

IN/003-24/01

Université Abou Bekr Belkaid



جامعة أبي بكر بلقايد

تلمسان الجزائر

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Université Abou Bakr Belkaid- Tlemcen  
Faculté des Sciences  
Département d'Informatique

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État en Informatique

Option : Système d'information

*Thème*

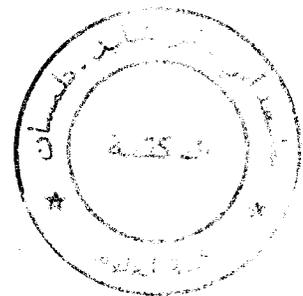
*L'apport de la morphologie mathématique dans  
différents images de la télédétection*

**Réalisé par :**

- *Ouraiba Boulanoire*
- *Guezouli Boumediene*

Présenté le 14 décembre 2011 devant le jury composé de :

- *M. Benaissa Mohamed* (Président)
- *M<sup>me</sup>. Chaouche Ramdan Lamia* (Encadreur)
- *M. Benzian Mohamed* (Examineur)



Année universitaire : 2010-2011



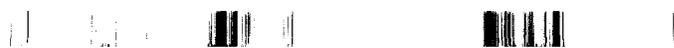
# Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	2
I. Télédétection.....	4
I.1. Introduction.....	5
I.2. La télédétection.....	6
I.2.1. Les étapes de la télédétection.....	6
I.3. Les caractéristiques de l'image spatiale.....	7
I.3.1. définition d'une image.....	7
I.3.2. Image numérique.....	8
I.3.3. Pixel.....	9
I.3.4. Résolution.....	9
I.4. Prétraitement.....	10
I.5. Histogramme.....	10
I.6. Filtrage.....	11
I.7. Les systèmes différents de télédétection.....	11
I.7.1. Alsat.....	11
I.7.2. IKONOS.....	12
I.7.3. LANDSAT.....	13
I.7.4. SPOT.....	14

I.7.5.ASTER.....	15
II. Analyse de texture.....	16
II.1. Introduction.....	17
II.2. Définition de texture.....	18
II.3. Type de texture.....	22
II.3.1.Texture déterministes.....	22
II.3.2. textures stochastiques.....	22
II.3.3. textures hybrides.....	23
II.4. Notion d'attributs et descripteurs de texture.....	24
II.5. Les méthodes d'analyse de texture.....	25
II.5.1. Méthodes bayésienne.....	25
II.5.1.1. Les matrice de cooccurrence.....	25
II.5.2. La méthodes markovienne.....	27
II.5.3. Ondelettes.....	27
II.5.4. la morphologie mathématique.....	28
II.6. Conclusion .....	29
III. La morphologie mathématique.....	30
III.1. Introduction .....	31
III.2. Opérateurs de base.....	32
III.2.1. Inclusions.....	32
III.2.2. Égalité.....	32
III.2.3. Intersection.....	32



III.2.4. L'union.....	33
III.2.5. Les formule de Morgan.....	34
III.2.6. Différence de deux ensembles.....	34
III.2.7. Relation d'ordre.....	34
III.2.8. Algèbre de Minkowski.....	35
a) Addition de Minkowski.....	35
b) Soustraction de Minkowski.....	36
III.2.9. Les ensembles convexes.....	36
III.2.10. Élément structurant.....	37
III.2.11. Transformations en tout ou rien.....	38
III.2.12. Squelette d'une forme.....	38
III.3. La morphologie mathématique sur les images binaires.....	39
III.3.1. Érosion.....	39
III.3.2. Dilatation.....	40
III.3.3. Ouverture.....	42
III.3.4. Fermeture.....	42
III.4. La morphologie mathématique appliquée aux images en teintes de gris.....	44
III.4.1. Erosion et dilatation en teinte de gris.....	44
III.4.2. Ouverture et fermeture en teinte de gris.....	45
III.4.3. Résidus des transformations morphologiques en teintes de gris : les chapeaux hauts forme.....	46
III.5. Exemple d'application des opérateurs de la morphologie Mathématique.....	47



IV. Implémentation.....	48
IV.1. introduction.....	49
IV.2. Les données utilisées.....	50
IV.2. 1. Satellite Alsat.....	51
IV.2.2. Satellite Ikonos.....	52
IV.2.3. Satellite Aster.....	52
IV.3. Application.....	53
IV.3.1. le choix de langage.....	53
IV.3.2. description de l'interface de notre Application.....	56
IV.3.3. Ouverture d'une image.....	57
IV.4. Analyse Texturale.....	58
IV.4.1 Morphologie Mathématique.....	58
IV.5. Conclusion.....	73
CONCLUSION GENERALE	75
ANNEXE	78
BIBLIOGRAPHIE	84

# Table des figures

## *Table des figures*

### *Chapitre I*

Figure I.1. Les étapes de la télédétection.....	6
Figure I.2. Représentation la matrice (M, N).....	8
Figure I.3. Groupe de pixel formant la lettre A.....	9
Figure I.4. Représentation d'un histogramme d'une image.....	10
Figure I.5. Filtrage d'une image par un noyau de convolution.....	11

### *Chapitre II*

Figure II.1 : exemple de textures périodiques.....	19
Figure II.2 : exemple de textures aléatoires.....	20
Figure II.3: exemple d'images de l'album de Brodatz.....	21
Figure II.4: Exemple de textures déterministes.....	22
Figure II.5 : Exemple de textures stochastiques.....	22
Figure II.6: Exemple de textures hybrides(ou quasi-déterministes).....	23
Figure II.7 :(A) une bande de l'image analyse par une matrice de cooccurrence, (B) moyenne, (C) variance, (D) homogénéité, (E) contraste, (F) dissimilarite, (G) entropie, (H) moment angulaire du deuxième ordre, (I) corrélation.....	26
Figure II.8: (A) image "Raphia", (B) Image Erodée, (C) Image Ouverte.....	29

## Chapitre III

Figure III.1: intersection d'ensemble X et Y.....	32
Figure III.2 : union ou réunion de deux ensembles.....	33
Figure III. 3: la différence de deux ensembles.....	34
Figure III.4 : Addition de Minkowski entre les deux ensembles.....	35
Figure III.5 : soustraction de Minkowski entre les deux ensembles.....	36
Figure III.6. : Les ensembles convexes d'un ensemble.....	36
Figure III.7 :l'union de deux ensembles convexes.....	37
Figure III.8: l'intersection de deux ensembles convexes.....	37
Figure III.9: squelette.....	38
Figure III.10 : Erosion d'une image.....	39
Figure III.11: Dilatation d'une image.....	40
Figure III.12 : ouverture d'une image.....	42
Figure III.13 : fermeture d'une image.....	43
Figure III.14 : érosion (B) et dilatation (c) d'une image en teintes de gris (A).....	44
Figure III.15 : Fermeture (b) et ouverture (c) d'une image en teinte gris.....	45
Figure III.16: Les Chapeaux Haut de forme blanc (B) et noir (C) sur l'image (A)..	46
Figure III.17: exemple d'application.....	47



## Chapitre IV

Figure IV.1 : Localisation de la zone d'étude (Oran –Ouest).....	50
Figure IV.2 : Description d'un satellite Alsat.....	51
Figure IV.3 : Image de la région d'Oran par le satellite Alsat I.....	51
Figure IV.4 : image de la région du canada par le satellite Ikonos.....	52
Figure IV.5 : image de la région d'Oran par le satellite Aster.....	53
Figure IV.6: représente l'interface du langage Borland c++ Builder 6.....	55
Figure IV.7: Représentation de la fenêtre principale.....	56
Figure IV.8 : l'ouverture de l'image de la région du canada par le satellite IKONOS.....	57
Figure IV.9 : l'ouverture de l'image de la région d'Oran par le satellite Alsat I.....	57
Figure IV.10 : l'ouverture de l'image de la région d'Oran par le satellite Aster.....	58
Figure IV.11: Paramètre de « érosion » pour K=1 de la région du canada.....	59
Figure IV.12 : Paramètre de « érosion » pour K=3.....	59
Figure IV.13 : Paramètre de « érosion » d'une image de la région d'Oran.....	60
Figure IV.14 : Paramètre de « érosion » d'une image de la région d'Oran.....	60
Figure IV.15 : Paramètre de « dilatation » pour K=1 d'une image de la région du canada.....	61
Figure IV.16 : Paramètre de « dilatation » pour K=2.....	61
Figure IV.17 : Paramètre de « dilatation » d'une image de la région d'Oran....	62
Figure IV.18 : Paramètre de « dilatation » d'une image de la région d'Oran par le satellite Aster.....	62

Figure IV.19: paramètre de « ouverture » de la région du canada.....	63
Figure IV.20: paramètre de « ouverture » d'une image d'Oran.....	63
Figure IV.21: paramètre de « ouverture » d'une image d'Oran.....	64
Figure IV.22: paramètre de « fermeture » d'une image de la région du canada.....	64
Figure IV.23: la fermeture de morphologie mathématique d'une image d'Oran.....	65
Figure IV.24: la fermeture de morphologie mathématique d'une image d'Oran.....	65
Figure IV.25: Paramètre de chapeau haut forme blanc pour $K=1$ de la région du canada.....	66
Figure IV.26: Paramètre de chapeau haut forme pour $K=3$ de la région du canada.....	67
Figure IV.27: Paramètre de chapeau haut forme pour $K=1$ pour la région d'Oran (Alsats).....	67
Figure IV.28: Paramètre de chapeau haut forme pour $K=3$ .....	68
Figure IV.29: Paramètre de chapeau haut forme pour $K=1$ pour la région d'Oran (satellite Aster).....	68
Figure IV.30: Paramètre de chapeau haut forme pour $K=10$ (Aster)....	69
Figure IV.31: Paramètre de chapeau haut forme noir pour $K=1$ pour la région canada.....	70
Figure IV.32: Paramètre de chapeau haut forme noir pour $K=4$ .....	70



Figure IV.33: Paramètre de chapeau haut forme noir pour K=1 pour la région d'oran.....	71
Figure IV.34: Paramètre de chapeau haut forme noir pour K=4.....	71
Figure IV.35: Paramètre de chapeau haut forme noir pour K=1 pour la région d'Oran par le satellite Aster.....	72
Figure IV.36: Paramètre de chapeau haut forme noir pour K=7 ...	72

# Liste des tables

## *Liste des tables*

### ***Chapitre I***

Tableau I.1. Résolutions spatiale et spectrale du satellite Alsat2.....	12
Tableau I.2 : Résolutions spatiale et spectrale du satellite IKONOS.....	12
Tableau I.3: Résolutions spatiale et spectrale du satellite LANDSAT-7.....	13
Tableau I.4: Résolutions spatiale et spectrale du satellite SPOT-5.....	14
Tableau I.5 : Résolutions spatiale et spectrale du satellite Aster.....	15

### ***Chapitre II***

Tableau II.1 : Représente différentes textures.....	21
---	----

# *Liste des abréviations*

<b>REM</b>	<i>Rayonnement Electro-Magnétique</i>
<b>Ng</b>	<i>Niveau de gris</i>
<b>PPP</b>	<i>Points Par Pouce</i>
<b>DPI</b>	<i>Dots Per Inch</i>
<b>ASAL</b>	<i>Agence Spatiale Algérienne</i>
<b>CNES</b>	<i>Centre National d'études Spatiales</i>
<b>SPOT</b>	<i>Système Probatoire Observation Terre</i>
<b>ACP</b>	<i>Analyse Composante Principal</i>

*INTRODUCTION GENERALE*  
**INTRODUCTION GENERALE**



## INTRODUCTION GENERALE

Les images satellitaires représentent un potentiel important de collection et d'actualisation d'information géographique. L'observation de la terre depuis l'espace contribue, dans une large mesure, suivi et à la discrimination de régions naturelles et apporte de nouvelles d'information sur l'occupation du sol et les changements courants dans l'agriculture et l'organisation de l'espace. Cependant, elles représentent ainsi un point de repère très important pour bien comprendre et guider les changements futurs.

Depuis 1960 le domaine de la télédétection et de l'imagerie satellitaire ne cesse de progresser. Et leur utilité s'est accrue avec le bond qu'ont connu l'informatique et l'électronique, surtout l'introduction de nouvelles technologies pour capter ces images et l'utilisation d'algorithmes poussés et de techniques de l'intelligence artificielle pour les traiter. Auparavant, on se servait moins de ces outils dans les traitements, mais de nos jours, comme la grande variété des questions à résoudre en télédétection satellitaire et la richesse d'information contenue dans les images rendent impossible l'analyse par un photo interprète et la définition d'une méthode automatique universelle d'interprétation, donc il devient de plus en plus nécessaire que le thématicien fasse appel, en fonction de chaque problème particulier, aux méthodes issues de champs différents : traitement du signal, reconnaissance des formes, intelligence artificielle, traitement d'images, etc.

Notre travail s'intéresse aux « **L'apport de la morphologie mathématique dans différents images de la télédétection** ».

Les méthodes traditionnelle d'extraction d'information à partir des d'image satellitaires se basent généralement sur la réponse spectrale des capteurs, en considérant le pixel de façon individuelle, surtout avec l'apparition des images haut résolution. Il est nécessaire donc que les méthodes d'extraction de l'information à partir de ces images soient plus performantes.

Si l'on veut profiter pleinement de leurs capacités spectrales et spatiales, cela est possible en essayant de dépasser la simple analyse spectrale, pixel par pixel, en faisant intervenir le voisinage c'est à dire la texture.

Différentes méthodes d'analyse texturale existent tels que les méthodes markoviennes, structurelles...etc. En ce qui nous concerne nous utilisons "la morphologie mathématique", qui définit des paramètres discriminante de la texture.

Pour accomplir notre projet et réaliser notre travail qui consiste à mettre en œuvre un programme, permettant la lecture des images satellitaires, et extraire les opérateurs de la morphologie mathématique des différentes images satellitaires.

La structure du présent mémoire s'articule autour de quatre chapitres :

- ✦ Le premier chapitre est consacré aux notions de base de la télédétection.
- ✦ Le deuxième, quant à lui, est consacré aux plusieurs définitions de la texture et dresse un état de l'art de différentes méthodes analyse texturale en mettant l'accent sur la méthode utilisée « la morphologie mathématique ».
- ✦ Le troisième chapitre est consacré à la morphologie mathématique qui sera utilisée dans notre travail.
- ✦ Le quatrième chapitre présente la méthodologie d'implémentation et les module de notre application : environnement de programmation, ainsi que les résultats obtenus.

Le mémoire se termine par une conclusion et perspectives. Elle donne un aperçu général du travail accompli.

***Chapitre I :***  
***Téledétection***

## I.1. Introduction

De nos jours, la plupart des données étant enregistrées en format numérique, presque toutes les interprétations et analyses d'images requièrent une partie de traitement numérique. Le traitement numérique des images peut recourir à divers procédés, dont le formatage, la correction des données et le rehaussement numérique pour faciliter l'interprétation visuelle ou même la classification automatique des cibles et des structures entièrement par ordinateur. Le traitement d'images numériques nécessite évidemment un système informatique (ou système de traitement d'images) ainsi que l'équipement et les logiciels pour traiter les données. Plusieurs systèmes de logiciels commerciaux ont été développés spécifiquement pour le traitement et l'analyse des images. [1]

Le traitement d'images représentant des scènes naturelles, introduit un volume très important d'information et exige une élaboration substantielle à tous les niveaux : Prétraitement, Segmentation, Reconnaissance et Interprétation. La prise en compte de toutes ces phases influe indéniablement sur la qualité des tâches de traitement et sur le temps d'exécution. [2]

## I.2. La télédétection

La télédétection est une technique d'observation à distance par la mesure et le traitement du rayonnement électromagnétique (REM) émis ou réfléchi par la surface terrestre, dans le but d'entirer des informations concernant sa nature, ses propriétés et son état. [3]

Elle est un système qui peut regrouper un ensemble de paramètre et phénomène qui interagissent, dont on peut dégager quatre éléments principaux : le rayonnement électromagnétique, la scène, l'environnement de l'objet et le système d'observation. [3]

### I.2.1. Les étapes de la télédétection

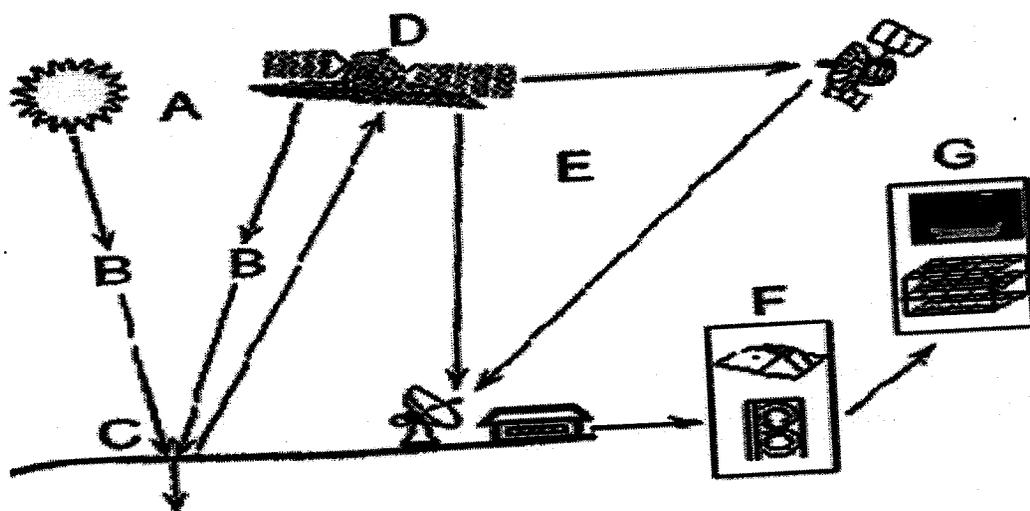


Figure I.1 : Les étapes de la télédétection.[4]

Le rayonnement électromagnétique émis par une source d'énergie ou d'illumination (A) (le plus souvent c'est le soleil) parcourt une certaine distance et interagit avec l'atmosphère (B) avant d'atteindre la cible (C). L'énergie interagit avec la surface de la cible, dont une partie de ce rayonnement est absorbé par l'eau, la végétation et les roches qui composent la surface du sol.

La partie qui n'est pas absorbée est renvoyée dans l'espace et c'est la que le rayonnement est réfléchi ou diffuse vers le capteur (D), qui est un capteur optique, il est sensible à une ou plusieurs longueur d'onde.

Il mesure, pour une longueur d'onde donnée, ce que lui envoie chaque "point" de la surface du sol. Un "point" peut représenter une superficie de quelques décimètre carrés à plusieurs centaines de mètre carrés, cela dépend de la résolution des capteurs embarqués sur le satellite.

Le satellite balaye point par point la surface terrestre et attribue une valeur comprise entre 0 et 225 à chaque point de surface en fonction de la quantité d'énergie renvoyée.

Ensuite, il envoie ces données par des moyens électroniques à une station au sol c'est la station de réception (E) qui compose point par point l'image de la région survolée par le satellite.

Chaque valeur reçue par la station au sol permet de dessiner un petit carré appelé "pixel" auquel on attribue une nuance de gris plus ou moins intense suivant le nombre reçu tous ces petits pixels juxtaposés les uns à côté des autres contribuent à la réalisation de l'image.

Une interprétation de l'image (F) est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible. La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible, pour faire découvrir de nouveaux aspects ou pour aider à résoudre un problème particulier (G). [4]

### **I.3. Les caractéristiques de l'image spatiale**

#### **I.3.1. définition d'une image**

Une image est définie comme étant la reproduction exacte ou la reproduction analogique d'une scène réelle. Visuellement, c'est une représentation matricielle, elle contient en point, l'intensité lumineuse perçue par une camera ou autre capteur (scanner, appareil photo, satellite... etc.), en ce point. [5]

### I.3.2. Image numérique

Une image numérique est une matrice de  $M \times N$  de valeurs entières sur un intervalle borne  $[0, N_g]$  où  $N_g$  est la valeur maximale du niveau de gris. [5]

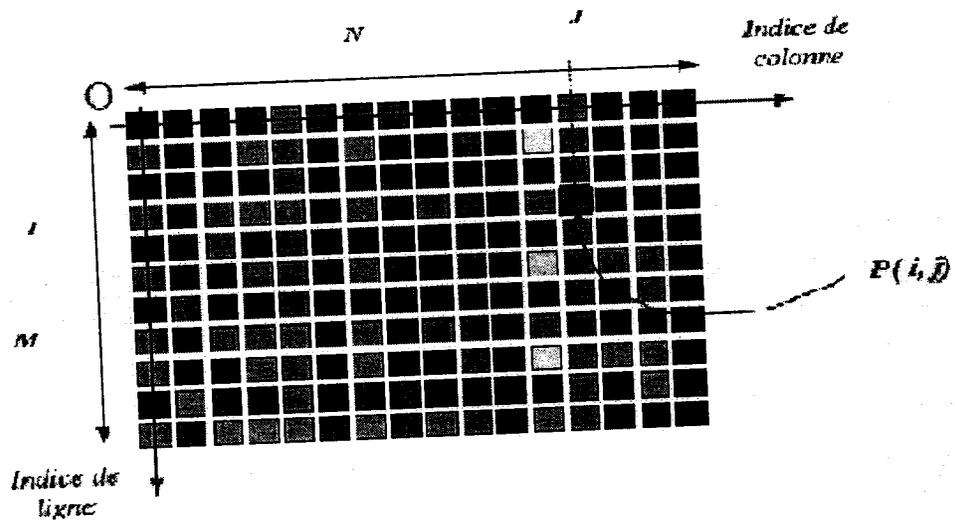


Figure I.2. Représentation la matrice  $(M, N)$ . [6]

Où  $P(i, j)$  est le niveau de gris du pixel de coordonnées ligne  $i$  et colonne  $j$  dans l'image.

Une image numérique c'est une conversion d'une image réelle par différents outils de transformation (camera, scanner, satellite..). Cette image numérique est constituée de pixels contenant chacun différentes informations (intensité lumineuse, couleur..). C'est informations seront codées dans une grilles échelonnée, le niveau de gris. [5]

### I.3.3. Pixel

Une image numérique est constituée d'un ensemble de points appelés pixels (abréviation de Picture Élément) pour former une image. Le pixel représente ainsi le plus petit élément constitutif d'une image numérique. L'ensemble de ces pixels est contenu dans un tableau à deux dimensions constituant l'image. [7]

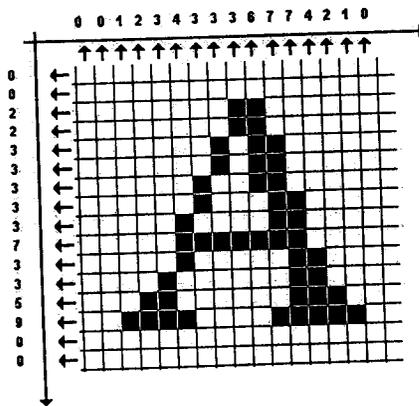
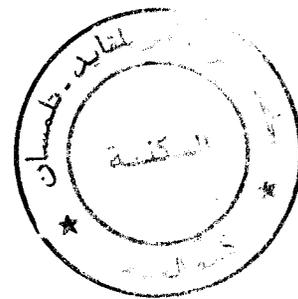


Figure I.3 :groupe de pixel formant la lettre A. [7]

### I.3.4. Résolution

C'est le nombre de points contenu dans une surface précise (en pouce). Elle est exprimée en points par pouce (PPP, en anglais: DPI pour Dots Per Inch). Un pouce mesure 2.54 cm c'est une unité de mesure britannique. La résolution permet ainsi d'établir le rapport entre pixels d'une image et la dimension réelle de sa représentation sur un support physique (écran, papier...). [7]



## I.4. Prétraitement

Les images brutes obtenues après l'acquisition permettent rarement de prévenir à une extraction directe des objets. Le premier objectif du traitement est l'élimination des informations non pertinentes pour faciliter l'extraction des informations utiles à l'analyse.

