

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT : Hydraulique Urbaine

MEMOIRE DE MASTER

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique

Option : Alimentation en Eau Potable

THEME DU PROJET :

**CARTOGRAPHIE DES CHANGEMENTS DE L'OCCUPATION DU
SOL DANS LA PLAINE DE LA MITIDJA A PARTIR DES IMAGES
LANDSAT**

PRESENTE PAR :

M^r DERDJINI Hamza

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
M ^r A.HADJ SADOK	M.C.A	Président
M ^{me} N.SAIL	M.A.B	Examinatrice
M ^r I.ZAIBAK	M.A.A	Examineur
M ^r A.OSMANI	M.A.A	Examineur
M ^r TOUMI SAMIR	M.C.B	Promoteur



Dédicace



Je dédie ce travail :

*Avant tout à mes chers parents HOUARI et
KHEIRA,
Qui m'ont soutenu durant toutes mes années de
formation.*

À tous mes frères et sœurs.

*À tous mes amis proches spécialement Mansour,
Nedjla,
Yasmina, et Noufel.*

À toute ma famille de l'E.N.S.H.



*À toute la promotion 2015/2016 de l'Ecole
Nationale Supérieure
D'Hydraulique*

D.

Hamza

Remerciements

*Mes vifs remerciements à monsieur SAMIR TOUMI
d'avoir accepté de m'encadrer et pour ses conseils
ainsi que sa disponibilité à chaque fois que je sollicite
son aide.*

*Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance envers
M^r ABDELHADI AMMARI. Je ne sais comment
remercier cette personne autrement que lui promet
d'agir comme lui avec les étudiants dans ma situation,
si un jour l'occasion m'en est donnée.*

Mes remerciements également :

- *A tous ceux qui ont contribué à ma formation et
particulièrement les enseignants de l'ENSH.*
- *Aux membres du jury qui me feront l'honneur
d'examiner mon travail.*

D

.Hamza

يقع سهل متيجة شمال وسط الجزائر، يعتبر هذا السهل من بين الممّوين الرئيسيين بالمنتجات الغذائية للعاصمة وضواحيها. إلا أن ظاهرة العمران على حساب الأراضي الفلاحية في تنامي مستمر. الهدف من هذه الدراسة هو الكشف عن تغيّرات استخدام الأراضي في هذا السهل باستخدام بيانات الأقمار الصناعية لمختلف التواريخ والتقدير الشامل لتأثير هذه التغيرات على النشاط الزراعي والحضري. تم الاعتماد على طريقة المقارنة في زمن محدد وقد تم استخدام منهج التصنيف بالاشراف. هذه النتائج سمحت بتحديد التغيرات الزمانية والمكانية في استخدام الأراضي على مستوى السهل لمدة ثلاث عشرة سنة (من 2003 إلى 2016).

المصطلحات الأساسية: الاستشعار عن بعد، استخدام الأراضي، معالجة الصور، تصنيف الصور، رسم الخرائط

Résumé :

Située au nord centre algérien, la plaine de la Mitidja est l'une des principales pourvoyeuses en produits vivriers de la capitale et ces environs. Par conséquent, le phénomène de la tâche urbaine au profit des terrains agricoles s'accroît. L'objectif de notre étude consiste à détecter les changements de l'occupation du sol de la plaine de la Mitidja à partir de données satellitaires multitemporales et l'estimation générale de l'impact de ces changements sur l'activité agricole et urbaine. La méthode de comparaison diachronique de classifications a été utilisée. L'approche de classification supervisée a été retenue. Ces résultats ont permis d'identifier le changement temporel et spatial de l'occupation du sol de la plaine pour une période de treize ans (de 2003 à 2016).

Mots clés : Télédétection, Occupation du sol, ENVI, Traitement d'image, Classification, Cartographie.

Abstract :

The plain of Mitidja is located in the north Algerian center, which is one of the main suppliers of food products of the capital and surrounding areas. As a result, The phenomenon of the urban task in favor of agricultural land is accentuated. The objective of our study is to detect the changes of the land's use from multitemporal satellite data in addition to the general assessment of the impact of these changes on agricultural and urban activity. We used the method of diachronic comparison of classifications. Also we have chosen the supervised classification. These results made it possible to identify the temporal and spatial change of the land occupation of the plain for a period of thirteen years (2003 to 2016).

Keywords : Remote sensing, Land use, ENVI, Image processing, Classification, Cartography.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

CHAPITRE I

Recherche Bibliographique

Etat de l'art	2
Télédétection	3
I.1 Évolution historique	3
I.2 Fonctionnement des systèmes de télédétection	4
I.2.1 Régions spectrales utilisées pour l'observation à distance de la terre.....	5
I.2.2 Types d'émissions à utiliser par la télédétection.....	6
I.2.3 Lois du rayonnement électromagnétique	7
I.2.4 Réflectivité Spectrale	8
I.2.5 Interactions atmosphériques	9
I.3 Capteurs et plateformes	10
I.3.1 Classification des Capteurs	10
I.3.2 Résolutions des capteurs	12
I.3.2.1 Résolution Spatiale	12
I.3.2.2 Résolution Spectrale	19
I.3.2.3 Résolution Radiométrique	19
I.3.2.4 Résolution Temporelle	19
I.3.3 Plates-formes	13
I.3.3.1 Plates-formes terrestres	13
I.3.3.2 Plates-formes aériennes	13
I.3.3.3 Plateformes spatiales	13
I.3.4 Facteurs pour la sélection d'une plateforme	13
I.4 Les orbitaux	13
I.4.1 Orbite héliosynchrone	14
I.4.2 Orbite géostationnaire	14
I.4.3 Orbite circulaire quelconque	14
I.5 Différents satellites d'observation de la Terre	14
I.6 Modélisation Radiométrique, Atmosphérique et Géométrique	14
I.6.1 Sources d'erreurs d'observation spatiale	15
I.6.2 Les différents types de prétraitement	15
I.6.3 Outils de traitement d'images de télédétection	15
I.7 Agences et organismes publics de télédétection	16
Conclusion.....	18

CHAPITRE II PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Introduction	19
II.1 Situation géographique	20
II.2 Situation climatique	20
II.2.1 Climat.....	20
II.2.2 Pluviométrie.....	21
II.2.3 Température.....	21
II.2.4 Humidité.....	21
II.2.5 Vent.....	22
II.2.6 Insolation.....	22
II.3 Hydrographie	23
II.4 Historique agricole	23
II.5 La Mitidja et les formes agraires.....	24
II.6 La situation agricole actuelle de la Mitidja	25
II.7 Evolution de la population dans la Mitidja.....	25
Conclusion.....	26

CHAPITRE III

COLLECTE ET PRETRAITEMENT DES DONNEES

Introduction	27
III.1 Collecte de données	27
III.1.1 Choix et acquisition des données	27
III.2 Traitement des images	28
III.2.1 Prétraitements des images	28
III.2.1.1 Correction radiométrique	28
III.2.1.2 Correction atmosphérique	30
III.2.2 Affinage spectral (<i>Sharpening spectral PC</i>)	32
III.2.3 Suppression du bruit	34
III.2.4 L'analyse des composantes principales ACP	34
III.3 Les indices spectraux	36
III.3.1 Indice de végétation NDVI	37
Conclusion.....	38

CHAPITRE IV

ETUDE DU CHANGEMENT

Introduction	39
IV.1 Classification thématique d'images de télédétection	39
IV.1.1 Classification non supervisée	39
IV.1.1.1 Algorithme des K-means	40
IV.1.1.2 Algorithme ISODATA	40
IV.1.1.3 Classification non supervisée sur les données de la Mitidja	41
IV.1.2 Classification supervisée	44

IV.1.2.1 Sélection des régions d'intérêts (Regions Of Interest)	46
IV.1.2.2 Classification par Maximum de Vraisemblance (<i>Maximum Likelihood</i>)	48
IV.1.2.3 Détection des erreurs (Matrice de confusion / <i>Confusion Matrix</i>)	50
IV.1.2.4 Autre Algorithme de classification supervisée.....	56
IV.1.3 Classification orientée objet	56
IV.2 Détection du changement (<i>Change Detection</i>)	56
IV.2.1 Détection du changement temporel (<i>Change Detection Statistics</i>)	57
IV.2.2 Détection du changement spatial (<i>Thematic Change</i>)	59
IV.3 Outil de post-classification	60
IV.3.1 Agrégation de classification (<i>classification aggregation</i>)	60
IV.3.2 Regroupement des classes (<i>Clumping classes</i>)	60
IV.3.3 Analyse de la majorité (<i>Majority Analysis</i>)	61
IV.3 Analyse du changement spatial	62
Conclusion	63
CONCLUSION GENERALE	64
Annexes	
Références Bibliographique	

LISTE DES FIGURE

CHAPITRE I PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Figure I.1 : <u>Image satellitaire montrant la situation géographique de la plaine de la Mitidja.....</u>	3
Figure I.2 : <u>Evolution des structures agraires algériennes depuis 1962</u>	7
Figure I.3 : <u>Taux de Croissance annuel de la population de 1960 à 2015 en Algérie</u>	9

CHAPITRE II LA TELEDETECTION

Figure II.1 : <u>Schéma général de fonctionnement</u>	11
Figure II.2 : <u>Les sources d'émissions utilisées dans la télédétection</u>	13
Figure II.3 : <u>Détection d'un phénomène en fonction de sa température.....</u>	14
Figure II.4 : <u>La signature spectrale de quatre surfaces.....</u>	15
Figure II.5 : <u>Signature spectral des différents objets</u>	15
Figure II.6 : <u>Pourcentage du rayonnement absorbé par l'atmosphère</u>	16
Figure II.7 : <u>Télédétection passive et active.....</u>	17
Figure II.8 : <u>Classification des capteurs selon la forme de télédétection</u>	18
Figure II.9 : <u>Classification des capteurs selon la région du spectre utilisée.....</u>	18
Figure II.10 : <u>Résolution spatiale.....</u>	19

CHAPITRE III COLLECTE ET PRETRAITEMENT DES DONNEES

Figure III.1 : Images brutes de la zone d'étude	27
Figure III.2 : Interface du logiciel ENVI (version 5.3).....	28
Figure III.3 : Ouverture d'une image Landsat à partir du fichier Metadata	29
Figure III.4 : Etape de correction radiométrique sur ENVI	30
Figure III.5 : Etapes de correction atmosphérique sur ENVI.....	31
Figure III.6 : Résultats des corrections sur l'image de la Mitidja	31
Figure III.7 : Etape de l'affinage spectral sur ENVI	33
Figure III.8 : L'effet de l'outil <i>Sharpening spectral PC</i>	34
Figure III.9 : Suppression du bruit de la bande NDVI	35
Figure III.10 : Réponse spectrale de la végétation dans les bandes rouge et proche infrarouge	36

CHAPITRE IV ETUDE DU CHANGEMENT

Figure IV.1 : Menu de la classification non supervisée sur ENVI	41
Figure IV.2 : Configuration de l'algorithme K-means sur ENVI	41
Figure IV.3 : Classification non supervisée avec l'algorithme des K-means de la Mitidja	42
Figure IV.4 : Configuration de l'algorithme ISODATA sur ENVI	43
Figure IV.5 : Classification non supervisée avec l'algorithme ISODATA de la Mitidja	44
Figure IV.6 : Signature spectrale de chaque classe définit à partir des ROI	47
Figure IV.7 : Configuration de l'algorithme de Maximum de vraisemblance sur ENVI	48
Figure IV.8 : Classification supervisée de la plaine de la Mitidja.....	49
Figure IV.9 : Classification supervisée de la plaine de la Mitidja.....	49
Figure IV.10 : Occupation du sol de la Mitidja dans les deux dates (2003 et 2016).....	59
Figure IV.11 : L'effet de l'agrégation de la classification.....	60
Figure IV.12 : L'effet de l'outil <i>Clump Classes</i>	61
Figure IV.13 : L'effet de l'Analyse de la majorité.....	61

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Tableau I.1 : Données de la station météorologique d'Ahmer El Ain (Blida) 2012	4
Tableau I.2 : Température de l'année 2012	4
Tableau I.3 : Humidité de l'année 2012.....	4
Tableau I.4 : Vent de l'année 2012	4
Tableau I.5 : Insolation de l'année 2012	5
Tableau I.6 : Principaux sous BV de la Mitidja et leurs principaux Oueds	5

CHAPITRE II LA TELEDETECTION

Tableau II.1 : Régions spectrales utilisées pour l'observation à distance de la terre	12
Tableau II.2 : Avantages et inconvénients des plateformes de la télédétection	22

CHAPITRE III COLLECTE ET PRETRAITEMENT DES DONNEES

Tableau III.1 : Récapitulation des données	35
Tableau III.2 : Les différents indices spectraux pour estimer la végétation	37

CHAPITRE IV ETUDE DU CHANGEMENT

Tableau IV.1 : Régions d'intérêts 12/03/2017	45
Tableau IV.2 : Les classes d'information choisies	46
Tableau IV.3 : Matrice de confusion (image du 24-05-2003)	51
Tableau IV.4 : Calcul des erreurs (image du 24-05-2003)	52
Tableau IV.5 : Calcul des précisions (image du 24-05-2003)	53
Tableau IV.6 : Répartition des classes en pourcentage (image du 24-05-2003)	54
Tableau IV.7 : Matrice de confusion (image du 01-05-2016)	54
Tableau IV.8 : Calcul des erreurs et des précisions (image du 01-05-2016)	55
Tableau IV.9 : Répartition des classes en pourcentage (image du 01-05-2016))	55
Tableau IV.10 : Statistique du changement entre les deux images (2003 et 2016)	57
Tableau IV.11 : Statistique du changement après combinaison	58
Tableau IV.12 : Occupation du sol de la Mitidja dans les deux dates	58

LISTE DES CARTES

Carte N° 1/3 : Persistance de la tache Urbaine dans la plaine de la Mitidja (entre 2003 et 2016)

Carte N° 2/3 : Persistance de l'activité Arboriculture dans la plaine de la Mitidja (entre 2003 et 2016)

Carte N° 3/3 : Etalement de la tache Urbaine sur l'activité Arboriculture dans la plaine de la Mitidja (entre 2003 et 2016)

Introduction générale :

La plaine de la Mitidja connaît dans les années passées un exode important. L'une des causes de cet exode est la croissance démographique qui crée de nouveaux besoins en sol pour les populations. C'est ainsi que les agriculteurs perdent leur terre au profit des nouvelles villes créées récemment. Au cours de cette transformation, la région subissait un changement sur l'occupation du sol. L'analyse de cette nouvelle occupation constitue l'objet de la présente étude.

Notre étude s'inscrit dans une analyse du changement de l'occupation du sol. Elle porte sur un espace assez vaste, le site de la capitale faisant parti. Or la plupart des recherches jusque-là menées dans ce domaine se sont limitées à des espaces réduits (échelle de petites parcelles d'expérimentation) ou dans une vision panoramique peu étendue et rares d'entre elles arrivent à faire le lien que fait la présente étude. Elle met en relation la nouvelle occupation du sol avec les activités agricole et urbaine dans la plaine de la Mitidja.

Un tel travail nécessite le recours aux nouvelles technologies de l'information et de la communication combinées avec le traitement de l'image en aménagement du territoire, en un mot le recours aux Système d'Information Géographiques (SIG) même si par ailleurs les méthodes (acquisition et traitement des images) employées pour la compréhension de ce phénomène de l'espace sont lourdes à mettre en œuvre et parfois très onéreuses.

Les SIG sont de très bons outils d'analyse car ils permettent de recueillir et d'analyser les informations provenant de plusieurs sources.

Le présent travail réalisé à partir de l'interprétation des images satellitaires est organisé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre présentation de la zone d'étude donne la localisation, les grands traits physiques (à savoir le relief, l'hydrologie, le climat, la situation agricole...) et humains ;
- Le deuxième chapitre, intitulé « la télédétection » présente la discipline, son fonctionnement et les différents outils utilisés pour extraire l'information donnée par les systèmes de télédétection ;
- Le troisième chapitre prend en charge la collecte et le prétraitement des données obtenues à partir des images satellitaires ;
- Le quatrième chapitre présente les résultats de ce travail et les discussions. Il s'agit essentiellement des résultats statistiques et cartographiques et de leurs commentaires.

Etat de l'art des méthodes de classification de l'occupation du sol :

Les études sur le changement dans l'occupation et l'utilisation du sol sont d'une grande importance car ils permettent de connaître les tendances actuelles dans les processus de l'étalement urbain, et la perte de la biodiversité d'une région déterminée (Lambin et al. 2001). Il existe des facteurs naturels, comme le climat, le vent, la pluie etc, qui favorisent les variations de la couverture végétale (Thompson et al. 1999). Néanmoins, pendant les dernières décennies, les activités humaines sont le principal déclencheur de la transformation des écosystèmes (Vitousek et al. 1997). Les conséquences les plus évidentes sont la perte du potentiel d'utilisation du sol pour le bien-être humain et la perte d'habitat en général (Velázquez et al. 2002). La procédure la plus efficace pour mesurer le degré de changement de l'environnement est l'étude multi-date de la couverture végétale (Lambin et al. 2001 ; Vågen, 2006). C'est pourquoi, dans ce travail, nous proposons d'évaluer le changement récent de l'occupation du sol dans la Mitidja à partir de l'analyse diachronique des images Landsat pour les dates 2003 et 2016.

Depuis l'avènement des capteurs à haute (HRS) et très haute résolution spatiale (THRS) lancés à partir des années 1990, les méthodes de traitement d'images sont de plus en plus développées. Ces capteurs, qu'ils soient satellitaires ou aéroportés, fournissent des images dont la résolution spectrale est pour la plupart inhérente au domaine d'application visé par la mission du capteur notamment pour ce qui concerne les satellites. En effet, le nombre de bande spectrale peut varier en fonction des capteurs. De plus, ces données de télédétection sont de plus en plus diversifiées. Elles peuvent répondre aux attentes des utilisateurs finaux par leur disponibilité, coût, fréquence d'acquisition.

Parmi les méthodes de traitement des données de télédétection utilisées aujourd'hui, on distingue principalement les méthodes de classification. La cartographie de la couverture des sols est une application très répandue. De nombreuses études ont été menées dans ce sens et sont disponibles dans la littérature. (Sparfel et al, 2008 ; Hoang et al, 2009 ; Achbun et al, 2011)

La classification est définie comme étant « une représentation abstraite de la situation sur le terrain en utilisant des critères de diagnostic bien définis : les classificateurs », mais aussi « l'ordonnancement ou l'agencement des objets dans des groupes ou des ensembles sur la base de leurs relations » (Spécification technique de l'Observatoire du Sahara et du Sahel, 2014). Ainsi, se distinguent deux types de classification : non supervisé (automatique) et supervisé (par apprentissage ou règle de décision).

La première méthode de classification (apparue dans les années 1970) est celle qui est basée sur l'approche pixellaire (ou classification par pixel). Cette méthode dite « classique » permet de regrouper les pixels individuellement en fonction de leur caractéristique radiométrique « contenue dans les valeurs d'une ou plusieurs bandes spectrales ». Plusieurs méthodes portant sur cette approche se sont développées, telles que les méthodes de K-Means, cluster Isodata et celles utilisant des distances ou encore par maximum de vraisemblance... etc.

Chapitre I : Recherche Bibliographique

Cependant, la classification issue de cette méthode montre ses limites quant à l'application aux zones très hétérogènes comme le milieu urbain (Thi-Thanh-Hiên et Dong-Chen, 2013), les zones spécifiques comme le littoral mais aussi à l'utilisation des images à haute et très haute résolution (Sparfel et al, 2008). « Plus la résolution spatiale est fine, plus l'hétérogénéité des objets à extraire croît, rendant les méthodes spectrales de moins en moins performantes ». (Sparfel et al, 2008) Ainsi, l'information spectrale à elle seule ne permet pas de discriminer les différentes classes d'occupation des sols. Ce qui nécessitait la prise en compte d'autres informations permettant de caractériser le pixel dans son voisinage. (Blaschke et Strobl, 2001)

Afin de corriger les limites de la méthode précédente, plusieurs auteurs dont T. Blaschke (Blaschke, 2001, 2009) ont contribué à l'introduction et au développement d'une seconde méthode, appelée « orienté objet ».

A la différence de la classification par pixel, la méthode orienté objet est 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.

La télédétection :

La télédétection spatiale est une discipline scientifique qui intègre un large éventail de compétences et de technologies utilisés pour l'observation, l'analyse et l'interprétation des phénomènes terrestres et atmosphériques. Ses principales sources sont les mesures et les images obtenues à l'aide de plates-formes aériennes et spatiales. Comme son nom même l'indique, la télédétection est l'acquisition de l'information à distance, sans contact direct avec l'objet étudié.

Dans le présent chapitre nous allons essayer de donner un aperçu général sur cette discipline depuis sa création jusqu'à aujourd'hui, son fonctionnement et les différents outils utilisés pour extraire l'information données par les systèmes de télédétection.

I.1 Évolution historique :

L'histoire des techniques de la télédétection peut être découpée en cinq grandes époques (Midekor *et al.*, 2013) :

- De 1856, date à laquelle pour la première fois un appareil photographique a été installé de façon fixe à bord d'un ballon, à la première guerre mondiale ou se déroule l'époque des pionniers pendant laquelle sont explorées les possibilités de la photographie aérienne verticale

Chapitre I : Recherche Bibliographique

pour la cartographie. Les lois fondamentales de la stéréoscopie et de la photogrammétrie sont découvertes à la fin du XIXe siècle.

- De la première guerre mondiale à la fin des années 50, la photographie aérienne devient un outil opérationnel pour la cartographie, la recherche pétrolière, la surveillance de la végétation. On assiste à un progrès continu de l'aviation, des appareils photographiques et des émulsions (couleur, infrarouge noir et blanc, infrarouge fausse couleur). Les méthodes de la photo-interprétation sont précisées et codifiées.

- La période qui commence en 1957 et s'achève en 1972 marque les débuts de l'exploration de l'espace et prépare l'avènement de la télédétection actuelle. Le lancement des premiers satellites, puis de vaisseaux spatiaux habités à bord desquels sont embarqués des caméras, révèle l'intérêt de la télédétection depuis l'espace. Parallèlement, les radiomètres-imageurs sont mis au point et perfectionnés, de même que les premiers radars embarqués à bord d'avions. La première application opérationnelle de la télédétection spatiale apparaît dans les années 60 avec les satellites météorologiques de la série ESSA.

- Le lancement en 1972 du satellite ERTS (rebaptisé ensuite Landsat 1), premier satellite de télédétection des ressources terrestres, ouvre l'époque de la télédétection moderne. Le développement constant des capteurs et des méthodes de traitement des données numériques ouvre de plus en plus le champ des applications de la télédétection et en fait un instrument indispensable de gestion de la planète, et de plus en plus, un outil économique.

- Depuis les années 70, on assiste à un développement continu de la télédétection, marqué notamment par :

- L'augmentation de la résolution spatiale des capteurs, déjà évoquée.
- La diversification des capteurs qui utilisent des domaines de plus en plus variés et spécialisés du spectre électromagnétique. Dans les années 90, on assiste ainsi à la multiplication des satellites équipés de capteurs actifs (on en parlera par la suite), radars en particulier. Dans le domaine du rayonnement visible et infrarouge, les capteurs à très haute résolution spectrale sont aujourd'hui d'utilisation courante dans leur version aéroportée et font leur apparition à bord de satellites.

I.2 Fonctionnement des systèmes de télédétection :

L'acquisition d'information à distance implique l'existence d'un flux d'informations entre l'objet observé et le capteur. Le porteur de cette information est un rayonnement électromagnétique, ce qui peut être émise par l'objet ou venir d'un autre organisme (le soleil) et avoir été réfléchi par celui-ci. Tous les corps (planètes, êtres vivants, objets inanimés) émettent un rayonnement électromagnétique, la quantité et le type de rayonnement émis dépendent largement de la température (TELCAN, 2013).

