

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM



Faculté des Sciences Exactes et d'Informatique
Département de Mathématiques et d'Informatique
Filière Informatique

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de
Master II en informatique
Spécialité: Systèmes d'Information Géographiques

Thème

**L'exploitation des images multi-temporelles pour
la détection des changements**

Présenté par :

- Ouldmelha omar
- Mansour Smail

Devant le jury composé de:

- Melle GHERDAOUI Sarah : encadreur
- Mme BEDED : examinateur
- Mme HASSAINE : président

Année Universitaire 2014/ 2015

Résumé :

Les images multi-temporelles permettent de suivre l'évolution dans le temps d'une région d'intérêt par le biais des techniques de la détection des changements. Ainsi, ces images représentent un outil de choix dans la gestion des ressources naturelles. Ceci exige une démarche méthodologique de traitement d'image appropriée à l'utilisation de ce type de données. Cette dernière exige une grande exactitude de la classification, à cet effet la classification va être réalisée en utilisant la méthode SVM qui est réputée robuste et performante.

Mots clés : Détection de changement, image satellitaire, Les Séparateurs à Vaste Marge(SVM).

Abstract :

The multi-temporal images allow to follow the evolution over time of a region of interest through technical changes upon detection. So these images are a tool of choice in the management of natural resources. This requires a methodological approach appropriate image processing to the use of such data. The latter requires high classification accuracy for this purpose the classification will be performed using the SVM method that is deemed robust and powerful.

Keywords : Change detection, satellite image, the separators Large Marge (SVM).

INTRODUCTION GENERALE

De nos jours, les documents multimédias sont devenus un élément central dans les différents domaines d'applications grâce au développement des technologies liées à l'informatique. En effet, ils sont des outils de travail essentiel, en imagerie satellitaire et astronomique.

La télédétection a connu lors des dernières décennies une évolution exponentielle. Son intérêt, dans différents domaines d'application, a fait que la terre est presque totalement imagée. De plus en plus de pays disposent de leurs propres satellites et les stations de réceptions reçoivent des centaines d'images par jour.

Ces images seront exploitées dans différents traitements tels que la classification, la segmentation, la reconnaissance des scènes, la détection des contours, la détection des changements, ...etc.

La détection de changements en traitement d'images est un ensemble de problèmes regroupant des domaines aussi variés que la télédétection.

Ce traitement a fait l'objet d'une quantité importante de publications et de nombreuses approches méthodologiques ont été introduites afin de tenter de résoudre ce problème. La principale difficulté de la détection de changements, dans la plupart des applications, est que le problème n'est pas de détecter les changements sur des images, mais sur des scènes sous-jacentes.

Dans ce contexte, nous avons structuré notre étude de la manière suivante :

Dans le chapitre 1 nous présentons une suite de définitions qui permettront de mieux appréhender le sujet des images satellitaires.

Dans le chapitre 2 nous intéresserons à définir la détection des changements en télédétection et son processus.

Le chapitre 3 nous va expliquer la méthode de SVM, afin de réaliser une classification des images multi-dates.

Enfin, le chapitre 4 sera consacré à la présentation et la discussion des résultats de notre application.

I. Introduction :

La télédétection est une technique qui permet d'étudier la surface de la Terre au moyen de capteurs placés à bord d'avions ou de satellites. Ces instruments enregistrent les rayonnements émis ou réfléchis par la surface de la Terre.

Ces capteurs sont sensibles à la lumière visible mais aussi à d'autres parties du spectre électromagnétique comme l'infrarouge, l'ultraviolet et les micro-ondes.

L'image du sol terrestre, est la représentation graphique des enregistrements du capteur, est obtenue en attribuant des intensités de gris ou de couleurs aux valeurs numériques enregistrées. L'utilisation de différentes combinaisons de valeurs et des traitements spécifiques permet l'extraction d'informations sur certaines caractéristiques du sol, informations qui peuvent être utiles en agriculture, en foresterie, en géologie, en hydrologie, en océanographie ou en cartographie.

II. Télédétection :

II.1. Définition :

La télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'images, permet d'obtenir de l'information sur la surface de la terre sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information [1].

II.2. Domaine d'application :

Les exemples de télédétection sont très nombreux, elle est utilisée par plusieurs personnes dans différents domaines, on cite par exemple [W1]:

- **Le géographe** : Qui recherche les changements qui doivent être cartographiés à la surface de la Terre.
- **Le forestier** : Qui veut s'informer sur les essences d'arbres disponibles, les feux de forêt ou la pollution.
- **L'environnementaliste** : Qui désire détecter, identifier et faire le suivi des polluants ou des nappes d'hydrocarbures.
- **Le géologue** : Intéressé à découvrir des gisements de minéraux.
- **L'agriculteur** : Qui désire faire le suivi de ses récoltes et savoir si elles sont affectées par la sécheresse, les inondations, les maladies ou la vermine.
- **Le capitaine** : Qui a besoin de déterminer la meilleure route parmi les glaces.
- **Le pompier** : Qui doit coordonner les équipes d'après les informations sur la dimension et le déplacement du feu de forêt.

II.3. Processus de la télédétection :

On peut schématiser la télédétection comme un ensemble de 7 étapes clés :

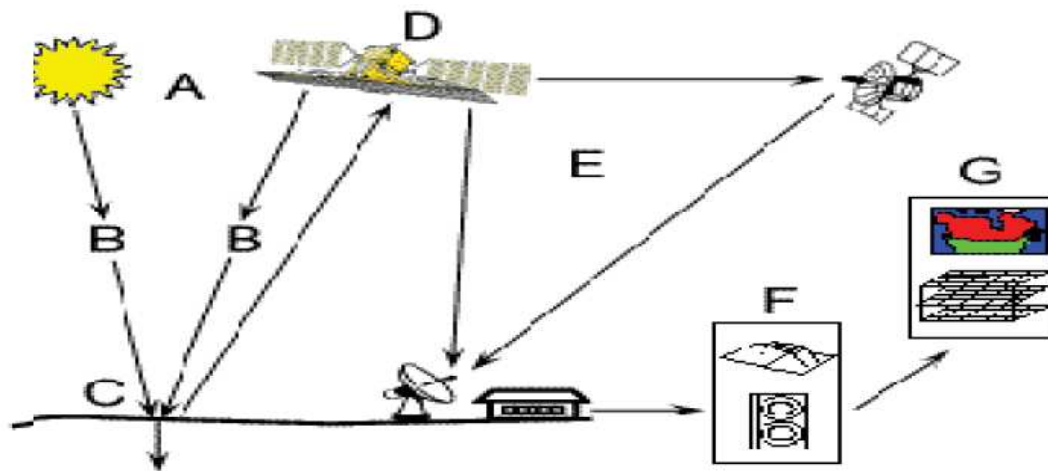


Figure I.1 : Processus de la télédétection.

II.3.1. Source d'énergie ou d'illumination (A) :

À l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible [W1].

II.3.2. Rayonnement et atmosphère (B) :

Durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère. Une seconde interaction se produit lors du trajet entre la cible et le capteur[W1].

II.3.3. Interaction avec la cible (C) :

Une fois parvenue à la cible, l'énergie interagit avec la surface de celle-ci. La nature de cette interaction dépend des caractéristiques du rayonnement et des propriétés de la surface [W1].

II.3.4. Enregistrement de l'énergie par le capteur (D) :

Une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée à distance (par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible) pour être enfin enregistrée [W1].

II.3.5. Transmission, réception et traitement (E) :

L'énergie enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques) [W1].

II.3.6. Interprétation et analyse (F) :

Une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible [W1].

II.3.7. Application (G) :

La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible, pour nous en faire découvrir de nouveaux aspects ou pour aider à résoudre un problème particulier [W1].

II.4.Type de capteur utilisé de télédétection :

En fonction du type de capteur utilisé, on parle de télédétection passive ou de télédétection active [W2].

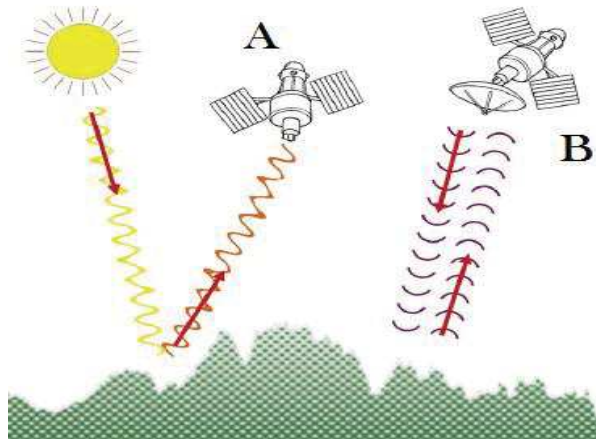


Figure I.2 : Télédétection passive et Active.

