

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid
Ibn Badis- Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présentés par

M^{lle}. SITAYEB AICHA

M^{lle}. HAMADENE IMANE

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité : Gestion Conservatoire des Eaux Des Sols et de l'Environnement.

THÈME

**Cartographie et analyse spatiale de la
dynamique de l'occupation du sol dans
la commune de Mohammadia.**

Soutenue publiquement le 13 /06 / 2018

DEVANT LE JURY

Président:	M ^r . REGUIEG YASSAAD LARBI	MAA U.Mostaganem
Examineurs:	M ^r . BOUALEM ABDELKADER.	MCB U.Mostaganem
Encadreur:	M ^r . HARTANI AHMED	MAA U.Mostaganem
Co- Encadreur:	M ^r . DIF AMAR	Dr CTS .Arzew

Remerciement

Un très grand merci a :

- ✚ Nous remercions le DIEU, le tout puissant de nous avoir accordé la sante et le courage pour Accomplir ce modeste travail.
- ✚ Nos vifs remerciements vont aux membres du jury auprès desquels nous allons soutenir ce mémoire :

Monsieur **REGUIEG YASSAAD LARBI.**

Monsieur **DOUALEM ABDELKADER.**

Monsieur **DIF AMAR.**

Monsieur **HARTANI.A.**

- ✚ Nos vifs remerciements à Monsieur **.KAROUI MOUSSA SOFIANE** pour son accueil chaleureux au sein de son département de la télédétection au Centre National des Techniques Spatiales d'Arzew.
- ✚ Nos vifs remerciements à Monsieur **.DIF AMAR**, l'assistant de notre stage au CNTS, pour sa présence, sa patience et son aide et ses conseils pertinents durant la réalisation de ce modeste travail.
- ✚ Nous tenons également à remercier ceux qui nous ont considérablement aidé à élaborer ce travail : Monsieur **REGUIEG YASSAAD LARBI.**
- ✚ Toute personne ayant contribué de près ou de loin à achever ce travail, en particulier nos encadreurs : **Mr. HARTANI.A**, nous tenons en premier lieu à la remercier pour ses orientations, ses aides et précieux conseils.
- ✚ Nos parents qui ont suivis pendant nos études et tous les enseignants qui ont contribué à notre formation spécialement le département d'agronomie.

A tous
Je vous dis
Merci beaucoup

Dédicace

A mes êtres les plus chers, mes parents dont le rêve était toujours de me voir réussir. Qu'ils sachent que leur place dans mon cœur et ma pensée, reste et demeure immense.

A mon adorable frère et sœurs pour leurs amours, leurs patiences et leurs encouragements, que dieu les protège.

A mes chers oncles et tout les membres de la famille, grands et petits, que ces modestes lignes leur servent de témoignage à mon attachement indéfectible au lien sacré de la famille.

A mes chères amies Loubna ; Imane ; et Soumiya pour sa patience et Son énorme soutien moral tout au long de mes études.

A Tous ceux qui ont pensé à moi.

*Que
Dieu le tout puissant
Vous protège*

Chochap

Remerciement
Dédicace
Liste des abréviations
Liste des figures
Liste des tableaux
Résumé

TABLE DES MATIERES

Introduction générale.....1

Partie I : Outils d’investigation

Chapitre
I

I.1 LA télédétection..... 3
I.1.1 Historique de la télédétection..... 3
I.1.2 Domaines d’application de la télédétection..... 4
I.1.3 Propriétés de l’image satellitaire..... 5
I.1.3.1 Résolution spatiale..... 5
I.1.3.2 La résolution spectrale..... 6
I.1.3.3 Résolution radiométrique..... 6
I.1.3.4 Résolution temporelle..... 6
I.1.4 Le principe de la télédétection : 6
I.1.4.1 La source d’énergie 6
I.1.4.2 Les interactions du rayonnement avec l’atmosphère 6
I.1.4.3 Les interactions du rayonnement avec la surface terrestre..... 7
I.1.4.4 L’enregistrement du signal par le capteur satellitaire 7
I.1.4.5 La transmission et la réception de données..... 7
I.1.5 Le spectre électromagnétique..... 7
I.1.6 Technique de mesure : Le balayage 9
I.1.7 Les différents types de satellites et leurs caractéristiques 9
I.1.7.1 Le satellite LANDSAT 9
I.1.7.2 Le satellite SPOT 10
I.1.7.3 Le satellite IRS 10
I.1.7.4 Le satellite KOSMOS 11
I.1.7.5 Le satellite IKONOS 11
I.1.7.6 Le satellite QUIKBIRD 12
I.1.7.7 Le satellite JERS-1 12
I.1.7.8 Le satellite ALOS 12

I.1.8 Les traitements des images satellitaires. 13
I.1.8.1 Classification 13
I.1.8.1.1 Classification non supervisé..... 13
I.1.8.1.2 Classification supervisé..... 13
I.1.9 Principaux indices de végétation..... 14

Chapitre 2

I.2 Les Systèmes d'information Géographique 15
I.2.1 Définition 15
I.2.2 Un SIG répond à 5 fonctionnalités (les 5 A) : 15
I.2.3 La base de données 16
I.2.4 Les données dans les SIG 16
I.2.4.1 Modes d'acquisition de données..... 16
I.2.4.1.1 Numérisation..... 16
I.2.4.1.2 Balayage électronique (scannérisation)..... 16
I.2.4.1.3 Photogrammétrie 16
I.2.4.1.4 Images satellitaires (télé-détection) 16
I.2.4.1.5 Import de fichiers 16
I.2.5 Types de données dans un SIG 17
I.2.6 Modélisations des données spatiales 17
I.2.7 Données associées..... 17
I.2.8 Modes de données dans les SIG 18
I.2.8.1 Les données vectorielles 18
I.2.8.2 Les données raster : 18
I.2.9 Domaines d'application des SIG..... 19
I.2.10 Les objectifs généraux des SIG 19
I.2.11 La combinaison de la télé-détection et les SIG 20

Chapitre 3

I.3 Modèle Numérique de Terrain (MNT)..... 20
I.3.1 Définition 20
I.3.2 Les différentes origines des MNT..... 21
I.3.3 Les différents types des MNT 21
I.3.4 Les composantes d'un MNT 22
I.3.5 Modes d'acquisition..... 22
I.3.6 Méthodes d'interpolations..... 23

I.3.6.1	Méthodes d'interpolation à partir d'un semis de points	23
I.3.6.1.1	Interpolation en fonction du voisinage	23
I.3.6.1.2	Superposition d'un réseau à mailles carrées	24
I.3.6.1.3	Interpolation à partir d'une triangulation du semis	24
I.3.6.2	Méthodes d'interpolation à partir de chaînes de points (courbes de niveau).....	24
I.3.6.2.1	Méthodes basées sur la ligne de plus grande pente	24
I.3.6.2.2	Méthodes basées sur un système d'axes (méthodes axiales)	24

Chapitre 4

Partie II: Application

II	Chapitre 4 : Étude du milieu physique	26
II.1	Présentation de la zone d'étude	26
II.1.1	Limite administratif	Erreur ! Signet non défini.
II.1.2	Caractéristiques générales du relief	Erreur ! Signet non défini.
II.1.3	Cadre hydrologique	Erreur ! Signet non défini.
II.1.4	Caractéristiques générales du climat :	Erreur ! Signet non défini.
II.1.4.1	La température :	Erreur ! Signet non défini.
II.1.4.2	Les précipitations.....	Erreur ! Signet non défini.
	Précipitations moyenne annuelles :	Erreur ! Signet non défini.
II.1.4.2.1	Précipitations moyenne mensuelles	Erreur ! Signet non défini.
II.1.4.3	Les vents	Erreur ! Signet non défini.
II.1.4.4	Synthèse bioclimatique	Erreur ! Signet non défini.
II.1.5	Le sol	Erreur !
	Signet non défini.	
II.1.6	Occupation et utilisation du sol	Erreur ! Signet non défini.
II.1.6.1	L'occupation des sols	Erreur ! Signet non défini.
II.1.6.2	L'utilisation des sols	Erreur ! Signet non défini.
II.1.7	Importance des données sur l'occupation du sol	Erreur ! Signet non défini.
II.1.8	Évolution de l'occupation et l'utilisation du sol	Erreur ! Signet non défini.
II.1.8.1	La conversion	Erreur ! Signet non défini.
II.1.8.2	La modification	Erreur ! Signet non défini.
II.1.9.1	Occupation du sol dan la commune de Mohamadia	
II.1.9.2	Etude Socio-économique	32
II.1.9.2.1	Population	33
II.1.9.2.1.a.	Augmentation du taux de population	33
II.1.9.2.1.b.	Répartition des densités de la population	33
II.1.9.2.1.c.	La population rurale	34

II.1.9.2.2
L'agriculture34
II.1.9.2.2.a Exploitations agricoles.....34
II.1.9.2.2.b Les moyens techniques - Mécanisation.....34
II.1.9.2.2.c Les cultures pratiquées35
II.1.9.2. 3. Les productions animales.....36
Conclusion37

Chapitre 5

III Étude de l'extension urbaine 38
III.1.1 Données Landsat TM utilisées 38
III.1.2 Sélection de la série d'image TM..... 39
III.1.3 Traitement des données satellitaires 39
III.1.3.1 Géoréférencement des images satellitaires 39
III.1.3.2 Sélection géographique..... 39
III.1.3.3 Sélection des canaux TM..... 40
III.1.3.4 L'évolution de l'assiette urbaine à partir des images à faible résolution spatiales 40
III.1.3.4.1 Prétraitement des images 41
III.1.3.4.2 Estimation de la surface urbanisée durant l'année 1987..... 41
III.1.3.4.3 Estimation de la surface urbanisée durant l'année 2002..... 41
III.1.3.4.4 Estimation de la surface urbanisée durant l'année 2011.....42
Conclusion générale.....
Référence bibliographique.....

Liste abrégiation

A.E.P : Adduction d'Eau Potable.

C.C.T : Centre Canadien de Télédétection.

C.V.I : Champ de Vision Instantanée.

D .T.M : Digital Terrain Model.

F.A.O: Food and Agriculture Organization.

I.G.N : Institut Géographique National.

G.P.S : système de positionnement Global.

M.N.E : Modèle Numérique d'Elévation.

M.N.S : Modèle Numérique de Surface.

M.N.T : Modèle Numérique de Terrain.

M.S.S: Multi Spectral Scanner.

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index.

P.I.R : Proche Infra-Rouge.

S.I.G : Systèmes d'Information Géographique.

S.G.B.D : Système de Gestion de Bases de Données.

R.S.O : Radar à synthèse d'ouverture.

T.I.N: Triangular Irregular Network.

T.M: Thematic Mapper.

UNED : Université Nationale d'Enseignement à Distance.

UVED : Université Virtuelle Environnement et développement Durable.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Images montrant les différentes résolutions spatiales.....	5
Figure 2 : Télédétection à l'aide des satellites (UVED, 2008).....	6
Figure 3: Le spectre électromagnétique (Bonn et Rochon).....	7
Figure 4 : Onde simple (Bonn & Rochon 1992).....	7
Figure 5: Réflectances spectrales caractéristiques de trois grands types d'objets (CCT, 1999).....	8
Figure 6: Principe de l'enregistrement de données – le balayage (CCT, 1999).....	9
Figure 7: Historique des missions LANDSAT.....	10
Figure 8 : Le satellite SOPT 5.....	10
Figure 9: Le satellite IRS-P3.....	10
Figure 10: Le satellite KOSMOS-954.....	11
Figure 11: Le satellite IKNOS-2.....	11
Figure 12: QUIKBIRD.....	12
Figure 13 : Le satellite JERS-1.....	12
Figure 14 : Le satellite ALOS.....	12
Figure 15: exemple de représentation de la réalité dans un SIG.....	15
Figure 16: Un exemple du Modèle Numérique de Terrain de la zone d'étude.....	20
Figure n° 17 : Les composantes d'un MNT.....	22
Figure 18: Apparition des structures en "gradins".....	25
Figure 19: Méthode de calcul d'un MNT par combinaison des résultats des deux directions d'interpolation en utilisant une fonction de pondération.....	25
Figure 20: localisation de la zone d'étude.....	26
Figure 21: Limite administrative.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 22: topographie de la zone d'étude.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 23: Situation des barrages.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 24: Température moyenne mensuelle minimale et maximale de la ville de Mohammadia, période 2015 à 2017.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 25: le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 26: Localisation des scènes de Landsat utilisées.....	38
Figure 27 : Image masquée de la zone correspondant à la limite administrative de la commune de Mohammadi.....	40
Figure 28 : les images utilisées de Gauche à Droite (celle de 1987, 2002, 2011 et 2017).....	41
Figure 29: État des lieux du tissu urbain (2007).....	41
Figure 30: Tissu urbain en date de l'année 2002.....	42
Figure 31: Tissu urbain en date de l'année 2011.....	42
Figure 32: Tissu urbain en date de l'année 2017.....	43
Figure 33: l'évolution du tissu urbain entre (1987-2017).....	43
Figure 34 : fusion des images multispectrale (30m) avec le panchromatique (15m).....	44
Figure 35: délimitation du tissu urbain à partir des images à très haute résolution.....	45
Figure 36: l'évolution du tissu urbain entre 2004 et 2018.....	45

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : les domaines d'application de la télédétection	4
Tableau 2: Les avantages de la télédétection.....	5
Tableau 4 : Comparaison entre modes et alternatives	18
Tableau 6: les domaines d'application d'un SIG.....	19
Tableau 7: Mode d'acquisition des MNT	23
Tableau 8 : Température moyenne mensuelle minimale et maximale de la ville de Mohammadia, période 2015 à 2017.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 9 : La variation des précipitations moyennes annuelles en (mm), période 2004 à 2017... Erreur ! Signet non défini.	
Tableau 10: les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la ville de Mohammadia période 2015 à 2017.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau n°11: L'évolution de la population entre 1987 et 2008.....	33
Tableau n°12: Répartition des densités de population.....	33
Tableau n°13: Répartition de la population rurale	34
Tableau n°14: Répartition des terres agricoles en ha	34
Tableau n°15: Répartition des exploitations agricoles 2012-2013.....	34
Tableau N°16 : Répartition du matériel agricole 2012-2013.....	35
Tableau n°17 : Répartition des productions des cultures herbacées.....	35
Tableau n°18: Répartition des cultures et des productions des cultures pérennes.....	36
Tableau n°19 : Effectif de grands élevages et petits élevages.....	36
Tableau n°20: Infrastructures d'élevage	36
Tableau n°21 : les productions animales	37
Tableau n°22 : Les images utilisées	38

Résumé

Le champ de la reconstruction est témoin d'un impact toujours croissant qui a des implications pour l'océan et la qualité de la vie humaine.

Nous tentons d'étudier l'occupation des sols dans la ville de Mohammadia, et de déterminer l'impact de l'utilisation des sols sur les terres agricoles en utilisant l'outil de télédétection et les systèmes d'information géographique sur la carte géographique de la ville. Introduction à l'intégration SIG.

Les mots clés : cartographie, Analyse, dynamique, occupation du sol.

Abstract

The field of reconstruction is witnessing an ever-increasing impact has implication for the ocean and the quality of human life.

We are attempting to study land use in Mohammadia, city and to determine the impact of land use on agricultural land the remote sensing tool and geographic information systems on the geographical map of the city. Introduction to GIS integration.

Keywords: cartography, Spatial analysis, Dynamic, Land use.

ملخص :

يشهد ميدان التعمير تزايدا مستمرا مخلقا أثارا على المحيط ونوعية معيشة الإنسان. في هذا العمل نحاول دراسة احتلال التربة للمساحات الخضراء في مدينة المحمدية, و معرفة مدى تأثير استعمال التربة على الأراضي الزراعية باستخدام أداة الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية على الخريطة الجغرافية للمدينة و إنتاج خريطة احتلال التربة التي يمكن استخدامها كوثيقة مرجعية للمساعدة على اتخاذ القرار و المنهجية المقدمة في دمج نظم المعلومات الجغرافية.

الكلمات المفتاحية: رسم الخرائط, تحليل مكاني, ديناميكية, احتلال التربة.

Partie **1**

Outils d'investigation

Chapitre **1** **Téledétection**

Chapitre **2** **LES SIG**

Chapitre **3** **LES MNT**

Chapitre **I**

Télédéttection

I.1 LA télédétection

La télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'images, permet d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information (CCTⁱ, 1999).

I.1.1 Historique de la télédétection.

L'histoire des techniques de la télédétection peut être découpée en cinq grandes époques :

- 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, se déroule l'époque des pionniers, pendant laquelle sont explorées les possibilités de la photographie aérienne verticale 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, radars en particulier. Dans le

ⁱ CCT : acronyme Centre canadien de télédétection

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.

