

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

THESE DE MAGISTER

EN ELECTRONIQUE APPLIQUEE

OPTION: TELECOMMUNICATION

Présentée par :

ROUGAB Abderrazak

INGENIEUR D'ETAT EN ELECTRONIQUE

Thème

**MISE AU POINT D'UN LOGICIEL CONVERSATIONNEL
DE TRAITEMENT D'IMAGES SATELLITAIRES,
ORIENTE VERS LES APPLICATIONS URBAINES
ET TOURNANT SUR MICRO-ORDINATEUR**

Soutenue le : 04 02 1996 devant le Jury d'examen composé de :

Mr A. Farah	Maître de Conférences (E.N.P)	Président
Mr A. Abdellaoui	Maître de Conférences (U.S.T.H.B)	Rapporteur
Mr A. Hadjiedj	Maître de Conférences (U.S.T.H.B)	Examinateur
Mr A. Zerguerras	Maître de Conférences (E.N.P)	Examinateur
Mme M. Beddek	Chargée de Cours (E.N.P)	Examinatrice
Mme A. Belhadj Aissa	Chargée de Cours (U.S.T.H.B)	Invitée

Sommaire

الدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

	Introduction	01
CHAPITRE 1	Généralités sur la télédétection	
1-1	La télédétection	08
1-2	Rayonnement électromagnétique	09
1-3	Interaction des ondes électromagnétiques avec l'atmosphère	09
1-3-1	L'atmosphère	09
1-3-2	Effet de l'atmosphère sur les ondes électromagnétiques	09
1-4	Les fenêtres atmosphériques	11
1-5	Reflectance spectrale et type des sols	13
1-5-1	Les signatures spectrales	13
1-5-2	Caractéristiques spectrales des surfaces minérales	14
1-5-3	Caractéristiques spectrales des sols	16
1-5-4	Caractéristiques spectrales de la végétation et indices de biomasses	18
1-5-4-1	Caractéristiques spectrales	18
1-5-4-2	Les indices de biomasses	19
1-6	Les capteurs utilisés en télédétection	20
CHAPITRE 2	Caractérisation du bâti	
2-1	Analyse des caractéristiques spectrales du bâti	23
2-1-1	Localisation du milieu urbain sur image	23
2-1-2	Analyse préliminaire	23
2-1-3	Localisation du bâti	31
2-1-4	Les caractéristiques radiométriques des thèmes composant l'image	31
2-1-5	La réponse spectrale de l'urbain	35
2-1	Analyse de l'hétérogénéité du pixel	39
2-2-1	L'hétérogénéité du pixel	39
2-2-2	Perception du bâti	41
2-3	indice du bâti	44

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

CHAPITRE 3	Traitement d'images	
3-1	Rehaussement d'images	47
3-1-1	Introduction	47
3-1-2	Amélioration du contraste	47
3-1-2-1	Elargissement linéaire de contraste	48
3-1-2-2	Elargissement non linéaire de contraste	49
3-1-3	Techniques de coloriage	49
3-1-4	Filtrage numérique	50
3-1-4-1	Lissage	50
3-1-4-2	Détection de contour	52
3-1-5	Histogramme du compte numérique	55
3-2	Segmentation d'images	56
3-2-1	Introduction	56
3-2-2	Méthodes de segmentation d'images de télédétection	57
3-2-2-1	Méthodes de détection des entités	57
3-2-2-2	Les méthodes de segmentation hybrides	59
3-2-2-3	La méthode de segmentation proposée	59
3-3	Classification d'images	69
3-3-1	Introduction	69
3-3-2	L'algorithme de classification basé sur les réponses spectrales	69
3-3-3	L'algorithme de classification basé sur l'histogramme	72
3-3-4	L'algorithme de classification basé sur le scattergramme	72
3-4	La morphologie mathématique	74
3-4-1	Les transformations de base de la morphologie mathématique	76
3-4-1-1	L'érosion	76
3-4-1-2	La dilatation	77
3-4-1-3	Ouverture et fermeture	78
CHAPITRE 4	Logiciel développé	
4-1	Présentation du logiciel développé	85
4-2	Applications	90
	 Conclusion	

Glossaire

HRV: Haute resolution visible

Landsat: Land. Satellite

MSS: Multi spectral Scanner

Multibande: multispectral: se dit d'un capteur opérants dans plus d'une bande spectrale à la fois.