II.4.1 Télédétection passive A :

Le radiomètre (l'instrument de mesure) embarqué sur l'avion ou sur le satellite capte le rayonnement réfléchi par la surface de la Terre, lorsque le Soleil illumine la Terre. Le Soleil est la source d'énergie. Il n'est donc pas possible de réaliser des observations la nuit ou quand des nuages masquent le sol.

L'observation des régions tropicales n'est pas toujours facile en raison de la couverture nuageuse. Les régions polaires en période hivernale avec peu d'éclairement ne sont pas facilement observables.

II.4.2 Télédétection active B :

Le capteur embarqué à bord de l'avion ou du satellite produit sa propre énergie pour illuminer la cible : il dégage un rayonnement électromagnétique qui est dirigé vers la cible. Le rayonnement réfléchi par la cible est alors perçu et mesuré par le capteur. On utilise des radars ou des lasers comme source d'énergie. Ces rayonnements passent à travers la couverture nuageuse et il est donc possible d'obtenir des images quelles que soient les conditions météorologiques et de jour comme de nuit.

II.5. Les bases physiques de la télédétection :**II.5.1. Le Rayonnement électromagnétique :**

Le rayonnement électromagnétique est une forme de propagation de l'énergie dans la nature, dont la forme qui nous est la plus familière est la lumière visible telle que l'aperçoit l'œil humain. Historiquement, la physique spécialisée dans l'étude du rayonnement (optique) est née de l'étude de la propagation de la lumière et de ses interactions avec les matériaux (optique géométrique). Le rayonnement a été ensuite reconnu par les physiciens comme un

phénomène ondulatoire, en relation avec l'électricité et le magnétisme (optique électromagnétique) ; Enfin, la physique moderne a montré que le rayonnement électromagnétique pouvait également être considéré comme un déplacement de particules élémentaires représentant une quantité d'énergie (optique énergétique et quantique) [W1].

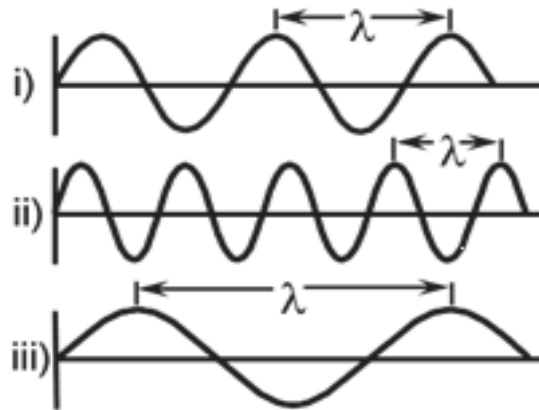


Figure I.3 : La longueur d'onde.

La longueur d'onde équivaut à la longueur d'un cycle d'une onde, ce qui correspond à la distance entre deux crêtes successives d'une onde. La longueur d'onde est représentée habituellement par la lettre grecque lambda (λ), et est mesurée en mètres ou en l'un de ces sous-multiples tels que les **nanomètres** (nm, 10^{-9} mètre), **micromètres** (μm , 10^{-6} mètre) ou **centimètres** (cm, 10^{-2} mètre). La fréquence représente le nombre d'oscillations par unité de temps. La fréquence est normalement mesurée en Hertz (Hz) (c.-à-d. en oscillations par seconde) ou en multiples de **Hertz**.

La formule suivante illustre la relation entre la longueur d'onde et la fréquence :

$$C = \lambda \nu$$

Où :

λ = longueur d'onde

ν = fréquence

C = vitesse de lumière

La longueur d'onde et la fréquence sont donc inversement proportionnelles, c'est-à-dire que plus la longueur d'onde est petite, plus la fréquence est élevée, et plus la longueur d'onde est grande, plus la fréquence est basse. Afin de comprendre l'information tirée des données de télédétection, il est essentiel de bien saisir les caractéristiques du rayonnement électromagnétique. Nous examinerons maintenant la classification du rayonnement électromagnétique.

II.5.2. Le spectre électromagnétique :

C'est le résultat de la décomposition du rayonnement électromagnétique en ses fréquences constituantes. Il s'étend des courtes longueurs d'onde (dont font partie les rayons gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (micro-ondes et ondes radio) [W1].

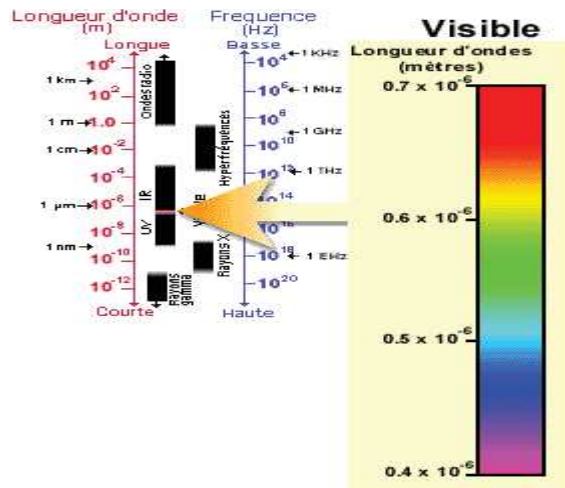


Figure I.4 : le spectre électromagnétique.

II.6. Les éléments de la télédétection :

Les éléments essentiels en télédétection sont:

1. Une plateforme pour tenir l'instrument.
2. Un objet cible à observer.
3. Un instrument ou capteur pour observer la cible.
4. L'information obtenue à partir des données de l'image et la manière dont cette information est exploitée et stockée [W3].

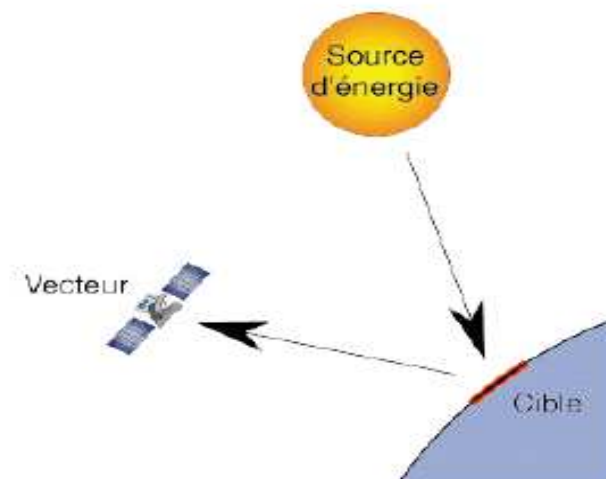


Figure I.5: Principes de bases de la télédétection.

Lorsque les scientifiques parlent de télédétection, l'objet observé est la terre. En général pour eux, la télédétection est un moyen pour observer la terre, sa surface terrestre, ses océans, son atmosphère et sa dynamique depuis l'espace.

II.6.1. Les plates-formes :

Quel que soit le degré de sophistication des instruments utilisés, en l'absence d'un moyen de quitter la surface de la terre, la télédétection ne permet pas d'acquérir une vision d'ensemble acceptable de notre planète. C'est la raison pour laquelle la télédétection est une technologie relativement nouvelle [2].

II.6.1.1 Les Avions :

De nos jours, a les méthodes les plus évidentes pour "prendre une photo" de la Terre à distance consiste faire en s'éloignant de sa surface (en volant, par exemple). Pour pouvoir prendre des photos, les avions sont équipés d'appareils photo. Les avions se caractérisent (du point de vue de la télédétection) par le fait qu'ils volent à une altitude relativement faible (seulement quelques kilomètres au-dessus de la surface) et ne peuvent par conséquent prendre en photo que des portions de territoire limitées, avec de nombreux détails (voitures, personnes, arbres, etc.).

Pour que les avions d'étude puissent voler, les conditions météo doivent être suffisamment bonnes, de manière à ce qu'il soit possible de prendre de nombreuses photographies ; les photos prises par les appareils photos embarqués sur ces avions sont par conséquent généralement assez claires (peu de nuages). Sauf que, les avions ne peuvent pas voler à tout moment (durant la nuit ou par temps de brouillard ou de pluie, alors qu'il est possible que des images soient nécessaires à ces moments).

II.6.1.2. Les satellites :

Les satellites ne volent pas. Ils se déplacent en suivant une orbite. L'orbite est la trajectoire suivie par un corps céleste autour d'un autre corps céleste plus grand. Généralement, l'orbite a une forme quasi-circulaire.

Aujourd'hui, les satellites sont des plates-formes utilisées communément en télédétection; ils véhiculent des capteurs extrêmement variés, et souvent spécialisés dans l'observation de la météo, des paysages ou catastrophes naturelles, de la végétation,....

Certains capteurs sont même capables de "voir" à travers les nuages ou d'acquérir de l'imagerie de nuit. Deux grands avantages des satellites par rapport aux avions, c'est qu'ils peuvent prendre des images d'étendues extrêmement vastes et que la même surface peut être observée systématiquement à chaque passage du satellite.