Toute acquisition est bruitée, le bruit dépend de la technologie (capteur, échantillonnage) ; mais aussi de la scène, du contexte (plein soleil, ombre) ou de la nature des objets selon sa nature, le bruit induit un effet qui peut être localisé sur un pixel. Les traitements préliminaires visent à améliorer la qualité d'une image. [8]

## I.5. Histogramme

Un histogramme est un graphique statistique permettant de représenter la distribution des intensités des pixels d'une image, c'est-à-dire le nombre de pixels pour chaque intensité lumineuse. Par convention un histogramme représente le niveau d'intensité en abscisse en allant du plus foncé (à gauche) au plus clair (à droite). [6]

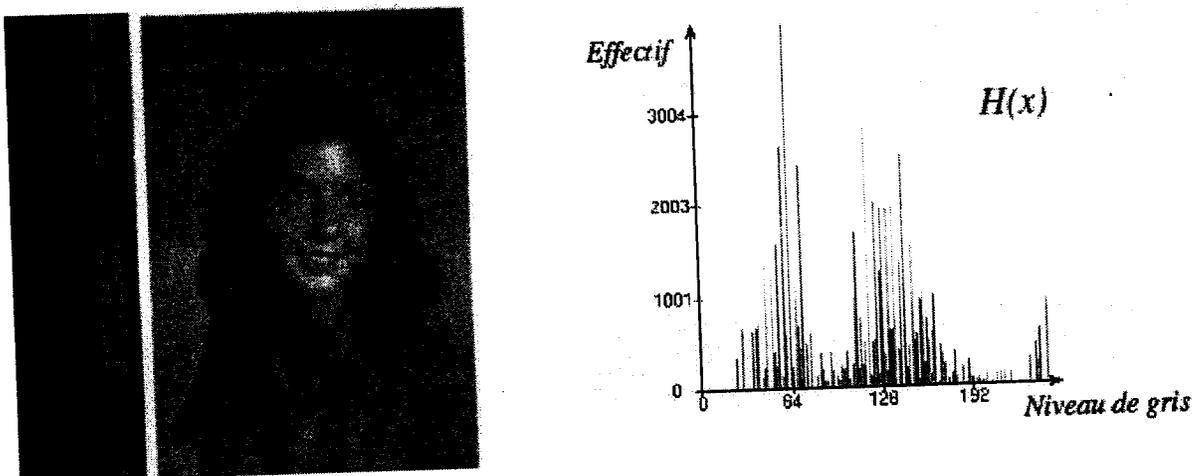


Figure I.4: Représentation d'un histogramme d'une image. [6]

Avec :  $H(x)$  est le nombre de pixels dont le niveau de gris est égal à  $x$ .

## I.6. Filtrage

Les filtrages visent à modifier le contenu d'un pixel en prenant en compte une information locale, c'est-à-dire une information extraite du voisinage plus ou moins étendu du pixel. D'une façon générale, le filtrage est obtenu par convolution de l'image avec un noyau défini. Ce noyau peut-être interprété comme une petite image ou vignette contenant un gabarit de transformation (linéaire ou non linéaire) et que l'on applique sur chacun des pixels de l'image à filtrer pour créer une nouvelle image. [9]

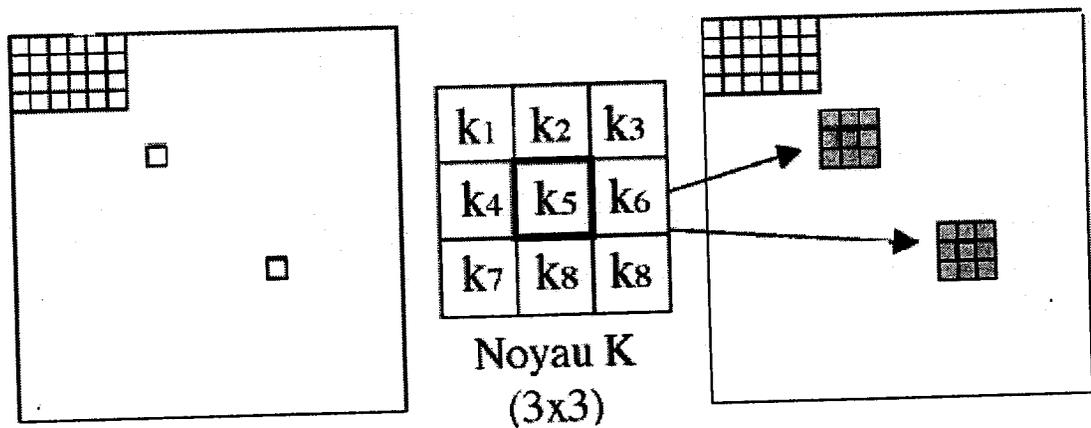


Figure I.5 : Filtrage d'une image par un noyau de convolution. [9]

## I.7. Les différents systèmes de la télédétection

### I.7.1. Alsat

Le programme Alsat est une série de satellites, développée par la direction de l'Agence spatiale algérienne (ASAL). Il a pour objectif principal la gestion des ressources naturelles du territoire. Le premier satellite ALSAT-1 a été lancé le 28 novembre 2002 par la suite, une série de satellites a été mise en œuvre jusqu'à la dernière version ALSAT -2 lancée le 1<sup>er</sup> février 2006. [10]

mode	canal	Bande spectrale	Résolution spatiale
Panchromatique		0,45 - 0,90 $\mu\text{m}$ (vis et proche infrarouge)	2,5 m
Multi spectral	1	0.629 – 0.690 $\mu\text{m}$ (rouge)	10 m
	2	0.523 – 0.605 $\mu\text{m}$ (vert)	10 m
	3	0.774 - 0.900 $\mu\text{m}$ (Proche infrarouge)	10 m

Tableau I.1. Résolutions spatiale et spectrale du satellite Alsat 2. [10]

### I.7.2. IKONOS

IKONOS (dérivé du mot grec eikōn signifiant image) est le premier satellite commercial qui fournit des images à haute résolution. Il a été développé par Lockheed Martin l'une des principales entreprises américaines de défense et de sécurité. Il a commencé sa mission le 24 septembre 1999. [11]

mode	canal	Bande spectrale	Résolution spatiale
Panchromatique		0,45 - 0,90 $\mu\text{m}$ (vis et proche infrarouge)	1 m
Multi spectral	1	0,45 - 0,53 $\mu\text{m}$ (bleu)	4 m
	2	0,52 - 0,61 $\mu\text{m}$ (vert)	4 m
	3	0,64 - 0,72 $\mu\text{m}$ (rouge)	4 m
	4	0,77 - 0,88 $\mu\text{m}$ (proche infrarouge)	4 m

Tableau I.2 : Résolutions spatiale et spectrale du satellite IKONOS. [11]

### I.7.3. LANDSAT

Le programme LANDSAT est une série de satellites, développée par la NASA et gérée par l'institut des études géologique des Etats-Unis (USGS), pour l'observation de la Terre. Le premier satellite LANDSAT-1 a été lancé le 23 juillet 1972, par la suite, une série de satellites a été mise en œuvre jusqu'à la dernière version LANDSAT-7 lancée le 15 avril 1999. [12]

Mode	canal	Bande spectrale	Résolution spatiale
panchromatique		0,45 - 0,90 $\mu\text{m}$ (vis et proche infrarouge)	15 m
Multi spectral	1	0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$ (bleu)	28,5 m
	2	0,52 - 0,60 $\mu\text{m}$ (vert)	28,5 m
	3	0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ (rouge)	28,5 m
	4	0,76 - 0,90 $\mu\text{m}$ (proche infrarouge)	28,5 m
	5	1,55 - 1,75 $\mu\text{m}$ (moyen infrarouge)	28,5 m
	6	10,40 - 12,50 $\mu\text{m}$ (infrarouge thermique)	28,5 m
	7	2,08 - 2,35 $\mu\text{m}$ (moyen infrarouge)	28,5 m

Tableau I.3: Résolutions spatiale et spectrale du satellite LANDSAT-7. [12]

### I.7.4. SPOT

Le programme SPOT (Système Probatoire Observation Terre) est une série de satellites, initié par la France en 1978, développée par la CNES (Centre national d'études spatiales) en collaboration avec la Belgique et la Suède. Le premier satellite SPOT-1 a été lancé le 22 février 1986, par la suite, une série de satellites a été mise en œuvre jusqu'à la dernière version SPOT-5 lancée le 03 mai 2002. [12]

Mode	canal	Bande spectrale	Résolution spatiale
super-mode panchromatique		(0,48 - 0,71 $\mu\text{m}$ )	2,5 m
panchromatique		(0,48 - 0,71 $\mu\text{m}$ )	5 m
Multi spectral	1	0,50 - 0,59 $\mu\text{m}$ (vert)	10 m
	2	0,61 - 0,68 $\mu\text{m}$ (rouge)	10 m
	3	0,78 - 0,89 $\mu\text{m}$ (proche infrarouge)	10 m
	4	1,58 - 1,75 (moyen infrarouge)	20 m

Tableau I.4: Résolutions spatiale et spectrale du satellite SPOT-5. [12]

### I.7.5. Aster

"TERRA-EOS" (Earth Observing System) est un satellite lancé le 18 décembre 1999 par la NASA. TERRA-EOS est un satellite multinational et multidisciplinaire, équipé de cinq instruments de télédétection, qui ont pour but d'obtenir une meilleure compréhension des interactions entre la biosphère, l'hydrosphère, la lithosphère et l'atmosphère. [13]

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) est un des cinq instruments placés à bord de la plateforme TERRA-EOS. Il est né d'une coopération entre la NASA, le ministère Japonais de l'Economie, du Commerce et de l'Industrie (METI) et l'Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC) a pour objectif d'accélérer la recherche et le développement de technologies en télédétection.

		Bande spectrale	Résolution spatiale
VNIR (Proche infrarouge)	Bande1	0,52 - 0,60 $\mu\text{m}$	15
	Bande2	0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$	
	Bande3N	0,76 - 0,86 $\mu\text{m}$ (Nadir looking)	
	Bande4 B	0,76 - 0,86 $\mu\text{m}$ (Backward looking)	
SWIR (infrarouge Moyen)	Bande 4	1,6 - 1,7 $\mu\text{m}$	30
	Bande 5	2,145 - 2,185 $\mu\text{m}$	
	Bande 6	2,185 - 2,225 $\mu\text{m}$	
	Bande 7	2,235 - 2,285 $\mu\text{m}$	
	Bande 8	2,295 - 2,365 $\mu\text{m}$	
	Bande 9	2,36 - 2,43 $\mu\text{m}$	
TIR (Thermique infrarouge)	Bande 10	8,125 - 8,475 $\mu\text{m}$	90
	Bande 11	8,475 - 8,825 $\mu\text{m}$	
	Bande 12	8,925 - 9,275 $\mu\text{m}$	
	Bande 13	10,25 - 10,95 $\mu\text{m}$	
	Bande 14	10,95 - 11,65 $\mu\text{m}$	

Tableau I.5 : Résolutions spatiale et spectrale du satellite Aster. [13]

*Chapitre II :*  
*Analyse De Texture*



❖ Haralick [16] : une image texturée est décrite par le nombre et les types de ses primitives tonales ainsi que leurs orientations spatiales. Elle ne peut pas être analysée sans une vue de la primitive tonale de référence. Pour certaines surfaces ayant un ton de gris flouté, il existe une échelle telle que la texture est inexistante. Au fur et à mesure que la résolution augmente, on observe une texture fine puis une texture grossière.

❖ Unser [16] donne une définition perceptuelle de la texture : Une texture est une région d'une image pour laquelle il est possible de définir une fenêtre de dimensions minimales, telle qu'une observation au travers de celle-ci se traduit par une perception (impression) visuelle identique pour toutes les translations possibles de cette fenêtre à l'intérieur de la région considérée.

Il existe un catalogue d'images représentant différentes textures (Brodatz, 1966). Il s'agit de seize textures différentes : canevas, sable, herbe, bulle de plastique.... Ces images sont classiquement utilisées pour valider les différentes méthodes d'analyse de texture. [14]

a) **une texture périodique** : est formée de primitives arrangées d'une façon particulière, rangé. Le motif de base se répète alors de manière régulière. On parle de texture ordonnée. [17]

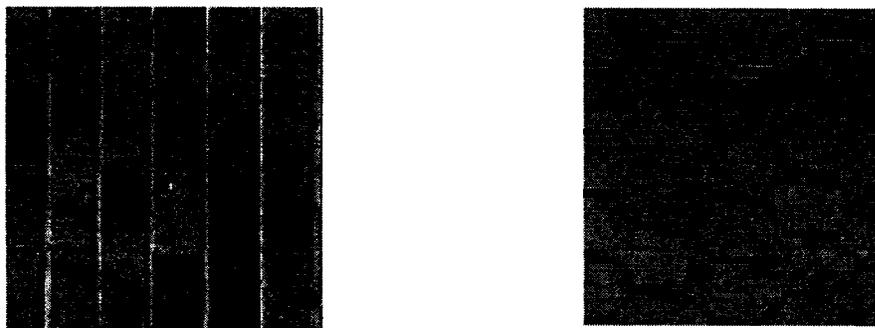


Figure II.1 : exemple de textures périodiques. [19]

- b) **une texture aléatoire** : semble totalement désordonnée. Il est alors impossible d'isoler motif de base. [18]

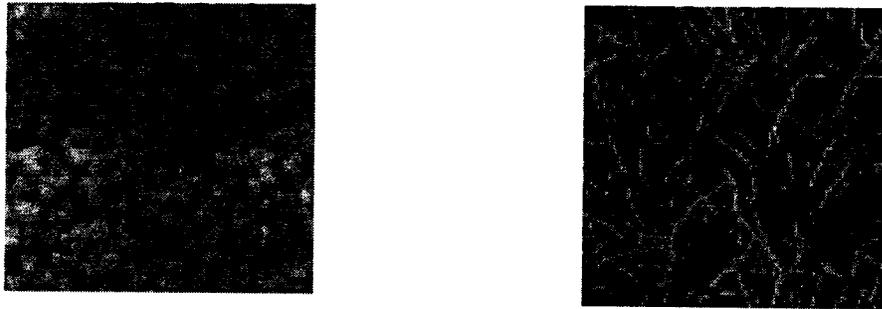


Figure II.2 : exemple de textures aléatoires. [19]

- c) **une texture grossière** : une texture grossière possède des primitives larges, il existe alors peut de variations entre l'intensité d'un pixel et celle de ces pixel voisins. [18]
- d) **une texture contrastée** : une texture possède un contraste élève si les différences d'intensité entre primitives sont importantes. [18]
- e) **une texture complexe** : une texture complexe possède plusieurs types de primitives dans ce cas le contenu d'informations présent dans la texture est important. [17]
- f) **l'homogénéité** : homogénéité d'une région est le plus souvent liée à la faible dispersion de la luminance des pixels qui le composent. [17]
- g) **la force** : plus la force est élevée et plus les primitives sont facilement définissables et visibles. [17]

La figure II.3 donne cinq images tirées de l'album de brodatz représentant dans l'ordre : clôture (D6), gazon (D9), cailloux (D23), gain du bois (D68), et mur de brique (D94). [14]

Nous pouvant catégoriser chaque texture selon les qualificatifs suivants : périodique, quasi-périodique, aléatoire, grossière, fine, uniforme, contrastante, régulière, directionnelle, etc. ...

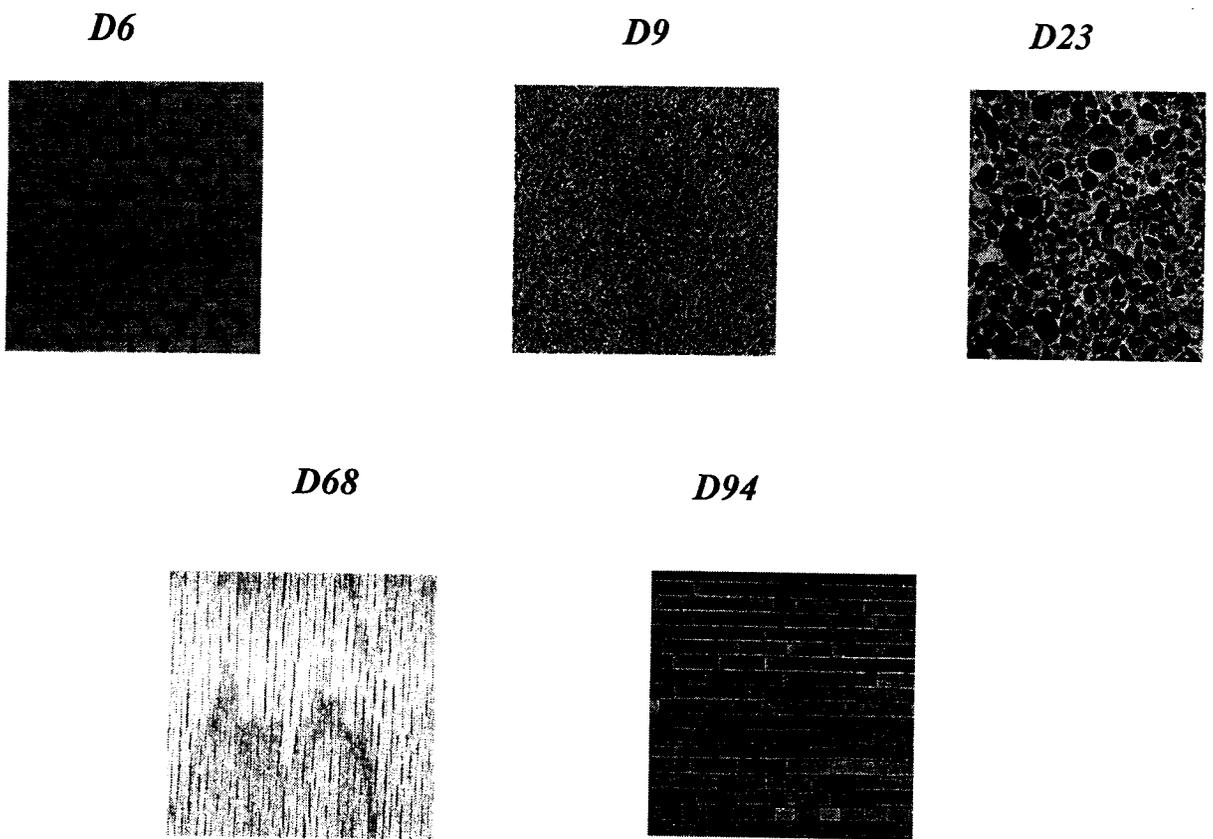


Figure II.3: exemple d'images de l'album de Brodatz. [14]

	D6	D9	D23	D68	D94
<b>Périodique</b>	Oui	Non	Non	Non	Non
<b>Quasi-Périodique</b>	Non	Non	Non	Oui	Oui
<b>Aléatoire</b>	Non	Oui	Oui	Non	Non
<b>Grossière</b>	Non	Non	Oui	Non	Oui
<b>Fine</b>	Oui	Oui	Non	Oui	Non
<b>Uniforme</b>	Non	Oui	Non	Oui	Non
<b>Contrastante</b>	Oui	Non	Oui	Non	Oui
<b>Régulière</b>	Oui	Oui	Non	Non	Oui
<b>Irrégulière</b>	Non	Non	Oui	Oui	Non
<b>directionnelle</b>	Oui	Non	Non	Oui	Oui

Tableau II.1 : Représente différentes textures. [14]

## II.3. Type de texture

On distingue trois types de texture : les textures déterministes, les textures stochastiques et les textures hybrides (ou quasi-stochastique).

### II.3.1. Texture déterministes

Dans un premier cas, la texture apparaît comme la répartition spatiale régulière d'un unique motif géométrique appelé par JULESSZ. (Figure II.4). On parle alors de texture déterministe. [20]

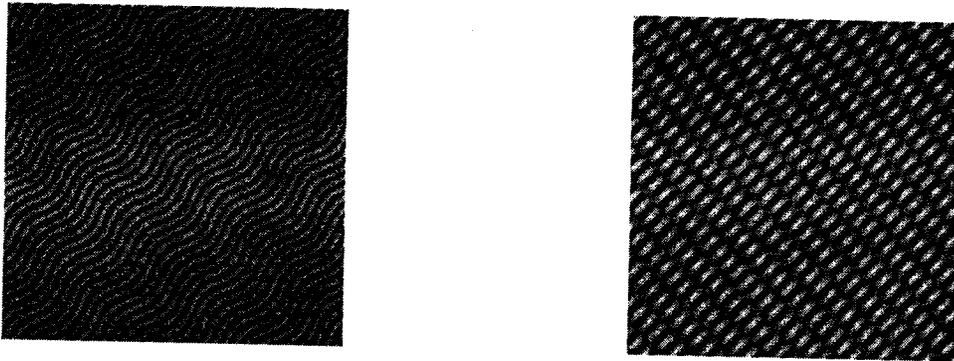


Figure II.4: Exemple de textures déterministes. [20]

### II.3.2. textures stochastiques

Pour des motifs et des arrangements irréguliers, la texture est dite stochastique. Une texture de ce type peut être considérée comme une réalisation d'un champ aléatoire bidimensionnelle (La figure II.5). [20]

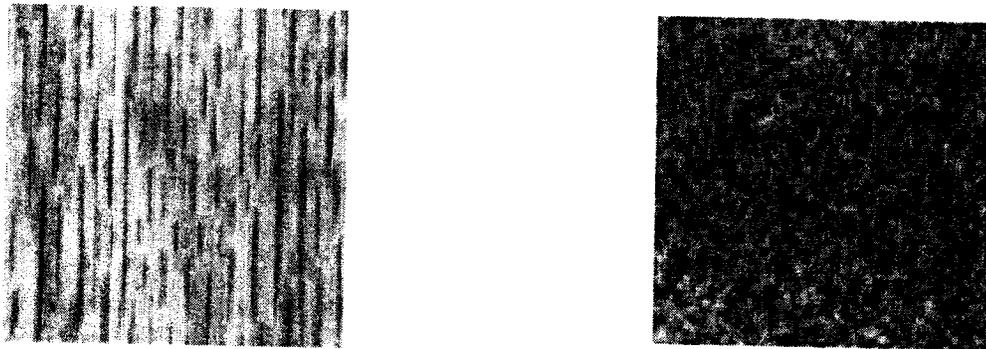


Figure II.5 : Exemple de textures stochastiques. [20]

### II.3.3. textures hybrides

On peut également donner une définition de la texture, s'appuyant simultanément sur les deux précédents de définir la texture comme une structure spatiale constituée de motifs aléatoires. [14]

Cette approche est parfois utilisée pour identifier les paramètres de la répartition spatiale des motifs élémentaires (la figure II.6). [14]

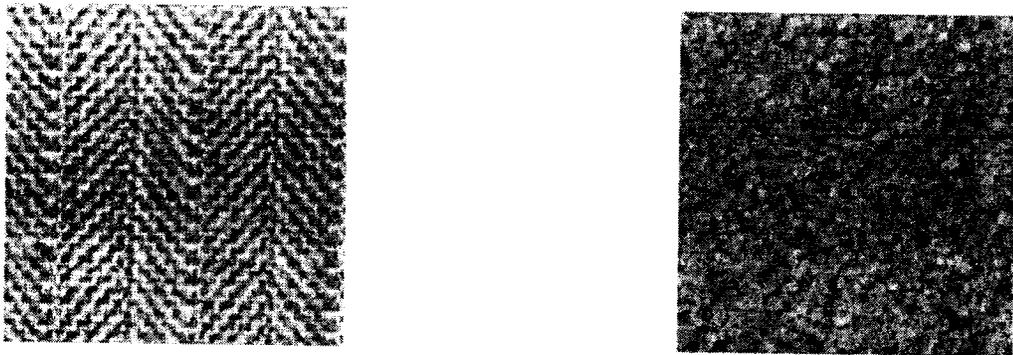


Figure II.6: Exemple de textures hybrides (ou quasi-déterministes). [20]

Le concept de texture est très lié à la valeur de luminance. Un objet ne peut pas avoir de texture, s'il n'y a pas de variabilité des valeurs de gris qui le constitue. Ainsi, connaître une texture, c'est bien connaître la loi de distribution spatiale des valeurs de gris.

