

M 1004, 566

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université de 8 Mai 1945 – Guelma -

Faculté des Mathématiques, d'Informatique et des Sciences de la matière

Département d'Informatique



## Mémoire de Fin d'études Master

**Filière :** Informatique

**Option :** Ingénierie des Media

**Thème :**

---

**Système Automatique de Production de cartes  
d'occupation du Sol à partir d'image de télédétection**

---

**Encadré Par :**

**Dr. BENCHERIET Chemesse enahar**

**Présenté par :**

**BENMABROUK Amir**

**SALAH SALAH Med charif**

**Juin 2017**

# Remerciements

En premier lieu et avant tout nous tenons à exprimer nos remerciements au bon « **Dieu** » qui nous a entouré de sa bienveillance et nous a renforcé avec le courage et la force pour avoir enfin mené à bien ce travail.

Ensuite, nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadreur **Dr. BENCHERIET** pour avoir acceptée de nous suivre, et nos plus vifs remerciements pour son soutien, sa patience, ses conseils judicieux, pertinents, et sa sympathie dont il nous a fait preuve tout au long de l'élaboration de ce travail.

Nous adressons également nos remerciements, à tous nos enseignants, qui nous ont donné les bases de la science, nous remercions très sincèrement, monsieur l'examineur pour nous avoir fait l'honneur d'évaluer notre travail.

Nos pensées se tournent maintenant vers **nos parents** qui nous ont entourés par la tendresse et l'amour dévoué depuis notre enfance. Merci de votre soutien de tous les jours et nous espérons que vous soyez aussi fiers de nous que nous le sommes de vous.

Et finalement à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à accomplir ce travail nous disons **Merci**.

## RESUME

La connaissance précise de l'occupation du sol est un enjeu crucial pour beaucoup de travaux de recherche et pour de nombreuses applications opérationnelles. La possibilité offerte par la télédétection spatiale d'accéder à une vue d'ensemble des grandes régions de façon récurrente constitue donc un atout majeur pour la production de cartes d'occupation du sol. Cependant pour que ces cartes soient dispensables dans des délais raisonnables et avec une qualité suffisante, il est nécessaire de disposer des méthodes automatiques robustes et fiables capables d'exploiter de façon efficace les données disponibles.

L'objectif de ce projet est de mettre en œuvre un outil automatique de production de la carte d'occupation du sol basé sur la classification des images satellites hyper-spectrales ou multi spectrales.

Nous procédons en premier lieu à une séparation des différentes bandes spectrales présentes dans l'image ce qui nous permettra d'extraire l'information sur la réflectance de la lumière de chaque classe d'objet selon sa couleur (végétation, urbanisme, eau...etc.)

Une classification supervisée par SVM des régions sera par la suite appliquée sur l'image basé essentiellement sur l'attribution automatique de chaque région à une classe suivant sa signature spectrale

Mots clé :

Image satellite, Image multi-spectrale, Classification, Occupation du sol, Bands spectrales, SVM, Classification supervisée

## **Abstract**

Accurate knowledge of land use is a critical issue for many research and operational applications. The ability of remote sensing to gain access to an overview of large regions on a recurring basis is therefore a major asset for the production of land-use maps. However, in order for these cards to be dispensable within a reasonable timeframe and with sufficient quality, robust and reliable automatic methods must be available which can efficiently exploit the available data.

The objective of this project is to implement an automatic tool for the production of the land-use map based on the classification of hyper-spectral or multi-spectral satellite images.

We first of all proceed to a separation of the different spectral bands present in the image, which will allow us to extract the information on the reflectance of the light of each object class according to its color (vegetation, urbanism, water ... etc. .)

A classification supervised by SVM of the regions will be applied subsequently to the image based essentially on the automatic allocation of each region to a class following its spectral signature

Key words:

Multi-spectral image, Classification, Soil occupancy, Spectral bands, SVM, Supervised classification



# **Sommaire**

# *Sommaire*



## **TABLE DES MATIÈRES**

### **Résumé**

Sommaire .....	1
Liste des figures .....	4
Liste des tableaux .....	7
Liste des Abréviations et Acronymes .....	8
INTRODUCTION GÉNÉRALE .....	10
<b>CHAPITRE I : L'IMAGE SATELLITAIRE</b>	
I. Introduction .....	12
II. Le satellite.....	12
II.1 Définition.....	12
II.2 Historique des satellites .....	12
II.3 Composition d'un satellite.....	15
II.4 Types de satellites .....	15
II.4.1 Les satellites scientifiques .....	15
II.4.2 Les satellites de télécommunication .....	16
II.4.3 Les satellites de télédétection (où d'observation) .....	16
II.4.4 Les satellites de positionnement.....	16
III. Images satellites .....	16
III.1 Définition .....	16
III.2 Types d'images satellites .....	17
III.2.1 Les images panchromatiques .....	17
III.2.2 Les images multi-spectrales ou multi bandes .....	18
III.2.3 Les images hyper-spectrales .....	19

III.3	Caractéristique d’image satellite .....	19
III.3.1	Résolution spatiale .....	19
III.3.2	Résolution spectrale .....	22
III.4	Domaines d'application de l’imagerie satellite.....	23
IV.	Conclusion.....	25
<b>CHAPITRE II : CARTOGRAPHIE DE L’OCCUPATION DU SOL</b>		
I.	Introduction .....	26
II.	SIG et référentiel spatial.....	26
III.	Cartographie .....	26
III.1	Définition .....	26
III.2	Principales étapes d’extraction des données au sein d’une carte .....	27
III.3	Fonctionnalités des SIG .....	28
IV.	Principes de la carte .....	29
V.	Types des cartes .....	29
V.1	Les cartes topographiques.....	30
V.2	Les cartes spéciales .....	31
V.3	Les cartes thématiques .....	31
VI.	Principes généraux de cartographie .....	32
VII.	Composition de la carte.....	33
VIII.	La télédétection.....	33
VIII.1	Principe de base de la télédétection.....	34
VIII.2	Types de capteurs .....	35
VIII.3	Avantage de la télédétection.....	36
VIII.4	Domaines d'application de la télédétection .....	36
IX.	Travaux connexes .....	37
IX.1	Etude du changement urbain et suburbain de la basse vallée de la Bruche .....	37

IX.2	Etude de la dynamique de l'expansion urbaine du grand Tunis (1987- 96).....	39
X.	Conclusion .....	42
<b>CHAPITRE III : CLASSIFICATION PAR SEPARATEURS A VASTE MARGES</b>		
I.	Introduction .....	43
II.	Les types de classification .....	43
II.1	Classification non supervisée (ou non assistée) .....	43
II.2	Classification supervisée (ou assistée) .....	44
III.	Les étapes d'une classification supervisée.....	44
III.1	Étape d'apprentissage.....	44
III.2	Étape de classification.....	45
IV.	Les machines à vecteur de support .....	46
V.	Principes mathématique des SVM.....	46
VI.	Principes de fonctionnement général.....	47
VI.1	Notion de base.....	47
VI.2	Linéarité et non-linéarité .....	49
VII.	Conclusion .....	50
<b>CHAPITRE IV : CONCEPTION ET IMPLEMENTATION</b>		
I.	Introduction .....	51
II.	Environnement de développement .....	51
II.1	Environnement matériel.....	51
II.2	Environnement logiciel.....	51
II.2.1	Présentation du MATLAB.....	51
II.2.2	Fonctionnalité .....	52
II.2.3	Présentation de l'ENVI.....	52
II.2.4	Fonctionnalité .....	53
III.	Description du système .....	54



III.1	Pré traitements sous ENVI .....	54
III.1.1	Présentation de l'image et des régions d'intérêt .....	54
III.1.2	Préparation de l'image satellite.....	55
III.1.3	Extraction des régions d'intérêt .....	56
III.2	Traitement sous Matlab .....	58
III.2.1	Apprentissage.....	58
III.2.2	Classification.....	59
IV.	Comparaison .....	63
V.	Présentation de l'interface .....	64
VI.	Conclusion .....	66
	CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES .....	67
	BIBLIOGRAPHIE .....	68

# Liste des figures

# *Liste des Figures*

## **CHAPITRE I : L'IMAGE SATELLITAIRE**

<b>Figure I.1:</b> Spoutnik I et Spoutnik II .....	13
<b>Figure I.2:</b> Composition du satellite.....	15
<b>Figure I.3:</b> Image panchromatique .....	18
<b>Figure I.4:</b> Images multi-spectrales.....	18
<b>Figure I.5:</b> Le concept de la Spectroscopie .....	19
<b>Figure I.6:</b> Illustration de la résolution spatiale.....	20
<b>Figure I.7:</b> Illustration de la résolution spectrale.....	22

## **CHAPITRE II : CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL**

<b>Figure II.1:</b> Organisation du SIG en trois couches d'information .....	27
<b>Figure II.2 :</b> Représentation des données.....	28
<b>Figure II.3:</b> Exemple d'une carte topographique .....	30
<b>Figure II.4:</b> Exemple de carte spéciale : carte aéronautique de Toulouse.....	31
<b>Figure II.5:</b> Exemple d'une une carte thématique .....	32
<b>Figure II.6:</b> le système de télédétection .....	35
<b>Figure II.7:</b> Découpage de la zone d'étude.....	37
<b>Figure II.8:</b> Classifications de la zone d'étude en 1986, 1996 et 2005.....	38
<b>Figure II.9:</b> Composition colorée des Images SPOT1 1987 .....	40
<b>Figure II.10:</b> Composition colorée des Images SPOT3 1996. ....	41
<b>Figure II.11:</b> Composition colorée mixte délimite les zones d'évolution urbaine en bleu. ....	41

## **CHAPITRE III : CLASSIFICATION PAR SEPARATEURS A VASTE MARGES**

<b>Figure III.1:</b> un modèle présente la phase d'apprentissage.....	45
<b>Figure III.2:</b> Un modèle présente la phase de test.....	45
<b>Figure III.3:</b> Séparation des deux ensembles de points .....	48
<b>Figure III.4 :</b> Les vecteurs de support.....	48
<b>Figure III.5:</b> Présentation de la vaste marge .....	49
<b>Figure III.6:</b> Cas linéairement séparable.....	49

<b>Figure III.7:</b> Cas non linéairement séparable.....	49
<b>Figure III.8:</b> Changement de dimension pour le cas de non-linéarité.....	50

## CHAPITRE IV : CONCEPTION ET IMPLEMENTATION

<b>Figure IV.1:</b> Fenêtre principale du MATLAB .....	52
<b>Figure IV.2:</b> Fenêtre principale de l'ENVI .....	53
<b>Figure IV.3:</b> Description générale du système .....	54
<b>Figure IV.4:</b> Composition colorée de l'image de la zone d'étude (région de Mohammedia). .....	55
<b>Figure IV.5:</b> Les 7 bandes de l'image de la zone d'étude.....	55
<b>Figure IV.6:</b> Sélection des 3 bandes.....	56
<b>Figure IV.7:</b> Image d'étude en couleurs recomposée avec trois bandes TM3, TM4, TM5 et Les régions d'intérêt.....	57
<b>Figure IV.8:</b> La sélection des régions d'intérêt.....	57
<b>Figure IV.9:</b> Organigramme présente les étapes d'un apprentissage .....	58
<b>Figure IV.10:</b> Test du 20X20 .....	58
<b>Figure IV.11:</b> Test du 200X200 .....	59
<b>Figure IV.12:</b> Image de la région de Mohammedia classée par SVM avec le noyau linéaire .....	60
<b>Figure IV.13:</b> Image de la région de Mohammedia classée par SVM avec le noyau RBF	61
<b>Figure IV.14:</b> Image de la région de Mohammedia classée par SVM avec le noyau polynomial.....	62
<b>Figure IV.15:</b> L'accueil de l'application.....	64
<b>Figure IV.16:</b> La fenêtre principale de l'application.....	65



# Liste des tableaux

## Liste des Abréviations et Acronymes

- **Orbite** : Courbe décrite par une planète autour du soleil, ou par un satellite autour de sa planète.
- **Satellite météorologique** : Un satellite météorologique est un satellite artificiel qui a comme mission principale le recueil de données utilisées pour la surveillance du temps et du climat de la Terre.
- **Le système GPS américain : DORIS** est l'acronyme de Doppler Orbitography by Radiopositioning Integrated on Satellite (en Anglais) ou Détermination d'Orbite et Radiopositionnement Intégré par Satellite (en Français). C'est une technique (expérience) qui, à partir d'instruments embarqués sur satellite et de balises sur terre, permet de mesurer avec une grande précision à la fois la trajectoire du satellite et la localisation au sol.
- **GALILEO** : est un projet européen de système de positionnement par satellites (radionavigation) qui pourra être « couramment utilisé dans les transports maritimes, aériens et terrestres, les opérations de secours et de sauvetage, les travaux publics, la prospection pétrolière, l'agriculture, ou tout simplement associé à la voiture ou au téléphone mobile dans la vie de tous les jours.
- **Le système russe : GLONASS** globalnaïa navigatsionnaïa spoutnikovaïa sistéma, soit « système global de navigation satellitaire ») est un système de positionnement par satellites d'origine soviétique et géré par les forces spatiales de la Fédération de Russie.
- **SIG** est un système d'information conçu pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de données spatiales et géographiques.
- **CASI** : Le changement d'affectation des sols (CAS) est direct ou indirect (induit).
- **LIDAR** : La télédétection par laser est une technique de mesure à distance fondée sur l'analyse des propriétés d'un faisceau de lumière renvoyé vers son émetteur.

- **RADAR** : (de l'anglais RAdio Detection And Ranging) est un système qui utilise les ondes électromagnétiques pour détecter la présence et déterminer la position ainsi que la vitesse d'objets tels que les avions, les bateaux, ou la pluie.
- **Océanographie** : est l'étude de l'état et des processus physiques au sein de l'océan, principalement des mouvements et des propriétés des masses d'eau océaniques.
- **SPOT** : Satellite Pour l'Observation de la Terre.
- **Infrarouge** : le rayonnement infrarouge (IR) est un rayonnement électromagnétique d'une longueur d'ondes supérieure à celle de la lumière visible mais plus courte que celle des micro-ondes.
- **Matrice de confusion** : sert à évaluer la qualité d'une classification .Elle est obtenu en comparant les données classées avec des données de référence qui doivent être différentes de celle ayant servi à réaliser la classification.

# **Introduction générale**



## **Introduction générale**

L'occupation du sol est une variable fondamentale pour la planification régionale ainsi que pour l'étude et la compréhension de l'environnement. Cette thématique est devenue obligatoire dans la plupart des inventaires cartographiques et de suivi des phénomènes environnementaux, l'arrivée des satellites d'imagerie de dernière génération a offert des nouvelles bases pour l'inventaire et l'étude des changements de l'occupation du sol et de la végétation. Ils permettent l'acquisition d'une multitude d'images présentant des caractéristiques spatiale et temporelle différentes.

L'objectif de ce projet est de mettre en œuvre un outil automatique de production de la carte d'occupation du sol basé sur la classification des images satellites hyper-spectrales ou multi spectrales.

Notre système est basé sur la séparation des différentes bandes spectrales présentent dans l'image ce qui nous permettra d'extraire l'information sur la réflectance de la lumière de chaque classe d'objet selon sa couleur (végétation, urbanisme, eau...etc.)

Notre travail est reparti sur quatre chapitres comme suit :

### **Chapitre I : Image satellitaire**

Nous avons décomposé ce chapitre en deux parties dans la première nous avons présenté un petit historique sur les satellites, leurs compositions et leurs types, dans la deuxième nous avons présenté une illustration détaillée des images satellites, leurs types, leurs caractéristiques ainsi leurs applications.

### **Chapitre II : Cartographie de l'occupation de sol**

Nous avons réservé ce chapitre à une étude détaillée de la cartographie, la composition des cartes et leurs caractéristiques ainsi les systèmes SIG et la télédétection

### **Chapitre III : Classification par séparateurs à vaste marges**

Ce chapitre a fait l'objet d'une étude détaillée des méthodes de classification en général et du séparateur à vaste marge en particulier

#### **Chapitre IV : Conception et implémentation**

Dans ce chapitre nous avons évoqué la conception de notre application suivi d'une illustration des résultats obtenu et leurs comparaisons avec une étude intérieure effectuer sur la même région d'étude

# Chapitre I : L'IMAGE SATELLITAIRE

- I. Introduction
- II. Le satellite
  - II.1 Définition
  - II.2 Historique des satellites
  - II.3 Composition d'un satellite
  - II.4 Types de satellites
    - II.4.1 Les satellites scientifiques
    - II.4.2 Les satellites de télécommunication
    - II.4.3 Les satellites de télédétection (où d'observation)
    - II.4.4 Les satellites de positionnement
- III. Images satellites
  - III.1 Définition
  - III.2 Types d'images satellites
    - III.2.1 Les images panchromatiques
    - III.2.2 Les images multi-spectrales ou multi bandes
    - III.2.3 Les images hyper-spectrales
  - III.3 Caractéristique d'image satellite
    - III.3.1 Résolution spatiale
    - III.3.2 Résolution spectrale
  - III.4 Domaines d'application de l'imagerie satellite
- IV. Conclusion

## I. Introduction

L'espace est un lieu privilégié pour observer la Terre, comprendre son fonctionnement, surveiller son évolution, anticiper les phénomènes violents mais aussi un lieu de compétition technologique et un outil de puissance pour maîtriser l'information, contrôler les activités humaines et accompagner une stratégie d'indépendance.

L'utilisation de l'espace repose essentiellement sur les satellites pour la collecte d'information après l'acquisition des images.

## II. Le satellite

### II.1 Définition

Satellite viendrait du latin et voudrait dire : garde du corps, complice.

Le satellite est un Corps artificielle qui gravite autour d'un astre de masse prépondérante, ayant plusieurs rôles, utilisations et types (scientifiques, télécommunication, télédétection (où d'observation), ou positionnement), il produise plusieurs types d'images tel que les images panchromatiques, les images multi-spectrales ou multi bandes et les images hyper-spectrales.

Satellite artificiel ?

Comme son nom l'indique, il n'y a rien de naturel dans ces satellites. Tout est fabriqué par l'homme à l'opposé des satellites naturels comme la Lune. En revanche, comme les satellites naturels, ils exécutent une orbite autour d'un corps plus massifs qu'eux (une planète, un satellite naturel...).

Il ne faut pas confondre sonde et satellite artificiel. Une sonde sert à observer de plus près des objets du système solaire tandis qu'un satellite artificiel ne sert qu'à être mit en orbite autour d'un astre. Tous de même, une sonde peut aussi être mit en orbite autour d'un astre [1].

### II.2 Historique des satellites

Les premiers satellites artificiels sont envoyés durant la Guerre Froide. Ce sont les soviétiques qui réussissent, les premiers à en envoyer avec **Spoutnik I** et **Spoutnik II** (figure I.1) suivra ensuite avec **Laika** à son bord (le premier être vivant dans l'espace).



## CHAPITRE I | L'IMAGE SATELLITAIRE

La course à l'espace étant lancée, les Etats-Unis envoient leur premier satellite : Explorer I. Tous ces satellites sont utilisés à des fins scientifiques.