Figure I.6 : Image prise par un avion



Figure I.7 : Image satellitaire

II.6.1.2.1. Différents types de satellites :

Nous pouvons classer les satellites suivant leurs missions ou leurs orbites.

Suivant les différentes missions des satellites nous pouvons citer :

- Les satellites d'astronomie.
- Les satellites de navigation.
- Les satellites météorologiques.
- Les satellites militaires.
- Les satellites de communication.

Si nous prenons comme critère l'orbite, nous pouvons distinguer deux types de satellites :

A. Les satellites géostationnaires :

Les satellites à orbite géostationnaire ont une altitude très élevée (35790 Km) et ont la même vitesse de rotation que celle de la terre donnant ainsi l'impression qu'ils sont stationnaires. Cette configuration orbitale est utilisée par les satellites météorologiques et de communications [3].

B. Les satellites à défilement:

Les satellites à défilement, non géostationnaire, évoluent à basse altitude (entre 600 et 1500 Km) ce qui leur permet de fournir des images assez détaillées et d'effectuer des observations cycliques de la terre. Comme satellite à défilement on peut citer SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre), LANDSAT qui est propriété de la NASA (National Aeronautics and Space) [3].

II.6.2. Les capteurs :

La fonction d'un capteur consiste à détecter le signal radiatif émis ou réfléchi par la surface et à l'enregistrer soit sous forme analogique, soit sous forme numérique. Trois grands types de capteurs peuvent être distingués:

- les appareils photographiques,
- les radiomètres imageurs,
- les capteurs actifs (radars).

III. Imagerie :**III.1. Définition d'image :**

L'image est une représentation d'une personne ou d'un objet par la peinture, la sculpture, le dessin, la photographie, le film, etc.

C'est aussi un ensemble structuré d'informations qui, après affichage sur l'écran, a une signification pour l'œil humain. Elle peut être décrite sous la forme d'une fonction $I(x, y)$ de brillance analogique continue, définie dans un domaine borné, tel que x et y sont les coordonnées spatiales d'un point de l'image et I est une fonction d'intensité lumineuse et de couleur. Sous cet aspect, l'image est inexploitable par la machine, ce qui nécessite sa numérisation [4].

III.2. Image numérique :

Contrairement aux images obtenues à l'aide d'un appareil photo, ou dessinées sur du papier, les images manipulées par un ordinateur sont numériques (représentées par une série de bits). L'image numérique est l'image dont la surface est divisée en éléments de tailles fixes appelés cellules ou pixels, ayant chacun comme caractéristique un niveau de gris ou de couleurs prélevé à l'emplacement correspondant dans l'image réelle, ou calculé à partir d'une description interne de la scène à représenter.

La numérisation d'une image est la conversion de celle-ci de son état analogique (distribution continue des intensités lumineuses dans un plan xOy) en une image numérique représentée par une matrice bidimensionnelle de valeurs numériques $f(x,y)$ où :

x, y : coordonnées cartésiennes d'un point de l'image.

$f(x, y)$: niveau de gris en ce point

Pour des raisons de commodité de représentation pour l'affichage et l'adressage, les données images sont généralement rangées sous formes de tableau I de n lignes et p colonnes. Chaque élément $I(x, y)$ représente un pixel de l'image et à sa valeur est associé un niveau de gris codé sur m bits (2^m niveaux de gris ; 0 = noir ; 2^m-1 = blanc). La valeur en chaque point exprime la mesure d'intensité lumineuse perçue par le capteur [5].

III.3. Caractéristiques d'une image numérique :

L'image est un ensemble structuré d'informations caractérisées par les paramètres suivants:

III.3.1. Pixel :

Contraction de l'expression anglaise " Picture éléments ": éléments d'image, le pixel est le plus petit point de l'image, c'est une entité calculable qui peut recevoir une structure et une quantification. Si le bit est la plus petite unité d'information que peut traiter un ordinateur, le pixel est le plus petit élément que peuvent manipuler les matériels et logiciels d'affichage ou d'impression. La lettre A, par exemple, peut être affichée comme un groupe de pixels [6].

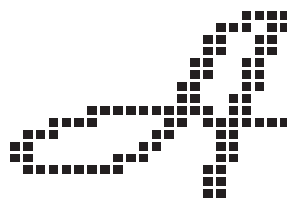


Figure I.8 : groupe de pixels.

La quantité d'information que véhicule chaque pixel donne des nuances entre images monochromes et images couleurs. Dans le cas d'une image monochrome, chaque pixel est codé sur un octet, et la taille mémoire nécessaire pour afficher une telle image est directement liée à la taille de l'image.

Dans une image couleur (R.V.B.), un pixel peut être représenté sur trois octets : un octet pour chacune des couleurs : rouge (R), vert (V) et bleu (B).

III.3.2. Dimension :

C'est la taille de l'image. Cette dernière se présente sous forme de matrice dont les éléments sont des valeurs numériques représentatives des intensités lumineuses (pixels). Le nombre de lignes de cette matrice multiplié par le nombre de colonnes nous donne le nombre total de pixels dans une image [7].

III.3.3. Résolution :

C'est la clarté ou la finesse de détails atteinte par un moniteur ou une imprimante dans la production d'images. Sur les moniteurs d'ordinateurs, la résolution est exprimée en nombre de pixels par unité de mesure (pouce ou centimètre). On utilise aussi le mot résolution pour désigner le nombre total de pixels affichables horizontalement ou verticalement sur un moniteur; plus grand est ce nombre, meilleure est la résolution [6].

III.3.4. Bruit :

Un bruit (parasite) dans une image est considéré comme un phénomène de brusque variation de l'intensité d'un pixel par rapport à ses voisins, il provient de l'éclairage des dispositifs optiques et électroniques du capteur [5].

III.3.5. Histogramme :

L'histogramme des niveaux de gris ou des couleurs d'une image est une fonction qui donne la fréquence d'apparition de chaque niveau de gris (couleur) dans l'image. Pour diminuer l'erreur de quantification, pour comparer deux images obtenues sous des éclairages différents, ou encore pour mesurer certaines propriétés sur une image, on modifie souvent l'histogramme correspondant [8].

Il permet de donner un grand nombre d'information sur la distribution des niveaux de gris (couleur) et de voir entre quelles bornes est répartie la majorité des niveaux de gris (couleur) dans les cas d'une image trop claire ou d'une image trop foncée.

Il peut être utilisé pour améliorer la qualité d'une image (Rehaussement d'image) en introduisant quelques modifications, pour pouvoir extraire les informations utiles de celle-ci.

III.3.6. Contours et textures:

Les contours représentent la frontière entre les objets de l'image, ou la limite entre deux pixels dont les niveaux de gris représentent une différence significative. Les textures décrivent la structure de ceux-ci. L'extraction de contour consiste à identifier dans l'image les points qui séparent deux textures différentes [9].

III.3.7. Luminance :

C'est le degré de luminosité des points de l'image. Elle est définie aussi comme étant le quotient de l'intensité lumineuse d'une surface par l'aire apparente de cette surface, pour un observateur lointain, le mot luminance est substitué au mot brillance, qui correspond à l'éclat d'un objet. Une bonne luminance se caractérise par [10] :

- Des images lumineuses (brillantes);
- Un bon contraste : il faut éviter les images où la gamme de contraste tend vers le blanc ou le noir; ces images entraînent des pertes de détails dans les zones sombres ou lumineuses.

III.3.8. Contraste :

C'est l'opposition marquée entre deux régions d'une image, plus précisément entre les régions sombres et les régions claires de cette image. Le contraste est défini en fonction des luminances de deux zones d'images [10].

Si L_1 et L_2 sont les degrés de luminosité respectivement de deux zones voisines A_1 et A_2 d'une image, le contraste C est défini par le rapport : $c = \frac{L_1 - L_2}{L_1 + L_2}$

III.4. Traitements numériques des images :

Le traitement des images joue désormais un rôle prépondérant dans un grand nombre de domaines tels que l'imagerie médicale, satellitaire [11].

On regroupe le traitement de l'image en quatre phases :

- Acquisition.
- Prétraitement.
- Traitements.
- Analyse et interprétations.

III.4.1. Acquisition des données image :

L'acquisition d'images constitue un des maillons essentiels de toute chaîne de conception et de production d'images. Pour pouvoir manipuler une image sur un système informatique, il est avant tout nécessaire de lui faire subir une transformation qui la rendra lisible et manipulable par ce système [10].

III.4.2. Prétraitement :

Le traitement des images satellitaires a pour but d'exploiter les informations riches et variées caractérisant l'image numérique. Pour ce faire, un ensemble de techniques est mise en œuvre. Les images satellitaires, à l'état brut ne reflètent pas vraiment la réalité, car les mesures effectuées sont entachées d'erreurs dues à plusieurs facteurs, liées à la position de l'objet, aux effets de reliefs, etc. Ce qui a mené à mettre en place un ensemble d'outils permettant le traitement des effets perturbateurs, il existe plusieurs types de correction par exemple :

- Corrections géométriques des images.
- Corrections radiométriques des images.
- Etalonnage.
- Correction Topographique (relief).