Cette loi peut être déterministe, elle peut être aussi stochastique (c'est-à-dire que la relation entre les valeurs d'intensité est probabiliste), donnant une texture sans motif répétitif ayant un aspect aléatoire. Dans ce cas général, dans des images spatiales par exemple, la loi de distribution spatiale des tonalités est une combinaison des deux. [21]

*Texture d'une image satellitaires = texture déterministe + texture stochastique*

## II.4. Notion d'attributs et descripteurs de texture

L'étude de texture des objets d'une image peut avoir des objectifs très divers : obtenir des informations sur la nature d'un objet, segmenter l'image en région homogènes, améliorer la qualité de l'image (restauration), identifier la texture afin de la réduire a un ensemble de paramètre (compression d'image)

Dans tous les cas, ces objectifs nécessitent l'extraction d'un ou de plusieurs paramètres caractéristiques de cette texture. Nous désignerons ces paramètres sous le terme d'attribut texturaux et l'ensemble qu'ils constituent sous le terme de descripteur de texture

Les attributs texturaux peuvent être obtenus a partir d'un ensemble assez vaste de différentes théorie mathématiques, citons notamment :

- Les attributs fondés sur des calculs statiques effectués sur les niveaux de gris des pixels de l'image. C'est le cas des statiques classiques, et la matrice de concurrence.
- Les attributs obtenues a la suite de transformations appliquées aux images (transformées de fourrier, filtre de Gabor, ondelettes).
- Les attributs provenant de l'identification des paramètres d'un modèle de texture (champs de Markov, modelé autorégressive (AR), ...etc....).
- D'autres méthodes, basées par exemple sur la morphologie mathématique, l'application de la théorie fractale peuvent également être employées pour obtenir des attributs texturaux. [20]

## II.5. Les méthodes d'analyse de texture

### II.5.1. Méthodes bayésiennes

#### II.5.1.1. Les matrices de cooccurrence

Du fait de leur richesse en information de texture, les matrices de cooccurrences sont devenues les plus connues et les plus utilisées pour extraire ces caractéristiques de textures. [22]

Elles estiment des propriétés des images relatives à des statistiques de second ordre.

Cette méthode a été proposée par Julesz et Gagalowics, Haralick et All, Weska et All ont défini des paramètres calculés à partir de ces matrices.

L'information spectrale de l'image peut être regroupée dans une matrice de caractérisation de taille  $NG$  (le niveau de gris maximale que peut prendre une image) et qui le nombre de couple de point d'un domaine  $D$  (domaine de définition de l'image) lié par une relation spatiale  $R$ .

La matrice de cooccurrence mesure la probabilité pour qu'un couple de niveau de gris vérifiant une loi spatiale donnée apparaisse dans l'image.

Donc cette méthode permet de déterminer et de rassembler la fréquence d'apparition d'un « motif » forme de deux pixels séparés par une certaine distance «  $D$  » dans une direction particulière «  $\theta$  » par rapport à l'horizontale ; le niveau de gris d'un pixel d'une image dépend fortement des niveaux de gris des pixels voisins. La connaissance de toute de toute l'image autour d'un pixel donné est pratiquement équivalente à la connaissance du seul voisinage autour de ce pixel. [14]

**Remarque :**

A partir de la matrice de cooccurrence, on tire quelques paramètres comme : la moyenne, la variance, l'homogénéité, le contraste, la dissimilarité, l'entropie, le moment angulaire du deuxième ordre, la corrélation et etc.

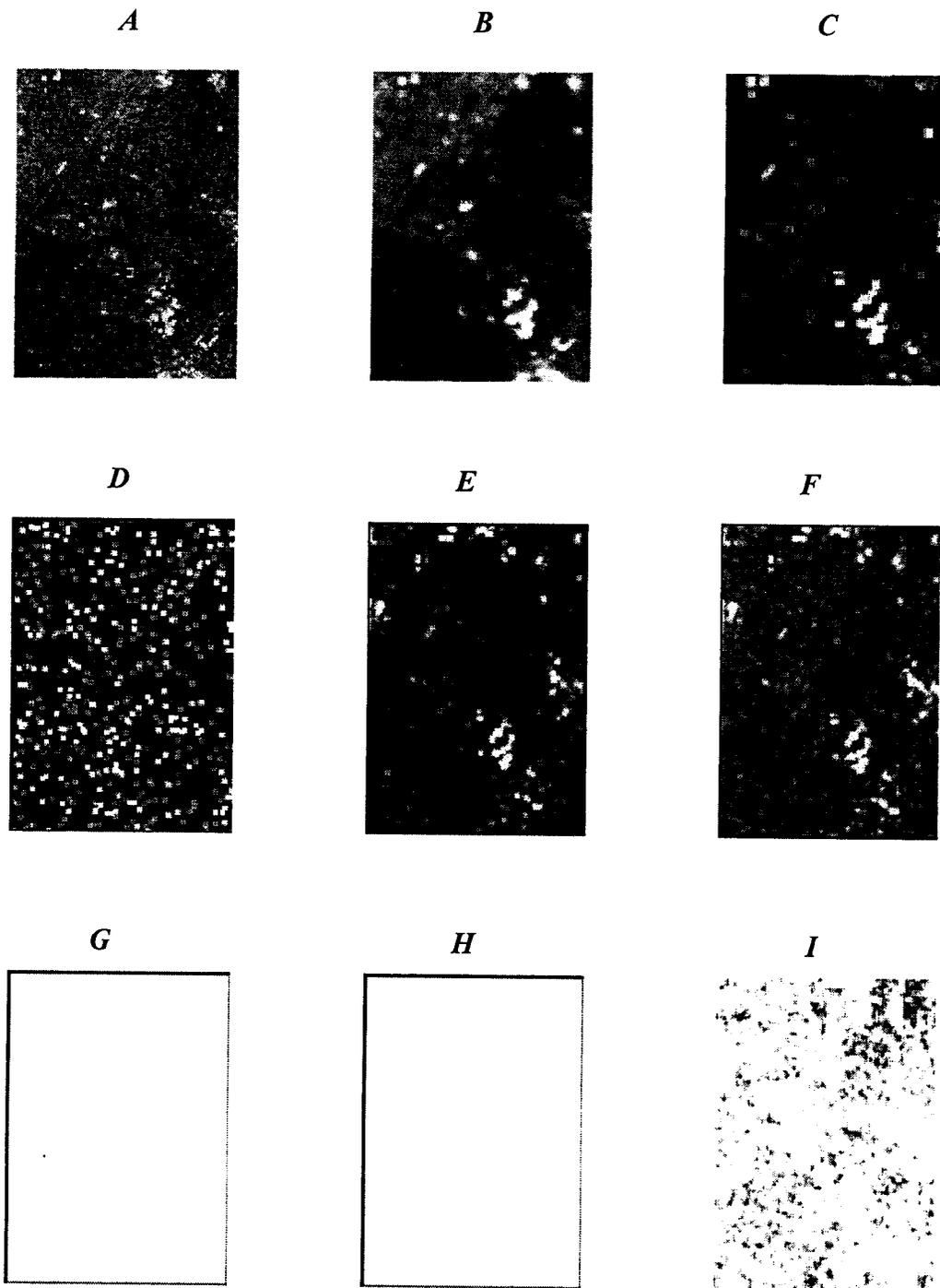


Figure II.7 : (A) une bande de l'image analyse par une matrice de cooccurrence, (B) moyenne, (C) variance, (D) homogénéité, (E) contraste, (F) dissimilarité, (G) entropie, (H) moment angulaire du deuxième ordre, (I) corrélation. [23]

### II.5.2. La méthodes markovienne

L'analyse de texture fondée sur la modélisation de champs de Markov permet non seulement de caractériser les textures mais aussi un outil de simulation, de segmentation, de restauration ou de compression.

Ces modèles permettent de décrire de façon probabiliste les dépendances spatiales entre site du champ.

La modélisation par champ de Markov est intéressante du fait que l'on travaille sur de champs de variable aléatoires qui peuvent être des vecteurs aléatoires.

Or le fait d'avoir une méthode d'analyse fondée sur une modélisation vectorielle, donc travaillant conjointement de prendre en compte les relations inter bande, en même temps que les relations spatiales. [23]

### II.5.3. Ondelettes

L'intérêt pour les ondelettes c'est largement développé ces dernière années. Cette méthode se rapproche des filtre de Gabor, en effet une décomposition d'une image sur une base d'ondelettes peut être considérée comme un filtrage par un banc de filtres 'filtres de miroirs conjugués'. La résolution de l'image est un paramètre très important pour l'analyse. En effet les spécialiste de la vision et du traitement d'image pensent que l'image contient de l'information indépendantes a chaque résolution. Il est très intéressant de pouvoir décomposer à différentes résolutions et d'extraire par la suite de l'information pour chaque résolution. [14]



#### II.5.4. la morphologie mathématique

La morphologie mathématique fondée depuis plus d'une quarantaine d'années par G. Matheron à l'école des mines de PARIS, fournit aujourd'hui des outils puissants à toutes les disciplines qui s'intéressent à l'analyse quantitative d'images. Elle est considérée comme une théorie de base pour l'analyse des structures spatiales, elle est appelée morphologie au sens où elle permet analyser les formes et les surfaces des objets, et mathématique au sens où l'analyse est basée sur la théorie des ensembles (topologie, etc.....). Elle a été utilisée dans divers domaines dont la reconnaissance des objets, le rehaussement d'images, l'analyse de texture. [24]

La morphologie mathématique a été appliquée avec succès à l'analyse de texture, mais aussi à des domaines variés tels que la télédétection, l'imagerie médicale, la caractérisation des matériaux, la vision industrielle, etc.....

La morphologie mathématique s'apparente aux méthodes structurales de traitement d'images en prenant en compte leurs propriétés topologiques. C'est une approche ensembliste, elle utilise des opérations ensemblistes pour transformer les objets dans l'image.

L'idée de base est de comparer l'ensemble d'objets à analyser à un autre objet de forme connue appelé *élément structurant*.

L'élément structurant est une figure géométrique simple de forme connue ou arbitraire qui peut être un cercle, un segment, un carré, un triangle, etc. Il possède une information minimum: une origine (centre du cercle, extrémité du segment, coin d'un carré ou d'un rectangle, etc.) une dimension (rayon du centre, longueur du segment, etc.....).[24]

Les paramètres dont on tient compte en morphologie mathématique sont la forme, le contraste, la couleur et la disposition de l'objet dans l'image.

Cette méthode consiste à transformer une image initiale à l'aide d'opérations particulières (érosion, dilatation, ouverture et fermeture) en déplaçant un élément structurant sur l'image initiale afin de mettre en valeur ou, au contraire, de supprimer certains éléments. [14]

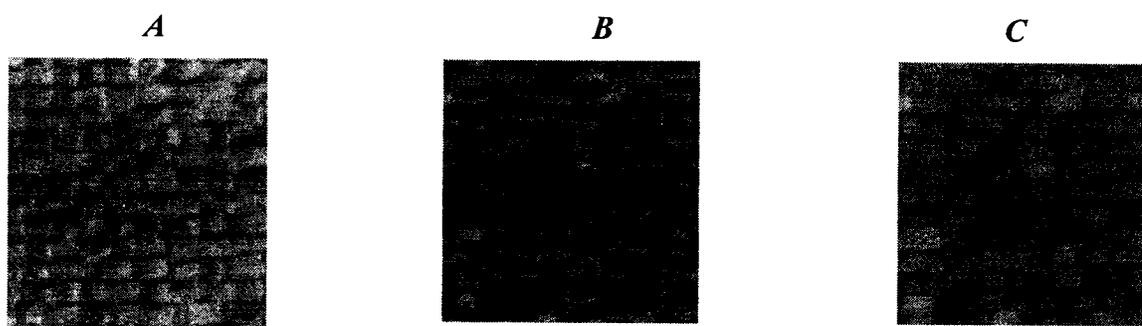


Figure II.8: (A) image "Raphia", (B) Image Erodée, (C) Image Ouverte. [24]

## II.6. Conclusion

Les méthodes d'analyse de texture sont riches et variées. De nombreuses méthodes permettant le calcul d'attributs de texture ont été développées durant ces 30 dernières années. Leur domaine d'application est en général limité. Le choix des attributs est en effet lié à la tâche que l'on souhaite effectuer.

L'analyse de texture est utilisée dans divers domaines. On peut citer, la restauration d'une partie dégradée ou manquante dans une image en la remplaçant par une version synthétique générée à partir du modèle de texture, la segmentation des images ou la reconnaissance des formes, la classification et la compression d'images ...

Parmi toutes les méthodes brièvement évoquées dans ce chapitre, on s'intéresse, dans ce qui suit, à la morphologie mathématique qui sera utilisée le long de ce travail.

***Chapitre III :***  
***Morphologie Mathématique***



### III.1. Introduction

La morphologie mathématique est une théorie essentiellement non linéaire utilisée en particulier en analyse d'images dont le but est l'étude des objets en fonction de leur forme, de leur taille, des relations avec leur voisinage (en particulier topologiques), de leur texture, et de leurs niveaux de gris ou de leur couleur. Par les transformations qu'elle propose, elle se situe à différents niveaux du traitement d'images (filtrage, segmentation, mesures, analyse de texture) et fournit ainsi des outils pour la reconnaissance des formes. La morphologie mathématique développée à l'origine pour l'étude des matériaux poreux, trouve maintenant ses applications dans de nombreux domaines du traitement d'images, aussi bien 2D que 3D, en biologie et cytologie quantitative, en imagerie médicale, en imagerie aérienne et satellitaire, en robotique et vision par ordinateur, en contrôle industriel. Elle a été développée à l'origine à l'école des Mines de Paris et repose essentiellement sur les travaux de G. Matheron effectués dans les années 60-70, puis sur ceux de J. Serra et de son équipe. Depuis ces premiers développements elle a pris une ampleur internationale et plusieurs équipes s'y consacrent. [25]

## III.2. Opérateurs de base

### III.2.1. Inclusions

X est un sous-ensemble de Y ou X est inclus dans Y, si tous les éléments de l'ensemble X sont des éléments de l'ensemble Y. [26]

$$X \subset Y \Leftrightarrow \forall x \in X, x \in Y$$

Propriétés usuelles de l'inclusion :

1. Réflexive :  $X \subset X$
2. Transitive :  $(X \subset Y \text{ et } Y \subset Z) \Rightarrow X \subset Z$
3. Antisymétrique :  $(X \subset Y \text{ et } Y \subset X) \Rightarrow X = Y$

### III.2.2. Égalité

Deux ensembles sont égaux s'ils sont composés des mêmes éléments. [26]

$$X = Y \Leftrightarrow (\forall x \in X, x \in Y) \text{ et } (\forall y \in Y, y \in X)$$

### III.2.3. Intersection

On appelle intersection des deux ensembles X et Y, l'ensemble noté  $X \cap Y$  des éléments qui appartiennent à la fois à X et Y. [26]

$$X \cap Y = \{x ; x \in X \text{ et } x \in Y\}$$

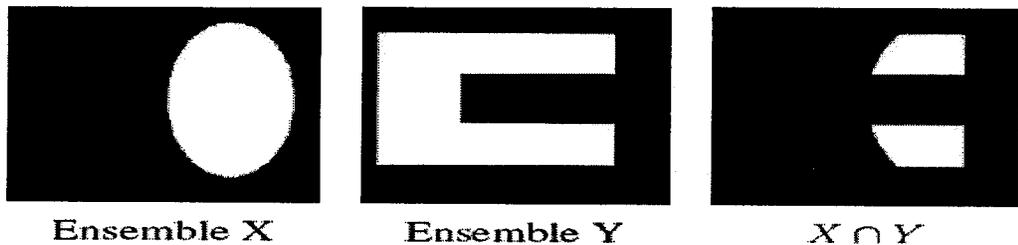


Figure III.1: intersection d'ensemble X et Y. [26]

Propriétés de l'intersection :

1. Commutative :  $X \cap Y = Y \cap X$
2. Associative :  $(X \cap Y) \cap Z = X \cap (Y \cap Z)$
3. L'ensemble vide :  $X \cap \emptyset = \emptyset$

$$X \cap Y \subset X \text{ et } X \cap Y \subset Y$$

$$X \subset Y \Rightarrow (X \cap Y) = X$$

### III.2.4. L'union

On appelle union des deux ensembles X et Y, l'ensemble noté  $X \cup Y$  des éléments qui appartiennent à X ou à Y. [26]

$$X \cup Y = \{x ; x \in X \text{ ou } x \in Y\}$$

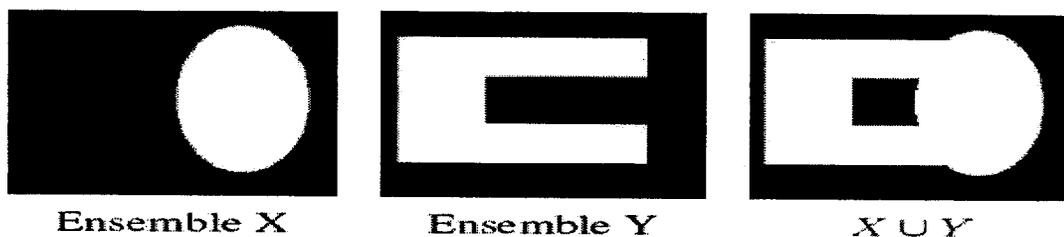


Figure III.2 : union ou réunion de deux ensembles. [26]

Propriétés de l'union :

1. commutative :  $X \cup Y = Y \cup X$
2. Associative :  $(X \cup Y) \cup Z = X \cup (Y \cup Z)$
3. L'ensemble vide :  $X \cup \emptyset = X$

$$X \subset (Y \cup X), X \subset (X \cup Y)$$

$$X \subset Y \Rightarrow (X \cup Y) = Y$$

### III.2.5. Les formules de Morgan

Morgan, mathématicien anglais du XIX siècle a établi des relations qui relient : l'intersection, l'union et la complémentation. Le complémentaire de l'intersection des deux ensembles X et Y est égal à l'union des complémentaires de chaque ensemble.

$$C_E(X \cap Y) = C_E(X) \cup C_E(Y)$$

Le complémentaire de l'union des deux ensembles X et Y est égal à l'intersection des complémentaires de chaque ensemble. [26]

$$C_E(X \cup Y) = C_E(X) \cap C_E(Y)$$

### III.2.6. Différence de deux ensembles

La différence entre deux ensembles X et Y est l'ensemble des éléments de X qui n'appartiennent pas à Y. [26]

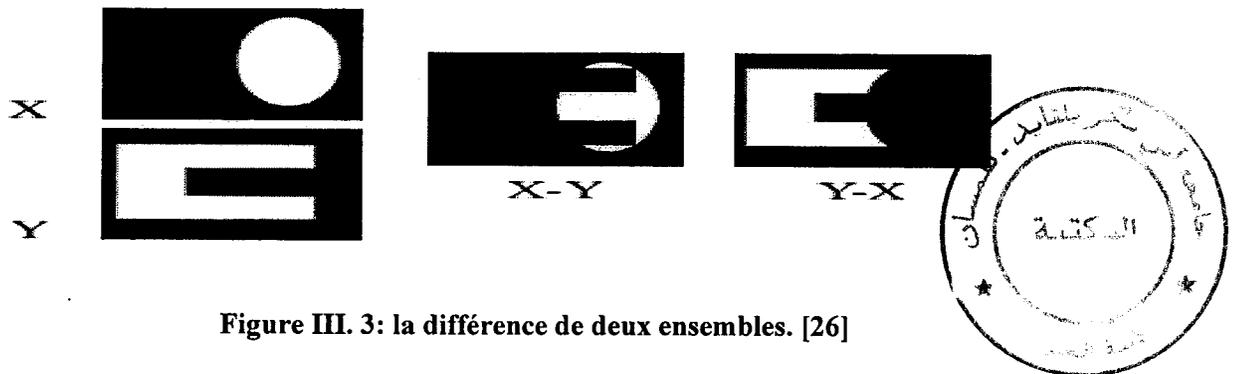


Figure III. 3: la différence de deux ensembles. [26]

### III.2.7. Relation d'ordre

Soit x, y et z trois éléments de l'ensemble E. On dit qu'une relation " R " sur un ensemble est une relation d'ordre si elle vérifie les trois axiomes suivants :

1. Réflexivité :  $x R x$
2. Antisymétrie :  $x R y$  Compatible avec  $y R x$  si  $x = y$
3. Transitivité :  $x R y$  et  $y R z$  Impliquent  $x R z$ . [26]

### III.2.8. Algèbre de Minkowski

#### a) Addition de Minkowski

Soient un ensemble  $X$  et un ensemble  $B$  définis sur l'espace  $\mathbb{R}^n$ . L'addition de Minkowski de  $X$  par  $B$  est construite en translatant  $X$  par chaque élément  $b$  de  $B$  et en prenant l'union du résultat des Translations. [26]

$$X \oplus B = \bigcup_{b \in B} X + b$$

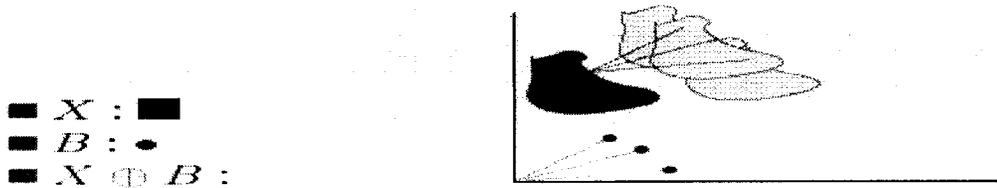


Figure III.4 : Addition de Minkowski entre les deux ensembles. [26]

Propriétés :

1. Si  $B = \{x\}$  ( $B$  réduit à un point) on a uniquement translation de  $X$  :

$$X \oplus \{b\} = X + b$$

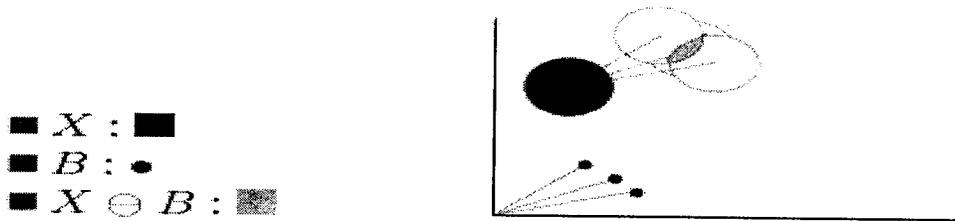
2. Si  $B = \{0\}$  ( $B$  réduit à l'origine de espace) on a :  $B \oplus \{0\} = B$

Propriétés dérivées de l'union :

1. Commutative :  $X \oplus B = B \oplus X$
2. Associative :  $X \oplus (Y \oplus Z) = (X \oplus Y) \oplus Z$
3. Croissante :  $Y_1 \subset Y_2 \Rightarrow Y_1 \oplus B \subset Y_2 \oplus B$

**b) Soustraction de Minkowski**

Soient un ensemble  $X$  et un ensemble  $B$  définis l'espace  $\mathbb{R}^2$ . Soustraction de Minkowski de  $X$  par  $B$  est construite en translatant  $X$  Par chaque élément  $b$  de  $B$  et en prenant l'union du résultat des Translations. (Voir la figure III.5) [26]

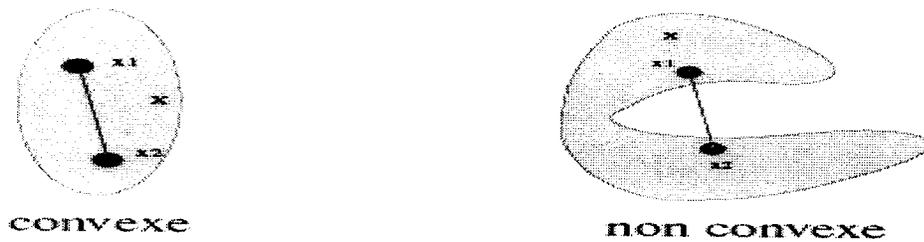


**Figure III.5 : soustraction de Minkowski entre les deux ensembles. [26]**

*Remarque :* même propriété que l'addition de Minkowski sauf on change + par - mais la soustraction n'est pas commutative.

