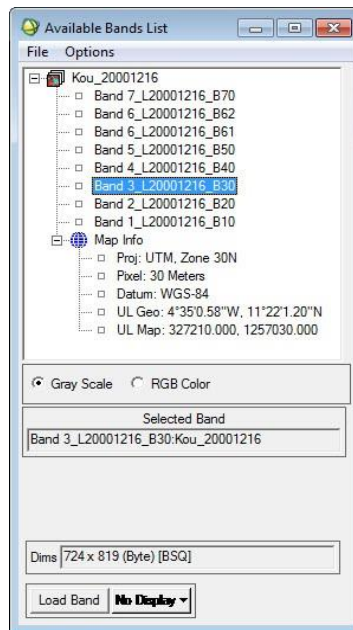


- Affichage en niveaux de gris
- Cliquez sur la **bande *_B30**.
- Choisissez le mode d'affichage **Gray Scale**
- Cliquez sur le Bouton **Load Band**.

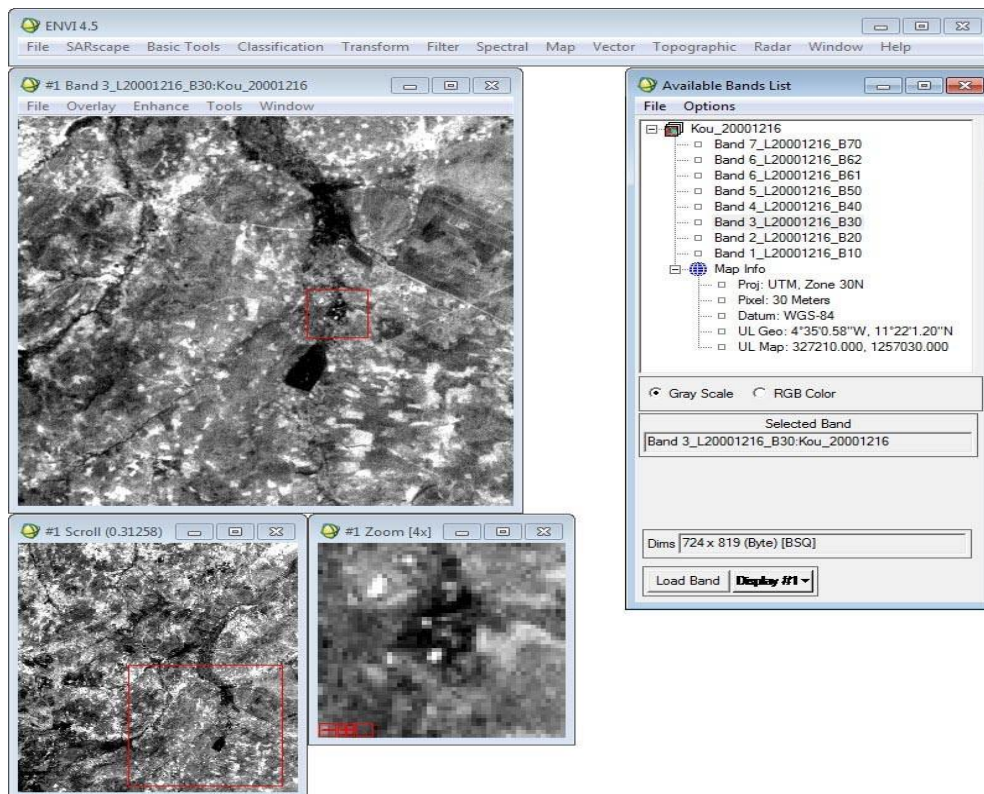


- Affichage en niveaux de gris
- Cliquez sur la **bande *_B30**.
- Choisissez le mode d'affichage **Gray Scale**

- Cliquez sur le Bouton **Load Band**.

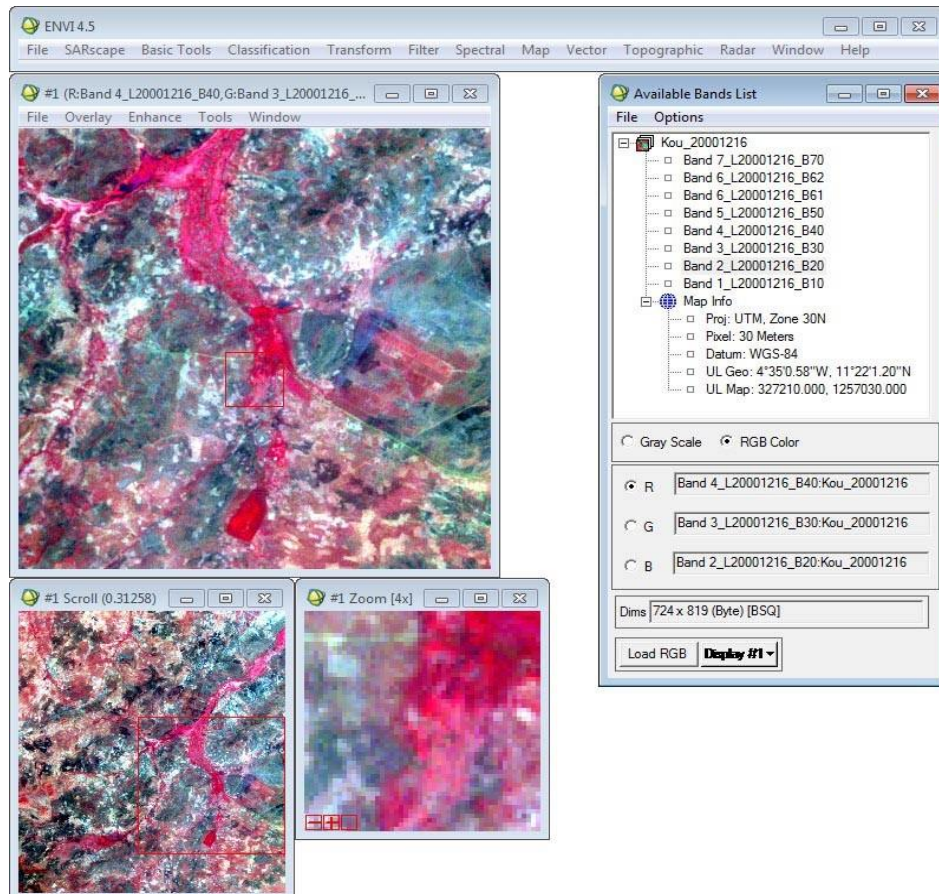


Trois fenêtres s'ouvrent : la fenêtre principale **Display**, le **Scroll** et le **Zoom**.



Le carré rouge sur la fenêtre **Scroll** permet de délimiter la zone géographique qui s'affichera sur la fenêtre **Display** ; et le carré rouge dans la fenêtre **Display** permet de délimiter la zone géographique qui s'affichera sur la fenêtre **Zoom**.

- Affichage en vraies et fausses couleurs : composition colorée
- Validez l'option RGB dans la boîte de dialogue **Available Bands List**
- Puis cliquez sur **Load RGB**. On obtient l'écran suivant.



Une nouvelle fenêtre s'ouvre.

- Cliquez sur File de la fenêtre **Available Band List** puis sur **Close All Files** pour fermer tous les fichiers ouverts.
- Quittez complètement ENVI à partir du menu principal d'Envi en cliquant sur **File** → **Exit**.

Les méthodes de classification les plus communes peuvent être séparées en deux grandes catégories : les méthodes de **classification supervisée** et les méthodes de **classification non supervisée**.

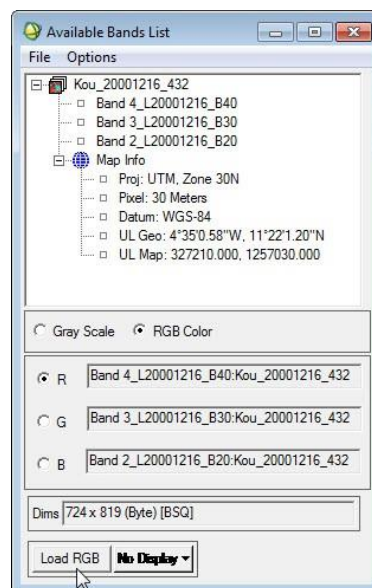
4.1.1.3. Classification non supervisée

On distingue deux méthodes de classification non supervisée sous Envi :

- La méthode de **K-Mean** : Regroupement des pixels de l'image au centre de classes, régulièrement distribués dans l'hypermespace, les plus probables (statistiques). Elle permet une analyse régionale des grands types homogènes de couvertures végétales.
- La méthode de classification non supervisée en valeurs égales (**Isodata**) : Regroupement des pixels de l'image aux centres des classes, régulièrement distribués dans l'hypermespace, les plus proches (distance).