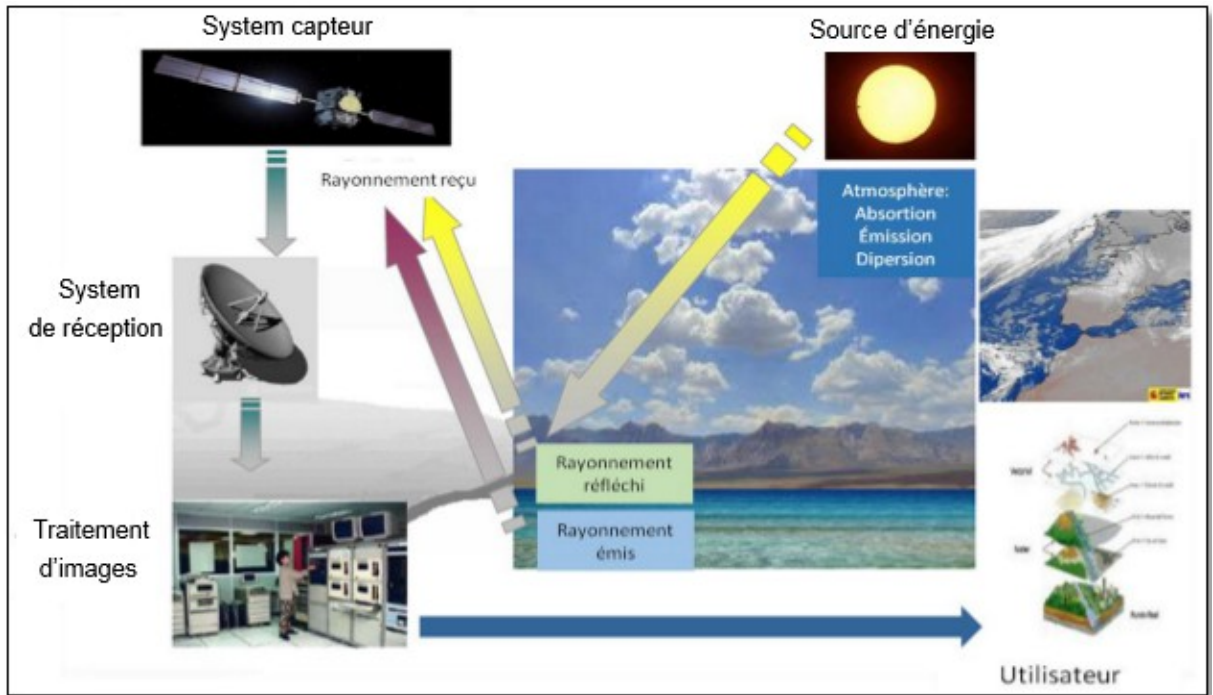


Figure I.1 : Schéma général de fonctionnement (source Manuel TELCAN, 2013)

I.2.1 Régions spectrales utilisées pour l'observation à distance de la terre :

- Spectre visible (0,4-0,7 μm) : C'est la gamme de fréquence que peut supporter l'œil humain. Elle est subdivisée en trois groupes : Red (rouge), Green (vert), Blue (bleu).
- Infrarouge proche (0,7-1,1 μm) : Appelé IR réfléchi, il renseigne sur l'énergie solaire des corps réfléchissants, ce spectre est utilisé en télédétection de la même façon que le rayonnement visible.
- Infrarouge moyen (1,1 -8 μm) : C'est un mélange de rayonnement solaire et d'émission, il affecte de manière significative l'atmosphère et employé pour mesurer les concentrations de vapeur d'eau, ozone, aérosols, etc.
- Infrarouge thermique (8-14 μm) : Rayonnement émis par les organismes eux-mêmes, il permet de déterminer la température d'un corps (IR thermique) et les images peuvent être disponibles à tout moment de la journée.
- Micro-ondes (1 μm -1m) : Cette bande présente un intérêt croissant dans la télédétection du fait de sa faible interaction avec l'atmosphère et sa transparence pour les nuages. Les capteurs actifs sont généralement utilisés dans cette bande.

Tableau I.1 Régions spectrales utilisées pour l'observation à distance de la terre (source Manuel TELCAN, 2013)

Nom	Intervalle de longueur d'onde	Source de radiation	Surface d'intérêt
Visible	0.4 – 0.7µm	Solaire	Réflectance
Proche infrarouge	0.7 – 1.1µm	Solaire	Réflectance
Ondes courtes	1.1 – 3µm	Solaire	Réflectance
Ondes moyennes	3 – 5µm	Solaire, Thermique	Réflectance. Température
Infrarouge thermique	8 – 14µm	Thermique	Température
Micro-ondes, Radar	1 mm – 1 m	Passive : Thermique Active : Artificiel	Température, Rugosité

I.2.2 Types d'émissions utilisées par la télédétection :

Les sources d'émissions utilisées dans la télédétection sont d'origine du rayonnement réfléchi de la surface de la terre qui est émis par le soleil, ce rayonnement dépend des caractéristiques de la surface (température par exemple) et l'environnement.

Figure I.2 : Les sources d'émissions utilisées dans la télédétection (source Manuel TELCAN, 2013)

I.2.3 Lois du rayonnement électromagnétique :

A- Loi de Planck

Elle définit la distribution de la luminance énergétique spectrale du corps noir en fonction de la température thermodynamique donc tout objet avec $T > 0^\circ\text{K}$ émet de l'énergie.

T Énergie (rayonnement et λ)

.....I.1

λ : Longueur d'onde ()

T : Température de l'objet ($^\circ\text{C}$)

B- Loi du déplacement de Wien

Pour une température donnée, il existe une longueur d'onde pour laquelle l'énergie électromagnétique est maximale

.....I.2

Nous pouvons donc sélectionner la bande appropriée pour la détection d'un phénomène si nous connaissons sa plage de températures.

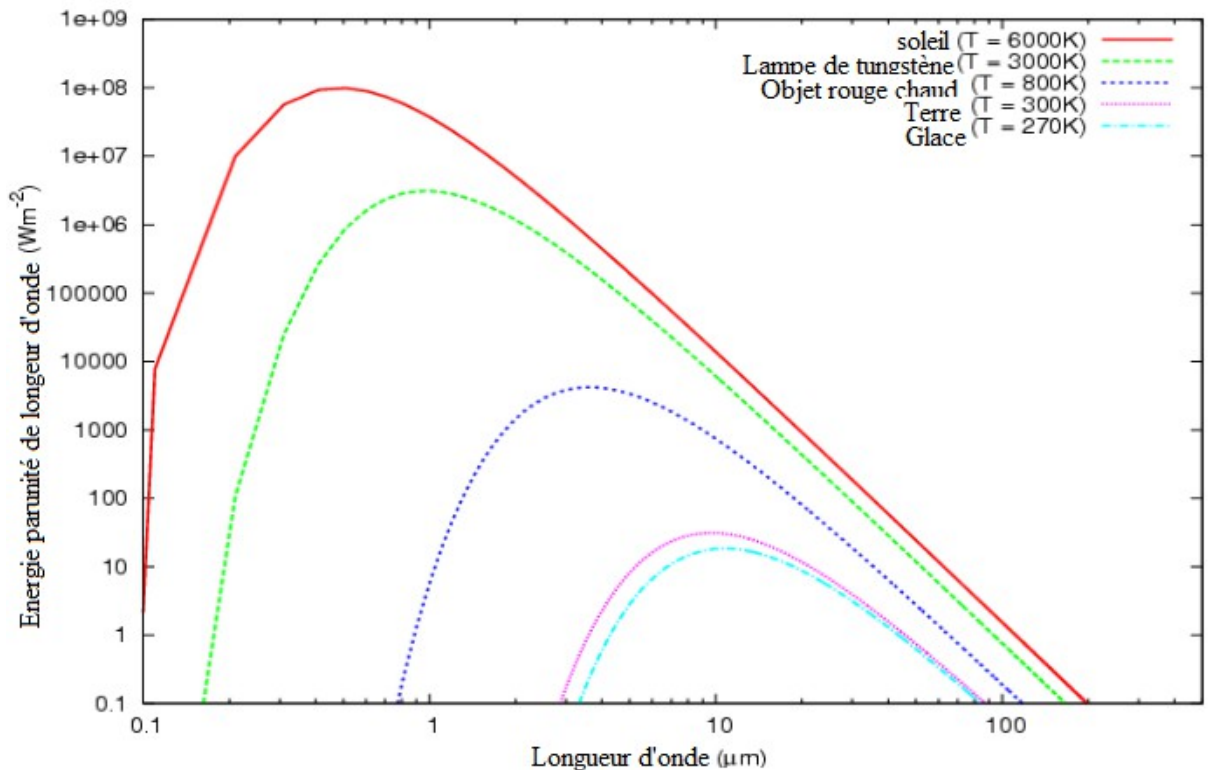


Figure I.3 : Longueurs d'ondes appropriées pour la détection d'un phénomène en fonction de sa température (source Manuel TELCAN, 2013).

C- Loi de Stefan-Boltzmann

Établit que l'excitance énergétique d'un corps en watt par mètre carré est liée à sa température exprimée en kelvin par la relation :

$$E = \sigma \cdot T^4 \cdot \epsilon$$

où σ est la constante de Stefan-Boltzmann, et ϵ l'émissivité (flux radiatif émis par un élément de surface à température donnée, rapporté à la valeur de référence qu'est le flux émis par un corps noir à cette même température) est un coefficient sans unité, compris entre 0 et 1, et qui est l'unité pour un corps noir.

I.2.4 Réflectivité Spectrale :

La réflectance, également nommée facteur de réflexion, est la proportion de la lumière réfléchi par la surface d'un matériau. Elle est donc un rapport entre le flux lumineux réfléchi et incident.

Chapitre I : Recherche Bibliographique

La réflectance d'une surface varie en fonction de la longueur des ondes qui la frappent et s'exprime généralement comme un pourcentage.

Ainsi, tout corps réel a une émissivité et une réflectivité qui varient avec la longueur d'onde SIGNATURE SPECTRALE.

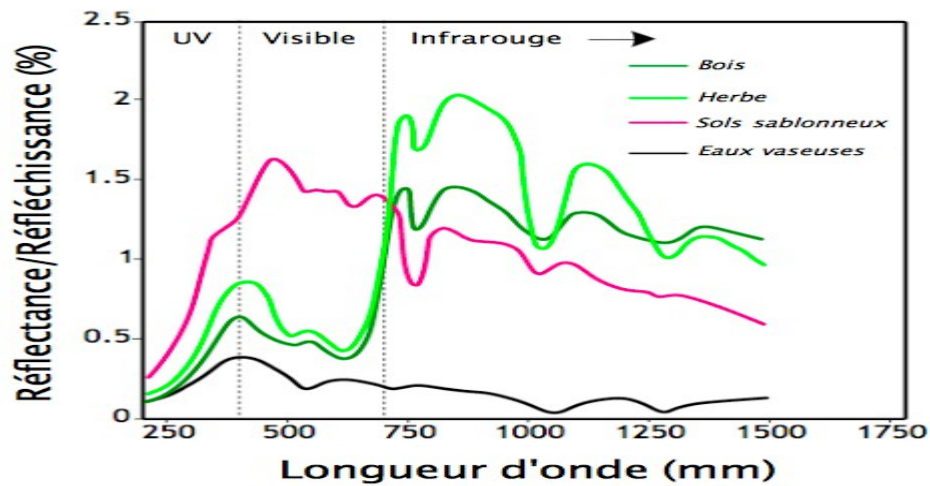
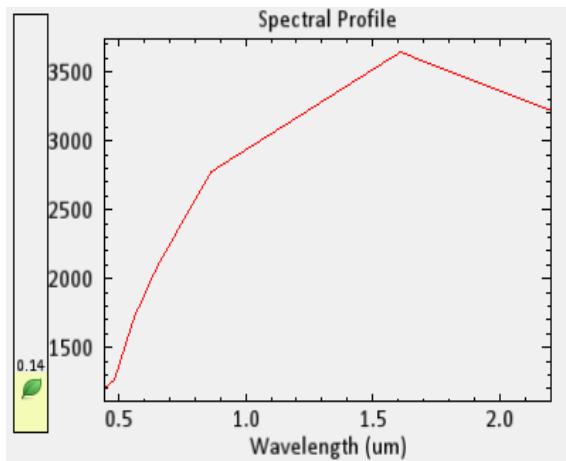
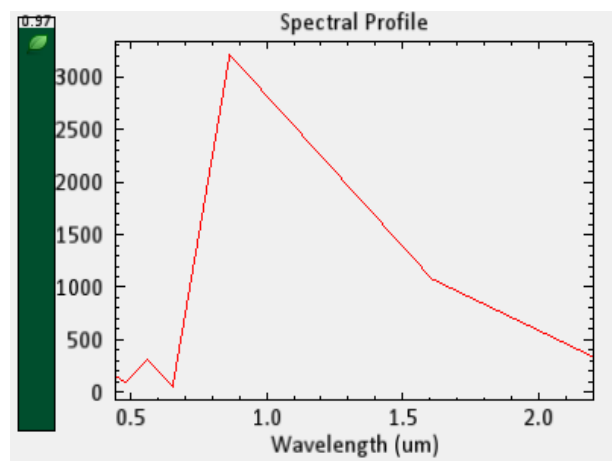


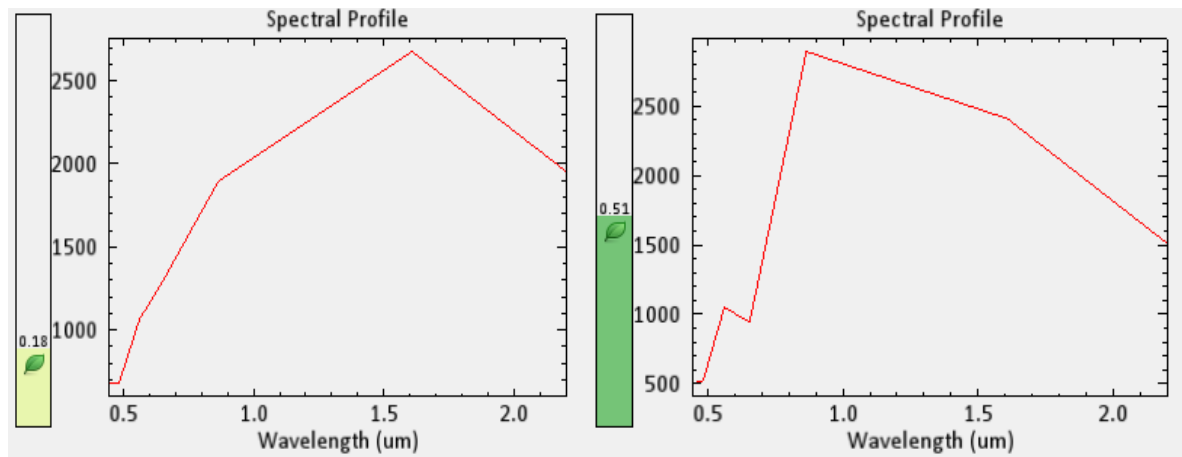
Figure I.4 : La signature spectrale de quatre surfaces.



Bâtis



Végétation dense



Sol nu

Végétation moyenne

Figure I.5 Signature spectral des différents objets.

I.2.5 Interactions atmosphériques :

L'atmosphère est un mélange de gaz, elle est divisée en plusieurs couches, les 80 premiers kilomètres contiennent plus de 99% de la masse totale de l'atmosphère de la Terre.

Lorsque le rayonnement EM traverse l'atmosphère, il peut être absorbé ou diffusé par les particules de l'atmosphère et elle émet également IR thermique.

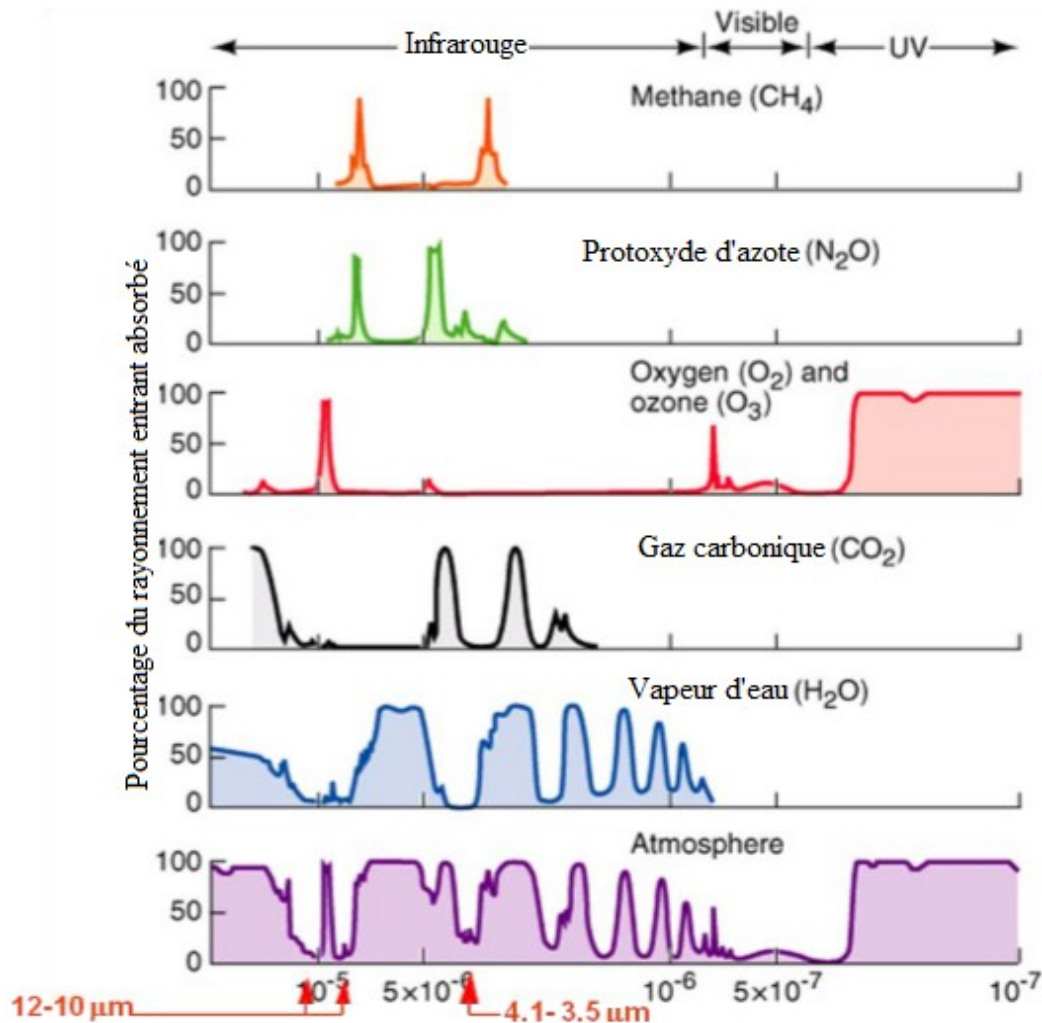


Figure I.6 : Pourcentage du rayonnement absorbé par l'atmosphère (source Manuel TELCAN, 2013).

I.3 Capteurs et plateformes :

Le capteur spatial est un instrument qui recueille l'énergie radiative provenant de la scène visée et délivre un signal électrique correspondant et mesurable.

I.3.1 Classification des capteurs :

A- Selon la source de rayonnement :

Les différents types de capteurs utilisés dans le domaine de la télédétection spatiale sont les suivants :

- **Capteur actif** : capteur auquel est incorporé ou associé un émetteur qui irradie la scène dans la bande spectrale du récepteur exemple : le radar et le lidar (à rétrodiffusion).
- **Capteur de luminescence** : capteur actif dans lequel la réception a lieu dans une bande spectrale distincte de celle de l'émission

Chapitre I : Recherche Bibliographique

- **Capteur d'orientation** : appareil qui mesure des angles ou des vitesses angulaires de déplacement entre les axes d'un engin spatial et des axes de référence.
- **Capteur en peigne** : capteur dont le détecteur est constitué par de nombreuses cellules détectrices alignées qui reçoivent simultanément l'énergie radiative en provenance de la scène.
- **Capteur passif** : capteur qui reçoit une énergie émise sans que lui-même irradie la scène. Un appareil photographique sans flash est un capteur passif.
- **Capteur solaire** : dispositif qui reçoit le rayonnement solaire et en transforme l'énergie en électricité.



Figure I.7 : Télédétection passive et active (source Manuel TELCAN, 2013).

B- **Selon la forme de télédétection** (formes d'acquisition d'information avec capteurs) :

- Par réflexion (a).
- Par émission (b).
- Par émission-réflexion (c).

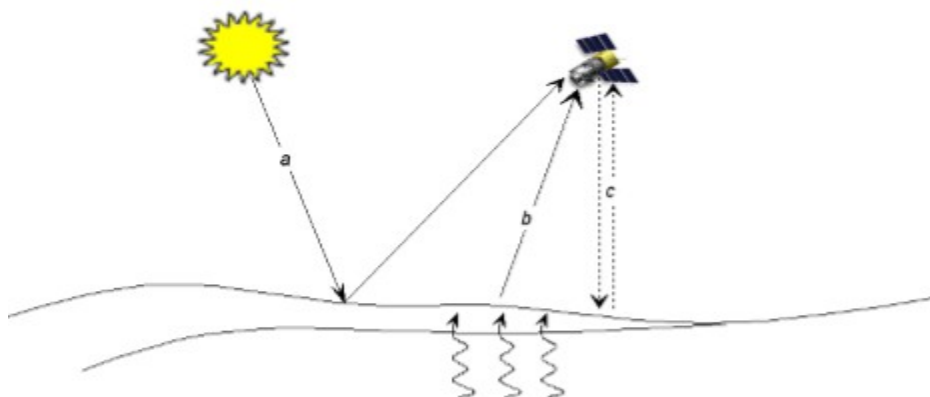


Figure I.8 : Classification des capteurs selon la forme de télédétection (source Manuel TELCAN, 2013)

C- Selon la région du spectre utilisée :

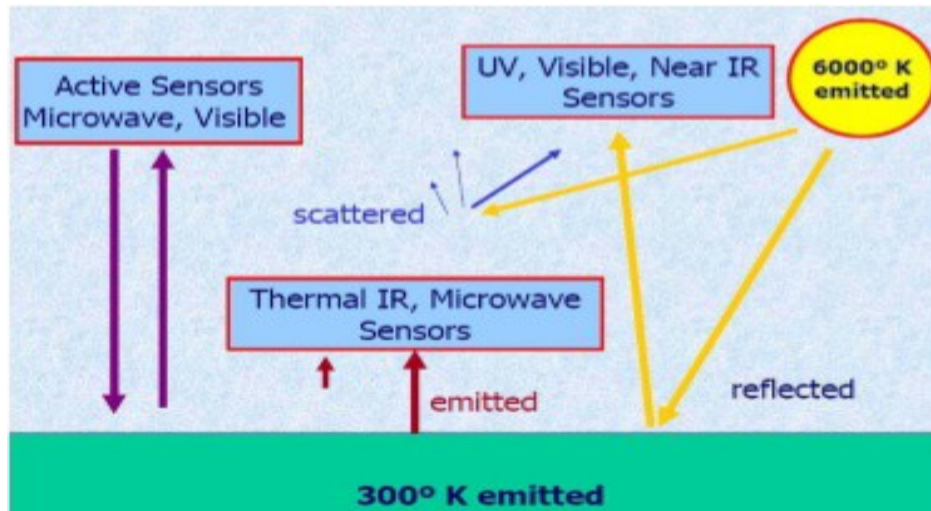


Figure I.9 : Classification des capteurs selon la région du spectre utilisée

(Source Manuel TELCAN, 2013)

I.3.2 Résolutions des capteurs :

I.3.2.1. Résolution Spatiale :

Elle donne une indication de la taille du pixel de l'image avec une faible séparation entre les objets qui peuvent être résolus par le capteur.

- Haute résolution spatiale : 0.5 - 4 m.
- Moyenne résolution spatiale 4 - 30 m.
- Faible résolution spatiale 30 - 1000 m.

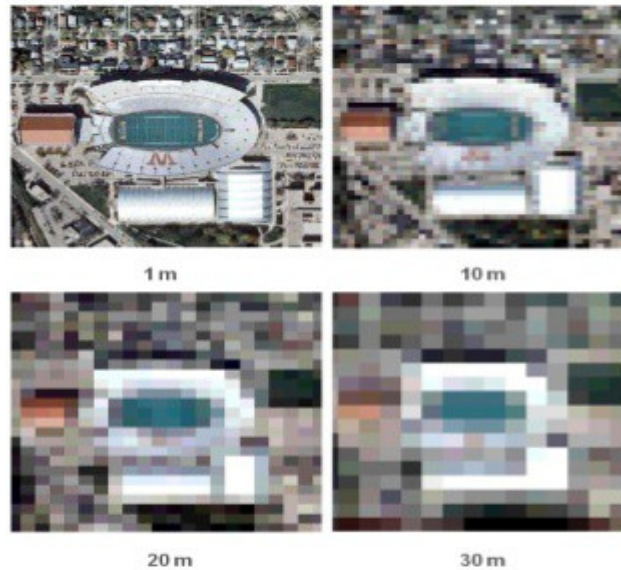


Figure I.10 : Résolution spatiale (Source Google)

I.3.2.2 Résolution spectrale :

La résolution spectrale indique le nombre de bandes spectrales dans lesquelles le capteur peut capturer des radiations. Cependant le nombre de bandes n'est pas le seul aspect important de la résolution spectrale, la position des bandes dans le spectre électromagnétique est aussi un aspect clé.