III.4.3. Types de traitement d'images :

Le traitement d'image est l'ensemble des opérations qui ont pour le but de modifier les images ou d'en extraire des informations [12].

III.4.3.1. La segmentation :

La segmentation consiste à construire une représentation symbolique de l'image en régions homogènes selon un critère établi a priori [12].

III.4.3.2. Compression :

C'est une modification de la représentation de l'image. La compression d'image est une application de compression de données sur des images numériques. Cette compression a pour utilité de réduire la redondance des données d'une image afin de pouvoir l'emmagasiner sans occuper beaucoup d'espace ou la transmettre rapidement. La compression d'image peut être effectuée avec perte de donnée ou sans perte [12].

III.4.3.3. Classification :

La classification a pour but d'identifier les classes auxquelles appartiennent les objets. Elle consiste à regrouper des ensembles de pixels similaires en classes tout en se basant sur les valeurs radiométriques des pixels ou en intégrant les relations de voisinage entre eux [12].

III.4.3.4. Restauration :

La restauration d'images a pour objet la réduction, voire l'élimination des distorsions introduites (bruits) par le système ayant servi à acquérir l'image.

Son but est d'obtenir une image qui soit la plus proche possible de l'image idéale qui aurait été obtenue si le système d'acquisition était parfait[12].

III.4.3.5. Amélioration :

Ce traitement est utilisé pour rendre la tâche de l'observateur plus aisé, en prenant largement compte des caractéristiques propres à la vision humaine.

L'amélioration tente de mettre en évidence, pour l'œil de l'observateur [12].

III.4.4. Interprétation et analyse :

Interpréter une image c'est identifier des objets, définir leurs natures, leurs limites, leurs relations avec le milieu mais aussi leurs nombres ou leurs volumes. L'interprétation et l'analyse de l'imagerie ont pour but d'identifier et de mesurer différentes cibles dans une image pour pouvoir en extraire l'information utile.

Les analyses visuelles, et numériques de l'imagerie ne s'excluent mutuellement. Les deux méthodes ont chacune leurs mérites, et c'est en combinant les deux que se font la plupart des analyses de l'imagerie la décision finale. Quant à l'importance et l'utilité de l'information extraite à la fin du processus d'analyse, revient toujours aux analystes [13].

IV. Conclusion :

Au terme de ce chapitre, nous avons vu un aperçu général sur la télédétection qui est une science vaste, ainsi nous avons survolé les concepts fondamentaux de l'image numérique et les traitements qu'elle peut subir.

La détection des changements sur les images est devenue une nécessité face à la croissance de la demande des traitements d'images. Au cours du chapitre qui suit, nous présenterons différentes approches de détection des changements applicables sur les données spatiales.

I. Introduction :

Grâce à la disponibilité des données satellitaires et la répétitivité de leur acquisition, l'analyse des images multi-temporelles a permis d'élargir les applications de la télédétection pour inclure la détection des changements de la surface terrestre et le suivi des phénomènes dynamiques.

II. Définition :

La détection des changements en télédétection est le processus qui permet d'identifier les différents états d'un objet ou un phénomène en effectuant sur lui des observations à plusieurs dates. Elle implique essentiellement la capacité de quantifier les effets temporels en utilisant des ensembles de données multi-temporelles c'est à dire des images prises à des dates différentes [W4].

III. Domaine d'application :

La détection des changements peut être appliquée dans différents domaines, par exemple :

- **foresterie** : localisation de la déforestation, la cartographie des grands feux de forêt.
- **agriculture** : pour le repérage des grandes cultures.
- **environnement** : pour délimiter les ensembles écologiques ou pour appuyer la mise en place de parcs de conservation.
- **urbanisation** : évaluation de l'étalement urbain.
- **géologie** : pour planifier les campagnes de terrain et compiler les informations structurales.
- **cartographie** : pour la mise à jour des cartes ou pour la confection de cartes à petite échelle [W1].

IV. Les processus de la détection des changements :

La détection de changements se fait en quatre étapes :

- **ACQUISITION.**
- **PRETRAITEMENT.**
- **TRAITEMENT.**
- **ANALYSE ET INTERPRETATION.**

IV.1. Acquisition à partir d'image satellite :

L'image satellitaire constitue la principale source d'information pour l'occupation du sol grâce à la télédétection.

Pour détecter un changement sur des images satellitaires on doit avoir au minimum deux images satellitaires acquises à deux dates différentes (images multi-dates) [14].

IV.2. Prétraitement :

Le prétraitement regroupe l'ensemble de processus visant à améliorer les caractéristiques de l'image, pour obtenir un jeu de données de bonne qualité (données superposables et comparables), comme corrections on site :

IV.2.1. Corrections géométriques des images :

Les images acquises par les systèmes d'observation de la terre ne peuvent être directement superposées à des cartes parce qu'elles sont affectées de déformations géométriques. Ces déformations sont dues à aux erreurs de positionnement du satellite sur son orbite, au fait que la terre tourne sur son axe durant l'enregistrement de l'image, aux effets du relief terrestre, etc. Elles sont encore amplifiées par le fait que certains satellites prennent des images en oblique. Certaines déformations, comme l'effet de rotation de la terre ou l'effet de visée oblique, sont prévisibles et il est possible d'en calculer l'effet, et donc d'appliquer des corrections systématiques [15].

IV.2.2. Corrections radiométriques des images :

Les corrections radiométriques aident à éliminer les effets liés aux angles d'incidence solaires et les effets atmosphériques.

Elles se présentent en deux étapes :

- 1) l'étalonnage et la transformation en réflectance au sommet de l'atmosphère.
- 2) l'atténuation des effets atmosphériques.

La première étape sert à corriger les modifications causées par le fait que des valeurs de luminosité sont transformées en valeurs de comptes numériques (DN) au capteur.

La deuxième étape sert à ajuster radiométriquement les images multi-dates qui ont été prises dans des conditions atmosphériques et environnementales différentes ainsi que des états phénologiques menant à de faux changements [15].

IV.2.3. Rehaussement (étalement de dynamique) :

Les fonctions de rehaussement ont pour but de rendre l'image plus lisible. Ils permettent une meilleure exploitation des nuances présentées dans l'image, ainsi qu'une amélioration de l'apparence pour aider l'interprétation, et l'analyse visuelles. La fonction de rehaussement permet également d'augmenter la distinction des tons entre les différents éléments d'une scène. Les rehaussements se divisent en trois grandes catégories [15] :

IV.2.3.1. Rehaussement radiométrique :

Ces traitements visent à améliorer la distribution des valeurs de l'ensemble d'une image ; ils se basent sur l'examen d'un histogramme. Donc pour bien comprendre comment fonctionne ce type de rehaussement, il faut premièrement comprendre le concept de l'histogramme d'une image. Ce type de rehaussement consiste à étaler les valeurs de l'histogramme de l'image qui sont généralement concentrés sur une gamme restreinte [15].

IV.2.3.2. Rehaussement géométrique :

Le rehaussement géométriques visent à gommer ou accentuer les contrastes et certaines caractéristique des images, mettre en évidence la texture des images ainsi que les effets de bordure, à éliminer le bruit contenu dans les données et sont basés sur les valeurs de voisinage des pixels [15].

IV.2.3.3. Composition colorée :

Les images rehaussées géométriquement (filtrées), et radio-métriquement (étirée) peuvent être combinées pour réaliser une composition colorée. Celle-ci consiste à superposer trois canaux en attribuant chaque canal de l'image une couleur de base (Bleu, vert, Rouge), afin d'obtenir un document qui se rapproche le plus possible de la réalité, avec un maximum de nuances correspondant aux différents thèmes représentées sur l'image [15].

IV.2.4. Correction Topographique (Correction des effets du aux reliefs):

la topographie est la science qui permet la mesure puis la représentation sur un plan ou une carte des formes et détails visibles sur le terrain, qu'ils soient naturels (notamment le relief et l'hydrographie) ou artificiels (comme les bâtiments, les routes, etc.). Son objectif est de déterminer la position et l'altitude de n'importe quel point situé dans une zone donnée, qu'elle soit de la taille d'un continent, d'un pays, d'un champ ou d'un corps de rue.

La topographie s'appuie sur la géodésie qui s'occupe de la détermination mathématique de la forme de la terre (forme et dimensions de la terre, coordonnées géographiques des points, altitudes, déviations de la verticale...). La topographie s'intéresse aux mêmes quantités, mais à une plus grande échelle, et elle rentre dans des détails de plus en plus fins pour établir des plans et cartes à différentes échelles [16].