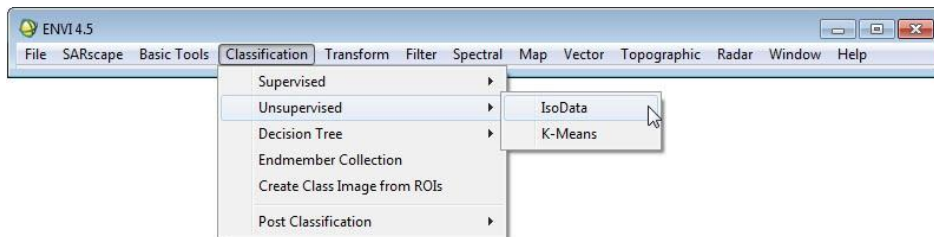
➤ Démarrer le logiciel Envi et chargement du fichier

- Cliquez sur le menu Démarrer → Programme → Envi 4.5 → ENVI
- Dans le menu fichier (**File**), sélectionnez **Open Image file**. Sélectionner le fichier
- Chargez l'image de la manière suivante : Bande 4 = Red, Bande 3 = Green et Bande 2 = Blue

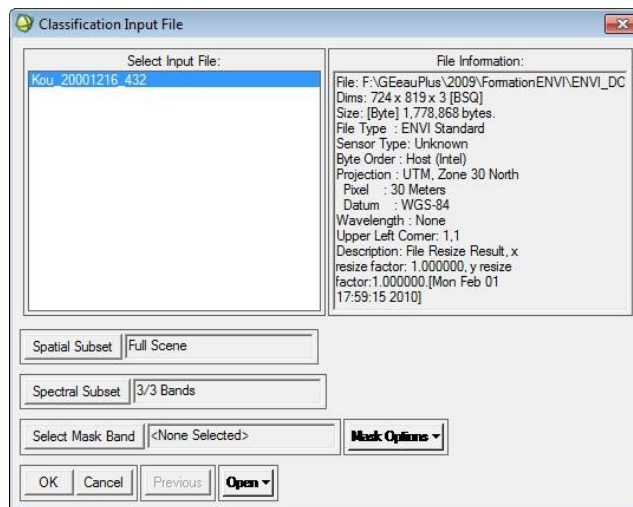


Classification 'ISO data'

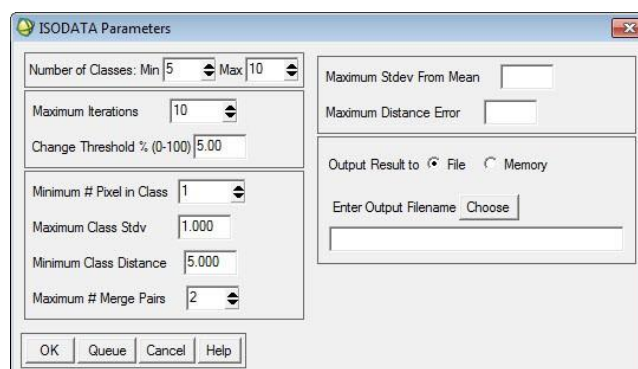
- Dans le menu principal ENVI, cliquez sur **Classification** → **Unsupervised** → **Isodata**.



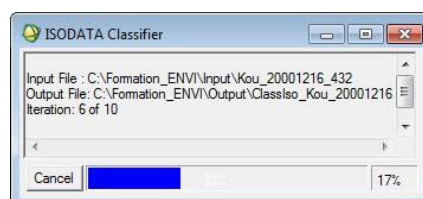
- Cliquez sur le nom de la composition colorée dans la boîte de dialogue **Classification Input file**.
- Laissez les informations par défaut puis appuyez sur **OK**.



Une autre boîte de dialogue dénommée **ISODATA Paramètres** apparaît.



Cliquez OK pour lancer la classification.

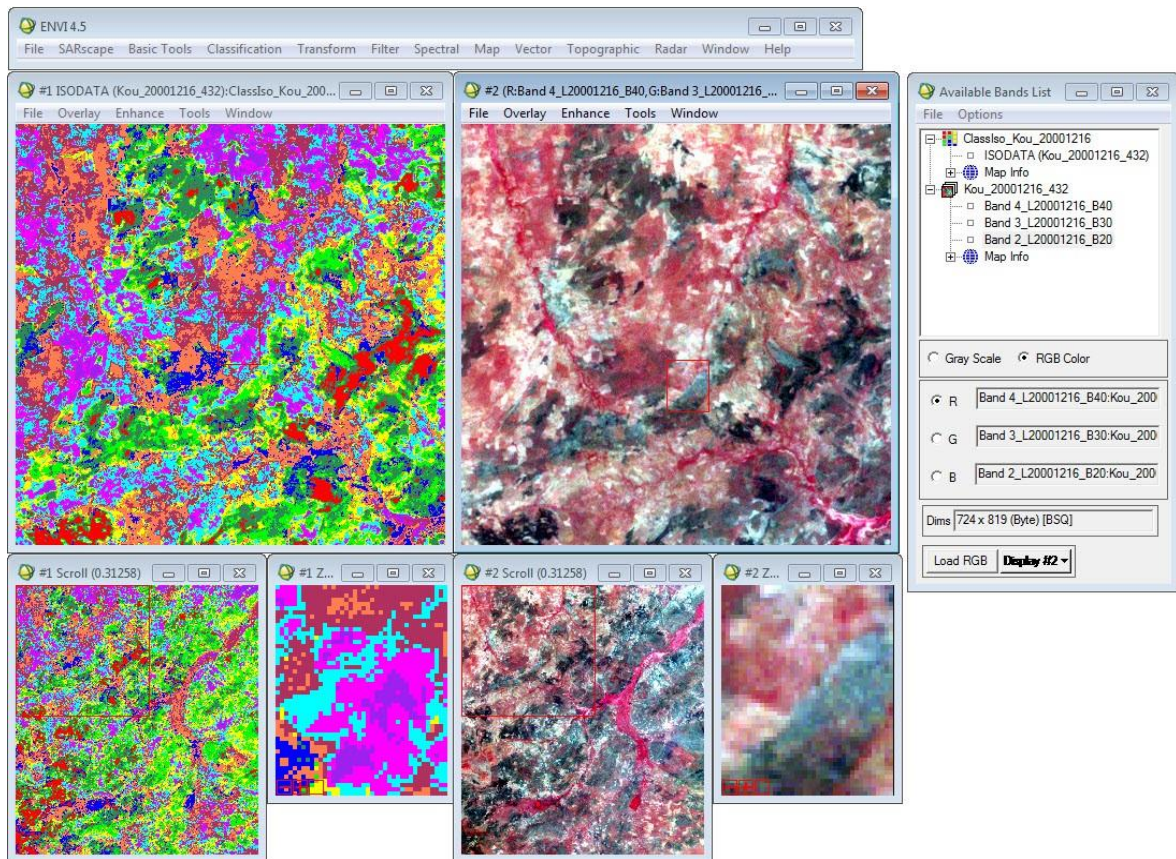


Le fichier de classification apparaît dans **Available Bands List** dans l'option **Gray Scale**.

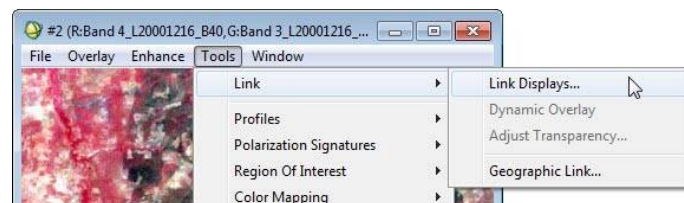
- Sélectionnez-le et cliquez sur **Load**

Affichez également la composition colorée dans une autre vue : **Display 2**

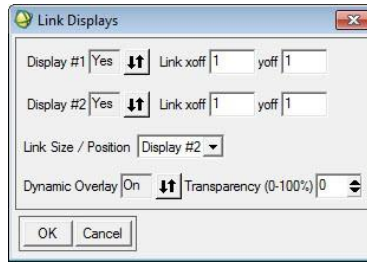
- Choisissez **New Display** puis cliquez sur **Load**.
- Disposez les deux vues côte à côte de la manière suivante.



Utilisez l'outil **Tools** → **Link** → **Link Displays** pour déterminer la correspondance entre les couleurs et les classes.

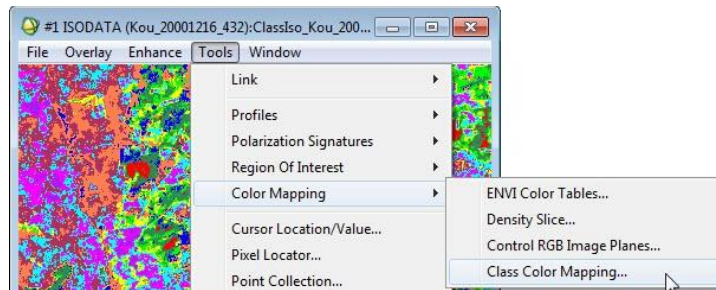


- Dans la boîte de **Link Displays** mettez tous les **displays** sur **Yes** et **Dynamic overlay** sur **On**.



Affectez ensuite des noms aux classes.

- Dans la fenêtre montrant l'image classée, cliquez sur **Tools** → **Color mapping** → **Class Color Mapping**.

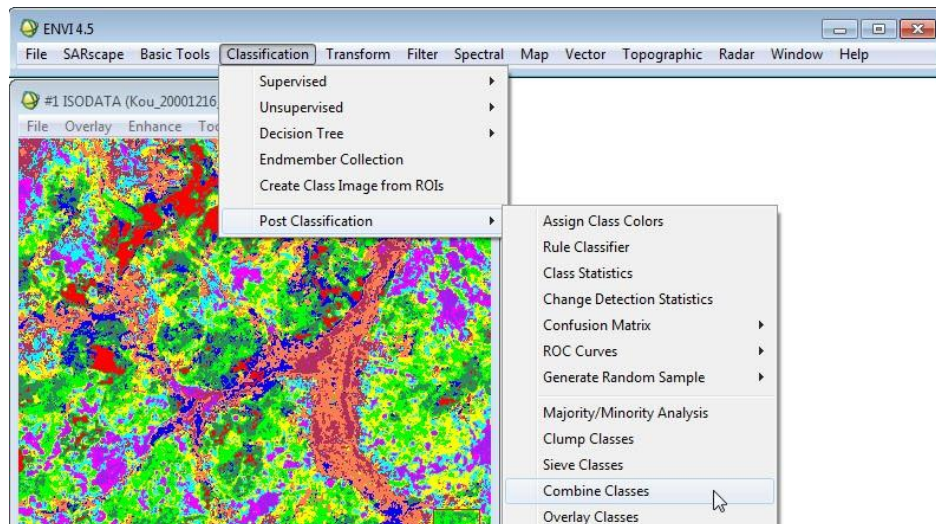


La boîte de dialogue **Class Color Mapping** apparaît.