I.3.2.3 Résolution radiométrique :

La résolution radiométrique est la sensibilité d'un détecteur aux variations de l'intensité détectée de l'énergie électromagnétique émise, réfléchie ou diffusée. Il existe différents niveaux d'intensité qui peuvent être détectés par le capteur dans une bande.

I.3.2.4 Résolution temporelle :

La résolution temporelle précise la fréquence de révision du satellite pour un emplacement spécifique (en fonction de la latitude et de la largeur du SWATH).

Le facteur temps est important lorsque :

- Les nuages persistants offrent une vue directe limitée de la surface de la Terre.
- Les phénomènes à court terme (inondations, marées noires, etc.)
- Les phénomènes qui changent rapidement (atmosphérique).

Les différents intervalles de la résolution temporelle se regroupent ainsi :

- Haute résolution temporelle : < 1 - 3 jours
- Moyenne résolution temporelle : 4 - 16 jours

- Faible résolution temporelle : > 16 jours

I.3.3 Plates-formes :

I.3.3.1 Plates-formes terrestres :

Ce type de plate-forme est utilisé principalement à des fins d'expérimentation et d'étalonnage, elles ont une résolution spatiale élevée. Généralement un bras télescopique est fixé à un camion ou à un véhicule tout-terrain et à l'extrémité duquel le capteur est installé.

I.3.3.2 Plates-formes aériennes :

- A- Les ballons :** Ils sont constitués en général d'une membrane très mince que l'on gonfle avec un gaz plus léger que l'air : l'air chaud, l'hélium ou l'hydrogène. Ils sont peu utilisés, sauf en météorologie. Leurs altitudes varient entre 2 et 40 Km.
- B- Les Avions :** Ce sont des plates-formes d'emploi très souple, mais dépendent largement des conditions météorologiques.

I.3.3.3 Plate-forme spatiales :

Les plateformes spatiales ou satellitaires sont des vaisseaux en orbite terrestre qui se déplacent selon une ellipse dont un des foyers est occupé par le centre de la Terre. Les déplacements du satellite répondent aux seules forces de gravité suivant les lois de Kepler.

.....**I.4**

Avec :

T : La période de rotation

A : est le demi grand axe de l'ellipse (le rayon pour une orbite circulaire)

K : est la constante de Kepler égale à unité SI pour une orbite terrestre

I.3.4 Facteurs pour la sélection d'une plateforme :

- L'étendue de la zone à couvrir.
- La vitesse de développement des phénomènes observés.
- Les caractéristiques fonctionnelles des instruments et des capteurs.
- La disponibilité et le coût des données.

I.4 Les orbitaux :

Chapitre I : Recherche Bibliographique

L'orbite est la trajectoire qui décrit un corps spatial autour de la Terre. Le mouvement du satellite autour de la Terre est principalement déterminé par la force d'attraction entre les deux corps.

I.4.1 Orbite héliosynchrone :

Le plan de l'orbite reste fixe par rapport à l'axe Terre soleil.

- Altitudes (résolution) de 500 à 1 500 Km.
- Le satellite passe au-dessus d'un point géographique quelconque approximativement à la même heure locale (héliosynchronisme)
- Recouvrement presque complet de la Terre (sauf les régions polaires). Inclinaison orbitale : quasi-polaire ($>90^\circ$)

Exemple : LANDSAT, SPOT...

I.4.2 Orbite géostationnaire :

Le satellite reste constamment au-dessus d'un point fixe de la Terre. Une orbite géostationnaire est forcément équatoriale (son plan d'orbite se confond avec le plan équatorial) et circulaire, son altitude est environ 36 000 Km

Elle permet la surveillance constante d'une partie de la terre, soit entre les parallèles de $81,3^\circ$ nord et sud. Applications : météo et télécommunications.

Exemple : GEOS (NOAA Geostationary Operational Environmental Satellite), METEOSAT

I.4.3 Orbite circulaire quelconque :

Survole la Terre à la même altitude. L'excentricité, qui est le rapport de la distance des foyers au grand axe de l'ellipse, devient nulle.

Exemple : ERS-1, RADARSAT, SEASAT

L'**Annexe I** regroupe les différents types d'orbites et leurs domaines d'utilisations

I.5 Différents satellites d'observation de la Terre :

Il existe différents satellites utilisés pour l'étude des ressources terrestres : MÉTÉOSAT, NOAA, LANDSAT... Certains possèdent des capteurs spécifiques dans l'infrarouge thermique (**Annexe III**), Tandis que d'autre possèdent des capteurs dans les hyperfréquences : ERS, RADARSAT, JERS ... (**Annexe IV**)

Tableau I.2 : Avantages et inconvénients des plateformes de la télédétection

Type de plateformes	Avantages	Inconvénients
Aériennes	Résolution spatiale élevée	Le territoire couvert est assez limité

Chapitre I : Recherche Bibliographique

		Coûts relativement élevés
Spatiales	Résolution temporelle élevée Couverture globale et périodique sur de vastes zones de la Terre. Observation multi-échelle. Information sur les régions non visibles du spectre. Traitement numérique des images.	Interaction des données avec l'atmosphère Faible résolution spatiale

I.6 Modélisation Radiométrique, Atmosphérique et Géométrique :

La complexité technique des systèmes de télédétection actuels, le volume de données disponibles et les différents niveaux de traitement liés à l'obtention des paramètres géophysiques exigent l'établissement d'une hiérarchie des procédures qui permettent la génération de produits d'exploitation (haut niveau) d'utilité pour les utilisateurs finaux spécifiques et pour la communauté scientifique. En règle générale, seule une faible proportion de l'ensemble des données disponibles est traitée au plus haut niveau en augmentant généralement le coût de niveau des données.

I.6.1 Sources d'erreurs d'observation spatiale :

Les images acquises par les capteurs placés à bord des satellites contiennent, en plus des erreurs radiométriques liées aux caractéristiques de l'instrument et de la présence de l'atmosphère, des distorsions géométriques. Celles-ci peuvent se produire à cause du mouvement relatif entre le satellite, le capteur d'exploration et la terre provoquant des erreurs de déplacements des pixels dans l'image obtenue. Les caractéristiques d'exploration du capteur, la courbure de la Terre et les variations non contrôlées dans la position et l'orientation de la plate-forme, produisent des erreurs géométriques de différents nature et complexité.

I.6.2 Les différents types de prétraitement :

Le type et le nombre de niveaux hiérarchiques de prétraitement dépend évidemment du système de télédétection considéré. La bonne organisation des niveaux hiérarchiques dans les principaux systèmes de télédétection (Landsat, SPOT, NOAA...) a permis la création des bases de données d'images cohérentes et fiables.

Les différents types de prétraitement sont :

- **Étalonnage radiométrique :** Consiste à changer les niveaux digitaux aux valeurs de radiance ou des valeurs de température de brillance pour obtenir les paramètres géophysiques ou pour comparer les images de différents capteurs.
- **Correction atmosphérique :** Prend en considération la contribution du rayonnement atmosphérique qui arrive au capteur.

- Correction géométrique : consiste à corriger les distorsions dans les images reçues liées à la courbure et la rotation de la Terre, l'exploration du capteur et les variations de la plateforme.
- Détection de nuages : Consiste à masquer correctement les pixels nuageux pour assurer que les paramètres géophysiques obtenus sont représentatifs de la surface de la terre.

I.6.3 Outils de traitement d'images de télédétection :

Les informations recueillies par les capteurs de télédétection sont traitées et analysées à l'aide des logiciels connus comme les outils de traitement.

Il existe un certain nombre de logiciels libres et beaucoup d'autres commerciaux qui traitent ce genre d'information (TELCAN, 2013).

A- Outils commerciaux :

ENVI : Programme axé sur le traitement et l'analyse des images de toutes sortes. Il est assez flexible avec les formats de lecture et semble très amiable à l'utilisateur. Il utilise le langage IDL et il permet d'intégrer des modules supplémentaires.

ERDAS : Probablement le plus grand programme d'implantation commerciale, en étant un standard pour les formats d'échange, notamment avec les SIG. Il est disponible pour une grande variété de plates-formes. Il peut être programmé à l'aide du Model Maker.

ESRI : ArcGIS est un ensemble de produits SIG. Ils sont regroupés en plusieurs applications pour la capture, l'édition, l'analyse, le traitement, la conception, l'impression et la publication de l'information géographique. ArcGIS Desktop, gamme d'applications SIG, est l'un des plus utilisés, compris ArcReader, ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcScene et ArcGlobe, en plus de diverses extensions.

Idrisi : Outil qui intègre de nombreux utilitaires d'analyse numérique d'image, et pour le bas prix, a été largement utilisé dans l'enseignement de la télédétection. Il a été développé par l'Université Clark (USA).

E-Cognition : Programme qui intègre de multiples aspects de l'analyse du contexte et de la morphologie mathématique. Il est idéal pour la reconnaissance des modèles spatiaux.

ER-Mapper : Programme australien qui reprend la plupart des caractéristiques communes en matière de télédétection, en étant très efficace dans la gestion des images volumineuses en intégrant des algorithmes virtuel et des systèmes innovants de compression.

PCI-Geomatica : Nouvelle version du programme canadien PCI, qui incorpore dans un schéma plus intégré ses paquets d'analyse numérique d'images, l'ortho rectification, la production des cartes et SIG. Il fournit des outils d'analyse très puissants grâce à sa connexion avec le Centre Canadien de Télédétection. On peut utiliser une version de démonstration limitée, appelée Freeview.

Chapitre I : Recherche Bibliographique

DRAGON : Programme à faible coût en environnement Windows pour l'analyse numérique d'images. Il est très approprié pour un cadre éducatif.

Miramón : Programme de SIG et télédétection développé par CREA de l'Université de Barcelone. Faible coût et des nombreuses fonctionnalités

B- Outils gratuits :

Grass : Programme axé sur SIG et traitement d'image. Développé pour UNIX, sur différentes plates-formes, mais il existe des versions pour Linux et Windows (winGRASS). Il a été initialement développé comme un outil militaire de l'armée américaine. Parmi les organisations qui l'utilisent on souligne NASA, NOAA, USGS, etc.

Orfeo-Monteverdi : Orfeo Toolbox (OTB) est une bibliothèque de traitement d'images de télédétection développée par le CNES en 2006 pour faciliter l'utilisation des images de différents capteurs. En particulier la constellation Orpheus (Pléiades et Cosmo-SkyMed). Monteverdi est la plus robuste et opérationnel.

SeaDAS : Logiciel de la NASA pour la visualisation, le traitement et l'analyse des images de capteurs de Couleur de l'Océan. Il prend en charge les principales missions de la NASA et de l'ESA récemment.

Multispec : Programme développé par l'Université de Purdue, un pionnier dans les années 70. Il est très approprié pour l'environnement d'apprentissage, parce qu'il a peu de requis matériel.

SPRING : Programme développé par l'INPE (Institut national de recherche spatiale du Brésil). Il a une longue liste de fonctionnalités, mais est essentiellement orientée vers l'environnement SIG. Des versions en portugais, anglais et espagnol.

I.7 : Agences et organismes publics de télédétection :

Il existe plusieurs agences et organismes de télédétection qu'on trouve au niveau national (PNT-PNT), européen (ESA) et mondial (NASA). Les différentes agences spatiales continuent à parier sur la télédétection avec de nouvelles missions qui permettent son application dans de nombreux secteurs stratégiques.

Conclusion :

Malgré les inconvénients que présente la télédétection en termes de résolution spatiale et interaction des données avec l'atmosphère, elle nous offre aujourd'hui un panorama radicalement différent de celui de ses origines. Ainsi elle a connu un développement spectaculaire jusqu'à la sophistication moderne des capteurs embarqués à bord des satellites autour de la terre qui échantillonnent presque toutes les régions du spectre électromagnétique possibles. De cette façon, la télédétection spatiale permet actuellement l'étude de notre planète

Chapitre I : Recherche Bibliographique

car elle nous offre une vision synoptique et répétitive qui facilite l'obtention de données dans une courte période du temps.

Chapitre II : Présentation de la Mitidja

Introduction :

La plaine de la Mitidja a fait l'objet de plusieurs études et projets d'amélioration (développement) et cela grâce au grand rôle qu'elle joue sur le plan économique et agricole. L'importance de cette région est due d'une part à sa situation stratégique étant proche de la capitale, son accessibilité, et la facilité de transport de la marchandise grâce au réseau routier qui l'entoure, d'autre part à la fertilité de son sol et son climat favorable à la diversité des cultures (arboriculture, cultures maraichères) avec une précipitation élevée.

Dans ce qui suit nous allons présenter la plaine de la Mitidja, puis nous allons présenter nos perspectives sur l'activité agricole et urbaine dans la plaine au cours de la dernière décennie.

II.1 Situation géographique :

Avec une superficie totale de 1448,65 Km², la plaine de la Mitidja englobe les wilayas : Alger, Blida, et partiellement Tipaza et Boumerdes.

Cette plaine est une dépression longue d'environ 100 Km sur 15 à 20 Km de large resserrée entre l'Atlas Blidéen au sud, et le sahel au Nord, elle est largement ouverte sur la mer, sur une trentaine de kilomètres.

Dans sa partie Ouest, les collines du sahel entrent au contact du massif montagneux de Chenoua (905 m) et rejoignent, au plateau de Fadjana, les premières hauteurs de l'Atlas (djebel Thebarrarine au sud, 800 m).

La plaine de la Mitidja descend en pente douce du sud au nord, de l'Atlas vers les collines. Cinquante mètres seulement entre Ahmeur-el-Ain et le fond du lac Halloula.

De l'extrémité Ouest d'Alger, sur 70 Km, la plaine ne communique avec la mer que par l'intermédiaire de l'oued Nador et 40 Km plus loin par le Mazafran.

Comme la présente la figure ci-dessous on peut définir la délimitation de la plaine de la Mitidja.

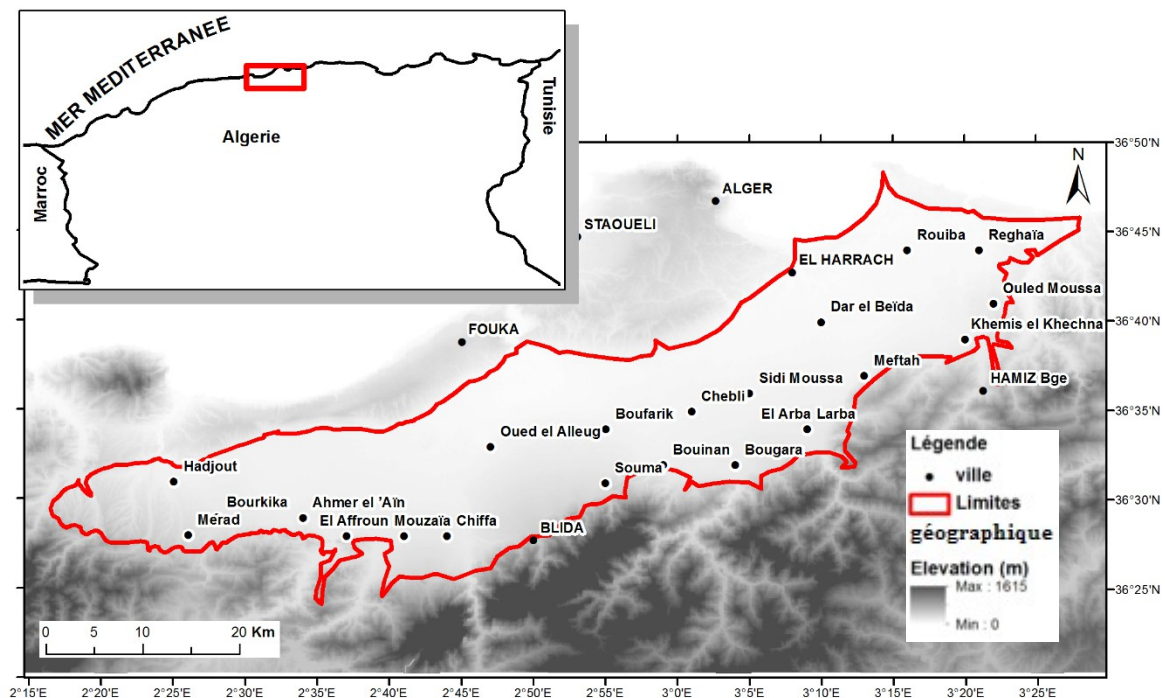


Figure II.1 : Situation géographique de la plaine de la Mitidja.

II.2 Situation climatique

II.2.1 Le climat :

Le climat de la Mitidja est de type méditerranéen favorable à l'agriculture arrosé et froid l'hiver, sec et chaud l'été. Il est en outre, caractérisé par une pluviométrie mensuelle très variable entre les années.

II.2.2 Pluviométrie :

Les précipitations moyennes interannuelles dans la plaine de la Mitidja sont irrégulièrement réparties. L'évolution interannuelle des pluies enregistrées sur 33 années d'observations, entre 1979 jusqu'à 2012, a mis en évidence une phase de stabilité des précipitations qui avoisine les 524.6 mm, avec une tendance à la hausse depuis l'année 2009, avec un épisode pluvieux exceptionnel durant le mois de février 2012.

Les pluies sont irrégulières d'une année à l'autre et pour un même mois. Des pluies torrentielles peuvent atteindre et même dépasser les 100 mm en 24 heures. Elles sont alors un puissant agent d'érosion, et sans profit pour la végétation.

Chapitre II : Présentation de la Mitidja

La pluie indiquée par la station d'Ahmer El Ain est présentée dans le tableau I.1

Tableau II.1 : Données de la station météorologique d'Ahmer El Ain (Blida) 2012.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Pluies (mm)	34.2	15.0	49.6	20.8	60.7	9.2	11.0	0.0	16.5	131.4	180.6	111.4	640.4

Source : ANRH

II.2.3 Température :

La Mitidja est caractérisée par un été chaud et un hiver humide tel que les températures les plus élevées se trouvent durant les mois de juillet et août.

Tableau II.2 : Température de l'année 2012

T°C	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Max	14.8	12.6	19.2	21.0	19.8	28.3	31.0	29.2	33.0	28.2	19.0	14.5
Min	8.5	7.5	7.7	13.0	14.0	18.0	25.5	24.0	15.0	15.0	11.0	7.3
Moy	12.1	13.1	13.8	16.2	17.6	23.0	27.9	26.6	23.0	21.1	14.5	11.4

Source : ANRH

II.2.4 Humidité :

Les mois les plus humides sont : juillet, août, septembre, octobre comme le montre le tableau suivant.

Tableau II.3 : Humidité de l'année 2012

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidité %	14.8	12.6	19.2	21.0	19.8	28.3	31	29.2	33.0	28.2	19.0	14.5

Source : [Office National de Météorologie Légale](#)

II.2.5 Vent :

En hiver, les vents sont humides soufflent du secteur ouest. Les vents d'été sont également humides qui viennent surtout du nord Est et de l'Est mais qui n'apportent pas de pluie au contact du continent chaud. Ils entretiennent une atmosphère difficilement supportable, mais favorable à la végétation.

Tableau II.4 : Vitesse moyenne du vent de l'année 2012

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
vent (m/s)	1.5	2.0	3.4	3.0	3.1	3.2	2.8	2.7	3.30	2.3	2.9	2.6

Source : ANRH

II.2.6 Insolation :

L'insolation la plus forte durant toute l'année est celle du mois juillet et du mois de juin.

Tableau II.5 : Insolation de l'année 2012

Chapitre II : Présentation de la Mitidja

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Inso	6.8	6.6	6.8	8.9	6.1	10.2	11.3	9.7	8.0	6.6	5.9	2.6

Source : ANRH

II.3 Hydrographie :

La plaine de la Mitidja est traversée par six importants Oueds qui assurent le drainage des bassins versants montagneux de la chaîne de l'Atlas. Nous rencontrons de l'Est à l'Ouest les Oueds : Hamiz, Djemaa, El Harrach, Chiffa, Bouroumi, Djer. En aval de la plaine de la Mitidja, l'Oued Djemaa dans les environs de Baba Ali. A l'Est de l'Oued Hamiz, s'écoule l'Oued Reghaia qui est considéré comme secondaire. Les Oueds mentionnés ci-dessus sont en grande partie en liaison hydraulique avec la nappe de la Mitidja puisque leurs eaux peuvent s'infiltrer ou inversement drainer la nappe.

La plaine est partagée en quatre bassins pluviaux : celui de l'Oued Nador, de l'Ouest Mazafran de l'Oued Harrach et du Hamiz. Alors que la plaine s'allonge dans une direction d'Est – Ouest, ces derniers la traversent perpendiculairement selon des directions méridiennes. Ces Oueds côtiers présentent un certain nombre de caractéristiques communes :

- Ils prennent tous naissance dans l'Atlas et sont tous de dimensions restreintes.
- Tous présentent un profil longitudinal divisé en deux parties très distinctes.
- Leurs pentes sont très fortes en montagne.
- Dans un passé récent elles ont été constamment maintenues par le jeu tectonique.
- Ce sont des Oueds aux vallées étroites, profondes, encaissées.

Tableau II.6 : Principaux sous BV de la Mitidja et leurs principaux Oueds.

Bassin Versant (BV)	Principaux Oueds
Nador (BV Occidental)	Nador, Bourkika, Meurad, Bouhardoun, Bouyéersen
Mazafran (premier sous BV central)	Djer, Bouroumi, Chiffa
El Harrach (deuxième SV central)	Djemaa, Semar
Hamiz & Réghaia (Bassin oriental)	Hamiz, Regaia

II.4 Historique agricole :

Avant la période coloniale (1830-1962), les terres agricoles étaient régies par le droit coutumier ou le droit musulman. Lors de l'indépendance, l'héritage agricole colonial fut délicat à gérer en raison à la fois de l'importance de la culture de la vigne dans la plaine, mais aussi de la gestion extensive des structures agraires mises en place par les colons, d'autant plus que les paysans algériens, à proprement parlé, étaient peu nombreux (Imache *et al.*,

2008). La main-d'œuvre agricole était constituée essentiellement d'ex-salariés des domaines coloniaux, et de saisonniers (Bessaoud, 2005).

II.5 La Mitidja et les réformes agraires :

Les politiques agricoles et foncières des pays en développement ont suivi deux grands modèles : la collectivisation dans les pays dits socialistes et les grandes propriétés dans les pays dits capitalistes (Imache *et al.*, 2009). Selon (Petit, 2006), la collectivisation des terres a fortement marqué les exploitations agricoles des pays socialistes. À l'indépendance de l'Algérie, en 1962, l'ensemble des terres occupées par les colons devint propriété de l'Etat. De nombreuses fermes vacantes étant menacées d'occupation privée, la nationalisation des terres se fit dans l'urgence, et la structure des nouvelles fermes fut donc calquée sur celle des fermes coloniales (Chaulet, 1971). Ces terres publiques furent d'abord structurées en grands domaines dits autogérés, mais qui fonctionnaient cependant à l'opposé du concept d'autogestion défini par le maréchal yougoslave Tito—« ...l'entreprise doit être gérée par ceux qui y travaillent » (Chen, 1986), et étaient en fait soumises à une gestion centralisée. En 1971, le président Boumediene lança la révolution agraire, avec la constitution de coopératives puis de domaines agricoles socialistes (Adair, 1982). En 1987, devant l'échec de la collectivisation, une nouvelle réforme agraire entama un découpage de ces domaines en exploitations agricoles individuelles (EAI) et collectives (EAC). Les attributaires d'une EAC—3 à 20 attributaires pour 9 à 50 hectares – bénéficient d'un droit de jouissance perpétuelle sur les terres, qui « doivent être exploitées collectivement et dans l'indivision, avec des quotes-parts égales entre chacun des membres du collectif librement associé. Chaque producteur ne peut prétendre à plus d'une quote-part ni faire partie de plus d'un collectif » (Loi 87/19, JORA, 1987). Cependant, sans partage possible de la terre et du travail entre attributaires, « le principe contenait les germes de sa propre dissolution » (Ait Amara, 2002). Le statut foncier et les règles de gestion des EAC sont comparables à ceux des ejidos au Mexique, qui réunissent un groupe de paysans bénéficiaires sur des terres distribuées par l'Etat : les dotations ejidales ne peuvent être ni vendues, ni louées, ni hypothéquées (Hoffmann, 1998). La figure I.2 récapitule les grandes évolutions des structures agraires algériennes depuis 1962.