Radiance: Luminance: Intensité émise ou réfléctive par unité de surface apparente selon la direction donnée par une surface non ponctuelle de superficie dA rayonnent à travers un angle solide w .

Reflectance: Rapport du flux réfléchi par un milieu matériel au flux incident.

TM : Thematic Mapper

Spot: Satellite pour l'observation de la terre

Introduction:

La croissance urbaine dans les pays en développement est l'un des problèmes les plus préoccupant de cette fin de siècle. La gestion de cette croissance, son contrôle et sa prévision constituent une priorité et requiert une méthodologie largement basée sur la modélisation [Newling 1966 Berry et Norton 1970]. Elle nécessite la disponibilité de données à la fois variées et spécifiques (données physiques, démographiques, sociologiques, économiques).

En Algérie, les villes algériennes ont connu une extension accélérée souvent à peine ou pas du tout contrôlée. Dans de nombreuses régions, certaines agglomérations sont apparues à partir d'anciennes coopératives agricoles, des fermes, de station de mise en valeur ou de bourg.

Cette extension, particulièrement perceptible au cours des ces deux dernières décennies a pour origine de nombreux facteurs dont:

- Un taux de croissance démographique élevé, à titre d'exemple nous enregistrons pour Blida:

un taux de 26% pour 1948-1954; soit un taux annuel de 4.3%

un taux de 99.8% pour 1954-1966; soit un taux annuel de 8.3%

un taux de 65% pour 1966-1977, soit un taux annuel de 5.9%

un taux de 17% pour 1977-1987, soit un taux annuel de 1.7%.

- Une sédentarisation poussée due, en particulier, à la concentration des moyens de production et des centres de décision dans les grands pôles urbains.

- L'inefficacité de l'environnement juridique et des moyens de contrôle en matière de construction et d'urbanisme, ce qui a eu pour

conséquence une extension du tissu urbain parfois anarchique et souvent non conforme aux plans d'aménagement et de développement urbain.

La gestion de l'extension urbaine est au centre de la problématique de nombreux phénomènes (croissance démographique, préservation du patrimoine foncier agricole,...).

Dans certaines régions de notre pays les terres agricoles font l'objet de convoitises pour le développement des tissus urbains, les plaines de la Mitidja, très fertiles et jouissant d'un régime pluviométrique favorable, ont subi, depuis ces dernières années, un envahissement du bâti à usages variés (habitations collectives ou individuelles, complexes industriels, infrastructures routières, complexes de service public, tels les complexes universitaire BAB ez zouar).

Le développement et l'extension des villes se sont faits dans la plupart des cas avec les trois caractéristiques principales suivantes:

- Extension accélérée en un temps très court (des années 70 à la fin des années 80).

Extension incontrôlée, voire anarchique malgré les plans et schémas de développement et d'aménagement.

Extension subissant le "fait accompli", construction illicites, apparitions spontanées de quartiers.

Les méthodes de gestion de l'espace actuellement employées sont des méthodes traditionnelles d'inventaire, lentes et coûteuses, l'une des principales difficultés réside dans le fait que la situation étudiée change souvent à un rythme plus rapide que celui auquel nous recevons les informations permettant de la décrire.

La structure et l'implantation urbaines posent des problèmes spécifiques pour la délimitation du bâti à partir d'images satellitaires même à haute résolution.

Les applications urbaines et périurbaines de la télédétection sont relativement récentes, les satellites de la première génération possédaient une faible résolution spatiale et ne pouvaient répondre aux besoins des spécialistes du milieu urbain [L. Charbonneau 1991].