- la diffusion des données sur une base commerciale, envisagée dès le lancement du programme SPOT en 1986, se traduit aujourd'hui par le lancement de satellites de télédétection par des sociétés privées. Les données de télédétection deviennent l'objet d'un marché concurrentiel. La diffusion accélérée et l'augmentation de la puissance des ordinateurs contribuent de façon continue à promouvoir de **nouvelles méthodes d'utilisation** des données toujours plus abondantes que fournit la télédétection spatiale. Les données des satellites météorologiques et océanographiques sont aujourd'hui un auxiliaire indispensable de la prévision numérique du temps et du climat et font l'objet d'une assimilation directe par les modèles numériques. Les images de télédétection destinées à l'observation fine de la surface terrestre, y compris les photographies aériennes traditionnelles, sont, sous forme numérique, intégrées aux Systèmes d'Information Géographique.

1.1.2 Domaines d'application de la télédétection

En pratique la télédétection peut être utilisée pour faire des inventaires tels que la cartographie de l'occupation du sol, repérage du feu, etc...., ou bien en Modélisation/Simulation la déforestation, changement de climats, etc...., et aussi dans l'aménagement de la circulation routière et les services d'intervention et de secours.

Parmi les domaines d'applications de la télédétection on peut citer ce qui suit dans le tableau suivant (tab n : °1):

Tableau 1 : les domaines d'application de la télédétection

Domaines	Exemples d'applications
Géosciences	Géologie, pédologie, géomorphologie....
Météorologie	Vitesse des vents, précipitations, températures, détection des cyclones, orages.....
océanographique	Couleur de l'eau, turbidité, hauteur des vagues, courant marine phytoplancton, pollution marine..
Foresterie	Couverture forestière, santé des forêts, impacts après ouragans.....
Cadastre / urbanisme	Couverture du sol, urbanisation, contrôle des autorisations (piscines, zones bâties..)
Agriculture	Identification des plantations, évaluation de la production...
Environnement	Etudes d'impact, détection des changements....
Biologie / écologie	types de végétaux, étude du corail, cartographie des habitats....
Télécommunication	Carte de répartition des antennes de

	téléphonie mobile...
Hydrologie	Comportements de l'eau à la surface du sol et dans le sol, cycle de l'eau....
Archéologie	Cartographie des sites archéologiques
Santé	Prévision des épidémies, relation avec les changements globaux....
Humanitaire	Pré-alerte de famines : réfugiés (camps)....
Catastrophes environnementales	Feux de forêts, éruptions volcanique, sécheresses, marées noires....
Changements globaux	Désertification, variation climatiques, compositions de l'atmosphère....

Source : UNIGE(2004), peduzzi (2009).

La télédétection offre un certain nombre d'avantage par rapport à d'autres moyens traditionnels de collecte de données qui peuvent être illustrés dans le tableau suivant (tab n :°2):

Tableau 2: Les avantages de la télédétection

<i>Outil</i>	<i>Découpage spatial</i>	<i>Couverture spatiale</i>	<i>Découpage thématique</i>
Télédétection	Régulier (maille)	Globale	Souple
Statistiques officielles	Irrégulier (objet)	Limité à un pays	Selon les catégories des statistiques
Relevés de terrain	Irrégulier	Ponctuelle / très peu étendue	Souple

1.1.3 Propriétés de l'image satellitaire

Les possibilités d'application des images obtenues par télédétection sont surtout déterminées par les spécifications techniques des capteurs et par l'orbite des satellites.

1.1.3.1 Résolution spatiale

Etant l'indication de la taille du pixel de l'image de télédétection, et la séparation entre les objets qui peuvent être résolus par le capteur. La taille des pixels varie en fonction des caractéristiques techniques des capteurs (fig.1) :

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

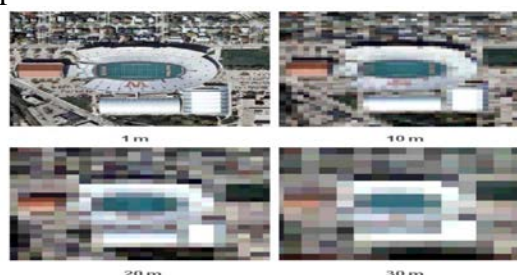


Figure 1: Images montrant les différentes résolutions spatiales.

1.1.3.2 La résolution spectrale

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

1.1.3.3 Résolution radiométrique

C'est la sensibilité d'un détecteur aux variations de l'intensité de l'énergie électromagnétique émise, réfléchi ou diffusée qui est détectée, déterminée par les différents niveaux d'intensité qui peuvent être discriminés par le capteur dans une bande.

1.1.3.4 Résolution temporelle

Elle précise la fréquence de revisite du satellite pour un emplacement spécifique (en fonction de l'altitude et de la largeur de la fauchée).

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

1.1.4 Le principe de la télédétection :

Le principe de la télédétection peut se résumer comme suit : La surface de la Terre est illuminée par un large spectre de radiations électromagnétiques provenant du soleil.

D'après UNED (2008), l'observation de la terre par les satellites peut être décomposée en cinq étapes ou processus, depuis la source d'énergie qui éclaire la surface terrestre jusqu'à la réception des données par la station satellite au sol (fig.2).

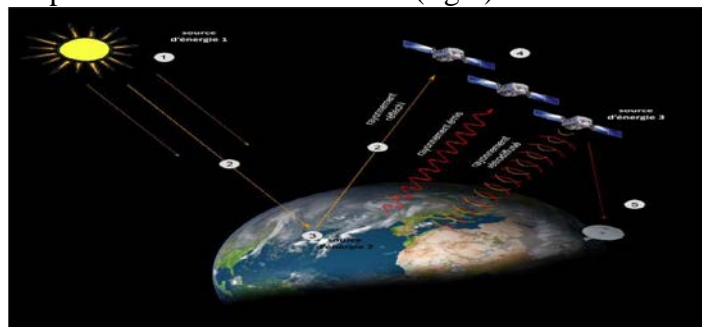


Figure 2 : Télédétection à l'aide des satellites (UNED, 2008).

1.1.4.1 La source d'énergie

Trois sources d'énergie sont utilisées en télédétection à savoir le soleil, la surface terrestre (domaine thermique ou celui des micro-ondes passives) et le capteur satellite (domaine des hyperfréquences).

1.1.4.2 Les interactions du rayonnement avec l'atmosphère

Lors de son trajet de la source d'énergie vers la surface terrestre, puis de la surface vers le capteur satellitaire, le rayonnement interagit avec l'atmosphère.

1.1.4.3 Les interactions du rayonnement avec la surface terrestre

Lorsque le rayonnement parvient à la surface de la terre, il va interagir avec celle-ci. La nature des interactions est fonction à la fois du rayonnement et des propriétés spectrales des surfaces.

1.1.4.4 L'enregistrement du signal par le capteur satellitaire

L'énergie réfléchi, émise ou rétrodiffusées par la surface de la terre est captée puis enregistrées et discrétisée au niveau du capteur satellitaire.

1.1.4.5 La transmission et la réception de données

Une fois l'énergie reçue par le capteur, elle est transmise vers une station de réception et de traitement ou elle est convertie en donnée numériques (Caloz R, 1990).

1.1.5 Le spectre électromagnétique

La portion réfléchi du spectre est la plus importante pour les applications de télédétection en rapport avec le sol. Selon les longueurs d'onde, les cibles réfléchissent le rayonnement de manière spécifique, et parfois unique. La figure ci-dessous présente le spectre électromagnétique (fig.3).

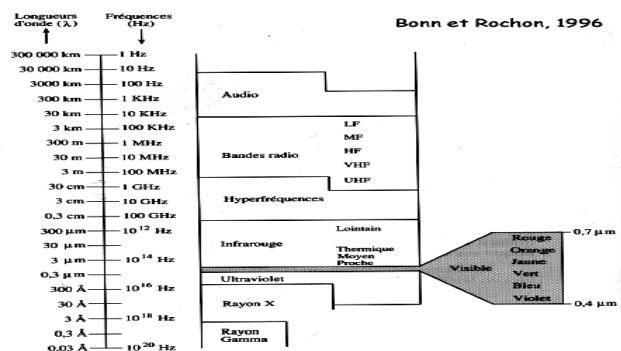


Figure 3: Le spectre électromagnétique (Bonn et Rochon)

Tous les objets sur la surface terrestre (cibles) interagissent avec le rayonnement. Les cibles réfléchissent, transmettent ou absorbent les ondes électromagnétiques qui leur parviennent. Le processus dépend de la structure physique et chimique de la cible et de la longueur d'onde impliquée (fig.4).

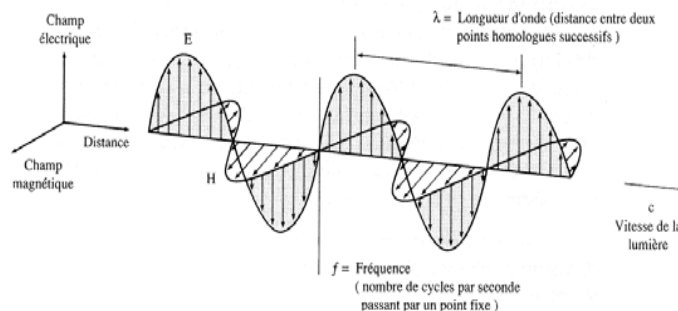


Figure 4 : Onde simple (Bonn & Rochon 1992)

La signature spectrale caractéristique des objets permet leur identification par la télédétection. En comparant les signatures de différents objets à la surface de la Terre, nous pouvons les distinguer les uns des autres (fig.5).

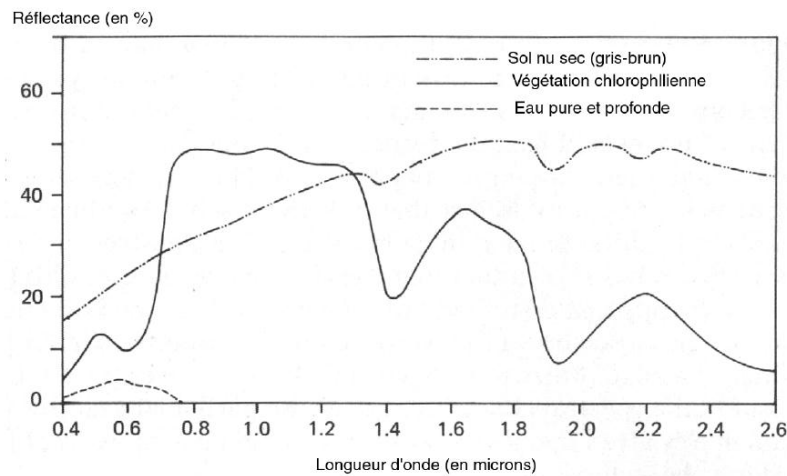


Figure 5: Réflectances spectrales caractéristiques de trois grands types d'objets (CCT, 1999).

Examinassions de la signature spectrale de quelques cibles de la surface de la Terre :

✓ **La végétation :**

La chlorophylle, une molécule que nous retrouvons à l'intérieur des feuilles, absorbe fortement le rayonnement aux longueurs d'onde du rouge et du bleu, mais réfléchit le vert. Les feuilles, qui contiennent un maximum de chlorophylle en été, sont donc plus vertes pendant cette saison. En automne, les feuilles qui contiennent alors moins de chlorophylle, absorbent moins de rouge, et paraissent donc rouges ou jaunes. La structure interne des feuilles saines agit comme un excellent réflecteur diffus pour les longueurs d'onde du proche infrarouge. Le ratio proche infrarouge/rouge révèle de nombreuses informations sur la végétation et il est utilisé à des fins de surveillance dans ce domaine. Il est possible d'identifier les plantes grâce à leurs propriétés de réflexion.

✓ **L'eau :**

L'eau absorbe davantage les grandes longueurs d'onde du rayonnement visible et du proche infrarouge. Ainsi, l'eau paraît généralement bleue ou bleu-vert car elle réfléchit davantage les petites longueurs d'onde, elle paraît encore plus foncée si elle est observée sous les longueurs d'onde du rouge ou du proche infrarouge. Lorsque les couches supérieures de l'eau contiennent des sédiments en suspension, la transmission diminue, la réflexion augmente et l'eau paraît plus brillante.

✓ **Les sols et les minéraux :**

Les propriétés de réflexion des sols présentent des caractéristiques spectrales plus marquées. La réflexion dépend surtout de la composition minérale, de la granulométrie, de l'eau et du contenu organique du sol. Plus le sol est sec et pur, et plus le rayonnement est faible dans cette région du spectre.

Les signatures spectrales peuvent être très variables pour la même sorte de cible et peuvent aussi varier dans le temps et dans l'espace. Par ailleurs, elles sont influencées par les conditions atmosphériques puisque la transmission de l'énergie radiative dépend fortement de la vapeur d'eau et de la poussière contenues dans l'atmosphère.

Pour interpréter correctement l'interaction du rayonnement électromagnétique avec la surface, il est important de savoir où regarder dans le spectre et de comprendre les facteurs qui influencent la signature spectrale de la cible.

1.1.6 Technique de mesure : Le balayage

Les capteurs enregistrent les données grâce à un système à balayage. Celui-ci utilise un capteur dont le champ de vision instantané (CVI) est étroit, mais qui balaie la surface de façon à en produire une image bidimensionnelle (figure.6).

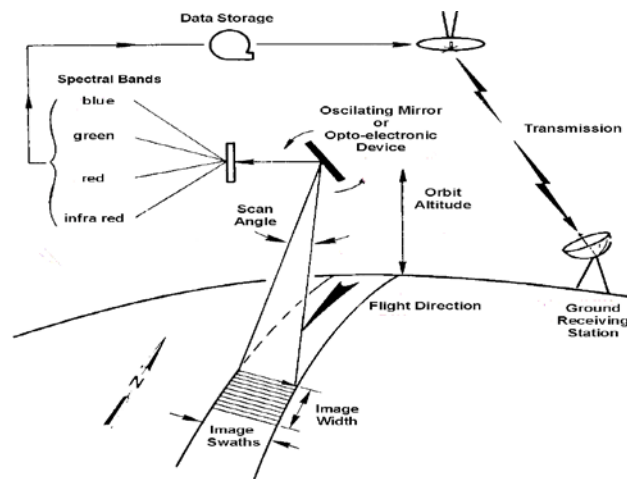


Figure 6: Principe de l'enregistrement de données – le balayage (CCT, 1999).

1.1.7 Les différents types de satellites et leurs caractéristiques

1.1.7.1 Le satellite LANDSAT

- LANDSAT Lancé en 1972, le satellite d'observation américain LANDSAT fournit des images multi-spectrales de la surface de la Terre. Les trois premiers satellites, LANDSAT-1 A.
- LANDSAT-3, opérationnels jusqu'en 1983, étaient équipés du système MSS (Multi SpectralScanner) : 4 bandes, avec une fauchée de 185 km x 185 km et une résolution spatiale de 80 m.
- LAND SAT 4 (lancé en 1982) et LANDSAT 5 (en 1984) portent en plus le capteur TM (Thematic Mapper), qui inclut 7 bandes spectrales avec une fauchée de 185 km x 185 km et une résolution spatiale de 30 m. Quant à Landsat-7, opérationnel depuis avril 1999, il comprend un capteur TM amélioré (ETM) qui, outre les bandes multi-spectrales similaires à celles de Landsat-5, peut capter en mode panchromatique avec une résolution spatiale de 15 m. Les volumineuses archives d'images récoltées pendant toute la phase opérationnelle du programme satellite LANDSAT offrent une vue rétrospective et permettent d'analyser les changements (**Landsat archive. EO Portal**) (fig.7).

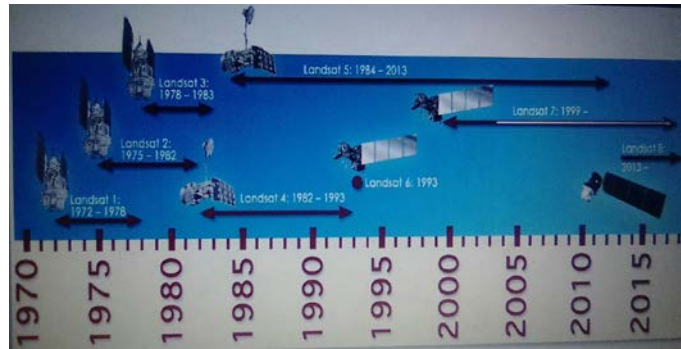


Figure 7: Historique des missions LANDSAT.

1.1.7.2 Le satellite SPOT

Le premier satellite SPOT a été mis au point et lancé en 1986 par les Européens (France, Belgique, Suède). Après ce fut SPOT 2 en 1990, SPOT 3 en 1993, SPOT 4 en 1998 et SPOT 5 en 2002. Actuellement seuls SPOT 2 et 4 sont en fonctionnement. Les caractéristiques des satellites SPOT sont assez similaires. Les orbites quasi-polaires sont héliosynchrones. Leur altitude est d'environ 832 km et le cycle est de 26 jours.

Contrairement aux capteurs MSS et TM les capteurs HRV1 et 2 de SPOT balayent la surface de la Terre parallèlement à la trace du satellite (fig.8).