IV.3. Traitements :**Méthodes de détection de changement :**

Pour détecter le changement sur des images satellitaires il existe plusieurs techniques et méthodes :

Catégorie	Techniques
Algébrique	-Différence d'images -Régression d'images -Différence d'indices de végétation -Division d'images -Soustraction (différence) d'images de base
Transformations	-Analyse en composantes principales (ACP) -Transformation Tasseled Cap -Gramm-Schmidt -Khi-carré
Classifications	-Comparaison de post-classification -Analyse spectrale temporelle -Détection du maximum de probabilité

	-Détection de changements hybride -Réseaux de neurones
Méthodes avancées	-Modèle de réflectance de Li-Strahler -Modèles de mixage spectral -Méthode de paramètres biophysiques

Tableau II.1: Classification des méthodes de détection des changements [17].

IV.3.1. Méthodes algébriques :

Qui utilisent des algorithmes algébriques (soustraction, division, etc.) et un seuil pour identifier les zones de changements. Ces méthodes sont simples, elles permettent la réduction de certains effets atmosphériques et radiométriques. Par contre elles ne peuvent donner aucune information sur la nature des changements. Pour un meilleur fonctionnement de ces méthodes, elles exigent l'identification de seuils et le choix de bandes spécifiques pour la détection. Comme exemple de méthode on peut citer [17] :

Soustraction ou différence des images :

Cette méthode consiste à faire La soustraction pixel à pixel de deux images F et G est définie par :

$$S(x, y) = \text{Max}(F(x, y) - G(x, y))$$

La soustraction d'images peut permettre la détection des défauts Ainsi que la détection des mouvements

Différence d'indices de végétation :

L'indice de végétation par différence normalisé, appelé aussi NDVI est construit à partir des canaux rouges (R) et proches infra rouge (PIR). L'indice de végétation normalisé met en valeur la différence entre la bande visible du rouge et celle du proche infrarouge.

$$NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$$

Cet indice est sensible à la vigueur et à la quantité de la végétation.

IV.3.2. Méthodes de transformation :

Ils appliquent les transformations comme l'analyse en composantes principales, la Tasseled-Cap ou le chi-carré :

Ces méthodes sont plus complexes que les méthodes algébriques mais encore assez simples ; elles réduisent les informations redondantes entre les bandes, ils peuvent utiliser plusieurs bandes à la fois pour la détection de changements, Avec ces méthodes, il est difficile d'identifier les changements détectés, l'analyste doit posséder une bonne connaissance pour le choix des composantes et des seuils, comme exemple on trouve [17]:

L'analyse en composantes principales(ACP) :

L'ACP consiste à remplacer une famille de variables par de nouvelles variables de variance maximale, non corrélées deux à deux et qui sont des combinaisons linéaires des variables

d'origine. Ces nouvelles variables, appelées composantes principales, définissent des plans factoriels qui servent de base à une représentation graphique plane des variables initiales. L'interprétation des résultats se restreint généralement aux deux premiers plans factoriels, sous réserve que ceux-ci expliquent la majeure partie de la variance du nuage des variables initiales.

IV.3.3. Méthodes de classification :

Parmi ces méthodes on trouve la comparaison post-classification, l'analyse spectrale et multi-date ainsi que la détection des changements non dirigée. Ces méthodes réduisent les impacts de l'environnement ; elles fournissent des informations concernant la nature des changements ainsi qu'elles produisent une bonne détection ou méthode de détection du maximum de probabilité (expectation maximisation). Cependant elles exigent beaucoup de temps tout comme il est difficile d'identifier les changements [17].

La méthode de post-classification :

La méthode de post-classification est la plus souvent utilisée, elle consiste à faire la comparaison de deux classifications; pourtant, cette méthode est critiquée parce qu'elle crée des erreurs d'omission comme dans [18] et [19], c'est-à-dire qu'elle a tendance à sous-estimer les changements. En plus, elles exigent une réalité de terrain, l'identification de seuils, une grande exactitude de la classification et un nombre et une qualité d'échantillons d'entraînement suffisants [20];

IV.3.4. Méthodes Avancées :

Ces méthodes sont appliquées pour la détection de changement des paramètres biophysiques, en particulier la végétation. Bien que ces méthodes fournissent des informations précises et détaillées sur la nature des changements, elles sont complexes et non disponibles dans les logiciels et elles exigent l'estimation des paramètres biophysiques ainsi que l'identification de composantes spectrales homogènes [17].

IV.4. Analyse et interprétations :

Dans le cadre de l'analyse des changements, l'intervention et la collaboration d'un expert joue un rôle de grande importance à la pertinence. Cette intervention permet de faire la distinction entre les changements saisonniers et les modifications significatives ayant une incidence sur le paysage. Ainsi on obtient des informations claires pour l'organisation et le planning. Ce traitement sert à la mise à jour des cartes, à cartographier les nouvelles routes, infrastructures, canaux, maisons ou lotissements avec une très grande précision. Il sert aussi à aménager les territoires et détecter efficacement les travaux illégaux et même à enregistrer les dommages en découvrant l'étendue des dégâts provoqués par une catastrophe (naturelle) déterminée.

V. Conclusion :

Après avoir examiné les avantages et inconvénients des différentes méthodes de détection de changements qui sont utilisées, une démarche de traitement d'images est choisie en tenant compte des caractéristiques du milieu étudié.

I. Introduction :

Les images satellitaires multi-temporelles sont utilisées dans de nombreuses applications. Elles permettent de suivre l'évolution dans le temps d'une région d'intérêt par le biais de la détection des changements. Le choix d'une méthode ou d'une démarche méthodologique appropriée joue un rôle essentiel pour une détection des changements.

II. Comparaison de poste classification :

Cette méthode consiste à faire une classification toute des images utilisées (images multi-dates) et de les superposées par la suite. Elle a été choisie pour sa simplicité tout en permettant d'obtenir de l'information sur la nature des changements. Sauf qu'elle exige une réalité de terrain (un bon apprentissage), une grande exactitude de la classification. Dans ce contexte, nous avons choisi d'utiliser la méthode SVM pour sa performance et sa robustesse.

II.1. Les Séparateurs à Vaste Marge (SVM) :

Les Séparateurs à Vaste Marge (SVM) ou Support Vector Machines en Anglais, sont des outils de classification supervisée développés pendant les années 90 par V.Vapnik. Initialement conçus pour résoudre les problèmes de classification binaire. Ils ont été, plus tard, adaptés à la classification multi-classes. Cette méthode en vue d'une application sur les images satellitaires [21].

II.2. Principe générale des séparateurs à vaste marge :

Les SVM visent à séparer, dans un espace à dimension « n » appropriée, un ensemble de vecteur de données appartenant à des classes différentes par des séparateurs linéaires (droite, plan ou hyperplan). Parmi la multitude de séparateurs linéaires susceptibles d'être utilisés, les SVM cherchent le séparateur le plus optimal, présentant une distance maximale entre les classes [21].

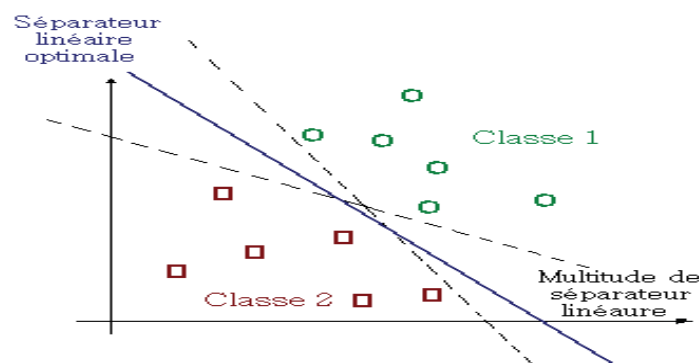


Figure.III.1: Séparateurs linéaires.

Suivant la séparabilité des données, les SVM se distinguent par deux modèles :

II.2.1. SVM linéaire :

Dans le cas où les vecteurs de données sont linéairement séparables, il est assez simple de trouver un séparateur linéaire optimal entre les classes, cependant en pratique, ce modèle est difficilement envisageable [21].

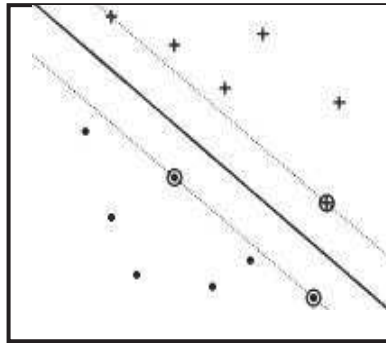


Figure.III.2. : Données linéairement séparables.

II.2.2. SVM non linéaire :

Dans le cas où les données sont non linéairement séparables, la force des SVM réside en un changement de dimension. Ainsi les données vont être projetées dans un espace de plus grande dimension ce qui va augmenter leur séparabilité [21].