**III.2.9. Les ensembles convexes**

Un ensemble  $X$  est dit convexe si pour tout couple  $(x_1, x_2)$  de points appartenant à  $X$  le segment  $[x_1-x_2]$  est inclus dans  $X$ . [26]



**Figure III.6. : Les ensembles convexes d'un ensemble. [26]**

Propriétés :

1. L'union d'ensembles convexes n'est généralement pas convexe. (voir la figure III.7)

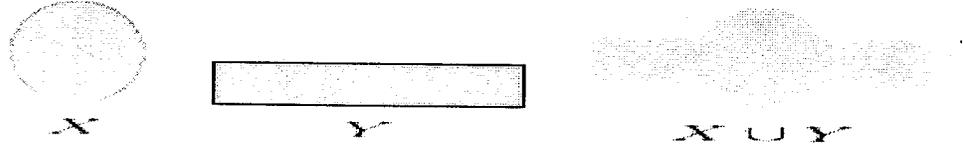


Figure III.7 : l'union de deux ensembles convexes. [26]

2. L'intersection d'ensembles convexes est convexe. (figure III.8)

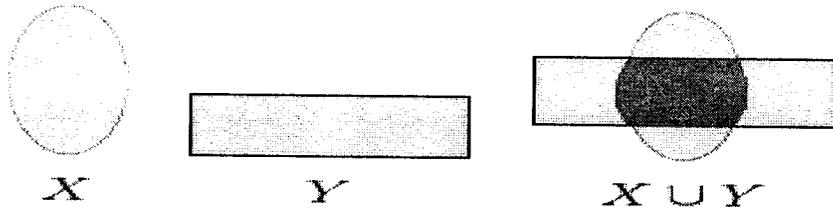


Figure III.8: l'intersection de deux ensembles convexes. [26]

### III.2.10. Élément structurant

Un élément structurant  $B$  est un ensemble qui possède les caractéristiques suivantes :

- a. Il possède une forme (géométrie connue).
- b. Cette forme à une taille  $\lambda$ .
- c. Cet élément est repéré par son origine  $O$ .
- d. L'origine appartient généralement à l'élément structurant mais ce n'est pas une obligation. [27]

### III.2.11. Transformations en tout ou rien

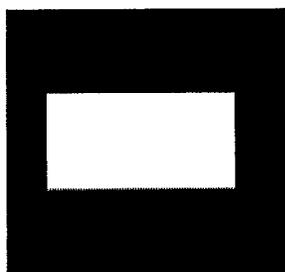
Une transformation en tout ou rien de  $X$  par  $B$  dans  $E$  est définie en déplaçant  $B$  sur l'ensemble des points  $x \in E$ . Pour chaque position, on pose une question relative à l'union, l'intersection ou l'inclusion de  $B$  avec  $X$ . [27]

Les transformations en tout ou rien les plus simples sont :

1. L'érosion qui est une transformation, en tout ou rien, relative à l'inclusion.
2. La dilatation qui est relative à un test d'intersection.

### III.2.12. Squelette d'une forme

Le squelette est l'ensemble des centres de toutes les boules incluses dans un objet touchant simultanément deux bords de cet objet. On définit également le squelette par l'intermédiaire de la fonction distance: la valeur de la fonction distance pour un pixel est la distance de ce pixel au bord le plus proche. [27]



*Image initiale*



*squelette*

Figure III.9: squelette. [27]

### III.3. La morphologie mathématique sur les images binaires

#### III.3.1. Érosion

Soient A et B deux ensembles, on définit l'érosion de A par B, on note  $A \ominus B$  par :

$$A \ominus B = \{w \mid (B^{\wedge})_z \subseteq A\}$$

L'érosion de A par B est l'ensemble des points z tels que B translate de z est inclus dans A. [28]

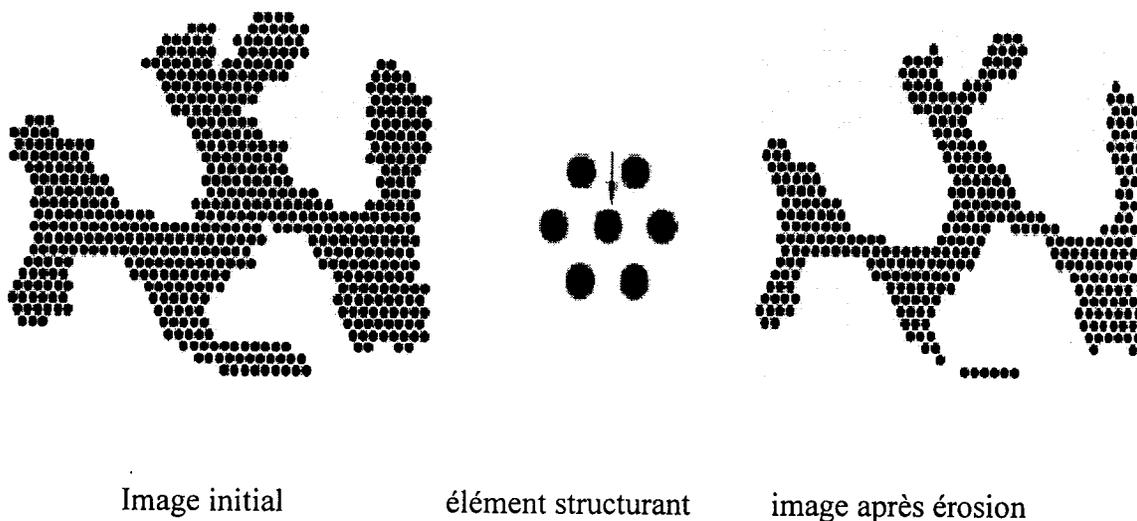


Figure III.10 : Erosion d'une image. [28]

On applique le même élément structurant pour la dilatation, ouverture et fermeture.

### III.3.2. Dilatation

Soient A et B deux ensembles, on définit la dilatation de A par B, on note  $A \oplus B$  par :

$$A \oplus B = \{w \mid (B^{\wedge})_z \cap A \neq \emptyset\}$$

On translate de z la réflexion de B par rapport à l'origine.

La dilatation de A par B est l'ensemble des déplacements z de telle sorte que B et A se recouvrent d'au moins un élément. [28]

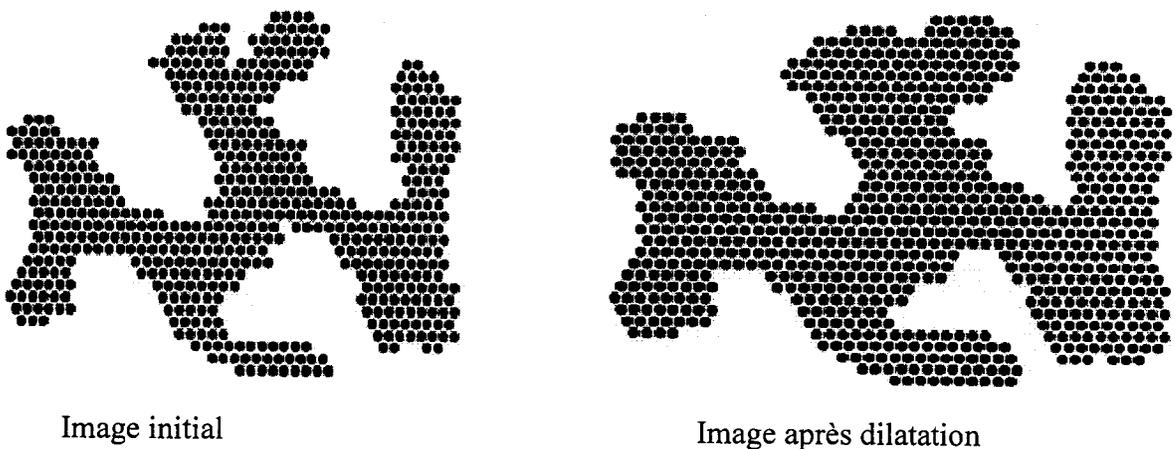


Figure III.11: Dilatation d'une image. [28]

Propriétés de l'érosion et la dilatation : [27]

1. Dualité : Les deux transformations ne sont pas indépendantes. On obtient le même résultat en érodant X ou en dilatant le complémentaire de X et en prenant le complémentaire du résultat.

On dit que L'érosion et la dilatation sont deux opérations duales vis-à-vis de la complémentation :

$$(\varepsilon_B (X)) = C_E (\delta_B (C_E (X)))$$

$$(\delta_B (X)) = C_E (\varepsilon_B (C_E (X)))$$

2. Extensivité : La dilatation est une transformation extensive alors que l'érosion est anti- extensive.

$$\varepsilon_B(X) \subset X \subset \delta_B(X)$$

3. Croissance : La dilatation et l'érosion sont des opérateurs croissants

$$X \subset Y \Rightarrow \varepsilon_B(X) \subset \varepsilon_B(Y)$$

Mais L'érosion est décroissante par rapport à l'élément structurant

$$B \subset B' \Rightarrow \varepsilon_{B'}(X) \subset \varepsilon_B(X)$$

4. Union et Intersection :

- La dilatation commute avec l'union :

$$\delta_B(X \cup Y) = \delta_B(X) \cup \delta_B(Y)$$

- L'érosion commute avec l'intersection :

$$\varepsilon_B(X \cap Y) = \varepsilon_B(X) \cap \varepsilon_B(Y)$$

#### Résumé :

- a. La dilatation fait disparaître les petits trous et les petits détroits et fait grossir les objets.
- b. L'érosion fait disparaître les petits objets et amincit les objets restants.
- c. Si X est connexe  $\delta_B(X)$  est connexe.
- d. La dilatation et l'érosion sont des opérations non réversibles.
- e. La dilatation et l'érosion sont des opérations duales mais pas inverses l'une de l'autre.
- f. il y a d'autres propriétés comme : Composition, Continuité, etc. [27]

### III.3.3. Ouverture

Composition d'une érosion suivie d'une dilatation avec le même élément structurant. L'ouverture de l'ensemble A par l'élément structurant B notée  $A \circ B$  est définie par :

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$$

Si l'élément est un disque, l'ouverture lisse le contour rompt les points d'union et élimine des îles et pics. [28]

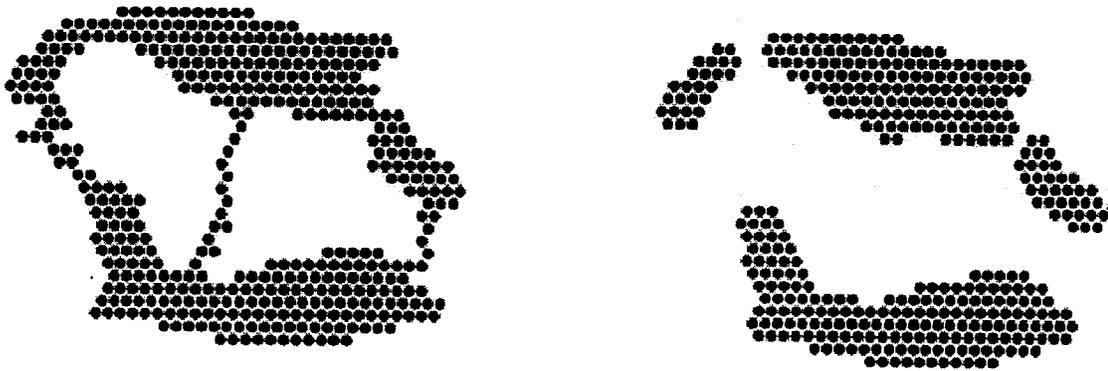


Image initial

Image après ouverture

Figure III.12 : ouverture d'une image. [28]

### III.3.4. Fermeture

Composition d'une dilatation suivie d'une érosion avec le même élément structurant. La fermeture de l'ensemble A par l'élément structurant B notée  $A \bullet B$  est définie par :

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$$

Si l'élément structurant est un disque, les contours sont lisses, les canaux fins sont fusionnés, de petits trous sont éliminés et les trous dans les contours sont remplis. [28]

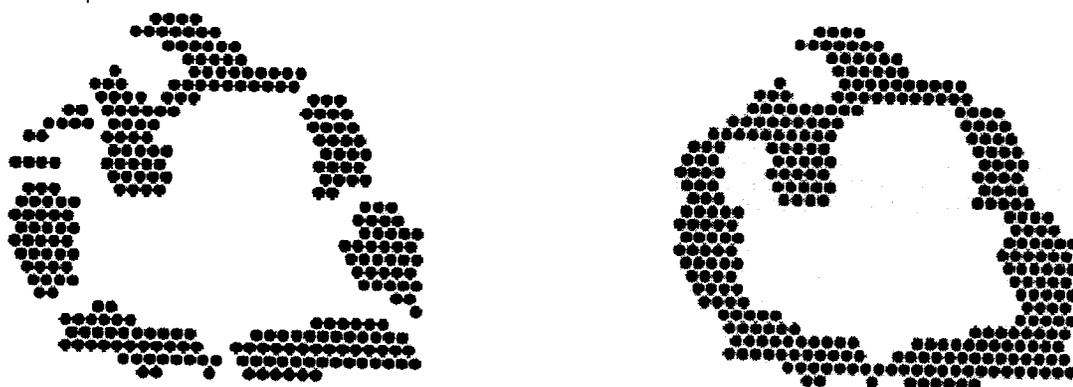


Image initial

Image après fermeture

Figure III.13 : fermeture d'une image. [28]

Propriétés : [29]

1. Idempotence :  $\Psi(\Psi(F)) = \Psi(F)$
2. Extensivité - Anti-extensivité :  $\delta(F) \leq F \leq \phi(F)$
3. Croissance :  $F \leq G \Leftrightarrow \Psi(F) \leq \Psi(G)$

Remarque : F et G deux ensembles

### III.4. La morphologie mathématique appliquée aux images en teintes de gris

On s'intéresse dans ce cas aux images en teintes de gris c'est-à-dire que les niveaux de gris sont répartis entre 0 et 255. Il peut s'agir d'une image SPOT panchromatique, un canal d'une image multi spectrale ou un néo canal (indice de végétation, ACP...). [30]

#### III.4.1. Erosion et dilatation en teinte de gris

Soient  $x = (i, j)$  un point d'une image,  $f$  la fonction qui à  $x$  associe son niveau de gris et le  $B_x$  voisinage de  $x$  défini par l'élément structurant  $B$  centré en  $x$ . [30]

On définit l'érosion et la dilatation en teinte de gris de la façon suivante :

$$\text{- l'érosion : } E^B f(x) = \inf \{ f(u) ; u \in B_x \}$$

$$\text{- la dilatation : } D^B f(x) = \sup \{ f(u) ; u \in B_x \}$$

L'image érodée (figure III.14) (c) est plus lisse et plus sombre alors qu'inversement, l'image dilatée (figure III.14) (b) est plus lisse et plus claire. On remarque que l'érosion et la dilatation binaires sont donc des cas particuliers d'opérateurs morphologiques appliqués aux images en teintes de gris.

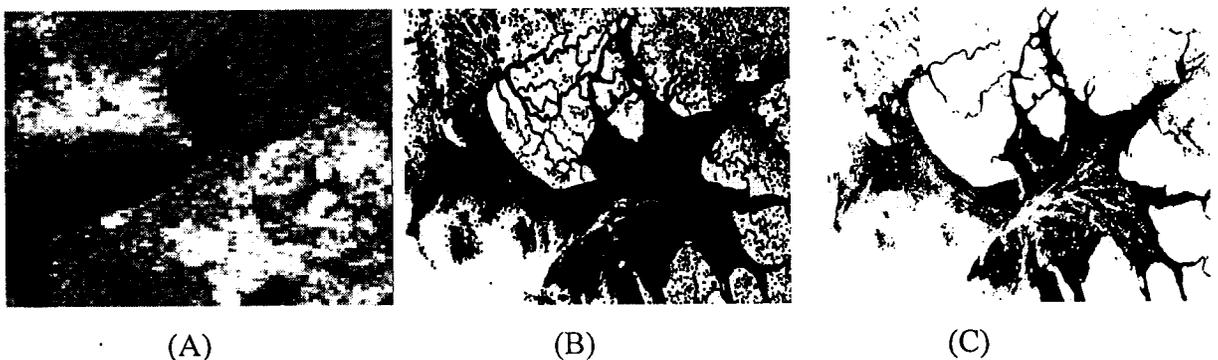


Figure III.14 : érosion (B) et dilatation (c) d'une image en teintes de gris (A). [31]

**Remarque :** on applique la même image que l'image (A) dans l'ouverture et fermeture de la figure III.14

### III.4.2. Ouverture et fermeture en teinte de gris

L'ouverture et la fermeture d'une image conservent les mêmes définitions que celles données dans le cas des images binaires, soient respectivement :

- l'ouverture :  $f^B(X) = D^B(E^B f(X))$

- la fermeture :  $f^B f(X) = E^B(D^B f(X))$

Une ouverture (figure III.15) (c) a pour effet de lisser les petites zones claires en les assombrissant alors qu'une fermeture (figure III.15) (b) lisse les petites zones sombres en les éclaircissant. [30]



**Figure III.15 :** Fermeture (b) et ouverture (c) d'une image en teinte gris. [31]

### III.4.3. Résidus des transformations morphologiques en teintes de gris : les chapeaux hauts forme

Les propriétés de la fermeture et l'ouverture en teintes de gris permettent de définir des filtres permettant d'extraire les pics de la fonction  $f(x)$  correspondant aux petites zones claires de l'image ou aux vallées correspondant aux petites zones sombres. Ces filtres sont appelés Chapeaux Haut de Forme et consistent à effectuer une simple Différence entre l'image d'origine et l'ouverture (ou la fermeture). L'appellation Chapeau se justifie par le fait que ces zones sont représentées sur le graphe de la fonction  $f(x)$  par des pics (resp. des vallées étroites). Pour extraire des pics d'épaisseur inférieure à  $n$  il faut utiliser un élément structurant  $B_n$  de taille  $n$ . On définit ces filtres ainsi :

a. le Chapeau Haut de Forme Blanc ou White Top Hat :

$$WTH(X) = f(X) - f_{BN}(X)$$

b. le Chapeau Haut de Forme Noir ou Black Top Hat :

$$BTH(X) = f^{BN}(X) - f(X)$$

Les Chapeaux Haut de forme blanc (figure III.16) (b) et noir (figure III.16) (c) sont des filtres dits morphologiques et sont adaptés pour l'extraction d'objets linéaires fins, d'une certaine épaisseur qu'ils soient sombres ou clairs. [30]

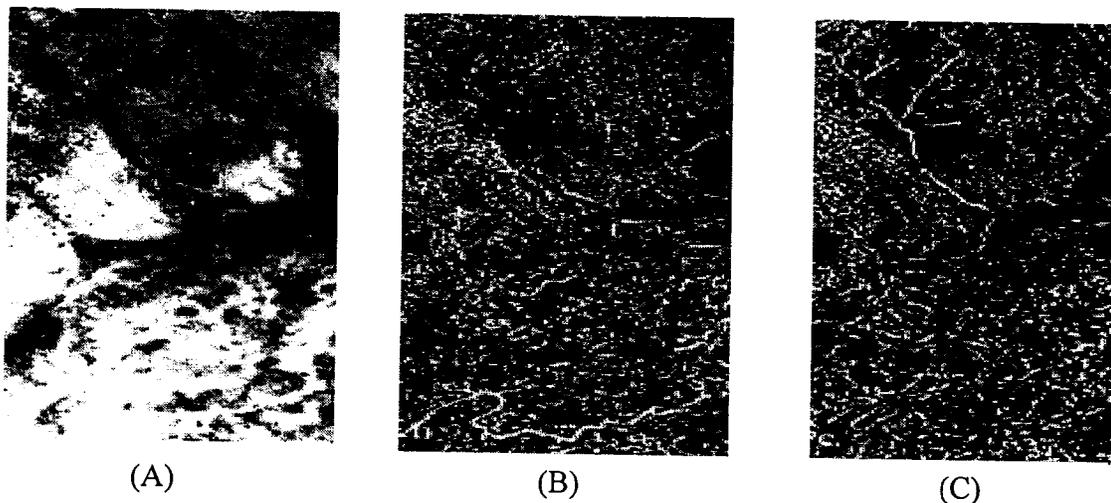


Figure III.16: Les Chapeaux Haut de forme blanc (B) et noir (C) sur l'image (A). [29]

### III.5. Exemple d'application des opérateurs de la morphologie mathématique



Original « a »



Erosion « b »



Dilatation « c »



Ouverture « d »



Fermeture « e »

Figure III.17: exemple d'application. [29]

Dans l'image « b » de la figure III.17 on voit que les composants connexes les plus petites sont éliminées et élargit les trous ; par contre l'image après la dilatation (l'image « c ») bouche les trous les plus petits et élargit les caps.

Dans l'image « d » on voit que les formes sont lisses et élimine les plus petits composants connexes ; par contre la fermeture (l'image « e ») bouche les plus petits composants connexes et concatène les formes les plus proches. [32]

*Chapitre IV :*  
*Implémentation*



## IV.1. introduction

L'analyse de textures joue un rôle important dans l'interprétation automatique des scènes. Un tel problème est souvent rencontré dans divers domaines tels que l'imagerie médicale, le contrôle de qualité, la télédétection, etc. En effet l'utilisation seule des niveaux de gris, ne semble pas être en mesure de conduire à une bonne analyse de certaines images. Beaucoup d'images possèdent, des zones texturées non homogènes au sens de niveaux de gris d'où la nécessité d'introduire l'information texturale. [33]

L'étude de la propriété d'une image se fait alors par le traitement numérique de celle-ci via l'information texturale.

Cette dernière montre que la distribution spatiale et l'organisation des niveaux de gris d'une image, comportent beaucoup d'informations, qui méritent d'être formaliser par des paramètres quantitatifs servant à l'identification de la texture.