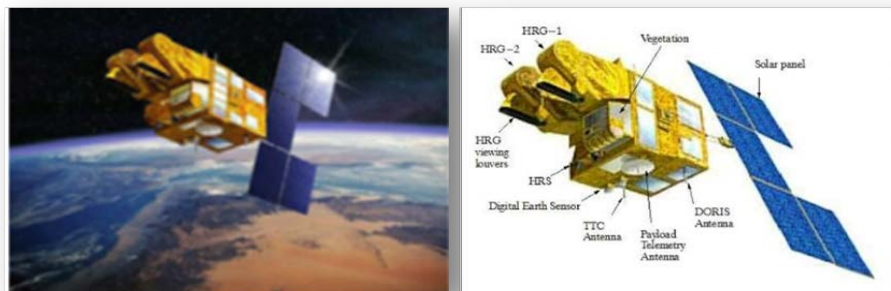


Figure 8 : Le satellite SOPT 5

1.1.7.3 Le satellite IRS

L'Inde mène un programme spatial depuis les années 70. Deux satellites (IRS-1A en 1988 et IRS-1B en 1991) ont été lancés et embarquant un capteur LISS-1 et deux capteurs LISS-2. Ensuite ce fut le tour des satellites IRS-1C en 1995 et IRS-1D en 1997 avec à bord deux capteurs : un multi-spectral (LISS-3) et un capteur panchromatique (PAN) (fig.9).



Figure 9: Le satellite IRS-P3

1.1.7.4 Le satellite KOSMOS

Les satellites russes KOSMOS embarquent 3 caméras analogiques à leur bord. Ils orbitent à une altitude approximative de 220 km. Selon leur focale, les photos ont une résolution au sol plus ou moins fine et couvrent une zone plus ou moins restreinte. Ces images sont toutes prises dans le visible en panchromatique. Par exemple, la caméra KVR 1000 a une résolution approximative de 2 à 3 m et couvre une zone de 40 km de côté (fig.10).

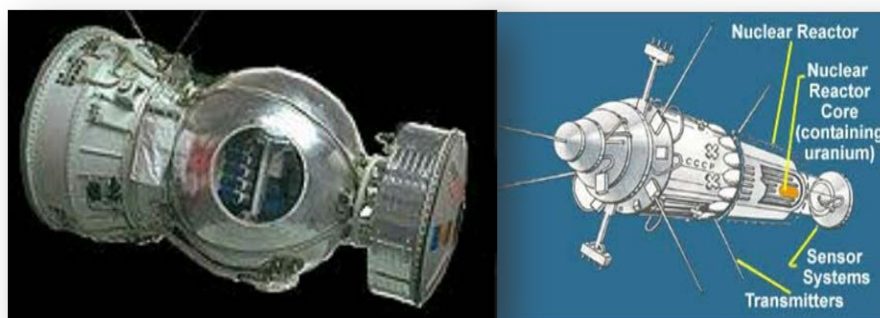


Figure 10: Le satellite KOSMOS-954

1.1.7.5 Le satellite IKONOS

Le premier satellite à très haute résolution spatiale (1 m), a été lancé par la société commerciale américaine Space Imaging le 24 septembre 1999 après une tentative infructueuse en avril. IKONOS 2 circule autour de la Terre à une altitude de 681 km, sur une orbite héliosynchrone inclinée à 98.1° sur l'Equateur. Le capteur IKONOS est orientable en fonction des programmations, l'angle maximal d'incidence peut être de 51° dans le sens de la trace et/ou perpendiculairement à la trace. Le cycle théorique potentiel d'IKONOS est de 1.5 à 3 jours. Les données IKONOS peuvent être enregistrées en deux modes de résolutions spatiales différentes : en mode panchromatique à 1 m et en mode multi-spectral à 4 m. La largeur de la trace au sol du capteur est de 11 km de côté. Les données sont disponibles avec une résolution radiométrique de 8 bits (256 niveaux de gris) ou 11 bits (2048 niveaux de gris) (fig.11).

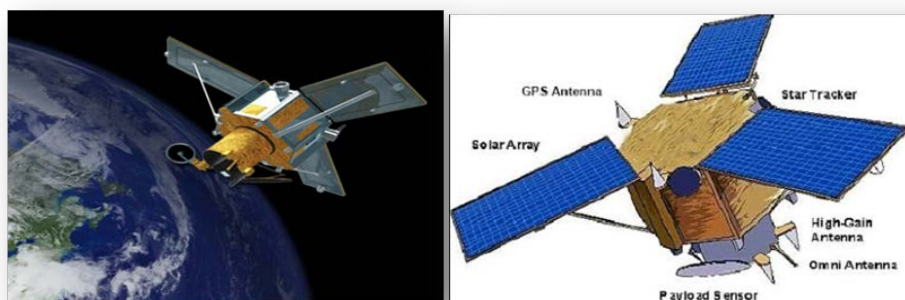


Figure 11: Le satellite IKONOS-2

I.1.7.6 Le satellite QUIKBIRD

Le premier satellite QuickBird a été lancé en octobre 2001 par Vandenberg Air Force Base en Californie aux USA. A une altitude de 450 km il gravite autour de la Terre sur une orbite héliosynchrone avec une inclinaison de 98°. Il a un cycle de 1 à 3.5 jours selon l'altitude et une résolution spatiale de 70 cm. La largeur de la trace au sol du capteur est de 16.5 km de côté. Les données sont enregistrées en mode panchromatique et en mode multi-spectral (fig.12).

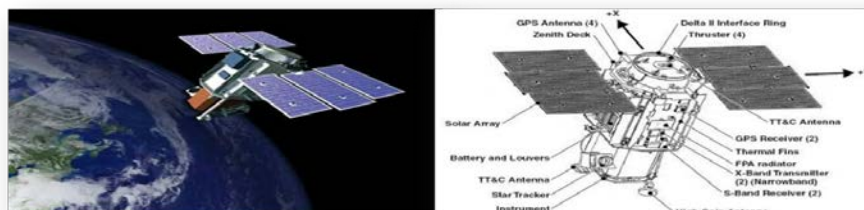


Figure 12: QUIKBIRD

I.1.7.7 Le satellite JERS-1

JERS-1 (Japan Earth Resources Satellite 1), rebaptisé Fuyo-1 après son lancement, est un satellite de télédétection japonais placé en orbite en 1992 et qui est resté en activité jusqu'en 1999. Ce satellite de taille moyenne (1,4 tonnes) emporte un radar à synthèse d'ouverture et deux senseurs optiques disposant à eux deux de 8 canaux en lumière visible et proche infrarouge (fig.13).



Figure 13 : Le satellite JERS-1

I.1.7.8 Le satellite ALOS

ALOS est le successeur des satellites JERS-1 (Japanese Earth Resources Satellite-1) et ADEOS (ADvanced Earth Observing Satellite). Les données ALOS sont utilisées pour la cartographie et l'observation de la terre à l'échelle régionale, pour le suivi des ressources naturelles et des catastrophes naturelles et anthropiques (fig.14).

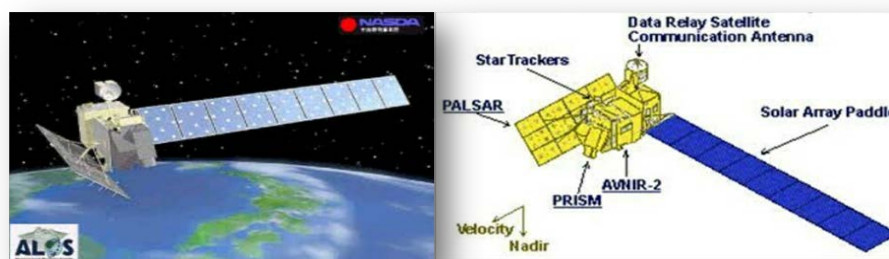


Figure 14 : Le satellite ALOS

Le satellite ALOS dispose de 3 instruments (capteurs) de télédétection :

- PRISM (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping) : un capteur panchromatique pour la cartographie en mode stéréo. Son application principale est la réalisation de modèles numériques d'élévation.
- AVNIR2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2) : un capteur multispectral destiné à l'observation de l'occupation du sol.
- PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) : un capteur actif dans le domaine des micro-ondes destiné à l'observation de la surface terrestre jour/nuit par temps clair ou couvert nuageux.

1.1.8 Les traitements des images satellitaires.

1.1.8.1 Classification

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

En traitement numérique des images, on distingue :

1.1.8.1.1 Classification non supervisé

Les classes spectrales sont formées en premier, basées sur l'information numérique des données seulement. Ces classes sont ensuite associées, par un analyste, à des classes d'information utile (si possible). Des programmes appelés algorithmes de classification sont utilisés pour déterminer les groupes statistiques naturels ou les structures des données. Habituellement, l'analyste spécifie le nombre de groupes ou classes qui seront formés avec les données. De plus, l'analyste peut spécifier certains paramètres relatifs à la distance entre les classes et la variance à l'intérieur même d'une classe. Le résultat final de ce processus de classification itératif peut créer des classes que l'analyste voudra combiner, ou des classes qui devraient être séparées de nouveau. Chacune de ces étapes nécessite une nouvelle application de l'algorithme

L'intervention humaine n'est donc pas totalement exempte de la classification non supervisée. Cependant, cette méthode ne commence pas avec un ensemble prédéterminé de classes comme pour la classification supervisée. (**Girard, 1989**)

1.1.8.1.2 Classification supervisé

Lors de l'utilisation d'une méthode de classification supervisée, l'analyste identifie des échantillons assez homogènes de l'image qui sont représentatifs de différents types de surfaces (classes d'information). Ces échantillons forment un ensemble de données-tests. La sélection de ces données-tests est basée sur les connaissances de l'analyste, sa familiarité avec les régions géographiques et les types de surfaces présents dans l'image. L'analyste supervise donc la classification d'un ensemble spécifique de classes. Les informations numériques pour chacune des bandes et pour chaque pixel de ces ensembles sont utilisées pour que l'ordinateur puisse définir les classes et ensuite reconnaître des régions aux propriétés similaires à chaque

classe. L'ordinateur utilise un programme spécial ou algorithme afin de déterminer la "signature" numérique de chacune des classes.

Plusieurs algorithmes différents sont possibles. Une fois que l'ordinateur a établi la signature spectrale de chaque classe à la classe avec laquelle il a le plus d'affinités. Une classification supervisée commence donc par l'identification des classes d'information qui sont ensuite utilisées pour définir les classes spectrales qui les représentent. **(Boukheir R., al 2001).**

1.1.9 Principaux indices de végétation

De très nombreux indices de végétation ont été construits et utilisés depuis maintenant une quarantaine d'années **(bannari et al, 1995)**, ils prennent la forme soit d'expressions très basiques (simple différence ou simple ratio), soit de formules beaucoup plus complexes.

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

$$\text{NDVI} = (\text{PIR} - \text{R}) / (\text{PIR} + \text{R})$$

La normalisation par la somme des deux bandes permet de réduire les effets d'éclairement. Le NDVI conserve une valeur constante quelque soit l'éclairement global, contrairement à la simple différence qui est très sensible aux variations d'éclairement.

Les valeurs du NDVI sont comprises en théorie entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages, pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, les réflectances étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0. Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0.1 et 0.7. Les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses.

Chapitre 2

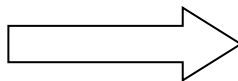
Système d'information géographique

I.2 Les Systèmes d'information Géographique

I.2.1 Définition

Les systèmes d'informations géographiques (SIG) regroupent différentes méthodes et techniques informatiques. Ils permettent de modéliser, de saisir sous forme numérique, de stocker, de gérer, de consulter, d'analyser, de représenter des objets ou des collections d'objets géographiques, avec la particularité essentielle de prendre en compte les caractéristiques spatiales de ces objets au même titre que les attributs descriptifs qui y sont attachés. En fait, la dénomination « SIG » recouvre une grande variété de réalisations logicielles construites suivant des choix techniques différents, aux fonctionnalités et aux performances très diverses (Marc Souris, 2002) (fig.15).

Le territoire
(Centre commercial de Meyrin)



sa représentation dans un SIG

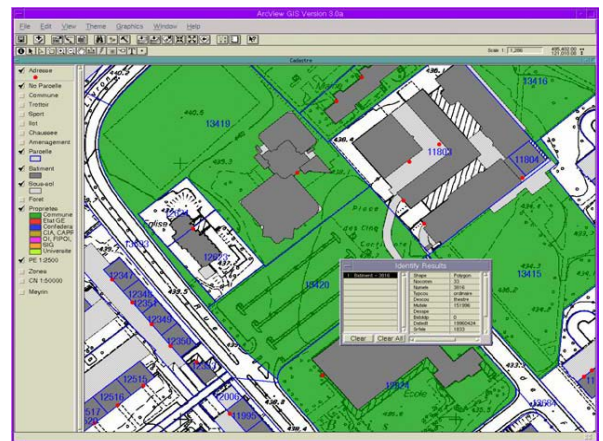


Figure 15: exemple de représentation de la réalité dans un SIG

I.2.2 Un SIG répond à 5 fonctionnalités (les 5 A) :

LONGLEY ET AL. (2005) repris par BON (2011) identifie 5 grandes fonctionnalités des SIG :

- L'acquisition pour la collecte des données grâce à des fonctions de saisie des données sous forme numérique
- L'archivage grâce à un Système de Gestion de Bases de Données (SGBD)
- L'affichage pour la restitution des résultats par des fonctions de mise en forme et de visualisation
- L'analyse par des fonctions de manipulation, croisement et transformation des données spatiales au moyen de requêtes dans le SGBD
- L'abstraction par des fonctions rendant compte de la modélisation de la réalité
- L'anticipation (lorsqu'on parle de « 6A »)

1.2.3 La base de données

Est une collection de données, conceptuellement structurée, décrivant les caractéristiques des données et les relations existant entre leurs entités correspondantes, destinée à aider dans divers champs d'application. Ainsi, une base de données SIG inclut des données relatives à la position et aux caractéristiques de particularités géographiques.

1.2.4 Les données dans les SIG

Le premier aspect auquel on pense quand on évoque la notion de logiciel de cartographie informatique ou de système d'information géographique est celui de manipuler les données.

1.2.4.1 Modes d'acquisition de données

Dans la pratique, les données géographiques proviennent de sources différentes, ont des modes d'acquisition différents, sont sur des médias différents, on dit qu'elles sont multi sources. Certaines données sont directement mesurées sur le terrain (levés topographiques) ou captées à distance (système de positionnement Global GPS, photos aériennes, images satellitaires), ou saisies à partir de cartes ou de plans existants, ou récoltées par des organismes de production de données et ensuite importées. Il s'agira d'intégrer ces données hétérogènes, car de qualité, de fiabilité, de précision et d'extensions spatiales bien différentes. Nous présentons dans ce qui suit les principales méthodes d'acquisition de données.

1.2.4.1.1 Numérisation

La numérisation (digitalisation ou vectorisation) permet de récupérer la géométrie des objets disposés sur un plan ou une carte préexistante. Elle consiste à faire évoluer un curseur sur un plan posé sur une table à digitaliser et préalablement calé en coordonnées. La table est réceptive aux signaux électriques émis par le curseur. Elle peut localiser ces signaux sur le plan de la table avec une précision de l'ordre du dixième de millimètre.

1.2.4.1.2 Balayage électronique (scannérisation)

Le balayage électronique (réalisé avec un scanner) est un autre moyen de saisir un plan existant. Il est plus rapide que la digitalisation manuelle.

1.2.4.1.3 Photogrammétrie

La photogrammétrie aérienne est utilisée de façon systématique pour constituer les cartes à moyenne échelle. Elle est retenue également dans les pays dont la couverture cartographique et géodésique est déficiente et utilisée pour la constitution de plans à grande échelle pour un coût qui peut être très avantageux.

1.2.4.1.4 Images satellitaires (télédétection)

La télédétection est un moyen très commode de créer les données à introduire dans les SIG. Il s'agit en effet d'utiliser, dans des conditions particulières et rigoureuses, soit les photographies aériennes, soit les images enregistrées et transmises par satellite.

1.2.4.1.5 Import de fichiers

C'est une façon de réduire les coûts de saisie et de récupérer des données existantes et de les convertir au format, au système d'unités et au système de projection souhaités. Pour cela, on

utilise des interfaces qui permettent, soit de transformer directement les données dans le format interne du SIG récepteur grâce à des bibliothèques de conversions à ce format interne, ou soit de passer par l'intermédiaire d'un format d'échange reconnu, par une fonction d'importation de données du SIG récepteur.

1.2.5 Types de données dans un SIG

Généralement pour qu'un objet spatial soit bien décrit et prêt à être utilisé par un SIG, trois informations doivent être fournies:

- sa position géographique dans l'espace
- sa relation spatiale avec les autres objets spatiaux : topologie
- son attribut, c'est à dire ce qu'est l'objet avec un caractère d'identification (code)

1.2.6 Modélisations des données spatiales

Elles déterminent les caractéristiques spatiales d'une entité géographique où sont représentés et identifiés tous les éléments graphiques suivants :

La localisation : coordonnée par rapport à une échelle graphique de référence.

La forme : point, ligne, surface.

La taille : La taille: longueur, périmètre, surface.