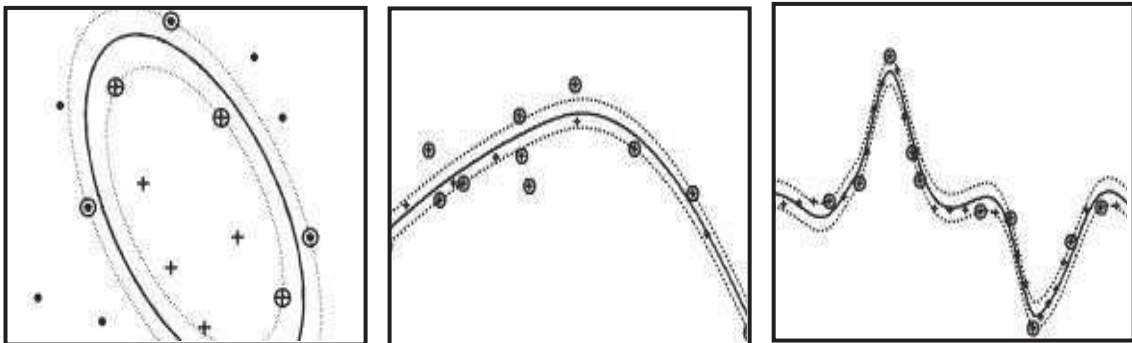


Figure.III.3. Données non linéairement séparables.

II.3. Application des SVM au problème de classification binaire:

II.3.1. SVM linéaire :

Dans le cas où les données sont linéairement séparables et dans le cadre d'une classification binaire, on considère un ensemble de m vecteurs de données auquel on associe des étiquettes $t_i \in \{-1, +1\}$ représentatives des leurs classes. Le séparateur linéaire de cet ensemble de données est définie par :

$$h(x) = w \cdot x + b = 0$$

Tel que :

- $w = (w_1, \dots, w_n)$ vecteur normal du séparateur linéaire (paramètre constant).
- $x = (x_1, \dots, x_n)$ avec x_j ($j = 1 \dots n$) est un vecteur du séparateur linéaire.
- b seuil du séparateur linéaire (paramètre constant).

La séparation des données doit se faire de façon à ce que les vecteurs ayant une étiquette commune soient du même côté du classifieur. Ainsi:

- Pour tout vecteur x_i dont l'étiquette $t_i = -1$: $h(x_i) \leq 0$
- Pour tout vecteur x_i dont l'étiquette $t_i = +1$: $h(x_i) \geq 0$

D'où, Les vecteurs de données sont dits correctement classés si et seulement si:

$$\forall i (i=1 \dots m) : t_i \cdot h(x_i) \geq 0 \quad (\text{III.1})$$

La normalisation des paramètres de l'équation (III.1) nous donne :

$$\forall i (i=1 \dots m) : t_i \cdot h(x_i) \geq 1 \quad (\text{III.2})$$

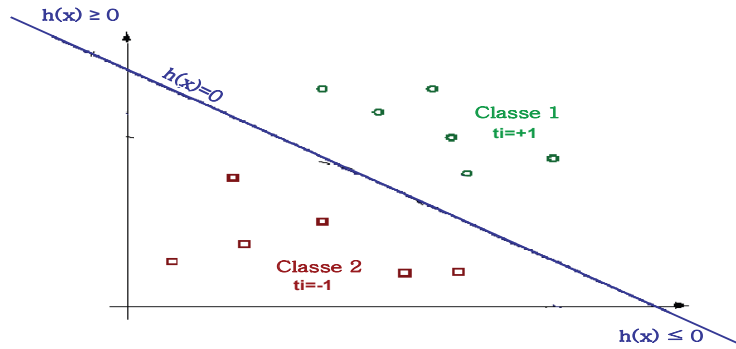


Figure III.4. : Frontière de décision.

La maximisation de la distance entre les classes passe par la maximisation de la marge. Cette dernière représente la distance aux plus proches vecteurs dits vecteurs de support :

Tel que :

$\forall i$ x_i est un vecteur de support si et seulement si :

$$t_i \cdot h(x_i) = 1 \quad (\text{III.3})$$

Ainsi, si la distance d séparant un élément x_i du séparateur linéaire $h(x)$ est donnée par la formule :

$$d = \frac{w^t \cdot x + b}{\|w\|} \quad (\text{III.4})$$

On peut déduire de (III.3) et (III.4) que la distance entre les vecteurs de support et le séparateur linéaire optimal est de $1/\|w\|$, d'où la marge maximale associée au séparateur linéaire $h(x)$ est de :

$$\text{marge} = \frac{2}{\|w\|} \quad (\text{III.5})$$

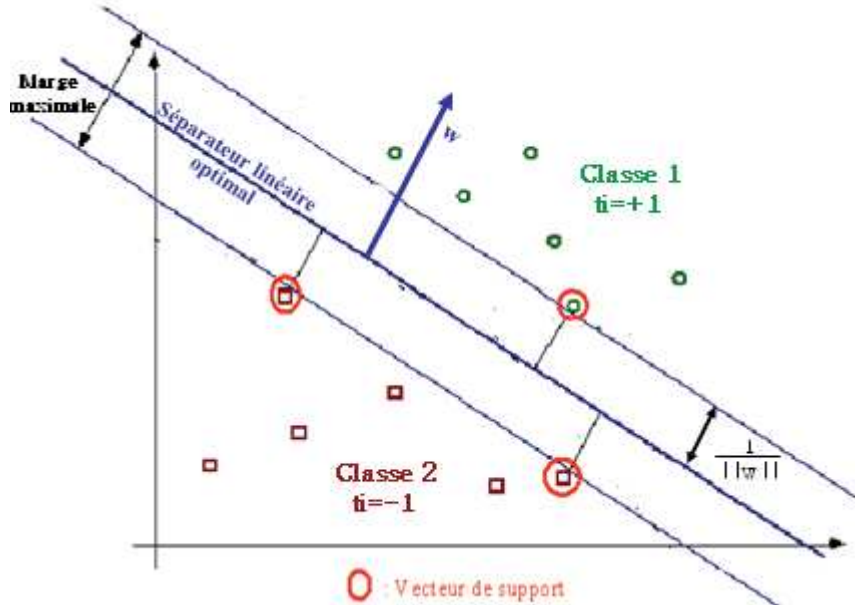


Figure III.5. Séparateur linéaire à vaste marge.

Donc, la maximisation de la marge revient à minimiser $\|w\|$ sous contraintes :

$$\begin{cases} \text{Min} \frac{1}{2} \|w\|^2 \\ \forall i : t_i \cdot h(x_i) \geq 1 \end{cases} \quad (\text{III.6})$$

Le système obtenu (III.6) représente l'expression primale du problème d'optimisation dans les SVM. Afin de simplifier les contraintes nous allons résoudre le problème par son dual et'en utilisant la méthode de Lagrange, on obtient alors $L(w, b, \alpha)$:

$$\begin{cases} \frac{1}{2} \|w\|^2 - \sum_{i=1}^m \alpha_i \cdot [(w^t \cdot x_i + b) \cdot t_i - 1] \\ \alpha_i \geq 0 \quad i = 1 \dots m \end{cases} \quad (\text{III.7})$$

L'expression lagrangienne obtenue aura comme but de minimiser $L(\mathbf{w}, \mathbf{b}, \alpha)$ par rapport à :

$\mathbf{w}$ et $\mathbf{b}$, et de maximiser $L(\mathbf{w}, \mathbf{b}, \alpha)$ par rapport à : α . On recherche donc l'extremum de

$L(\mathbf{w}, \mathbf{b}, \alpha)$:

$$\frac{\delta L(\mathbf{w}, \mathbf{b}, \alpha)}{\delta \mathbf{w}} = 0 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{w}^* = \sum_{i=1}^m \alpha_i t_i \mathbf{x}_i \quad (\text{III.8})$$

$$\frac{\delta L(\mathbf{w}, \mathbf{b}, \alpha)}{\delta \mathbf{b}} = 0 \quad \Rightarrow \quad \sum_{i=1}^m \alpha_i t_i = 0 \quad (\text{III.9})$$

En remplaçant (III.8) et (III.9) dans $L(\mathbf{w}, \mathbf{b}, \alpha)$ on obtient la fonction suivante :

$$F(\alpha) = \sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^m t_i t_j \alpha_i \alpha_j \mathbf{x}_i^t \cdot \mathbf{x}_j \quad (\text{III.10})$$

L'équation (III.10) nous permet de retranscrire le problème d'optimisation primale exprimé en (III.6) par son dual :

$$\begin{cases} \text{Max} \sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^m t_i t_j \alpha_i \alpha_j \mathbf{x}_i^t \cdot \mathbf{x}_j \\ \sum_{i=1}^m \alpha_i t_i = 0 \\ \alpha_i \geq 0 \quad i = 1..m \end{cases} \quad (\text{III.11})$$

Ainsi, le problème d'optimisation se réduit à un problème de programmation quadratique où les α_i sont calculable et $\mathbf{w}$ déduit par l'équation (III.8).