Ils existent plusieurs méthodes de caractérisation de la texture des images, parmi les nombreux attributs, nous nous intéressons plus particulièrement à la morphologie mathématique. [33]

Notre objectif consiste à analyser l'image sur différents types de régions de différentes résolutions en appliquant la morphologie mathématique; cette méthode consiste à transformer une image initiale à l'aide d'opérations particulières (érosion, dilatation, ouverture et fermeture) en déplaçant un élément structurant sur l'image initiale afin de mettre en valeur ou, au contraire, de supprimer certains éléments. [21]

Ce chapitre dresse la présentation des différentes interfaces de l'application réalisée, ainsi que les résultats obtenus.

## IV.2. Les données utilisées

Notre étude a été portée sur deux régions à savoir la région du pays du CANADA et de la région d'ALGERIE, ville Oran, située à 400 KM à l'ouest d'Alger (Figure IV.1). Elles ont été prises comme zone test pour la variété de ses thèmes. Elles constituent donc des bons exemples pour tester l'efficacité d'intégration des données textuelles. Ces données utilisées sont issues pour la région du Canada du satellite Ikonos, du satellite Alsat et le satellite Aster pour la région d'Oran.[14]

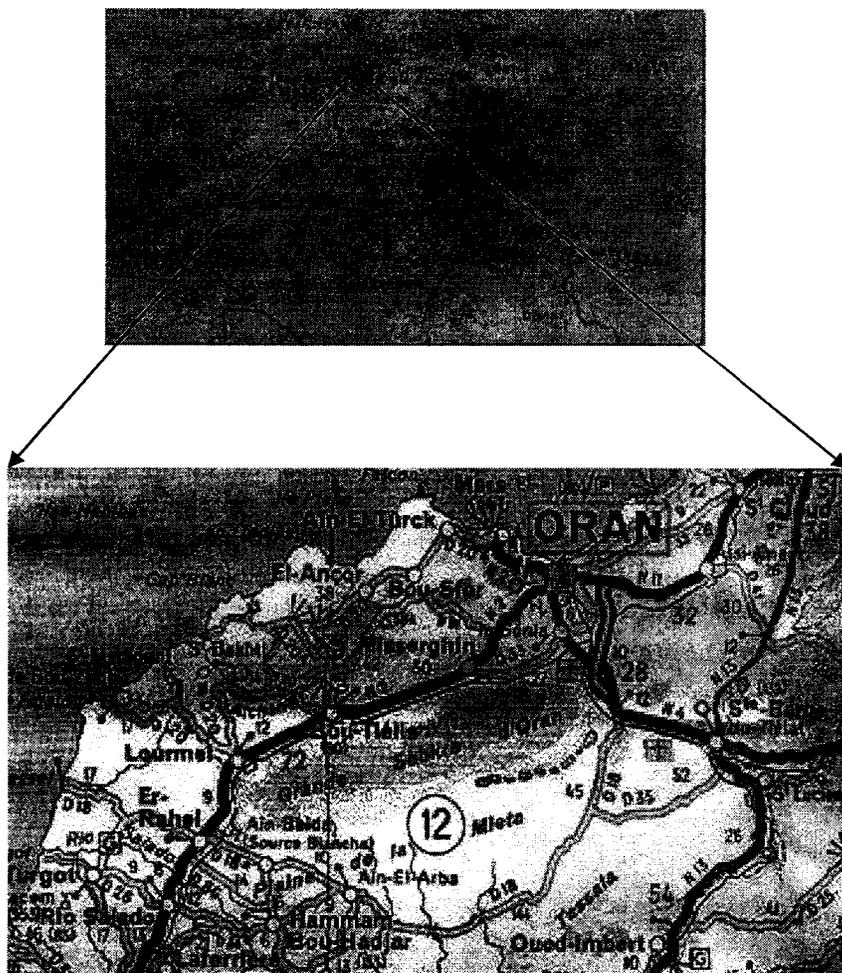


Figure IV.1 : Localisation de la zone d'étude (Oran -Ouest)

### IV.2. 1. Satellite Alsat

Le lancement a eu lieu le 28 novembre 2002 par un lanceur Cosmos-3M à partir de la base de lancement Russe de Plesetsk. L'objectif de la mission est de fournir des images multi spectrales de résolution moyenne pour la surveillance des catastrophes naturelles ainsi que pour d'autres applications thématiques de la télédétection (figure IV.2). Le système repose sur trois bandes spectrales (Proche Infrarouge, Rouge et verte), avec une résolution spatiale de 32 m.



Figure IV.2 : Description d'un satellite Alsat



Figure IV.3 : Image de la région d'Oran par le satellite Alsat I.

### IV.2.2. Satellite Ikonos

Ce satellite d'observation américain d'une masse de l'ord de 700 kg fut fabriqué par Lockheed Martin. Ce satellite a pour mission d'effectuer des prises de vue à très haute résolution, par exemple dans les zones urbaines. Ce satellite offre une résolution d'un mètre en panchromatique et de quatre en multi spectrale.

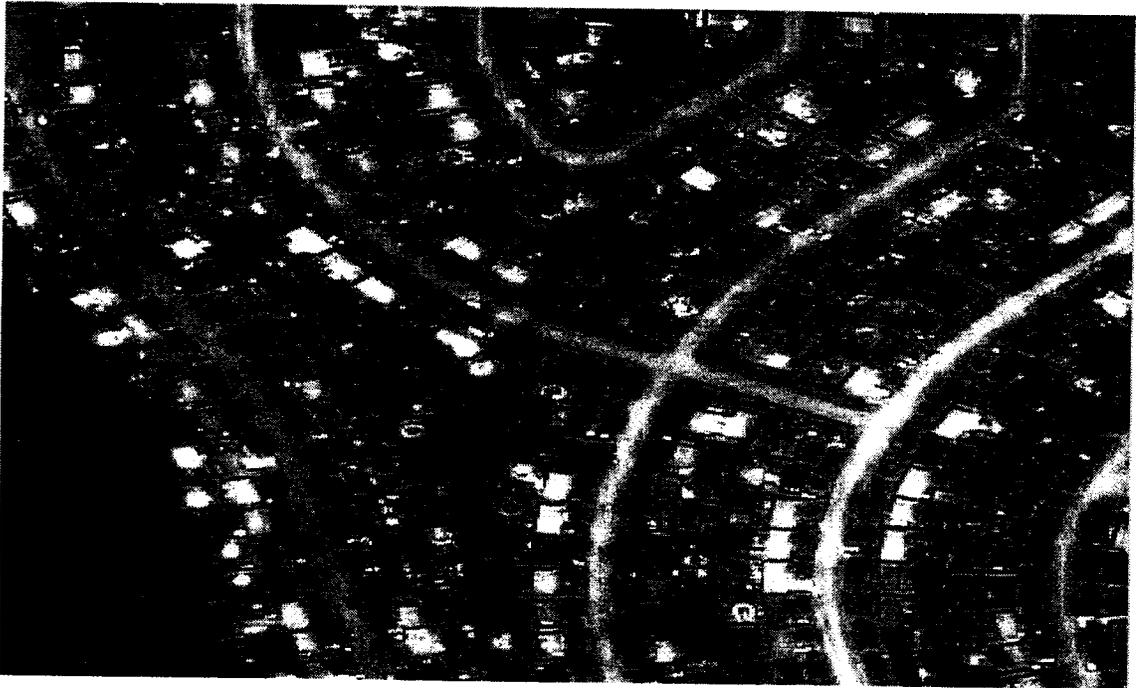


Figure IV.4 : image de la région du canada par le satellite Ikonos.

### IV.2.3. Satellite Aster

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) avec une résolution spatiale de 15 m est un des cinq instruments placés à bord de la plateforme TERRA-EOS. Il est né d'une coopération entre la NASA, le ministère Japonais de l'Economie, du Commerce et de l'Industrie (METI) et l'Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC) a pour objectif d'accélérer la recherche et le développement de technologies en télédétection. [13]



Figure IV.5 : image de la région d'Oran par le satellite Aster.

### IV.3. Application

#### IV.3.1. le choix de langage

La génération de différents opérations de la morphologie mathématique ont été effectuées à l'aide d'un logiciel en langage Borland c++ Builder version 6.

Pour cet environnement de développement, Borland a repris les recettes développées avec succès pour ses produits phares orientés Pascal : Delphi ; notamment l'interface et les bibliothèques de composants. La version 6 a vu le jour en 2002 et après de nombreuses mises à jour ont été remplacées par une nouvelle version baptisée Borland c++ Builder 2006.

C'est l'un des langages de programmation les plus utilisés actuellement. Il est à la fois facile à utiliser et très efficace.

Les caractéristiques du c++ en font un langage idéal pour certains types de projets. Il est incontournable dans la réalisation des grands programmes.

C++ Builder est un outil RAD ou *Rapid Application Développement*, c'est-à-dire tourné vers le développement rapide d'applications sous Windows. c++ Builder permet de réaliser de façon très simple l'interface des applications et de relier aisément le code utilisateur aux événements Windows, quelle que soit leur origine (souris, clavier, système).

Pour ce faire, c++ Builder repose sur un ensemble très complet de composants prêts à l'emploi, les caractéristiques de ces composants sont éditables directement dans une fenêtre spéciale intitulée *inspecteur d'objet*. Un clic de souris sur les composants permet d'associer du code à l'objet. [34]

La version 6 de Borland c++ Propose deux hiérarchies de composants :

- La bibliothèque VCL ou *Visual component Library* dédiée à Windows.
- La bibliothèque CLX pour des composants multiplateformes aussi bien Windows qu'un Unix.

Il faut savoir que la technologie RAD ne s'applique qu'au squelette ou à l'interface d'une application bien étendue, toutes la partie spécifique à votre projet reste à votre charge. Unanimement, le langage C est considéré comme puissant mais difficile à mettre en œuvre.

Les difficultés de mise en œuvre arrivent avec l'implémentation, lorsque l'ensemble des capacités du langage ne se représente par un modèle gérable par l'humain.

En décrivant l'environnement de développement C++ Builder, on peut voir une interface qui peut apparaître déroutante car elle est composée de différentes fenêtres qui ne recouvrent pas tout l'écran. Les applications qui ont été préalablement lancées sont toujours visibles.

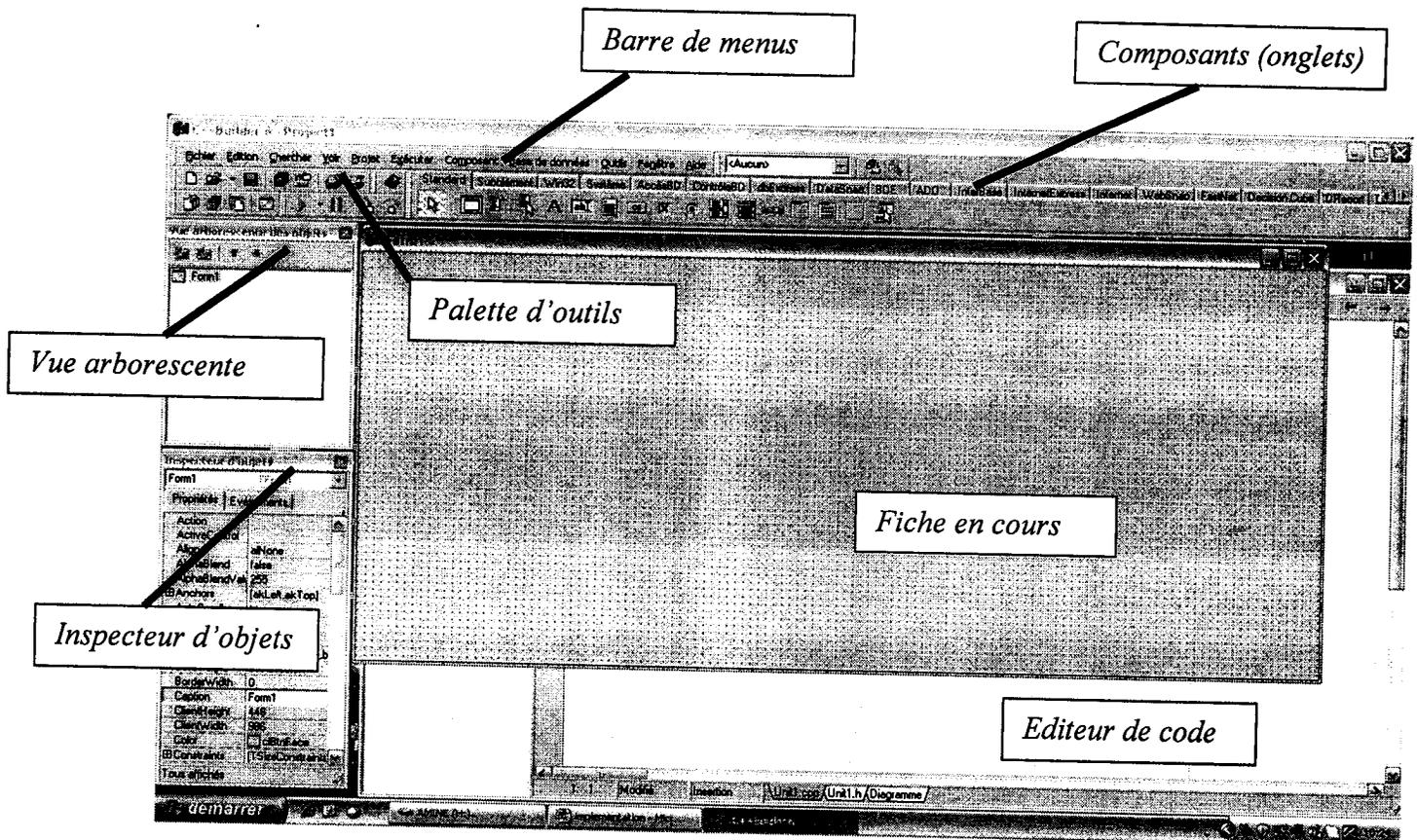


Figure IV.6: représente l'interface du langage Borland c++ Builder 6. [34]

On peut distinguer plusieurs zones :

- La barre de menu
- La barre d'outils qui se décompose elle-même en deux parties :
  - ❖ La palette d'outils pour les opérations classique
  - ❖ La palette de composants range par catégories (onglets)

Une fiche ou *Form* en anglais qui représente l'interface en cours de création.

Si l'application comporte plusieurs fiches, elles sont cachées et disponibles par le menu et le raccourci clavier F12. Du fait de l'environnement RAD, elles représentent à l'identique les composants à l'exécution.

Donc le choix d'un tel langage était inévitable et fondamental puisqu'il renferme des outils très puissants pour traiter des données de grande taille et de lourds traitements tels que les images. [34]

### IV.3.2. description de l'interface de notre Application

La réalisation technique commence par la présentation de la fenêtre principale, il s'agit de ce que voit l'utilisateur « un menu » qui comporte quatre items, représentant les différents traitements applicables. (Voir la figure IV.7)

L'utilisateur peut choisir un élément structurant (carré, cercle, croix) sinon, il prend automatiquement « carré ».

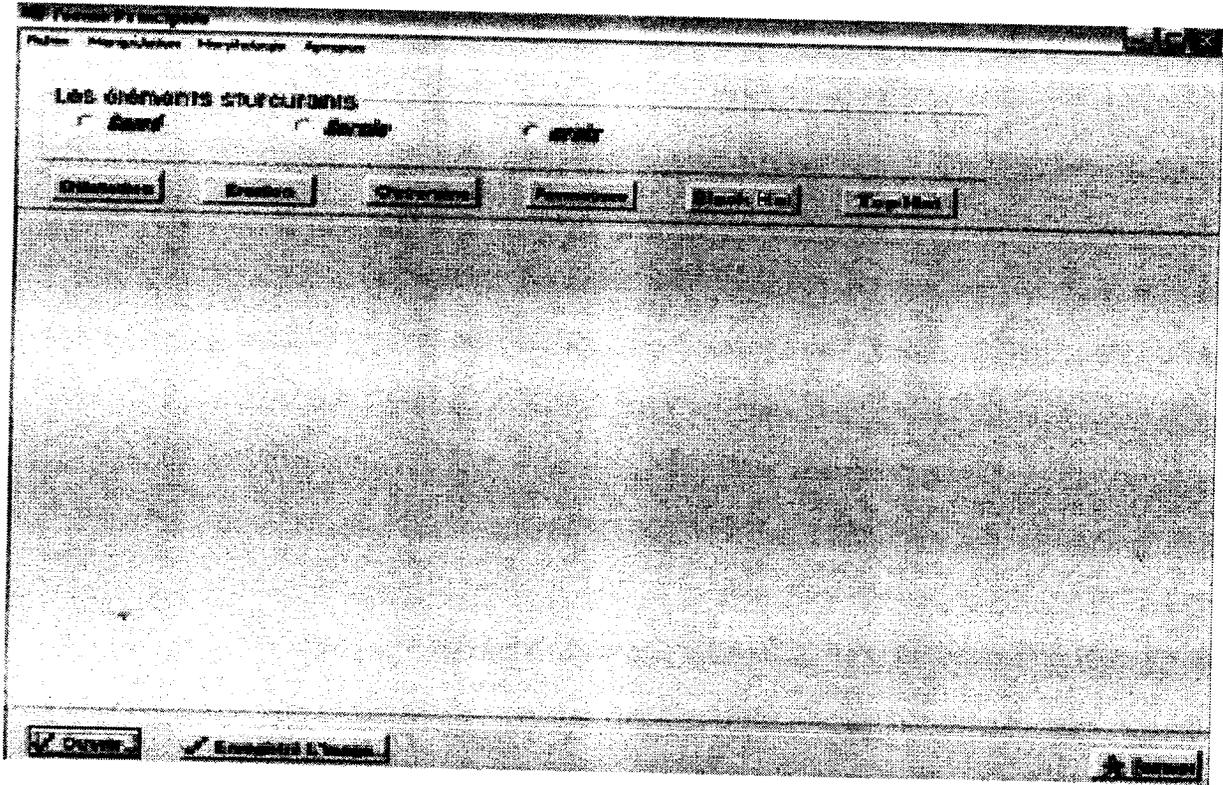


Figure IV.7: Représentation de la fenêtre principale

### IV.3.3. Ouverture d'une image

#### ❖ IKONOS

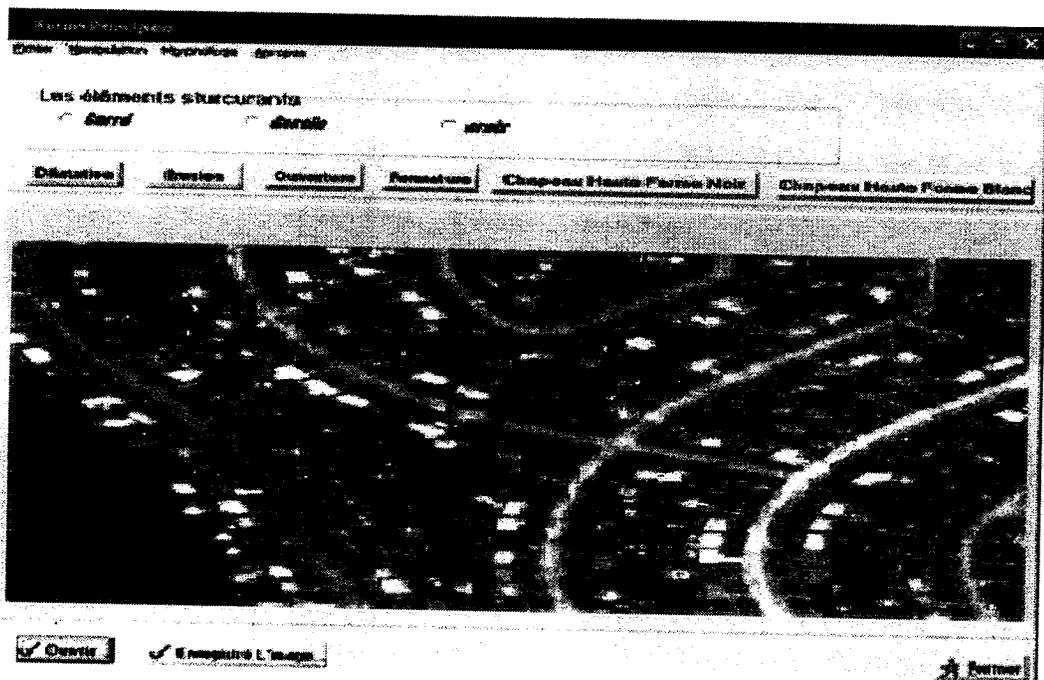


Figure IV.8 : l'ouverture de l'image de la région du Canada par le satellite IKONOS.

#### ❖ ALSAT



Figure IV.9 : l'ouverture de l'image de la région d'Oran par le satellite Alsat I.

## ❖ ASTER

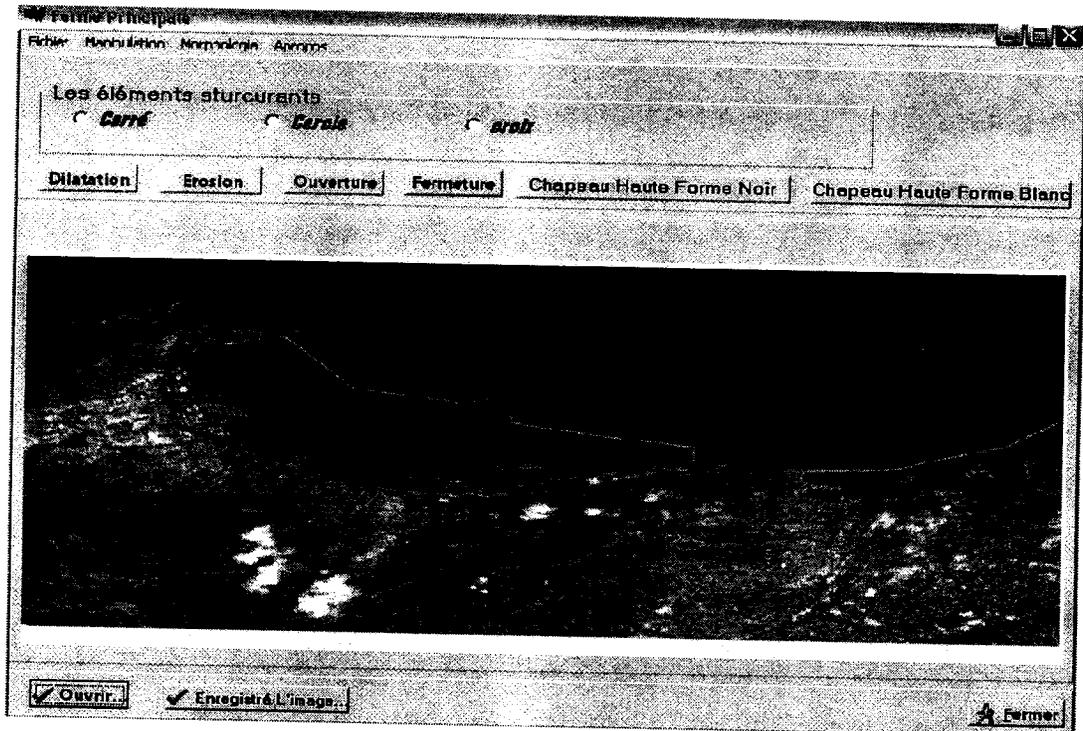


Figure IV.10 : l'ouverture de l'image de la région d'Oran par le satellite Aster.