1.2.7 Données associées

Les données associées des entités géographiques permettent de compléter la représentation géométrique de l'entité spatiale. Chaque élément de l'espace reçoit un code d'identification qui peut être numérique ou littéral. Ce code constitue en quelque sorte une étiquette caractérisant le point, la ligne ou le polygone. Parmi ces données il faut distinguer :

- **Données de classification :**

Ces données permettent de ranger le point isolé, la ligne ouverte ou la ligne fermée, dans une catégorie: limite administrative, contour de parcelle, bordure de trottoir, arbre d'alignement, conduite de réseau d'eau... Souvent ces distinctions seront prises en compte par l'organisation même du travail de saisie. Tout se passe, comme si l'on distinguait plusieurs couches d'informations, que l'on saisit successivement.

- **Données d'identification:**

Ces données permettent d'individualiser chaque objet figurant sur le plan: nom propre de l'objet, par exemple nom de la commune ou numéro permettant de l'identifier: numéro de parcelle, numéro de vanne.

- **Données attributaires:**

Ces données viennent apporter une information supplémentaire, propre à chaque objet identifié: le propriétaire de la parcelle, le diamètre de la conduite d'eau.

1.2.8 Modes de données dans les SIG

Selon Habert (2000) un objet géographique peut être représenté soit en format vectoriel soit en format raster (maillé en français).

1.2.8.1 Les données vectorielles

Les éléments géographiques représentés grâce à des données vectorielles sont localisés par des coordonnées (X, Y). Ils sont constitués de trois types d'entités : point, ligne, polygone. Les points servent à la représentation de symboles ponctuels : ville sur une carte de France, arbre sur une parcelle, etc., Les lignes servent à représenter les routes, rivières, voies de chemin de fer, flux, etc., Les polygones servent à représenter tous les objets surfaciques : régions, départements sur une carte de France, parcelle sur une carte communale. Les données vectorielles traitant les objets géographiques individuellement, c'est ce type de données qui va principalement servir pour la réalisation de cartographies statistiques. Elles permettent en effet d'individualiser des secteurs géographiques et d'y associer des attributs quantitatifs.

1.2.8.2 Les données raster :

Ce sont des images, avec comme unité de base le pixel. Ces images ne permettent pas d'association avec des données alphanumériques en dehors des attributs de chaque pixel. Ces attributs sont peu intéressants pour l'utilisateur de SIG désirant réaliser des cartographies statistiques, puisque celui-ci ne peut connaître que les caractéristiques de chaque pixel de base, et n'a aucune information concernant un secteur géographique plus vaste. De plus, ces attributs ne sont pas modifiables et ne peuvent pas être enrichis d'autres informations (Tab. n4)

Tableau 3 : Comparaison entre modes et alternatives

Mode	Avantages	Désavantages
Raster	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bonne représentation des réalités continues ➤ Structure de données simple ➤ Analyse spatiale aisée ➤ Combinaison de couches aisée (unités spatiales directement comparables) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Prend beaucoup de place ➤ Faible qualité d'affichage, d'impression ➤ Position et forme des objets peu précises (dépend de la résolution)
Vecteur	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Prend peu de place 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Peu adapté à la

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Excellente qualité d'affichage, d'impression ➤ Représentation précise de la position et de la forme des objets ➤ Bonne intégration avec les bases de données relationnelles ➤ Approche par objet 	<ul style="list-style-type: none"> représentation de réalités continues ➤ Structure de données complexe ➤ Croisement de couches complexes (nécessité de créer de nouvelles unités spatiales)
--	---	---

H. Dao/Dép. de géographie/UNIG

1.2.9 Domaines d'application des SIG

Les approches ont mis évidence le fait qu'un système d'information géographique est un outil de gestion et d'aide à la décision. C'est un outil de gestion pour le technicien qui doit au quotidien assurer le fonctionnement d'une activité. Le tableau ci-dessus représente les domaines d'application des SIG dans différents échelles (Tab. n6)

Tableau 4: les domaines d'application d'un SIG

Pour les grandes échelles	Pour les échelles moyennes et petites
<ul style="list-style-type: none"> - La gestion foncière et cadastrale (recensement des propriétés, calcul de surfaces) - La planification urbaine (plan d'occupation des sols et d'aménagement) - La gestion des transports (voies de circulations, signalisation routière) - La gestion des réseaux (assainissement, AEP, gaz, électricité, téléphone ...) - La gestion du patrimoine (espaces verts, parcs, jardins ...) - Les applications topographiques (travaux publics et génie civil) 	<ul style="list-style-type: none"> - Les études d'impact (implantation d'un centre commercial ou d'une école) - Les études d'ingénierie routière (constructions de routes ou d'autoroutes) - Les applications liées à la sécurité civile (prévention des risques naturels et technologiques). - La gestion des ressources naturelles (protection de l'environnement, études géologiques, climatologiques ou hydrographiques).

1.2.10 Les objectifs généraux des SIG

On dresse un panorama général des principaux objectifs des systèmes d'information géographique :

- Stockage numérique de données géographiques.
- Modélisation du monde réel et structuration de l'information.

- Calculs métriques (distances, surface), calculs techniques (visibilité, volumes, recherche opérationnelle), positionnement et projections géographiques.
- Gestion et traitement des collections d'objets (souvent par les SGBD relationnels Classiques).
- Gestion administrative et partage de données entre les utilisateurs.
- Gestion et analyse spatiale (construire une base de données géo-référencées).
- Gestion spatio-temporelle (effectuer des interrogations mêlant espace et temps).
- Analyse statistique et géostatistique.
- Simulation et modélisation d'un processus.
- Gérer et traiter et géo-référencer les données provenant de la télédétection.
- L'édition graphique des données et la cartographie automatique.
- Donner l'accès distant aux données via l'Internet.

1.2.11 La combinaison de la télédétection et les SIG

Wilkinson (1996) résume les trois principales façons dont, la détection et du SIG peuvent être combinés pour se renforcer mutuellement :

- La télédétection est utilisée comme un outil de collecte de données pour les utiliser dans SIG.
- Les données du SIG sont utilisées comme information auxiliaire pour améliorer les produits provenant de la télédétection.
- La télédétection et les SIG sont utilisés ensemble pour la modélisation et l'analyse.

La combinaison des informations provenant d'images satellitaires avec d'autres sources d'information géographique, est idéalement gérée au sein d'un SIG. Un SIG peut également être utilisé comme la base de données à partir de laquelle on peut déduire des relations en utilisant des méthodes statistiques de modélisation.

Chapitre 3

Modèles numériques de terrain

I.3 Modèle Numérique de Terrain (MNT)

I.3.1 Définition

Ce que l'on dénomme ici **MNT** "Modèle Numérique de Terrain" (traduit de l'anglais - digital terrain model **DTM**) est introduit pour la première fois dans l'histoire vers les années cinquante par les deux ingénieurs américains **MILLER C.L & LA FLAMME R.A. (1958)**. Ils ont défini le **MNT** comme étant "une représentation statistique du terrain, supposée continue, par un grand nombre de points sélectionnés dont les coordonnées (X,Y,Z) sont connues dans un système de coordonnées arbitraire". Depuis, plusieurs termes ont été utilisés :

Modèle Numérique de Terrain **MNT (DTM en anglais)** correspond à une description matricielle de l'altitude absolue en chaque point du sol. L'occupation du sol (constructions, végétation, etc.) n'apparaît pas dans l'altimétrie. Le **MNT** est également disponible sous forme de réseau de triangles **TIN (Triangular Irregular Network)** issu de la saisie vectorielle des lignes de rupture.

Modèle Numérique d'Élévation **MNE (DEM en anglais)**, désigne une mesure de l'altitude relative à une surface de référence. Il se présente sous la forme d'une grille régulière d'éléments codés par la valeur de leur altitude. Il peut être obtenu à partir de la corrélation automatique de couples stéréoscopiques.

Modèle Numérique de Surface (**MNS**) correspond cette fois ci au modèle 3d de la surface.

D'une manière générale toute représentation numérique d'un champ d'altitude obtenue à partir d'un échantillon représentatif et suffisant de données planimétriques et altimétriques, peut être considéré comme un Modèle Numérique de Terrain (**MNT**). Le nombre et distribution des points échantillons dans le **MNT** sont tels que tout point de la surface représentée pourrait être automatiquement interpolé, avec la précision requise pour une application donnée.

D'après **QUIN P. (1991)**: un **MNT** est une représentation mathématique du relief sous forme d'un champ d'altitudes connues en chaque nœud d'un maillage carré. Les informations contenues dans un **MNT** sont donc ponctuelles.

Du point de vue numérique les **MNT** sont des fichiers altimétriques, constitués par un réseau maillé régulier (**Fig. n°14**), chaque maille étant repérée par les coordonnées de son centre (x, y, z). De l'origine des données dont ils dérivent, dépend leur qualité, c'est-à-dire leur précision et leur valeur représentative.

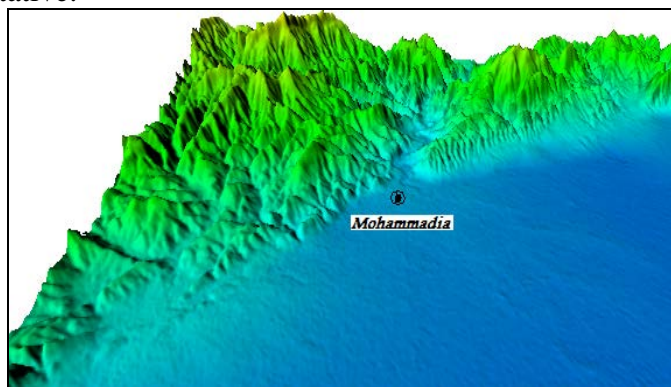


Figure 16: Un exemple du Modèle Numérique de Terrain de la zone d'étude.

1.3.2 Les différentes origines des MNT

- **MNT calculés à partir des courbes de niveau** : il s'agit des MNT réalisés à partir de courbes de niveau numérisées, du type de ceux, par exemple, que commercialise l'Institut Géographique National (IGN de France) ; ils dérivent des cartes à l'échelle 1/25000^{ème}. La qualité de ces MNT dépend de l'espacement des courbes de niveau et du mode d'interpolation entre les points.
- **MNT stéréoscopiques** : Ces MNT sont réalisés à partir de couples stéréoscopiques d'images telles que les images SPOTⁱⁱ, ASTERⁱⁱⁱ ou de photographies aériennes. Ils sont calculés après recherche, par auto corrélation, de points homologues entre les images, ce qui induit certaines contraintes quant à la qualité, notamment radiométriques, des images utilisées. Ces types de MNT sont difficiles à obtenir dans les régions à forte couverture nuageuse, la qualité des images étant grandement perturbée par les conditions climatiques.
- **MNT radargrammétrique** : Cette technique permet de reconstruire des MNT à partir de couples d'acquisition radar RSO. Elle est fondée sur la relation qui existe entre l'altitude du terrain et la parallaxe horizontale. Cette parallaxe est évaluée par corrélation automatique entre les deux images.
- **MNT interférométrique** : Cette technique est récemment apparue, elle similaire à celle de la radargrammétrie. Le produit MNT est calculé à partir de la différence de produit de phase des deux images SAR. Cette différence de phase est approximativement proportionnelle à l'élévation du point imagé.
- **MNT radarclinométrique** : C'est une nouvelle technique qui est apparue récemment en plein voie d'expansion. Elle diffère des deux techniques citées ci-dessus par l'utilisation d'une seule image RSO.

1.3.3 Les différents types des MNT

En fonction de la régularité de l'espacement des points échantillonnés, on distingue plusieurs types de MNT :

⇒ **Les MNT de type contours** : Dans ce type des MNT, les isolignes sont numérisées à intervalles réguliers d'altitude ou de temps. Ces intervalles peuvent toutefois varier d'une zone homogène à l'autre (diminuer les intervalles dans les zones accidentées et les augmenter dans les zones planes).

⇒ **Les MNT de type profils** : Ils sont caractérisés par des points numérisés à intervalle régulier dans l'un ou l'autre des axes des coordonnées planimétriques, suivant des profils de terrain. Ces derniers sont utilisés généralement en génie civil.

ⁱⁱ Satellite Probatoire d'Observation de la Terre

ⁱⁱⁱ Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

⇒ **Les MNT de type grille irrégulière** : Ils sont conçus à partir de points situés aux nœuds caractéristiques du terrain, par exemple les points de changement de pente. Ces modèles décrivent adéquatement le terrain, avec un minimum de points.

⇒ **Les MNT de type grille régulière** : Dans ce type, les points se situent sur une grille régulière. Parmi ces derniers modèles, ceux à grille carrée sont les plus fréquemment utilisés. Ils permettent une économie de mémoire de stockage et ils conviennent à l'organisation matricielle " raster " des données spatiales. Pour exploiter ces données, il suffit d'appliquer les différents traitements numériques sur cette matrice, le calcul de la cote en un point est finalement très facile en connaissant la disposition de la maille dans laquelle ce point à interpoler est situé.

1.3.4 Les composantes d'un MNT

Le MNT comporte quatre composantes inter- reliées (Fig. n°17) :

- ⇒ Le type de terrain ;
- ⇒ Les données d'entrée
- ⇒ L'algorithme d'interpolation ;
- ⇒ La précision.

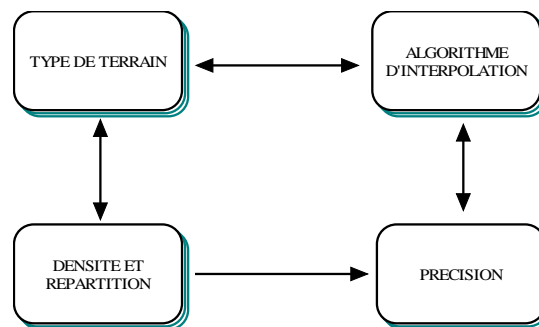


Figure n° 17 : Les composantes d'un MNT.

Le type de terrain est lié de façon réciproque à la densité et à la distribution des données et à l'algorithme d'interpolation. L'algorithme d'interpolation est choisi en fonction de la précision requise. La précision dépend des données disponibles. Les composantes du MNT sont ainsi interdépendantes.

1.3.5 Modes d'acquisition.

La source principale d'information relative au relief reste les cartes topographiques. La donnée altimétrique (altitudes) représentée dans ces cartes est sous forme de courbes de niveau et de points cotés. L'acquisition de cette information est obtenue soit:

- D'une manière manuelle, semi-automatique «styilet, souris» en numérisant les cartes topographiques à l'aide d'une table à digitaliser,
- D'une manière automatique à partir de cartes topographiques scannées; ou encore en introduisant des méthodes photogrammétriques (stéréorestoration) appliquées à des couples stéréoscopiques des images aériennes ou satellitaires (SPOT, ERS, etc..),

- Par relevés directs à l'aide de radars et lasers altimètres,
- Par des techniques de corrélation et de filtrage des images SPOT.

Tableau 5: Mode d'acquisition des MNT

MNT	SOURCE	MODE	PRODUITS
1	Directe	Radar Laser altimètre	Profils Profils
2	Photogrammétrie	Stéréorestitution Analogique Analytique Automatique	Isoligne Canevas Raster
3	Cartes	Numérisation Manuelle Semi-automatique Automatique	Polygones Polygones Raster
4	Satellites	Corrélation Arêtes Surfaces	Raster Raster

Il est nécessaire par la suite d'appliquer à ces courbes une interpolation des altitudes aux nœuds d'une grille régulière afin d'obtenir un MNT.

La précision altimétrique du MNT dépend de son mode d'acquisition. Elle peut varier de quelques millimètres, dans le cas de restitutions photogrammétriques à grande échelle, à quelques mètres pour les MNT dérivés de l'imagerie du satellite SPOT (BENMOUFFOK, 1993).

1.3.6 Méthodes d'interpolations.

Le type de terrain est lié de façon réciproque à la densité, à la distribution des données et à l'algorithme d'interpolation utilisé. Cet algorithme est choisi en fonction de la précision requise qui dépend de la qualité des données disponibles.

Les points numérisés à partir d'une carte topographique correspondant aux courbes de niveaux sont considérés dans leurs ensembles, soit comme un semis de points, soit comme un groupe de chaînes de points formant un polygone. Ainsi, deux méthodes d'interpolations se distinguent:

1.3.6.1 Méthodes d'interpolation à partir d'un semis de points.

Trois types de traitement peuvent être rencontrés:

1.3.6.1.1 Interpolation en fonction du voisinage

L'interpolation de l'altitude d'un point du MNT est obtenue en tenant compte de la totalité ou d'une partie du semis de points localisés dans son voisinage. L'utilisateur définit l'étendue du voisinage ainsi que les points à utiliser.

Leurs poids relatifs dans le calcul de l'altitude sont pondérés en fonction de leur distance (d) au point à interpoler ou du rapport ($r = d/d_{\max}$). Plusieurs fonctions poids sont utilisées telles que ($1/d_n$, $1-0.9 r^2$, e^{-ar^2}) et la plus utilisée est la fonction $1/d^2$. Mais les fonctions de pondérations ne sont pas toutes adaptées aux différents types de terrain.

Plusieurs méthodes d'interpolation sont utilisées, comme l'approximation polynomiale par les moindres carrés (SCHUT, 1976) et l'interpolation barymétrique (SHEPARD, 1968) ainsi que le Krigeage et la sommation de surface (CHILES et DELFINER, 1976).