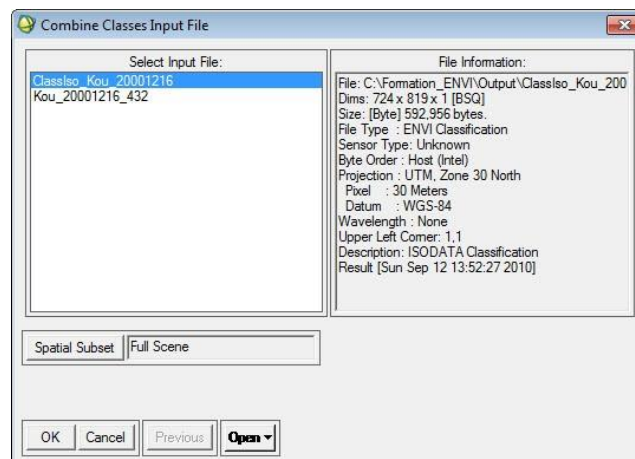
Une fois, l'affectation est terminée, cliquez **Options** → **Save changes** pour valider.

➤ Combinaison des classes

- Dans le menu principal ENVI **Classification**, cliquez sur **Post Classification** → **Combine classes**.

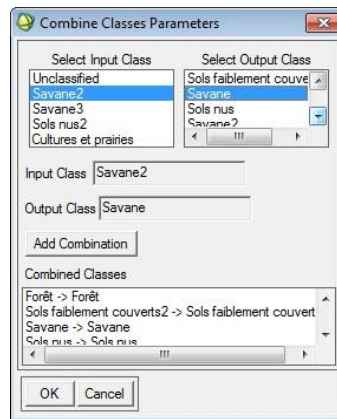


- La boîte de dialogue **Combine Classes Input File** s'ouvre et choisissez le fichier cliquez **OK**



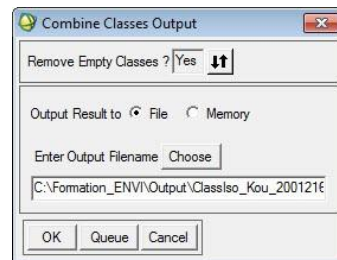
Une autre boîte de dialogue (**Combine Classes Paramètres**) s'ouvre.

- Sélectionnez 'Eau' dans **Select Input Class** et **Select Output Class**, et confirmez par **Add Combination**. Faites pareil pour toutes les autres class dans Select Input Class.



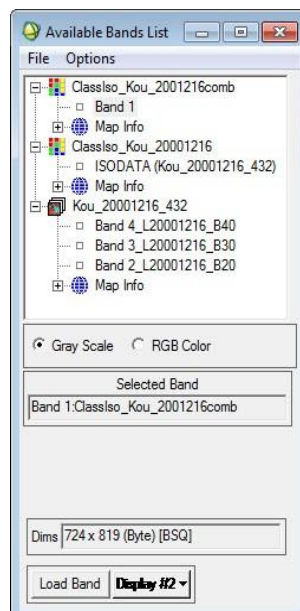
Une fois terminée, cliquez sur **OK**.

La boîte de dialogue **Combine Classes Output** s'ouvre. Retirez **Empty classes**

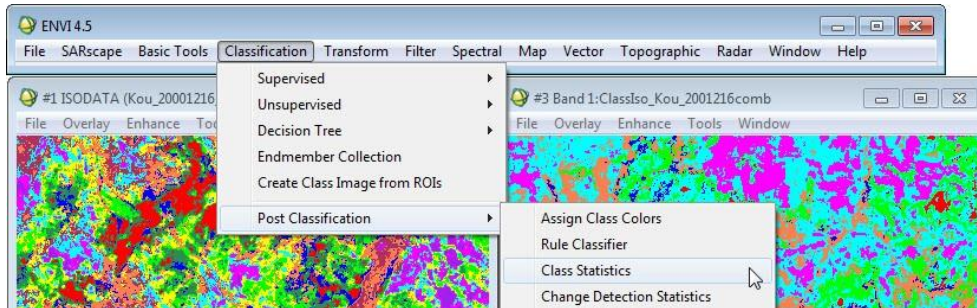


- Enregistrez le résultat

Le nouveau fichier apparaît dans la boîte de dialogue **Available Bands List**.

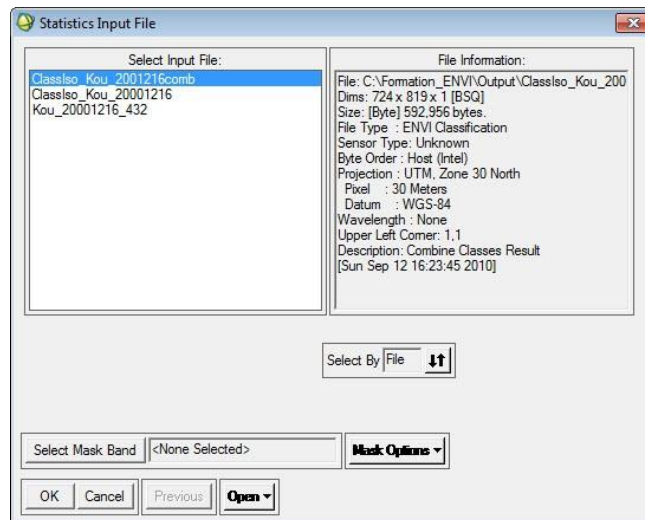


- Ouvrez-le dans un troisième **Display**.
- Statistique des classes
- Dans le menu principal ENVI **Classification** cliquez sur **Post Classification** → **Class Statistics** pour calculer les statistiques des classes.



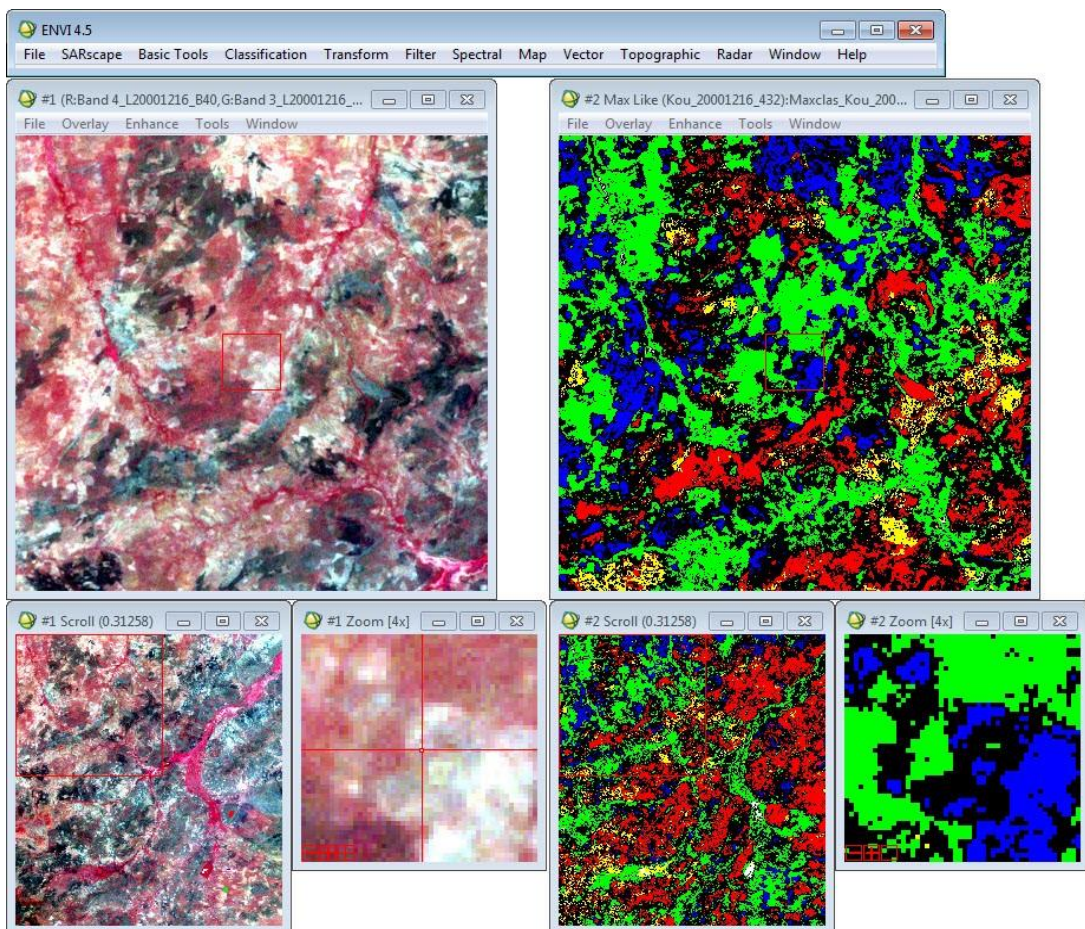
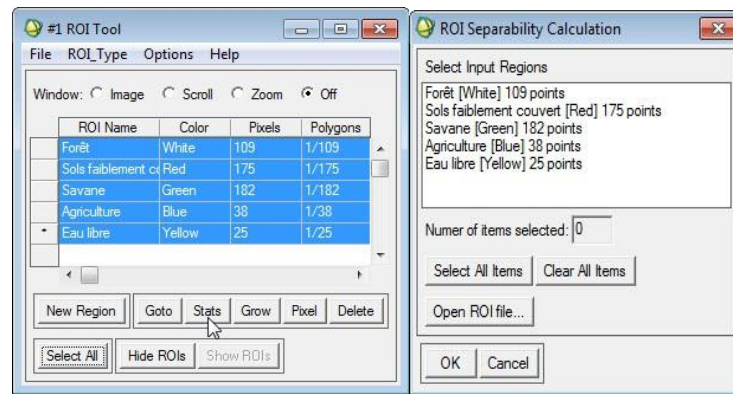
La boîte de dialogue **Classification Input File** s’ouvre.