Le Seuil du séparateur linéaire est calculé comme suit :

$$b = \frac{1}{2} \cdot \left(\left(\text{Max}_{t_i=-1} (\mathbf{w}^t \cdot \mathbf{x}_i) \right) + \left(\text{Max}_{t_i=+1} (\mathbf{w}^t \cdot \mathbf{x}_i) \right) \right) \quad (\text{III.12})$$

Il est important de noter que les α_i représentent la contribution d'un élément $\mathbf{x}_i$ à la conception du séparateur linéaire $\mathbf{h}(\mathbf{x})$, d'où, seul les α_i correspondants aux vecteurs de support sont non nuls.

La fonction de décision devient donc :

$$h(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^m \alpha_i t_i \mathbf{x}_i^t \cdot \mathbf{x} + b \quad (\text{III.13})$$

Pour classer un nouvel exemple e , il suffit de calculer la valeur de $h(e)$

- Si **signe ($h(e)$)** est positif e est affecté à la classe1.
- Si **signe ($h(e)$)** est négatif e est affecté à la classe2.

II.3.2. SVM non linéaire :

Dans le cas où les données sont non linéairement séparables, il est généralement possible de trouver un séparateur linéaire optimal en effectuant une projection d'un espace E , vers un autre espace F de plus grande dimension et ce en utilisant des fonctions dites de projection $\Phi(x)$ tel que :

$$\begin{aligned} \phi : E &\longrightarrow F \\ x = (x_1, \dots, x_n) &\longrightarrow \phi(x) = (\phi_1(x), \dots, \phi_n(x), \dots) \end{aligned}$$

$$\text{Avec, } \text{CARDE} < \text{CAED}(F)$$

Ainsi, le problème d'optimisation formulé par (III.14) peut être réécrit comme suit :

$$\begin{cases} \text{Max} \sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^m t_i \cdot t_j \cdot \alpha_i \cdot \alpha_j \cdot \phi(x_i)^t \cdot \phi(x_j) \\ \sum_{i=1}^m \alpha_i \cdot t_i = 0 \\ \alpha_i \geq 0 \quad i = 1..m \end{cases} \quad (\text{III.14})$$

La fonction de décision associée devient donc :

$$h(x) = \sum_{i=1}^m \alpha_i \cdot t_i \cdot \phi(x_i)^t \cdot \phi(x) + b \quad (\text{III.15})$$

Afin de faciliter le calcul du produit scalaire $\Phi(x_i)^t \cdot \Phi(x_j)$ (La difficulté de calcul augmente avec la dimension de F), on introduit des fonctions appelées noyaux tel que :

$$\begin{aligned} \forall x \in X, \forall z \in X : K(x, y) &= \Phi(x)^t \cdot \Phi(y) \\ \text{Avec } K : X \times X &\longrightarrow \mathbb{R} \end{aligned}$$

Une fonction $K : X \times X \rightarrow \mathbb{R}$ est dite noyau si et seulement si :

$$G = K(x, y)_{i,j=1 \dots l} \quad \text{est définie positive.}$$

Notons que toute fonction de la forme $K: X \times X \rightarrow R$ définie positive possède les propriétés suivantes : $\forall x, y \in X K: X \times X \rightarrow R$

1. positivité : $k(x,y) \geq 0$
2. symétrie : $k(x,y) = k(y,x)$
3. inégalité de Cauchy-Shwartz : $|k(x, y)| \leq \|x\| \cdot \|y\|$

Les fonctions noyaux les plus couramment utilisées sont données au niveau du tableau ci-dessous :

Nom :	Forme générique :	Paramètre :
Noyau laplacien	$K(x, y) = \exp(-\ x - y\ / \delta)$	δ : Ecart type (Déterminé par l'utilisateur)
Noyau polynomial	$K(x, y) = (x \cdot y + 1)^p$	p : Ordre du polynôme (Déterminé par l'utilisateur)
Noyau gaussien à base radiale	$K(x, y) = \exp(-\ x - y\ ^2 / 2 \cdot \delta^2)$	δ : Ecart type (Déterminé par l'utilisateur)

Tableau III.1 : Fonctions noyaux avec leurs paramètres

Il est possible de construire à partir des fonctions noyaux de base d'autres noyaux et ce en utilisant les combinaisons suivantes :

- $K(x,y) = K1(x,y) + K2(x,y)$ avec $K1$ et $K2$ des fonctions noyaux
- $K(x,y) = K1(x,y) \cdot K2(x,y)$ avec $K1$ et $K2$ des fonctions noyaux
- $K(x,y) = a K1(x,y)$ avec $a \in \mathbb{R}$
-

Les fonctions noyaux nous permettent de reformuler (III.12) comme suit :

$$\begin{cases} \text{Max} \sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^m t_i \cdot t_j \cdot \alpha_i \cdot \alpha_j \cdot K(x_i, x_j) \\ \sum_{i=1}^m \alpha_i \cdot t_i = 0 \\ \alpha_i \geq 0 \quad i = 1..m \end{cases} \quad (\text{III.16})$$

La fonction de décision associée devient donc : $h(x) = \sum_{i=1}^m a_i \cdot t_i \cdot K(x_i, x) + b$

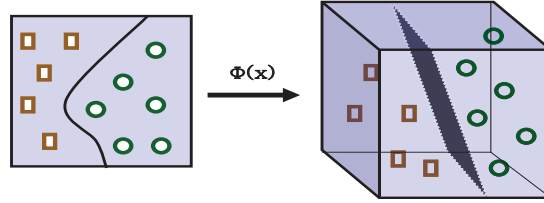


Figure.III.6. : Séparation linéaire des données après projection dans un autre espace de plus grande dimension.

II.3.3. La marge douce :

En pratique il est quasiment impossible de classer parfaitement toutes les données, C'est pour cette raison que V.Vapnik propose d'introduire de nouvelles variables dites ressorts,

Pour assouplir les contraintes (III.2), on obtient alors :

$$\forall i : t_i \cdot h(x_i) \geq 1 - \xi_i \quad (\text{III.17})$$

Le problème d'optimisation devient donc :

$$\text{Min} \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^m \xi_i$$

Tel que C représente une constante de régularisation entre la marge et les erreurs

Ainsi, l'expression duale reste la même (pour les SVM linéaires et non linéaires), la seule différence est que tous multiplicateurs de Lagrange α_i doivent être bornés supérieurement par la constante C :

- Le système d'optimisation dual dans le cas des SVM linéaires devient:

$$\begin{cases} \text{Max} \sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \cdot \sum_{i,j=1}^m t_i \cdot t_j \cdot \alpha_i \cdot \alpha_j \cdot x_i^t \cdot x_j \\ \sum_{i=1}^m \alpha_i \cdot t_i = 0 \\ 0 \leq \alpha_i \leq C \quad i = 1..m \end{cases} \quad (\text{III.18})$$

Le système d'optimisation duale dans le cas des SVM non linéaires devient:

$$\begin{cases} \text{Max} \sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^m t_i \cdot t_j \cdot \alpha_i \cdot \alpha_j \cdot K(x_i, x_j) \\ \sum_{i=1}^m \alpha_i \cdot t_i = 0 \\ 0 \leq \alpha_i \leq C \quad i = 1..m \end{cases} \quad (\text{III.19})$$

II.4. Application des SVM à la classification multi-classes :

L'application des SVM à une classification comportant k classes avec $k > 2$ passe par une généralisation des SVM bi-classes, c'est-à-dire, une multiplication des classifieurs binaires. Différentes approches peuvent être utilisées :

- Un contre un
- Un contre tous

II.4.1 Un contre un :

L'approche un contre un consiste à concevoir tous les classifieurs binaires envisageables, ainsi, pour k classes on aura $k.(k-1)/2$ classifieurs. Pour affecter un élément e à une classe, e doit être testé avec tous les classifieurs conçus, à chaque fois que e est attribué à une classe, on incrémente un compteur i qui lui est associé (i est initialement mis à zéro). e sera attribué à la classe qui présente un compteur à valeur maximale.

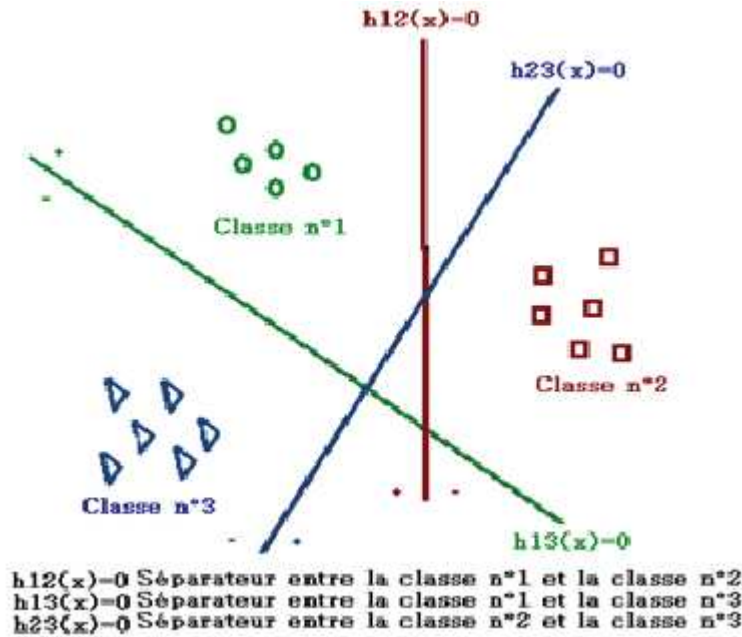


Figure.III.7. : Classification par les SVM multi-classes suivant l'approche un contre un.