1.3.6.1.2 Superposition d'un réseau à mailles carrées

La méthode a pour principe la juxtaposition de surfaces ayant des contraintes de continuité à leurs frontières. Plusieurs méthodes d'interpolations sont disponibles: les polynômes bicubiques utilisés par BOSMAN et al, (1972), les courbes de Bézier, B. Splines paramétrées et les splines quadratiques présentées par BARNHYII, (1983) et BARSKY, (1984).

1.3.6.1.3 Interpolation à partir d'une triangulation du semis

Le principe de la méthode est similaire au précédent. Ainsi le réseau est formé de triangles ayant pour extrémités les points de semis. Ceci permet l'utilisation des fonctions d'interpolations simples. Par contre, l'inconvénient réside dans l'obtention d'un réseau de triangles difficile à optimiser. MAC CULLAGH (1983) a résolu le problème grâce à la triangulation de DELAUNAY à partir d'un réseau de triangles irréguliers (TIN). Dans ce cadre, les travaux de MAHMOUDI (1996) ont permis d'améliorer cette technique d'interpolation.

1.3.6.2 Méthodes d'interpolation à partir de chaînes de points (courbes de niveau).

L'avantage des courbes de niveaux est que les points qui les constituent sont liés les uns aux autres par des propriétés morphologiques (altitude constante, plus grande pente, etc..). Par contre, si on assimile la chaîne des points représentant une courbe de niveau à un semis de points, on aura une forte dégradation de l'information. Si l'on souhaite éviter cet inconvénient, il est donc nécessaire de les considérer comme une chaîne de points définissant un polygone.

Quatre méthodes d'interpolation s'individualisent par deux principes de calcul: les deux premières en fonction de la ligne de plus grande pente et les deux autres en fonction d'un système d'axe.

1.3.6.2.1 Méthodes basées sur la ligne de plus grande pente

⇒ **Interpolation du point dans son voisinage:** la recherche de la ligne de plus grande pente se fait soit en fonction d'un voisinage défini comme étant l'élément morphologique simple (versants, plateaux, fonds de vallée, etc..) auquel appartient le point (GROS, 1981), soit en définissant les deux points les plus proches appartenant à deux courbes différentes (LEBERL (1982).

⇒ **Interpolation du point par la recherche de la plus grande pente dans toutes les directions définies:** la recherche de la plus grande pente s'effectue suivant huit (8) directions ou plus. Là aussi plusieurs méthodes d'interpolations sont utilisées. Soit par une méthode d'interpolation linéaire (LEBERL 1982; RAETSCH, 1983), soit par une méthode non-linéaire en utilisant un polynôme cubique, passant par les quatre (4) points les plus proches (CLARCKE, 1982).

1.3.6.2.2 Méthodes basées sur un système d'axes (méthodes axiales)

L'interpolation par ces méthodes se fait le long des axes et elle varie en fonction du nombre des axes utilisés (deux, quatre, huit, etc..) et de la méthode d'interpolation utilisée (linéaires, cubiques, splines, polynomiales).

⇒ **Interpolation le long des axes de la grille:** elle se fait le long des axes de la grille par la moyenne pondérée des hauteurs des points des contours rencontrés sur ces axes. La méthode des deux axes orthogonaux est la plus couramment utilisée. Cette méthode d'interpolation a l'inconvénient de la discontinuité de la grille obtenue et présente une structure en «gradins», car les points du contour utilisés pour l'interpolation ont souvent les mêmes altitudes (Fig. n°18). Pour cela, il est souvent nécessaire de lisser les résultats bruts de l'interpolation afin d'éliminer certains artefacts morphologiques. Les méthodes de lissage sont nombreuses, mais on peut citer le filtre gaussien «convolution» et le lissage par la «grille élastique» (DE MASSON d'AUTUME, 1979).

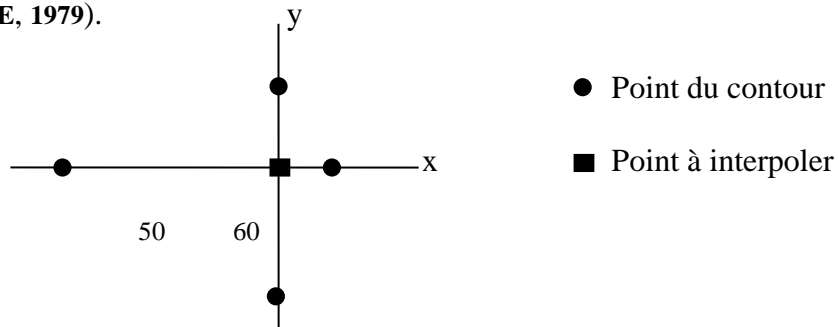


Figure 18: Apparition des structures en "gradins"

⇒ **Intersection de réseaux de courbes:** là encore, plusieurs méthodes d'interpolation non linéaires sont utilisées soit par la fonction polynomiale quadratique, soit par la fonction polynomiale cubique ou encore par la méthode B-spline.

Deux axes orthogonaux formant un angle de 90° (Fig. n°18) est la méthode la plus utilisée, alors que les quatre axes formant des angles de 45° entre eux est une méthode utilisée par YOELI (YOELI, 1986 In DEPRAETERE, 95).

Dans le cas le plus simple «intersection de deux courbes» (Fig. n°19), les interpolations se font donc en direction des lignes (horizontales) et des colonnes (verticales). Les résultats des deux directions d'interpolations sont combinés soit avec une fonction de pondération de distance (ROBERTS, 1980 et YOELI, 1986 In DEPRAETERE, 95), soit par l'intersection des courbes obtenues (FOGG, 1977).

Cette méthode a l'avantage de prendre en considération la continuité morphologique au voisinage du point à interpoler (cas des Splines: deux points avant et deux points après le point à interpoler).

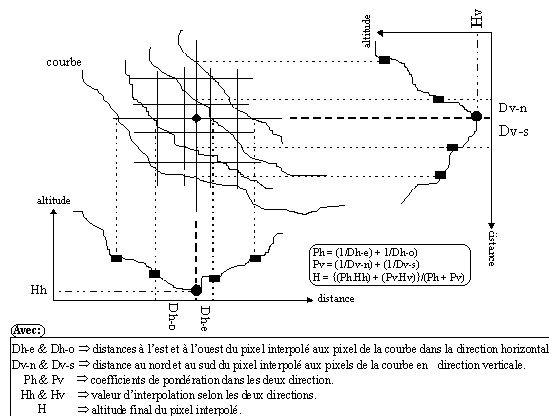


Figure 19: Méthode de calcul d'un MNT par combinaison des résultats des deux directions d'interpolation en utilisant une fonction de pondération.

Partie 2

A pplication

Chapitre 4 Etude du milieu physique

Chapitre 5 Etude de l'extension urbaine

Chapitre 4

E *Etude du milieu physique*

II Chapitre 4 : Étude du milieu physique

II.1 Présentation de la zone d'étude

Notre zone d'intérêt est appelée la ville de Mohammadia appelée autre fois Perrégaux. Cette ville doit son nom à un Général blessé au siège de Constantine : Alexandre Charles de Perrégaux, né à Neuchâtel (suisse), le 21 Octobre 1791 et naturalisé français le 18 Décembre 1815. Il a mérité de donner son nom à cette jeune ville d'Algérie, par sa manière de servir, sa valeur morale et le sacrifice suprême de sa vie, puisqu'il mourût suite à ses blessures à bord du bateau qui le ramenait en France le 7 Novembre 1837 (PNHA 22 janvier 1992). La création de Perrégaux remonte au 29 Juillet 1858 et son érection en commune de plein exercice eut lieu le 30 Septembre 1870. En 1872, la construction du barrage réservoir de l'Oued Fergoug à changer catégoriquement la vie dans cette zone de plaine (22.000 ha). Après la catastrophe du 15 décembre 1881 (rupture du barrage en pierre), le barrage se rompt une deuxième fois en 1927. En fin les travaux débutent le 15 janvier et le premier pont est terminé le 23 mars 1928.

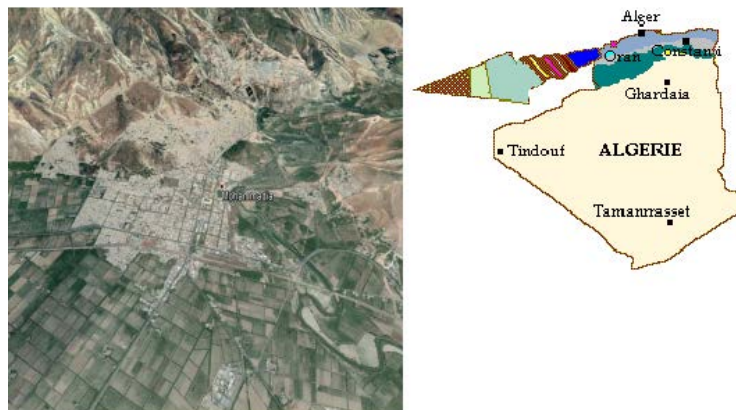


Figure 20: localisation de la zone d'étude

Géographiquement, La commune de Mohammadia couvre une superficie de 162 Km², elle se situe à 38 Km du chef lieu de la wilaya au Nord. Elle se trouve à 340km d'Alger et à 81km d'Oran. Les villes les plus proches étant : Mascara à 42km, Mostaganem à 39km et Relizane à 53km.

II.1.1 Limite administratif

Administrativement la ville de Mohammadia été autre fois rattachée au département d'Oran et depuis le dernier découpage administratif de 1983 la ville est un chef-lieu de daïra et une commune rattachée à la wilaya de Mascara. La commune est l'une des quarante sept communes de la wilaya de Mascara classée en deuxième rang après le chef lieu de Mascara.



Figure 21: Limite administrative

II.1.2 Caractéristiques générales du relief

La zone d'étude est marquée par un relief de colline arrondie avec des faibles élévations (300m) doucement vallonné, sans irrégularités de surface. Elle est limitée au sud par une zone montagneuse très escarpée de haute altitude au-dessus de la zone avec les petits sommets (Dj. Sedra, Dj. Hamma Dechicha et Dj. Chanine). La zone est divisée en deux zones (Fig n :°)

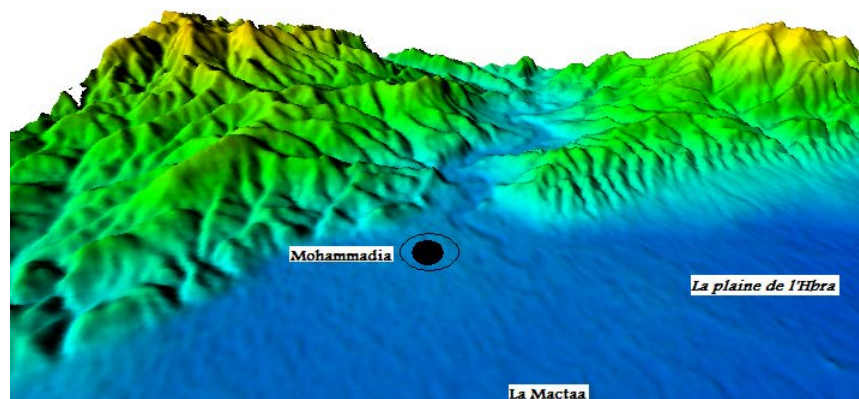


Figure 22: topographie de la zone d'étude.

- La zone de plaine d'El Habra au nord qui est irriguée par l'oued el hammam, sur le versant Sud des monts de Beni-Chougrane.
- Les piémonts et les monts des Beni-Chograne au Sud

II.1.3 Cadre hydrologique

La ville de Mohammadia est alimentée en eau potable par une prise sur le grand canal issu du barrage de l'oued Fergoug. La superficie du territoire de la commune atteint près de 22.000ha, dont 14.000 irrigables. L'étendue du vignoble est de 600ha produisant des vins de qualité moyenne, titrant 10 degrés Les autres cultures comprennent : le blé, l'orge, l'avoine, le maïs, les fèves, les cultures d'été et les fourrages les plantations d'agrumes fournissent des oranges et des mandarines de qualité supérieure, très précoces qui constituent avec les primeurs une importante source de revenus. Les plantations d'oliviers se multiplient. La région est le pays de l'élevage par excellence, les pâturages de la plaine, notamment ceux de Debrousseville, permettent d'élever de nombreux troupeaux de bœufs et moutons. Aussi le marché du Mercredi est-il l'objet de grosses transactions sur les bestiaux. Tout ceci, sous la

surveillance et les conseils éclairés de la station agronomique de la Ferme Blanche. (PNHA 22 janvier 1992).

Le barrage de Fergoug set situé au nord ouest de l'Algérie sur l'oued Habra immédiatement en aval du confluent de l'oued El Hammam près de la ville de Mohammadia à environ **80 km** d'Oran, et a **60 km** en amont se trouve le barrage de Bouhanifia.

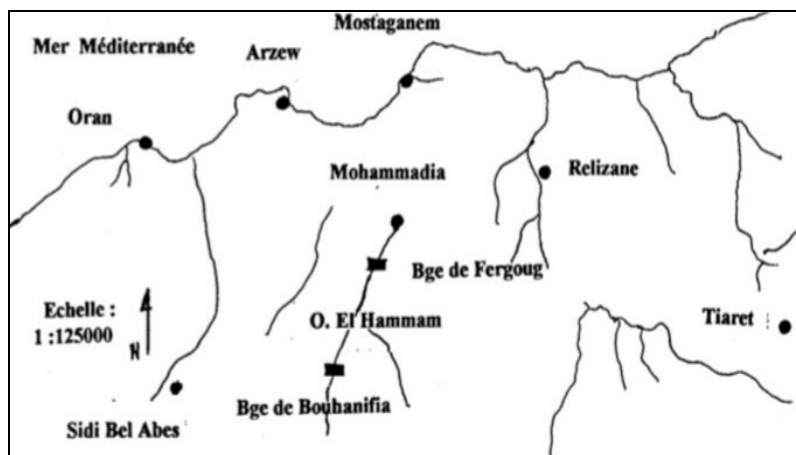


Figure 23: Situation des barrages

II.1.4 Caractéristiques générales du climat :

Le climat de la plaine de l'Habra est de type semi aride. Il subit des influences maritimes provenant du couloir naturel reliant Mohammadia à la Macta. Les hivers sont doux et humides et les étés chauds et secs. Cette dernière décennie est marquée par des perturbations significatives se traduisant par des retards de pluies, des températures élevées en automne et parfois d'hiver. A l'exception de cette en cour qui à été marqué par une pluviométrie abondante bien réparti dans le temps et dans l'espace.

II.1.4.1 La température :

La température constitue un facteur climatique d'importance majeure agissant sur le comportement des végétaux.

T (°C) : la température moyenne = $M + m / 2$.

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

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

Tableau 6 : Température moyenne mensuelle minimale et maximale de la ville de Mohammadia, période 2015 à 2017.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
T min (°C)	7,4	9,1	9,01	11,15	14,3	18,82	25,43	21,93	17,86	15,5	11,03	8,96
T Max (°C)	15,9	17,66	19,22	23,27	28,43	30,96	34,76	34,43	28,46	27,5	21,13	17,65
M+m/2	11,6 5	13,38	14,11	17,21	21,36	24,48	30,05	28,18	23,16	21,5	16,08	13,30

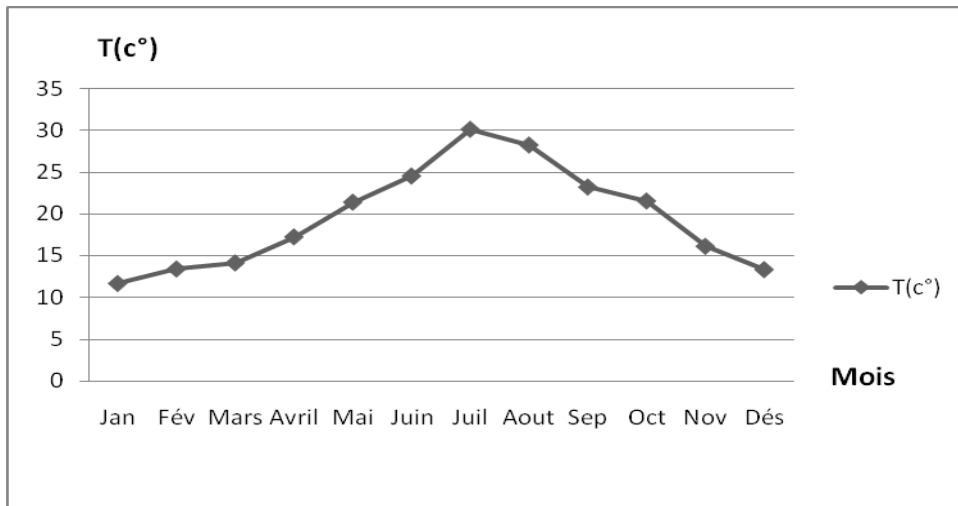


Figure 24: Température moyenne mensuelle minimale et maximale de la ville de Mohammadia, période 2015 à 2017

L'interprétation des données climatiques montrent que le Mois de Juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne de 30,05 c° et le Mois de Janvier est le plus froid avec une température moyenne de 11,65 c°. La température moyenne mensuelle est de 19,53. La température des maxima du mois le plus chaud (M) est de 34,43 c° et La température des minima du mois le froid (m) est de 7,4 c°

II.1.4.2 Les précipitations

Les précipitations constituent un facteur climatique important un regard de son influence sur la réparation des espèces végétales. la connaissance de l'évolution de ce facteur écologique dans notre zone d'étude (la ville de Mohammadia) .est nécessaire pour mieux comprendre les interaction de la végétation avec les facteurs climatique . Pour évaluer ce facteur, il a été jugé utile de prendre les données pluviométriques d'une période de Dix ans au regard de la disponibilité des données fiables au niveau des institutions en charge de ce domaine

Précipitations moyenne annuelles :

Les précipitations moyennes annuelles sont irrégulières et insuffisantes, elles sont de 292,56mm/an

Tableau 7 : La variation des précipitations moyennes annuelles en (mm), période 2008 à 2017

Les années	P moyennes annuelles (mm)
2008	257,2
2009	253,9
2010	366,7
2011	393,2
2012	223,5
2013	269,2
2014	257,5
2015	300

2016	285,3
2017	319,1

ITAF 2017

II.1.4.2.1 Précipitations moyenne mensuelles

Tableau 8: les valeurs des précipitations moyennes mensuelles de la ville de Mohammadia période 2015 à 2017

Moi	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
P(mm)	93,73	25,3	41,5	18,06	15,1	2,3	0,3	0,37	4,64	29,7	34 ,04	27,13

ITAF 2017

L'exploitation de ces données confirme que les précipitations les plus importantes sont concentrées dans les mois d'Octobre, Novembre, Janvier, Mars. Les mois Juin, Juillet Et Aout sont les plus secs

II.1.4.3 Les vents

Les vents dominants sont ceux du nord-ouest , dont la durée et l'intensité sont très variables et dont les dégâts ne sont pas négligeables. Le sirocco se manifeste particulièrement en saison d'été et parfois en automne et printemps. Ses conséquences agronomiques sont souvent fâcheuses se traduisant par des brulures du feuillage de jeunes pousses et des fruits.