- Dans la boîte **Statistics Input File** sélectionnez de nouveau le fichier et cliquez sur **OK**.



- Choisissez toutes les classes en cliquant sur le bouton **Select All Items** puis cliquez sur **OK**.

Sélectionnez le fichier et cliquez **OK**.



4.1.1.4. Classification supervisée

- Dans ROI Tool -> Restore ROI

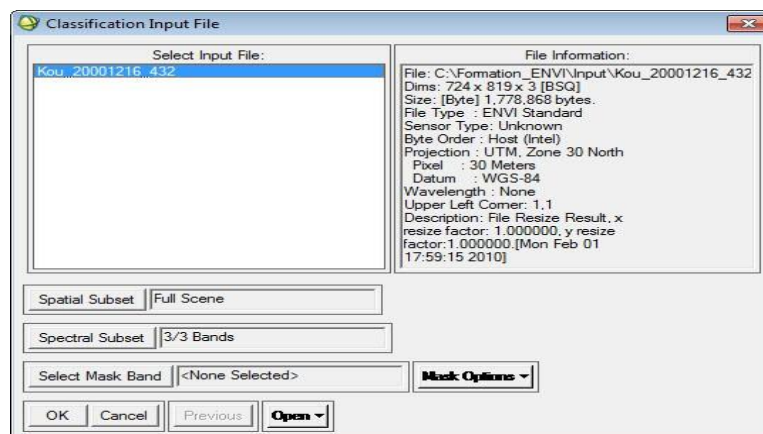
On testera les méthodes suivantes :

- ✓ Minimum Distance ;
- ✓ Mahalanobis Distance ;

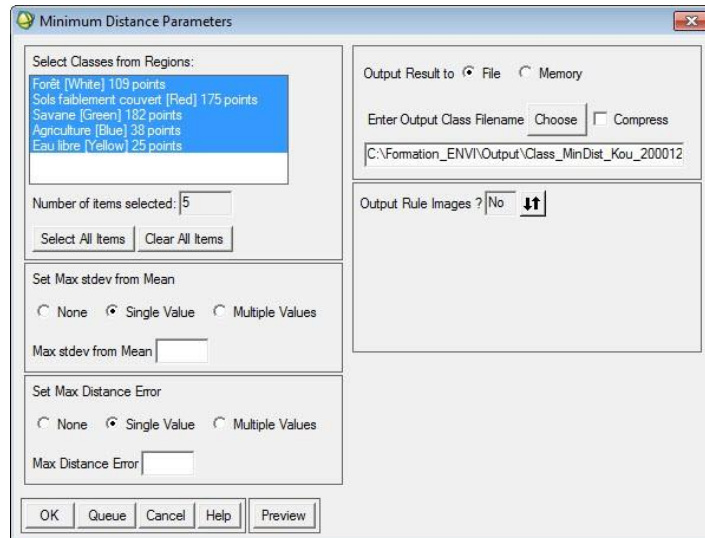
- ✓ Parallélépipède;
- ✓ Maximum likelihood (maximum de vraisemblance)
- ✓ **Minimum Distance**
- Démarrez Envi et chargez le fichier à partir de **Tools** → **Région of Interest** de la boîte de dialogue de **ROI Tool**, en cliquant sur **File** → **RestoreROIs**.
- Dans le menu principal ENVI cliquez **Classification** → **Supervised** → **Minimum Distance**.



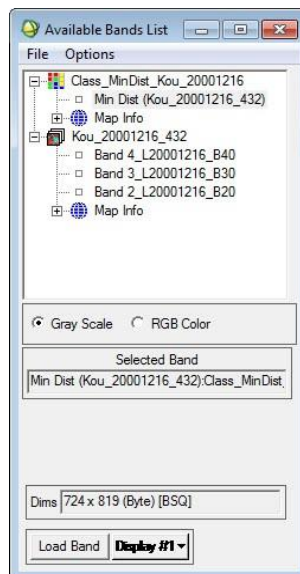
- Dans la boîte de dialogue suivante sélectionnez le fichier et cliquez sur **OK**.



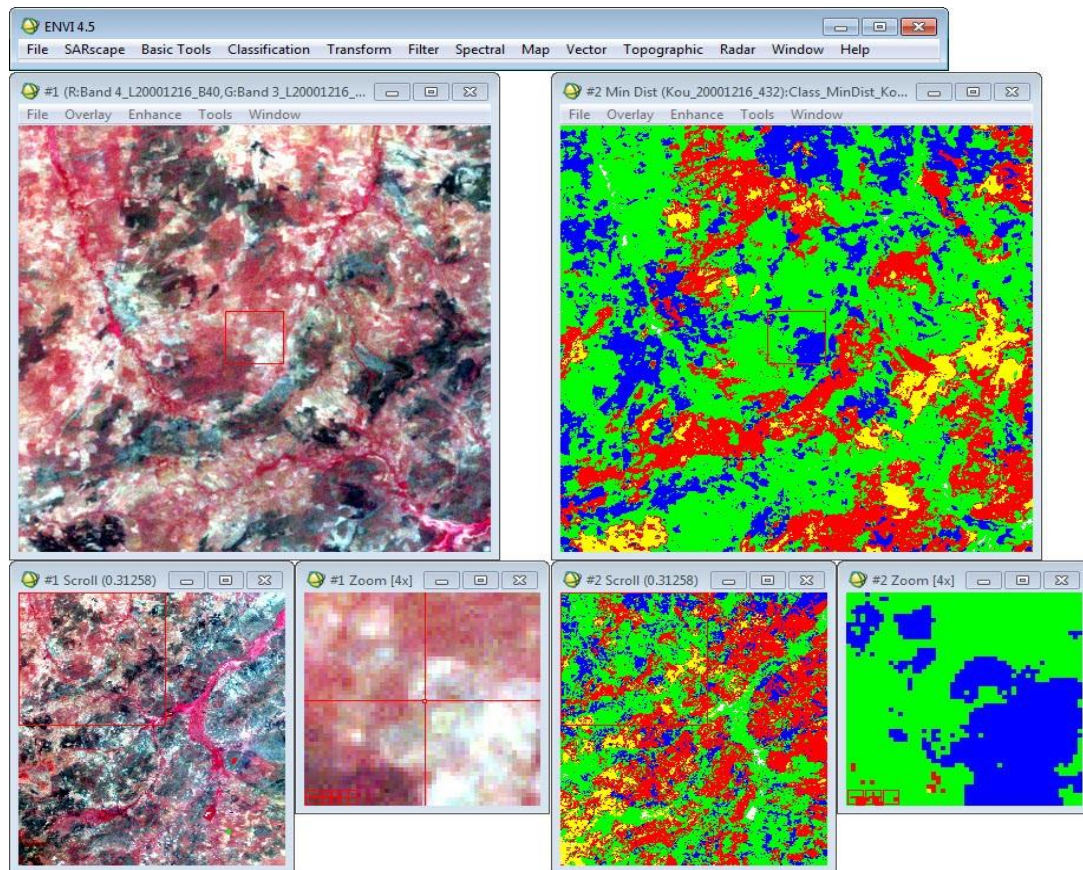
Une autre boîte de dialogue s'ouvre.



- Cliquez sur **Select All Items** pour sélectionner toutes les régions d'intérêt.
- Changez **Output Rule Images**. Puis cliquez sur **OK**.



- Affichez ensuite les deux images, l'image classée et la composition colorée.
- Et utilisez l'outil **Tools** → **Link** → **Link Displays** pour vérifier les résultats de la classification.



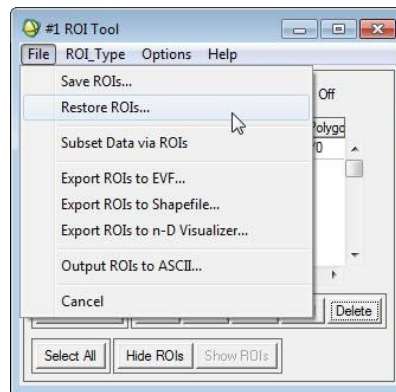
- ✓ **Fermez** tous les fichiers et quittez ENVI.
- ✓ **Classification par Maximum Likelihood (Maximum de ressemblance)**
 - Démarrez à nouveau ENVI.
 - Ouvrez et chargez le fichier
 - Chargez l'image en composition colorée RGB.

Dans le menu **Tools** de **Display** cliquez sur **Regions of Interest** → **ROI Tool**.