Durant la course à l'espace, les premiers satellites militaires apparaissent la série Corona (satellite américain permettant d'espionner les russes). En 1960, est envoyé TIROS-1, le satellite inaugurant les premiers satellites d'observation météorologique. Les satellites vont ensuite apparaître les uns après les autres : Landsat-1 (observation de la Terre), GEOS-3 (satellite radar depuis l'espace) ...etc.

En 1960, que le premier satellite créé pour le commerce voit le jour, c'est un satellite de télécommunication nommé Echo. S'en suivra de nombreux autres satellites destinés au commerce. [2]

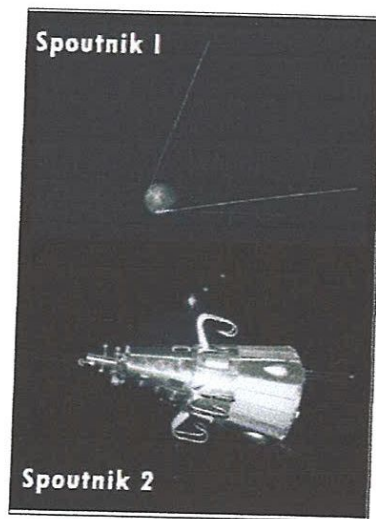


Figure I.1: Spoutnik I et Spoutnik II

Année	Nom du satellite	Information	Paye
1957	Spoutnik-1 et Spoutnik-2	Satellites scientifiques à orbite basse	Etats-Unis
1959	Discovery-1	Le premier satellite militaire américain	Etats-Unis
1960	TIROS-1	Le premier satellite météorologique.	Etats-Unis

Ref

## CHAPITRE I | L'IMAGE SATELLITAIRE

<b>1960</b>	TIROS-1	Le premier satellite météorologique.	Etats-Unis
	Midas 2	Satellite de surveillance anti-missile.	Etats-Unis
<b>1962</b>	Mercury 6	Satellite à but scientifique qui a permis à un américain, d'aller dans l'espace pour tester l'apesanteur entre autres	Etats-Unis
	Telstar 1	Le premier satellite de télécommunication	Etats-Unis
	Relay 1	Permet les premières transmissions d'ondes télévisuelles	Etats-Unis
<b>1964</b>	Syncom 3	le premier satellite à être mit en orbite géostationnaire	Etats-Unis
<b>1965</b>	Astérix	c'est le premier satellite artificiel français destiné au domaine scientifique	France
<b>1974</b>	Symphonie	premier satellite européen de télécommunication	Union européen
<b>1990</b>	Hubble	un satellite d'astronomie optique Américain	Etats-Unis
<b>2000</b>	IMAGE	premier satellite qui analyse le temps et les tempêtes	Etats-Unis
<b>2003</b>	MOST	Le plus petit télescope spatial mit en orbite	Canada

*Tableau I.1: Quelques satellites artificiels importants*

## II.3 Composition d'un satellite

Un satellite est composé de deux parties :

- **La charge utile :** La partie du satellite qui lui permet de remplir la mission pour laquelle il a été conçu. A l'intérieur on y trouve des antennes (satellite de télécommunication), des radiomètres (satellite de télédétection), des télescopes (satellite d'astronomie...etc.) Tout dépend du satellite dont il est question.
- **La plateforme et panneaux solaires :** C'est la partie du satellite qui fournit les ressources nécessaires (énergie), et qui permet de porter la charge utile.

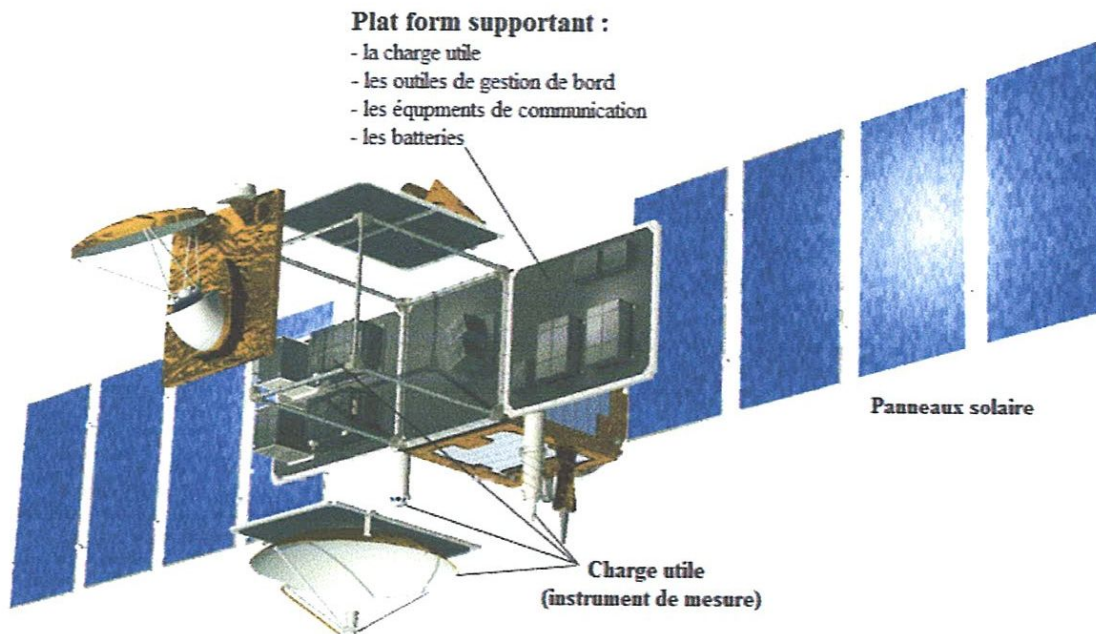


Figure I.2: Composition du satellite

## II.4 Types de satellites

Il existe plusieurs types de satellites artificiels (scientifique, de télécommunication, de télédétection et de positionnement)

### II.4.1 Les satellites scientifiques

Les satellites scientifiques regroupent les satellites affectés aux études scientifiques depuis l'espace. On retrouve dans cette catégorie les premiers satellites comme **Sputnik I** dont les émissions radio ont permis d'étudier les couches atmosphériques supérieures.



### II.4.2 Les satellites de télécommunication

Ces satellites sont utilisés pour communiquer, c'est à dire de transmettre des informations d'un point à un autre de la Terre. Cela peut être une communication téléphonique, un transfert de données, un programme de télévision...etc. Ils ont une orbite géostationnaire.

Parmi les satellites les plus connu, il y a le géant américain : **INTELSAT**, et ses concurrents européens et arabe **EUTELSAT**, **ARABSAT** et **NILSAT**.

### II.4.3 Les satellites de télédétection (où d'observation)

Les satellites de télédétection observent la Terre, dans un but scientifique (température de la mer, manteau neigeux, sécheresse...), économique (ressources naturelles, agriculture...) ou militaire (rôle majeur dans les guerres contemporaines ; ils sont plus couramment désignés sous le nom de satellites-espion). Le spectre d'observation est vaste, optique, radar, infrarouge, ultraviolet et écoute de signaux radioélectriques. La résolution atteint actuellement moins d'un mètre pour certaines gammes de fréquence. Celle-ci dépend de la technologie employée mais aussi de l'altitude du satellite : une bonne résolution exige une orbite basse en général héliosynchrone utilisée par exemple par les satellites d'observation de la terre de la famille **SPOT**.

### II.4.4 Les satellites de positionnement

Ils permettent de connaître la position d'objets à la surface de la Terre, dans les airs (avions, missiles...) et dans l'espace.

Les trois systèmes les plus connu sont :

- Le système GPS américain : **DORIS**
- Le futur système européen : **GALILEO**
- Le système russe : **GLONASS**

## III. Images satellites

### III.1 Définition

Une image satellite est comme une photo d'une partie de la Terre, prise de l'espace. Cette image est prise par un satellite placé en orbite autour de la planète. A la différence des images obtenues d'un appareil photo, ou dessinées sur du papier, une image satellite est une image

numérique, traité informatiquement, et celle-ci est mise en place à partir d'ondes transmises par le satellite à l'équipement au sol. L'image numérique est fabriquée par un ensemble de pixels, représentés par une série de bits, ayant chacun comme caractéristique un niveau de couleur ou de gris prélevé à l'emplacement correspondant dans l'image réelle, cet emplacement étant défini par ses coordonnées cartésiennes dans un plan d'ordonné y, d'abscisse x et de centre O.

Grâce à leur altitude, les satellites fournissent des images de grande taille. Dans le jargon, l'image prise est appelée « scène ». Effectivement, une image satellite représente en moyenne une « scène » de 60 km de côté, mais tout dépend du satellite, cela peut varier. La résolution des images joue un rôle important : la précision d'un pixel peut aller de 20 à 30 mètres en couleur et jusqu'à 1 ou 2 mètres en noir et blanc. Ceci dépend des capacités et de l'altitude du satellite. Les résolutions les plus hautes sont malheureusement encore réservées aux services militaires. Grâce à la technologie qui s'améliore de jour en jour, les satellites les plus récents fournissent des images comparables à des photos aériennes. [3]

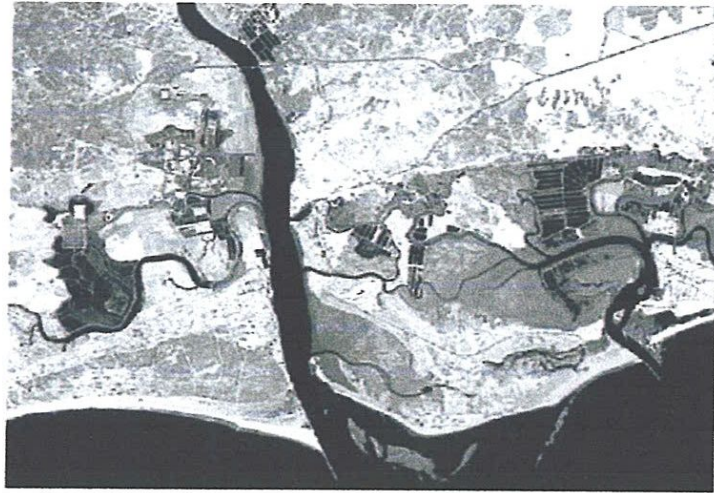
### III.2 Types d'images satellites

Les images satellitaires se diffèrent d'une image à une autre selon le type de capteur utilisé pendant l'acquisition, on peut distinguer trois types les images panchromatiques, Les images multi-spectrales et les images hyper-spectrales.

#### III.2.1 Les images panchromatiques

Les images panchromatiques sont obtenues à partir de l'enregistrement du rayonnement dans un unique intervalle de longueur d'onde situé dans le domaine du visible, c'est-à-dire entre 0,4 et 0,7  $\mu$  m. Comme les données ne sont acquises que dans un seul canal, seules des images en noir et blanc peuvent être obtenues (si l'image est codée sur 8 bits, elle sera visualisable en 255 niveaux de gris). Bien que moins riche du point de vue de la résolution spectrale, l'image panchromatique offre une résolution spatiale plus importante. [4]





*Figure I.3: Image panchromatique*

### III.2.2 Les images multi-spectrales ou multi bandes

Les données multi spectrales sont obtenues par des enregistrements simultanés dans un petit nombre de bandes spectrales (3 à 8), celles-ci n'étant pas nécessairement contiguës.

La représentation par combinaison de ces bandes d'information numérique en utilisant les trois couleurs primaires (rouge, vert, bleu) permet d'obtenir des images en couleurs. Les données de chaque bande sont représentées comme une couleur primaire et, selon la luminosité relative (c'est-à-dire valeur numérique) de chaque pixel dans chaque bande, les couleurs primaires se combineront en proportions différentes pour produire des couleurs distinctes. [4]



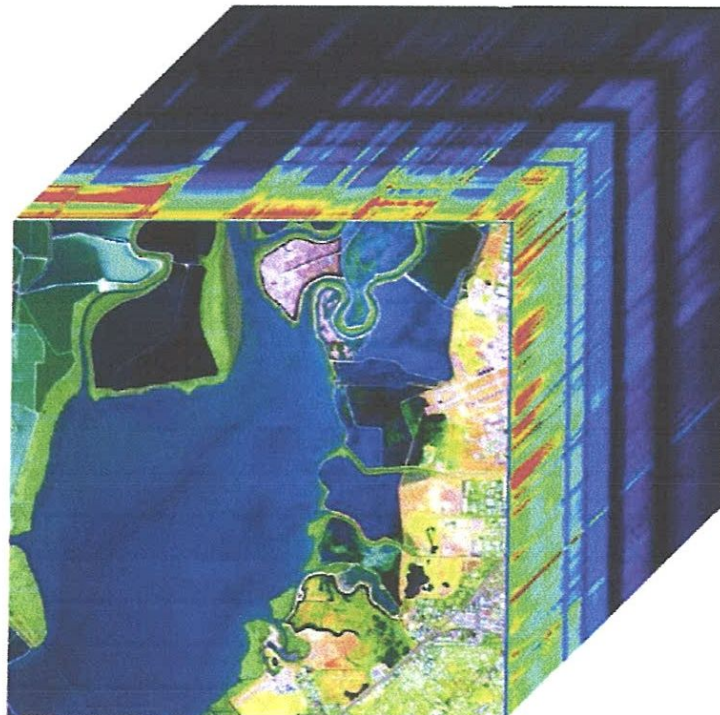
*Figure I.4: Images multi-spectrales*

### III.2.3 Les images hyper-spectrales

Les images " hyper spectrales " sont obtenues par des capteurs capables d'enregistrer l'information dans une multitude (souvent plus de 200) de bandes spectrales beaucoup plus étroites (de l'ordre de quelques nm) et souvent contigus, dans les portions visible, proche infrarouge et infrarouge moyen du spectre électromagnétique.

Les données hyper spectrales fournissent donc une information plus détaillée des propriétés spectrales (signature spectrale fine) d'une scène et permettent une identification et une discrimination plus précises des objets que les capteurs à larges bandes.

Chaque pixel d'une image hyper spectrale contient l'information recueillie dans de grandes fenêtres d'acquisition étalées sur la totalité du spectre visible et infrarouge (figure I.5). [4]



*Figure I.5: Le concept de la Spectroscopie*

### III.3 Caractéristique d'Image satellite

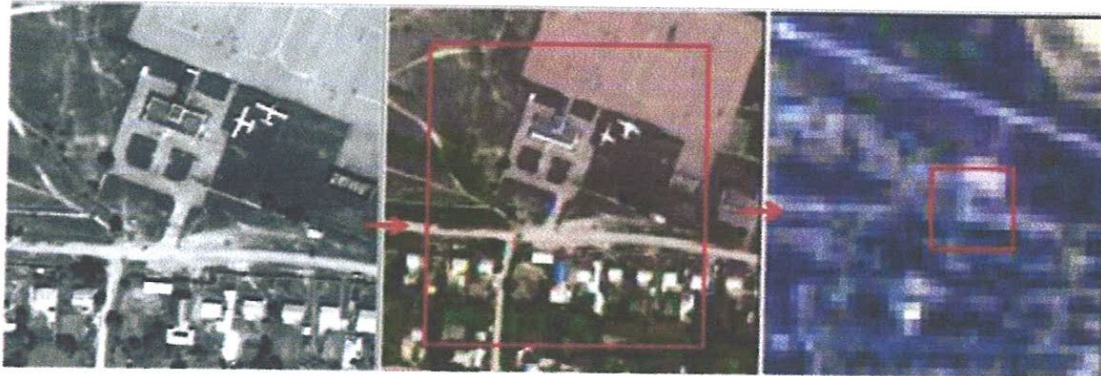
#### III.3.1 Résolution spatiale

La résolution spatiale fait référence à la taille des plus petits objets pouvant être distingués dans une image. La résolution spatiale est très importante pour la cartographie topographique. Fondamentalement, la résolution spatiale doit être assez élevée pour permettre la détection, la



## CHAPITRE I | L'IMAGE SATELLITAIRE

reconnaissance, l'identification, et aussi la symbolisation des objets, des traits, et des surfaces observées sur l'image. Une identification sûre des limites de culture, des routes, des voies ferrées, des immeubles, qui sont normalement représentés sur une carte au trait à n'importe quelle échelle, requiert une résolution au sol d'approximativement 1.4 à 2.5m/pixel. Si le capteur utilisé ne peut pas fournir ce niveau de résolution, alors tous les détails de cultures ne pourront pas être adéquatement représentés. [5]



*Figure I.6: Illustration de la résolution spatiale*

Deux méthodes utilisant différents critères ont été développées pour déterminer la taille appropriée du pixel pour chaque application cartographique.

- Méthode 01 :

Assume qu'une résolution de 300lignes/inch à l'écran peut transférer toutes les informations pouvant être utilisées par l'œil humain lorsqu'il observe cette qualité d'impression [6]. En utilisant ce critère, la relation entre la dimension du pixel (en mètre) et l'échelle de l'image est la suivante :

$$ps = \frac{1 \text{ inch}}{300} * \frac{1 \text{ m}}{39.37 \text{ inch}} * \text{Echelle image}$$

) *Synthique*

On obtient le tableau pour les différentes échelles :

Echelle	Résolution en mètre
<b>1 :50000</b>	Ps = 4.2 m
<b>1 :25000</b>	Ps = 2.1 m
<b>1 :10000</b>	Ps = 0.846 m

<b>1 :5000</b>	Ps = 0.423 m
----------------	--------------

*Tableau I.2: résolution métrique selon l'échelle [6]*

- Méthode 2 :

Se base sur une approche photogrammétrie, dont la formulation est la suivante :

$$ps = \frac{1}{0.36} * \frac{B}{H} * 0.3 * CI$$

- CI représente l'équidistance des courbes de niveau.
- Avec un rapport base sur hauteur de vol de l'ordre de B/H=0.6. [6]

<b>Echelle</b>	<b>CI</b>	<b>Résolution en mètre</b>
<b>1 :50000</b>	10 m	5.0 m
<b>1 :25000</b>	5 m	2.5 m
<b>1 :10000</b>	2 m	1.0 m
<b>1 :5000</b>	2 m	1.0 m
<b>1 :5000</b>	1 m	0.5 m

*Tableau I.3 : résolution métrique selon l'intervalle des courbes [6]*

Dans ce qui suit, on donne quelques résolutions spatiales et les applications .

<b>Résolution</b>	<b>Application</b>
<b>1 mètre</b>	- Identifier et cartographier les éléments de plus d'un mètre carré (Bancs, voitures, abris de bus, routes nationales, trottoirs).
<b>10 mètres</b>	- Localiser et cartographier les bâtiments, cours, routes, terrains de sport, terrains agricoles et rues transversales. - Opérer une classification des terrains de faible superficie.
<b>20-30 mètres</b>	- Localiser les aéroports, centre-ville, banlieues, centres commerciaux Complexes sportifs et industriels, couvert forestiers et terres agricoles de grande superficie. - Opérer une classification générale des terrains.
<b>80 mètres</b>	- Cartographier les structures géologiques régionales.