II.1.4.4 Synthèse bioclimatique

Pour exprimer la synthèse climatique, nous sommes basées sur le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN, (1953). Le diagramme Ombrothermique est tracé selon la règle ($p \geq 2T$) qu'un mois ou total des précipitations (p) exprimée en degré centigrade.

D'après le graphe la zone de Mohammadia montre une période sèche estivale typique du climat semi aride ; elle dure sept mois de mi mars à mi octobre (Fig n :°5).

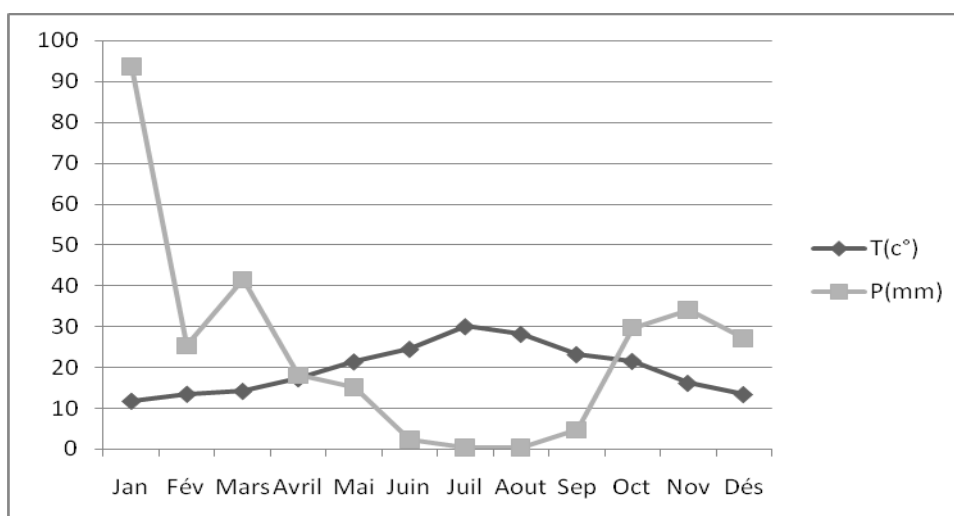


Figure 25: le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

II.1.5 Le sol

Le terme de « sol » est largement utilisé, pourtant rares sont les définitions qui en sont données. Selon la FAO le sol est une zone délimitée de la surface terrestre ; qui englobe tous les attributs de la biosphère situés immédiatement au-dessus ou en dessous, y compris le climat près de la surface, le relief, l'hydrologie avec les lacs peu profonds, les rivières, les marécages et les marais, les couches sédimentaires de surface, les nappes d'eau souterraines et les réserves hydrogéologiques associées, la flore et la faune, l'habitat humain et les marques physiques de l'activité humaine présente et passée (aménagement de terrasses, réserves d'eau ou structures de drainage, routes, bâtiments, etc.).

II.1.6 Occupation et utilisation du sol

Les systèmes d'information mélangent souvent occupation et utilisation des sols. La distinction entre ces deux notions est fondamentale, même si elle est souvent ignorée ou oubliée. La confusion et l'ambiguïté conduisent à des problèmes d'ordre pratique, notamment quand des données présentées dans différentes dimensions doivent être mises en corrélation, comparées et/ou combinées (**Gregorio et Jansen, 1997**).

II.1.6.1 L'occupation des sols

C'est l'occupation (bio) physique observée de la surface terrestre (**Gregorio et Jansen, 1997**). Elle distingue plusieurs catégories biophysiques : les zones de végétation (arbres, buissons, champs, pelouses), les sols nus (même s'il s'agit d'un manque de couverture), les surfaces dures (roches, bâtiments), les surfaces humides et les plans d'eau (nappes et cours d'eau, zones inondables) à cela on ajoute l'occupation d'origine anthropique qui correspond à tous les types d'aménagement. Cette description a des répercussions sur les systèmes de classification, de collecte des données et les systèmes d'information en général. L'occupation des sols est « observée », c'est-à-dire scrutée par différentes « sources d'observation » situées à plus ou moins grande distance de la surface terrestre : l'œil humain, les photographies aériennes, les sondes satellites. (Office des publications officielles des Communautés européennes : Manuel des concepts relatifs aux systèmes d'information sur l'occupation et l'utilisation des sols, 2001).

II.1.6.2 L'utilisation des sols

Caractérise les arrangements, les activités et les intrants introduits par l'homme sur un certain type d'occupation du sol visant à en tirer des produits et/ou des bénéfices, on parle donc d'une description des surfaces terrestres selon leurs finalités socio-économiques : superficies à vocation résidentielle, industrielle, commerciale ou agricole. En raison du rôle implicite ou explicite de l'homme dans la détermination de l'utilisation des sols, elle doit être traitée séparément de l'occupation du sol, assurant ainsi la cohérence et la comparabilité interne et externe. (OBSERVATOIRE DU SAHARA ET DU SAHEL : Cartographie de l'occupation du sol Spécifications techniques).

II.1.7 Importance des données sur l'occupation du sol

Les classes d'occupation et d'utilisation des sols sont des unités analytiques qui permettent d'établir un premier lien quantitatif entre les activités humaines, leurs répercussions sur l'environnement, et la dimension géographique (spatiale). Les informations concernant l'évolution de l'occupation/utilisation des sols intègrent la dimension temporelle. Ces données présentent un intérêt majeur pour les décideurs qui évaluent les décisions touchant à la terre et pour la communauté scientifique qui découvre les causes sous-jacentes et les conséquences. Ces informations prennent ainsi une dimension beaucoup plus intéressante à travers l'analyse, l'identification et la description du processus en cours.

II.1.8 Évolution de l'occupation et l'utilisation du sol

En règle générale, les évolutions de l'occupation et l'utilisation des sols sont réparties en deux grandes catégories : la conversion et la modification (**Stott et Haines-Young, 1996**) :

II.1.8.1 La conversion

Fait référence au passage de l'une des classes d'occupation ou d'utilisation à une autre (exemple : de la forêt aux prairies et pelouses).

II.1.8.2 La modification

Représente une évolution à l'intérieur d'une classe (exemple : d'une zone de culture en sec à une culture irriguée) suite à des changements affectant ses attributs physiques ou fonctionnels.

Les informations purement relatives à l'occupation et à l'utilisation des sols prennent une dimension beaucoup plus intéressante à travers l'analyse, l'identification et la description du processus en cours. Les évolutions permettent de déduire certains processus, qui peuvent aussi servir de simples indicateurs, parmi lesquels :

- **Intensification** Flux représentant le passage d'une faible intensité d'occupation ou d'utilisation des sols à une plus forte (exemple : d'un milieu semi-naturel à une terre arable).
- **Extensification** Flux représentant le passage d'une forte intensité d'occupation ou d'utilisation des sols à une plus faible (exemple : d'une pâture aménagée à un milieu semi-naturel).
- **Boisement** Flux représentant la plantation ou la régénération naturelle d'arbres.
- **Déboisement** Flux représentant l'abattage des arbres.
- **Développement** Flux impliquant la transformation d'un espace ouvert en un milieu à vocation urbaine, industrielle ou de transport.
- **Réhabilitation** Flux impliquant la création d'un espace ouvert dans des zones précédemment développées (exemple : réhabilitation d'une exploitation minière).

II.1.9.1 Occupation du sol dan la commune de Mohammadia :

D'une superficie totale de 16200 ha, l'ensemble de la plaine est exploité en irrigué à dominante arboré culture. La surface agricole utile occupe 7974 ha, les forets et maquis occupent une superficie de 534ha, et le reste soit 1157ha est occupé par la terre improductive. Cependant, une partie du piémont a connu des travaux de reboisement.

II.1.9.2 Etude Socio-économique :

L'analyse de la dynamique de la population est un facteur déterminant dans le volet socio-économique. Elle permet d'apprécier sa dynamique et sa corrélation avec l'espace. Par ailleurs, notons que la maîtrise du milieu humain représente un axe fondamental dans le développement socio-économique d'un espace. En effet, l'accroissement rapide de la population engendre des conséquences négatives au double plan social et économique.

Dans ce titre, nous allons étudier les éléments qui ont trait à la vie socio- économique et voir les évolutions de ses différents éléments au cours des 20 années et de voir dans quelle proportion ils influent sur le développement de la commune.

Nous pouvons expliquer L'extension urbaine de la ville de Mohammadia par la croissance démographique importante (l'accroissement naturelle de la population) ou par l'immigration vers la commune.

II.1.9.2.1 Population :

II.1.9.2.1.a. Augmentation du taux de population :

La population de Mohammadia n'a pas cessé d'accroître, en 1987 elle comptait 68 211 habitants, en 1998 elle est passée à 71 366 habitants soit un taux d'accroissement de 0,42%. En 2008 le nombre d'habitant a augmenté à 84 700 habitants avec un taux d'accroissement de 1.69%.

Le dernier recensement de 2008 a inscrit un taux d'accroissement très faible à cause de l'augmentation des mortalités et la chute des fécondités dans la dernière décennie, la sécheresse, terrorisme, cela a touché presque toute la région de l'Algérie et surtout les petites communes et ses environs (terrorisme)

Tableau n°11: L'évolution de la population entre 1987 et 2008

Commune	Superficie Km ²	Pop 1987 (hab)	Pop 1998 (hab)	Pop 2008 (hab)	taux d'accroissement 1998/87	taux d'accroissement 2008/98
Mohammadia	220	68 211	71 366	84 700	0,42%	1,69%

(ONS, 2008)

II.1.9.2.1.b. Répartition des densités de la population :

L'évolution de la répartition spatiale de la population de la zone d'étude à travers les périodes intercensitaires (1987,1998 et 2008) révèle une augmentation moyenne de la densité de population qui est dépassée de 300 habitants/km² en 1987 à 310 habitants/km² en 2008, cette densité est assez importante (voir tableau ci-dessous)

Le plus important des facteurs responsables de la croissance de l'espace bâti, est l'évolution de la population urbaine totale. Qui est sans doute le facteur le plus déterminant de la croissance de l'espace bâti .en effet historiquement, la croissance de la population s'est traduite sur le temps par une extension surfacique de la ville.

Tableau n°12: Répartition des densités de population

Commune	Densité1987 habitants/km ²	Densité1998 habitants/km ²	Densité2008 habitants/km ²
Mohammadia	310	324	385

(ONS, 2008)

II.1.9.2.1.c. La population rurale :

La population rurale est définie par rapport au statut de l'agglomération ainsi que la proportion d'actifs agricoles au niveau de la commune.

Nous remarquons dans le tableau ci-dessous que la population rurale (17%) et le taux de l'activité agricole (23%) présentent plus que la moitié par rapport au total. (**Tableau n°13**).

Tableau n°13: Répartition de la population rurale

Commune/Région agricole	Totale	Rurale	Rurale %	Totale Active	Active agricole	% act.agr Par rapport au total
Mohammadia	94859	16912	17%	29686	6830	23%

(ONS, 2008)

II.1.9.2.2 L'agriculture :

La commune de Mohammadia occupe une place importante au point de la vue agricole dans la wilaya de Mascara

La superficie agricole totale de notre zone d'étude, la SAT est de 11829 ha et la SAU est de 7557 ha de laquelle 2896 est de superficie irriguée ; dont la majorité est utilisée pour les cultures herbacées. (**Tableau n°14**)

Tableau n°14: Répartition des terres agricoles en ha

Commune/Région agricole	Surface agricole totale SAT	Surface agricole Utile SAU	Surface agricole irriguée S.IRRIGUEE
Mohammadia	11829	7557	2896

Subdivision de l'agriculture de, Mohammadia 2016

II.1.9.2.2.a Exploitations agricoles

Tableau n°15: Répartition des exploitations agricoles 2012-2013

Commune /Région agricole	Exploitations collectives		Exploitations individuelles		Exploitations Privées		Total	
	Nbre	Sup. (Ha)	Nbre	Sup. (Ha)	Nbre	Sup. (Ha)	Nbre	Sup. (Ha)
Mohammadia	188	3133	316	948	793	3476	1297	7557

DSA Mohammadia, 2013

Dans la zone d'étude, les terres du secteur privé représentent **61 %** des exploitations et elles occupent plus de **45%** de la SAU, en deuxième position, les terres dites "EAI/EAC (Exploitation Agricole Individuelle et Collective) représentent **38 %** des exploitations et près de **54%** des terres. Ainsi à eux deux, ces deux statuts fonciers représentent **99%** des exploitations et 99% des terres (**tableau n°15**).

II.1.9.2.2.b Les moyens techniques - Mécanisation

La surface moyenne des exploitations et la production intensive et semi intensive, exigent les besoins en machines agricoles. L'entretien des cultures est basé sur l'utilisation d'outils mécaniques.

Cependant, il existe à la commune plus de 270 tracteurs de différents types (à roue, à chenille et mini). Ces derniers ne suffisent pas à couvrir les exploitations agricoles pour réaliser le labour et la préparation du sol.

D'autre contrainte de la mécanisation c'est le nombre nul de moissonneuse batteuse (0 unité) L'autre tâche mécanisée est le pompage de l'eau à travers les forages. On utilise généralement, des pompes immergées, grâce à la disponibilité de l'énergie électrique.

Tableau N°16 : Répartition du matériel agricole 2012-2013

Commune	Répartition du matériel agricole								
	Tracteur à roues	Tracteur à chenilles	Mini tracteurs	Charrues	Remorques	Moissonneuses batteuses	Machines faucheuses	Lieuses	Pompes immergées
Mohammadia	216	45	16	145	52	0	29	00	62

(DSA Mohammadia, 2013)

II.1.9.2.2.c Les cultures pratiquées :

Les cultures pratiquées dans la commune sont diverses, souvent associées à l'élevage. Les principales spéculations sont l'arboriculture fruitière, le maraîchage, les céréales et les cultures fourragères ; l'élevage concerne les ovins, les caprins, les bovins et petits élevages comme l'aviculture et l'apiculture et cuniculture.

- **Les cultures herbacées :**

Les céréales Avec 4000 hectares emblavés au titre de la campagne (2012-2013), les céréales représentent 52% de la SAU.

Les céréales occupent la première place comme culture herbacée avec une production égale à 48000 qx

Tableau n°17 : Répartition des productions des cultures herbacées

Commune /Régions agricoles	Céréales		Légumes Secs		Maraîchages		Fourrages	
	Sup Emblavées (ha)	Prod. (qx)	Sup. (ha)	Prod. (qx)	Sup. (ha)	Prod. (qx)	Sup. (ha)	Prod. (qx)
Mohammadia	4000	48000	20	300	230	10750	510	5100

(DSA – Mohammadia, 2013)

- **Les légumes secs :**

Ce groupe de spéculations intéresse les exploitants. Les superficies qui lui sont consacrées sont 20 ha. D'une manière générale la production des légumes secs reste faible. Ceci est dû d'une part à la faible surface cultivée et aux rendements peu élevés en raison de mauvaises conduites des techniques culturales d'autre part.

- **Les cultures fourragères :**

Elles sont généralement cultivées en sec. Le déficit en eau exclue toute possibilité ou tentative d'intensification de ces cultures en irrigué. Elles représentent actuellement près de 6 % de l'occupation de la SAU. Ce sont surtout l'avoine, la luzerne et l'association vesce – avoine qui sont les plus pratiquées.