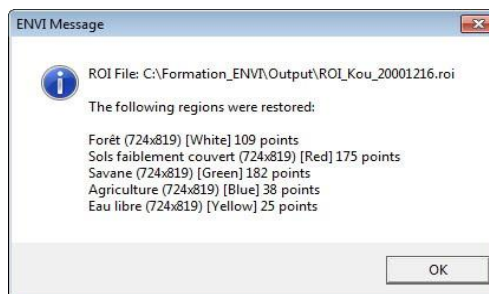


La boîte de dialogue **ROI Tool** apparaît.

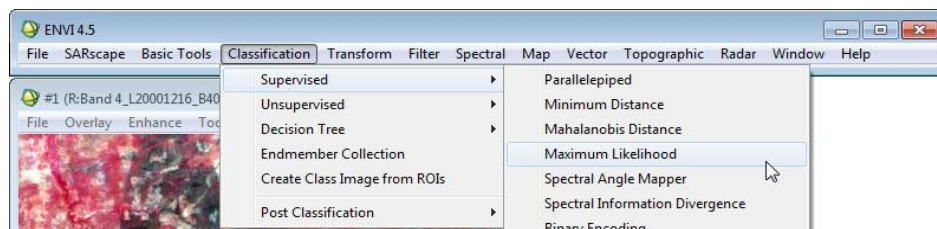
- Importez le fichier des régions



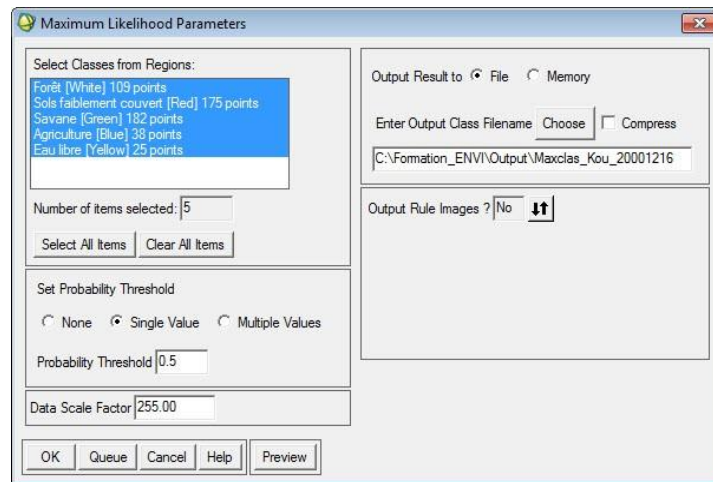
L'écran suivant apparaît :



- Cliquez sur **OK** pour charger les régions d'intérêt.
- Cliquez sur **Classification** → **Supervised** → **Maximum Likelihood** dans la barre de menu

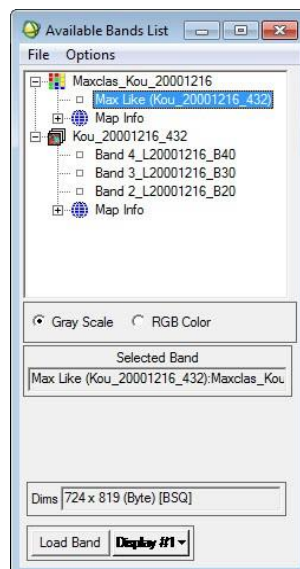


- Sélectionnez l'image à classifier puis cliquez **OK**.
- Le fichier de Roi étant déjà ouvert, dans la fenêtre **Maximum Likelihood Parameters** cliquez sur le bouton **Select All Items** pour sélectionner toutes les classes..

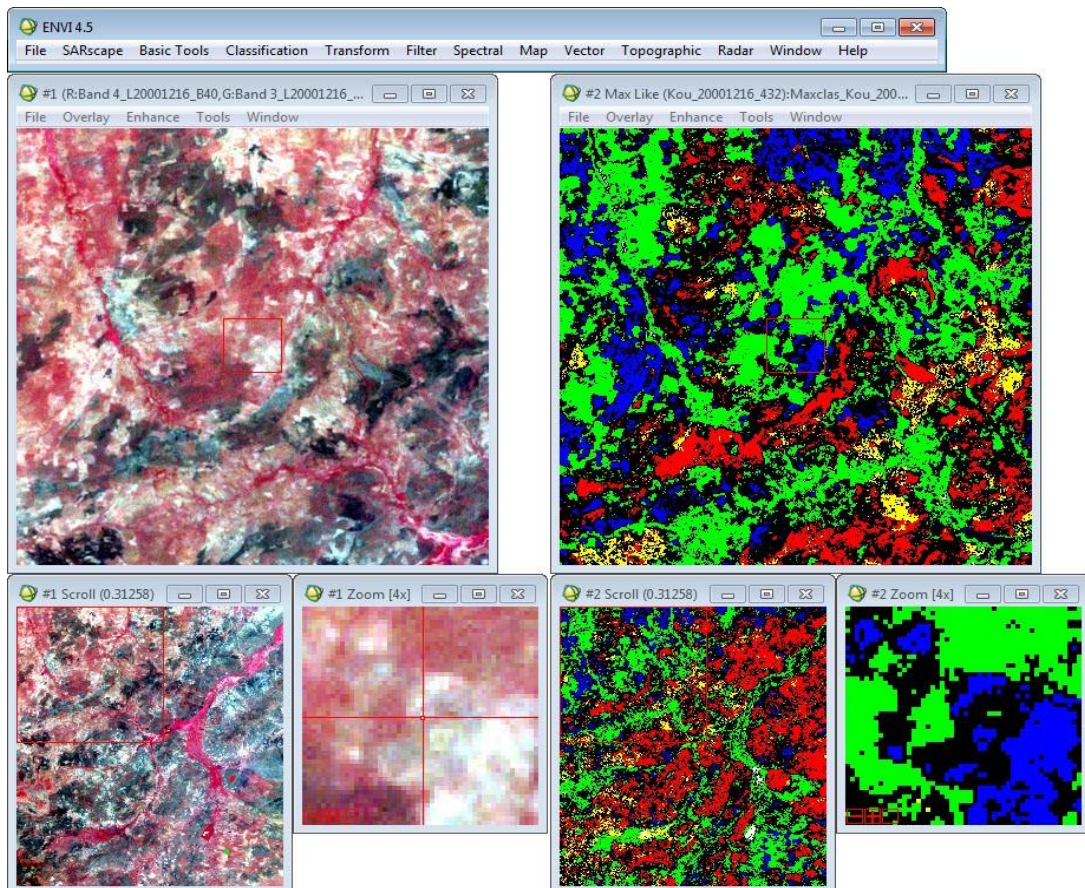


Cliquez **OK**.

Le résultat apparaît dans la fenêtre **Available Bands List** :



- Visualisez votre résultat dans un nouveau **Display**.



❖ Réalisation d'une carte d'occupation du sol

- Une fois votre image classifiée, exportez le résultat :
- Cliquez **File** → **Save Image As...** → **Image File**
- Ignorez le message d'erreur qui apparaît, s'il apparaît
- Choisissez **TIFF/GeoTIFF** comme **Output File Type**

Compatible avec ArcGIS que vous utiliserez pour la mise en page de votre carte.

- Enregistrez cette image dans votre farde Résultat et appelé la **VotreNOM_Carte.tif**
 - L'image a été exportée.

Pour la mise en page de votre carte, utilisez ArcMap (ArcGis). Insérez votre carte dans un nouveau projet ArcMap et passez en mode layout view. Respectez les consignes d'édition cartographique données dans le manuel de Formation SIG.

4.1.1.5. Logiciel Arcgis Version 10

Arcgis est un logiciel SIG de ESRI (Environmental Systems Research Institute), il est développé pour faciliter la gestion et l'analyse des données spatiales afin de répondre à une problématique donnée.

- Ce logiciel a été utilisé dans ce travail pour :

- ✓ La création l'habillage et l'édition des cartes.
- ✓ La détection de changement entre les différentes images satellitaires.

L'analyse de quelques données statistiques (El hadraoui, 2013).

Chapitre IV

Résultats et discussion

5.1. Résultats et discussion

5.1. Classification non supervisé

5.1.1. Méthode d'Isodata

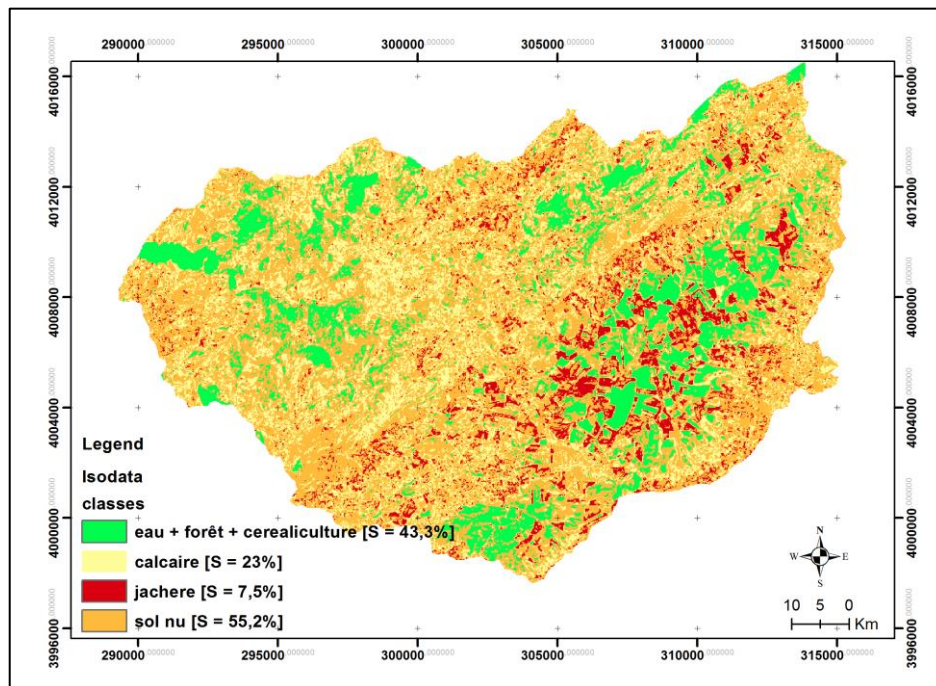


Figure 19. Extraction de l'occupation du sol par la classification non supervisée algorithme Isodata