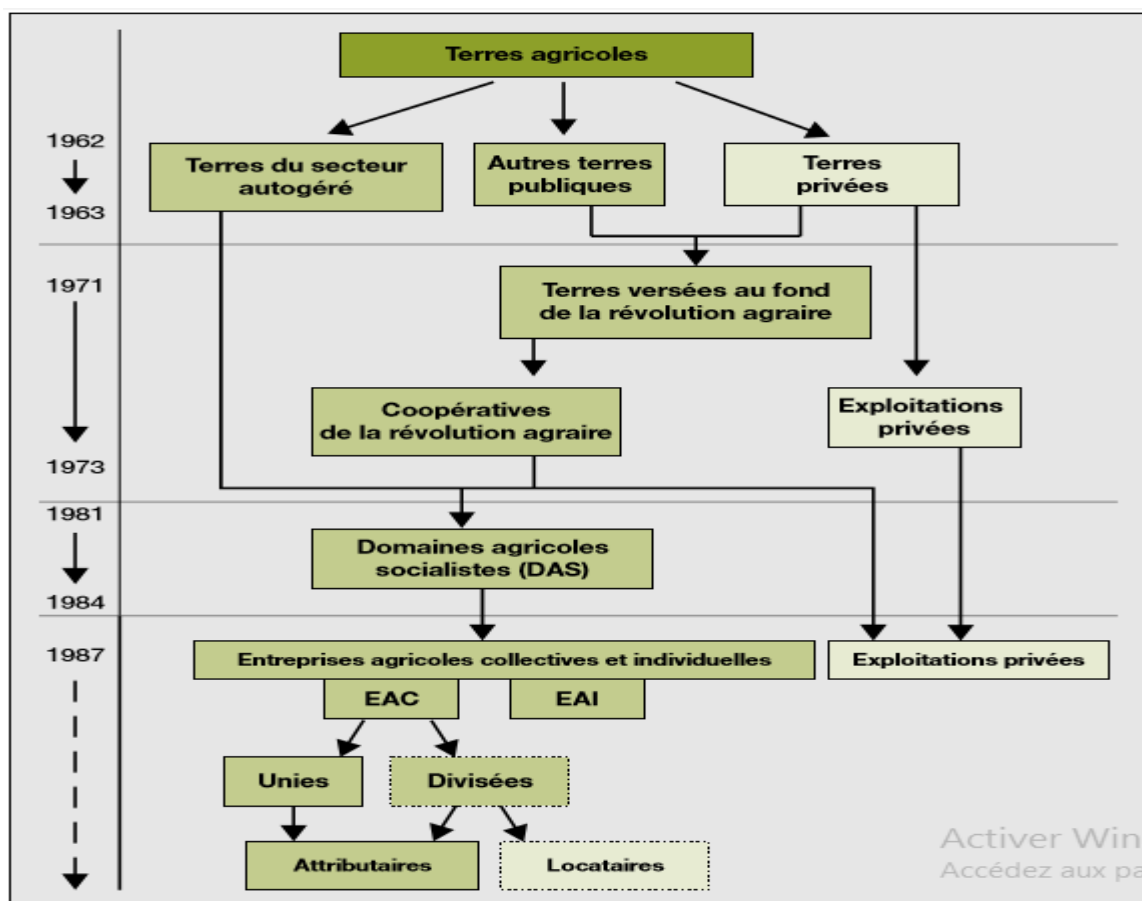


Figure II.2 : Evolution des structures agraires algériennes depuis 1962 (d'après Terranti, 2003).

II.6 La situation agricole actuelle de la Mitidja :

Autrefois bastion de la monoculture de la vigne, la Mitidja d'aujourd'hui diversifiée ses productions agricoles. La situation agricole de la plaine est décrite ici et mis en perspective avec la production nationale grâce aux statistiques agricoles du ministère de l'agriculture (Lisode *et al.*, 2011).

Ces statistiques étant disponibles à l'échelle des wilayas. Ils ont pris en considération les quatre wilayas que couvre la Mitidja : Alger, Blida, Boumerdes, Tipaza. Les frontières de ces wilayas dépassent celle de la Mitidja proprement dite, qui ne correspond pas à une délimitation administrative.

La surface agricole utile des quatre wilayas est de l'ordre de 220 000 ha, soit 2.6% seulement de la surface agricole utile des 48 wilayas que compte l'Algérie.

Les productions phares de la Mitidja sont les agrumes et les rosacées. La production d'agrumes de ces quatre wilayas (orange, mandarines, citron, pomelos) dépasse la moitié de la production nationale (51.5%) tant dis que les rosacées, principalement pommes et poires, dépassent les 20% de la production nationale. De ce fait, les agrumes et les rosacées constituent les deux productions les plus stockées dans la Mitidja.

Chapitre II : Présentation de la Mitidja

La wilaya de Blida à elle seule, comptait 520 chambres froides en 2009, soit une capacité de stockage totale de 260 000 m³. Ces chambres froides stockent non seulement la production locale, mais de plus en plus de fruits et légumes, venant d'autres régions, la wilaya devenant un centre de stockage de produits frais au portes d'Alger. Cette vocation fruitière, qui se confirme avec l'augmentation continue des superficies arboricoles, attire déjà de nombreux industriels visant la transformation des fruits et qui espèrent, un jour, acquérir leur matière première à partir du surplus des productions de la Mitidja. Il est à noter également que plus de 75% des pépinières algériennes de plants arboricoles et horticoles se trouvent dans la Mitidja.

Le maraichage de plein champ se situe à une bonne place à 20% environ de la production nationale. De même le maraichage sous serre répertorié par les statistiques dépasse les 23% (en particulier dans la wilaya de Tipaza avec des productions de poivrons, tomates, concombres, et aubergines). L'ensemble de ces cultures est irrigué essentiellement à partir de la Mitidja.

Presque la moitié de la production de raisin d'Algérie est toujours produite dans la Mitidja, essentiellement dans la wilaya de Boumerdes et pour le raisin de table. En revanche, les pommes de terre sont assez peu produites dans la Mitidja (moins de 8%) ainsi que les cultures fourragères (moins de 6%). Les céréales produites dans la Mitidja représentent une faible part comparativement à la production nationale. Cependant, en termes de superficies, les céréales sont à égalité avec les différents types de maraichages. En fait, les céréales ne sont pas irriguées dans la Mitidja et sont considérées comme culture de rotation avec le maraichage. Seuls quelque 10% d'agriculteurs qui n'ont pas accès aux ressources en eau (la nappe ou le réseau d'irrigation) utilisent les céréales comme une culture stratégique.

II.7 Evolution de la population dans la Mitidja :

La forte croissance démographique qui a marqué les dernières décennies de l'Algérie en générale et la Mitidja en particulier, s'est accompagnée d'un exode rural et d'un flux migratoires importants (Elodie *et all.*, 2016). En effet sur la courbe du taux de croissance de la population en Algérie entre 1960 et 2015 (Figure I.3), on peut constater que le taux de croissance, assez élevé en général, a connu trois tendances d'évolution : la première non linéaire, concerne la période entre 1960 et 1983 où le taux oscille entre 2,5% et 3,1%, la seconde concerne la période entre 1983 et 2003 avec une diminution quasi linéaire avec un taux de croissance qui passe de 3,1% à 1,97%, et la troisième une augmentation quasi linéaire aussi entre 2003 et 2013. Ces trois phases ont eu des répercussions mécaniques sur l'urbanisation et chacune d'elles a modifié peu ou prou le paysage urbain des villes algériennes. En effet l'urbanisation des pays du Maghreb a connu un bouleversement spectaculaire, rapide et visible au cours des dernières décennies (Rousseaux V., 2004). Les différentes impulsions d'extension de l'urbanisation résultent de changements conjoncturels, économiques, sociaux mais surtout démographiques. Celui de la plaine de la Mitidja n'a pas échappé à la règle, et peut-être même un peu plus significativement que le reste des régions de la frange nord de l'Algérie.

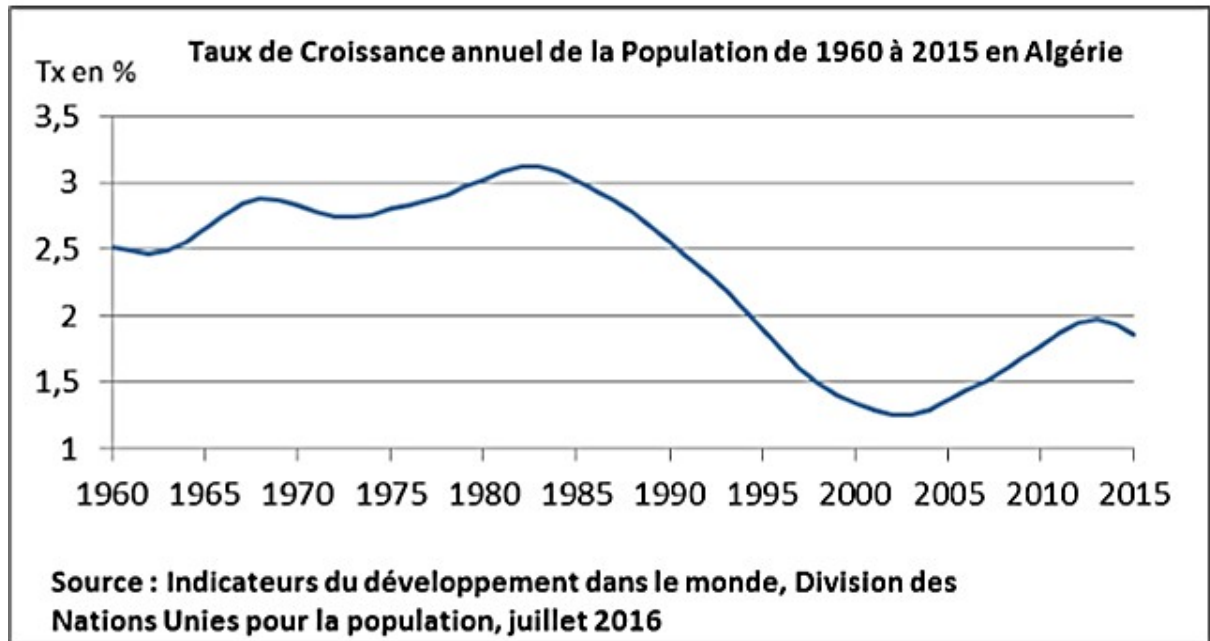


Figure II.3 : Taux de Croissance annuel de la population de 1960 à 2015 en Algérie

Ainsi, la structure urbaine d'une agglomération, quelle que soit sa forme et ses caractéristiques, permet aujourd'hui d'en révéler long sur l'histoire de cette dernière.

Conclusion :

Longtemps caractérisée par une agriculture traditionnelle et vivrière, la plaine de la Mitidja a connu une faible occupation des sols du fait des marécages, qui occupaient de vastes étendues, et d'un élevage extensif, la plaine est à présent le noyau de la production de fruits et légumes pour toute la zone urbaine d'Alger et ces environs dont la population atteint les 4 millions d'habitants

Si pendant longtemps le changement de l'occupation du sol était observable grâce aux cartes topographiques plus ou moins anciennes, la matérialisation de ce dernier peut être aujourd'hui grandement facilitée par l'utilisation de la télédétection qui fera l'objet du chapitre suivant.

Introduction :

Comme nous l'avons cité précédemment, les images acquises par les capteurs placés à bord des satellites contiennent des erreurs radiométriques et atmosphériques liées aux caractéristiques de l'instrument et de la présence de l'atmosphère, d'où la nécessité d'une démarche de prétraitement des données que nous allons traiter dans ce chapitre.

III.1 Collecte de données :

Dans le cadre de notre étude nous devons nous questionner sur le type d'images à utiliser (résolution spatiale, spectrale, capteur utilisé,...), mais ce choix dépendra fortement de la disponibilité de ces dernières. Le site Earth Explorer de l'USGS fournit des images téléchargeables gratuitement du programme Landsat qui offre toute une gamme de capteurs et donc d'images depuis près de 45 ans. Le programme a été lancé en 1972 et il est composé de 8 satellites qui n'ont cessé de s'améliorer au cours du temps, initialement équipés du capteur MSS (Multi Spectral Scanner), puis TM (Thematic Mapper), ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus), le plus récent est aujourd'hui équipé du capteur OLI (Operational Land Imager). De plus, la résolution spatiale s'est largement améliorée puisqu'elle est passée de 80m pour Landsat 1 à 30m pour Landsat 5, 7 et 8 (15m pour la bande du panchromatique), contrairement aux images Spot, Ikonos ou Quickbird qui, malgré leurs excellentes résolutions, restent encore aujourd'hui très chères pour des recherches qui ne disposent pas forcément de grands moyens financiers.

III.1.1 Choix et acquisition des données :

La sélection des images dans le cas de notre étude, doit se faire sur la base de critères similaires, notamment au niveau de la saison d'acquisition afin d'avoir un meilleur contraste entre les espaces végétalisés et les sols nus, nous choisissons donc une période où les cultures n'ont pas encore été récoltées et donc avec le moins de champs labourés ou nus : nous nous permettons ainsi un intervalle entre le 01 Mai et le 15 juin, période où la majeure partie de la végétation est turgescente.



Image brute Mitidja (24/05/2003) Landsat7
(TM)

Image brute Mitidja (01/05/2016) Landsat8
(OLI)

Figure III.1 : Images brutes de la zone d'étude, résolution spatiale 30x30m (Source USGS)

III.2 Traitement des images :

Avant d'entamer notre travail nous devons appliquer des modifications nécessaires pour chaque image. La première correspond à l'extraction de la zone de travail sur chaque image des dates retenues afin de pouvoir les superposer, en sachant que l'emprise de chacune des scènes recouvre une surface d'un quadrilatère de 185 km de côté. Ainsi, il est important de réduire cette emprise à celle qui englobe l'ensemble de la plaine (par application d'un masque) afin d'alléger les traitements à venir à l'aide du même masque.

III.2.1 Prétraitements des images :

Le prétraitement d'image est une étape importante dans la télédétection, il vise à obtenir des bonnes valeurs de l'énergie réfléchie ou émise sur un point quelconque de la surface terrestre. Les traitements les plus fréquents sont :

- Correction géométrique.
- Correction radiométrique.
- Correction atmosphérique.

Les corrections radiométriques et atmosphériques, aussi appelés étalonnage d'image, visent à obtenir un paramètre physique indépendant des conditions d'éclairage et même des conditions atmosphériques, ce qui nous permet d'utiliser des images de différentes époques pour détecter les changements.

Pour traiter les images obtenues nous allons utiliser le logiciel **ENVI (ENvironment for Visualizing Images)**, Avec sa dernière version 5.3

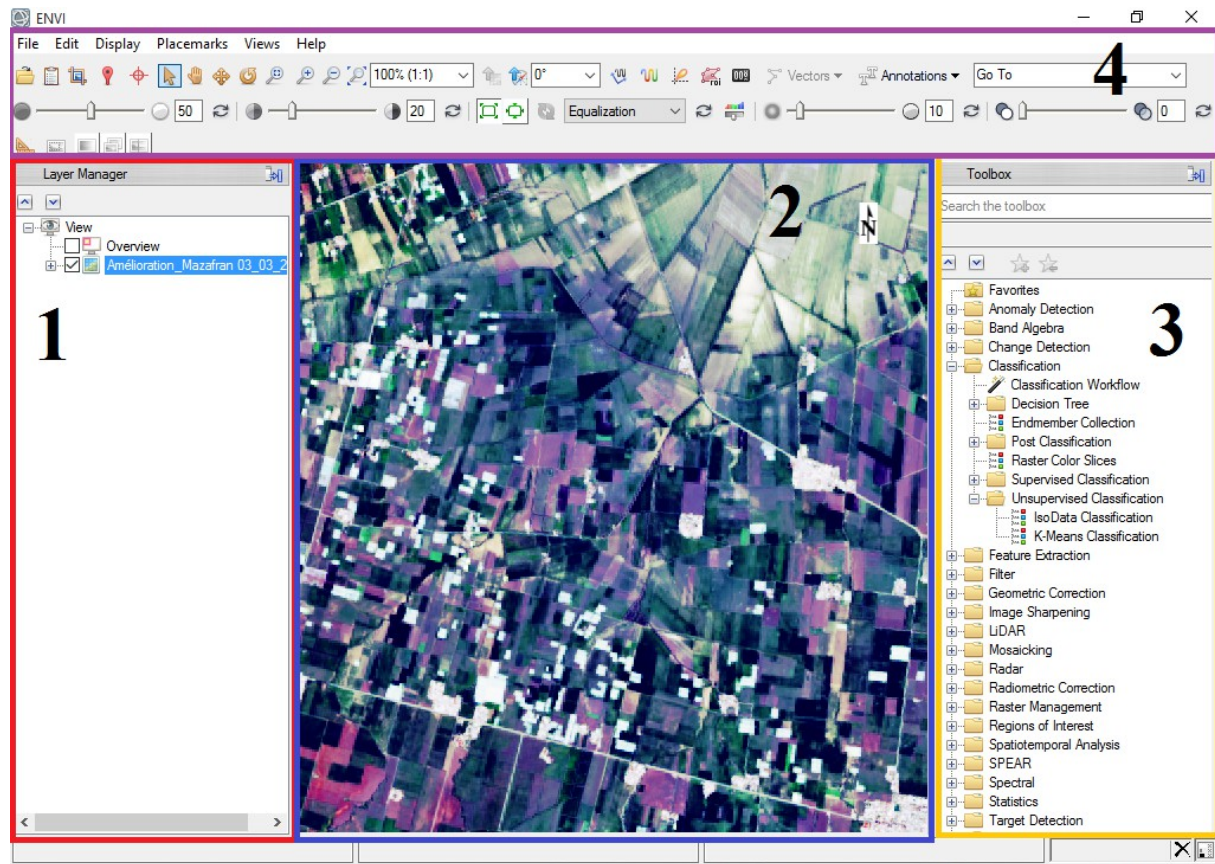


Figure III.2 : Interface du logiciel ENVI (version 5.3)

Tel que :

- 1- **Le panneau latéral :** Indique le résumé des images ouvertes.
- 2- **Le viewer :** Visualise les données géographiques activées dans l'onglet *Layer Manager* du panneau latéral
- 3- **Boîte à outils :** Permet l'accès rapide aux fonctionnalités d'ENVI
- 4- **Les barres de menus :** Elles permettent l'accès à toutes les fonctionnalités d'ENVI

III.2.1.1 Correction radiométrique :

Un certain nombre de "bruits radiométriques" peut être présent sur l'image en raison soit de déficiences des capteurs, soit de problèmes de transmission des données, soit enfin d'interprétation (codage/décodage). En général ces corrections radiométriques, c'est-à-dire les changements de la valeur radiométrique de points aberrants, sont réalisées directement à la réception de l'image par réaffectation de codes correspondants aux pixels voisins ou aux points défectueux.

Démarche :

Dans la correction qui suit nous allons changer les niveaux digitaux aux valeurs de radiance, en attribuant un facteur de calibration. Pour ouvrir l'image on suit le cheminement suivant comme le montre la **Figure III.3** :

Menu *File /Open As /Landsat /GeoTIFF with Metadata.*

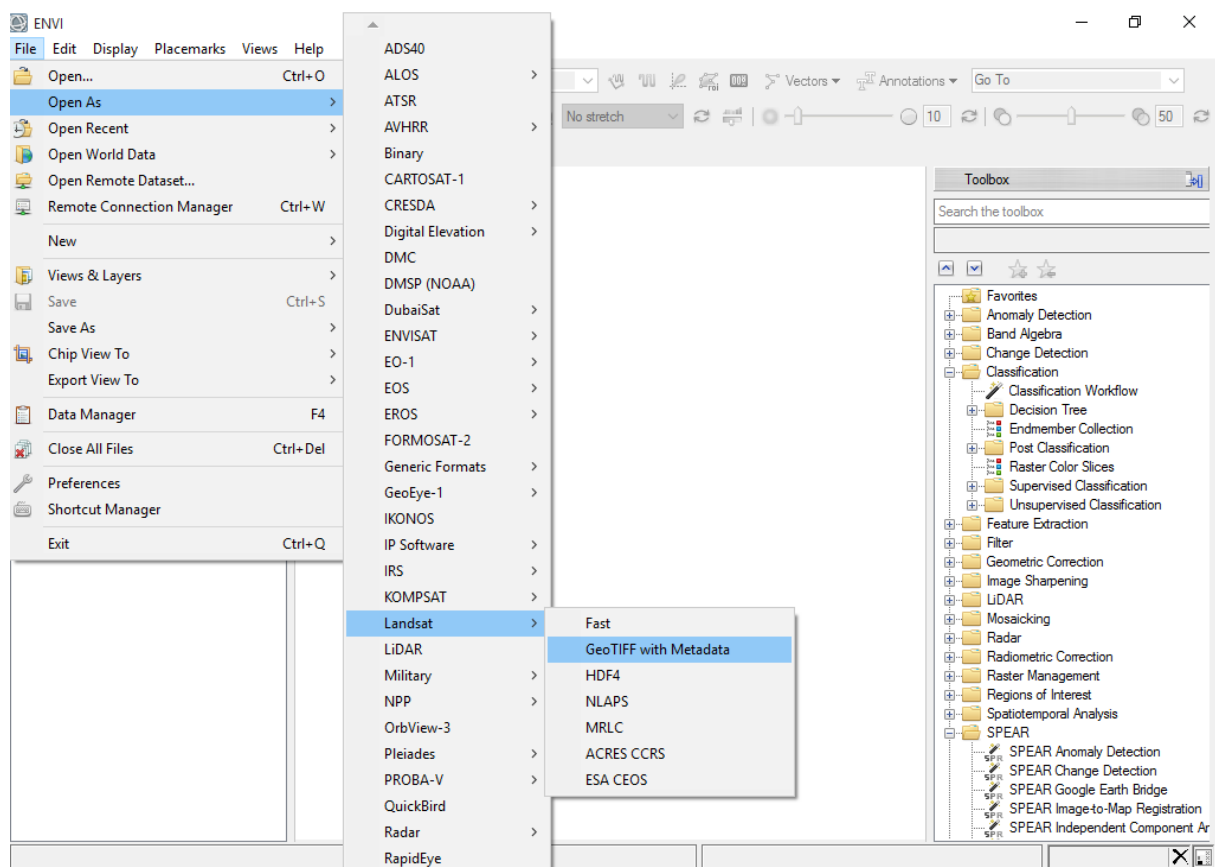


Figure III.3 : Ouverture d'une image Landsat à partir du fichier Metadata

Ensuite, nous allons utiliser la commande *Radiometric Calibration* dans le menu *Toolbox*, suivie par celle de la bande *MultiSpectral*, il apparaîtra par la suite une fenêtre (voir figure III.4) ou nous devons cliquer sur *Apply FLAACH Setting* pour procéder à l'ajustement des unités physiques des bandes, comme la radiance étant donnée en, tandis que *FLAASH* exige les données en. Enfin, nous devons configurer le chemin de l'image de sortie et cliquer sur OK.

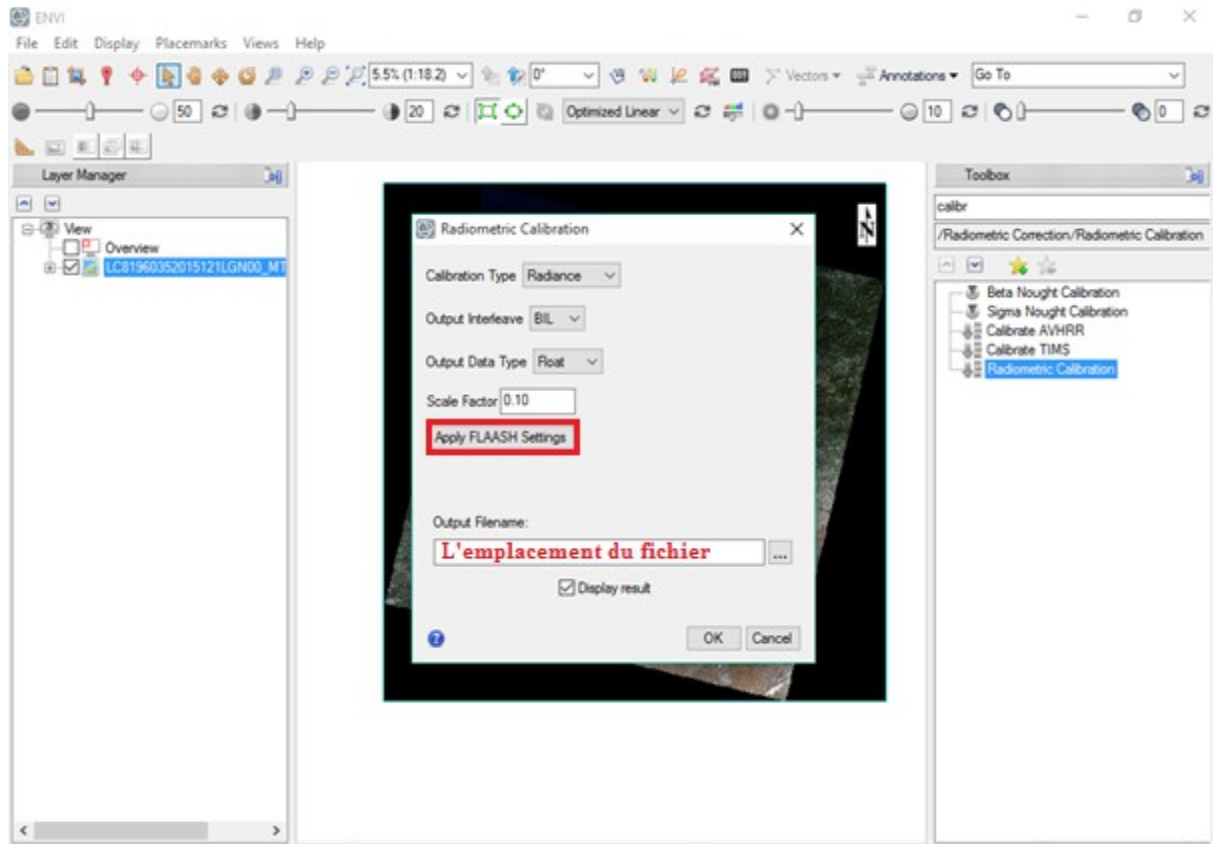


Figure III.4 : Etape de correction radiométrique sur ENVI

III.2.1.2 Correction atmosphérique :

Les capteurs installés à bord des satellites d'observation de la Terre opérant dans le domaine spectral de l'émission solaire (longueurs d'onde de 0,2 à 4 μm) sont des radiomètres qui mesurent la luminance réfléchiée par l'ensemble terre + atmosphère éclairé par le soleil.