## *Listes des Tableaux*

### **CHAPITRE I : L'IMAGE SATELLITAIRE**

<b>Tableau I.1:</b> Quelques satellites artificiels importants .....	14
<b>Tableau I.2:</b> résolution métrique selon l'échelle.....	21
<b>Tableau I.3 :</b> résolution métrique selon l'intervalle des courbes .....	21
<b>Tableau I.4:</b> Résolutions spatiales et applications .....	22
<b>Tableau I.5:</b> Quelques applications en fonction des longueurs d'onde.....	23

### **CHAPITRE II : CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL**

<b>Tableau II.1 :</b> Domaines d'application de la télédétection. ....	37
<b>Tableau II.2:</b> Evolution des classes d'occupation du sol en 1986, 1996 et 2005. ....	39
<b>Tableau II.3:</b> Résultat de l'analyse visuelle.....	40

### **CHAPITRE IV : CONCEPTION ET IMPLEMENTATION**

<b>Tableau IV.1:</b> Caractéristiques du matériel utilisé.....	51
<b>Tableau IV.2 :</b> Matrice de confusion (noyau linéaire).....	60
<b>Tableau IV.3:</b> Matrice de confusion (noyau RBF) .....	61
<b>Tableau IV.4:</b> Matrice de confusion (noyau polynomial).....	63
<b>Tableau IV.5:</b> Illustre une comparaison par taux entre classification SVM et de neuro génétique hybride et neurones RBF .....	63



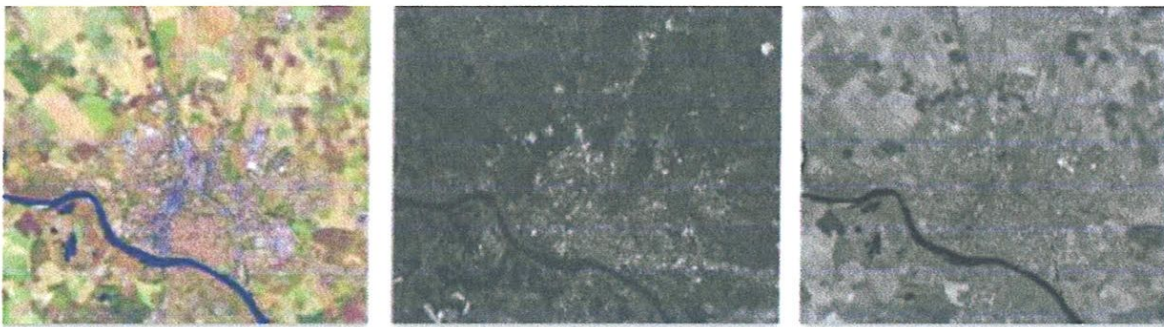
# **Liste des Abréviations et Acronymes**

	- Evaluer la santé de la végétation dans une région relativement vaste.
<b>1000 mètres</b>	- Evaluer les éléments de végétation au niveau d'une province ou d'un pays entier. - Détecter des événements régionaux (sécheresse, désertification, invasion d'insectes etc...).

**Tableau I.4: Résolutions spatiales et applications [6]**

**III.3.2 Résolution spectrale**

La résolution spectrale est la capacité d'un capteur à distinguer deux longueurs d'ondes voisines. La partie du spectre à laquelle est sensible le capteur constitue la largeur de bande. Plus la largeur de bande est élevée et moins le capteur peut discriminer des longueurs d'ondes voisines. On parle de haute résolution spectrale lorsque la largeur de bande est étroite et de basse résolution spectrale, lorsque la largeur de bande est importante. Une amélioration de la résolution spectrale se traduit par une meilleure appréciation de la signature spectrale de la surface considérée. Ce terme définit donc les longueurs d'onde, exprimées en micro ( $\mu\text{m}$ ), dans lesquelles le capteur est capable de mesurer l'énergie réfléchi. Les mesures de réflectance sur diverses longueurs d'onde révèlent des données spécifiques sur les éléments au sol.



**Figure I.7: Illustration de la résolution spectrale**

- Le tableau illustre la concordance entre les longueurs d'onde et les applications courantes.

<b>Ondes</b>	<b>Longueur d'onde (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Applications</b>
Bleu visible	0.45 0.52	Cartographie des hauts fonds Différenciation entre terre et végétation

Vert visible	0.52	0.60	Différenciation de la végétation par état de santé
Rouge visible	0.61	0.69	Différenciation de la végétation espèces essences
Proche infrarouge	0.79	0.89	Cartographie de la végétation Cartographie de l'état de vigueur/santé de la végétation
Moyen infrarouge	1.55	1.75	Différenciation des types de roches par composition Détection de l'humidité dans végétation et les sols Cartographie de la structure géologique Définition des limites entre terre/eau

*Tableau I.5: Quelques applications en fonction des longueurs d'onde [6]*

### **III.4 Domaines d'application de l'imagerie satellite**

Les images satellites constituent une base d'information intéressante dans des domaines d'application très variés, elles offrent de précieuses informations à des milliers d'entreprises. Vu l'impossibilité de répertorier tous les types de projets, on peut citer les principales applications

#### **Application dans la cartographie topographique :**

- Etudes et planifications de projets techniques.
- Orientation (militaire, tourisme, sports...).
- Localisations de sites.
- Gestion administrative (biotopes, gestion des eaux...).
- Fond de plan pour diverses cartes thématiques.

#### **Application dans la cartographie thématique :**

- Agriculture.
- Aménagement et occupation des sols.
- Cadastre.

- Urbanisme.
- Téléphonie.
- Gestion des risques (catastrophe naturelle).
- Géologie, exploration pétrolière et minière.
- Ressource en eau.
- Etudes côtières et océaniques.
- Climatologie.

### **Applications basées principalement sur le panchromatique :**

- Localiser, identifier et mesurer les objets par leur aspect physique
- Identifier et cartographier précisément les développements urbains
- Actualiser les caractéristiques physiques sur les cartes existantes

### **Applications basées sur le multi bande :**

- Localiser, différencier et identifier les caractéristiques de surface par leur contenu minéral, les espèces végétales, la teneur chlorophyllienne ou les propriétés chimiques
- Détecter les maladies de la végétation
- Différencier les roches et terres par leur composition
- Estimer la profondeur des eaux dans les zones côtières.

### **Applications de l'imagerie radar à synthèse d'ouverture :**

- Acquérir les images dans les zones nuageuses ou obscures
- Localiser et représenter les icebergs, et autres conditions de surface des océans
- Permettre de détecter des changements de l'état de la surface terrestre

### IV. Conclusion

L'image satellite, une avancée technologique extraordinaire, devenue possible grâce au satellite et à leur envoi dans l'espace qui nous ouvrent les portes vers d'autre planète et voir d'une manière différente notre planète et nous permet entre autre de mieux la comprendre pour pouvoir anticiper des catastrophes naturelles et ainsi réagir en conséquence. Toutes les images deviennent indispensables à notre économie aux recherche scientifique (pour la cartographie, les gestionnaires, les urbanistes, les météorologues).



# Chapitre II : CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL

- I. Introduction
- II. SIG et référentiel spatial
- III. Cartographie
  - III.1 Définition
  - III.2 Principales étapes d'extraction des données au sein d'une carte
  - III.3 Fonctionnalités des SIG
- IV. Principes de la carte
- V. Types de cartes
  - V.1 Les cartes topographiques
  - V.2 Les cartes spéciales
  - V.3 Les cartes thématiques
- VI. Principes généraux de cartographie
- VII. Composition de la carte
- VIII. La télédétection
  - VIII.1 Principe de base de la télédétection
  - VIII.2 Types de capteurs
  - VIII.3 Avantage de la télédétection
  - VIII.4 Domaines d'application de la télédétection
- IX. Travaux connexes
  - IX.1 *Etude du changement urbain et suburbain de la basse vallée de la Bruche*
  - IX.2 *Etude de la dynamique de l'expansion urbaine du grand Tunis (1987- 96)*
- X. Conclusion

### I. Introduction

La cartographie est à la fois la science, la technique et l'art de réaliser et d'utiliser les cartes. Un bon cartographe doit non seulement en maîtriser les aspects scientifiques et techniques mais doit également mettre en œuvre des compétences artistiques dans le choix des traits, des couleurs et des écritures. Toutes les cartes sont prévues pour être utilisées, soit pour la randonnée ou la navigation routière, soit pour décrire l'aménagement du territoire ou pour la recherche d'informations dans un atlas.

*copie  
colle*

### II. SIG et référentiel spatial

Un SIG est un ensemble coordonné d'opérations généralement informatisées destinées à produire et à utiliser une information géographique sur un même territoire. Ce dispositif vise particulièrement à combiner au mieux les différentes ressources accessibles : bases de données, savoir-faire, capacité de traitement qui lui sont demandées. Il apporte ainsi un appui essentiel dans la prise de décision des responsables d'un organisme. [7]

Peu de logiciels de SIG offrent la possibilité de réaliser des extractions automatiques au sein des images. Il est donc parfois nécessaire d'avoir recours à des logiciels de traitement d'image (ENVI, ERDAS, GEOIMAGE, ...). Les méthodes de la photo-interprétation numérique étant souvent plus aisées avec ce type de logiciel.

### III. Cartographie

#### III.1 Définition

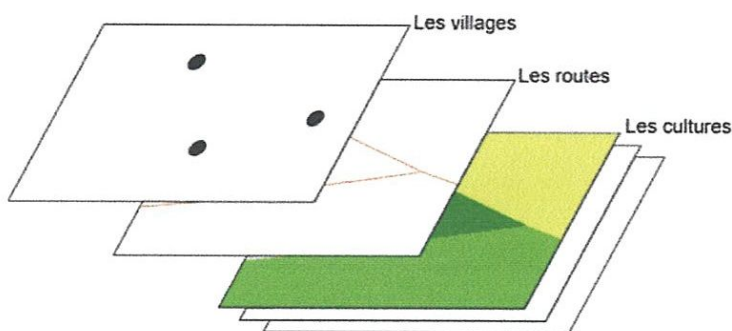
La cartographie fait partie des systèmes d'informations géographiques (SIG), elle désigne la réalisation et l'étude des cartes. Elle mobilise un ensemble de techniques servant à la production des cartes. La cartographie constitue un des moyens privilégiés pour l'analyse et la communication en géographie. Elle sert à mieux comprendre l'espace, les territoires et les paysages. Elle est aussi utilisée dans des sciences connexes, démographie, économie dans le but de proposer une lecture spatialisée des phénomènes.

### III.2 Principales étapes d'extraction des données au sein d'une carte

- **Affichage sous forme de couches d'information**

Un SIG contient généralement plusieurs sortes d'objets géographiques qui sont organisés en thèmes que l'on affiche souvent sous forme de couches (Figure II.1.). Chaque couche contient des objets de même type (routes, bâtiments, cours d'eau, limites de communes, entreprises, etc...).

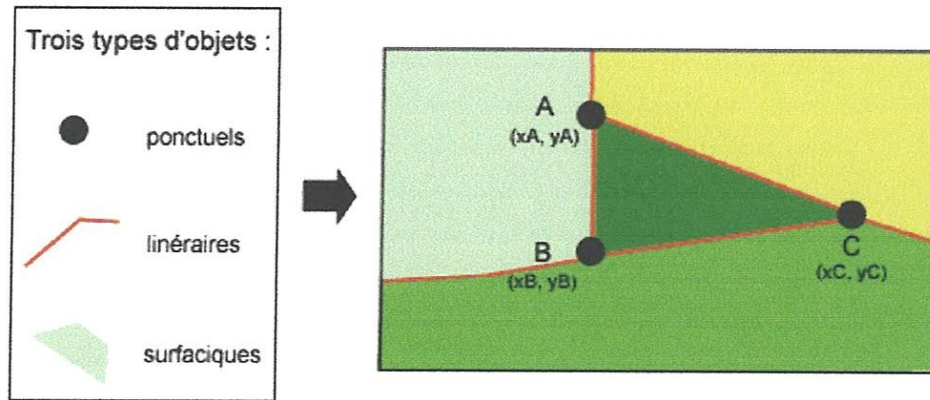
Chaque objet est constitué d'une forme (géométrie de l'objet) et d'une description, appelé aussi sémantique. [8]



*Figure II.1: Organisation du SIG en trois couches d'information : les villages, les routes et les cultures [9]*

- **Géométrie des objets**

Le niveau géométrique est la description de la position et de la forme des objets. La position peut s'exprimer par la latitude et la longitude des objets (ou des points qui composent ces objets) ou par des coordonnées x, y dans un système de projection. Les objets peuvent être identifiés sous forme de points (villes, entreprises, exploitations agricoles etc...), d'arcs ou de lignes (routes, chemins de fer etc...) et de polygones ou de surfaces (communes, occupation du sol etc...) (Figure II.2).



*Figure II.2 : Représentation des données [9]*

- **La description des objets sémantiques**

A chaque objet est attribuée une fiche contenant des informations de type alphanumérique. Ces informations décrivent l'objet (nom de la ville, type de l'occupation du sol,...). Ces fiches permettent de stocker des informations qui décrivent les objets : le contenu dépend des besoins du projet.

### III.3 Fonctionnalités des SIG

Bien que les SIG soient adaptés chacun à des objectifs fixes, ils ont en commun des fonctionnalités que l'on retrouve dans chaque système, regroupées en familles (les 5 A) :

- **Abstraire** revient à concevoir un modèle qui organise les données par composants géométriques et par attributs descriptifs ainsi qu'à établir des relations entre les objets.
- **Acquérir** revient à alimenter le SIG en données. Les fonctions d'acquisition consistent à entrer d'une part la forme des objets géographiques et d'autre part leurs attributs et relations.
- **Archiver** consiste à transférer les données de l'espace de travail vers l'espace d'archivage (disque dur).
- **Analyser** permet de répondre aux questions que l'on se pose.
- **Afficher** pour produire des cartes de façon automatique, pour percevoir les relations spatiales entre les objets, pour visualiser les données sur les écrans des ordinateurs.



### IV. Principes de la carte

Une carte est la représentation symbolique (contrairement à une photo satellite) d'un territoire géographique, visant à concentrer le maximum d'informations de toute nature. Il existe bien des types de cartes spécialisées (marines, routières, géologiques, touristiques, etc.), mais pour un usage général, c'est la carte topographique qui donne le plus d'informations.

La carte répond à un certain nombre de normes et de conventions :

- **Échelle** : C'est le rapport entre la distance réelle et celle qui la représente sur la carte : 1 cm sur une carte au 1/100 000 correspondra à 100 000 cm (soit 1 km) de terrain réel. Selon l'usage qu'on en fait, on a recours à des cartes d'échelles différentes. Les cartes topographiques les plus précises sont au 1/25 000 (1 cm = 250 m) et sont, naturellement, les plus riches en détails.
- **Projection** : La terre est ronde, la carte est plane. Cela entraîne la nécessité d'un système de projection de la surface terrestre. Dans la pratique et pour des cartes à petite échelle, l'utilisateur n'a guère à s'en préoccuper.
- **Orientation** : Le mot même vient de ce que les cartes médiévales avaient l'est à leur sommet. Dans les cartes modernes, c'est le nord qui est toujours placé en haut.
- **Coordonnées** : Les cartes précises permettent de retrouver les coordonnées géographiques d'un lieu selon différents systèmes : latitude et longitude (en grades et en degrés) et les coordonnées métriques.
- **Courbes de niveau** : La troisième dimension, l'altitude, nous est indiquée par les courbes de niveau ou isohypses : des lignes fictives d'altitude égale. Elles sont espacées de dix ou vingt mètres ; plus elles seront rapprochées, plus le terrain sera raide. Bien lire le relief à l'aide des courbes de niveau demande une certaine habitude.
- **Légende** : Elle explicite en partie les symboles utilisés par la carte.

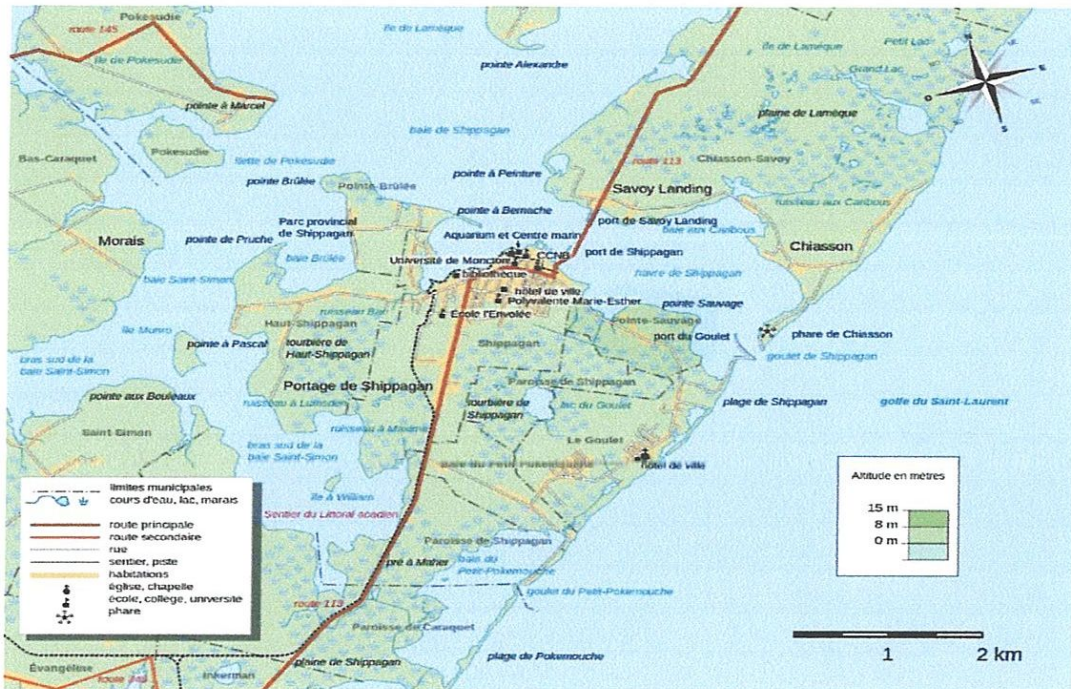
### V. Types des cartes

La carte traite deux informations fondamentales : la position et l'information qui y est rattachée. Les informations rattachées (attributs), peuvent être un nombre, une activité, un taux, une quantité et elles évoluent avec le temps. De nombreuses relations peuvent être établies en combinant la position et l'information sémantique pour obtenir la distance, la répartition spatiale, la direction, la variation, et en combinant les informations sémantiques, on peut obtenir

des renseignements tels que le revenu moyen par habitant ou le niveau d'instruction en différents lieux. Les cartes varient en fonction de l'échelle, de son usage ou de son contenu et peuvent être regroupées selon la typologie suivante [10] :

### V.1 Les cartes topographiques

Présentent les relations spatiales existant entre différents objets géographiques, comme les bâtiments, les routes, les frontières et les cours d'eau. Les cartes topographiques officielles sont réalisées par les organismes cartographiques nationaux. La plupart des communes produisent aussi des plans de ville. Les cartes topographiques existent également pour la randonnée ou les activités nautiques.



*Figure II.3: Exemple d'une carte topographique : Carte topographique de Pointe-Sauvage, au Nouveau-Brunswick (Canada).*

### V.2 Les cartes spéciales

Ces cartes relèvent d'un usage professionnel et respectent les règles définies par l'Organisation des Nations Unies. Il existe également des cartographies spécifiques à la navigation de plaisance ainsi que des cartes dédiées à l'orientation définies par la Fédération internationale de course d'orientation. La carte aéronautique de Toulouse est également une carte particulière [10]. (Figure II.4).