5.1.2. Méthode de K-means

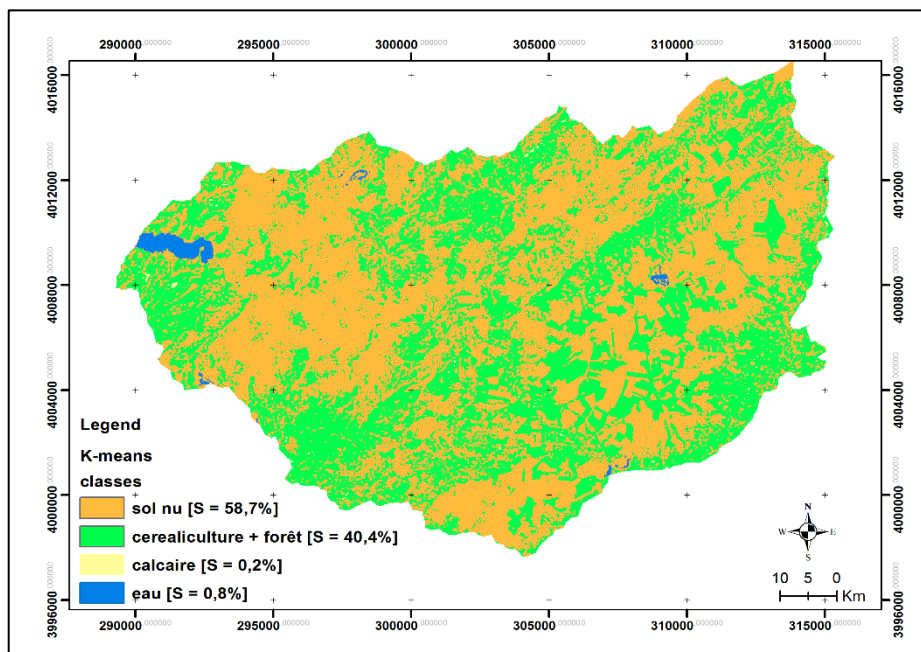


Figure20. Extraction de l'occupation du sol par la classification non supervisée (K-means)

5.2. Classification supervisée

5.2.1. La méthode parallélépipède

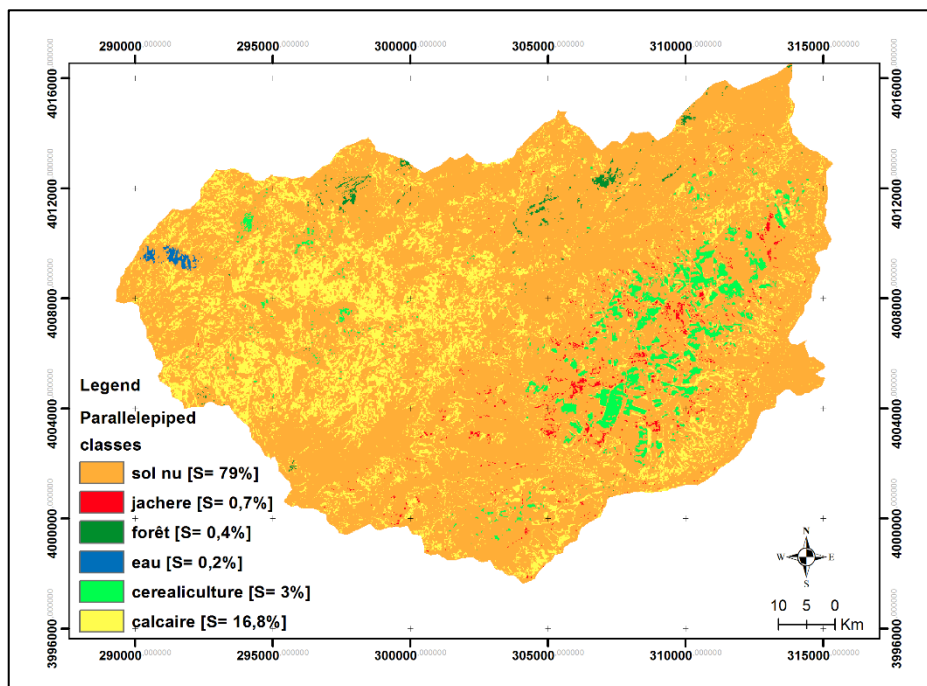


Figure21. Extraction de l'occupation du sol par la classification supervisée parallélépipède

5.2.2. La méthode likelihood

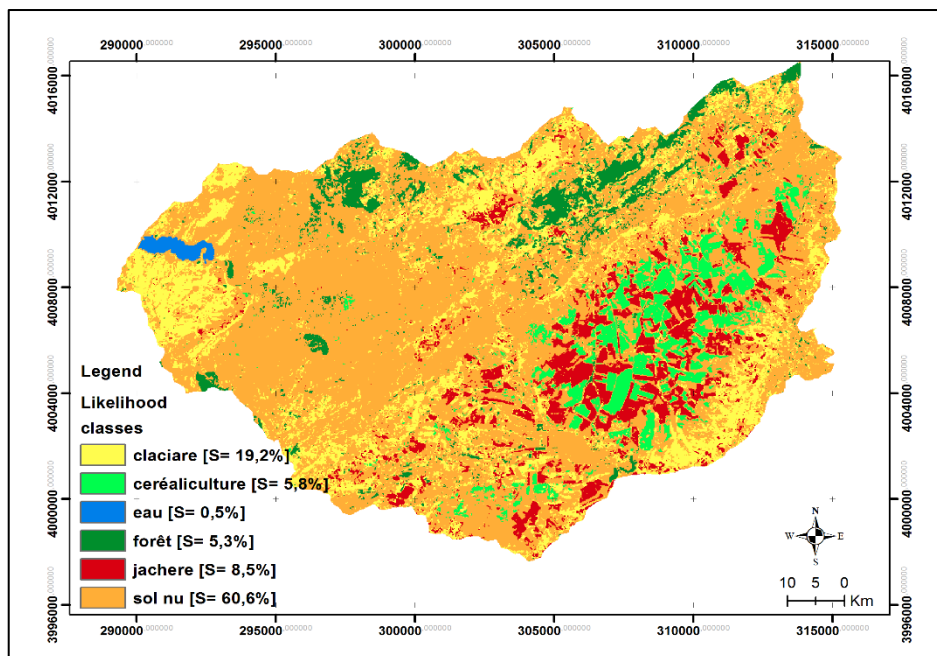


Figure22. Extraction de l'occupation du sol par la classification supervisée algorithme likelihood

5.2.3 La méthode mahalanobis

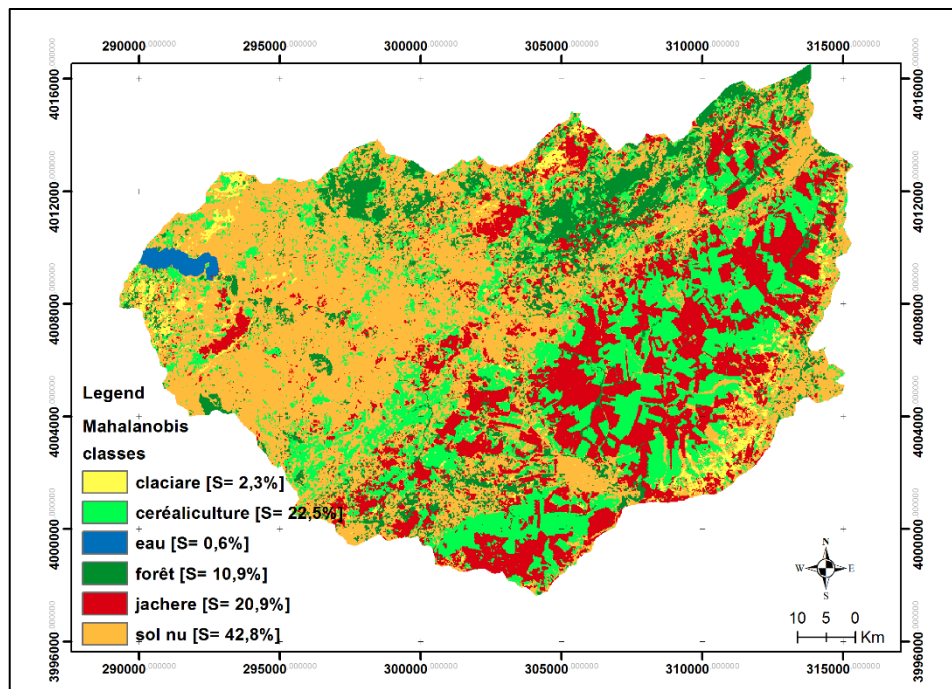


Figure 23. Extraction de l'occupation du sol par la classification supervisée mahalanobis