## IV.4. Analyse Texturale

### IV.4.1 Morphologie Mathématique

L'intérêt de la morphologie mathématique dans le domaine de la télédétection n'a rien d'étonnant puisqu'elle offre la possibilité de rechercher dans une image des configurations spatiales prédéfinies. L'analyse d'une image satellitaire par la morphologie mathématique consiste à appliquer sur cette donnée un ou plusieurs opérateurs morphologiques qui sont :

- ✦ **L'érosion** : il faut déplacer l'élément structurant de façon à ce que son centre occupe toutes les positions de l'espace. L'objet érodé correspond à l'ensemble des positions de centre pour lequel l'objet est complètement inclus dans l'image. L'érosion a pour effet d'éliminer les objets ou certaines parties d'objets dont la taille est inférieure à celle de l'élément structurant. [14]

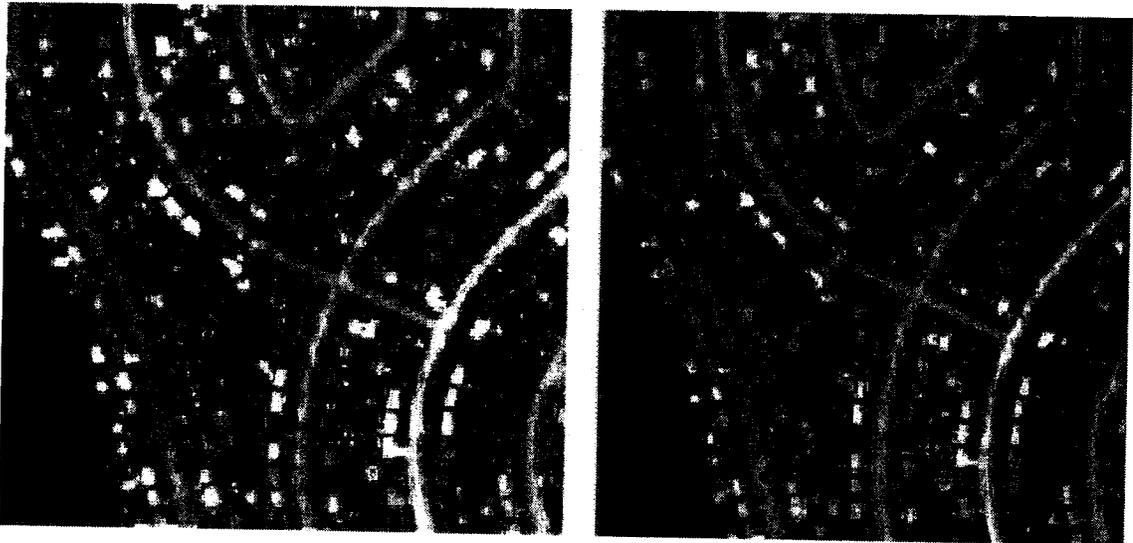


Figure IV.11: Paramètre de « érosion » pour  $K=1$  de la région du canada.

*Remarque :* le  $K$  c'est le nombre de fois qu'on peut faire l'opération de « érosion, dilatation, ouverture, et fermeture ».

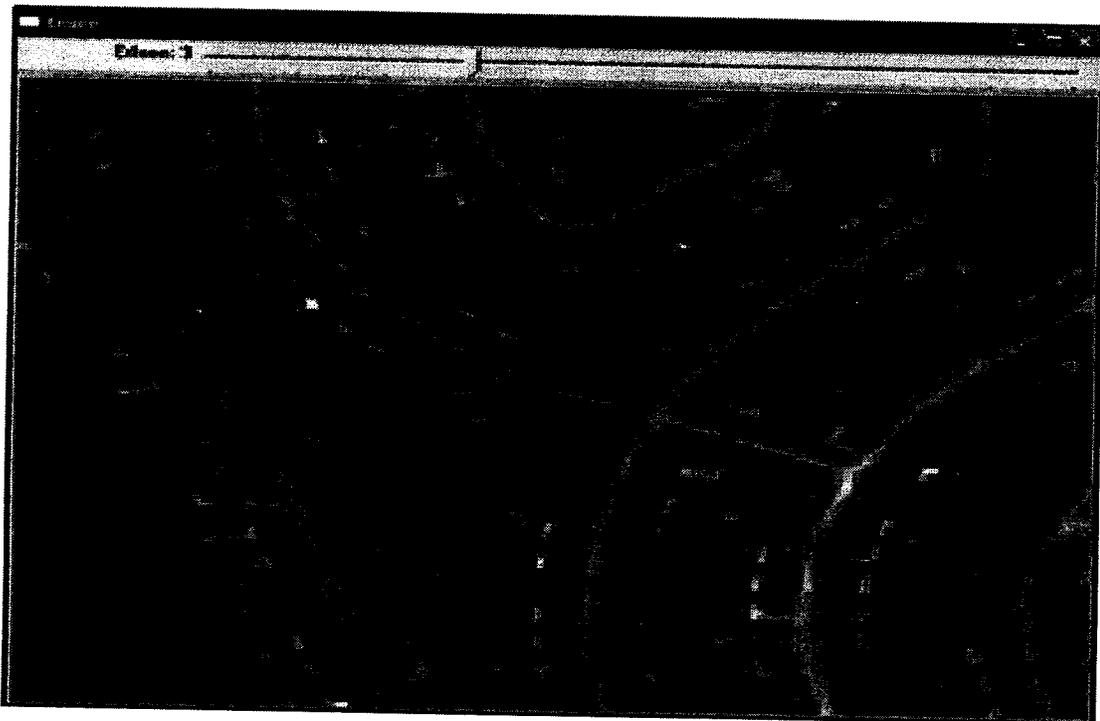


Figure IV.12 : Paramètre de « érosion » pour  $K=3$ .

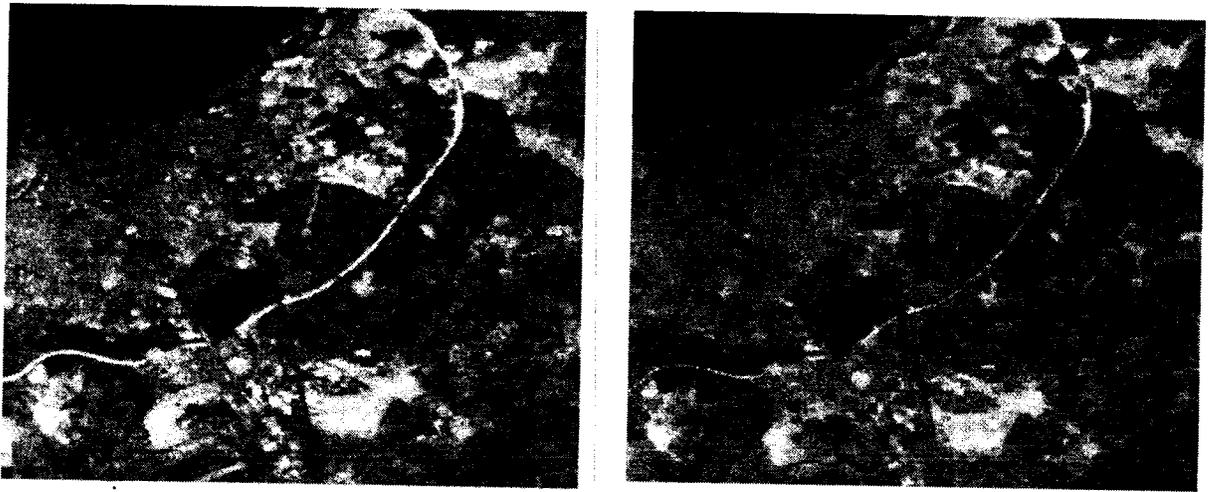


Figure IV.13 : Paramètre de « érosion » d'une image de la région d'Oran (ALSAT I).

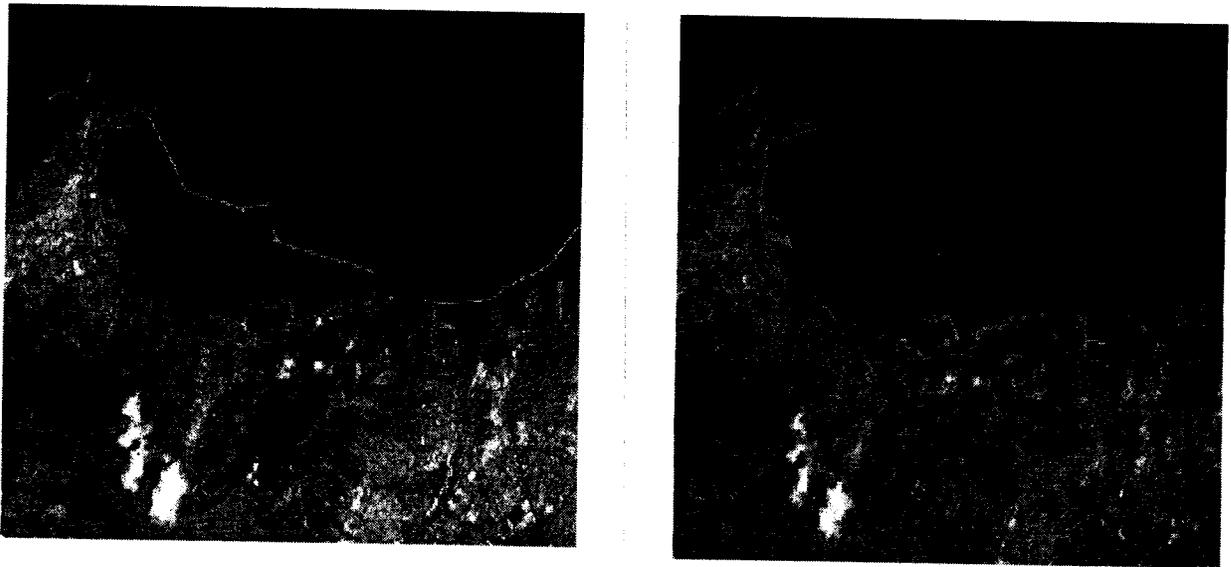


Figure IV.14 : Paramètre de « érosion » d'une image de la région d'Oran (Aster).

On observe sur les images des figures IV.11, IV.12, IV.13 et IV.14 qu'après érosion, celle-ci a éliminé les plus petites composantes connexes et les petits trous.

- **La dilatation** : correspond à l'ensemble des positions pour lequel l'intersection entre l'objet et l'élément structurant n'est pas nulle. la dilatation a pour effet d'augmenter la taille des objets, et la fusionner certains d'entre eux, lorsque la distance qui les sépare est inférieure à la taille de l'élément structurant. [14]

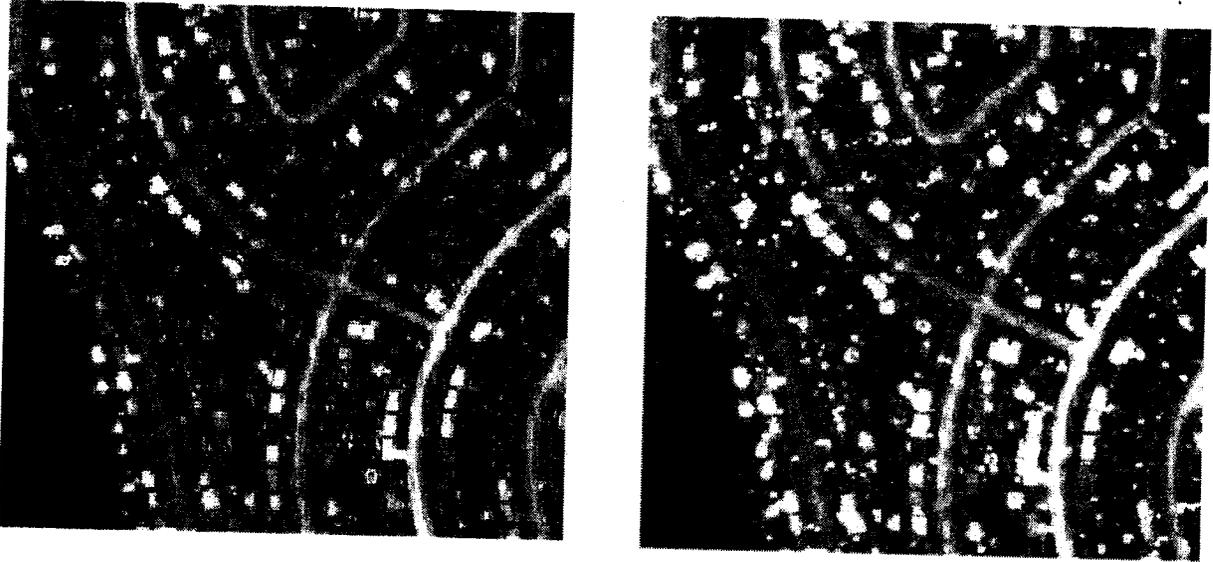


Figure IV.15 : Paramètre de « dilatation » pour  $K=1$  d'une image de la région du Canada.

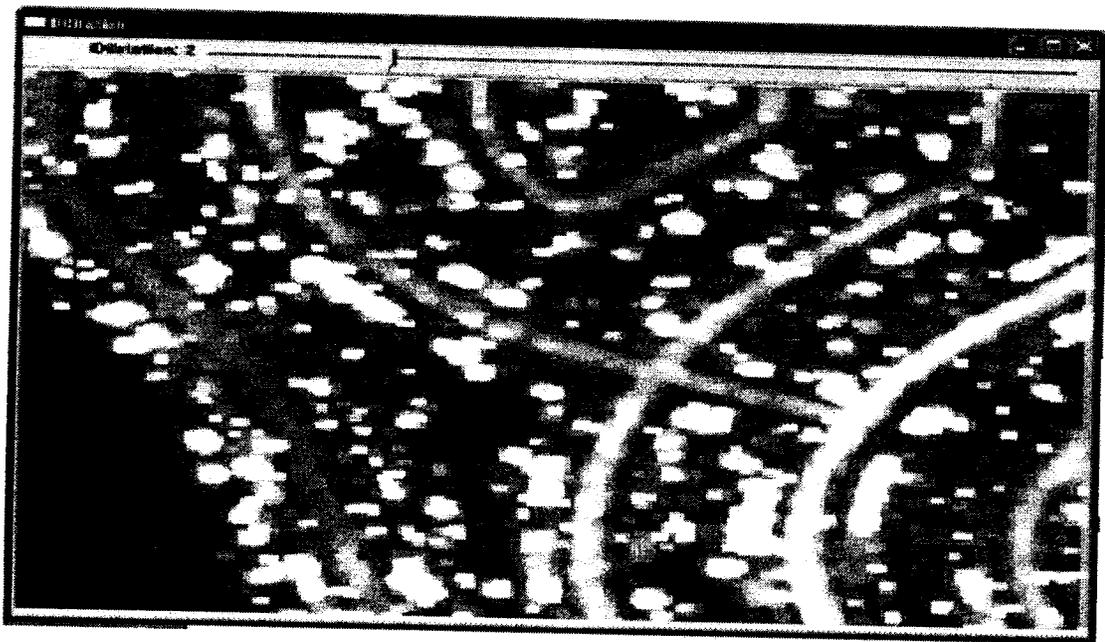
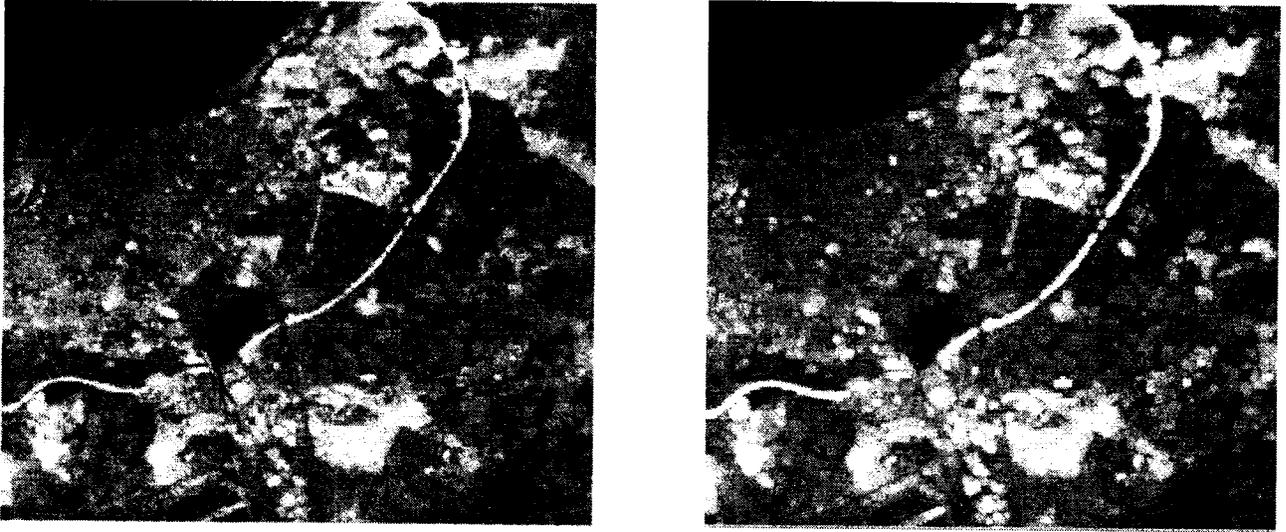
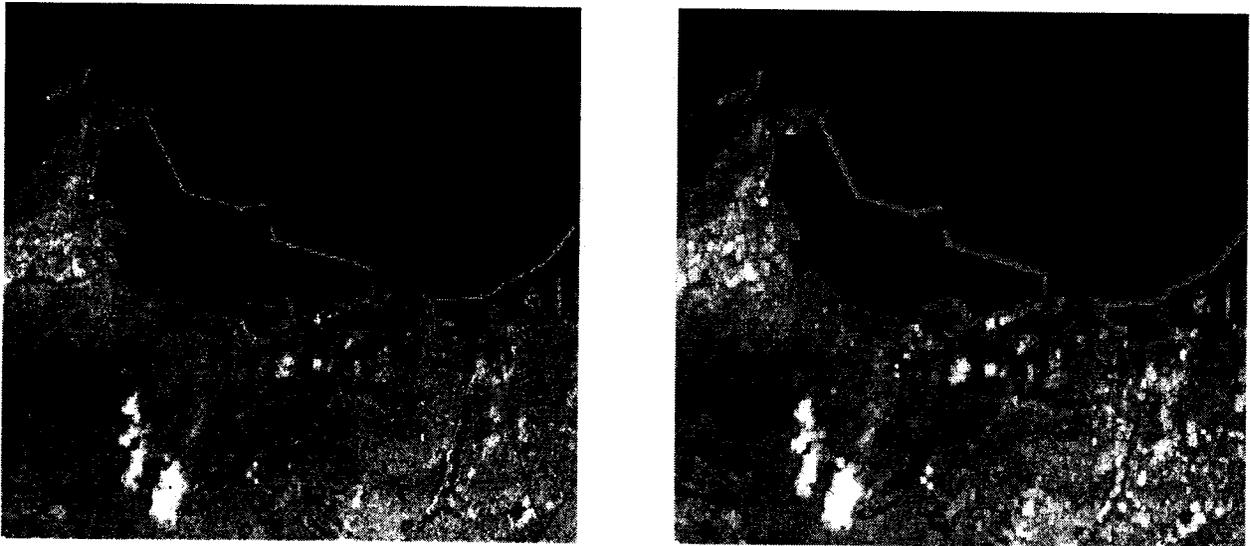


Figure IV.16 : Paramètre de « dilatation » pour  $K=2$ .



**Figure IV.17 : Paramètre de « dilatation » d'une image de la région d'Oran (ALSAT D).**



**Figure IV.18 : Paramètre de « dilatation » d'une image de la région d'Oran par le satellite Aster.**

On observe sur les images des figures IV.15, IV.16, IV.17 et IV.18 qu'après dilatation, cette dernière bouche les plus petits trous et soude deux formes proches.

- ⬇ **L'ouverture** : l'ouverture morphologique, qui vise à supprimer les détails de taille inférieure à l'élément structurant (sans pour autant réduire la taille des autres éléments) correspond à une érosion suivie d'une dilatation. [14]

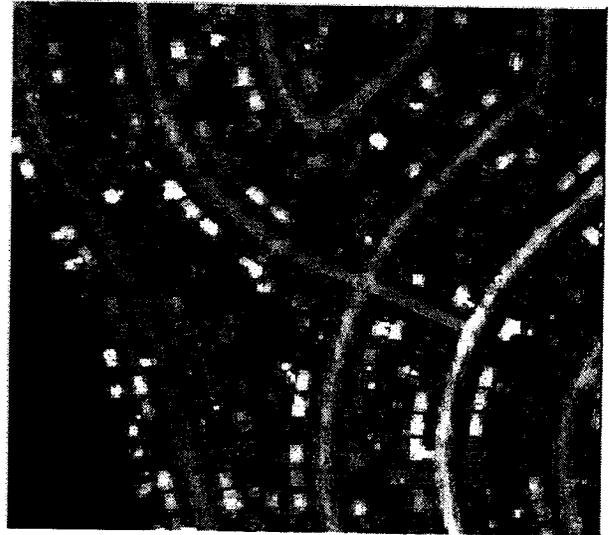
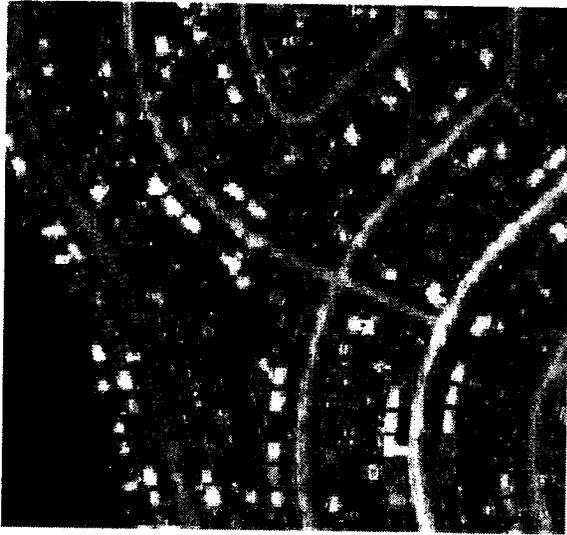


Figure IV.19: paramètre de « ouverture » de la région du canada.



Figure IV.20: paramètre de « ouverture » d'une image d'Oran (ALSAT I).



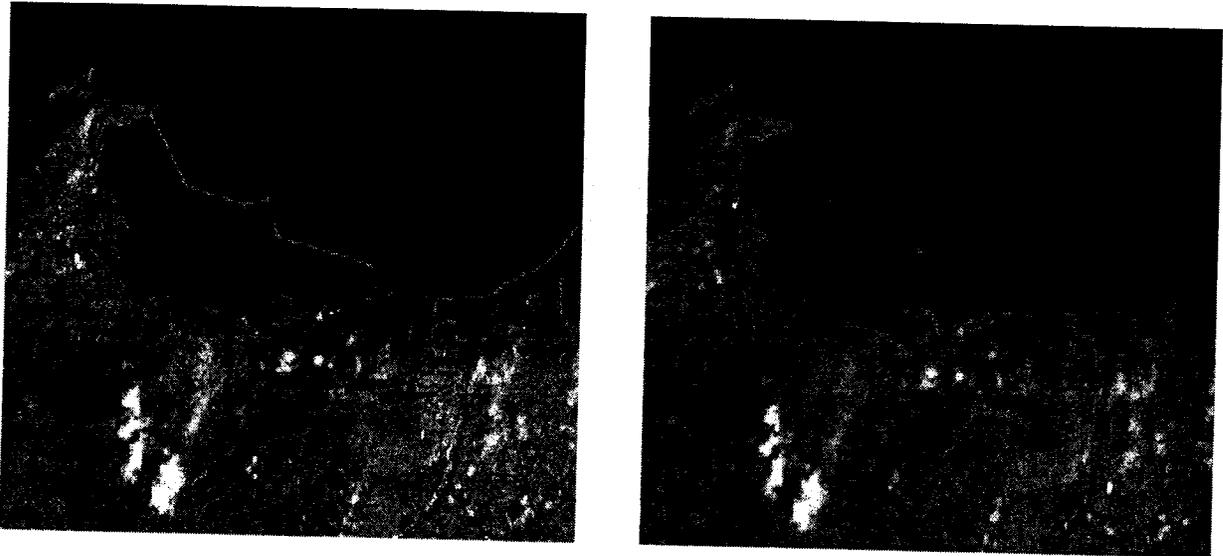


Figure IV.21: paramètre de « ouverture » d'une image d'Oran (ASTER).