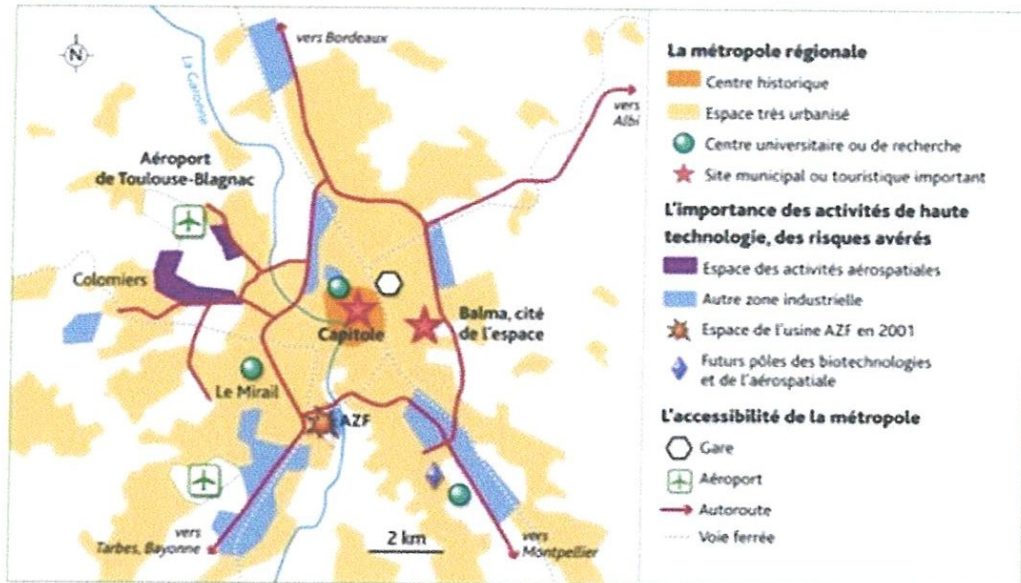
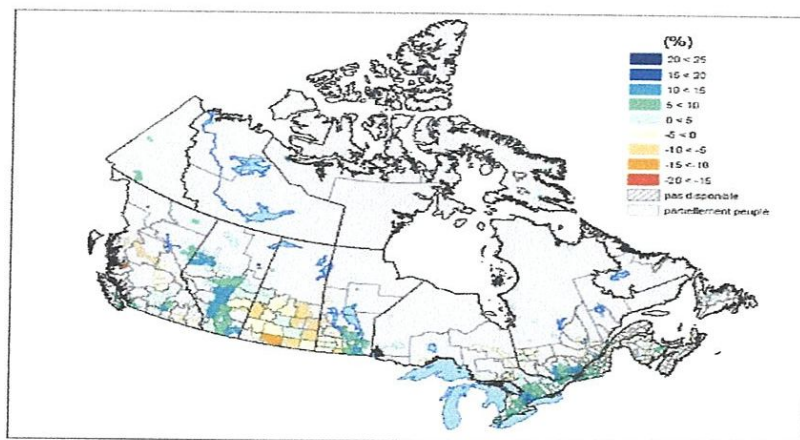


Figure II.4: Exemple de carte spéciale : carte aéronautique de Toulouse

### V.3 Les cartes thématiques

Les cartes thématiques sont obtenues de différentes manières. Le contenu thématique (géologie, climat, population, transport, etc.) est dessiné sur une carte de base, qui est le plus souvent soit une carte topographique simplifiée, soit un ensemble de couches de données. Cela crée une carte de travail. Les résultats des relevés de terrains ou d'autres données de cartes thématiques telles que les données statistiques y sont ajoutés. [10]



**Figure II.5:** Exemple d'une carte thématique : carte du Canada faisant état de la variation de la population canadienne entre 2001 et 2006, cartographiée selon l'écoumène de population

## VI. Principes généraux de cartographie

La cartographie consiste à traduire un thème physique ou humain dans le langage graphique qui a sa syntaxe propre, faite de signes et de couleurs, différente de celle du langage écrit ou parlé. Le cartographe est avant tout un économiste, un urbaniste, un morphologue, un démographe, un naturaliste, qui s'exprime dans le langage graphique.

Toute la cartographie obéit aux suivants [11] :

- Un phénomène se traduit par un signe, en noir ou en couleur et un seul (jamais de redondance qui équivaudrait à doubler la valeur d'un phénomène).
- Les variations de qualité se traduisent par la variation de forme du signe.
- Les variations de quantité (effectifs, valeurs brutes) se traduisent par des variations de la taille du signe.
- Les variations de valeurs relatives (quantités rapportées à une surface ou une unité : densité, taux, produit intérieur brut par habitant etc...) se traduisent par une variation de couleurs ou de trames.
- Plus une valeur est forte, plus le signe qui lui correspond aura une valeur forte, et vice versa.
- On utilise les couleurs de plus en plus chaudes pour tous les phénomènes "positifs" (en valeur ou en appréciation) et des couleurs de plus en plus froides pour tous les phénomènes "négatifs" (en valeur ou en appréciation)



### VII. Composition de la carte

La composition cartographique correspond à la distribution des éléments graphiques sur la feuille. Elle dépend avant tout de l'objectif et de l'échelle de la carte, du système de projection cartographique, de la forme et de la taille de la zone géographique ainsi que du format de la feuille. La composition cartographique des cartes thématiques est très variable et diversifiée, à l'inverse des cartes topographiques, qui possèdent une composition uniforme basée sur des principes et règlements officiels. [10]

La composition de la carte doit concilier trois règles de base :

- Inclure tous les éléments de base de la composition
- Etre équilibrée, sans zones vides ou trop remplies
- Présenter esthétiquement des conditions de consultation agréables pour le lecteur de la carte.

Les éléments de base de la composition sont :

- L'aire cartographique
- Le titre de la carte
- La légende de la carte
- L'échelle de la carte (graphique, textuelle)
- Les éléments éditoriaux

### VIII. La télédétection

La télédétection est la technique, qui, par l'acquisition d'images, permet d'obtenir des informations 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. [12]

La télédétection est la discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et d'images obtenues à l'aide de plates-formes aéroportées,

spatiales, terrestres ou maritimes. Elle suppose l'acquisition d'informations (caractéristiques physiques et biologiques) à distance, sans contact direct avec l'objet étudié. [13]

### VIII.1 Principe de base de la télédétection

La télédétection est le fruit de l'interaction entre trois éléments fondamentaux : une source d'énergie, une cible et un vecteur. Ainsi, l'œil est un excellent dispositif de télédétection ; il joue le rôle d'un vecteur qui estime la quantité et la nature d'énergie de la lumière visible réfléchie, produite par une source externe (soleil, projecteur, ..) et en déduit des informations à propos de notre environnement (cible) [14]. Le principe de base de la télédétection est analogue à celui de la vision de l'homme :

- **La cible** étant la portion de la surface terrestre observée par le satellite, et dont la taille peut varier de quelques dizaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés.
- **La source d'énergie** : l'élément qui "éclaire" la cible d'une onde électromagnétique (flux de photons). Il s'agit généralement du soleil, ou de l'énergie solaire stockée et réémise par la cible (considérée - dans ce cas- comme source d'énergie) sous forme de chaleur (infrarouge thermique). Dans les deux cas, le satellite ne fait que capter le rayonnement réfléchi, on parle de télédétection passive. Toutefois, la technologie RADAR nécessite qu'un émetteur soit embarqué sur le satellite ; ce dernier émet une onde vers la cible et en mesure l'écho, il devient lui-même source d'énergie, on parle alors de Télédétection active.
- **Le vecteur** ou plate-forme de télédétection mesure l'énergie (rayonnement électromagnétique) réfléchi par la cible, puis un émetteur renvoie l'image sur Terre vers des systèmes de collecte et analyse de données. Le vecteur peut-être un satellite ou un avion, dominant la cible de quelques centaines de mètres à 36 000 kilomètres.

Les étapes qui couvrent le processus de la télédétection et qui nouent les trois éléments fondamentaux que sont la source d'énergie, le vecteur et la cible- sont les suivantes (voire figure II.6).

- Le rayonnement provient d'une source d'énergie ① ou d'illumination de la cible
- Il interagit avec l'atmosphère (durant son parcours « aller » et « retour » entre la source d'énergie et la cible)

- Une fois parvenue à la cible<sup>②</sup>, l'énergie interagit avec la surface de celle-ci. Les propriétés de cette dernière ainsi que la longueur d'onde du rayonnement réfléchi ou émis dans les diverses fréquences du spectre électromagnétique procurent à la cible une sorte d'« empreinte digitale » : sa signature spectrale
- l'énergie diffusée ou émise par la cible, est ensuite captée à distance par un capteur embarqué à bord d'un satellite (ou d'un avion) <sup>③</sup> et enregistrée sous format numérique
- Cette information enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception généralement située au sol où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques)
- L'image traitée est par la suite analysée <sup>④</sup> et interprétée <sup>⑤</sup> (interprétation visuelle et/ou numérique) pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible afin de mieux la comprendre, d'en découvrir de nouveaux aspects ou pour aider à résoudre un problème particulier.

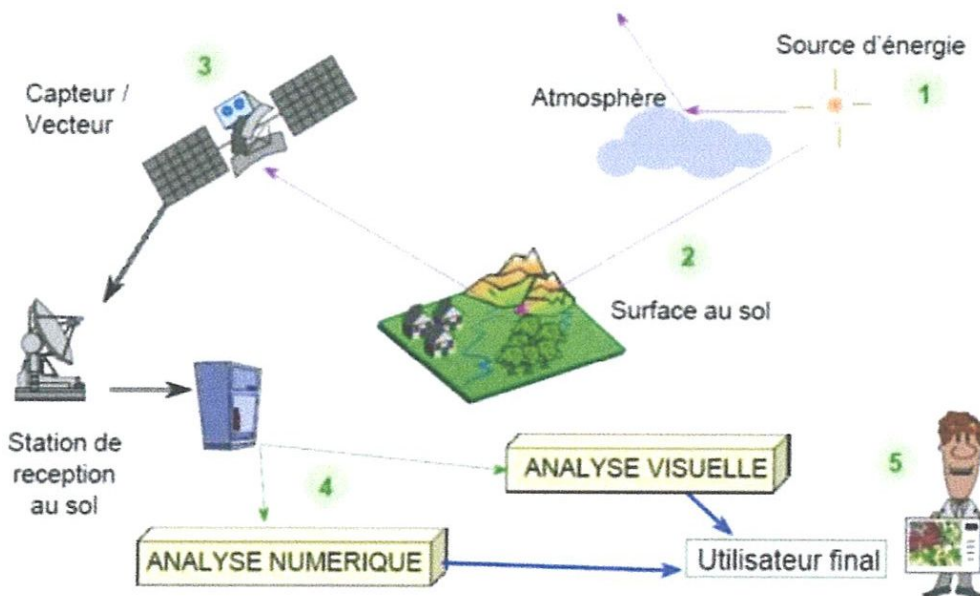


Figure II.6: le système de télédétection [14]

### VIII.2 Types de capteurs

Quatre grands types de capteurs peuvent être distingués, qui sont développés ci-après :

- Monospectraux (photographie aérienne Noir et Blanc et couleur, images satellites panchromatiques, les photographies aériennes infrarouges)
- Multispectraux (images satellitaires)



- Hyperspectraux (CASI, images satellitaires, spectro-imageur)
- Actifs (radar, Lidar, sonar)

### VIII.3 Avantage de la télédétection

- La télédétection, à travers les capteurs embarqués dans les satellites artificiels, fournissent des données qui feront l'objet de traitement plus ou moins sophistiqués.
- Permet de relever des données géographiques et cartographiques afin de réaliser des cartes générales et thématiques.
- Permet d'avoir des images sources pour la réalisation des cartes.
- Permet de suivre l'évolution des reliefs et des formations végétales.
- Permet aux climatologues de réaliser une carte climatique à partir des données obtenues.
- Permet d'avoir une vue d'ensemble sur tous les détails sur le paysage.
- La télédétection permet aussi de surveiller et de contrôler l'environnement et les ressources terrestres pour en dresser une carte.
- Elle est également utilisée pour explorer d'autres planètes de notre système solaire.

Dans le cadre d'un projet donné de cartographie régionale, le choix d'une image plutôt que d'une autre se fait en fonction de :

- L'étendue de la zone à traiter
- L'échelle de restitution souhaitée
- L'information à extraire et des caractéristiques du site

### VIII.4 Domaines d'application de la télédétection

Le tableau ci-dessous résume les différents domaines d'application de la télédétection :

Disciplines	Exemples d'applications
Météorologie	Vitesse des vents, précipitations, températures, détection des cyclones.
Océanographie	Couleur de l'eau, turbidité, température de l'eau, hauteur des vagues.



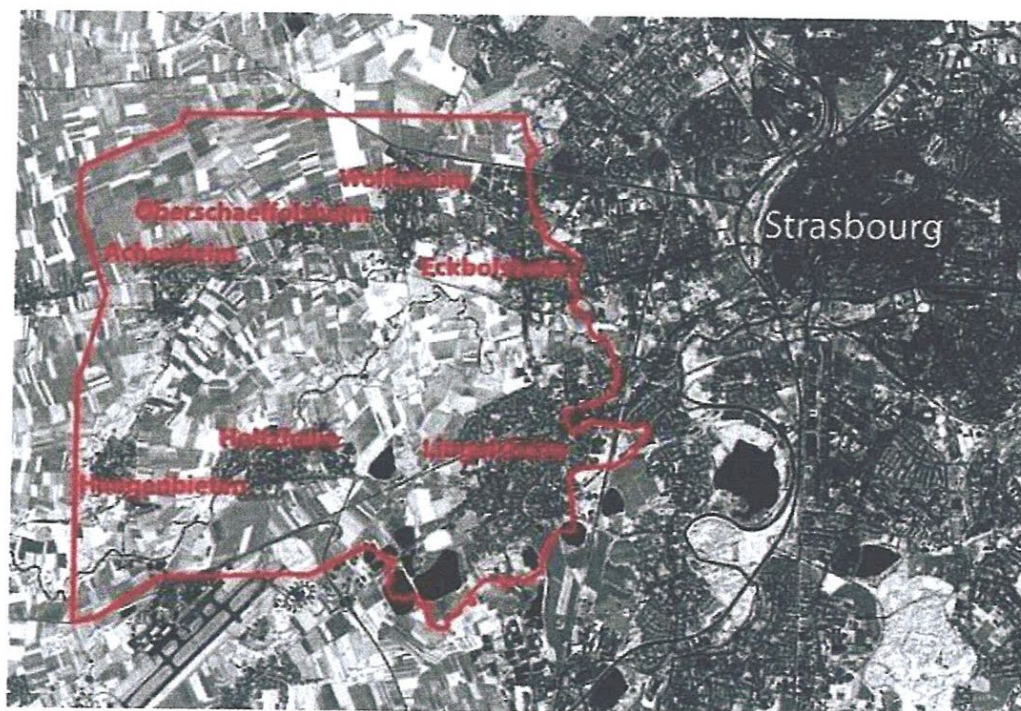
<b>Foresterie</b>	Couverture forestière, santé des forêts, impacts après ouragans.
<b>Urbanisme</b>	Couverture du sol, urbanisation, contrôle des autorisations.
<b>Agriculture</b>	Identification des plantations, évaluation de la production.
<b>Biologie et écologie</b>	Classification des types de végétaux, étude du corail, cartographie des habitats.

*Tableau II.1 : Domaines d'application de la télédétection. [15]*

### IX. Travaux connexes

#### IX.1 Etude du changement urbain et suburbain de la basse vallée de la Bruche

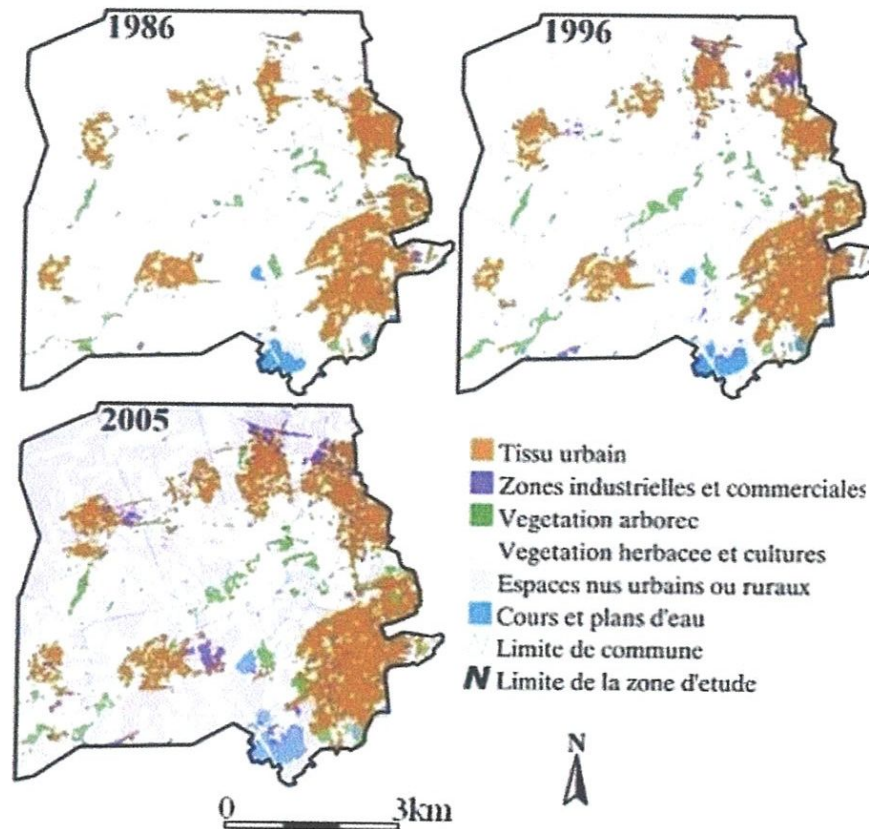
La zone d'étude est située à l'ouest de l'agglomération strasbourgeoise en France, regroupant administrativement sept communes [16] (Figure II.7)



*Figure II.7: Découpage de la zone d'étude [16].*

L'objectif de cette étude est d'identifier, de caractériser et de quantifier les modifications paysagères qu'entraîne l'avancée du front d'urbanisation à l'ouest de Strasbourg sur une durée de 20 ans environ entre 1986 et 2005 à partir des images satellites et d'indices de métrique paysagère.