5.2.4. La méthode minidistance

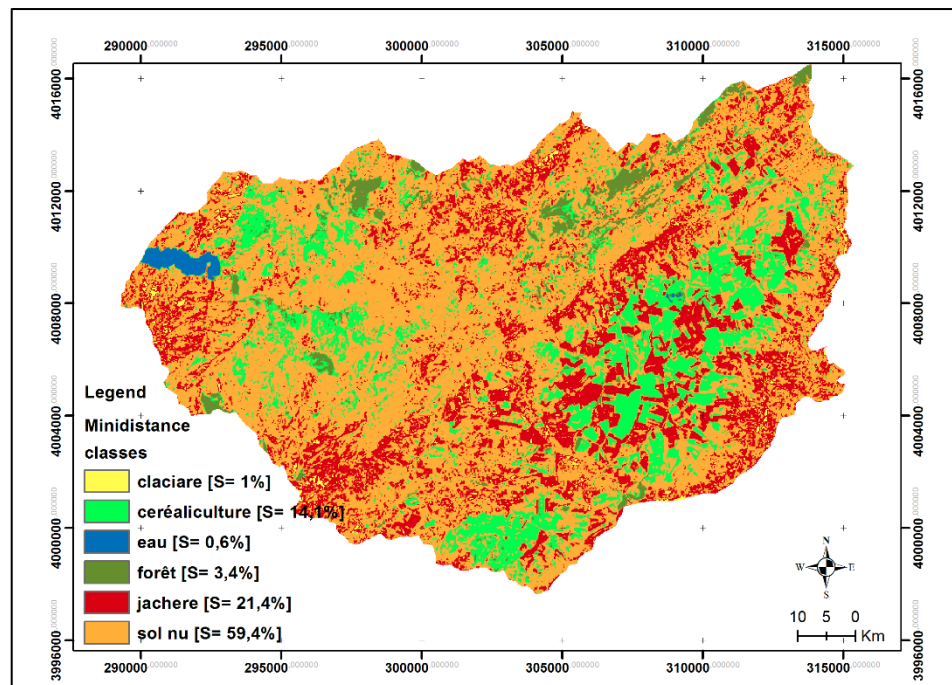


Figure 24. Extraction de l'occupation du sol par la classification minidistance

5.3 Classification orientée objet

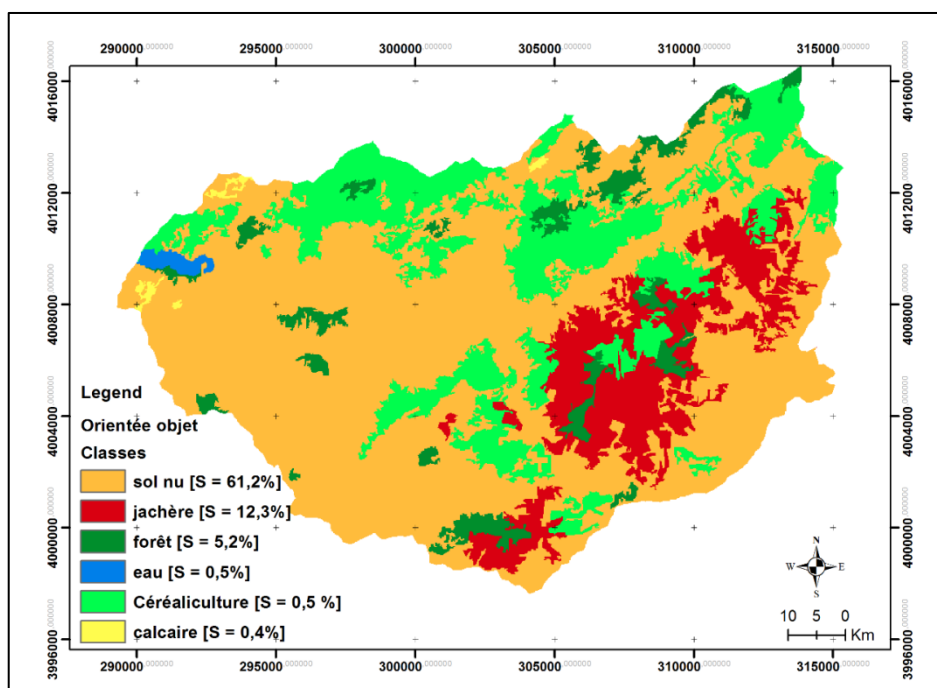


Figure25. Extraction de l’occupation du sol par la classification orientée objet

Tableau 09 : Extraction de l’occupation du sol par les sept méthodes de classification

Les classes d’occupation du sol	K-means	Isodata	Parallélépipède	Mahanalobis	Likelihood	Minidistance	OO
Eau	0,8	14,3	0,2	0,6	0,5	0,6	0,5
Céréaliculture	-	14,3	3	22,5	5,8	14,1	20,5
Forêt	40,4	14,3	0,4	10,9	5,3	3,4	5,2
Calcaire	0,2	23	16,8	2,3	1,2	1	0,4
Sol nu	55,7	55,2	79	42,8	60,6	59,4	61,2
Jachère	-	7,5	0,7	20,9	8,5	21,4	12,3
Total		100	100	100	100	100	100

D’après le tableau 09 on remarque que les sept méthodes de classification testées (K-means, isodata , parallélépipède, mahanalobis, mini distance, likelihood et orientée objet) présentent une similitude en ce qui concerne la classe du plan d’eau avec un écart de 0,5 %. Ceci s’expliquerait par le fait que cette occupation atteint un niveau d’exactitude très élevé que ce soit la classification. Cette réponse spectrale nous a permis d’extraire aisément la surface de l’eau d’autres classes de l’occupation du sol. Ce fait est confirmé par d’autres travaux (Flanders et al., 2003 ; Lang et al., 2006 ; Platt et Rapoza, 2008).

Pour la classe des forêts une similitude a été observée pour les méthodes de classification likelihood, minidistance et orientée objet avec un taux d'occupation variant entre 3,4 et 5,3 %. Tandis que la classe de céréaliculture aucune similitude n'a été remarquée entre les différentes méthodes de classification.

Concernant les terres calcaires, les méthodes mahalanobis, likelihood, minidistance et orientée objet donnent des résultats similaires enregistrant des valeurs variant entre 2,3 et 0,4 %. Tandis que les autres méthodes de classification présentent des taux variables d'une classe à l'autre. Ce cas a été remarqué au niveau de la classe du sol nu enregistrant des taux variés entre 59,4 et 61,2 exceptionnellement la méthode mahalanobis qui enregistre un taux de 42,8 %. Alors que la classe de jachère présente des taux nettement variables entre les différentes méthodes de classifications utilisées.

Conformément à la réalité de l'utilisation des terrains de la zone d'étude, nous pouvons déduire que la meilleure méthode de classification est celle d'orientée objet. Nous pouvons également affirmer que, les tests de segmentation effectués sur l'extrait de l'image Landsat-8 OLI au moyen de logiciel eCognition ont été très utiles, permettant une meilleure compréhension du processus de la segmentation pour des fins cartographiques de l'utilisation du sol. Par ailleurs, le processus de la segmentation pour la classification orientée-objet via le logiciel eCognition nécessite une précision délicate entre les objets terrestres à cartographier. Nos résultats sont en concordance avec ceux trouvés par d'autres investigateurs (Pham *et al.*, 2013 ; Jia *et al.*, 2013 ; Kassouk *et al.*, 2014 ; Liu et Zhang, 2017). Vu son importance dans le domaine de la cartographie de différentes utilisations des terres, cette technique a été utilisée un peu partout dans le monde

Notre approche a permis d'extraire les six classes avec une exactitude élevée. Le niveau d'exactitude le plus élevé est obtenu pour la classe « la végétation : forêt et céréaliculture » et le plus faible pour la classe « des terres nues ». La catégorie du plan d'eau (le lac du barrage) atteint un niveau d'exactitude très élevé, ce qui est dû à la réponse spectrale très basse de l'eau et qui est très distincte des autres classes. Ce fait est confirmé par d'autres travaux de traitement de l'image par l'approche d'objet (Flanders *et al.*, 2003; Lang *et al.*, 2006; Platt and Rapoza, 2008). Dans la catégorie de végétation, nous avons obtenu des résultats adéquats, sauf pour la classe « arbres isolés ». La faible exactitude de cette classe s'explique par le fait qu'il est difficile d'identifier les arbres dispersés, même visuellement.

Laliberte et al. (2004) confirment aussi la difficulté d'identifier les arbustes de petite taille dans leur classification. Plusieurs études récentes ont suggéré que les données du LiDAR pourraient être utiles pour identifier les arbres dispersés en milieu urbain par exemple (par exemple Sung 2012; Zhou and Troy 2008). Les paramètres de segmentation proposés pour la végétation par les auteurs précédents privilégient la couleur par rapport à la forme, mais n'attribuent aucun poids (Laliberte et al., 2004) ou seulement un poids minime à la compacité (Lang et al., 2006; Platt and Rapoza, 2008). Nos résultats corroborent bien avec ces constats en montrant que les meilleurs niveaux d'exactitude sont obtenus dans les segmentations avec des valeurs de couleur de 1 et de compacité de 0. Cependant, à Hanoi, il n'y a pas de grands parcs régionaux avec des groupes d'arbres à taille importante. Dans des villes où il y a de tels types de parcs, nous recommandons de faire preuve de prudence lors du choix d'échelle et de compacité de segmentation, qui peut avoir un impact sur la taille et la forme des objets segmentés. La classe de route est également jugée difficile à extraire par Puissant et al. (2006), Taubenböck et al. (2006) et Caprioli and Tarantino (2003).