On remarque sur les images des figures IV.19, IV.20 et IV.21 qu'après ouverture, celle-ci lisse les contours.

✦ **La fermeture** : c'est une opération duale. La fermeture morphologique, se définit comme une combinaison d'une dilatation suivie d'une érosion. [14]

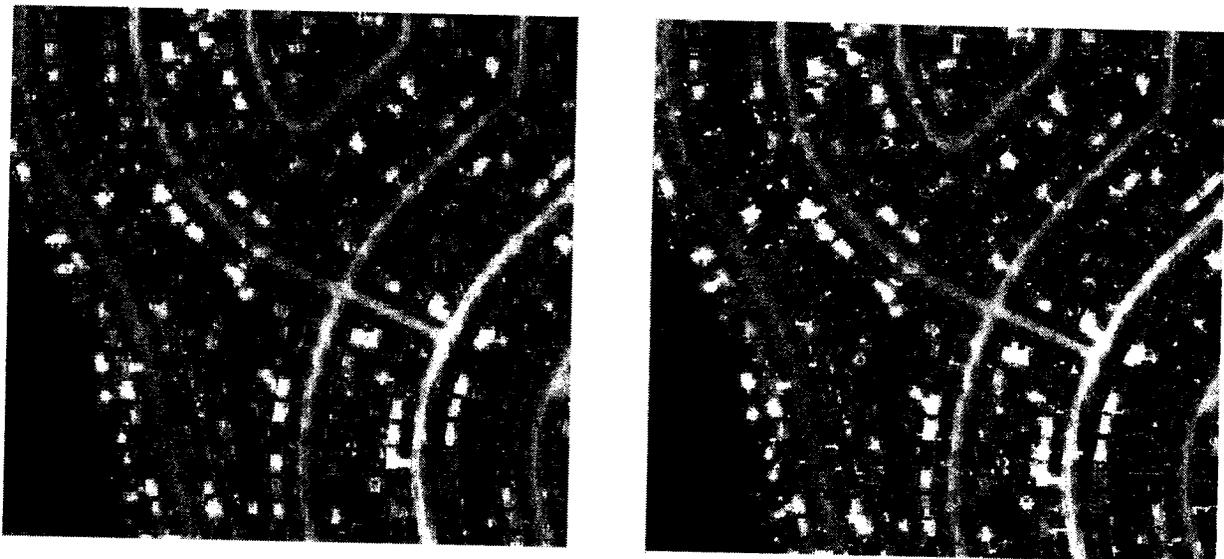


Figure IV.22: paramètre de « fermeture » d'une image de la région du Canada.

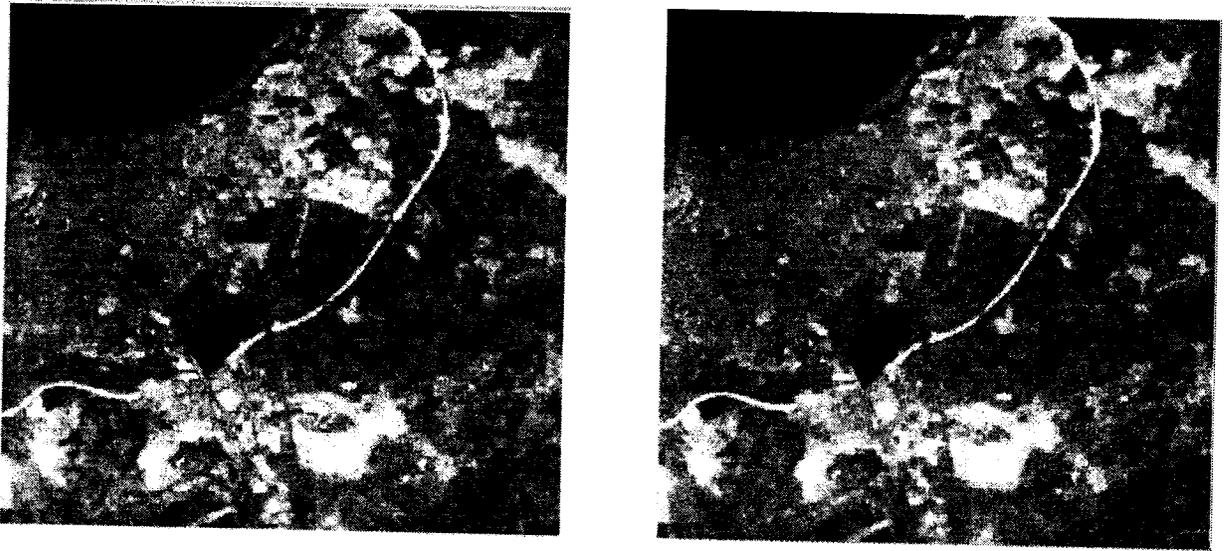


Figure IV.23: la fermeture de morphologie mathématique d'une image d'Oran (ALSAT).

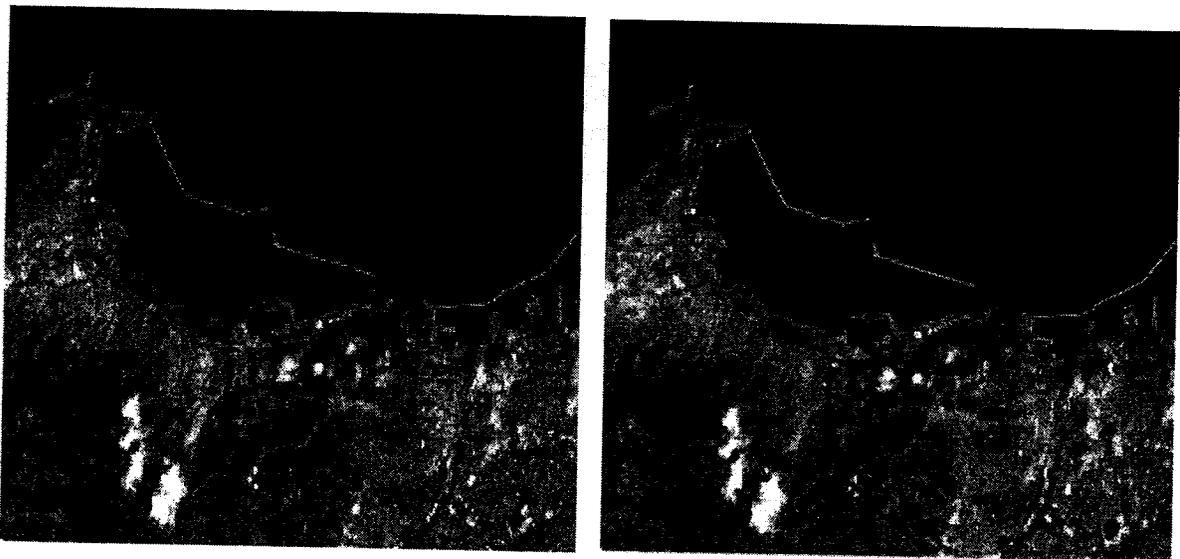


Figure IV.24: la fermeture de morphologie mathématique d'une image d'Oran (ASTER)

On remarque sur l'image des figures IV.22, IV.23 et IV.24 qu'après fermeture lisse les contours.

**Remarque :** il faut noter que l'ouverture et la fermeture sont indépendamment autrement dit, le résultat est invariant après transformations successives. [14]

✦ **Le chapeau haut de forme :** est une transformation qui permet de retrouver les informations éliminées par l'ouverture morphologique ou la fermeture morphologique. [35]

On définit la transformation du chapeau haut de forme blanc comme la différence algébrique entre la fonction de départ  $f$  et l'ouvert  $B(f)$  tel que :

$$WTHB(f) = f - \gamma_B(f)$$

Et de même on définit la transformation du chapeau haut de forme noir comme :

$$BTHB(f) = \phi_B(f) - f$$

### 1. Chapeau haut forme blanc

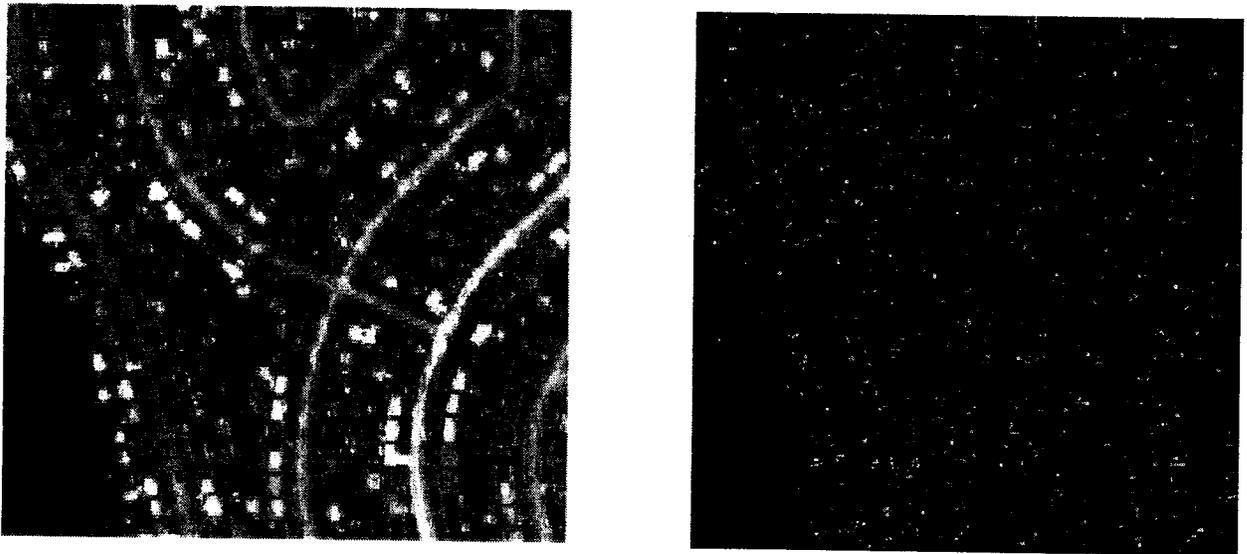


Figure IV.25: Paramètre de chapeau haut forme blanc pour  $K=1$  de la région du Canada.

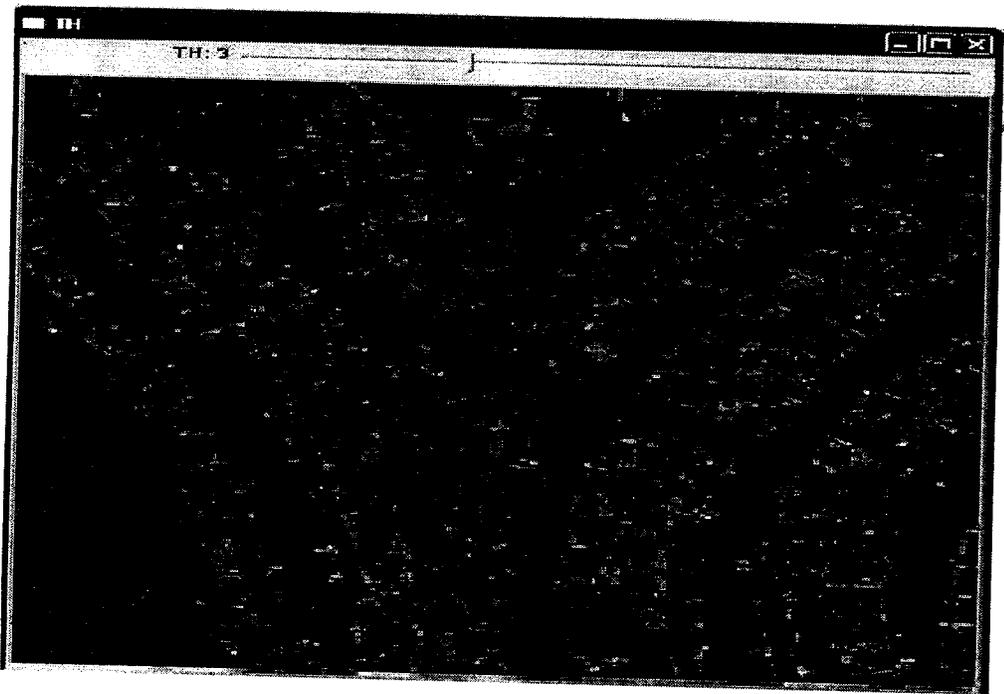


Figure IV.26: Paramètre de chapeau haut forme pour  $K=3$  de la région du Canada.

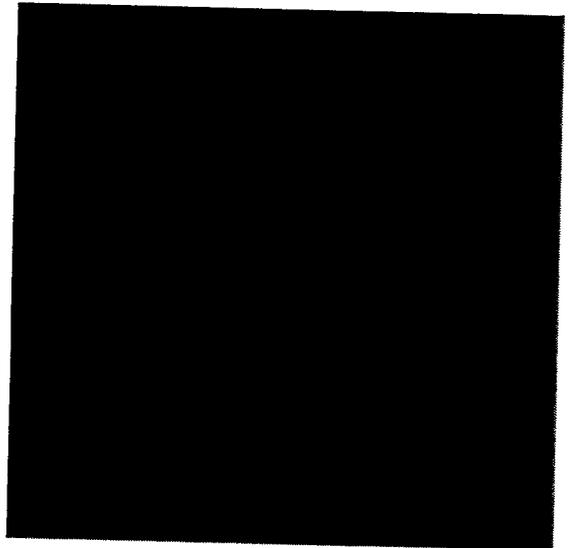
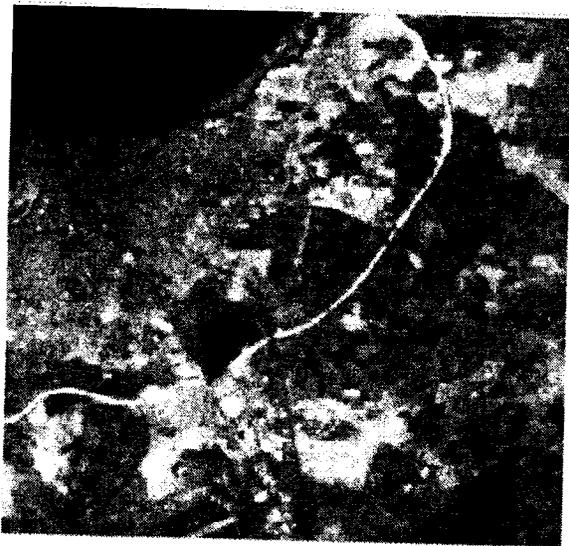


Figure IV.27: Paramètre de chapeau haut forme pour  $K=1$  pour la région d'Oran (Alsace).

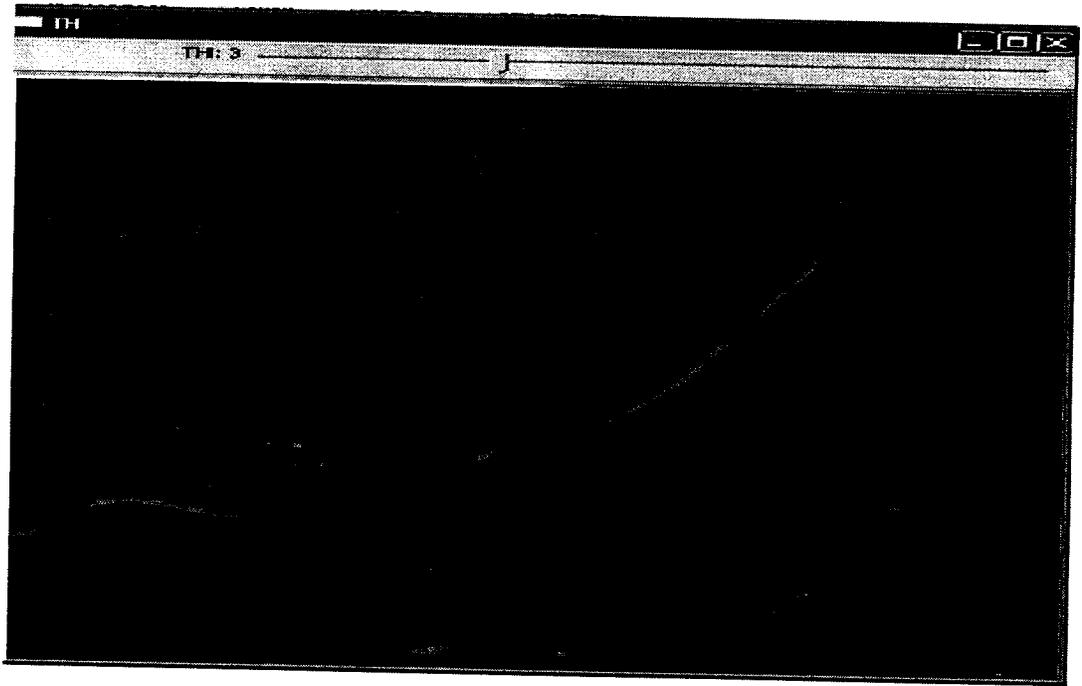


Figure IV.28: Paramètre de chapeau haut forme pour  $K=3$ .

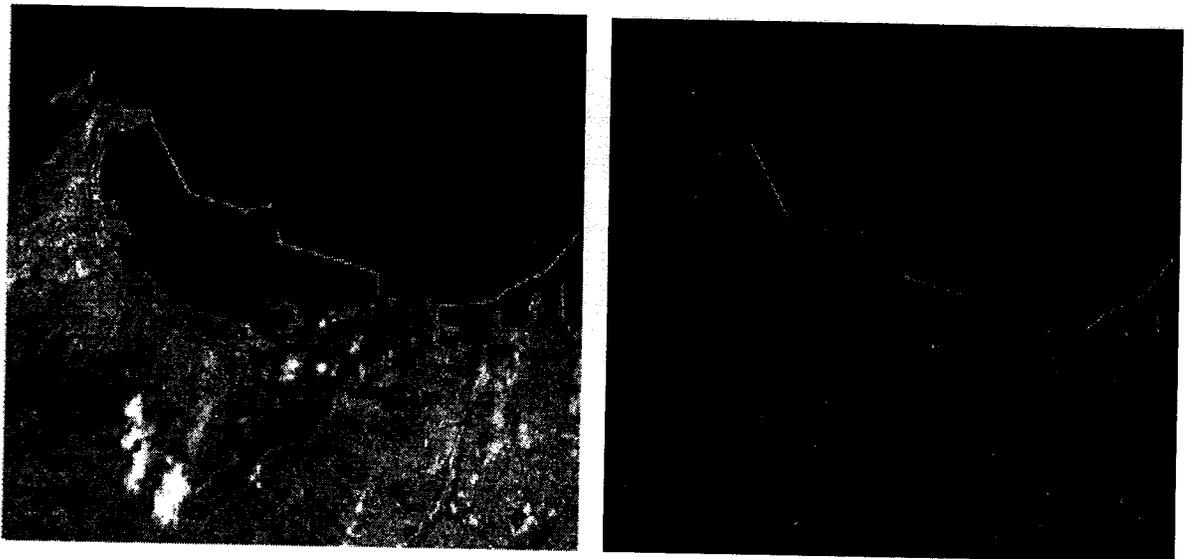


Figure IV.29: Paramètre de chapeau haut forme pour  $K=1$  pour la région d'Oran (Satellite Aster).



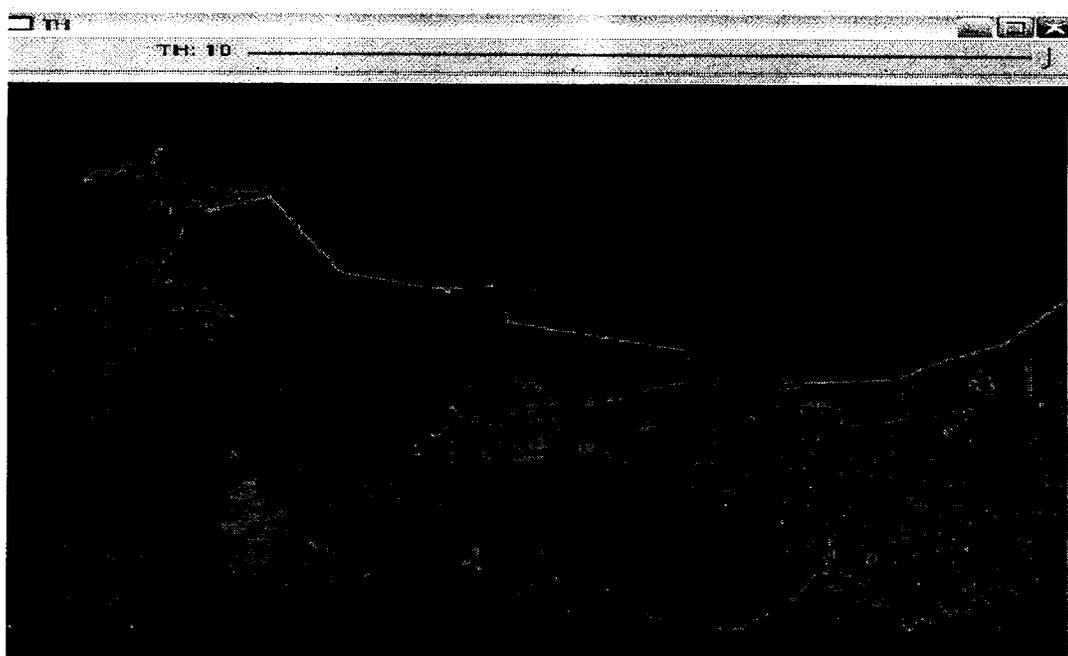


Figure IV.30: Paramètre de chapeau haut forme pour  $K=10$  (Aster).