Le suivi des processus de peuplement a été réalisé sur une période de 20 ans afin d'identifier les phases d'urbanisation et leurs conséquences. L'utilisation conjointe d'images Spot multi-dates acquises en 1986, 1996 et 2005 et d'une « métrique spatiale » a permis de dégager les formes principales de l'évolution de l'occupation du sol pendant cette période et d'obtenir la caractérisation des changements paysagers induits



**Figure II.8:** Classifications de la zone d'étude en 1986, 1996 et 2005. [16]

Les trois images classées de la zone d'étude constituent une base pour les calculs des changements d'occupation du sol (Figure II.8). Dans un premier temps, une analyse statistique a été réalisée pour définir les changements au sein des classes, en utilisant les paires des images de 1986 - 1996, 1996 - 2005 et 1986 - 2005. Les changements détectés concernent toutes ces classes (Tableau II.2). Les résultats illustrent une nette progression du tissu urbain, qui reflète l'augmentation du nombre des bâtiments dans l'ensemble des communes concernées, les surfaces occupées par des zones industrielles ont fortement augmenté de même que les terrains arborés (alignement, vergers) par contre une diminution importante de la



végétation herbacée et des cultures peut être calculée, il s'agit de la classe qui a le plus pâti de l'extension des autres [16]

	1986	1996	2005
<b>Tissu urbain</b>	13.29 %	14.76 %	17.93 %
<b>Zones industrielles</b>	0.34 %	1.99 %	2.64 %
<b>Végétation arborée</b>	1.83 %	2.83 %	3.84 %
<b>Végétation et cultures</b>	77.99 %	73.28 %	39.55 %
<b>Espaces nus</b>	5.68 %	6.02 %	34.49 %
<b>Eau</b>	0.87 %	1.12 %	1.54 %

*Tableau II.2: Evolution des classes d'occupation du sol en 1986, 1996 et 2005. [16]*

### IX.2 Etude de la dynamique de l'expansion urbaine du grand Tunis (1987- 96)

Deux images SPOT de 1987 et 1996 sont acquise respectivement pour étudier l'expansion du Grand Tunis durant la période entre ces deux dates. On fait une analyse visuelle par photo interprétation de tissus urbains de la grande ville à partir des compositions colorées multi-date (1987 et 1996). Le résultat de cette analyse visuelle reporté dans le tableau II.3. [17]

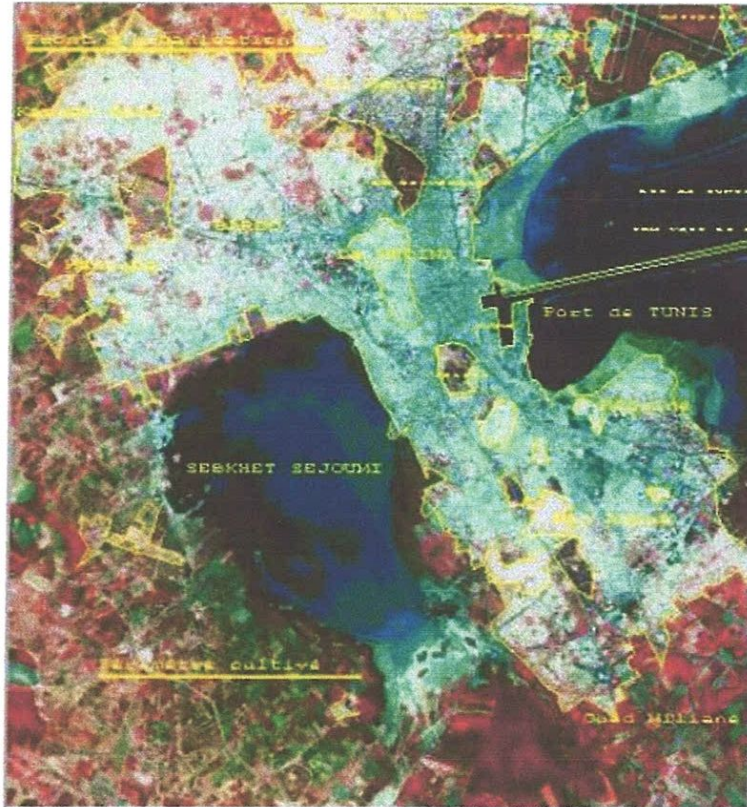


Figure II.9: Composition colorée des Images SPOT1 1987

Unités paysagères	Couleur	Teinte	Structure	Texture	Lieux
<b>Eau</b>	Bleu	Bleu sombre à bleu vert selon profondeur	Auréolaire	Plages lisses	Lac de Tunis, sebkget-esSéjoumi
<b>Bords des lacs</b>	vert	Vert foncé à bleu clair	Auréolaire	Plages lisses	Polders, salines, marais
<b>Urbain 1, bâti dense et horizontal</b>	Blanc	Blanc saturé à bleu clair	Présence d'axes	Assez lisse	Médina et quartiers périphériques
<b>Urbain 2, dense, bâti plus vertical</b>	Bleu	Vert à blanc	Quadrillage dense	Grumeleuse	Quartier centraux
<b>Urbain 3, bâti horizontal</b>	blanc	Bleu/vert clair/rouge clair	Quadrillage moins dense	Moins grumeleuse	Périphérie urbaine

Tableau II.3: Résultat de l'analyse visuelle [17]



L'extraction d'informations, par photo-interprétation, sans traitement automatique d'images, permet de mesurer les évolutions à l'œuvre dans le grand Tunis: progression forte du front urbain dans le secteur Nord-Ouest , plus mesurée mais significative au sud dans le secteur de Ben - Arous ; glissement du centre à partir du double noyau initial (médina et ville basse coloniale) vers le nord-Est et l'aéroport (quartiers du Belvédère, El Menzah, Ariana, nouveau quartier des berges du Lac), en voie de densification. [17]

### **X. Conclusion**

La cartographie est une science complexe mais aussi un art où le cartographe détient une grande liberté pour réaliser une carte, puisque seules les caractéristiques du milieu à représenter lui sont imposées. Les techniques de cartographie développées par les hommes depuis des millénaires leur ont permis de se représenter de manière toujours plus performante, précise et conforme à la réalité leur environnement.

*Magial*

# Chapitre III : CLASSIFICATION PAR SEPARATEURS A VASTE MARGES

- I. Introduction
- II. Les types de classification
  - II.1 Classification non supervisée (ou non assistée)
  - II.2 Classification supervisée (ou assistée)
- III. Les étapes d'une classification supervisée
  - III.1 Étape d'apprentissage
  - III.2 Étape de classification
- IV. Les machines à vecteur de support
- V. Principes mathématique des SVM
- VI. Principes de fonctionnement général
  - VI.1 Notion de base
  - VI.2 Linéarité et non-linéarité
- VII. Conclusion

### I. Introduction

La classification d'images satellitaires est une méthode qui consiste à regrouper les pixels d'une image dans des ensembles logiques en fonction soit de leur valeur numérique dans un ou plusieurs canaux, soit de leurs propriétés spatiales en fonction de leur voisinage afin d'obtenir un document final le plus proche de la cartographie réelle.

La méthode des machines à vecteur supports est une technique de classification supervisée qui a prouvé son efficacité dans de nombreux domaines d'applications tels que le traitement d'image, la catégorisation de textes ou le diagnostics médicales et ce même sur des ensembles de données de très grandes dimensions.

### II. Les types de classification

Il existe deux types de classification : la classification supervisée (ou assistée) et la classification non supervisée (ou non assistée).

#### II.1 Classification non supervisée (ou non assistée)

Les méthodes de classification non supervisées sont celles pour lesquelles on recherche une partition des données en fonction de leur propre structure. L'interprète ne donne pas des informations à priori sur les objets qu'il veut définir. Cependant, il intervient quand même en choisissant, par exemple, un nombre de groupes, des seuils, etc. Aucune information externe à l'image n'est utilisée. Le classement des pixels est effectué uniquement selon les critères de la ressemblance spectrale. On réalise l'étiquetage thématique, s'il est souhaité, après la classification par interprétation des classes spectrales produites. Il existe de très nombreux algorithmes de classification. Ils peuvent se regrouper en deux catégories : la classification ascendante hiérarchique et la classification par centres mobiles. [18]

La classification ascendante hiérarchique est basée sur la mesure d'une distance, par exemple euclidienne. Cette mesure est calculée pour chacun des pixels ayant des comportements spectraux différents. La classification par centres mobiles est basée sur des mesures de distance et sur un choix à priori d'un nombre de groupes ou « noyaux ». Pour chacun des groupes, il est tiré au hasard un certain nombre de pixels qui permettent de définir statistiquement le centre de gravité radiométrique de chaque noyau. Ensuite on fait le calcul pour chaque pixel de l'image sa distance à chacun des noyaux

### II.2 Classification supervisée (ou assistée)

La classification supervisée est une des tâches de l'apprentissage supervisé. Le but de cette tâche est de prédire une classe correcte sur des données futures. Elle correspond à l'action d'extrapoler sur toute une image des zones tests ou noyaux choisis auparavant et dont on connaît la signification thématique, la correspondance à un objet (ou un groupe d'objets). Cette tâche nécessite une supervision de la part d'un opérateur (ou d'un analyste) dans laquelle, « il identifie des échantillons assez homogènes de l'image qui sont représentatifs de différents types de classes d'information. ». L'opérateur définit au préalable les classes thématiques qu'il souhaite extraire de l'image et identifie quelques zones de l'image occupées, sans ambiguïté, par les classes d'intérêt. De ces zones, il extrait les signatures spectrales pour chaque classe. Les pixels sont affectés à la classe qui correspond le mieux à ses caractéristiques spectrales. La classification supervisée commence donc par l'identification des classes d'informations qui sont ensuite utilisées pour définir les classes spectrales qui les représentent. De nombreuses méthodes de classification supervisée existent. Nous avons : les k plus proches voisins, le classificateur bayésien naïf, les machines à vecteurs de support (SVM), etc. [18]

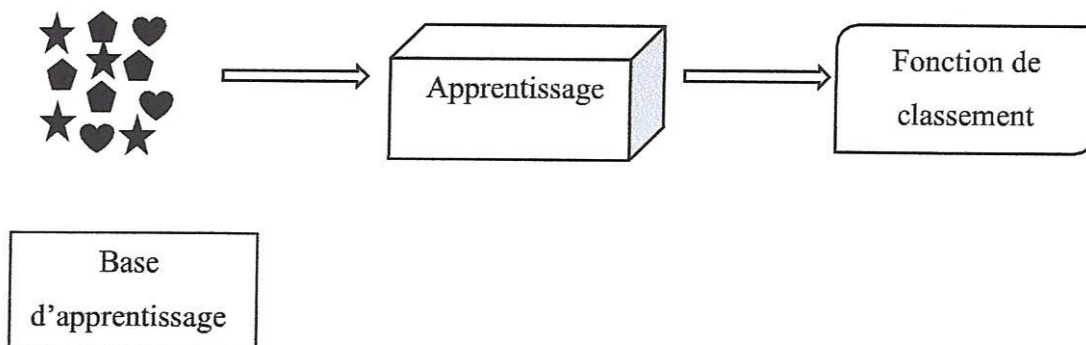
## III. Les étapes d'une classification supervisée

La classification est un processus à deux étapes : une étape d'apprentissage (entraînement) et une étape de classification (utilisation).

### III.1 Étape d'apprentissage

Un classificateur (une fonction, un ensemble de règles etc.) est construit en analysant une base de données d'exemples d'entraînement avec leurs classes respectives. Un exemple  $\mathbf{X} = (\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_m)$  est représenté par un vecteur d'attributs de dimension  $m$ . Chaque exemple est supposé appartenir à une classe prédéfinie représentée dans un attribut particulier de la base de donnée appelé attribut de classe. Puisque la classe de chaque exemple est donnée, cette étape est aussi connue par l'apprentissage supervisé. [19]



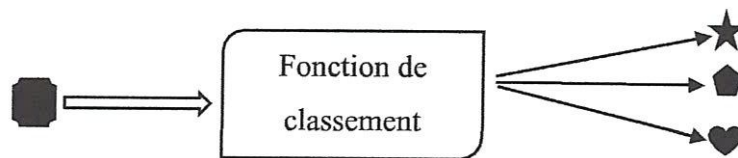


*Figure III.1: un modèle présente la phase d'apprentissage*

### III.2 Étape de classification

Le modèle construit dans la première étape est utilisé pour classer les nouvelles données. Mais avant de passer à l'utilisation, le modèle doit être testé pour s'assurer de sa capacité de généralisation sur les données non utilisées dans la phase d'entraînement. Le modèle obtenu peut être testé sur les données d'entraînement elles-mêmes, la précision (le taux de reconnaissance) est généralement élevée mais ne garantit pas automatiquement une bonne précision sur les nouvelles données. En effet, les données d'entraînement peuvent contenir des données bruitées ou erronées qui ne représentent pas le cas général et qui tire le modèle vers leurs caractéristiques. Ce cas est appelé le sur-apprentissage et qui peut être évité en testant le modèle sur une base de données différente appelée base de test.

La base de test est un ensemble d'exemples ayant les mêmes caractéristiques que ceux de la base d'entraînement et qui sont écartés au départ de l'entraînement pour effectuer les tests.



*Figure III. 2: Un modèle présente la phase de test*

Dans le cas de classification, on dispose d'un ensemble  $X$  de  $N$  données étiquetées représentant un sous ensemble de l'ensemble  $D$  de toutes les données possibles. Chaque donnée  $x_i$  est caractérisée par  $P$  attributs et par sa classe  $y_i \in Y$ . Dans un problème de classification, la classe prend sa valeur parmi un ensemble fini. Le problème consiste alors, en s'appuyant sur l'ensemble d'exemples  $X = \{(x_i, y_i)/i \in \{1, \dots, N\}\}$ , à prédire la classe de toute nouvelle donnée  $x \in D$ . On parle de classification binaire quand le nombre de classes  $|Y|$  est 2 ; il peut

naturellement être quelconque. Dans tous les cas, il s'agit d'un attribut qualitatif pouvant prendre un nombre fini de valeurs. Dans l'absolu, une donnée peut appartenir à plusieurs classes c'est alors un problème multi-classes. Ici, on considère que chaque donnée appartient à une et une seule classe. Souvent, on utilise le mot "étiquette" comme synonyme de "classe". Un exemple est donc une donnée dont on dispose de sa classe. On utilise donc un ensemble d'exemples classés pour prédire les classes des nouvelles données ; c'est une tâche « d'apprentissage à partir

### IV. Les machines à vecteur de support

Les SVMs (Support Vector Machines) sont des techniques d'apprentissage statistique récentes initiées par V. Vapnik en 1995. Le succès de cette méthode est justifié par les solides bases théoriques qui la soutiennent. Elles permettent d'aborder des problèmes très divers dont la classification. SVM est une méthode particulièrement bien adaptée pour traiter des données de très haute dimension telles que les textes et les images. Depuis leur introduction dans le domaine de la reconnaissance de formes, plusieurs travaux ont pu montrer l'efficacité de ces techniques principalement en traitement d'image. [20]

Cette technique est une méthode de classification qui tente de séparer linéairement les exemples positifs des exemples négatifs dans l'ensemble des exemples. Chaque exemple doit être représenté par un vecteur de dimension  $n$ . La méthode cherche alors l'hyperplan qui sépare les exemples positifs des exemples négatifs, en garantissant que la marge entre le plus proche des positifs et des négatifs soit maximale. Intuitivement, cela garantit un bon niveau de généralisation car de nouveaux exemples pourront ne pas être trop similaires à ceux utilisés pour trouver l'hyperplan mais être tout de même situés franchement d'un côté ou l'autre de la frontière. L'efficacité des SVM est très bonne pour la reconnaissance de formes. Un autre intérêt est la sélection de Vecteurs Supports qui représentent les vecteurs discriminant grâce auxquels est déterminé l'hyperplan. Les exemples utilisés lors de la recherche de l'hyperplan ne sont alors plus utiles et seuls ces vecteurs supports sont utilisés pour classer un nouveau cas. Cela en fait une méthode très rapide. [20]

### V. Principes mathématique des SVM

Les machines à vecteurs support forment une classe d'algorithmes d'apprentissage supervisés. Nous nous intéressons à une fonction notée  $f$  qui à toute entrée  $x$  fait correspondre une sortie  $y = f(x)$ . Le but est d'essayer d'apprendre  $f$  à partir d'un ensemble de couple  $(x_i, y_i)$ .

Dans ce problème les machines à vecteurs support vont être utilisées pour classifier une nouvelle observation  $\mathbf{x}$  en se limitant à deux classes  $y \in \{-1, 1\}$ . Nous allons donc construire une fonction  $f$  qui à chaque valeur d'entrée dans un ensemble  $\mathbb{R}^d$  va faire correspondre une valeur de sortie  $y \in \{-1, 1\}$  :

$$f : \mathbb{R}^d \rightarrow \{-1, 1\}, f(\mathbf{x}) = y.$$

Dans le cas linéaire, une fonction discriminante  $h$  est obtenu par combinaison linéaire d'un vecteur d'entrée  $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_d)$  et s'écrit :

$$h(\mathbf{x}) = \mathbf{w} \cdot \mathbf{x} + b.$$

La classe est donnée par le signe de  $h(\mathbf{x})$  :  $f(\mathbf{x}) = \text{sign}(h(\mathbf{x}))$ . Si  $h(\mathbf{x}) \geq 0$  alors  $\mathbf{x}$  est de classe 1 sinon  $\mathbf{x}$  est de classe  $-1$ . La séparatrice est alors un hyperplan affine d'équation :  $\mathbf{w} \cdot \mathbf{x} + b = 0$ . Si  $(\mathbf{x}_i, y_i)$  est un des  $p$  éléments de la base d'apprentissage noté  $A_p$ , on veut trouver le classifieur  $h$  tel que :

$$y_i(\mathbf{w} \cdot \mathbf{x}_i + b) \geq 0, i \in [1, p].$$

Dans le cas simple linéairement séparable il existe de nombreux hyperplans séparateurs. Selon la théorie de Vapnick l'hyperplan optimal (optimum de la distance inter-classe) est celui qui maximise la marge. Cette dernière étant définie comme la distance entre un hyperplan et les points échantillons les plus proches. Ces points particuliers sont appelés vecteurs support [21]. La distance entre un point  $\mathbf{x}$  quelconque et l'hyperplan est donnée par l'équation :

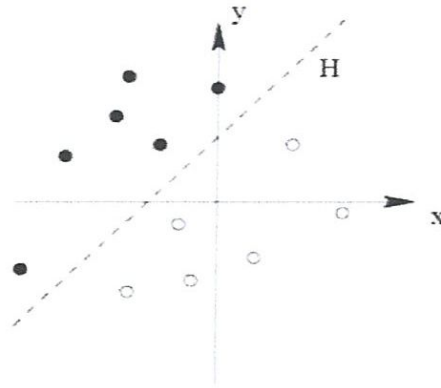
$$d(\mathbf{x}) = \frac{|\mathbf{w} \cdot \mathbf{x} + b|}{\|\mathbf{w}\|}$$

## VI. Principes de fonctionnement général

### VI.1 Notion de base

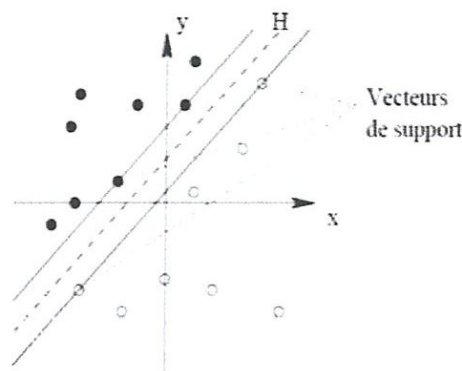
Pour deux classes d'exemples donnés, le but de SVM est de trouver un classificateur qui va séparer les données et maximiser la distance entre ces deux classes. Avec SVM, ce classificateur est un classificateur linéaire appelé hyperplan. Dans le schéma qui suit, on détermine un hyperplan qui sépare les deux ensembles de points (voire figure III.3).





*Figure III.3: Séparation des deux ensembles de points*

Les points les plus proches, qui seuls sont utilisés pour la détermination de l'hyperplan, sont appelés vecteurs de support figure III.4.