En atmosphère non-nuageuse, le signal radiométrique dépend de la réflectance de la surface terrestre mais aussi des effets de l'atmosphère qui interviennent au cours des deux trajets (descendant, du Soleil vers la surface, et montant, de la surface vers le capteur) effectués par le rayonnement solaire à travers l'atmosphère.

Le simple étalonnage des données d'un capteur, en luminances (valeurs absolues mesurées en) ou en réflectances (valeurs relatives), ne fournit donc pas une information sur la surface mais un signal composite, l'objectif de cette correction est d'extraire de ce signal une information indépendante des effets de l'atmosphère, variables dans le temps et dans l'espace, et concernant la seule surface terrestre, qui est l'objet à étudier.

Démarche :

Le modèle le plus utilisé pour effectuer une correction atmosphérique dans l'ENVI est le modèle *FLAASH*, basé sur le modèle atmosphérique MODTRAN (*MODERate resolution atmospheric TRANsmission*).

Pour effectuer la correction atmosphérique nous allons dans le menu *Toolbox* et nous choisissons la commande *FLAASH Atmospheric Correction*, il apparaîtra par la suite une fenêtre (voir **Figure III.5**) où nous introduisons l'image en radiance, et nous configurons le chemin de l'image de sortie, le moment d'acquisition de l'image et l'angle d'élévation solaire ainsi que le type du capteur. Ces données sont introduites automatiquement par le programme car elles s'obtiennent du *Metadata*, si ce dernier n'est pas disponible faudrait leur en fournir.

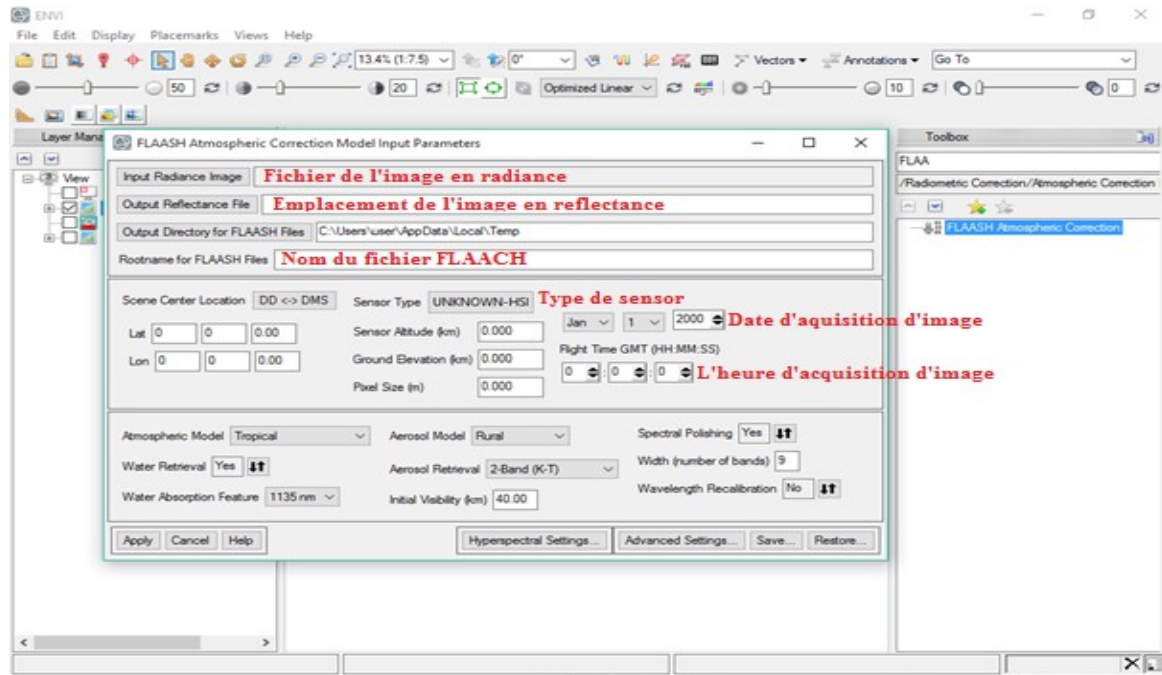
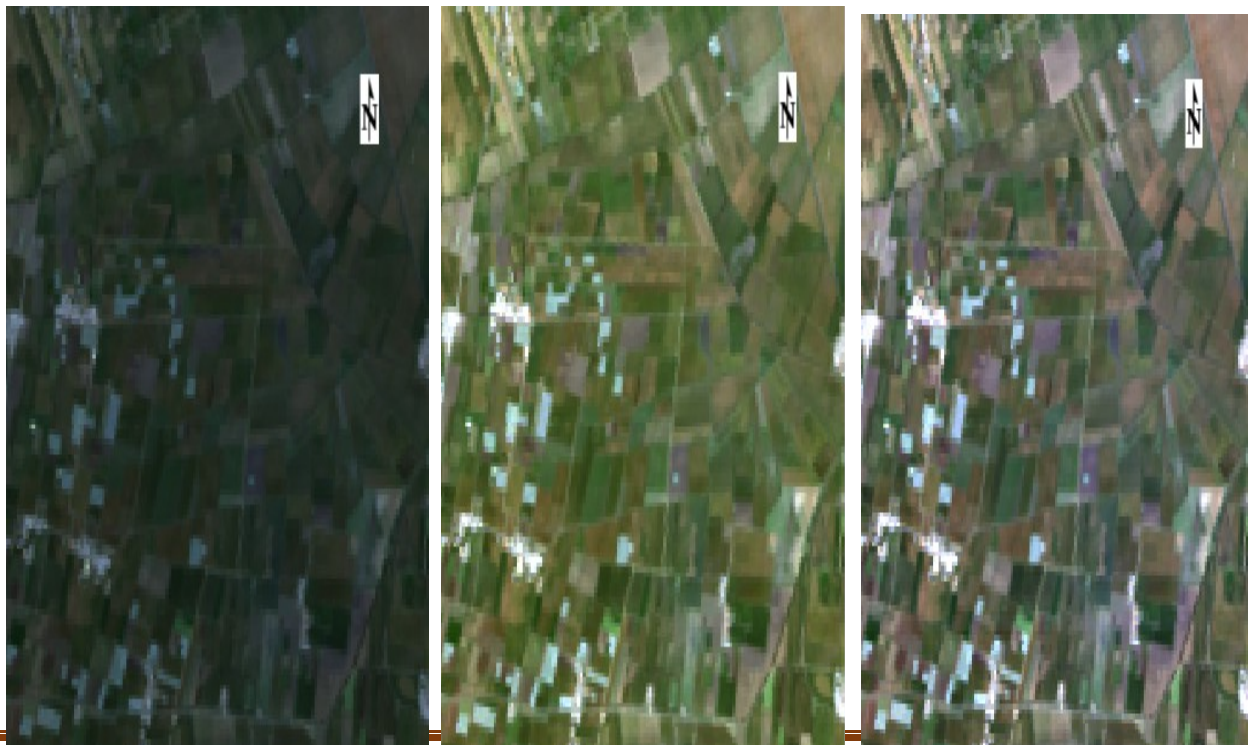


Figure III.5 : Etapes de correction atmosphérique sur ENVI



1

2

3

Figure III.6 : Résultats des corrections sur l'image de la Mitidja (01/05/2016) Landsat 8 (OLI)

- 1- Image sans correction (image brute).
- 2- Correction radiométrique.
- 3- Correction atmosphérique

III.2.2 Affinage spectral (*Sharpening spectral PC*):

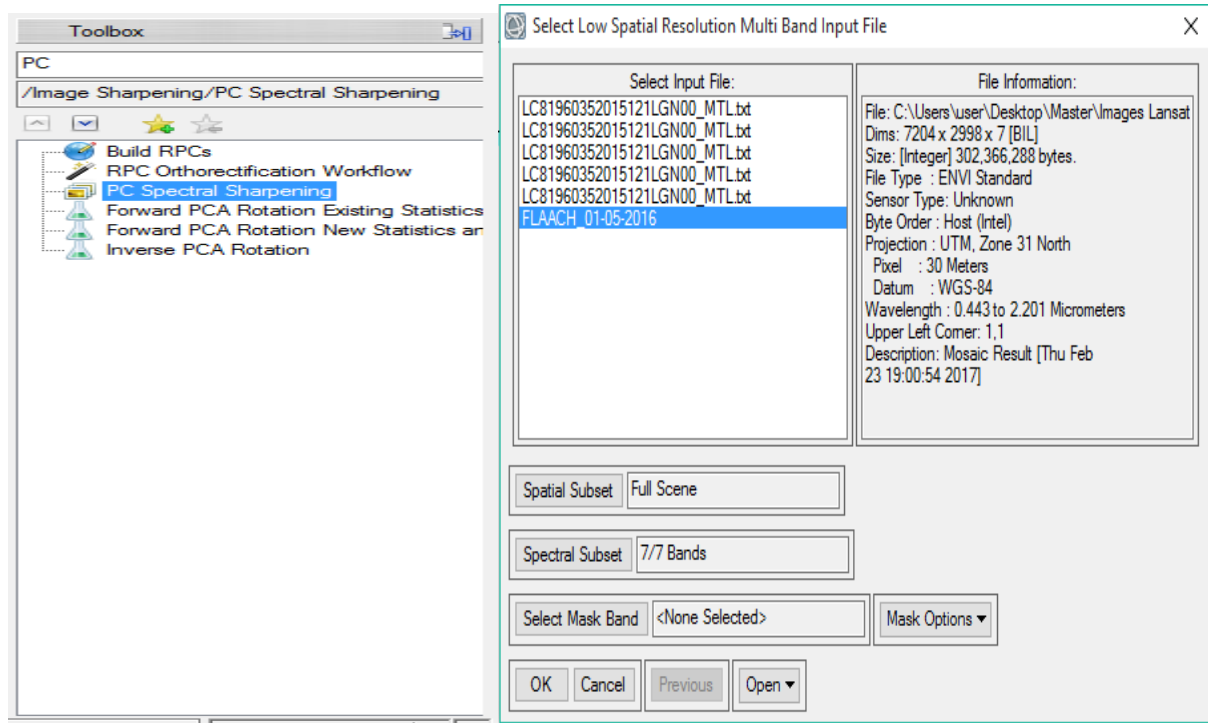
Le modèle *Sharpening spectral PC* est utilisé pour affiner une image multi bandes à résolution spatiale basse en utilisant une bande panchromatique à résolution spatiale élevée. L'algorithme suppose que les bandes spectrales de faible résolution spatiale correspondent à la bande panchromatique à résolution spatiale élevée. Si les deux ensembles de données sont géo-référencées (c'est le cas de nos images), ENVI les co-enregistre en outre à la volée.

ENVI applique l'affinement spectral PC en :

1. Effectuant une transformation PC sur les données multi-spectrales.
1. Remplaçant la bande PC 1 par la bande haute résolution et mettre à l'échelle la bande haute résolution pour correspondre à la bande PC 1, de sorte qu'aucune distorsion de l'information spectrale ne se produit. La méthode d'affûtage spectral PC suppose que la première bande PC est une bonne estimation des données panchromatiques.
1. Effectuant une transformation inverse.
1. Ré-échantillonnage des données multi-spectrales à la taille de pixel haute résolution en utilisant la technique de convolution la plus proche, bilinéaire ou cubique.

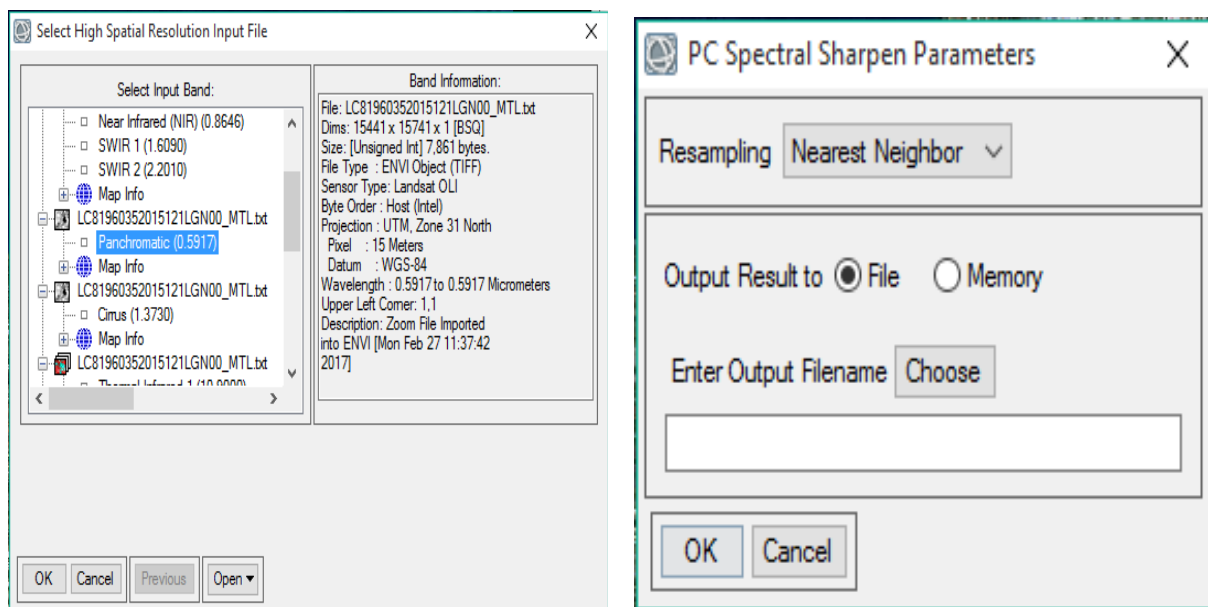
Démarche :

Pour effectuer l'affinage spectral on va au menu *Toolbox* et on choisit *PC Spectral Sharpening*, ensuite on sélectionne l'image qui a une faible résolution spatiale, puis l'image qui a une résolution spatiale élevée (dans ce cas la bande panchromatique), enfin on choisit l'emplacement du fichier et on clique sur *OK*, (Voir **Figure III.7**)



Choix de l'outil *PC Spectral Sharpening*

Sélection de l'image de faible résolution



Sélection de l'image de grande résolution

Choix de l'emplacement du fichier

Figure III.7 : Etape de l'affinage spectral sur ENVI

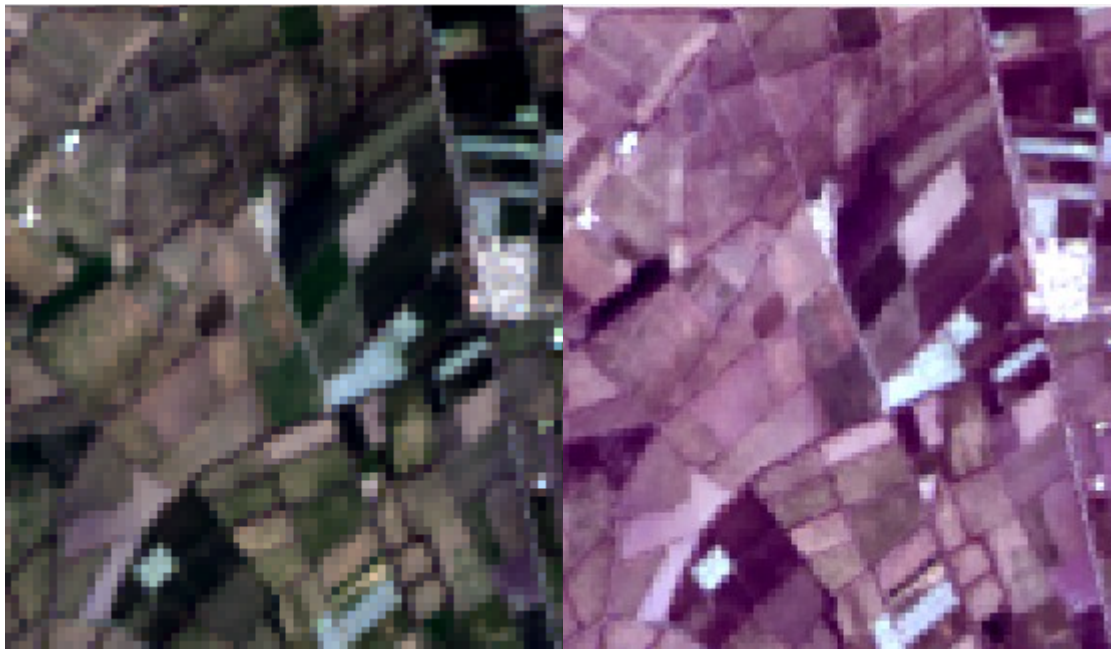


Image brute

Image après amélioration

Avec Sharpening spectral PC

Figure III.8 : L'effet de l'outil *Sharpening spectral PC*

III.2.3 Suppression des bruits :

Les images téléchargées contiennent des rayures ou des effets de détecteur, qu'on peut enlever grâce à des outils de retrait disponibles sur ENVI. Ceux-ci supposent normalement que les rayures sont régulières et basées sur l'identification de la fréquence des bandes. Ainsi nous pouvons masquer les rayures autrement si elles ont une signature distincte, comme 0 ou -9999, le masquage exclut donc ces pixels de l'analyse. Une autre option s'est avérée utile, celle de la méthode de l'Analyse des Composants Principaux (ACP).

III.2.4 L'analyse des composantes principales ACP :

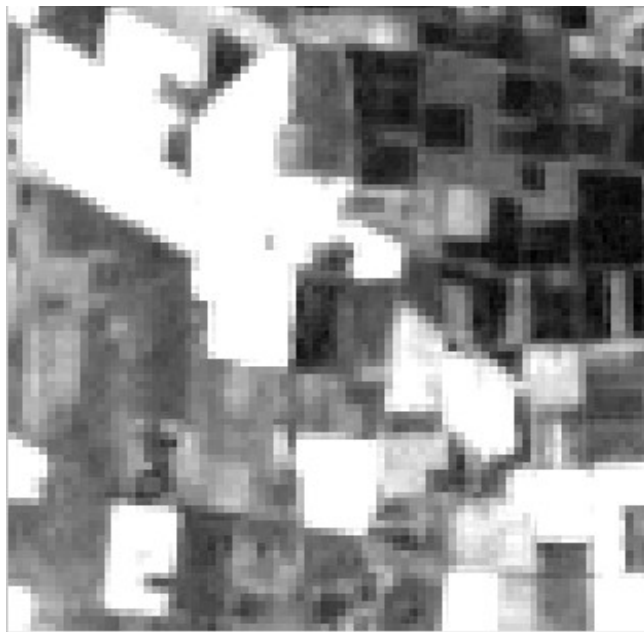
Cette dernière consiste à transformer les données d'image en un ensemble de variables non corrélées à l'aide de méthodes statistiques. Le résultat de l'ACP est un jeu d'images dans lequel chaque bande est non corrélée avec les autres bandes, en d'autre terme : chacune présente des informations uniques.

Dans les données des images normales, les bandes spectrales voisines sont fortement corrélées et contiennent donc des informations redondantes. En utilisant l'ACP, nous pouvons réduire cette redondance et mettre en évidence les variables non corrélées qui sont «cachées» sous les données corrélées. Ainsi l'ACP révèle souvent un bruit systématique dans les données que nous pouvons alors supprimer. Cette analyse est utilisée dans la télédétection hyperspectrale pour réduire le nombre de bandes dans l'analyse d'image sans réduire le contenu de l'information en réduisant la redondance.

L'ACP est un processus devisé en trois étapes : rotation vers l'avant, analyse, et rotation inverse.

La rotation vers l'avant calcule les composantes principales, elles sont ensuite visualisées et les bandes redondantes sont identifiées (c'est-à-dire celles qui comprennent du bruit).

Dans la rotation inverse, le jeu de données original est recréé sans informations redondantes.



NDVI sans PCA



NDVI avec PCA

Figure III.9 : Suppression du bruit de la bande NDVI

Le tableau ci-dessus regroupe les données utilisées ainsi que les traitements effectués sur ces dernières.

Tableau III.1 : Récapitulation des données

Année	2003	2016
Type	Image satellitaire	Image satellitaire
Date	24-Mai-2003	01-Mai-2016
Capteur	Landsat-7 ETM	Landsat-7 OLI
Résolution	XS : 30m Pan : 15m	XS : 30m Pan : 15m

Suite du Tableau III.1 : Récapitulation des données

Année	2003	2016
-------	------	------

Prétraitement	Découpage Traitement radiométrique Traitement atmosphérique Affinage spectral Suppression du bruit	Découpage Traitement radiométrique Traitement atmosphérique Affinage spectral Suppression du bruit
----------------------	--	--

III.3 Les indices spectraux :

Les systèmes végétaux terrestres fournissent des propriétés de réflectance uniques du rayonnement reçu et permettent sa caractérisation en utilisant les techniques de télédétection. Ainsi les indices de végétation sont calculés en combinant la réflectivité à différentes longueurs d'onde pour discriminer et extraire des informations de la végétation en minimisant l'influence d'autres facteurs externes tels que le sol, l'irradiance solaire, la géométrie d'éclairage, l'observation, etc...

Nous pouvons aussi combiner entre des bandes pour obtenir le paramètre d'intérêt (végétation, eau, sol nu, etc...) d'où le terme (indices spectraux).

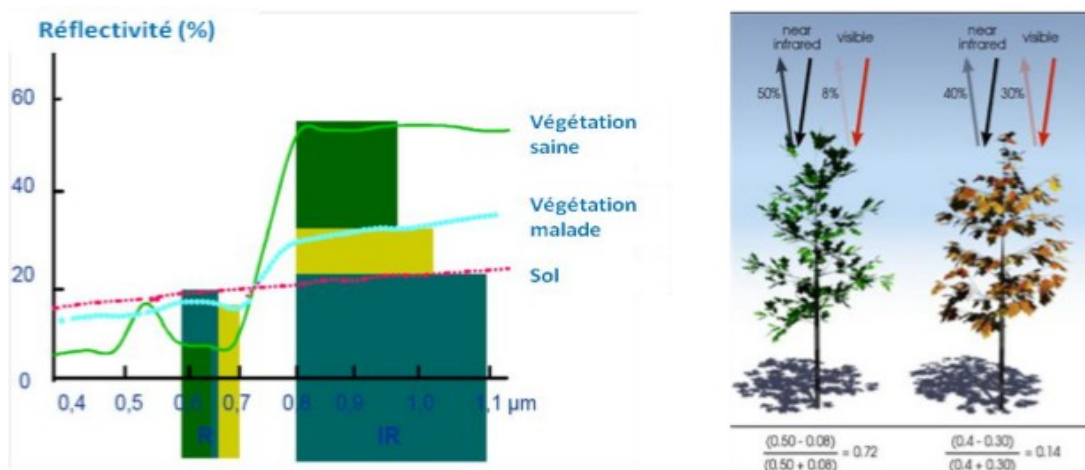


Figure III.10 : Réponse spectrale de la végétation dans les bandes rouge et proche infrarouge

Le tableau ci-dessous montre les différents indices spectraux pour estimer la végétation.