La venue du satellite Spot, caractérisée par sa fine résolution spatiale semble offrir des possibilités intéressantes pour la révision des données cartographiques et plus particulièrement pour la détection des classes d'occupation du sol.

Les performances des classifications se sont accrues de 20 % avec les données TM par rapport aux données MSS dans le domaine urbain. En suivant la même logique, la résolution spatiale de Spot devrait donc augmenter la précision des classifications en comparaison avec les capteurs MSS et TM.

En général, on constate qu'un objet n'est plus représenté par un pixel mais plutôt par un ensemble de pixels et ceux-ci n'ont pas nécessairement la même valeur de réflectance. Les méthodes conventionnelles de classification automatique s'avèrent moins efficaces avec ce type de données [A. Coulombe 1989]. [Cushie 1987] a démontré qu'un gain en résolution n'améliore pas l'exactitude de la classification dans une zone résidentielle. Une résolution de l'ordre de 5 à 10 m introduit plus de bruits (très haute variabilité interne) qu'une résolution de 20 m. [Buchau et 1986], la distinction entre le thème urbain et le thème rural demeure confuse dans une

classification supervisée. Les résultats obtenus par [Y Baudot 1988] ont aussi montrés que la résolution spatiale des satellites n'est pas bien adapter à la complexité du milieu urbain, et l'occupation des sols ne correspond pas à une signature spectrale spécifique, il propose pour cela de prendre en considération les éléments morphologiques et topologiques. L'information spectrale est insuffisante face à l'amélioration de la résolution spatiale telle que spot [Laport 1983]. Les travaux de [Ducros-Gambart] et [Rakariyatham 1984], [Gastellu 1985], [Gordon] et [Philipson 1986], [Laport 1983] et [Galloway 1975] démontrent que l'ajout de l'information texturale augmente de façon significative la séparabilité des classes spectralement confondues. L'application d'une analyse de texture combinée avec une analyse spectrale pour la classification des images Spot se traduit généralement par une augmentation significative de l'exactitude de la classification, en particulier dans les milieux à texture variée, comme le péri-urbain ou littoral [Marceau 1989, Coulembé 1990] Mais [D Thubault et F Cavayas 1989] a opté à une segmentation primaire de l'image Spot panchromatique par l'utilisation de précisions géométriques de la cartographie au 1/50000. Les cartes à cette échelle peuvent être de grande utilité. L'intégration de l'analyse de texture à la classification automatique pour la détection des unités d'utilisation du sol en milieu urbain, essais méthodologiques proposé par [A Coulembé 1989], [Laporte J.M, Campagne, PH, 1984) ont prouvé que la connaissance de l'environnement d'un pixel (connaissance au sens d'appartenance à une classe) améliorerait le résultat d'une classification, de même l'ajout d'informations relatives aux éléments structuraux et texturaux de l'image.

Les combinaisons d'images ont aussi été utilisées comme moyen d'analyse urbaine en télédétection: [Collet] choisit entre la composition colorée de l'image TM et la combinaison de la haute résolution spectrale de l'image TM avec la haute résolution spatiale de l'image Spot panchromatique, et [R. Boriou 1989] a mis au point un indice adapté aux villes à partir de la combinaison linéaire suivante des trois canaux.

Indice urbain: $0,645 \text{ XS1} - 0,645 \text{ XS2} + 0,409 \text{ XS3}$.