On remarque sur les images des figures IV.25, IV.26, IV.27, IV.28, IV.29 et IV.30 que l'opération du chapeau haut forme permis de privilégier les contours surtout sur les images à très hautes résolution comme c'est le cas sur l'image du satellite Ikonos (figure IV.26)

## 2. Chapeau haut forme noir

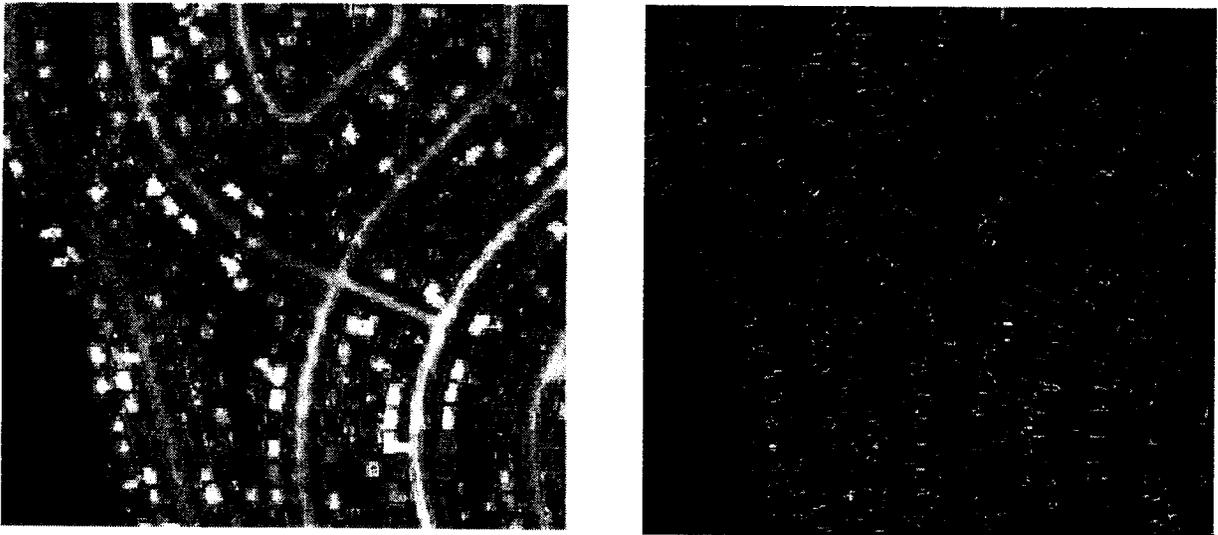


Figure IV.31: Paramètre de chapeau haut forme noir pour  $K=1$  pour la région canada.

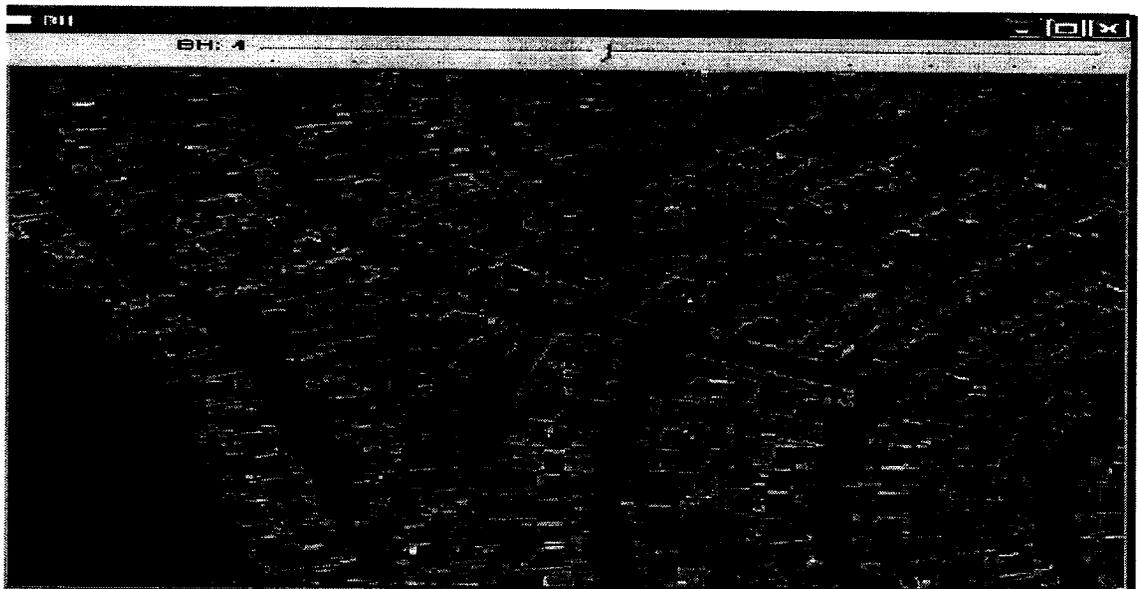


Figure IV.32: Paramètre de chapeau haut forme noir pour  $K=4$ .

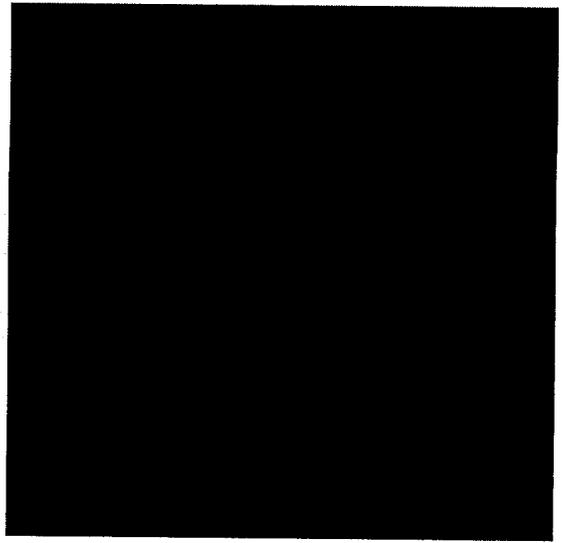


Figure IV.33: Paramètre de chapeau haut forme noir pour  $K=1$  pour la région d'Oran(ALSAT).

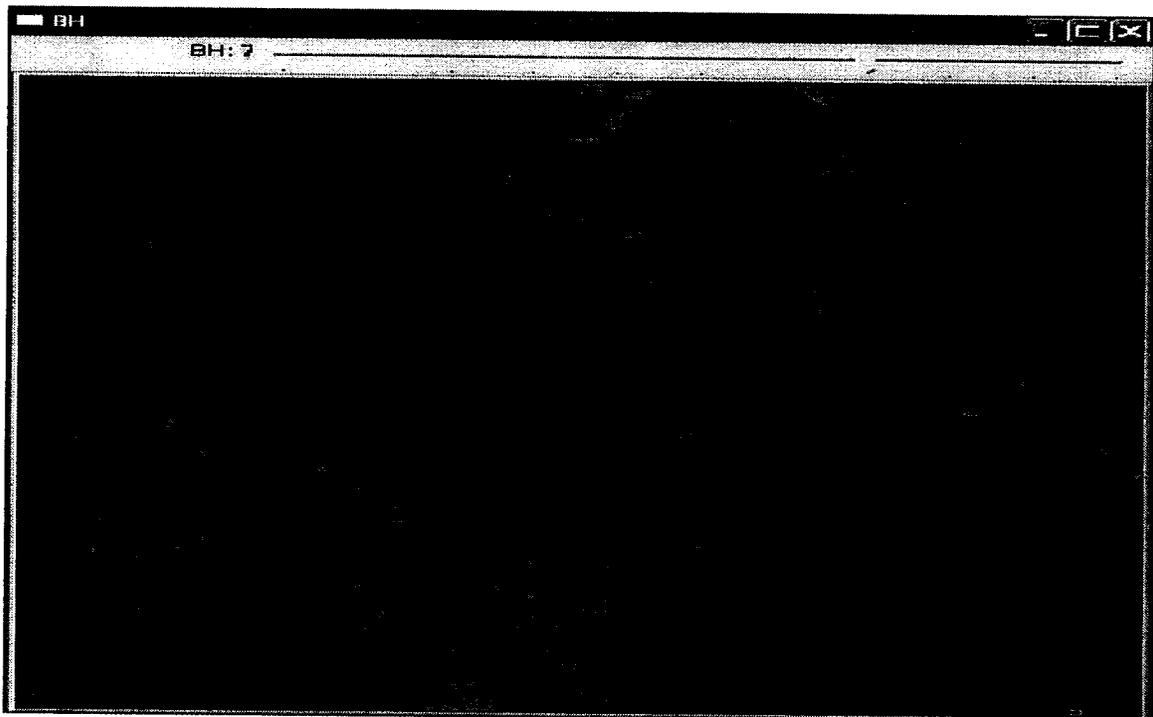


Figure IV.34: Paramètre de chapeau haut forme noir pour  $K=4$ .

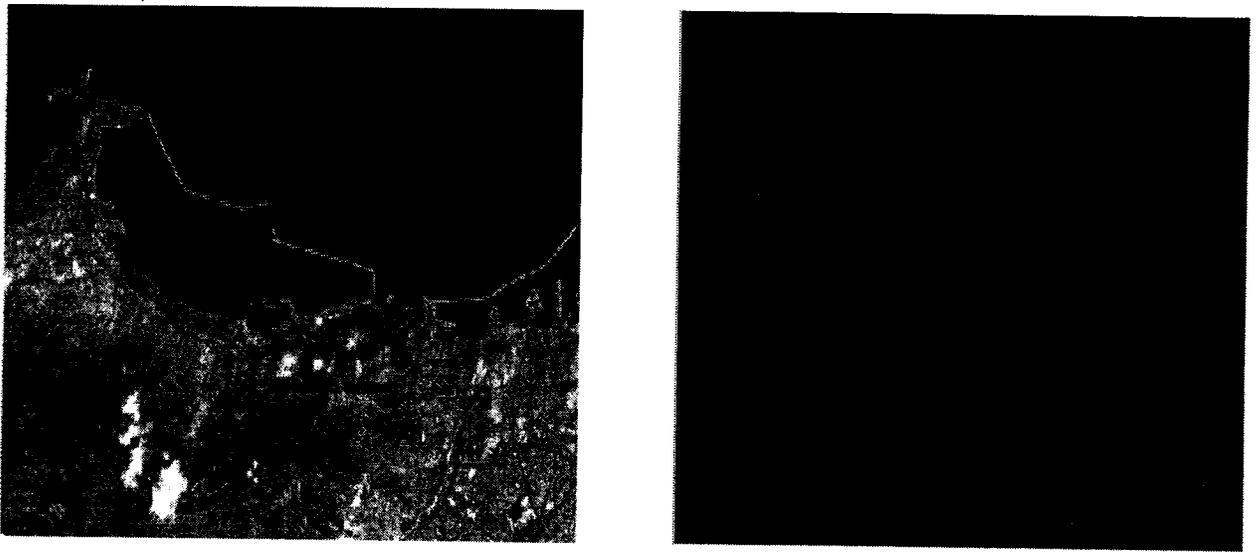


Figure IV.35: Paramètre de chapeau haut forme noir pour  $K=1$  pour la région d'Oran par le satellite Aster.

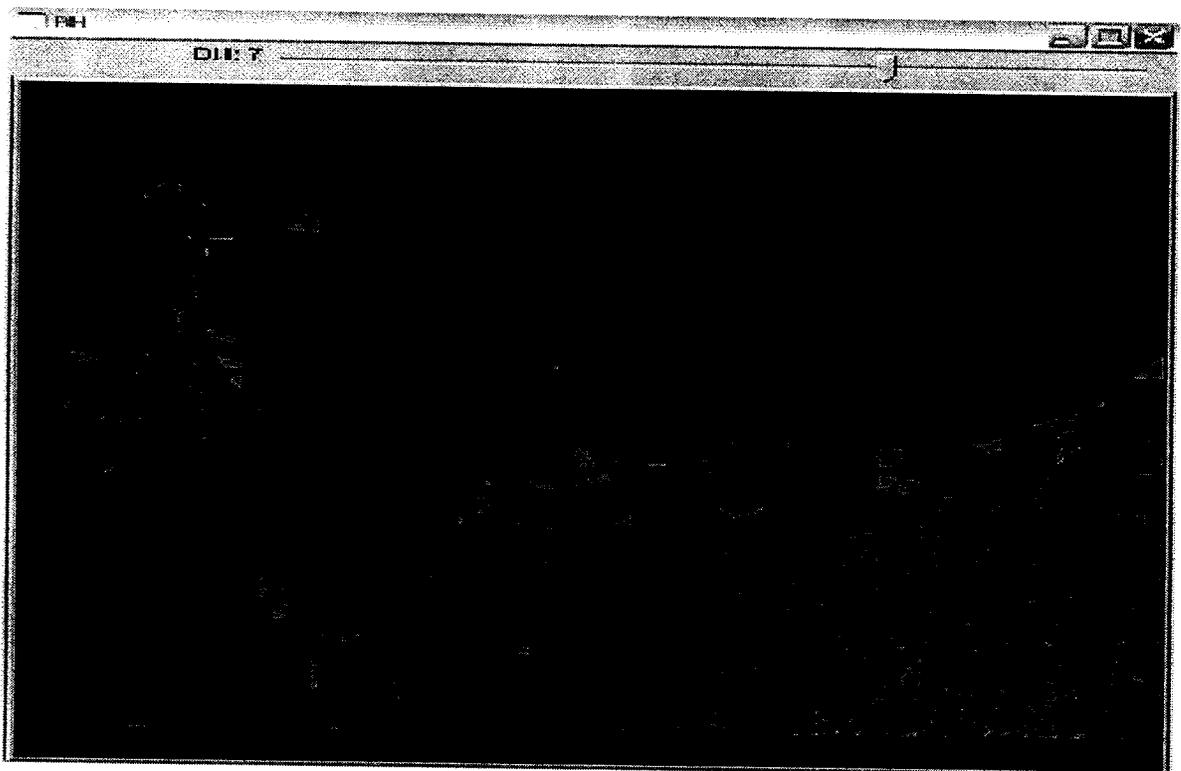


Figure IV.36: Paramètre de chapeau haut forme noir pour  $K=7$ .

On remarque que cette indice à savoir le chapeau haut forme noir donne des bords plus francs entre les classes pour les images à très hautes résolutions (figure IV.32) par rapport aux images des figures IV.33, IV.34, IV.35 et IV.36

## IV.5. Conclusion

A partir de la morphologie mathématique des nouveaux paramètres de texture ont été extraits sur les images Alsat, Aster et Ikonos à savoir l'érosion, la dilatation, l'ouverture, la fermeture et chapeau haut forme, ces indices de texture des images satellitaires de différentes résolutions spatiales présentent des informations riches et diverses utiles à intégrer dans un processus classificatoire pour améliorer la classification par exemple.

Nous avons pu remarquer que l'érosion permet donc de séparer les objets qui sont faiblement connectés et diminue uniformément la taille des objets alors que la dilatation permet de combiner des objets qui sont proches et élargit uniformément la taille des objets.

Pour le paramètre Chapeau Haut de forme blanc et noir sont des filtres adaptés pour l'extraction d'objets linéaires, d'une certaine épaisseur, qu'ils soient sombres ou clairs. Ces filtres donnent de bons résultats sur les images satellitaires à très hautes résolutions.

*CONCLUSION GENERALE*



## CONCLUSION GENERALE && PERSPECTIVES

Avec l'intérêt grandissant des traitements d'images de télédétection, nous avons opté de travailler sur une image satellitaires en intégrant la donnée texturale dans le cadre de notre projet de fin d'études.

Pour la réussite d'une bonne interprétation des images, nous avons exposé les notions de base de la télédétection de façon générale.

L'analyse des images englobe une multitude de domaines; ici nous avons abordé l'analyse de textures. C'est un problème difficile, dû essentiellement au fait qu'il n'existe pas de définition précise et rigoureuse permettant de caractériser complètement la notion de Texture.

La texture est un attribut très important pour l'aspect visuel des entités sémantiques dans une grande variété d'images. Nous avons intérêt donc à extraire de l'information qui permet de caractériser la texture mais le domaine de l'étude de la texture est encore loin d'être bien exploré. En effet toutes les méthodes de synthèse de texture considèrent la texture comme un vecteur de paramètres statistiques. [35]

Nous nous sommes intéressés à la morphologie mathématique où cette dernière couvre aujourd'hui un éventail de champs d'application assez large (la classification, segmentation....etc), l'analyse d'une image par la morphologie mathématique consiste à appliquer sur cette image un ou plusieurs opérateurs morphologiques (érosion, dilatation, ouverture et fermeture).[31]

La maîtrise de l'image réside dans la compréhension plus approfondie de sa texture, donc dans sa définition plus complète et cohérente. Nous espérons pour notre part contribuer à cette définition.

Nous avons extrait différents indices de texture sur différents images de différents résolutions spatiales, à savoir l'érosion, dilatation, ouverture, fermeture et chapeau haut forme, les résultats obtenus montrent l'importance de l'information texturale puisqu'elles apportent des informations riches et supplémentaires, nous avons pu constater que les filtres Chapeaux Haut de forme blanc et noir privilégient l'extraction d'objets linéaires, ces filtres donnent de bons résultats sur les images satellitaires à très hautes résolutions.

Le travail présenté dans ce mémoire peut avoir un impact sur la suite des travaux de recherche à entreprendre dans l'avenir, qui méritent d'être consolidés en prospectant d'autres horizons, on peut citer notamment :

- L'intégration de la donnée texture à savoir la morphologie mathématique dans un processus classificatoire, ou d'un processus de segmentation, etc.
- Application de la morphologie mathématique sur les images radar.

*BIBLIOGRAPHIE*



# BIBLIOGRAPHIE

- [1] : **Ramsi**, segmentation des images satellitaires, thèse de doctorat, Alger 2009
- [2] : **Denri Mohamed**, segmentation d'image couleur, Mémoire pour les magisters, université des sciences et de la technologie « houari Boumediene », Alger 2010
- [3] : **Kouider Tadjerouni**, « cour de télédétection », centre national des technique Spatiales, option petites échelles, 2001/2002.
- [4] : **Abdelaziz Ammadi & Beslam Mohamed**, « détection automatique de phénomènes présents dans une image satellitaire en composition colorée », faculté des sciences rabat université Mohamed 5-master en informatique télécom imagerie, 2008.
- [5] : **Gilles Burel**, « Introduction au traitement d'image », 2001.
- [6] : **Antoine Manzanera**, Teri : traitement et reconnaissance d'image, cours master 2IAD, université pierre et marie curie, paris2004.
- [7] : **Michot Juliers**, les formats de compression d'image, institut universitaire de technologie de tours, paris2004.
- [8] : **Kazi tani Adila**, analyse d'image par la morphologie mathématique : application a l'hématologie cellulaire, mémoire pour magistère en informatique, université de Tlemcen, juillet 2010.
- [9] : **Yves Assou**, cours traitement d'image en microscopie, cours master, grand motte 2006.

- [10]: **Abdelkader Misouni & Kouider Tadjerouni**, « Sig et imagerie Alsat pour la cartographie du risque d'incendie de foret », Alger2005.
- [11]: **M.Ettarid & F. Degaichia**, cours sur potentiel cartographique de l'imagerie Ikonos géo, Algérie 2000.
- [12]: **Girard Michel –Claude & Girard Collette**, « traitement de données de télédétection »,1999.
- [13]: **Ninomiya .Y**,« Lithologic Mapping with Multispectral ASTER TIR and SWIR Data, Sensor, Systems, and Next generation Satellites, 2004.
- [14]: **Seriari Meriem & Amara Fatima Zahra**, la classification texturale des images satellitaire, mémoire d'ingénieur d'état, université de Tlemcen ,2009.
- [15]: **Paul Poudiogo**, « cours sur texture: un état de l'art » ,2004.
- [16]: **Ludovic Paulhac**, Outil et méthode d'analyse d'image 3D textures : application a la segmentation des images échographiques, thèse de doctorat, université François rebellais, France 2009.
- [17]: **Christophe Corroyer**, «Apports des corrélations d'ordre élève a l'analyse de texture non gaussiennes », thèse de doctorat, université Cergy –panloise, France1996.
- [18]: **Alexandre Barre & Lilian dollet**, « Analyse de texture par fourier04 », 2004.
- [19]: **Alain Boucher-IFI**, Vision par ordinateur : texture ,2008.
- [20]: **Aymen el Ghoul**, Dépendance de la résolution de model des paquets d'ondelettes adaptatifs pour la classification des images de télédétection ,projet de fin d'étude, université 7 novembre a cartahage,Tunis2003.
- [21]: **Mustapha HAKdaoui**, Traitement d'image de télédétection en cartographie thématique, apport de l'analyse textural par l'approche statique, thèse de doctorat, université Hassan II –Mohammedia, Maroc1991.
- [22]: **Majdoulayne Hanifi**, Extraction de caractéristique de texture pour la classification d'image satellites, thèse de doctorat, université Mohamed V, Maroc2009.

- [23] : **Guillaume Rellier**, Analyse de textures dans l'espace hyper spectral par des méthodes probabilistes, thèse de doctorat, université de Nice Sophia Antipolis, France2002.
- [24] : **Oukil Assia**, Analyse variographique : modélisation et synthèse de textures appliquées aux images numériques, thèse de doctorat, université des sciences et de la technologie « houari Boumediene », Algerie2007.
- [25] : **Isabelle Bloch**, cours sur la Morphologie mathématique.2000.
- [26] : **Luc Brun**, Morphologie Mathématique : ensembles et images, 2004.
- [27] : **Luc Brun**, Morphologie Mathématique : érosions et dilations, 2004.
- [28] : **Nicolas Janey**, cours sur Le traitement d'images, Un programme Open GL pour les opérations élémentaires de morphologie mathématique, UFR Sciences et Techniques Université de Besançon.2009.
- [29] : **Benoît Naegel**, Introduction à la morphologie mathématique, Ecole des Mines de Nancy, 2007.
- [30] : **Eric FOTSING**, Contribution de la Morphologie Mathématique à la Cartographie de l'Occupation du Sol à partir d'Images SPOT (Région de l'Extrême - Nord Cameroun), rapport de stage doctorale en télédétection, 4 Place de la Sorbonne Paris – France1999.
- [31] : **Timothée KOMBE& René-Joly ASSAKO**, Morphologie mathématique appliquée aux images RSO pour la différenciation des tissus urbains : cas de la ville de douala (Cameroun), Université de Douala, cameroun2006.
- [32] : **Sébastien Mavromatis & Olivier Coulons**, Analyse d'images : Morphologie mathématique, Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes.2009.
- [33] : **Lehamel Malha**, Segmentation d'image texturée à partir de l'attribut fractal, mémoire de magistère, université mouloud Mammeri, algeire2009.
- [34] : **Timothée Royer**, « C++ Coding Guide, guide de développement logiciel C++ »,1997.
- [35] : **Valéry Risson**, Application de la Morphologie Mathématique l'Analyse des Conditions d'Éclairage des Images Couleur, thèse de doctorat, l'école des mines, Paris2001.

## **RESUME**

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre général des données de la télédétection. Nous avons plus particulièrement exploité les images satellitaires pour la mise en application de ces différents traitements. Nous nous sommes intéressés aux caractéristiques texturales, Il existe plusieurs approches à l'analyse de texture. Nous avons travaillé sur la morphologie mathématiques afin d'extraire ces différents attributs caractéristiques. Cette dernière s'intéresse à la forme des objets, le principe de base de cette méthode consiste à comparer les objets que l'on veut analyser à un autre objet de forme connue appelé élément structurant, celui-ci parcourt l'image d'entrée en jouant le rôle des filtres spatiaux. Nous avons extrait différents indices de texture, les résultats obtenus montrent l'importance de l'information texturale puisqu'elles apportent des informations riches, nous avons pu constater que les filtres Chapeaux Haut de forme blanc et noir privilégient l'extraction d'objets linéaires, ces filtres donnent de bons résultats sur les images satellitaires à très hautes résolutions.

**Mot clefs :** image satellitaire, analyse de texture, morphologie mathématique, élément structurant.

## **SUMMARY**

This thesis is part of general remote sensing data. Specifically, we used satellite images for the implementation of these treatments. We were interested to textural characteristics, there are several approaches to texture analysis. We worked on mathematical morphology to extract these characteristic attributes. The latter focuses on the shape of objects, the basic principle of this method is to compare the objects you want to analyze another object of known shape called structuring element, it goes through the input image to act as spatial filters. We extracted different indices of texture, the results show the importance of textural information as they provide rich information, we found that the filters Top hat white privilege and black linear object extraction these filters work well on satellite imagery at very high resolutions.

**Keywords:** satellite image texture analysis, mathematical morphology, structuring element.