Tableau III.2 : Les différents indices spectraux pour estimer la végétation (Source : TELCAN, 2013)

RVI	Ratio vegetation index	$RVI = \frac{R_{NIR}}{R_R}$
NDVI	Normalised difference vegetation index	$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_R}{R_{NIR} + R_R} = \frac{RVI - 1}{RVI + 1}$
WDVI	Weighted difference vegetation index	$WDVI = R_{NIR} - aR_R$
SAVI	Soil-adjusted vegetation index	$SAVI = \frac{R_{NIR} - R_R}{R_{NIR} - R_R + L} (1 + L)$
SAVI2	Second Soil-adjusted vegetation index	$SAVI2 = \frac{R_{NIR}}{R_R + b/a}$

MSAVI2	Modified Second Soil-adjusted vegetation index	$MSAVI2 = \frac{1}{2} \left[2(R_{NIR} + 1) - \sqrt{2(R_{NIR} + 1)^2 - 8(R_{NIR} - R_R)} \right]$
ATSAVI ¹	Adjusted transformed soil-adjusted vegetation index	$ATSAVI = \frac{a(R_{NIR} - aR_R - b)}{aR_{NIR} + R_R - ab + X(1 + a_2)}$
EVI	Environmental vegetation index	$EVI = \frac{2.5(R_{NIR} - R_R)}{1 + R_{NIR} + 6R_R - 7.5R_B}$
NDVI _{verd}	Green normalised difference vegetation index	$NDVI_{green} = \frac{R_{NIR} - R_{550}}{R_{NIR} + R_{550}}$
$\frac{R_{750}}{R_{550}}$	$\frac{R_{750}}{R_{550}}$	$\frac{R_{750}}{R_{550}}$
$\frac{R_{850}}{R_{550}}$	$\frac{R_{850}}{R_{550}}$	$\frac{R_{850}}{R_{550}}$

III.3.1 Indice de végétation NDVI :

Le NDVI est un indice qui se définit comme la différence normalisée des mesures de réflectance spectrale acquises dans les zones de longueurs d'onde « Proche Infra-Rouge » (PIR) et « Rouge »

.....II.1

La valeur du varie théoriquement entre -1 et 1.

En pratique, une surface d'eau libre (océan, lac,...) prend des valeurs de NDVI proches de 0, un sol nu prend des valeurs de 0.1 à 0.2, alors qu'une végétation dense prenne des valeurs de 0.5 à 0.8.

Cependant, les plantes vertes absorbent une grande partie des radiations solaires dans une zone de longueurs d'onde appelée PAR (*Photosynthetically Active Radiation*), dont fait partie la zone du Rouge. Par contre, le PIR est fortement diffusé (non absorbé : transmis et réfléchi) par la plante. Par conséquent, une plante verte apparait sombre dans le PAR (dont le rouge) car ces longueurs d'ondes sont absorbées par la plante (petite valeur de réflectance), et brillante dans le PIR car ces longueurs d'ondes sont réfléchies en partie (grande valeur de réflectance). Le NDVI est directement lié à l'activité photosynthétique des plantes et donc à la

capacité d'absorption énergétique de la canopée du couvert végétal. Il agit comme indicateur de la biomasse chlorophyllienne des plantes en termes de réflectance dans le PIR et le Rouge.

Une végétation en bonne santé absorbe la plupart de la lumière visible qu'il intercepte et réfléchit une partie importante de la lumière PIR. Une végétation en mauvaise santé ou clair semée réfléchit plus de lumière visible et moins de PIR.

Conclusion :

Les différentes extractions effectuées sur les images de différentes dates (2003 et 2016) permettent de réaliser une cartographie spatiotemporelle du changement de l'occupation du sol dans la plaine de la Mitidja, d'où le but du chapitre suivant.

Introduction :

Afin de détecter les changements de l'occupation du sol au niveau de la plaine de la Mitidja, il est nécessaire d'étudier son occupation du sol dans deux dates différentes.

D'une manière générale, l'utilisation de la télédétection dans le cadre des études de l'occupation des sols est assez récurrente. Son efficacité semble indéniable pour étudier l'évolution spatiotemporelle de phénomènes naturels ou anthropiques, et la précision grandissante des images obtenues par les capteurs ne font qu'améliorer les résultats. Ainsi, l'occupation du sol peut non seulement être observée, mais elle peut surtout être extraite grâce à différents traitements (classification) basés sur la réponse spectrale des pixels.

Dans le chapitre présent nous allons générer une carte thématique des classes d'intérêt à partir des données numériques pour enfin détecter le changement de l'occupation du sol de la plaine au cours des 13 dernières années.

IV.1 Classification thématique d'images de télédétection :

Classifier une image en télédétection consiste à rassembler l'ensemble des pixels de l'image en un nombre limité de classes correspondant aux grands éléments structuraux de l'image, c'est donc établir une cartographie de l'image en s'appuyant sur les valeurs radiométriques des pixels.

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

IV.1.1 Classification non supervisée :

La classification non supervisée comme la définie (Lebarbier *et al.*, 2008) désigne un corpus de méthodes ayant pour objectif de dresser ou de retrouver une typologie existante caractérisant un ensemble de N observations à partir de P caractéristiques mesurées sur chacune des observations. Par typologie, on entend que les observations, bien que collectées lors d'une même expérience, ne sont pas toutes issues de la même population homogène, mais plutôt de K populations.

Il existe une très large famille de méthodes dédiées à la classification non supervisée, dans le cadre de notre étude nous allons appliquer deux algorithmes les plus répandues : ISODATA et K-means.

IV.1.1.1 Algorithme des K-means :

Cet algorithme fut longtemps utilisé sur les grands jeux de données en raison de sa rapidité.

Principe :

On suppose qu'il existe K classes distinctes. On commence par désigner K centres de classes μ_1, \dots, μ_K parmi les individus. Ces centres peuvent être choisis par l'utilisateur pour leur "représentativité", ou bien désignés aléatoirement. Ensuite on réalise itérativement les deux étapes suivantes :

- Pour chaque individu qui n'est pas un centre de classe, on regarde quel est le centre de classe le plus proche. On définit ainsi K classes, ..., ou $C_k = \{\text{ensemble des points les plus proches du centre } \mu_k\}$.

- Dans chaque nouvelle classe, on définit le nouveau centre de classe comme étant le barycentre des points de. L'algorithme s'arrête suivant un critère d'arrêt fixée par l'utilisateur qui peut être choisi parmi les suivants : soit le nombre limite d'itérations est atteint, soit l'algorithme a convergé, c'est à dire qu'entre deux itérations les classes formées restent les mêmes, soit l'algorithme a "presque" convergé, c'est-à-dire que l'inertie intra-classe ne s'améliore quasiment plus entre deux itérations.

IV.1.1.2 Algorithme ISODATA : (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique*) (Jahne, 1991)

Cet algorithme calcule les moyennes des classes uniformément réparties dans l'espace des niveaux de gris et regroupe les pixels restants de façon itérative en utilisant la technique de la distance minimale. À chaque itération on recalcule les moyennes et on classe à nouveau les pixels en tenant compte des nouvelles moyennes. La fusion, l'éclatement ou l'annulation itérative des classes sont effectués à base des paramètres d'entrée fixant certains seuils. Tous les pixels sont associés à la classe qui leur est la plus proche à moins qu'un écart-type ou une distance seuil soit spécifié, et auquel cas certains pixels pourraient être non classifiés s'ils ne remplissent pas le critère choisi. Ce processus continue jusqu'à ce que le nombre de pixels dans chaque classe ne change plus d'une valeur supérieure au seuil fixé pour le nombre de pixels par classe, ou jusqu'à ce que le nombre maximal d'itérations soit atteint (Akono *et al.*, 2005).

IV.1.1.3 Classification non supervisée sur les données de la Mitidja :

Pour effectuer la classification non supervisée dans logiciel ENVI on va au menu *Toolbox* et on choisit la commande *Unsupervised Classification*.

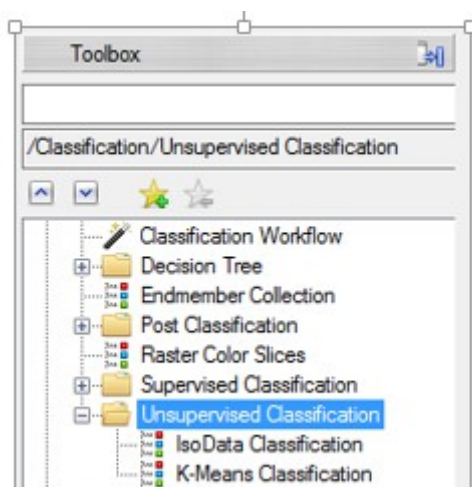


Figure IV.1 Menu de la classification non supervisée sur ENVI

A. Algorithme des K-means :

En choisissant cet algorithme la fenêtre de configuration du classificateur s'affiche.

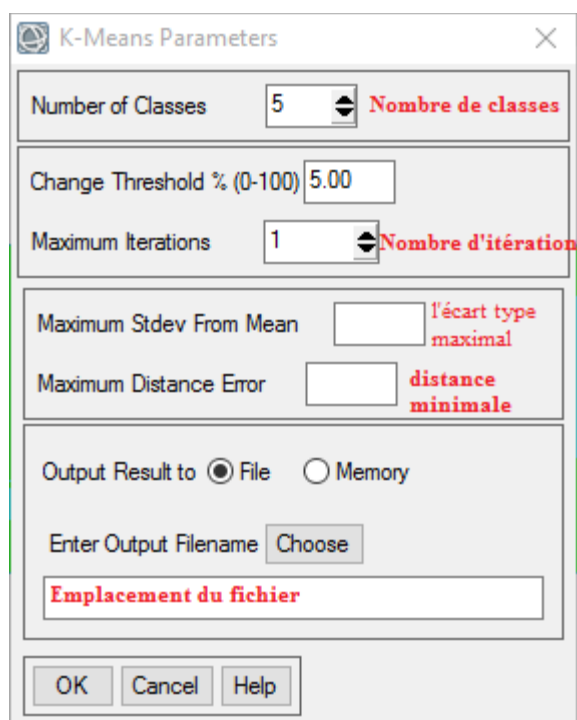


Figure IV.2 Configuration de l'algorithme K-means sur ENVI

Chapitre IV : Etude du changement

On sélectionne ensuite le nombre de classes à définir, et on introduit le nombre maximum d'itérations et le seuil de changement.

Le paramètre (*Maximum Class Stdev*) définit l'écart type maximal entre les classes. Enfin, on introduit la distance minimale entre les moyens de chaque classe, également dans niveaux numériques, et les couples combinables maximales.

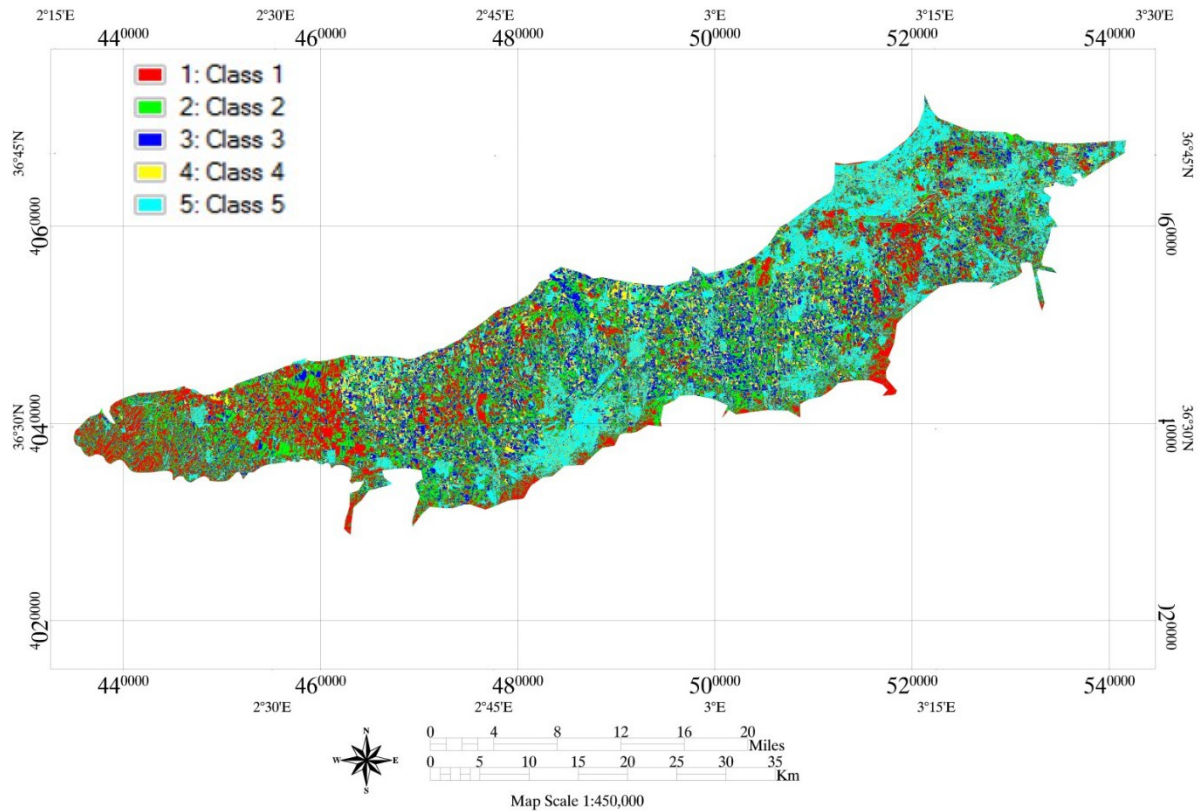


Figure IV.3 Classification non supervisée avec l'algorithme des K-means de la Mitidja (01/05/2016) Landsat 8 (OLI).

B. Algorithme ISODATA :

En choisissant cet algorithme la fenêtre de configuration du classificateur s'affiche.

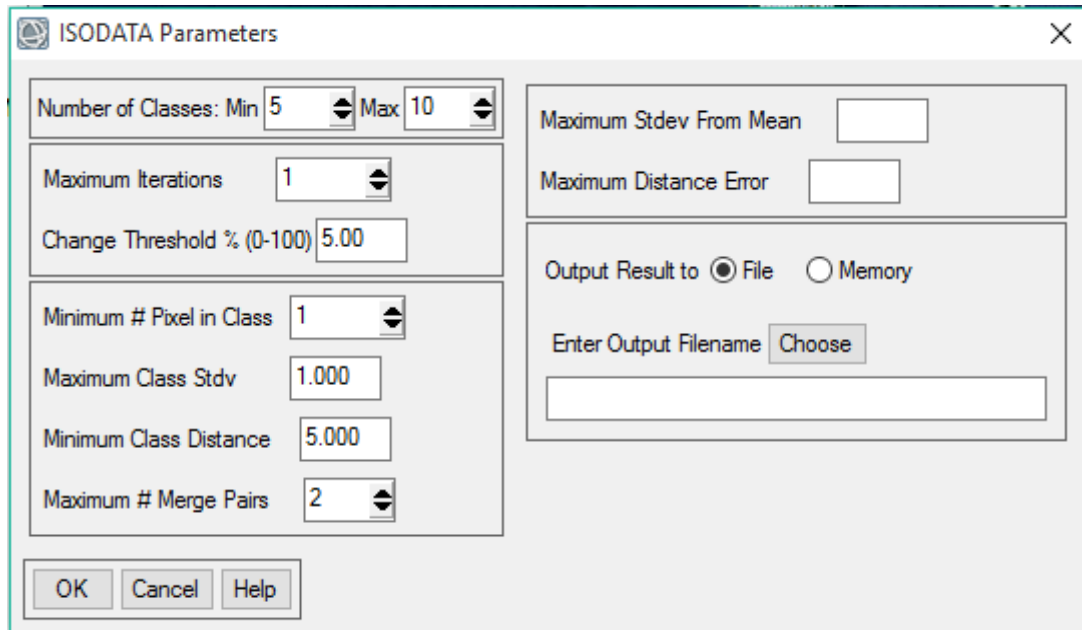


Figure IV.4 Configuration de l'algorithme ISODATA sur ENVI

On sélectionne le nombre de classes à définir. Cette gamme est requise parce que l'algorithme regroupe et divise les pixels en fonction des seuils.

On introduit ensuite le nombre maximum d'itérations et le seuil de changement. Ce dernier est utilisé pour terminer le processus itératif si le nombre de pixels dans chaque classe varie de moins que le seuil.

On introduit le nombre minimum de pixels requis pour former une classe.

Enfin, on introduit la distance minimale entre les moyens de chaque classe, également dans niveaux numériques, et les couples combinables maximales.

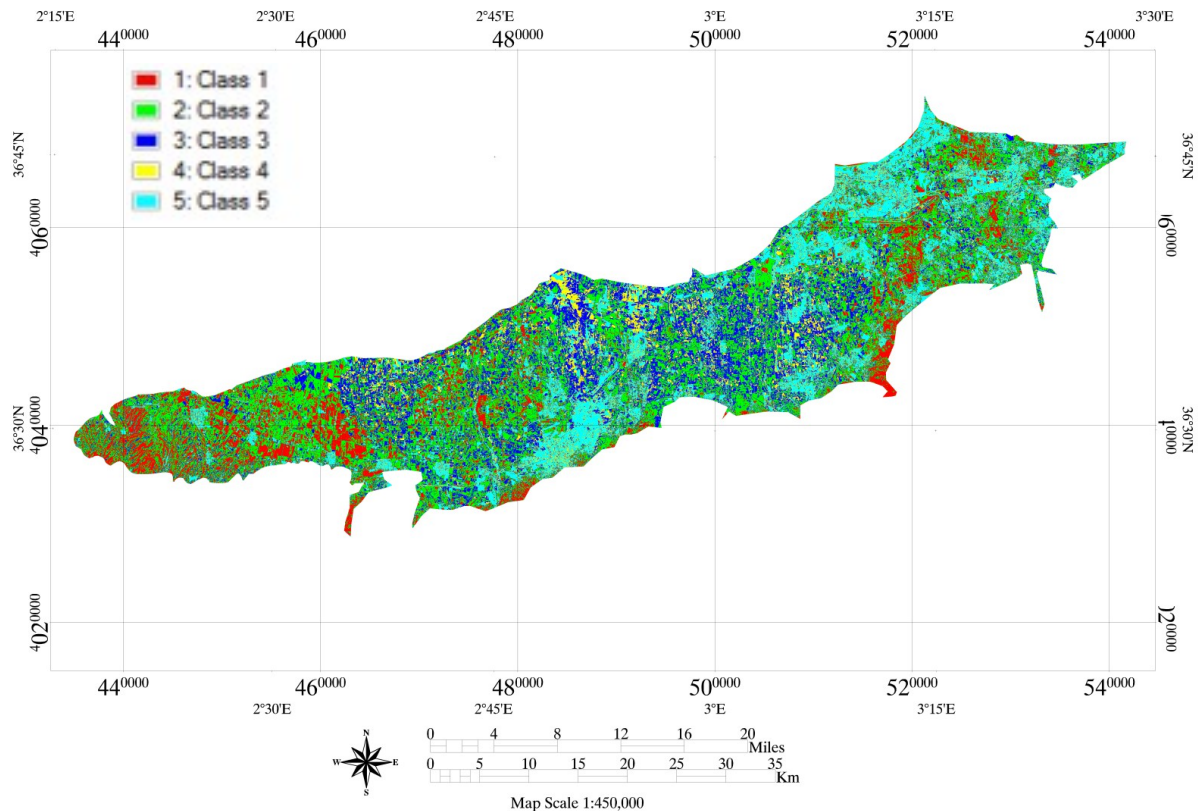


Figure IV.5 Classification non supervisée avec l’algorithme ISODATA de la Mitidja (01/05/2016) Landsat 8 (OLI).

Commentaire :

En principe, l'analyse non supervisée est un processus itératif où l'utilisateur définit des valeurs arbitraires qui seront modifiés selon les résultats. En effet nous avons limité notre choix sur cinq (5) classes à l'entrée pour rendre la classification plus claire, nous avons aussi augmenté le nombre des itérations pour avoir des résultats plus fiables, cette analyse nous permettra par la suite d'affirmer nos choix par rapport aux régions d'intérêts.

IV.1.2 Classification supervisée :

Les recherches sur les extractions de l'occupation du sol à l'aide d'images satellites utilisent, pour beaucoup, les méthodes de classifications supervisées basées sur le pixel : il s'agit d'une technique qui part du principe que l'on a une connaissance du terrain sur lequel nous travaillons, la démarche scientifique reste la même pour chacune des méthodes de classification, hormis le choix des algorithmes de classification. (Chesnaï, 1998), utilise l'algorithme du maximum de vraisemblance (*Maximum Likelihood*) pour obtenir une classification représentant l'occupation du sol. Les classifications supervisées sont des méthodes qui permettent un résultat rapide et généralement assez efficace pour se rendre compte des changements de l'occupation du sol, elles sont particulièrement utilisées dans le cadre d'images dont la résolution spatiale n'est pas très élevée.

Chapitre IV : Etude du changement

La méthode consiste à choisir différents échantillons d'entraînements que l'on va estimer représentatifs des classes auxquelles on veut les affecter, puis d'appliquer un algorithme classificateur qui selon certaines règles statistiques va attribuer chaque pixel de l'image à une classe définie.

En se basant sur l'enquête de terrain de la zone étudiée, effectuée le 12/03/2017, nous avons pu identifier les régions nécessaires à l'élaboration des classes d'informations qui sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.1 : Régions d'intérêts 12/03/2017

Position	Région	Longitude	Latitude
P1	Douar Saada 1	494183	4043394
P2	Douar Saada 2	494379	492160
P3	Vers Boufarik 1	495041	4044853
P4	Vers Boufarik 2	495041	4044853
P5	Ville Boufarik	492160	4044853
P6	Vers Oued Oulayeg 1	488201	4047034
P7	Vers Oued Oulayeg 2	486855	4047125
P8	Vers Oued Oulayeg 3	485818	4047191
P9	Ville Oued Oulayeg 4	481189	4045632
P10	Vers Kolea	480953	4046677
P11	Vers Douada 1	480630	4048214
P12	Vers Douada 2	480634	4051235
P13	Vers Douada 3	481837	4054042
P14	Vers Douada 4	482724	4056444
P15	Vers Douada 5	482272	4058957
P16	Vers Alger 1	484761	4061690
P17	Vers Alger2	486766	4063315
P18	AutoRoute Alger-Blida	495357	4060446
P19	Vers Blida	490263	4045740

Ainsi d'après le même constat nous pouvons affirmer que l'occupation du sol de la plaine de la Mitidja se varie essentiellement autour de cinq grandes classes qui sont représentées dans le tableau ci-après :

Tableau IV.2 : Les classes d'information choisies

Classe	Type
Classe 1	Arboriculture
Classe 2	Urbain
Classe 3	Culture Variée
Classe 4	Forêt et Maquis
Classe 5	Pâturage

Après avoir défini les classes d'information et leurs localisations, nous allons introduire ces données dans le logiciel ENVI sous forme des régions d'intérêts afin de définir les classes spectrales qui les représentent puis appliquer un algorithme pour attribuer chaque pixel à une classe.

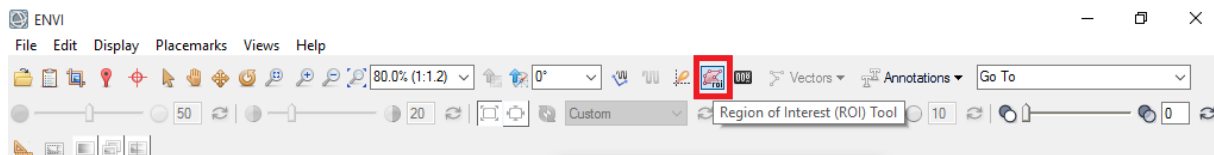
IV.1.2.1 Sélection des régions d'intérêts (*Regions Of Interest*) :

Il s'agit de sélectionner un minimum de 30 pixels spectralement représentatif dans chaque ROI. Cet échantillon, ou 'ROI' est défini à l'écran par la numérisation des pixels ou polygones pour chaque classe spectrale. Sur base des polygones ainsi définis, l'extraction automatique des valeurs de pixels contenues à l'intérieur des polygones et le calcul de leur moyenne et écart-type produiront la signature spectrale de chaque classe à partir des bandes choisies de l'image Landsat.