*Figure III.4 : Les vecteurs de support*

Il est évident qu'il existe une multitude d'hyperplan valide mais la propriété des SVM est que cet hyperplan doit être optimal. Nous allons donc en plus chercher parmi les hyperplans valides, celui qui passe « au milieu » des points des deux classes d'exemples. Intuitivement, cela revient à chercher l'hyperplan le « plus sûr ». En effet, supposons qu'un exemple n'ait pas été décrit parfaitement, une petite variation ne modifiera pas sa classification si sa distance à l'hyperplan est grande. Formellement, cela revient à chercher un hyperplan dont la distance minimale aux exemples d'apprentissage est maximale. On appelle cette distance « marge » entre l'hyperplan et les exemples. L'hyperplan séparateur optimal est celui qui maximise la marge. Comme on cherche à maximiser cette marge, on parlera de séparateurs à vaste marge voire figure III.5. [22]



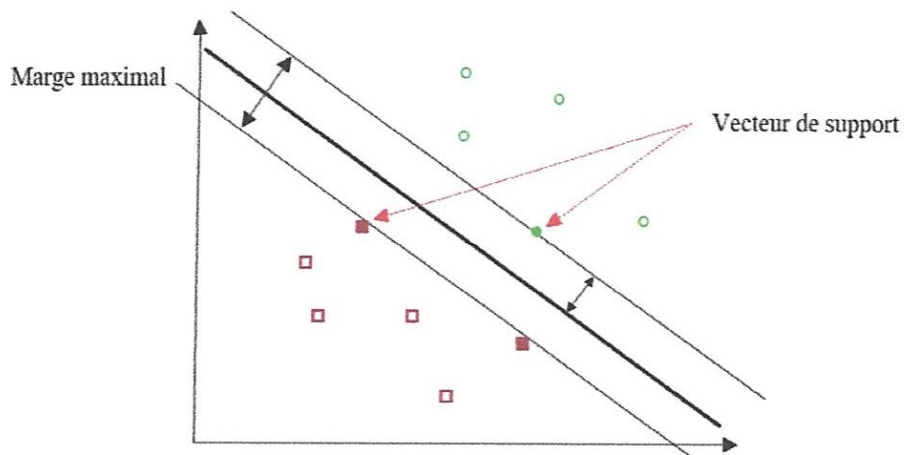


Figure III.5: Présentation de la vaste marge

### VI.2 Linéarité et non-linéarité

Parmi les modèles des SVM, on constate les cas linéairement séparables comme nous avons déjà parlé précédemment et les cas non linéairement séparables. Les premiers sont les plus simples de SVM car ils permettent de trouver facilement le classificateur linéaire. Dans la plupart des problèmes réels il n'y a pas de séparation linéaire possible entre les données, le classificateur de marge maximale ne peut pas être utilisé car il fonctionne seulement si les classes de données d'apprentissage sont linéairement séparables.

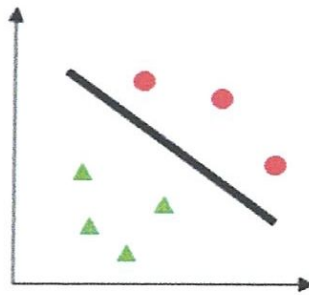


Figure III.6: Cas linéairement séparable

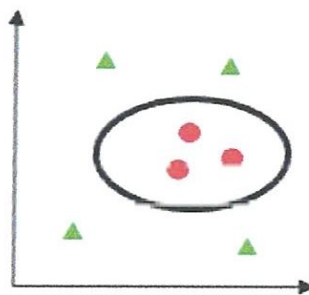
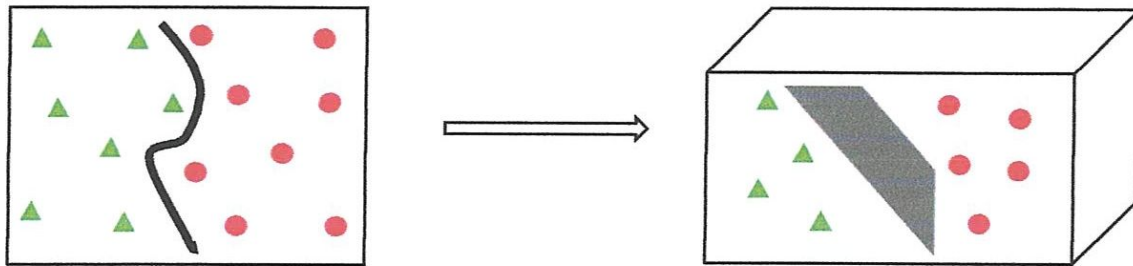


Figure III.7: Cas non linéairement séparable

Pour surmonter les inconvénients des cas non linéairement séparable, l'idée des SVM est de changer l'espace des données. La transformation non linéaire des données peut permettre une séparation linéaire des exemples dans un nouvel espace. On va donc avoir un changement de dimension. La nouvelle dimension est appelé « espace de re-description » voir figure III.8. Cette transformation non linéaire est réalisée via une fonction noyau. En pratique, quelques familles de fonctions noyau paramétrables sont connues et il revient à l'utilisateur de SVM d'effectuer des tests pour déterminer celle qui convient le mieux pour son application. Un noyau caractérise le degré de similarité ou la corrélation entre deux éléments. Il a une valeur élevée pour deux vecteurs qui se ressemblent et faible pour deux vecteurs plus différents, On peut citer les exemples de noyaux suivants : polynomiale, gaussien, sigmoïde et laplacien. [22]



*Figure III.8: Changement de dimension pour le cas de non-linéarité*

## VII. Conclusion

Les machines à vecteurs support ou SVM constituent une méthode de classification supervisée particulièrement bien adaptée pour traiter les images de télédétection. Les SVM impliquent plusieurs notions mathématiques, dont la théorie de la généralisation, la théorie de l'optimisation, et les méthodes d'apprentissage basées sur des fonctions noyau. Les SVM conçu pour ne séparer que deux classes utilisent des stratégies adaptées pour les cas multi-classes.

*plagiat*

# Chapitre IV : Conception et Implémentation

- I. Introduction
- II. Environnement de développement
  - II.1 Environnement matériel
  - II.2 Environnement logiciel
    - II.2.1 Présentation du MATLAB
    - II.2.2 Fonctionnalité
    - II.2.3 Présentation de l'ENVI
    - II.2.4 Fonctionnalité
- III. Description du système
  - III.1 Pré traitements sous ENVI
    - III.1.1 Présentation de l'image et des régions d'intérêt
    - III.1.2 Préparation de l'image satellite
    - III.1.3 Extraction des régions d'intérêt
  - III.2 Traitement sous Matlab
    - III.2.1 Apprentissage
    - III.2.2 Classification
- IV. Comparaison
- V. Présentation de l'interface
- VI. Conclusion

## I. Introduction

La production de cartes d'occupation du sol est un enjeu crucial pour beaucoup de recherche et pour de nombreuses applications opérationnelles. Cependant, pour que ces cartes soient disponibles dans des délais raisonnables et avec une qualité suffisante, il est nécessaire de disposer des méthodes automatiques robustes et fiables, capables d'exploiter de façon efficace les données disponibles pour cela nous avons mise au point un système de classification supervisé permettant de classer une image satellite en plusieurs zones (classes) à savoir : urbanisme, eau, forêts, espace vert ...etc.

## II. Environnement de développement

### II.1 Environnement matériel

Matériel	Caractéristiques
PC	<b>Processeur : intel I5</b> <b>Ram : 4 Gb</b> <b>Disque dure : 500 Gb</b>

*Tableau IV.1: Caractéristiques du matériel utilisé.*

### II.2 Environnement logiciel

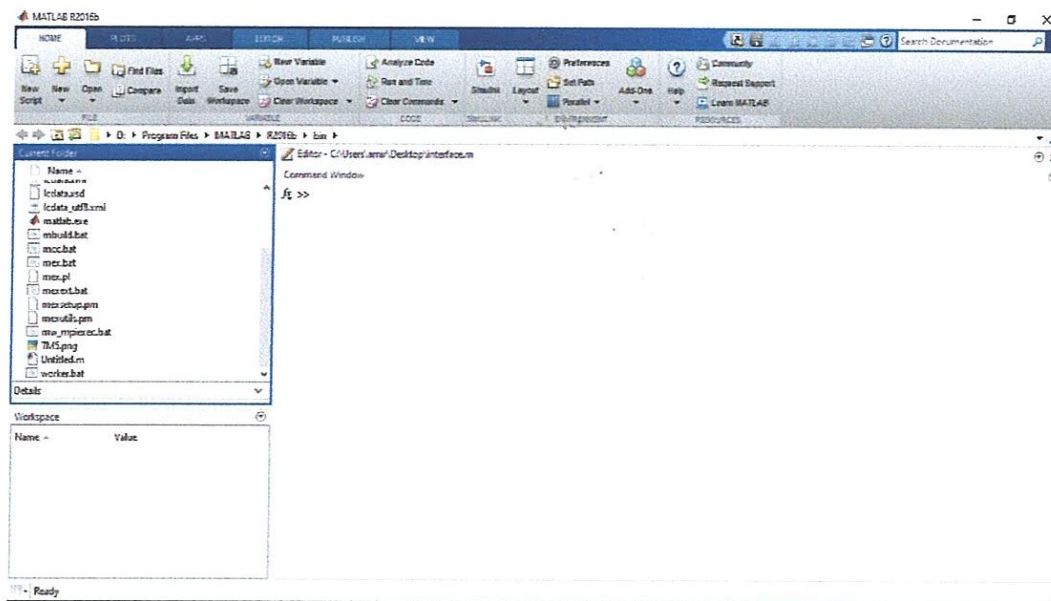
L'application a été développée en « Matlab R2016b » et nous avons utilisé une base d'images traitées par le logiciel « ENVI 5.3 ».

#### II.2.1 Présentation du MATLAB

Le Matlab est un logiciel de calcul interactif développé par la société Math Works il permet de réaliser des simulations numériques basées sur des algorithmes d'analyse numérique, manipuler les matrices, afficher les courbes et créer des interfaces utilisateurs.

Son objectif, par rapport aux autres langages, est de simplifier au maximum la transcription en langage informatique d'un problème mathématique, en utilisant une écriture la plus proche possible du langage naturel scientifique.





*Figure IV.1: Fenêtre principale du MATLAB*

### II.2.2 Fonctionnalité

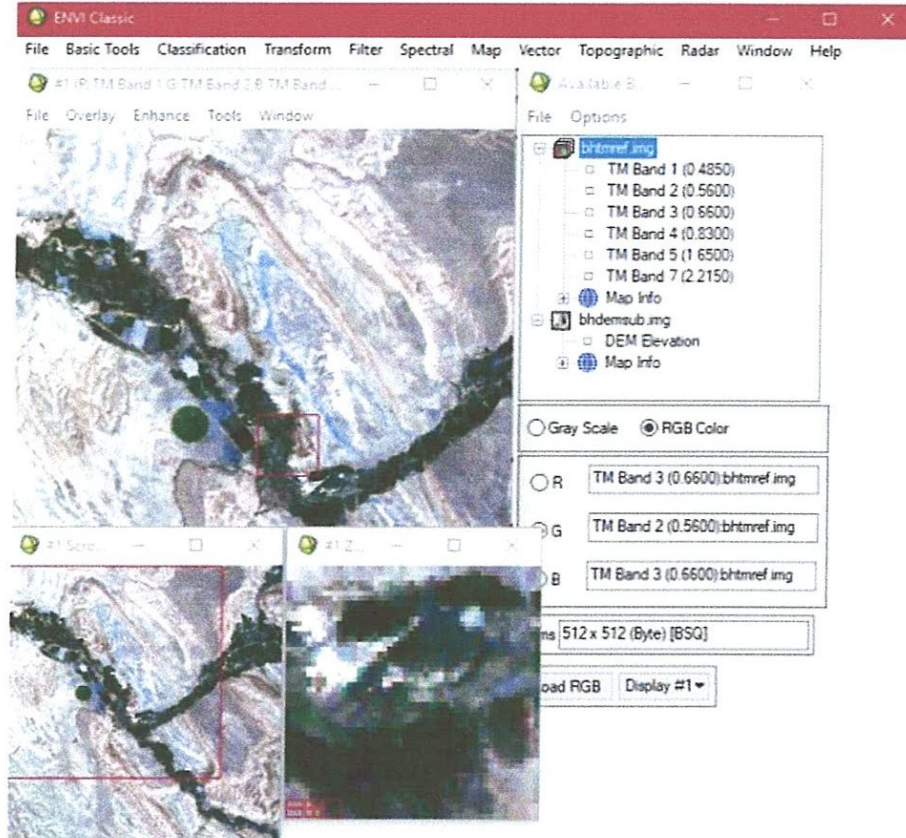
- Environnement bureau pensé pour l'exploration itérative, la conception et la résolution des problèmes.
- Outils permettant la création des applications avec interface utilisateur personnalisée.
- Applications dédiées à l'ajustement des courbes, la classification des données, l'analyse des signaux et bien d'autres tâches spécialisées.
- Graphiques destinés à la visualisation des données et outils conçus pour créer des tracés personnalisés.
- Langage de haut niveau pour le calcul scientifique et technique.

### II.2.3 Présentation de l'ENVI

C'est un logiciel commercial complet de visualisation et de traitements d'images issues de la télédétection. Il présente une interface logique et intuitive pour lire, visualiser et analyser différents formats d'images. Toutes les méthodes de traitement d'images de corrections géométriques, radiométriques, de classification et de mise en page cartographique sont présentes (voire figure IV.2)

Envi permet de travailler sur différents types de données (multi spectrale, hyper spectrale, radar), d'intégrer des données de type matriciel (image) et vectoriel et est compatible avec des données de type SIG. Il permet entre autres de contraster les images, de les corriger géométriquement, de les classifier, de réaliser des analyses à l'aide des données d'élévations, etc.

ENVI utilise le langage de programmation IDL (Interactive Data Language).



*Figure IV.2: Fenêtre principale de l'ENVI*

### II.2.4 Fonctionnalité

- Permet d'afficher simultanément une ou plusieurs bandes. Une commande spécifique permet de lier interactivement les deux affichages.
- Permet d'annoter des graphiques et images, insérer du texte, des barres des couleurs et autres symboles cartographiques.
- Propose une fonction permettant de segmenter un histogramme en plages de densités. Cette opération s'applique sur un canal monochrome.
- Permet de contourner les plages de pixels contenant une même classe des comptes numériques.
- Faire des opérations d'amélioration d'images est d'augmenter la lisibilité des données.
- Permet de tracer et de sélectionner des formes (polygones, poly lignes, points, ellipses, rectangles) utilisés pour diverses opérations : classification, masques, etc.

### III. Description du système

Le système que nous avons mis en œuvre permet de produire à partir d'images satellitaire une carte d'occupation du sol mettant en valeur les classes de grand intérêt tel que : habitas, espace vert, forêt, eau...etc.

Les principales phases de notre système sont illustrées sur la figure IV.3

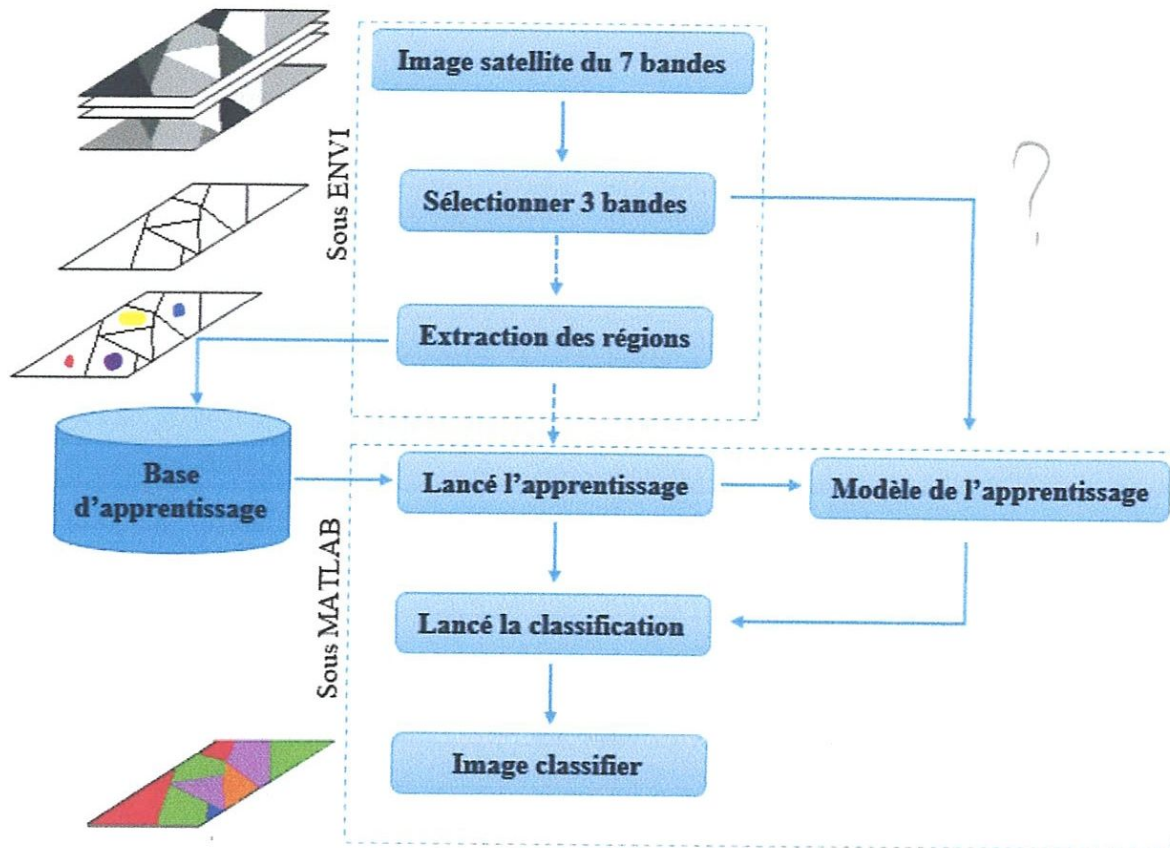


Figure IV.3: Description générale du système

#### III.1 Pré traitements sous ENVI

##### III.1.1 Présentation de l'image et des régions d'intérêt

L'image utilisée pour tester notre approche représente la région de Mohammedia wilaya de Mascara, c'est une image LANDSAT TM qui date du 20 mai 2002. Sa taille est 900 x 1000 pixels. Les données radiométriques sont relatives aux sept canaux, du TM1 au TM7. Situées dans le visible, le proche infrarouge et le moyen infrarouge.