- **Les cultures maraîchères :**

Les cultures maraîchères de plein champ sont conduites en totalité en irrigué et qui occupent à peine 3 % de la SAU actuelle.

- **Les cultures pérennes :**

Les cultures pérennes par leur rôle fixateur des sols. Elles représentent près de 38 % de la SAU.

Tableau n°18: Répartition des cultures et des productions des cultures pérennes

Commune / Région agricole	Agrumes		Oliviers		Figuiers		Arbres Fruitiers Divers	
	Sup. (ha)	Prod. (qx)	Sup. (ha)	Prod. (qx)	Sup. (ha)	Prod. (qx)	Sup. (ha)	Prod. (qx)
Mohammadia	2327	465400	527	23715	7	490	35	3025

(DSA – Mohammadia, 2016)

II.1.9.2. 3. Les productions animales :

En 2016-2017 La commune de mohammadia a enregistré 472 têtes de bovins dont 210 est de vaches laitières. L'effectif caprin est de 830 têtes dont 500 têtes de chèvres (**Tableau n°19**).

Les bases économiques de la commune se cristallisent actuellement autour de l'activité agricole et de l'élevage (agropastoralisme) comme leviers principaux de développement rural local créateur d'emplois.

Tableau n°19 : Effectif de grands élevages et petits élevages

Nombre de tete	Cheptel (têtes)							Petits élevages		
	Bovins	Dont vaches laitières	Ovins	Dont brebis	Caprins	Dont chèvres	Equin	Poules de chaires	Poules pondeuses	Apiculture (Ruches)
2016-2017	472	210	13685	6900	830	500	23	510000	29000	3940

(DSA – Mohammadia, 2017)

Tableau n°20: Infrastructures d'élevage

Commune	infrastructures d'élevage		
	Poulaillers (Poulets de chairs et dindes)	Poulaillers (Poules pondeuses)	Etables Et Hangars d'élevage
Mohammadia	40	5	36

(DSA – Mohammadia, 2013)

Tableau n°21 : les productions animales

Commune	Viandes Rouges (qx)	Viandes Blanches (qx)	Lait (unité:1000 L)	Œufs	Miel (qx)	Laine (qx)
Mohammadia	9156	14555	1568	22656	180	25620

(DSA -, Mohammadia 2013)

Conclusion

Notre région s'intègre dans l'étage bioclimatique aride dont elle se caractérise par deux périodes principales : une période hivernale froide et humide et une autre période d'un été très chaud et sec, ce dernier occupe une longue durée pendant de l'année (7 mois), l'agriculture est exposée à dangers de : l'insuffisance de l'eau (sècheresse) et le siroco.

Depuis le 1987 jusqu'à la période 2008 (dernier recensement), la population de la commune de Mohammadia a presque doublé et cette croissance va poursuivre à long terme.

On explique cette évolution démographique dans la commune par le mouvement migratoire des habitants de la campagne vers le ville.

Sur un autre plan on note que ce doublement de la population s'accompagne par une urbanisation accélérée et incontrôlée sans tenir compte leur extension sur les terres agricoles ceci nous mène à un réel déficit en terres agricoles en comparaison avec les données démographiques.

Malgré la diversité de cultures pratiquées, avec une superficie agricole utile de 7557 ha, mais l'agriculture n'est plus considérée comme avant, les habitants ont préconisé de travailler dans les autres secteurs pendant l'année comme l'élevage dont les ovins prennent la première place avec 13685 têtes et de spécialiser une main d'œuvre saisonnière aux moments de moisson et de récolte.

Chapitre 5

Étude de l'extension urbaine

III Étude de l'extension urbaine

III.1.1 Données Landsat TM utilisées

L'objectif fixé à ce travail est d'analyser les images satellites des scènes TM de LANDSAT pour l'interprétation du milieu physique de la région. Les images que nous avons utilisées sont des images THEMATIC MAPPER 5 et une scène d'image **LANDSAT 08-OLI**. L'échelle cartographique liée à l'exploitation des images du satellite TM, ayant une résolution de 28.5 mètres est de l'ordre de 1/50 000. Un nombre important d'images a été acquis. Ces images ont été prises à différentes saisons de la période comprise entre 1987 et 2011 (Fig 26).

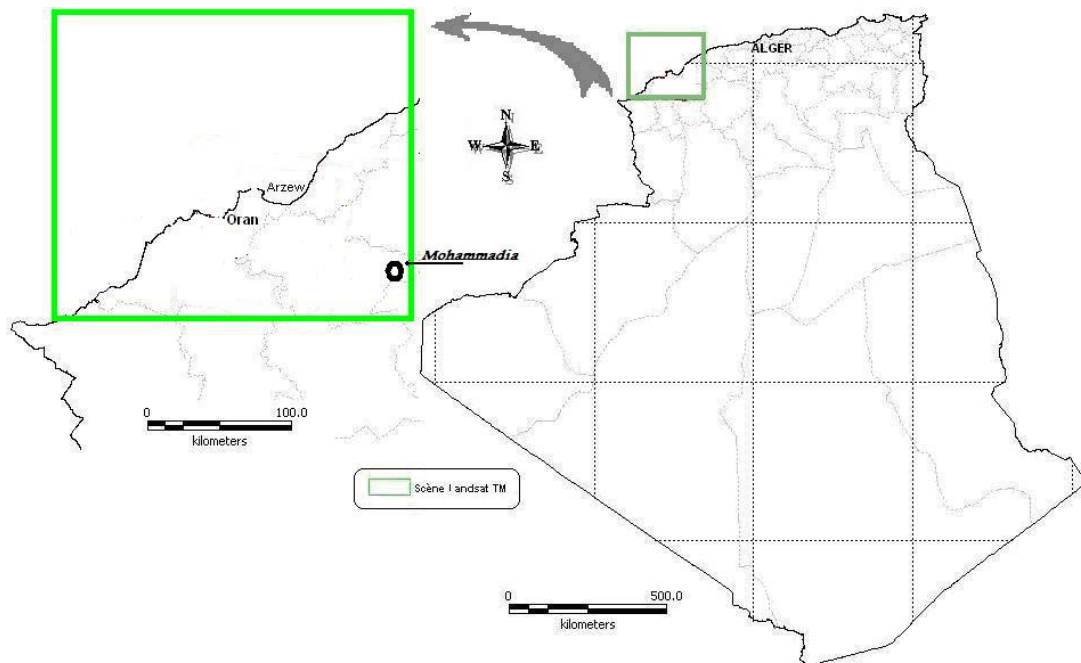


Figure 26: Localisation des scènes de Landsat utilisées

III.1.2 Sélection de la série d'image TM

Parmi l'ensemble des images de Landsat TM acquises, nous avons choisi celles prises entre l'intervalle de temps des années quatre-vingt et deux mille. Les images utilisées sont résumées dans le tableau suivant. (Tabl. n°11).

Tableau n° 1 : Les images utilisées.

SCENE	ANNEE	TYPE	VISEE
198/35	1987	Landsat TM	vertical
198/35	2002	Landsat TM	vertical
198/35	2011	Landsat TM	vertical
198/35	2017	Landsat 8-Oli	vertical

III.1.3 Traitement des données satellitaires

Un des grands avantages de l'image satellitaires par rapport à la photographie aérienne traditionnelle, réside dans le caractère numérique des données constituées de matrices de pixels auxquels sont affectées une ou plusieurs valeurs radiométriques. Cette forme

numérique des images satellitaires autorise leur gestion directe et leur traitement dans un environnement informatisé.

III.1.3.1 Géoréférencement des images satellitaires

Les images satellitaires à l'état brut fournies par les différents fournisseurs d'images sont affectées de nombreuses déformations spatiales dues à la conjonction de divers paramètres. On peut citer :

- Les variations (aléatoires) d'altitude du satellite sur son axe de vol,
- Les défauts de ses capteurs, le défilement du satellite et l'inclinaison de son orbite,
- Les facteurs "terrestres" (ellipsoïde, rotation de la terre, reliefs, etc.). Chaque image a donc sa propre géométrie qu'il faut corriger des effets de toutes ces déformations systématiques si l'on veut parvenir, sur une même zone, à une superposition de deux images "au pixel prêts" ou bien rendre l'image superposable à une carte topographique.

Les images utilisées dans ce travail sont corrigées géométriquement. Elles sont livrées avec un niveau de correction L1T (precision & terrain corrected).

III.1.3.2 Sélection géographique

Cette opération consiste à extraire la zone à étudier à partir de la scène entière. A cet effet, un masque délimitant la commune de Mohammadia (limite communale) sera utilisé pour déduire la fenêtre image à utiliser. (Fig. n°27).

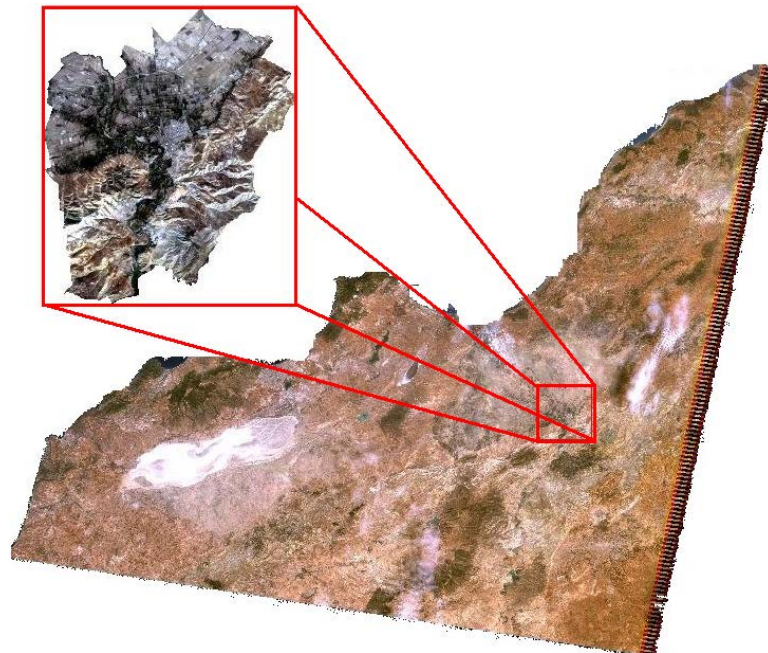


Figure 27 : Image masque de la zone correspondant à la limite administrative de la commune de Mohammadia

III.1.3.3 Sélection des canaux TM

L'information apportée par un seul canal ne permet pas toujours de donner une bonne restitution de la région étudiée. Pour cette raison, on a recouru à l'exploitation de plusieurs bandes spectrales en affectant à chacune d'elle l'une des trois couleurs fondamentales (bleu, vert, rouge).

Une trichromie est établie avec la combinaison des différents canaux du visible et proche infrarouge. Le choix d'une trichromie repose sur la facilité de l'identification de l'urbain. Pour cette raison, nous avons optés pour une trichromie des canaux 431.

III.1.3.4 L'évolution de l'assiette urbaine à partir des images à faible résolution spatiales

Pour mieux cerner l'étude de l'évolution de l'assiette urbaine dans la commune de Mohammadia, une série d'images de Landsat ont été utilisées afin de voir les différentes directions d'extensions et les surfaces englobées par le béton armé durant la période de 1987 jusqu'au 2017. Les images de Landsat sont livrées à une résolution spatiale re-échantillonnée à 30m*30m. Cette résolution spatiale de 30 mètres correspond à une échelle cartographique de 1/60.000ème.

III.1.3.4.1 Prétraitement des images

Les images de Landsat utilisées ont été présentées dans le temps entre 1987 et 2017. Des prétraitements ont été appliqués sur ces images afin d'améliorer les contrastes et augmenter la qualité visuelle (Fig n : 28).

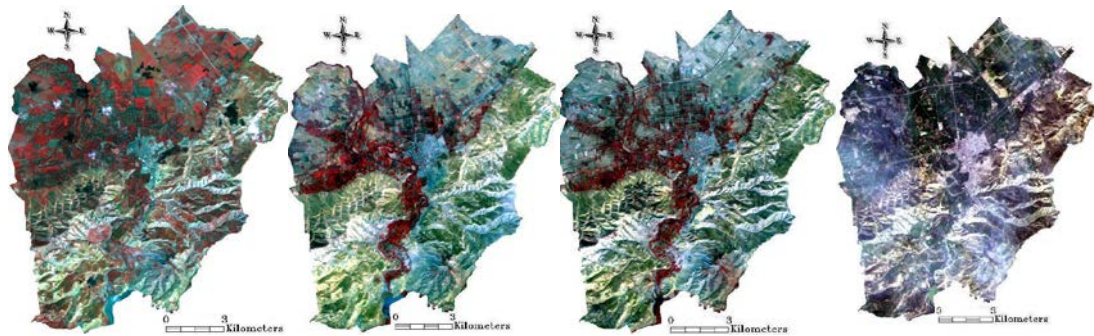


Figure 28 : les images utilisées de Gauche à Droite (celle de 1987, 2002, 2011 et 2017)

III.1.3.4.2 Estimation de la surface urbanisée durant l'année 1987

A l'aide de la technique de la numérisation on peut facilement décerner l'état actuel du tissu urbain. A cette époque la limite du tissu urbain était très restreinte. La surface urbanisable était à l'approximation de 317.700 Hectares (**fig n29**).

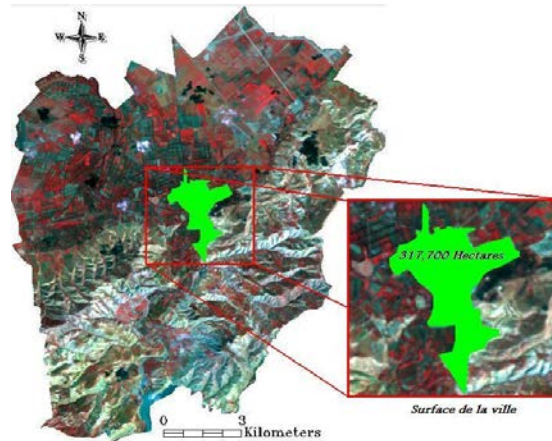


Figure 29: État des lieux du tissu urbain (2007)

III.1.3.4.3 Estimation de la surface urbanisée durant l'année 2002

A partir l'image satellitaire Landsat 2002, nous avons pu remarquer que la commune d'El Mohammédia a connu une certaine évolution de tissu urbain, elle est de 411, 750 ha. Le tissu urbain dans cette commune a enregistré un gain de 29.60%.

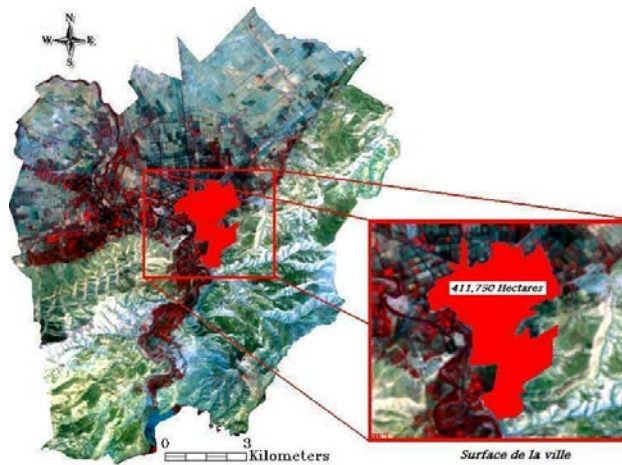


Figure 30: Tissu urbain en date de l'année 2002

III.1.3.4.4 Estimation de la surface urbanisée durant l'année 2011

L'évolution de l'urbanisation a atteint une superficie de 463,410 Hectares, avec un taux de gain de 11.14%.

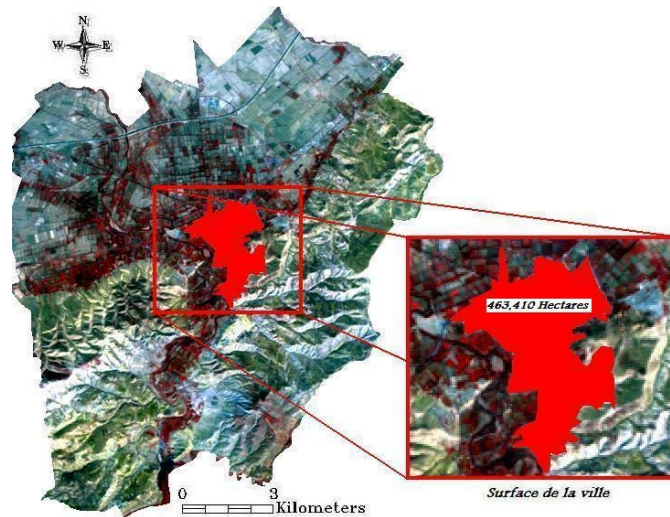


Figure 31: Tissu urbain en date de l'année 2011

III.1.3.4.5 Estimation de la surface urbanisée durant l'année 2017

Durant les dernières six ans, la commune d'El Mohammaia a marqué une urbanisation galopante, elle a marqué un gain de 198 ha qui correspond à 42.72 %.