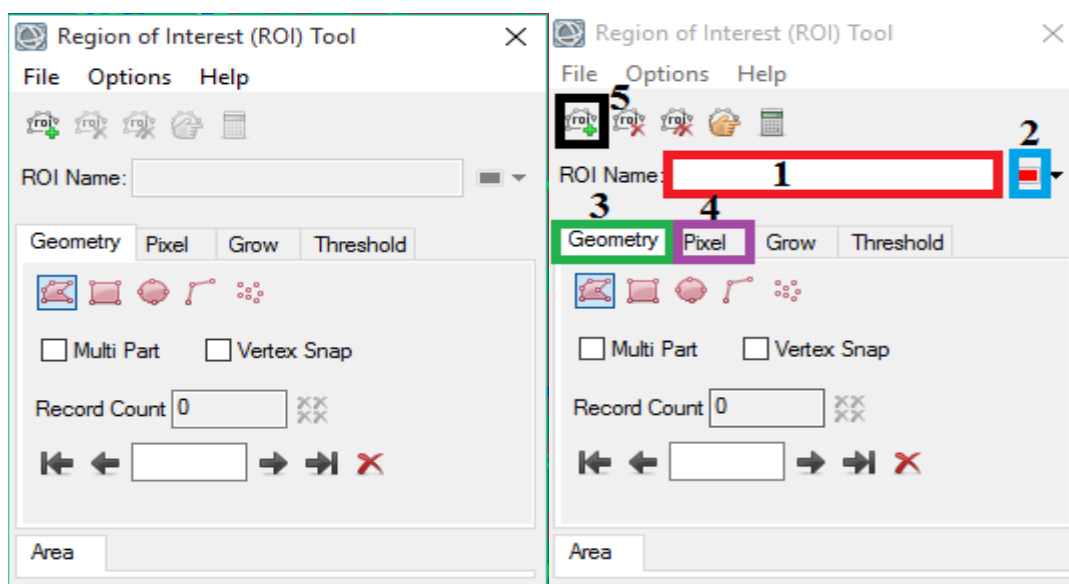
Remarque : La démarche ne serait pas facilitée du fait que notre étude prend en charge une région où la végétation représente une bonne partie de la superficie totale, qui va donc avoir une réponse spectrale très similaire voire identique au terrain nu. Pour remédier à ce problème nous proposons d'ajouter la bande NDVI aux quatre bandes (NDVI + bleu, vert, rouge et proche infrarouge) comme critère de distinction entre le sol nu et la végétation d'où le terme des pseudo-bandes.

Démarche :

On va aux *barres de menus* et on choisit l'icône *Region of Interest (ROI) Tool*



La boîte de dialogue suivante s'ouvre :



Tel que :

- 1 : Le nom de la classe d'intérêt
- 2 : La couleur de la classe d'intérêt
- 3 : Sélection de la classe d'intérêt par les formes géométriques
- 4 : Sélection de la classe d'intérêt par les pixels
- 5 : Ajouter une nouvelle classe d'intérêt

Résultat :

Les graphes ci-après donnent la signature spectrale de chaque classe définie à partir des ROI pour les deux dates choisies.

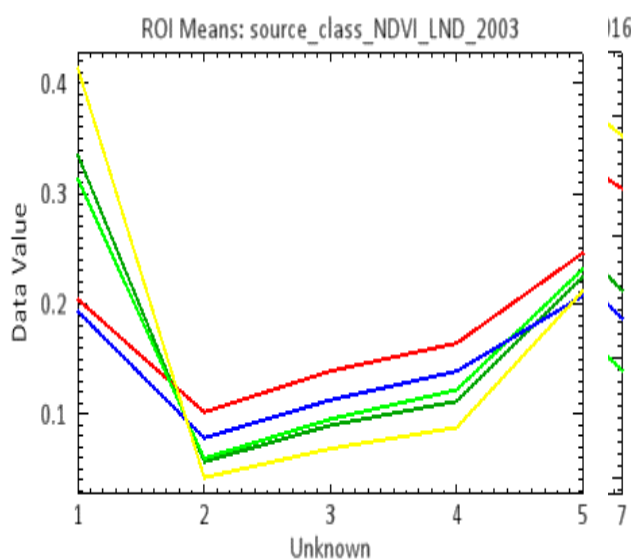


Figure IV.6 : Signature spectrale de chaque classe définie à partir des ROI

IV.1.2.2 Classification par Maximum de vraisemblance (*Maximum Likelihood*)

Chapitre IV : Etude du changement

Le principe de la classification dirigée par la procédure de maximum de vraisemblance consiste à comparer la signature spectrale de chaque pixel dans les bandes choisies (dans notre cas : NDVI, bleu, vert, rouge et proche infrarouge) avec celle des Régions d'intérêts puis affecter chaque pixel à la classe dont la signature spectral est proche.

Démarche :

On va au menu *Toolbox* et on choisit *Maximum Likelihood classification*, La boîte de dialogue suivante s'ouvre :

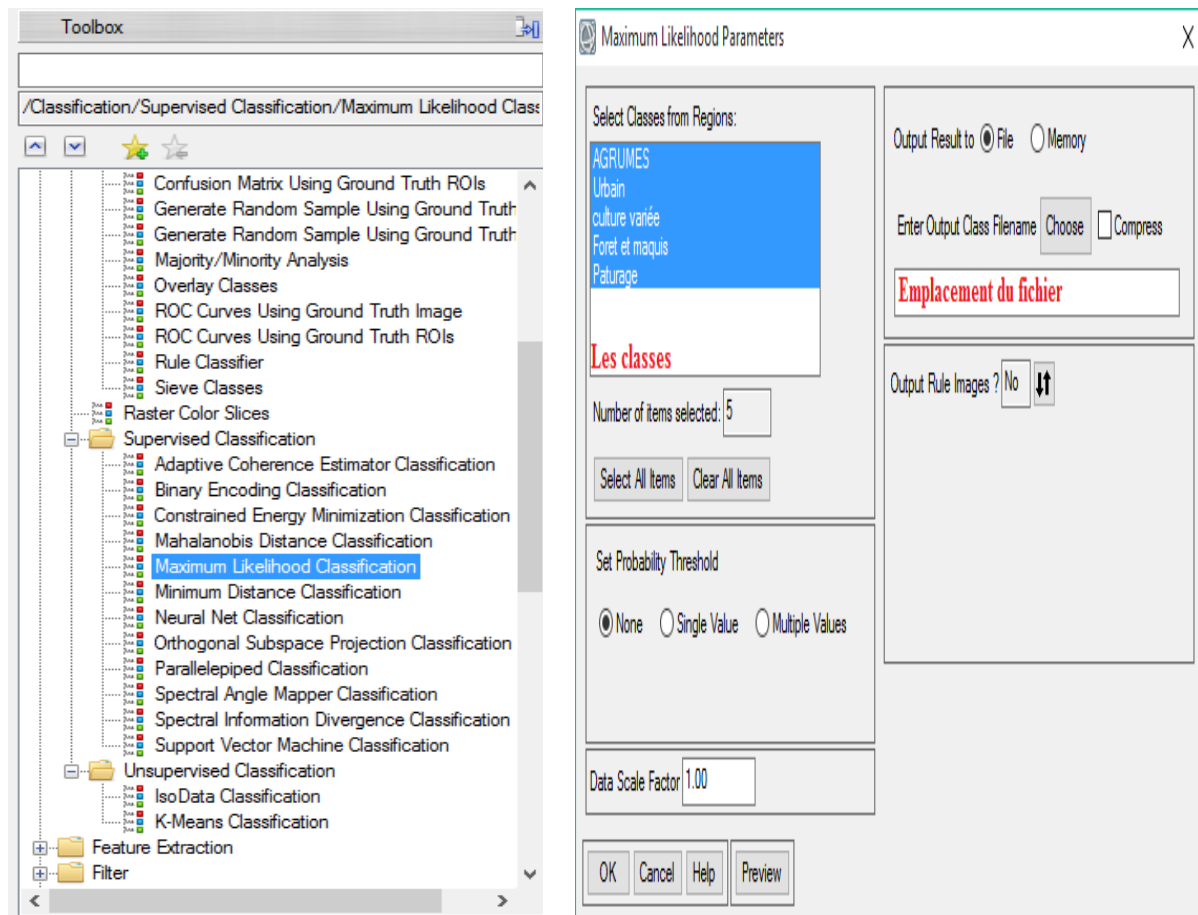


Figure IV.7 : Configuration de l'algorithme de Maximum de vraisemblance sur ENVI

Le fichier des ROI étant déjà ouvert, dans la fenêtre *Maximum Likelihood Parameters* On clique sur le bouton *Select All Items* pour sélectionner toutes les classes.

La classification se réalise et l'algorithme de classification selon le maximum de vraisemblance est appliqué à tous les pixels de l'image sur base des paramètres statistiques décrivant chaque signature spectrale obtenue. La comparaison entre les valeurs de chaque pixel et les signatures spectrales des différentes classes déterminera la probabilité d'appartenance du pixel à chacune des classes. La classe présentant la probabilité maximum sera attribuée au pixel considéré.

Résultat :

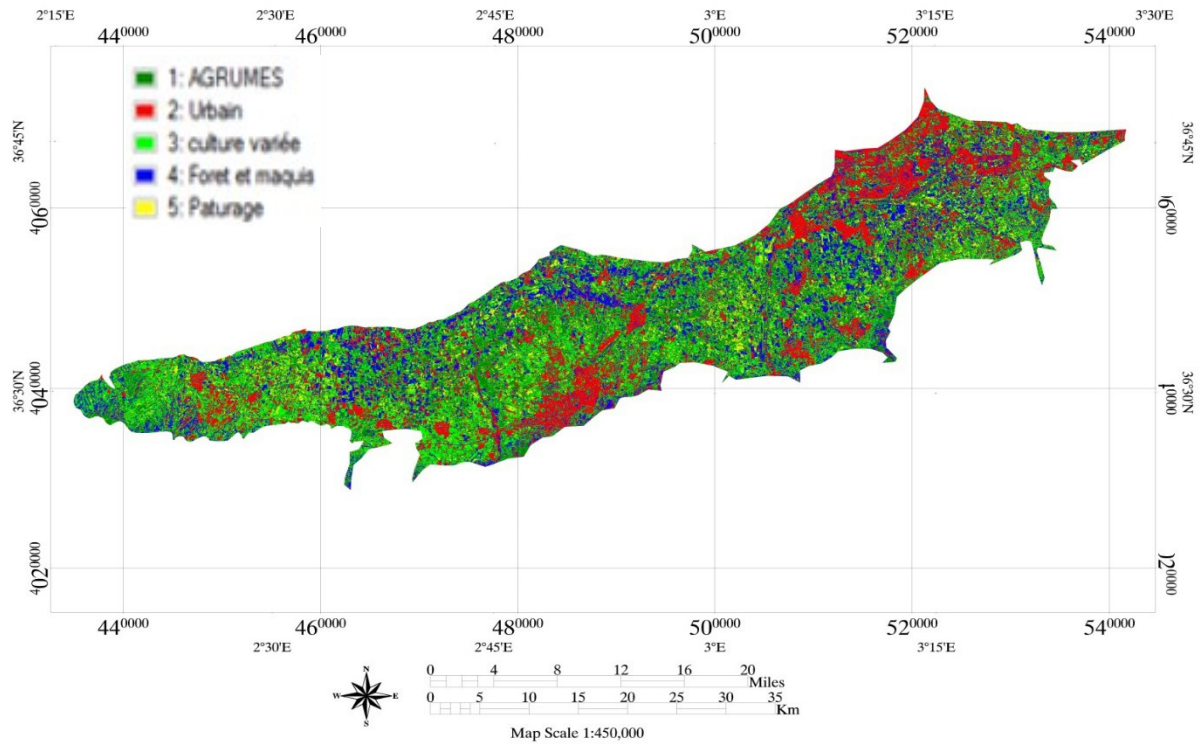


Figure IV.8 : Classification supervisée de la plaine de la Mitidja avec l’algorithme maximum de vraisemblance (image du 24-05-2003)

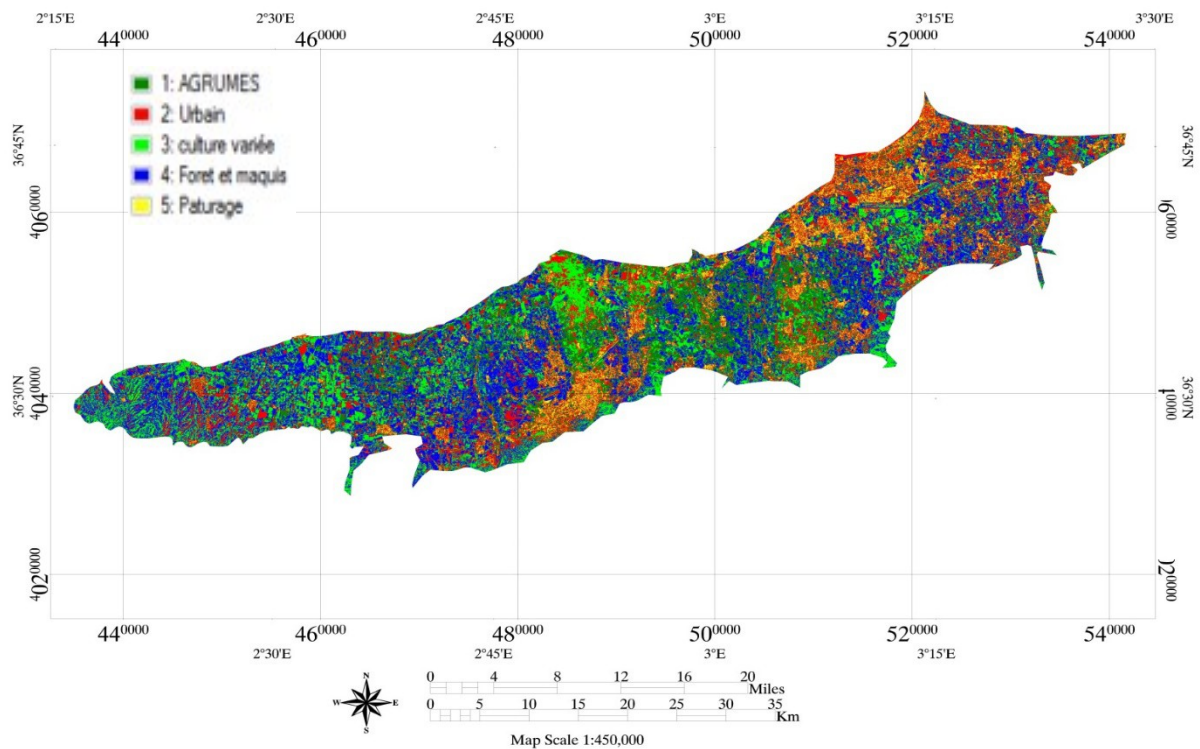


Figure IV.9 : Classification supervisée de la plaine de la Mitidja avec l’algorithme maximum de vraisemblance (image du 01-05-2016)

IV.1.2.3 Détection des erreurs (Matrice de confusion /*Confusion Matrix*) :

La matrice de confusion permet de donner un rapport qui regroupe les ROI (valeurs vraies) avec les classes résultantes du classificateur pour montrer le pourcentage et le nombre des pixels ROI contenus dans une classe résultante (elle révèle en quelque sorte les erreurs commises par le classificateur)

a). **Précision globale :**

La précision globale est calculée en additionnant le nombre de valeurs classées correctement et en divisant par le nombre total de valeurs. Les valeurs correctement classées sont situées le long de la diagonale supérieure gauche vers la droite inférieure de la matrice de confusion. Le nombre total de valeurs c'est le nombre de valeurs dans les tableaux de vérité ou de valeur prédite.

b). **Coefficient Kappa K**

Le coefficient kappa mesure l'accord entre les classes résultantes du classificateur et les valeurs vraies. Une valeur kappa de 1 représente un accord parfait, alors qu'une valeur de 0 ne représente aucun accord.

Le coefficient kappa est calculé comme suit :

Où :

- est le numéro de classe
- est le nombre total de valeurs classées par rapport aux valeurs vraies.
- est le nombre de valeurs appartenant à la classe vrai qui ont également été classées comme classe (c.-à-d. Valeurs trouvées le long de la diagonale de la matrice de confusion)
- est le nombre total de valeurs prédites appartenant à la classe i
- est le nombre total de valeurs de vérité appartenant à la classe i

c). **Erreurs de la Commission**

Les erreurs de commission représentent la fraction des valeurs résultantes dans une classe mais n'appartiennent pas à cette classe. Elles mesurent le faux positif. Les erreurs de commission sont affichées dans les lignes de la matrice de confusion, sauf les valeurs correctement classées.

d). **Erreurs d'omission**

Les erreurs d'omission représentent la fraction de valeurs qui appartiennent à une classe mais ont été prédites dans une classe différente. Elles mesurent le faux négatif. Les erreurs d'omission sont affichées dans les colonnes de la matrice de confusion, sauf les valeurs correctement classées.

e). **Précision du producteur**

La précision du producteur est la probabilité qu'une valeur dans une ROI donnée était correctement classée.

Avec :

: Précision du producteur.

Chapitre IV : Etude du changement

- : Classe correctement classée.
- : Total de la Classe Résultante.

f). Précision de l'utilisateur

La précision de l'utilisateur est la probabilité qu'une valeur résultante dans une certaine classe est vraiment cette classe. La probabilité est basée sur la fraction de valeurs correctement classée au nombre total de valeurs résultantes dans une classe.

Avec :

- : Précision de l'utilisateur.
- : Classe correctement classée.
- : Total de la Classe Vraie (ROI).

Résultat :

Tableau IV.3 : Matrice de confusion (image du 24-05-2003)

Classes Résultantes	Les régions d'intérêts (Classe Vraie en pixels)					Total
	Arboriculture	Urbain	C V*	Foret et maquis	Pâturage	
Arboriculture	527	23	137	0	2	689
Urbain	9	3075	7	0	0	3091
C V*	110	228	423	0	0	761
Foret et maquis	54	527	9	0	0	590
Pâturage	55	3	131	0	90	279
Total	755	3856	707	0	92	5410

C V* : Culture Variée

Valeurs classées correctement : $527 + 3075 + 423 + 90 = 4115$ Pixels.

Nombre total de valeurs : 5410 Pixels

Précision globale $P_g = 76\%$

En appliquant la Formule IV.1 : $K = 0.693 \approx 1$ donc l'accord entre les ROI et les classes résultantes est presque parfait.

Interprétation :

527 pixels sont correctement classés comme Arboriculture d'un total de 755 pixels

3075 pixels sont correctement classés comme Urbain d'un total de 3856 pixels

423 pixels sont correctement classés comme Culture Variée d'un total de 707 pixels

90 pixels sont correctement classés comme Pâturage d'un total de 92 pixels

Tableau IV.4 : Calcul des erreurs (image du 24-05-2003)

Chapitre IV : Etude du changement

Classes Résultantes	Valeurs des erreurs d'omission	Valeurs des erreurs de commission
Arboriculture (Pixels)	9	23
	110	137
	54	2
	55	
Total (Pixels)	228	162
Erreur (%)	30,2	23,5
Urbain (Pixels)	23	9
	228	7
	527	
	3	
Total (Pixels)	781	16
Erreur (%)	20	0,52
C V (Pixels)	137	110
	7	228
	9	
	131	
Total (Pixels)	284	338
Erreur (%)	7,4	44,4

Suite du tableau IV.4 : Calcul des erreurs (image du 24-05-2003)

Classes Résultantes	Valeurs des erreurs d'omission	Valeurs des erreurs de commission
Foret et maquis (Pixels)		54
		527
		9
Total (Pixels)	/	590
Erreur (%)	0	100
Classes Résultantes	Valeurs des erreurs d'omission	Valeurs des erreurs de commission
Pâturage (Pixels)	2	55
		3
		131
Total (Pixels)	2	189
Erreur (%)	2,2	67,7

Tableau IV.5 : Calcul des précisions (image du 24-05-2003)

Classes Résultantes	Précision du producteur (%)	Précision de l'utilisateur (%)
Arboriculture	69.80	76.49
Urbain	79.75	99.48
C V*	59.83	55.58
Foret et maquis	0.00	0.00
Pâturage	97.83	32.26

Tableau IV.6 : Répartition des classes en pourcentage (image du 24-05-2003)

Classes	Total (%)
Agrumes	12.74
Urbain	57.13
C V	14.07
Foret et maquis	10.91
Pâturage	5.16
Total	100.00

Tableau IV.7 : Matrice de confusion (image du 01-05-2016)

Classes Résultantes	Les régions d'intérêts (Classe Vraie en pixels)					Total
	Arboriculture	Urbain	C V*	Foret et maquis	Pâturage	
Arboriculture	571	226	24	0	0	821
Urbain	25	2008	7	0	18	2058
C V*	58	22	569	0	0	649
Foret et maquis	101	59	107	0	0	267
Pâturage	0	1541	0	0	94	1615
Total	755	3856	707	0	92	5410

C V* : Culture Variée

Valeurs classées correctement : $527 + 2008 + 569 + 94 = 3198$ Pixels.

Nombre total de valeurs : 5410 Pixels

Précision globale $P_g = 59\%$

En appliquant la formule **IV.1** : $K = 0.75 \approx 1$ donc l'accord entre les ROI et les classes résultantes est presque parfait.

Interprétation :

527 pixels sont correctement classés comme Arboriculture d'un total de 755 pixels

2008 pixels sont correctement classés comme Urbain d'un total de 3856 pixels

569 pixels sont correctement classés comme Culture Variée d'un total de 707 pixels

Chapitre IV : Etude du changement

94 pixels sont correctement classés comme Pâturage d'un total de 92 pixels

Tableau IV.8 : Calcul des erreurs et des précisions (image du 01-05-2016)

Classes Résultantes	Erreurs d'omission(%)	Erreurs de commission(%)	Précision du producteur (%)	Précision de l'utilisateur (%)
Arboriculture	24.37	30.45	75.63	69.55
Urbain	47.93	2.43	52.07	97.57
C V*	19.52	12.33	80.48	87.67
Foret et maquis	0.00	100.00	0.00	0.00
Pâturage	19.57	95.42	80.43	4.58

Tableau IV.9 : Répartition des classes en pourcentage (image du 01-05-2016)

Classes	Total (%)
Arboriculture	15.18
Urbain	38.04
C V	12.00
Foret et maquis	4.94
Pâturage	29.85
Total	100.00

Remarque :

En remarque au niveau des deux (02) matrices de confusion, l'absence de correspondance entre les ROI et les classes résultantes dans la classe Foret et maquis. Ainsi cette même classe s'est confondue avec la classe CV et la classe Arboriculture donc une combinaison entre les classes, par la suite, reste envisageable.

IV.1.2.4 Autre Algorithme de classification supervisée :

Une autre méthode assez fréquemment utilisée dans les évolutions spatiotemporelles d'extensions urbaines est décrite par (Kieffer *et al.*, 2013). Il s'agit du Spectral Angle Mapper, qui partant d'une librairie spectrale préexistante généralement prise sur le terrain à l'aide d'un spectromètre ou en laboratoire avec des échantillons de terrain de référence (à nouveau, la connaissance supposée du terrain est mise en avant dans cette méthode), attribue chaque pixel de l'image à une classe en le comparant avec les échantillons de référence de la librairie. Dans notre cas, nous ne disposons pas d'une librairie spectrale pour la plaine de Mitidja : il faudrait donc la construire si cette méthode venait à être utilisée dans la suite de notre étude. Le reste de la démarche consiste à attribuer à chaque classe un angle optimal de comparaison entre les vecteurs du spectre de la librairie et celui d'un pixel à classer : plus l'angle exprimé en radians est réduit et plus l'affectation est stricte, et inversement.

IV.1.3 Classification orientée objet :

En nous éloignant des approches basées sur les classifications pixel, certaines études vont plutôt se fonder sur des segmentations suivies de classifications orientées objet : il s'agit d'une méthode qui, au lieu de classer chacun des pixels, va classer des segments homogènes (objets) de l'image qui auront été créés selon des ressemblances de formes, de couleurs, de textures, etc. Si beaucoup d'auteurs préconisent cette méthode dans le cadre d'images à très haute résolution spatiale (Brazel *et al.*, 2011). L'utilisation de cette méthode offre deux possibilités à l'utilisateur ; une fois la segmentation de l'image effectuée, il peut soit laisser opérer un algorithme classificateur (très souvent il s'agit du *Support Vector Machine*), ou il peut créer ses propres règles de classification en déterminant les attributs selon lesquels des segments appartiendront ou non à une classe. Cette seconde possibilité est intéressante dans la mesure où elle permet de croiser différents attributs pour la classification tels que la signature spectrale, la forme des objets ou encore la texture. Cette dernière correspond également à une méthode d'extraction de l'occupation du sol de plus en plus utilisée : elle se base sur l'homogénéité d'un groupe de pixels, en analysant selon différentes méthodes statistiques l'occurrence des niveaux de gris parmi les pixels. (Dedieu *et al.*, 1997) la définissent comme « l'ensemble des relations en niveau de teinte entre points élémentaires voisins dans une image [...] et contribue aux caractéristiques visuelles de l'image ».

IV.2 Détection du changement (*Change Detection*) :

La détection du changement est utilisée pour identifier, décrire et quantifier les différences entre les images d'une même scène à des moments différents (changement temporel) ou dans des conditions différentes (changement spatial). Il existe plusieurs outils dans ENVI (tels que *Band Math* ou *PCA*) qui sont utilisés indépendamment ou en combinaison pour la détection du changement. Dans notre cas nous allons opter pour l'outil *Change Detection* qui offre une approche simple pour détecter les changements entre deux images l'une à l'état initial et l'autre à l'état final.