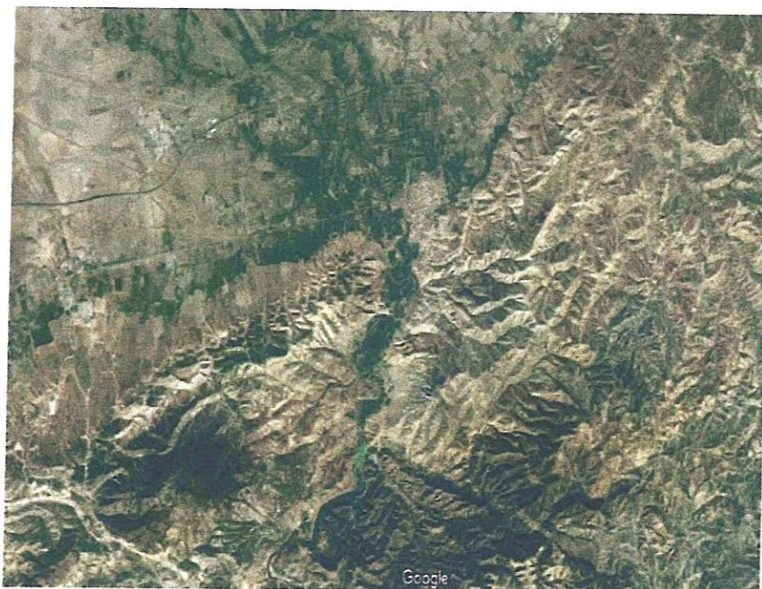


Figure IV.4: Composition colorée de l'image de la zone d'étude (région de Mohammedia).

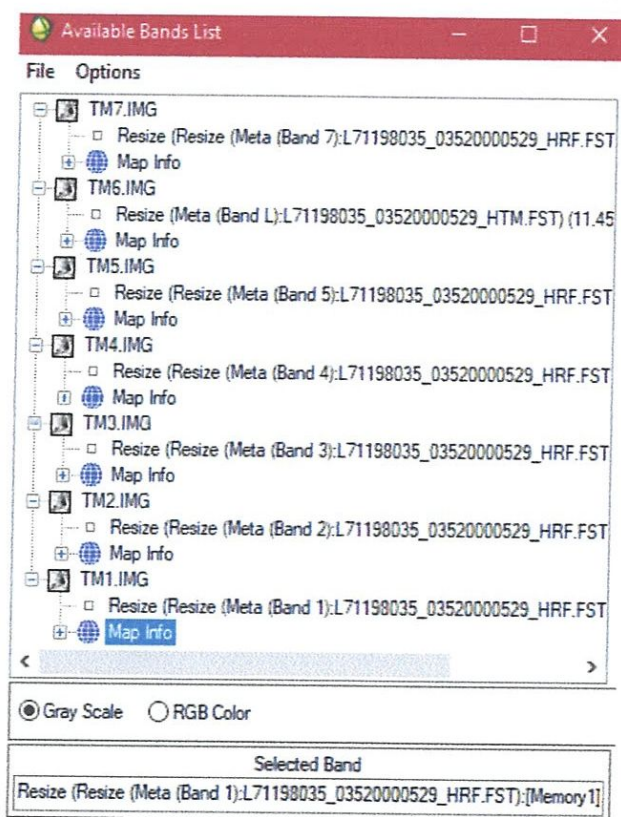
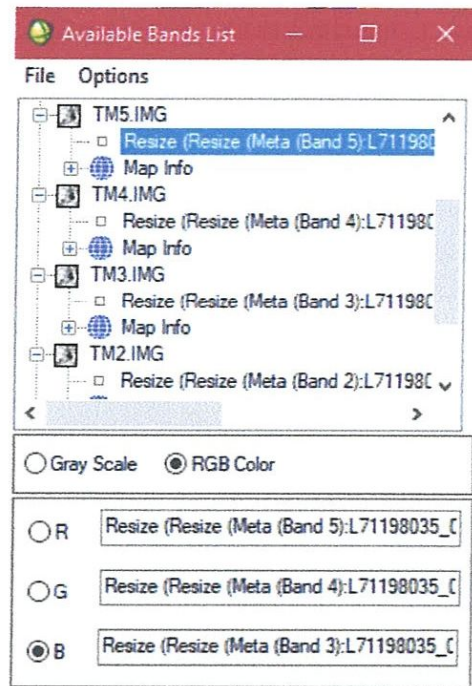


Figure IV.5: Les 7 bandes de l'image de la zone d'étude.

### III.1.2 Préparation de l'image satellite

Pour voir l'image en couleur recomposée on a choisi les bandes TM 3, TM 4, TM 5, ces bandes donnent une meilleure compréhension de certaines classes.





*Figure IV.6: Sélection des 3 bandes*

Rouge = Canal 5 (TM5)

Vert = Canal 4 (TM4)

Bleu = Canal 3 (TM3)

### III.1.3 Extraction des régions d'intérêt

Le choix des régions d'intérêt mérite beaucoup d'attention, Il ne suffit pas toujours de choisir une seule partie par classe. En effet, il se peut qu'une classe telle que "végétation" contienne plusieurs types de paysages. Dans ce cas, il faut créer des sous-classes, Les classes présentes dans cette image sont (voir Figure IV.7) :

Classe 1 : eau

Classe 2 : urbanisme

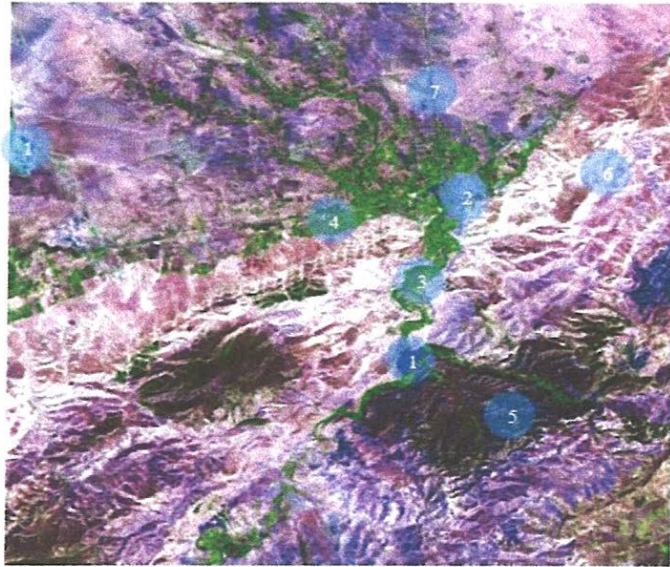
Classe 3 : Végétation dense

Classe 4 : Végétation peu dense

Classe 5 : Forêt

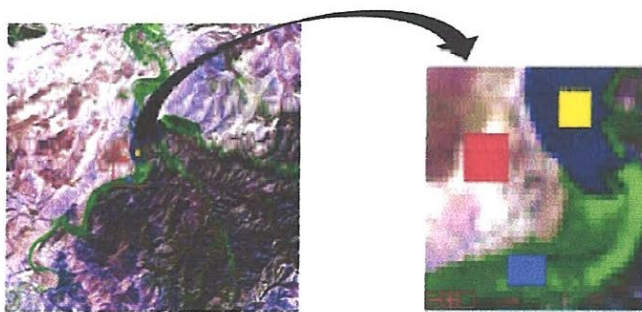
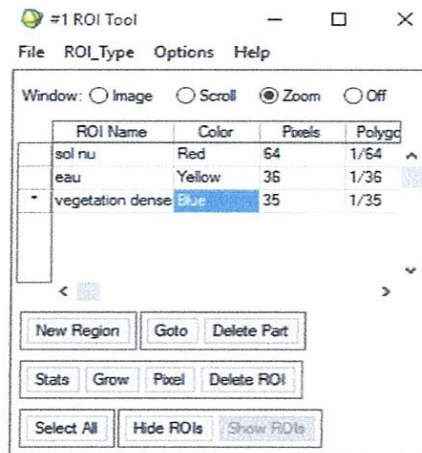
Classe 6 : Sol nu

Classe 7 : réseau routier.



*Figure IV.7: Image d'étude en couleurs recomposée avec trois bandes TM3, TM4, TM5 et Les régions d'intérêt*

Dans cette étape on a sélectionné les zones d'intérêt, par la suite les stocker dans une matrice.



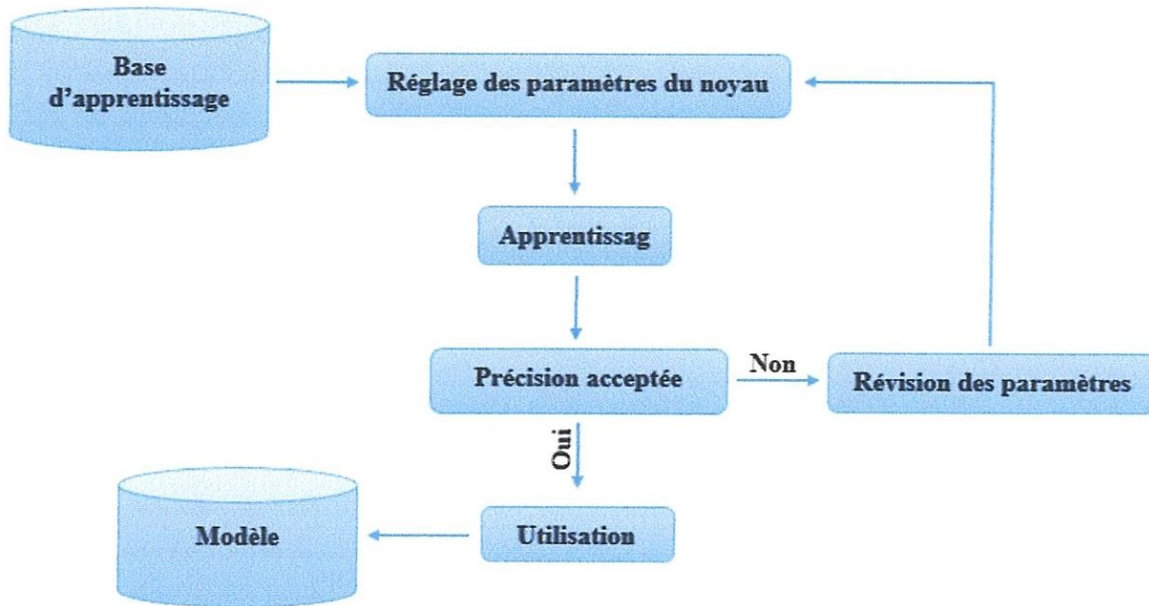
*Figure IV.8: La sélection des régions d'intérêt*

### III.2 Traitement sous Matlab

Nous avons adopté l'algorithme SVM pour faire la classification, La plupart des problèmes ne se contentent pas de deux classes de données. Nous avons choisi de considérer les problèmes multi-classes comme une cumulation de problèmes à deux classes.

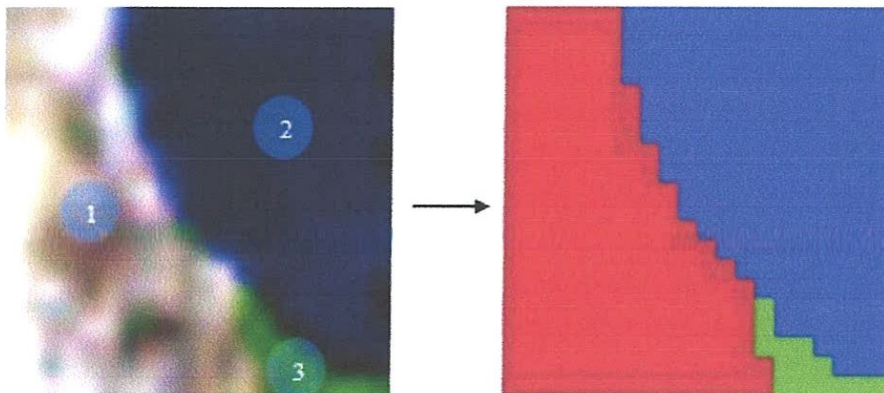
#### III.2.1 Apprentissage

L'organigramme suivant présente les différentes étapes d'apprentissage



*Figure IV.9: Organigramme présente les étapes d'un apprentissage*

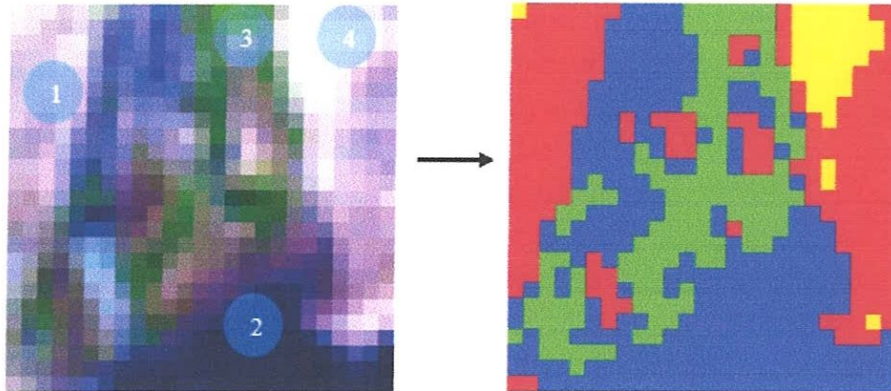
Le temps d'apprentissage est très long lorsqu'on travaille avec toute l'image, alors on a essayé de lancer le test d'apprentissage tout d'abord pour trois classes « eau », « végétation dense » et « sol nu » sur une petite image de 20X20 pixel le taux atteint à 100% figure IV.9.



*Figure IV.10: Test du 20X20*



Un deuxième test d'apprentissage a été effectué sur une image de 200 \* 200 pixel avec quatre classes eau, sol nu, espace vert et végétation peu dense le taux sera 99% figure IV.10



*Figure IV.11: Test du 200X200*

Après une série des tests nous avons fixé les classes finales puis on a extrait la matrice correspondante aux régions d'intérêt et appliqué la fonction d'apprentissage et sauvegardé le résultat dans un modèle pour le réutiliser dans la classification, La base d'apprentissage est composée de 889 pixels au total.

### III.2.2 Classification

À partir d'apprentissage on a extrait la procédure de classification, il s'agit en effet d'extraire une règle générale à partir des données observées. La procédure générée devra classifier correctement l'image, et consiste à regrouper les pixels dans des ensembles logiques en fonction soit de leurs valeurs numériques, soit de leurs propriétés spatiales en fonction de leur voisinage afin d'obtenir une image finale la plus proche de la cartographie réelle.

On a testé notre système pour trois noyaux linéaire, RBF et polynomial.

- **Premier test : noyau linéaire**



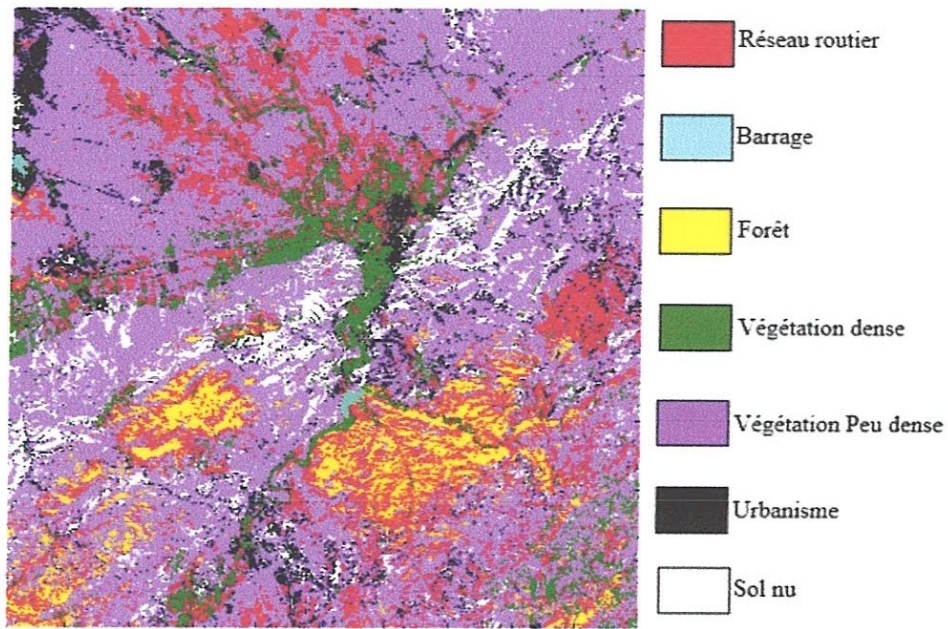


Figure IV.12: Image de la région de Mohammedia classée par SVM avec le noyau linéaire

- Matrice de confusion :

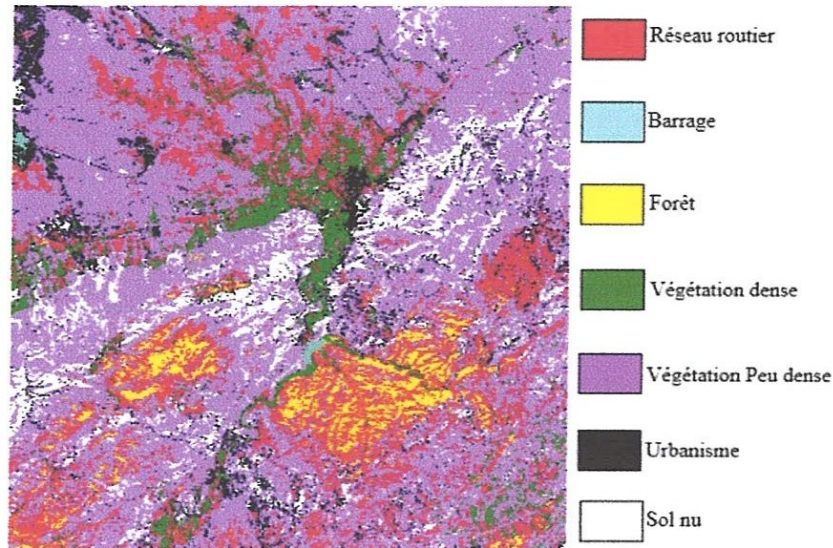
	Réseau routier	Barrage	Forêt	Végétation dense	Urbanisme	Sol nu	Végétation peu dense
réseau routier	87.00	17.58	0.00	1.69	0.00	0.00	0.4
Barrage	8.00	74.00	0.00	1.69	0.00	0.00	0.00
Forêt	0.00	1.10	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Végétation dense	1.00	0.00	0.00	92.66	0.00	0.00	0.00
Urbanisme	4.00	6.59	0.00	1.69	95.83	12.90	0.00
Sol nu	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	87.10	0.00
Végétation peu dense	0.00	0.00	0.00	2.26	4.17	0.00	96.40
total	92.53 %						

Tableau IV.2 : Matrice de confusion (noyau linéaire)

- Discussion :

A partir des statistiques de la matrice de confusion tableau IV.2, nous remarquons que la majorité des classes sont en conflit, notamment la classe urbanisme qui est en conflit avec presque toutes les classes. Le taux de classification égal à 92.53%.