II.4.2 Un contre tous :

Dans cette approche et pour une classification comportant k classes, chaque classe i est opposée aux $k-1$ autres classes ainsi, on concevra k classifieurs binaires. Pour affecter un élément une classe e il doit être testé avec tous les classifieurs conçus, puis affecté à la classe qui présente une fonction de décision au point e maximale.

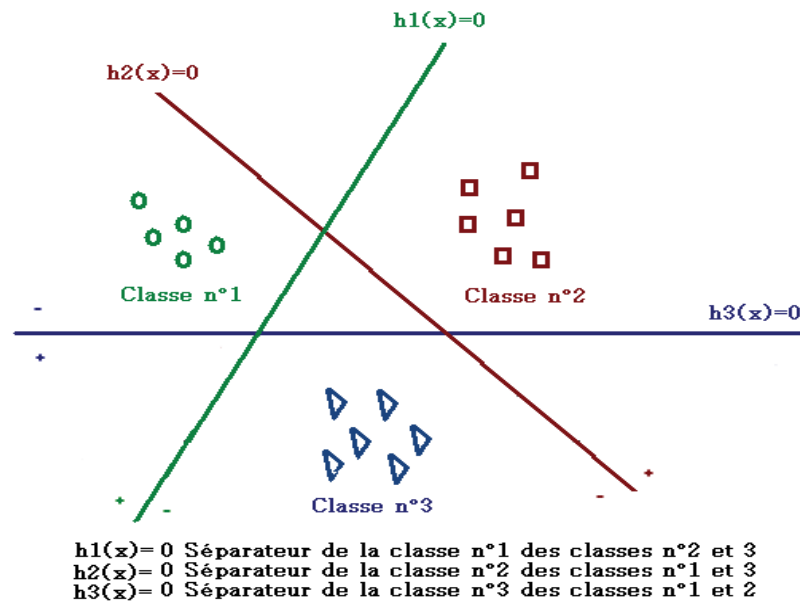


Figure.III.8. : Classification par les SVM multi-classes

Suivant l'approche un contre tous.

III. Conclusion :

Ce chapitre a été consacré à la présentation des fondements mathématique des SVM qui vont faire objet de notre démarche lors de l'application pour la détection des changements des images satellitaires de la région d'Oran.

Notre application va nous permettre d'évaluer quantitativement et objectivement ces changements. Compte tenu des avantages des images satellitaires, tels que la répétition des données, leur vue synoptique et leur format numérique apte au traitement par ordinateur, celles-ci deviennent une source d'information pertinente pour le suivi multi- date des changements de l'occupation des terres.

CONCLUSION GENERALE

Dans ce mémoire, nous avons abordé la problématique de détection des changements sur les images satellitaire multi-dates en utilisant l'approche comparaison poste classification.

Cette approche est simple et fournit des informations sur la nature des changements, ce qui est important c'est la raison pour laquelle est souvent utilisée. Elle consiste à faire la comparaison de deux classifications, sauf qu'elle exige une réalité de terrain, une grande exactitude de la classification et un nombre et une qualité d'échantillons d'entraînement suffisants.

Pour cela nous avons utilisé la méthode SVM multi-classe non linéaire pour la classification des images qui est réputée performante et efficace dans ce domaine.

Cette méthode a été appliquée sur deux images prise à deux dates différentes de la zone d'Oran image 1 (12/03/2007) et image 2 (06/07/2011)

La qualité de la classification des images dépend de la qualité d'apprentissage (la base d'échantillonnage) et le noyau utilisé.

Les meilleurs résultats ont été obtenus en utilisant les noyaux gaussiens et une base d'apprentissage de taille moyenne.

La superposition des deux images classifiées, nous a donné la carte des changements.

La confusion causée par la classification mène à des faux changements.

Pour régler ce problème on a souhaité utiliser une méthode de transformation (Tassled cap), ceci n'a pas été fait pour le manque de données.

Comme perspectives nous proposons :

- Utiliser une bonne base de données bien traitée.
- Ajouter une méthode hybride pour la détection des changements ou une méthode de transformation.
- Intégrer d'autres données MNT, RADAR,etc.

Bibliographie

- [1] : C. Kergomard, « La télédétection Aérospatiale : Une introduction », Cours de télédétection, Ecole Normal Supérieur, Paris, p1. Avril 2004.
- [2] : L.eesa.Introduction à la télédétection.TIGER initiative.2005.
- [3] : B. karim,Benhamdada khadidja," segmentation d'images satellitaires par les algorithmes génétiques, mémoire de fin d'études ,université de Mostaganem,2010"
- [4] : M.Andre, « Introduction aux techniques de traitement d'images. », Eyrolles, 1987.
- [5]: R.C.Gonzales, P.Wintz, « Digital Image Processing. », Addison Wessle y, 1977.
- [6] : MICROSOFT, Encyclopédie ENCARTA, 1997.
- [7] : M.HADALLAH, 'Codage des images fixes par une méthode hybride basée sur la QV et les approximations fractales.' 1997.
- [8] : M.Kunt, « Traitement numérique des images », Vol.2, 1993.
- [9] : V . Quantization', -IEEE ASSP magazine -1991.
- [10] : K.TABARI, S.TAGMA, « Compression d'images animées à très faible débit parla géométrie des fractales. », PFE USTHB, 1996.
- [11] : A . Boucher-IFI.Traitement d'images.Introduction à l'image.2002.
- [12] : K. Chakib , A. BRAHIM Salim, «Compression des images fixes par fractale basée sur la triangulation de Delaunay et la quantification vectorielle »,mémoire de fin d'étude Université des sciences et de la technologie HOUARI BOUMEDIENE, institut d'informatique ,Algérie.2009.
- [13] : K.Benhanifia,« Télédécction et foret »,thes de magister en technique spatiales, CNTS,1998.
- [14] : K.Tadjerouni, cour de télédétection. Cycle Ingénieur 5ème année CNTS 2003.
- [15] : I. Messaadi , « Classification d'une image satellitaire Landasat(ETM+) àdes fine de collecte de statistique agricole en terme de superficie »,mémoire de soutenance de diplome d'ingénieur d 'Etat en science géodésique et travaux Topographiques.
- [16] : M. Michael Tonon, « introdictioin à la Télédétection »,IGN France International.
- [17] : Thi Thanh Hien PHAM, Ferdinand BONN et Jean-Marie DUBOIS « démarche méthodologique pour la détection des changements d'un milieu morcelé en utilisant des images à moyenne résolution spatiale : application à une région littorale au viêt-nam » *Revue Télédétection*, , vol. 7, n° 1-2-3-4, p. 303-323, 2007.

- [18]: M. Béland, Goïta K., Bonn, F. and Pham, « T.T.H. Assessment of land-cover changes related to shrimp aquaculture using remote sensing data: a case study in the Giao Thuy District », Vietnam. International Journal of Remote Sensing, vol. 27, n°8, p. 1491-1510, 2006.
- [19]: Petit, C. Scudder, T. and Lambin, « E. Quantifying processes of land-cover change by remote sensing: resettlement and rapid land-cover changes in south-eastern Zambia ». International Journal Remote Sensing, vol. 22, n°17, p. 3435-3456, 2001.
- [20]: Jensen, « J.R. Introductory digital image processing – a remote sensing perspective. 3^e Édition, Prentice Hall », Upper Saddle River (N.J.), 316 p, 2004.
- [21]: A. Cornuéjole ; « les séparateurs à vaster Marges (SVM) et les Metonoyaux », AgroParis tech-INRA MIS 518.
- [22]: R.J Kauth et GS Thomas (1976): Le chapeau à glands - Description graphique du développement Spectral-temporelle des cultures agricoles comme vu par LANDSAT. Actes du Colloque sur le traitement automatique des données de télédétection.

Liste des Liens WEB référencés

- [W1]: Site web, « Centre canadien de télédétection », www.rncan.gc.ca.
- [W2]: Site web, <http://eoedu.belspo.be>
- [W3]: Site web, <http://www.tiger.esa.int>
- [W4]: Site web, « Détection de changement par Télédétection », [http://Détection du changement par Télédétection.htm](http://Détection%20du%20changement%20par%20Télédétection.htm)