Cet outil propose deux types de détection :

- Détection du changement temporel (*Change Detection Statistics*)
- Détection du changement spatial (*Thematic Change*)

IV.2.1 Détection du changement temporel (*Change Detection Statistics*) :

Ce type nous donne un tableau détaillé des modifications entre deux images de classement, et le résultat est donné sous forme de nombre de pixels, pourcentages ou superficie.

Tableau IV.10 : Statistique du changement entre les deux images (2003 et 2016)

Image F	Image initiale 24-05-2003					
		Arboriculture(%)	Urbain (%)	Culture Variée (%)	Foret et Maquis (%)	Pâturage (%)
	Arboriculture (%)	20.313*	12.580	18.404	19.727	18.022
	Urbain (%)	13.193*	39.226	21.248	21.067	13.758
	Culture Variée	24.512	12.123	22.653	25.431	22.372

Chapitre IV : Etude du changement

i	(%)					
n	Foret et Maquis (%)	40.420	15.162	35.011	29.406	44.336
a						
l	Pâturage (%)	1.562	20.910	2.684	4.369	1.512
e	Class Total (%)	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
0	Class Changes (%)	79.687*	60.774	77.347	70.594	98.488
1	Différence d'image (%)	-28.864*	2.754	-18.726	63.577	-10.066
-						
0						
5						
-						
2						
0						
1						
6						

Interprétation :

- Les cases vertes montrent le pourcentage des classes qui persistent dans la même classes (c-à-d le pourcentage classes qui n'ont subi aucun changement), *exemple : 20.313% de la classe Arboriculture n'a pas changé de classe.
- Les cases grises indiquent le pourcentage du changement d'une classe vers une autre classe (*exemple : 13.193% de la classe Arboriculture est transformé en classe Urbain).
- La case bleue donne le pourcentage du changement au sein d'une classe. *exemple : 79.687% de la classe Arboriculture a subi des changements.
- La case orange indique le pourcentage d'augmentation d'une classe (si le chiffre est positif) ou de diminution (si le chiffre est négatif). *exemple : la classe Arboriculture a diminué de 28.864%

Combinaison des classes (*Combine Classes*) :

Cet outil sert à fusionner les classes dans les images classifiées, nous allons l'appliquer pour combiner la classe Foret et Maquis avec la classe Arboriculture dans les deux images.

Chapitre IV : Etude du changement

Tableau IV.11 : Statistique du changement après combinaison des deux classes Foret et Maquis Arboriculture

Image initiale 24-05-2003	Image initiale 24-05-2003					
		Arboriculture (Km ²)	Urbain (Km ²)	Culture Variée (Km ²)	Pâturage (Km ²)	Class Total (Km ²)
	Arboriculture (Km ²)	357,91	88,30	202,91	66,76	715,88
	Urbain (Km ²)	106,9	124,97	80,75	14,74	327,36
	Culture Variée (Km ²)	160,30	38,66	86,14	23,99	309,08
	Pâturage (Km ²)	17,90	66,61	10,20	1,62	96,33
	Class Total (Km ²)	643,01	318,53	380,00	107,11	
	Class Changes (Km ²)	285,10	193,56	293,86	105,49	
	Différence d'image (Km ²)	72,87	8,83	-70,92	-10,78	

NB : Les résultats ci-dessus sont propres à la classe.

Nous pouvons également extraire le pourcentage de chaque classe par rapport à la surface totale de Mitidja dans les deux dates puis conclure l'augmentation ou la diminution de cette classe par rapport à la surface totale de Mitidja. Les résultats sont montrés dans le tableau suivant :

Tableau IV.12 : Occupation du sol de la Mitidja dans les deux dates (2003 et 2016)

Classe	Occupation du sol 2003 (Km ²)	Occupation du sol 2016 (Km ²)	Total Mitidja (Km ²)	Occupation du sol 2003 (%)	Occupation du sol 2016 (%)	Changement (%)
Arboriculture	643,01	715,88	1448,65	44,38	49,41	5,03
Urbain	318,53	327,36	1448,65	21,98	22,59	0,61
Culture Variée	380,00	309,08	1448,65	26,23	21,33	-4,90
Pâturage	107,11	96,33	1448,65	07,80	06,64	-1,16

Figure IV.10 : Occupation du sol de la Mitidja dans les deux dates (2003 et 2016)

Commentaire :

Nous pouvons remarquer l'augmentation des classes Arboriculture et Urbain contre la diminution des classes Culture Varié et Pâturage.

- Pour rendre compte à l'étalement urbain au profit des terres agricoles nous allons procéder comme suit :

(Arboriculture>Urbain + Culture Variée>Urbain)

$$(106,9+80,75) = 187,65 \text{ Km}^2$$

187,65 Km² (soit 18,34 %) des terres agricoles (Arboriculture+ Culture Variée) sont transformées en urbanisation

- Pour détecter le changement de l'activité de Culture Variée vers l'activité Arboriculture nous allons procéder comme suit :

$$(\text{Culture Variée} > \text{Arboriculture}) = 202,91 \text{ Km}^2$$

202,91Km² (soit 53,39 %) de l'activité Culture Variée est transformée en Arboriculture.

IV.2.2 Détection du changement spatial (*Thematic Change*) :

Ce type prend deux images de classification de la même scène prises à différents moments et identifie les différences entre elles pour montrer les transitions des classes. Cependant l'image résultante dans la plupart des cas semble difficile à lire (genre de grain dans l'image) c'est la raison pour laquelle nous allons procéder à des outils sur ENVI dites *post-classification*

IV.3 Outil de post-classification :

IV.3.1 Agrégation de classification (*classification aggregation*) :

Cet outil est utilisé pour réunir des régions de classe adjacentes plus petites à une région plus grande. L'agrégation est un processus de nettoyage utile lorsque le résultat de la classification inclut de nombreuses petites régions (c'est le cas de notre classification).

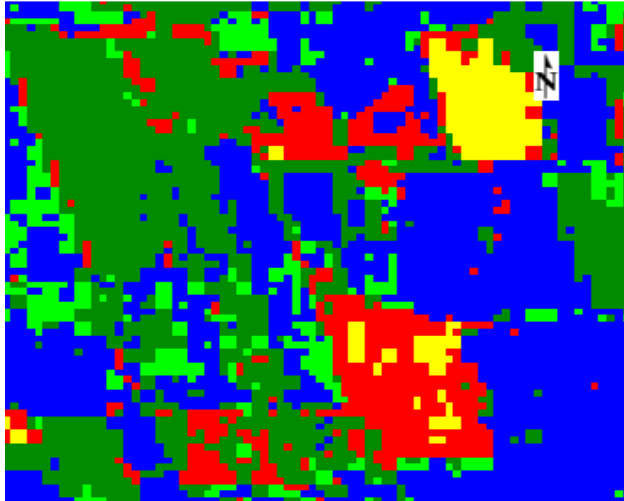


Image sans classification agrégation

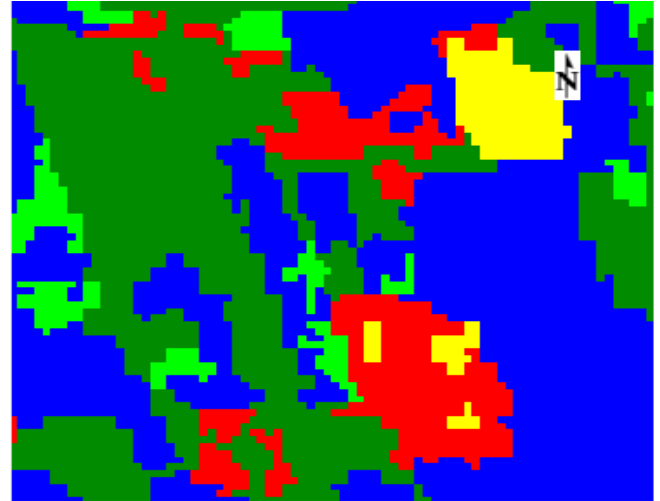


Image avec classification agrégation

Figure IV.11 : L'effet de l'agrégation de la classification

IV.3.2 Regroupement des classes (*Clumping classes*) :

Nous allons utiliser *Clumping classes* pour grouper les zones adjacentes de manière similaire en utilisant des opérateurs morphologiques. Les images de classification souffrent souvent d'un manque de cohérence spatiale (taches ou trous dans les zones classées). Le filtrage passe-bas pourrait être utilisé pour lisser ces images, mais les informations de classe seraient contaminées par des codes de classe adjacents. *Clumping classes* résout ce problème. Les classes sélectionnées sont regroupées en effectuant d'abord une opération de dilatation puis une opération d'érosion sur l'image de classification en utilisant un noyau de la taille spécifiée dans la boîte de dialogue des paramètres.

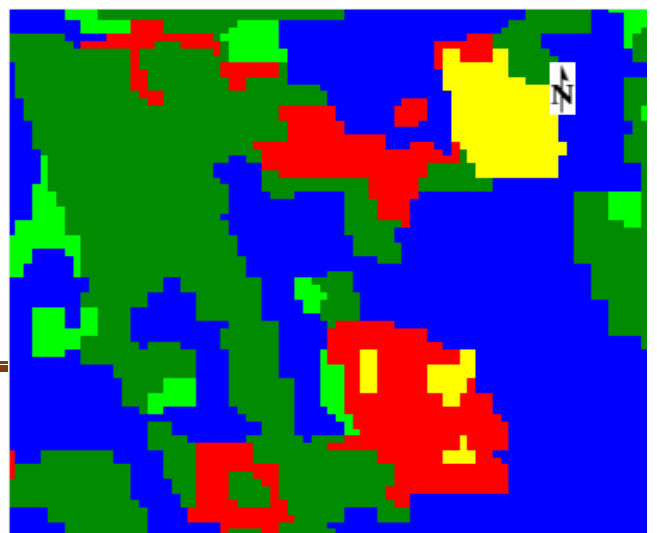
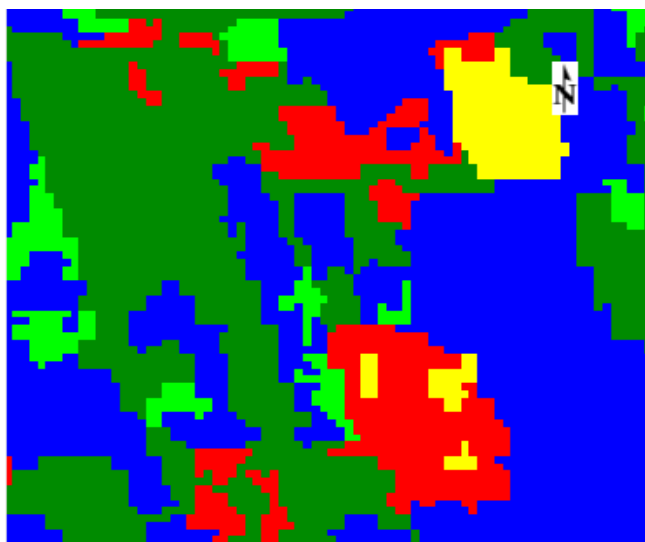


Image avant clump classes

Image après clump classes

Figure IV.12 : L'effet de l'outil *Clump Classes*

IV.3.3 Analyse de la majorité (*Majority Analysis*) :

Nous allons utiliser l'analyse majoritaire pour modifier les pixels parasites au sein d'une classe unique de grande taille. Nous choisissons une taille de noyau et le pixel central dans le noyau sera remplacé par la valeur de classe qui a la majorité des pixels dans le noyau.



Image avant Analyse de majorité

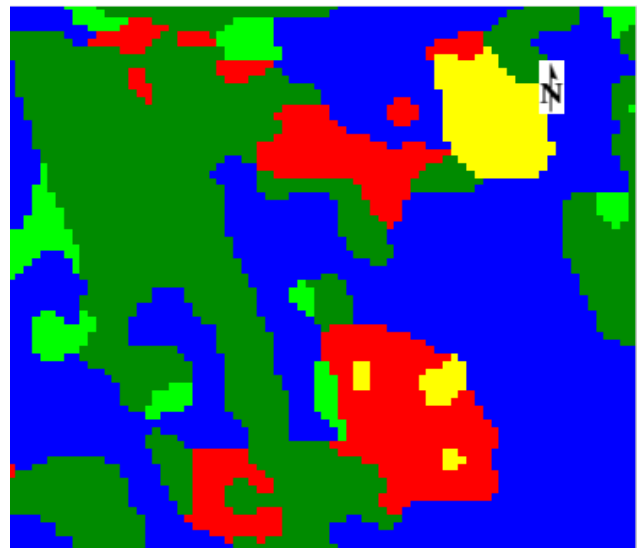


Image après Analyse de majorité

Figure IV.13 : L'effet de l'Analyse de la majorité

IV.3 Analyse du changement spatial :

Afin de mieux comprendre la dynamique du changement spatial, une analyse des résultats a été réalisée à l'aide de logiciel ArcMap, et nous avons abouti aux résultats représentés dans les cartes N° 1/3, N° 2/3, N° 3/3 :

Commentaire :

A la fin de cette analyse un lien apparaît de manière assez claire entre l'augmentation de l'arboriculture et la diminution des cultures variées du fait du problème d'accès à l'eau d'irrigation qui est assez demandée dans les cultures maraichères, c'est ainsi que les agriculteurs s'orientent vers l'arboricultures saisonnières qui reposent essentiellement sur les fortes précipitations connues dans la Mitidja. D'un autre côté, une classe d'information très large (par exemple Arboriculture) peut contenir plusieurs sous-classes spectrales avec des variations spectrales définies. En utilisant cet exemple, les sous-classes spectrales peuvent être causées par des variations dans l'âge, l'espèce, la densité des arbres ou simplement par les effets d'ombrage ou des variations dans l'illumination, et donc le classificateur peut confondre entre les classes qui ont des signatures spectrales très proches.

Concernant le changement du pâturage 90,75 Km² (soit 94,2%) de sa surface globale est transformée en Végétation (Arboriculture + Culture Variée), ce résultat est contradictoire et reste à vérifier, et qui peut être due aux erreurs liées à la contribution des pixels aux classes appropriées vu l'approchement des signatures spectrales des deux classes (Urbain et Pâturage).

En ce qui concerne l'extension urbaine nous pouvons remarquer que cette dernière est fortement liée aux infrastructures routières (surtout au niveau des villes d'El-Harrach et Blida) : celles-ci en se développant, elles ont permis à la population de s'éloigner du centre-ville, et cela a fortement contribué au développement de l'urbanisation. D'une manière générale, la direction principale des extensions est restée la même, puisqu'elle se fait selon un axe Nord-Est / Sud-Ouest, parallèlement à l'Atlas Blidéen. En 2003, on observe une extension urbaine encore restreinte et avec des lotissements encore peu répandus. En 2016 l'extension est fortement agrandie dans toutes les directions pour grignoter les riches terres de la plaine de la Mitidja ce qui montre également le détachement progressif des extensions par rapport au vieux centre. La trame d'extension semble ainsi très ancrée, encadrée par les aspects topographiques et socio-économiques.

Conclusion :

Le traitement des images satellitaires (classification) reste une étape primordiale dans l'étude et l'interprétation des données brutes obtenues par les systèmes de télédétection, néanmoins cette démarche demeure complexe et incertaine du fait qu'elle repose sur des lois purement statistiques ou l'utilisateur doit faire tout un gymnase mathématique pour pouvoir aboutir aux résultats relativement raisonnables et fiables.

Nous avons vu dans ce chapitre comment nous avons procédé pour limiter nos choix sur quatre classes, au début nous avons choisi de travailler avec la méthode de classification non supervisée pour avoir une idée générale sur le nombre de classes dans la Mitidja, ensuite ce résultat a été confirmé par une classification supervisée suite à une enquête de terrain où nous avons pu identifier les classes d'informations nécessaires à l'élaboration des régions d'intérêts.

La végétation de la zone étudiée relativement dense et variable d'une année à autre, nous a poussé à trouver un autre critère de distinction entre les différentes sous-classes en prenant en considération le comportement de la végétation dans les bandes rouge et proche infrarouge (bande NDVI).

Malgré les résultats satisfaisants que nous avons pu extraire à la fin de cette étude, il faut dire quand même que la classification supervisée reste une estimation très délicate et qui présente des erreurs au niveau de contribution des pixels aux classes appropriées, puisqu'elle ne prend en considération que les signatures spectrales comme critère de distinction entre les classes, ce problème était observable dans les classes Urbain et Pâturage, contrairement à la classification orienté objet. Cette dernière ne peut pas être appliquée dans notre cas vu la faible résolution spatiale des images obtenues et les formes des objets (arbres et culture variée) qui peuvent engendrer des difficultés dans la détection de la forme, mais sinon cette méthode reste un excellent choix que nous recommandons et qui donne des résultats très fiables.

CONCLUSION GENERALE

L'apport de la télédétection dans l'étude d'occupation du sol est devenu indéniable : les progrès techniques font que nous pouvons voir et décrypter toujours plus d'information des images satellites, et ce fut ici l'avantage pour étudier le changement de l'occupation du sol de la plaine de Mitidja en Algérie. Mais l'étude du changement en télédétection serait délicate sans l'apport des systèmes d'information géographique nécessaires aux différents traitements post-classification et à la mise en forme des données en vue d'une bonne visualisation, ils nous ont de plus permis certains traitements d'analyse spatiale.

La décision a été pour cette étude de trouver une méthode adaptée pour l'extraction du changement, qui pourrait alors être éventuellement utilisée sur la série temporelle de 2003 au 2016. Nous l'avons vu en discussion, la méthode de classification supervisée a été tout à fait satisfaisante, même si elle reste fondamentalement plus adaptée aux images à faible résolution spatiale. En effet la résolution spatiale de 15m du satellite Landsat peut engendrer une certaine erreur de surestimation surtout par rapport à l'urbanisation, du fait de la proximité de terrains nus ou de champs labourés (pâturage) propres aux paysages Mitidjiens. la précision n'étant parfois pas assez fine pour les différencier lors de l'utilisation de l'attribut spectral bien que celui-ci est nettement plus performant que ceux des autres capteurs à haute et très hautes résolution qui ne renferment que quatre bandes spectrales contre six ceux du satellite Landsat (7 bandes pour L8). Ces surestimations auraient éventuellement pu être améliorées en ajoutant des attributs supplémentaires au moment de la définition de la règle d'extraction.

Les grandes orientations de l'urbanisation dans la plaine sont bien visibles, et elles semblent suivre les axes routiers qui traversent la plaine. Le massif de l'Atlas Blidéen semble bloquer l'extension urbaine vers le Sud. L'analyse de l'extension urbaines a mis en avant une certaine dynamique directionnelle de l'étalement urbain, qui reste la même entre les deux dates, avec parfois quelques légers changements de direction.

Nous avons ainsi pu mettre en évidence l'étalement urbain de la plaine, qui s'inscrit totalement dans la dynamique des villes algériennes de son envergure, avec une pression démographique importante et une proportion importante de population encore jeune, ce qui permet raisonnablement de présager que l'extension n'est pas prête de cesser. La plaine profite également d'un passé déjà relativement avantageux étant un carrefour entre le Nord et le Sud, ce qui avait certainement contribué à son attractivité. Cependant, une telle pression démographique ne sera pas sans conséquences sur l'avenir de la plaine en générale et les terrains agricoles en particulier, cette dernière subit elle-même une forte pression provenant du secteur industriel ; il sera donc intéressant de poursuivre cette étude sur les prochaines années, en améliorant les attributs d'extraction de la tache urbaine et, éventuellement, envisager le travail sur des images à haute résolution spatiale pour une meilleure distinction entre le sol nu et l'urbanisation.

Références Bibliographique

- Adair P, (1982). Mythes et réalités de la réforme agraire en Algérie. *Bilan d'une décennie. Etudes rurales*. P49-66.
- Ait Amara H, (2002). La transition de l'agriculture algérienne, vers un régime de propriété individuelle et d'exploitation familiale. *Cahiers Options méditerranéennes*. P127-37.
- Akono, A. L. A. I. N., Tankam, N. T., & Tonye, E. (2005). Nouvel algorithme d'évaluation de texture d'ordre n sur la classification de l'occupation des sols de la région volcanique du mont Cameroun. *Teledetection*, 5(1). P227-244.
- Brazel A., Gober P., Grossman-Clarke S., Myint S., Weng Q., (2011). Per-pixel vs. object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*. P1145–1161.
- BESSAOUD O., (2005). La sécurisation foncière en Algérie, Rencontre internationale sur le financement de l'économie algérienne, Ministère des finances- 1 au 4 avril 2005, 15 p
- Chaulet C, (1971). La Mitidja autogérée. Alger : SNED
- Chen L. The Yugoslav experiment with selfgoverning market socialism. PhD thesis, University of Inner Mongolia, (1986) . <http://ir.lib.sfu.ca/dspace/bitstream/1892/7304/1/b15303925.pdf>
- Chesnais M., (1998). Evaluation de la croissance urbaine du Caire par télédétection. *Revue de géographie de Lyon, vol. 73, n°3. Géographie sociale de l'Egypte : ouverture et cloisonnement*. P259-266.
- Dedieu, Bornicchia F., Kerkache R., Pella H., (1997). Apport des informations de texture en télédétection pour l'étude de l'occupation des sols. *Revue de géographie alpine, tome 85, n°3*. P9-26.
- Hoffmann O. L'ejido (1997) : laboratoire des pratiques sociales et fondement de la ruralité contemporaine au Mexique In : La ruralité dans les pays du Sud à la fin du XXe siècle. Actes d'atelier. Montpellier : *Orstom éditions*.
- Imache, A., Bouarfa, S., Dionnet, M., Kemmoun, H., Hartani, T., & Ouzeri, B. (2008). Les arrangements de proximité sur les terres publiques : un choix délibéré ou une " question de survie " pour l'agriculture irriguée en Algérie? . In *Actes du quatrième atelier régional du projet Sirma* P11. Cirad.
- Imache, A., Dionnet, M., Bouarfa, S., Jamin, J. Y., Hartani, T., Kuper, M., & Le Goulven, P. (2009). Scénariologie participative : une démarche d'apprentissage social pour appréhender l'avenir de l'agriculture irriguée dans la Mitidja (Algérie). *Cahiers agricultures*, 18(5), P417-423.
- Jahne, B. (1991) Digital Image Processing, New-York : *SpringerVerlag*, 383 p.

Kieffer E., Serradj A., (2013). La télédétection au service des études urbaines : expansion de la ville de Pondichéry entre 1973 et 2009. *Géomatique Expert*, n°95. P68-79.

Lisode, A. I., & Alger, T. H. E. (2011). *La Mitidja vingt ans après.-Réalités agricoles aux portes d'Alger*. Editions Quae.

Lebarbier, E., & Mary-Huard, T. (2008). Classification non supervisée.

Loi 87/19 déterminant le mode d'exploitation des terres agricoles du domaine national et fixant les droits et obligations des producteurs. JORA 1987, n°50, 19 décembre.
www.gredaal.com/legislation/foncier/Loi-8719-mode-exploitation-terres-agricolesdomaine%20national.pdf

Midekor, A., Wellen, J. Initiation à ENVI Octobre 2013 Ouagadougou, Burkina Faso

Manuel de Télédétection Spatiale TELCAN, 2013

Petit M, (2006) L'exploitation agricole familiale : leçons actuelles de débats anciens. *Cah Agric* ; 15 : 486–90. doi : 10.1684/agr.2006.0036

Rousseaux V., (2004). L'urbanisation au Maghreb. Le langage des cartes. *Publications de l'Université de Provence*. P254.

RUCH, E., SERRADJ, A., (2016). Evolution spatiotemporelle de la tache urbaine à l'aide de cartes anciennes, d'images satellitaires et des Systèmes d'Information Géographique : le cas de Blida en Algérie (de 1936 à 2015).

Sparfel, L., Gourmelon, F. et Le Berre, I., (2008) «Approche orientée-objet de l'occupation des sols en zone côtière». *Revue Télédétection*, vol. 8, n°4, p. 237-256.

Terranti S, (2003). La privatisation du foncier agricole en Algérie ; plus de dix ans de débats silencieux. *Fourth Pan-African Programme on Land and Resource Rights Workshop*. Cape Town. www.acts.or.ke/paplr/docs/PLAASCTPAPLRR-SalimaPaperEnglish.pdf

Site internet :

Harris Geospatial Solutions (www.harrisgeospatial.com)
https://www.academia.edu/3748544/Cours_T%C3%A9l%C3%A9d%C3%A9tection

<http://www.universalis.fr/encyclopedie/teledetection/>

https://tice.agroparistech.fr/coursenligne/courses/TELEDETECTION/document/cours_teledection/AUTRESAT.html