La plupart des logiciels ont été conçus à partir d'une analyse des images basée sur l'étude des propriétés spectrales des pixels individuels, ce qui était bien adapté dans le cas de LANDSAT-MSS et a donné d'excellents résultats pour l'évaluation des surfaces agricoles de grandes dimensions. Mais cette approche spectrale fonctionne beaucoup moins bien dans le cas du Thematic Mapper et encore moins pour Spot. En effet le passage à des résolutions plus fines de 20 et 10 mètres sur Spot permet à plusieurs éléments de l'image d'être concentrés sur un seul élément du paysage. Une méthode de classification spectrale de données Spot appliquée, par exemple à un quartier résidentiel ne donnera donc pas une classe, comme le ferait MSS, mais plusieurs classes et un grand nombre de pixels mixtes mal classés. Aussi est-il clair que les méthodes basées sur les seules propriétés spectrales des pixels ne sont plus vraiment adaptées aux capteurs de la dernière génération [Ferdinand, B.1991]. Pour répondre à ce besoin une grande variété d'approches sont explorées par les chercheurs en télédétection et en traitement d'images, parmi les méthodes récentes qui sont toujours en développement: l'analyse de texture, la morphologie mathématique et l'analyse fractale.

Cette thèse sera subdivisée en trois parties

Une première partie sera consacrée à l'étude de la caractérisation spectrale du bâti, et l'apport de l'hétérogénéité du pixel sur la forme de la courbe spectrale du bâti

La seconde partie aborde les tendances récentes d'analyse d'images en télédétection; un algorithme de segmentation texturale d'image est développé et le principe de la morphologie mathématique est exposé.

Le logiciel et les résultats de son application sur images satellitaires Spot fera l'objet de la troisième partie.

1-1) La télédétection :

La télédétection se définit comme l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et d'images obtenues depuis une plate-forme aéroportée, spatiale, terrestre ou maritime. Comme son nom l'indique, elle suppose l'acquisition d'information à distance, sans contact direct avec l'objet observé. Sa définition officielle est " l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci " [COMITAS,1988].

La télédétection moderne est née de la photographie aérienne, dont la vue générale et verticale a modelé toutes nos habitudes d'inventaire, de cartographie et de surveillance de l'environnement et des ressources depuis plus d'un demi-siècle. Elle intègre les développements les plus récents de la recherche spatiale, de la physique et de l'informatique pour constituer aujourd'hui un outil des plus puissants et des plus flexibles pour la gestion du milieu, la planification et le développement économique. Comme elle fait appel à des techniques en évolution rapide dans un monde en perpétuel changement, ses possibilités d'applications sont en croissance constante et on découvre de plus en plus des domaines où elle peut avantageusement remplacer des méthodes traditionnelles longues, coûteuses et fastidieuses. La télédétection est un ensemble de techniques mises en oeuvre, qui utilisent les propriétés des ondes électromagnétiques émises, réfléchies ou diffractées par les différents objets.

Il existe trois types d'informations e télédétection:

- Spectral : C'est le relevé de mesure effectuée par le scanner multispectral du satellite.
- Spatial : Représenté par les différentes composantes d'une image.
- Syntactique : information supplémentaire fournie par l'utilisateur ; par exemple date.

1-2) Rayonnement électromagnétique :

Selon Maxwell, la radiation électromagnétique est une forme dynamique de l'énergie qui ne se manifeste que par son interaction avec la matière. Cette définition très large n'impose aucune limitation quand aux fréquences, longueurs d'onde ou amplitudes par lesquelles cette énergie peut se manifester. la radiation électromagnétique se comporte comme un champ de forces dont les variations affectent les propriétés électriques de la matière.

1-3) Interaction des ondes électromagnétiques avec l'atmosphère :

1-3-1) L'atmosphère :

L'atmosphère qui enveloppe la terre par ses différentes couches, joue un rôle très important, tant par ses constituants fixes (azote, oxygène...), que variables (vapeur d'eau, cristaux de glace, poussières...), lors de l'échange radiatif sol-atmosphère.

Les couches atmosphériques sont formées de :

1) Constituants fixes tels que l'Azote, Oxygène, Argon et de constituants gazeux variables tels que la vapeur d'eau, gaz carbonique, ozone, etc...

2) D'aérosols :

ce sont des particules qui sont très souvent présentes dans l'atmosphère, leur origine est diversifiées : sable, parasites, feux de forêts, industries, etc....