Conclusion

CONCLUSION

Les méthodes utilisées et notamment l'approche orientée-objet a montré un réel intérêt pour la caractérisation des grands types de végétation et pour la délimitation précise de plusieurs types de formations végétales à partir de l'image Landsat_8 OLI traitée sous logiciel eConigition. Cependant tous les types de classifications utilisées (non supervisée, supervisée et orientée objet) dans cette étude à partir d'une l'image issue de Landsat-8 OLI sont reproductibles ce qui permet leurs mise en œuvre sur de vastes territoires. Les cartes produites au 1/500 000 présentent d'ores et déjà un intérêt certain pour mettre en évidence la continuité écologique entre des secteurs à enjeux pour la biodiversité dans le bassin versant de l'oued Kramis. En outre, ces classifications permettent de délimiter des objets, qui, même si leur qualification n'est pas toujours exacte au niveau des types de formations végétales, représentent en soi une aide significative lors de l'étape de terrain. Quelques préconisations seront recommandées notamment l'utilisation des images à THRS issues d'autres satellites tels que, Ikonos-2, Quickbird-1, Orbview-3, Orbview-4 ou ASAL (Agence Spatiale Algérienne), mais avec une petite échelle de surface de l'ordre de dizaines de Km² afin de pouvoir cartographier l'hétérogénéité spatiale du milieu.

Ce travail a fait l'objet de plusieurs publications dans le domaine écologique à savoir, Bhaskaran et al. (2010), Achbun et al. (2013), Kassouk et al. (2014), Pham et He (2015) et Liu et Zheng (2017).

Références

Bibliographiques

- Achbun, A., Mansour, M., Layelmam, M., Smiej, M.F. (2013). Etude comparative de la classification orientée objet d'une image spot5 pour la cartographie de l'occupation du sol via eCognition 9. GEO OBSERVATEUR, 2011, 13 p.
- 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.
- B.N.E.D.E.R.(National Office of Studies for Rural Development) (2004). <http://www.bneder.dz>.
- Bagnouls, F., Gaussen, H. (1955). Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse 83: Pp. 193-239.
- 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.
- 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
- Bhaskaran, S., Paramananda, S., Ramnarayan, M. (2010). Per-pixel and object-oriented classification methods for mapping urban features using Ikonos satellite data. Applied Geography 30, 650–665.
- Bonn, F. et Rochon, G., 1992. Précis de télédétection, Vol I. Principes et méthodes, presses de l'Université de Québec. AUPELF, 485
- Carl M. Bender and Stefan Boettcher Phys. Rev. Lett. 80, 5243-Published 15 June 1998
- Cecchi,P. F.Gourdin, S. Kone, D. Corbin, E. Jackie, A. Casenave, Les petits barrages du nord de la Côte d'Ivoire : inventaire et potentialités hydrologiques. Sécheresse, 20 (1) (2009, pp. 112-22.
- Charreau, C., Nicou, R. (1971). L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux de la zone tropicale sèche Ouest Africaine. Agron Trop; 26, 9 : 903-78.

- 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.
- Ecuyer, R. (2003) Application de top model à différents bassins versants. Rapport de stage de recherche préparé au sein du Laboratoire de Mécanismes de Transferts en Géologie (UMR 5563 CNRS-OMP-UPS-IRD), 33 p.
- Emberger, L. (1930). La végétation de la région méditerranéenne: essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. Gen. Bot.* 42: 641-662, Pp. 705-721.
- Emberger, L. (1955). Une classification biogéographique des climats. *Trav. Lab. Bot. Zool. Fac. Sci. Serv. Bot. Montpellier.* 7: Pp. 3-43.
- Flanders, D., Hall-Beyer, M., Pereverzoff, J., 2003, Preliminary evaluation of eCognition object-based software for cut block delineation and feature extraction, *Canadian Journal of Remote Sensing* 29(4):441–452.
- Foody, G.M. Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, vol. 80, (2002) pp. 185-201.
- Formation ENVI oct-2013 pdf
- 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.
- Guyot G., 1984. Caractérisation spectrale des couverts végétaux dans le visible et le proche infrarouge, application à la télédétection. *Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie et Télédétection*, n°95, pp 5-14.
- Kassouk, Z., Thouret, J.C., Gupta, A., Solikhin, A., Liew, S.C. (2014). Object-oriented classification of a high-spatial resolution SPOT5 image for mapping geology and landforms of active volcanoes: Semeru case study, Indonesia.

- Kouassi, A.M. Caractérisation d'une modification éventuelle de la relation pluie-débit et ses impacts sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest: cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody, Côte d'Ivoire, (2007), 210 p
- Kouri, L., 1993. L'érosion hydrique des sols dans le bassin versant de l'Oued Mina (Algérie) étude des processus et types fonctionnelles des ravines dans la zone des marnes tertiaires, thèse de doctorat de l'université LOUS Pasteur, Strasbourg (mention géographe physique) p 32-41.
- Laliberte, A. S., Rango, A., Havstad, K. M., Paris, J. F., Beck, R. F., McNeely, R., Gonzalez, A. L., 2004, Object-oriented image analysis for mapping shrub encroachment from 1937 to 2003 in southern New Mexico, *Remote Sensing of Environment* 93:198-210.
- Lang, S., Jekel, T., Hölbling, D., Schöpfer, E., Prinz, T., Kloyber, E., Blaschke, T., 2006, Where the grass is greener - mapping of urban green structures according to relative importance in the eyes of the citizens, First Workshop of the EARSeL - Special Interest Group on Urban Remote Sensing, Berlin.
- Legrain, M., 2002. Dictionnaire encyclopédique. Ed. Larousse, France, pp. 325, 1119, 1253.
- 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.
- Liu, Y., Zheng, F.B. (2017). Object-oriented and multi-scale target classification and recognition based on hierarchical ensemble learning. *Computers and Electrical Engineering* xxx, 1–17. doi.org/10.1016/j.compeleceng.2016.12.026.
- 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.
- Mahe, G. J.E. Patrel, E. Servat, D. Conway, A. Dezetter, Impact of land use change on soil water holding capacity and river modeling of the Nakambe River in Burkina. *J. Hydrol.*, 300, (2005) pp. 33-43.

- 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.
- Muto A., Peters L.E., Gohl K., Sasgen I., Alley R. B., Anandakrishnan S., Riverman K.L. (2016). Subglacial bathymetry and sediment distribution beneath Pine Island Glacier ice shelf modeled using aerogravity and in situ geophysical data: New results. *Earth and Planetary Science Letters* 433 : 63–75
- Oloukoi, J., Mama, V., Agbo, F., 2006. Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le département des collines au Bénin, *Revue Télédétection*, vol.6, n° 4, p.305-323.
- Ouattara, T.J-M. Dubois, et Q. H. J. GWYN, Méthode de cartographie de l'occupation des terres en milieu aride à l'aide de données multisources et de l'indice de végétation tsavi, *Télédétection*, vol, 6, n° 4, (2006) pp. 291-304
- Ozenda, P(1986).La cartographie écologique et ses application/*Ecological Mapping and its Application*.Paris ,Masson (Coll.Ecologie appliquée et sciences de l'environnement,7).160p.
- Ozenda,P- Les végétaux dans la biosphère , 431 p.,183 fig.,pl. Bibliographie. Index ,Paris,Doin, 1982.
- Ozenda,P Principes et objectifs d'une cartographie de la végétation des Alpes à moyenne échelle .documents pour la végétation des Alpes 1(1963),P5-18.
- Pham, T.T.H., He, D. Ch. (2015). Classification orientée objet d'une image quickbird de la ville de Hanoi (Viêtnam): étude empirique des paramètres de segmentation. *Télédétection*, Editions scientifiques GB, 2013, 11 (2), pp.287-305.
- Puissant, A., Weber, C., Sheeren, D., Wemmert, C., Gańczarski, P.F., 2006, Amélioration des connaissances sur l'environnement urbain : intérêt de l'intégration de règles dans les procédures de classifications (*Enhancing understandings of urban environment: Interest of rule-integrated classifications*),

- Interactions Nature-Société, analyse et modèles, La Baule, pp. CDrom [in French].
- Koul,R,RB Clariana, K Jitgarun ,A Songsriwittaya Learning and Individual Differences19 (4), 506-512,2009
- Sauvage, Ch., 1963 - Etages bioclimatiques. Notice et carte au 1 /200 0000 ème. Atlas du Maroc Sect. II. P l. 6b. Comité Géographie Maroc. Rabat.
- Seklaoui, O.O. (2016). Valorisation des sédiments du barrage d'El merdja : sidi abed étude technoéconomique. Thèse de doctorat en génie civil structure et matériaux. Univ. Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algerie). 138 P.
- 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.
- Sung, C. Y., 2012, Evaluating the efficacy of a local tree protection policy using LiDAR remotesensing data, Landscape and Urban Planning 104(1):19-25.
- Taubenböck, H., Esch, T., Roth, A., 2006, An urban classification approach based on an object-oriented analysis of high resolution satellite imagery for a spatial structuring within urban areas, 1st EARSeL Workshop of the SIG Urban Remote Sensing Berlin, Germany.
- Thorntwaite C. (1946) .Approach towards rational classification of climate.Geogr. Rev. 38 (1) Pp. 55-94.
- Thorntwaite C. (1946). Approach towards rational classification of climate.Geogr. Rev. 38 (1) Pp. 55-94.
- 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
- Web (2016) <http://tn.freemeteo.com/letemps/historique/historique-quotidien/?gid=2492205&date=2015-05-06&station=13004&language=french&country=algeria>.