- Deuxième test : noyau RBF



*Figure IV.13: Image de la région de Mohammedia classée par SVM avec le noyau RBF*

- Matrice de confusion :

	Réseau routier	Barrage	Forêt	Végétation dense	Urbanisme	Sol nu	Végétation peu dense
réseau routier	95.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Barrage	3.00	92.31	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
Forêt	0.00	1.10	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Végétation dense	1.00	0.00	0.00	98.31	0.00	0.00	0.00
Urbanisme	0.00	6.59	0.00	0.00	97.92	0.00	0.00
Sol nu	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	100.00	0.00
Végétation peu dense	1.00	0.00	0.00	1.13	2.08	0.00	98.00
Total	97.91						

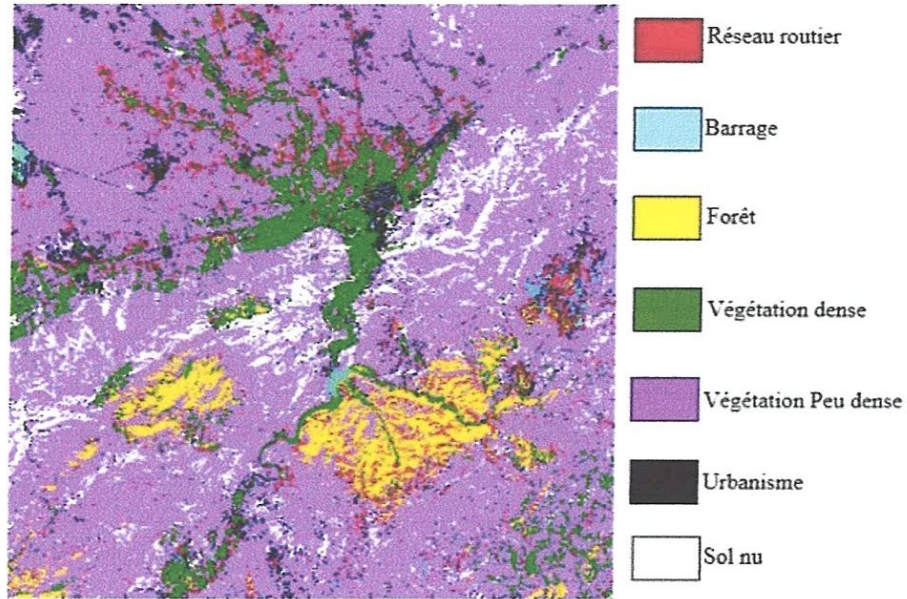
*Tableau IV.3: Matrice de confusion (noyau RBF)*



- Discussion :

Le tableau IV.3 montre que le conflit entre la classe réseau routier et les autres classes a été éliminé et les conflits entre les autres classes ont été réduits. Le taux de classification est égal à 97.91%.

- **Troisième test : noyau polynomial**



*Figure IV.14: Image de la région de Mohammedia classée par SVM avec le noyau polynomial*

- Matrice de confusion :

	Réseau routier	Barrage	Forêt	Végétation dense	Urbanisme	Sol nu	Végétation peu dense
réseau routier	95.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Barrage	3.00	98.90	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
Forêt	0.00	1.10	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Végétation dense	1.00	0.00	0.00	98.31	0.00	0.00	0.00
Urbanisme	0.00	0.00	0.00	0.00	95.83	0.00	0.00
Sol nu	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	100.00	0.00
Végétation peu dense	1.00	0.00	0.00	1.13	4.17	0.00	100.00



Total	98.79
-------	-------

*Tableau IV.4: Matrice de confusion (noyau polynomial)*

- Discussion :

Le tableau IV.4 présente le meilleur résultat obtenu. Le taux de classification d'apprentissage à 98.79 %. D'après la matrice de confusion la majorité des conflits ont été éliminé, il reste quelques conflits négligeables entre la classe végétation car cette région présente des caractéristiques très proche entre les classes représente la couverture végétale. Mais en général les résultats de classification étaient très intéressants.

#### IV. Comparaison

Afin de valoriser nos résultats nous avons jugé utile de les comparer avec une étude similaire effectuée sur la même région d'étude utilisant deux méthodes hybride neuro-génétique et neurones RBF pour la classification des régions. Les classes adaptées dans cette étude sont :

Barrage, Végétation moyennement dense, Pelouse, Forêt, Sol nu, Végétation dense, Végétation peu dense.

Le tableau ci-dessous illustre une comparaison par taux de classification obtenue

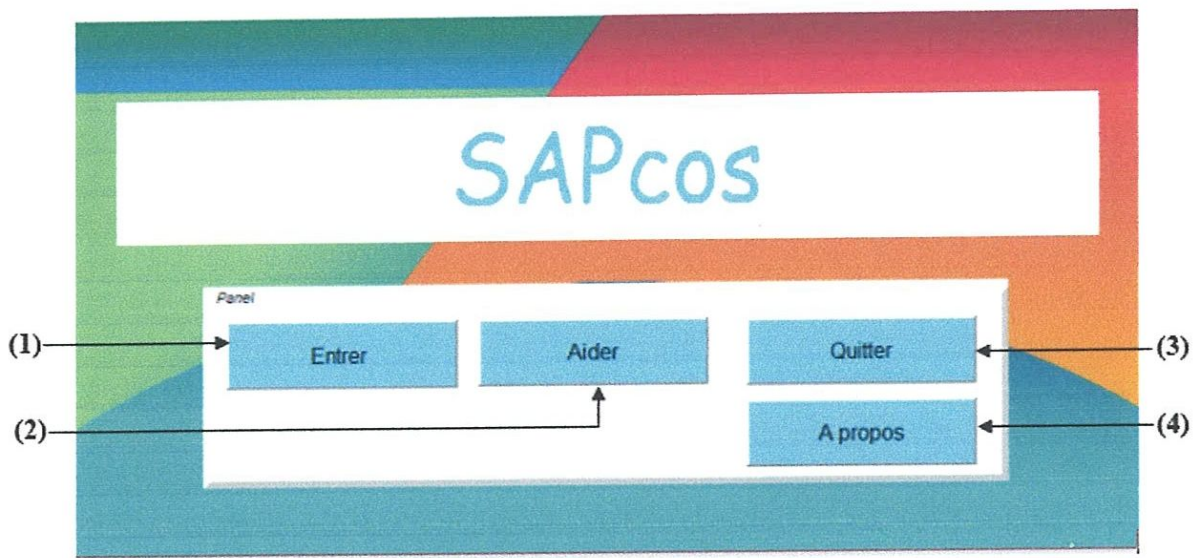
Les classes	Classification SVM (polynomial)	Classification neurones RBF [23]	Classification neuro-génétique [23]
réseau routier	95.00 %	-	-
Barrage	98.90 %	100%	100 %
Foret	100 %	96.66%	100 %
Végétation dense	98.31 %	90.00%	100 %
Végétation peu dense	100 %	76.66%	75 %
Urbanisme	95.83 %	-	-
Sol nu	100 %	93.33%	100 %
Végétation moyennement dense	-	100%	100 %
Pelouse	-	100%	100 %
Total	98.79%	93.80%	96.42%

*Tableau IV.5: Illustre une comparaison par taux entre classification SVM et de neuro génétique hybride et neurones RBF*

D'après le tableau de comparaison on remarque que malgré une hybridation neuro génétique qui a été effectuée sur le système de Classification par des neurones RBF afin d'améliorer les performances, un grand conflit dans ce dernier dans les classes « Végétation peu dense » et « Végétation dense » ce qui implique une réduction du taux total jusqu'à 96.42%, d'autre part notre système classification par SVM qui utilise le noyau polynomial minimiser ce conflit entre les classes et augmenter le taux de classification total (98.79%).

### V. Présentation de l'interface :

On a essayé de créer une interface graphique simplifiée permettant une utilisation facile et conviviale pour l'utilisateur.



*Figure IV.15: L'accueil de l'application*

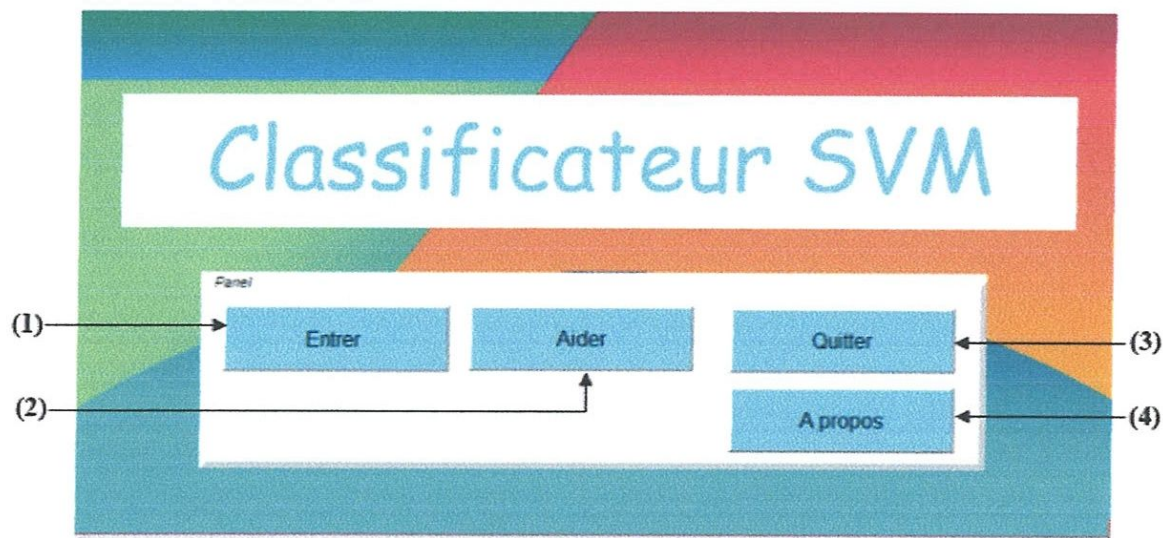
- 1- **Entrer** : ouverture de la fenêtre principale.
- 2- **Aider** : guide pour l'utilisation de l'application.
- 3- **Quitter** : quitte l'application.
- 4- **A propos** : plus d'information sur l'application.

Le bouton « Entrer » de cette interface permet de lancer notre application et d'afficher une nouvelle fenêtre comme suit :

D'après le tableau de comparaison on remarque que malgré une hybridation neuro génétique qui a été effectuée sur le système de Classification par des neurones RBF afin d'améliorer les performances, un grand conflit dans ce dernier dans les classes « Végétation peu dense » et « Végétation dense » ce qui implique une réduction du taux total jusqu'à 96.42%, d'autre part notre système classification par SVM qui utilise le noyau polynomial minimiser ce conflit entre les classes et augmenter le taux de classification total (98.79%).

### V. Présentation de l'interface :

On a essayé de créer une interface graphique simplifiée permettant une utilisation facile et conviviale pour l'utilisateur.



*Figure IV.15: L'accueil de l'application*

- 1- **Entrer** : ouverture de la fenêtre principale.
- 2- **Aider** : guide pour l'utilisation de l'application.
- 3- **Quitter** : quitte l'application.
- 4- **A propos** : plus d'information sur l'application.

Le bouton « Entrer » de cette interface permet de lancer notre application et d'afficher une nouvelle fenêtre comme suit :



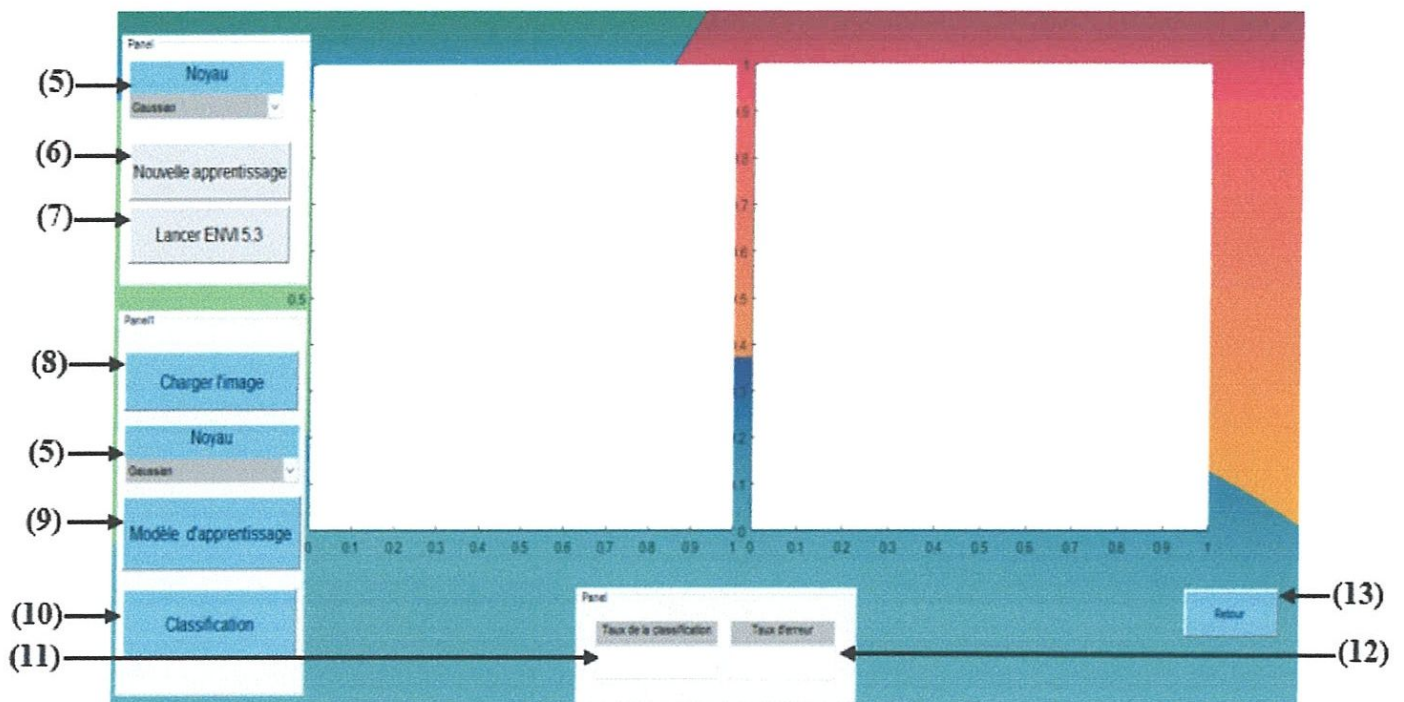


Figure IV.16: La fenêtre principale de l'application

- 5- **Noyau** : le choix de noyau (Linéaire, Polynomiale, radial basis function)
- 6- **Nouvelle apprentissage** : lancement d'un nouvel apprentissage
- 7- **Lancer ENVI 5.3** : ouverture la plateforme envi
- 8- **Charger image** : chargement d'image sélectionner
- 9- **Modèle d'apprentissage** : chargement de modèle sauvegardé
- 10- **Classification** : lancement de classification
- 11- **Taux de la classification** : affichage de taux total de classification
- 12- **Taux d'erreur** : affichage de taux d'erreur
- 13- **Retour** : retour a fenêtre d'accueil

### VI. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'implémentation de notre système de classification supervisé par l'algorithme **SVM** et pour augmenter sa performance on a utilisé le **noyau polynomial**, Les résultats obtenue sont encourageants : ils permettent d'obtenir un taux de classification pour les classes plus de **95%** des pixels bien classés et un taux global de **98.79%** et la séparation entre les zones est excellente.

# **Conclusion générale**



## Conclusion générale

La télédétection offre des moyens et des outils de l'analyse des propriétés physiques et biologiques des objets sans contact direct avec ses derniers ce qui facilite la tâche et augmente la rentabilité des moyens techniques en diminuant le temps, comme dans notre cas de création d'une carte d'occupation du sol.

L'objectif de ce projet est de mettre en œuvre un outil automatique de production de la carte d'occupation du sol basé sur la classification des images satellites hyper-spectrales ou multi spectrales.

Pour accomplir cette tâche, nous avons utilisé l'algorithme SVM. Ce dernier est connu par sa puissance de discrimination et par un apprentissage plus rapide par rapport à aux autres méthodes de classification.

Le système est composé de deux phases principales : une phase de traitement d'image qui a été faite à l'aide du logiciel ENVI pour la sélection des bandes spectral puis extraction des régions d'intérêt. Dans la seconde phase (effectuer sous Matlab) nous précédons à l'apprentissage et la classification par SVM.

L'obtention du modelé SVM optimal a été sélectionner par plusieurs tests combiner sur le taux d'apprentissage, de classification et les noyaux utilisé.

Les tests de notre système ont été effectué sur une image multi spectrale de la région d'el Mohammedia (un petit village de l'ouest d'Algérie)

Un taux de classification de 98% a été obtenue ce qui est très satisfaisant comparé avec des études intérieures effectuées sur la même région on les taux été de 93.80% et 96.42%.

# **Bibliographie**

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] : Matthew, P; Clara, V « les Satellites artificiels » [En ligne]. Consulté le 12 12 2016.
- [2] : Dalan.M « satellite artificiel » [En ligne]. Consulté le 03 10 2016.
- [3] : Thibault ; Aubin ; Clément « L'image satellite Comment l'image satellite a modifié la perception du monde » [En ligne]. Consulté le 11 01 2017
- [4] : Stélandre. M; Vandenabeele.J; Rott.P « Résolution spectrale » [En ligne]. Consulté le 20 02 2017
- [5] : Donald.L « Mass Storage Estimates for the Digital Mapping Era ». Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 52, p. 425, 1986.
- [6] : Cnes « Imagerie Satellitale » Documentions produite par Business Image Group et Spot Image, 1999
- [7] : Afnor « EDIGEO norme concernant l'échange de données informatisées » Paris,1992
- [8] : Messaoudi.S ; Dro.H « Système d'information géographique : outil d'analyse et de representation statistique»mémoire maroc, 2015.
- [9] : Jean.M « Les composantes d'un SIG » [En ligne]. Consulté le 02 03 2017.
- [10] : Autriche ; Gartner,G « cartographie (SECFT) », l'Association cartographique internationale , 2004
- [11] : Yveline.D « Cartographie » PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CARTOGRAPHIE,1987.
- [12] : « Notions fondamentales de télédétection » [En ligne]. Consulté le 15 01 2017.
- [13] : Bonn,F ; Rochon « Précis de télédétection »these Principes et méthodes,1992
- [14] : Imessaoudene,N « Utilisation de la télédétection pour la cartographie géologique du Massif des Eglab et de sa bordure sédimentaire » mémoire Université de Sctif 2012.
- [15] : Pcduzzi, P « Initiation à la télédétection » satellites et applications- Université de Genève,2009
- [16] : Grzegorz S; BinhTran,D; Weber,C « Les images satellites Spot multi-dates et la métrique spatiale dans l'étude du changement urbain et suburbain – Le cas de la basse vallée de la Bruche (Bas-Rhin, France) »,Paris 2009.



[17] : Bouassida,L; Maréchal,C; Ben Khatra,N « Etude de la dynamique de l'expansion urbaine du grand Tunis (1975-98) » mémoire Tunis 1998

[18] : Frédéric,M ;Millogo « Segmentation des images de télédétection par les algorithmes de type « SVM » Support Vector Machines »,2012

[19] : Djeffal, A « Classification » [En ligne]. Consulté le 12 04 2017

[20] : MAIZA,M « ANALYSE DES IMAGES AÉRIENNES PAR LES TECHNIQUES D'OPTIMISATION » thèse Université d'Oran 2012

[21] : Guermoudi,M; Fekih,M « Fusion des classifieurs supervisés: Application sur la classification pixellaire des images microscopiques » mémoire Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, 2013

[22] : Mohamadally,H; Fomani,B « SVM : Machines à Vecteurs de Support ou Séparateurs à Vastes Marges » Versailles St Quentin, France ,2006

[23] : Mokhtar.Ch « Interprétation & Classification multisources des images satellitaires par une approche hybride neuro-génétique » mémoire Université d'Oran, 2004