3) Les nuages : ce sont de fines particules d'eau, de glaces en suspension dans l'atmosphère.

1-3-2) Effet de l'atmosphère sur les ondes électromagnétiques :

Lors de la traversée des couches atmosphériques, les ondes électromagnétiques interfèrent avec le champs électrique liés aux particules, aux molécules, aux atomes ou aux électrons libres présents. En général, il s'ensuivra par diffusion et par absorption une diminution de l'intensité de l'onde transmise.

La diffusion et l'absorption sont les principaux effets qui interviennent lors de l'interaction rayonnement atmosphère

a) L'absorption :

La transition d'un état à un autre état d'énergie, se fait par absorption ou émission d'un photon dont l'énergie est égale à la différence des énergies des deux états. Pour que l'absorption ou l'émission ait lieu, il faut qu'il y ait interaction du champ électromagnétique de l'onde, avec la matière qui doit avoir un moment électrique ou magnétique. Suivant les caractéristiques des niveaux d'énergies, les transitions sont plus ou moins probables. Ainsi, pour chaque type de molécule on a une série de raies d'absorption.

Dans l'atmosphère les principaux absorbants sont la vapeur d'eau, l'ozone et le mélange uniforme de gaz (CO_2 , O_2 , CH_4 , etc...). Chaque composant atmosphérique absorbe le rayonnement solaire dans la bande spectrale qui lui est propre.

b) La diffusion :

Lorsqu'une onde électromagnétique interagit avec une particule, une partie de son énergie est diffusée dans toutes les directions de l'espace.

La diffusion est due à l'absorption des photons par les atomes ou molécules et à la réémission par ces atomes ou molécules d'un rayonnement électromagnétique de même fréquence que le rayonnement incident. (collision inélastique)

Selon la dimension des molécules de gaz ou des particules considérés, le mécanisme de diffusion varie. les physiciens de l'atmosphère ont pris l'habitude de parler de trois types de diffusion : La diffusion de Rayleigh due aux molécules dont la dimension est petite vis à vis de la longueur d'onde, la diffusion de Mie due aux particules de dimensions voisines de la longueur d'onde et la diffusion non sélective due aux particules de grande taille par rapport à la longueur d'onde.

Tous ces phénomènes de diffusion dépendent du rapport de la longueur d'onde au diamètre des particules.

Diffusion de Rayleigh:

$$\frac{\pi \cdot d}{\lambda} < \frac{0.6}{n}$$

Diffusion est en général réflexion:

$$\frac{\pi \cdot d}{\lambda} > 5$$

Diffusion de Mie:

$$\frac{0.6}{n} < \frac{\pi \cdot d}{\lambda} < 5$$

avec

λ : la longueur d'onde du rayonnement

d : diamètre de la particule

n : indice de refraction

1-4) Les fenêtres atmosphériques :

L'atmosphère est opaque au rayonnement électromagnétique qui s'étend des courtes longueurs d'ondes correspondant aux rayons γ , X et U.V jusqu'à environ 0,35 micromètre l'atmosphère présente plusieurs zones spectrales de transmission avant de redevenir opaque de 14 micromètre à 1 millimètres. Enfin, la transmission croît pour des longueurs d'onde du millimètre à 8 centimètres pour devenir proche de 1 pour les hyperfréquences. On a pris l'habitude d'appeler fenêtre atmosphériques ces zones de spectre où l'atmosphère est transparente au rayonnement, par analogie avec une fenêtre qui laisse passer la lumière dans un mur opaque.

Les fenêtres qui présentent un intérêt en télédétection sont résumées par le

Tableau(1-1).