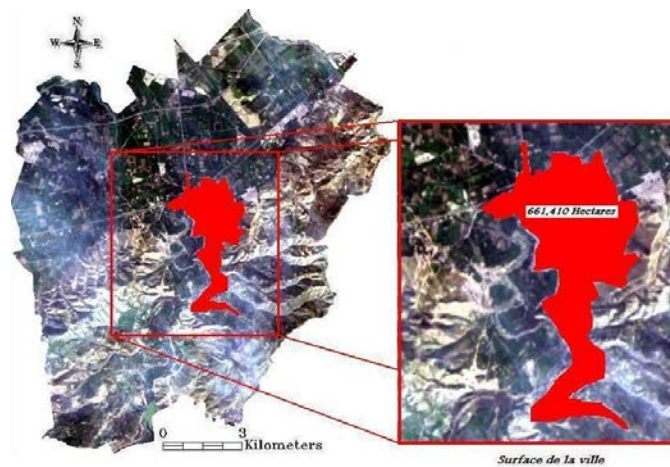


Figure 32: Tissu urbain en date de l'année 2017

III.1.3.4.6 L'évolution de la surface urbanisée dans la période (1987-2017)

Pour mieux comprendre l'état de changement de la surface urbanisable durant toute la période d'étude (1987-2017), nous avons fait recours au statique. Le graphique de l'évolution des surfaces montre une pente à tendance légère entre l'année 1987 et 2002 accompagné par une période à faible tendance entre l'année 2002 et 2011, suivie par une pente importante. Cette dernière, explique que durant la période 2011 et 2017, la zone a enregistré une très forte urbanisation.

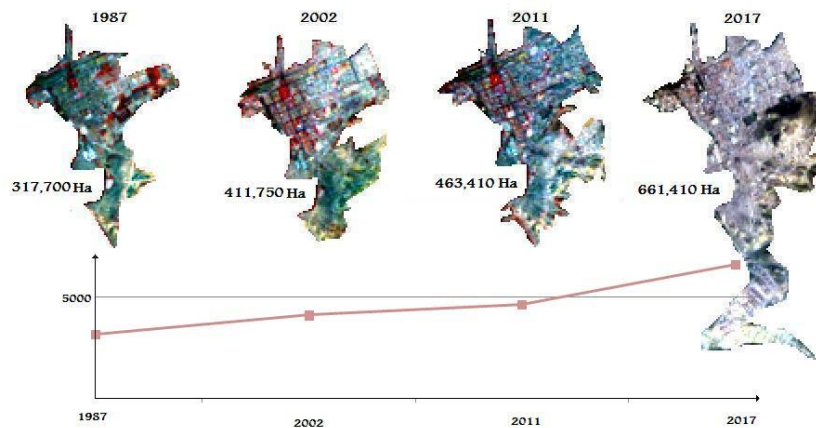


Figure 33: l'évolution du tissu urbain entre (1987-2017)

III.1.3.5 L'évolution de l'assiette urbaine à partir des images à faible résolution spatiales

Les images de Landsat sont composées des canaux multi spectrales avec une résolution spatiale de 30 mètres et un canal en mode panchromatique avec une résolution de 15 mètres. Cette donnée permet de fusionner le multispectrale (richesse radiométrique) avec le panchromatique (richesse géométrique). Cette opération permet de passer de l'échelle cartographique du TM multispectrale (1/60.000 ème) à une échelle cartographique de 1/30.000ème (résolution de 15 mètres).

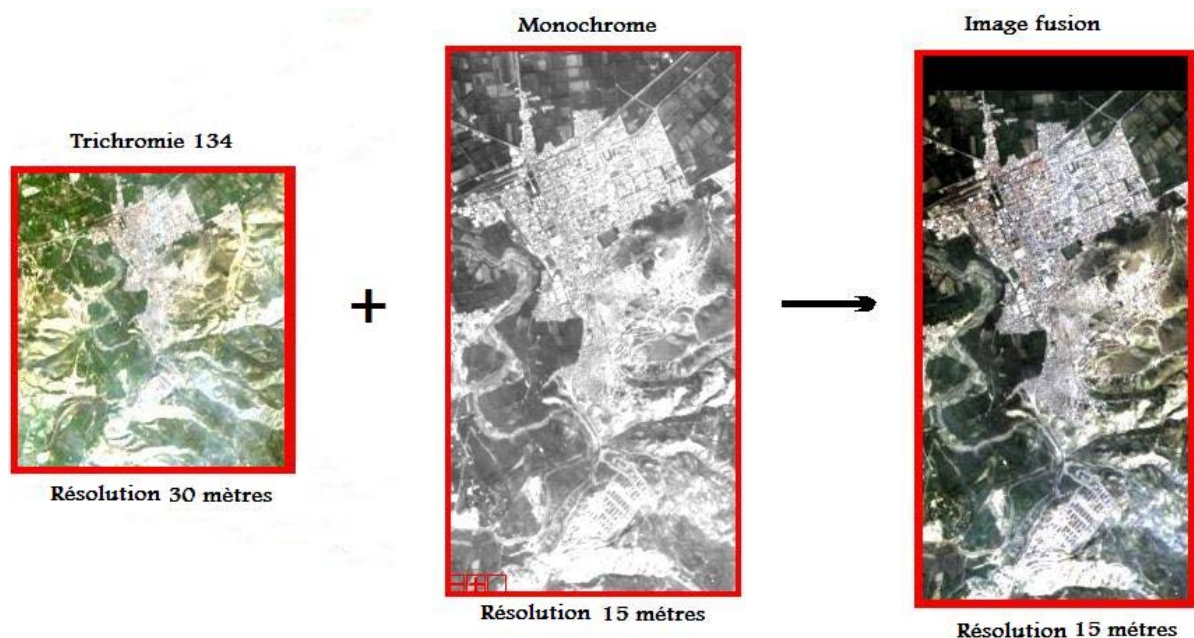


Figure 34 : fusion des images multispectrale (30m) avec le panchromatique (15m).

III.1.3.6 L'évolution de l'assiette urbaine à partir des images à très grande résolution spatiales

Le satellite Quikbird fournit des images à très haute résolution spatiales (0.6 mètre). Ces images permettent de mettre en évidence le tissu urbain à une échelle de détail. On peut facilement distinguer les îlots et les différentes bâtisses (Fig.

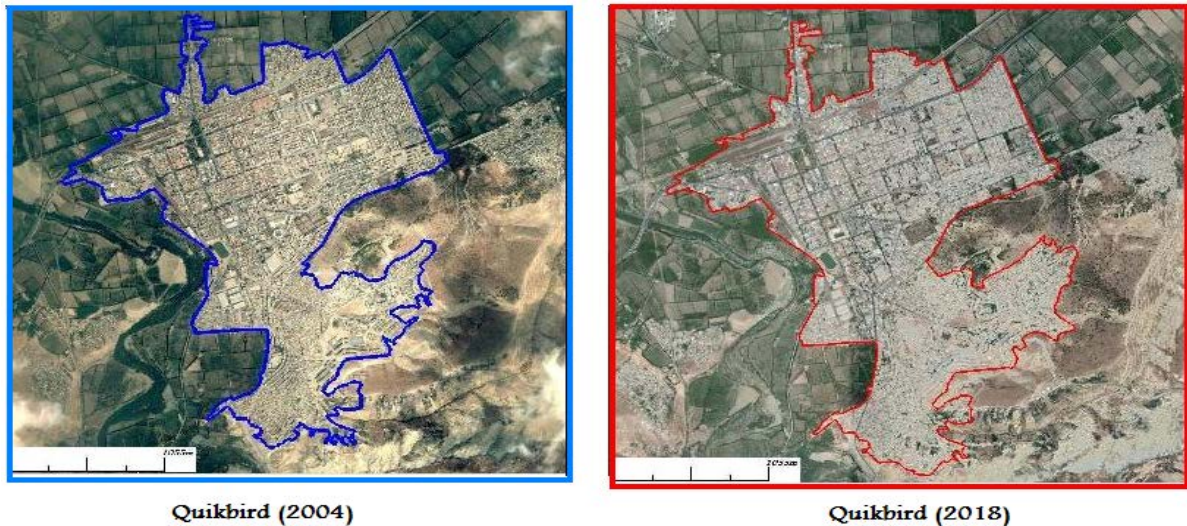


Figure 35: délimitation du tissu urbain à partir des images à très haute résolution



Figure 36: l'évolution du tissu urbain entre 2004 et 2018

La méthode cartographique utilisée, nous a permis de mettre en évidence les portions des assiettes urbaines qui ont été consommées durant la période de l'année 2004 et 2018. Le sens des nouvelles implantations ont été enregistrées dans le côté Est et dans le flanc Sud.

Conclusion Générale

L'analyse diachronique de l'évolution de l'occupation du sol dans la commune d'El Mohammedia – wilaya de Mascara, durant la période 1987-2017, .Dans cette étude nous avons opté pour une méthodologie qui se base essentiellement sur la combinaison de la télédétection et le système d'information géographique.

En utilisant les fonctionnalités du système d'information géographique pour le calcul de surface des classes obtenues, nous avons constaté que la commune d'El Mohammedia a connu une forte croissance urbaine qui s'est produite essentiellement au centre de la commune, la forte urbanisation a été remarquée durant la période 2011-2017 où le taux d'urbanisation était de 42. 72%. Cette situation est interprétée par la croissance galopante de la démographie, la commune d'El Mohammedia est connue par la culture des Culture d'agrumes cette classe n'a pas marqué vraiment un changement considérable.

Le suivi de l'évolution du phénomène d'urbanisation dans la commune d'El Mohammedia constitue un outil primordial pour comprendre et envisager les aménagements nécessaires pour une gestion de l'espace.

Références Bibliographiques

AKIYO S 2004 . contribution à l'évaluation de la mise en œuvre du plan d'aménagement participatif des forêts classées Tchaourou et Toui-Kilibo. Mémoire de maîtrise de géographie. DGAT/FLASH/UAC/Bénin.112p. **P01**

BAGNOULS et GAUSSEN, (1953): Saison sèche et indice xérothermique.Doc. Cart. Prod.Veg. **P31**

BARNHYII, (1983): « A Survey of Representation and Design of Surfaces ». IEEE Computer Graphics and Application. Vol.3. n°6, PP. 9-17.**P24**

BARSKY, (1984): « A Description and Evaluation of Various 3D Model ». IEEE Computer Graphics and Applications. Vol 4, n°1, PP.38-52. **P24**

BENMOUFFOK, 1993 : «Intégration des données physiographique obtenues à partir d'Images LANDSAT au modèle hydrologique CEQUEAU». Thèse de Maîtrise Es sciences, Université Laval. 182 **P23**

BENCHEKROUN: H. Urbanisme et télédétection spatiale dans les pays en développement. In: GÉO OBSERVATEUR, ed. La télédétection spatiale pour l'environnement et le développement (Marisy 95), 1995 Ifrane, Maroc. INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial.

BON (2011) : système d'information géographique biophysique des terre pour la culture de l'ananas dans la plantation de Haut pendja, mémoire d'Ing agronome, département de science de sol, université de Dshang.**P15**

Boukheir R., al 2001, Boukheir R., Girard MC.,Shaban A.,Khawlie M.,Faour G. et P14

Bannari et al, 1995: spectrales et géomorphométriques dans un SIG pour la cartographie des aires exposées à l'érosion, Revue Télédétection, , vol. 7, n° 1-2-3-4, p. 327-342.**P14**

Brunet (1992) : Roger brunet, ''la région selon Brunet, 1992'' Espace temps net, livres, 06/02/2004 **P01**

Bonn & Rochon 1992: «Précis de télédétection Vol I : Principes et méthodes». Presses de l'Université du Québec / AUPELF, 485 P. **P07**

BOSMAN, E. R.; ECKART, D. and KUBIK, K. (1972). « A Program System for Surface Approximation ». Bildmessung and Luftbildwesen, Bull. n° 40, PP.13-20.

Caloz R, 1990: Télédétection appliquée. Notes de cours. École Polytechnique Fédérale de Lausanne, p57. **P07**

CCT, 1999 : Centre canadien de télédétection (1999). Notions fondamentales de télédétection : Cours tutoriels de télédétections.**P03-P08- P09**

CHILES et DELFINER, 1976: « Reconstitution par Krigeage de la Surface Topographique à partir de Divers Schéma d'Echantillonnage Photogramétrique ». Bulletin n° 57 de la Société Française de Photogramétrie. PP.42-50. **P24**

CLARCKE, 1982:). « Mathematical Models in Hydrology ». Irrigation and Drainage Paper. Vol. 19. Ed. FAO, Rome. 282 P. **P24**

Darwich T., (2001) : Apport de la télédétection pour la modélisation de l'érosion hydrique des sols dans la région.

DE MASSON d'AUTUME, 1979 : « Surface Modeling by Means of an Elastic Grid ». Photogrammetria n°35, PP. 65-74. **P25**

DEPRAETERE, C. (1986). « Rapport d'Activité N°: 2 » I.G.N Saint Mondé Paris. 47 P

Dubreuil V : Le Dû L., 1997, Etude du couvert végétal (NDVI) par télédétection (NOAA-AVHRR), Participation à l'ouvrage "Le climat, l'eau et les hommes; Mélanges offerts au Professeur Jean Mounier", Presses Universitaires de Rennes. **P01**

FAO, 1997 : Africover, classification de l'occupation du sol. **P01**

FOGG, G. (1977). « Bicubic Spline Interpolation from Data in Contour Form » Royal Aircraft Report. MF n°24449. In **PROY, C. (1986)**. « Intégration du Relief et Traitement d'Image en Télédétection. ». Thèse Doc. Ing. Institut National Polytechnique de Toulouse. 173 P. **P25**

GIRARD M.C., GIRARD C.M., 1989: Télédétection appliquée aux zones tempérées et intertropicales. Masson. **P01**

H.Martain : Ecole thématique SIRS et archéologie, Tours, 9 septembre 2003. **P01**

Girard, 1989: Traitement des données de télédétection, 1999. Cours SIG PDF. **P13**

GROS, 1981:). « Report of the Working Group on Digital Terrain Models -An Approach to the Automatic Calculation of Conspicuous Terrain Elements ». Rapport d'IGN, 27 P. **P24**

ITAF2017 : l'institut technique l'arboriculture fruitière de la commune de Mohammadia. **P28-30**

LONGLEYET Al. 2005: Geographic Information Systems and Science. Second Edition. New York: Wiley. **P15**

Marc Souris, 2002 : Les principes des systèmes d'information géographique. Thèse de doctorat. Géomatique. La Rochelle. **P15**

MAC CULLAGH (1983): « Shape Preserving Planar Interpolation » Computer Graphics and Applications. PP. 58-67. **P24**

MILLER C.L & LA FLAMME R.A. (1958) : « The Digital Terrain Model Theory and Application » Photogram. Engineering. Vol. 3. n° 24. PP. 433-442.

Oumi S, 2013 : Application des techniques nucléaires et de la télédétection à l'étude de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued mina. Thèse de doctorat. Blida : l'école nationale supérieure d'hydraulique. 189 p. **P19**

Rie, 2002: M. RIEDO, G, GACHET, D.GUERE , R CALOZ & F .GOLAY “perspective pour exploitation des modèles numériques d'altitude à très haute résolution”

Rouse et Haas, 1973; Tucker, 1979: Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS', *Third ERTS Symposium*, NASA SP-351 I, 309-317. ed and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation', *Remote Sensing of Environment*, **8(2)**,127-150. **P14**

Rouse et al., 1974: monitoring vegetation systems in the Great Plain with ERTS in : Fraden S.C., Marcanti E.P et Becker Ma (eds). Third ERTD-1 Symposium, 10-14 dec.1973. NAZA SP-351 ?Washington D.C.NASA, pp.309-317.

SHEPARD, 1968: « A Two-Dimensional Interpolation Function for Computer Mapping of Irregularly Spaced Data » National Conference of the Association for Computing Machinery. Vol.23. In **PROY, C. (1986)**. « Intégration du Relief et Traitement d'Image en Télédétection ». Thèse Doc. Ing. Institut National Polytechnique de Toulouse. 173 P.

UNED, 2008: Université nationale d'enseignement à distance (université publique espagnole).

UNIGE (2004), peduzzi (2009): Assessing global exposure and vulnerability towards natural hazards: the Disaster Risk Index. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2009, vol. 9, n° 4, p. 1149-1159. **P05**

UVED, 2008: Suivi de l'environnement par satellite UNIVERSITE Université virtuelle environnement et développement durable. **P06**

QUINN, P., BEVEN, K., CHEVALLIER, P. and PLANCHON, O. (1991) « The Prediction of Hillslope Flow Paths for Distributed Hydrological Modeling Using Digital Terrain Models » Hydro. Proc. Vol. 5, PP. 59-79. **P20**

LEBERL (1982): « Raster Scanning for Operational Digitizing » photogrammetric Engineering and Remote Sensing ». Vol. 48, n°.4, PP.615-621. **P24**

Références Internet

W.3 : <https://www.ccrs.nrcan.gc.ca>. Notions fondamentales de télédétection. Cours tutorial du centre canadien de télédétection.