Fenêtres	de	a
• Ultraviolet et visible	0.35	0.75 micro m
• Proche infrarouge	0.77	0.91 micro.m
	1.0	1.12 micro m
	1.19	1.34 micro m
• Infrarouge moyen	1.55	1.75 micro m
	2.05	2.4 micro m
• Infrarouge thermique	3.35	4.16 micro m
	4.5	5.0 micro m
	8.0	9.2 micro m
	10.2	12.4 micro m
	17.0	22.0 micro m
• Hyprfréquences	2.06	2.22 mm
	3.0	3.75 mm
	7.5	11.5 mm
	20.0 mm	• et au delà

Tableau (1,1) Principales fenêtres atmosphériques

1-5 Reflectance spectrale et type des sols

1-5-1 Les signatures spectrales

En télédétection, on caractérise les surfaces observées par sept signatures différentes [Royer 1991] ;

- la signature par mesure de l'intensité du signal émis ou réfléchi ;

- la signature spectrale proprement dite, associée à la couleur au sens large ;

- la signature spatiale, exprimant la forme des objets et leur arrangement ;

- la signature angulaire, associée à l'anisotropie de la surface et de l'atmosphère

- la signature temporelle, associée aux modifications de la surface comme la croissance de la végétation ;

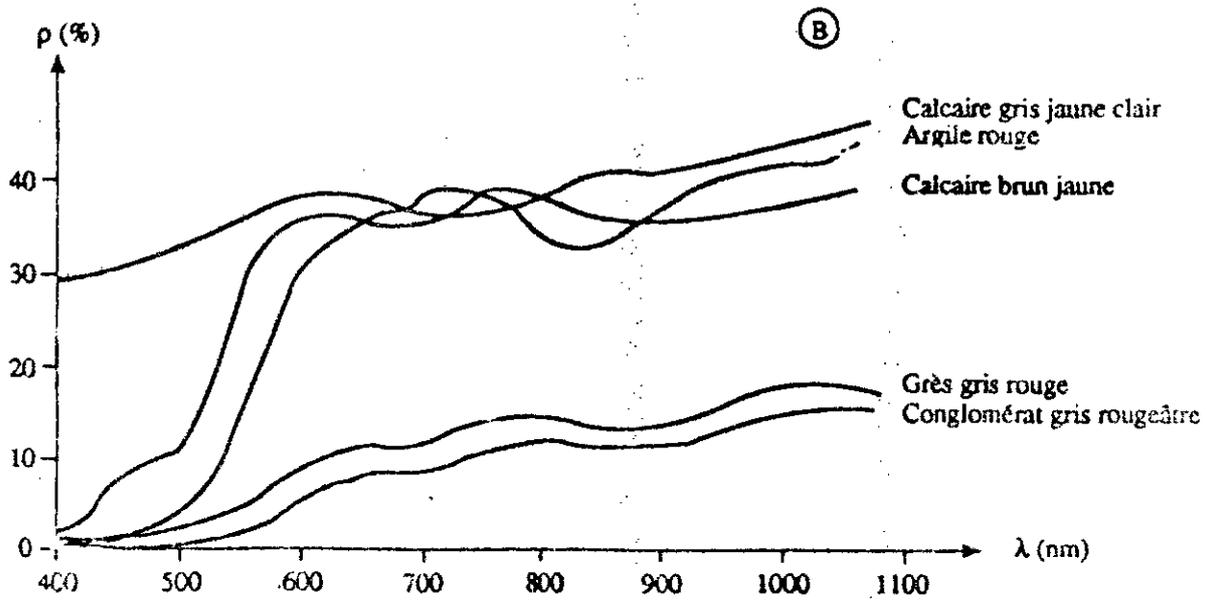
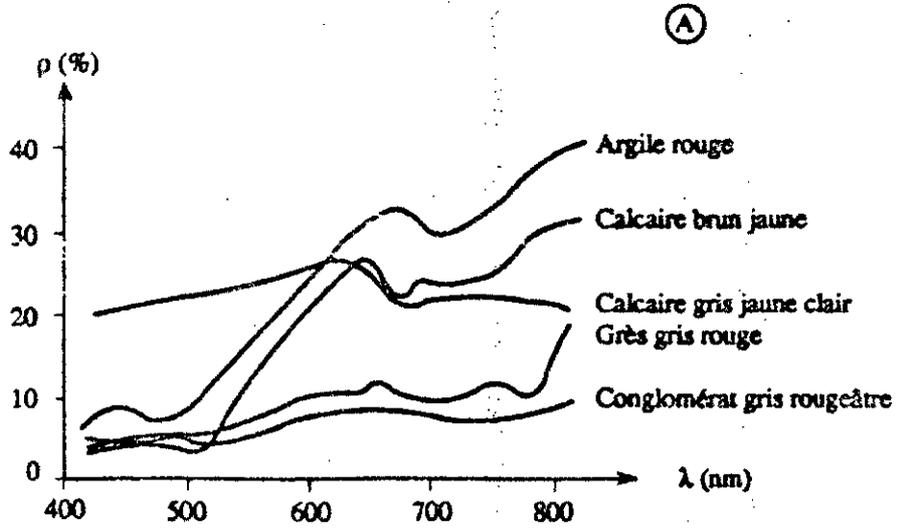
- la signature par la polarisation du signal, appliquée surtout dans le domaine du radar ;

- la signature par la mesure de la phase du signal, utilisée aussi dans le domaine du radar ;

L'étude des signatures spectrales s'appuie sur celle des termes du bilan d'énergie à la surface, la plupart des observations faites dans le visible et le proche infrarouge utilisent le phénomène de la réflexion du rayonnement solaire par la surface. Plusieurs éléments du milieu physique influencent la réflexion du rayonnement solaire par la surface. Ils sont associés à la couleur des objets au sens le plus large, à la géométrie de la surface et à l'activité biologique quand il s'agit d'une surface végétale. Les surfaces rencontrées en télédétection peuvent être regroupées en trois ensembles principaux : les surfaces minérales, comme les roches et les sols, les surface végétales et les surfaces aquatiques [Ferdinand. Bonn, 1991].

1-5-2 Caractéristiques spectrales des surfaces minérales

Les surfaces minérales comme les roches, qui sont des mélanges de minéraux, ont un comportement spectral qui dépend de leur composition physicochimique. Les phénomènes physiques qui influencent la forme des spectres de réflectance sont associés aux transitions électroniques et aux vibrations ioniques [Guyot 1989], la présence d'ions ferreux ou ferriques, d'eau et d'ions hydroxydes ainsi que la composition chimique des minéraux donnent des propriétés spectrales caractéristiques. Les éléments associés aux sols et aux roches présentent des différences marquées de réflectance dans le visible et le proche infrarouge. La réflectance des minéraux augmente dans toutes les bandes spectrales quand la granulométrie augmente [Ferdinand 1991] et la présence d'ions ferreux se traduit par des bandes d'absorption spécifiques entre 1.0 et 1.1 micro mètre, ainsi qu'entre 1.8 et 1.9 micro mètre. La figure (1-1) illustre les spectres de réflectance de quelques roches communes, en conditions naturelles et au laboratoire d'après [Holmoe 1970].



Figure(1-1) Reflectances spectrales de quelques roches communes

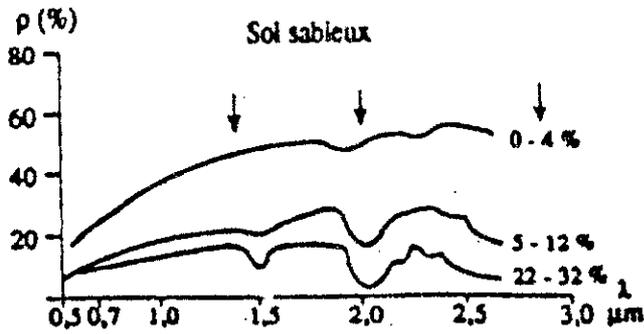
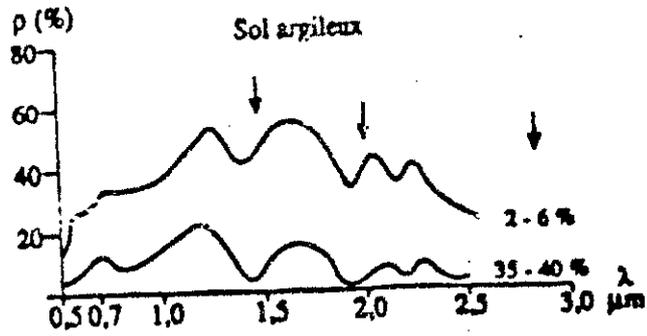
A : par avion sur le terrain , B au laboratoire [Holmoes 1970]

1-5-3 Caractéristiques spectrales des sols

Le sol est un milieu hétérogène complexe, il comprend une phase solide, incluant des éléments minéraux et organiques, une phase liquide et une phase gazeuse. La phase solide comprend des sables, des argiles et des limons, la phase organique comprend l'humus et la matière organique non décomposée. La fraction colloïdale du sol comprend les argiles et les humus, la phase aqueuse comprend l'eau hygroscopique, l'eau capillaire et l'eau de gravité, la phase gazeuse comprend l'air interstitiel et la vapeur d'eau.

Les méthodes d'identification des types des sols s'appuient sur les caractéristiques spectrales du rayonnement réfléchi par les sols. Il n'y a pas d'accord unanime entre les auteurs quand aux bandes spectrales les plus appropriées pour leur identification. Selon [Shockley et Al 1962], une mesure de réflectance à 1.4, 1.75, 1.94, 2.25, 4.0, 4.5 micromètres devrait permettre une identification de la plupart des types de sols avec une probabilité supérieure à 95%. Pour d'autres [Condit 1970], les longueurs d'onde les plus appropriées sont 0.45, 0.54, 0.64, 0.74, 0.86 micromètre.

Cependant, toute mesure de réflectance doit tenir compte de la texture, de la structure et de l'humidité du sol, la figure (1-2) présente la réflectance spectrale d'un sol sableux et d'un sol argileux en fonction de leur teneur en eau d'après [Girard et Girard 1975].



↓ Bandes d'absorption de l'eau
(1,45, 1,95 et 2,9 μm)

Figure(1-2) Reflectance spectrale d'un sol sableux et d'un sol argileux en fonction de et leur teneur en eau [Girard et Girard 1975]

La figure (1-3) présente également les bandes spectrales utilisées par les capteurs
1-5-4 Caractéristiques spectrales de la végétation et indices de biomasses
Landis et Spot

1-5-4-1 Caractéristiques spectrales :

1-5-4-2 Les indices de biomasse :

Le comportement spectral de la végétation diffère sensiblement de celui des sols et des roches, la végétation est un milieu complexe et change dans le temps, dont les propriétés spectrales varient avec la saison et les phases de croissance. Les études de la réponse spectrale de la végétation. On tire profit de la forte réflectance que présente des propriétés spectrales de la végétation ont été réalisées à différentes échelles, dont les principales sont celle de la feuille, celle de la plante et celle du couvert. Les réflectances dans le visible et dans l'infrarouge moyen et le four faible de leurs feuilles, l'effet de tiges pouvant être négligé dans la plupart des cas. La réflectance mesurée dans le domaine du proche infrarouge ou du proche moyen et la structure cellulaire et la teneur en eau [banbang sp 1989]. En résumé, La réponse spectrale des végétaux dépend de nombreux paramètres et notamment :

- $R(\lambda, vis)$: indice de végétation de type rapport de l'espèce et de la variété végétale
- ou
- de la teneur en eau
- $R(\lambda, vis)$: indice de végétation du type différentiel du stade évolutif
- $R(\lambda)$: réflectance dans le domaine de l'infrarouge du biotope [R. Caloz ; 1987]
- $R(vis)$: réflectance dans le domaine du visible

En général la caractéristique spectrale de la végétation verte est donnée par sa courbe de la figure (1-3). Cette courbe, exprimant le pourcentage de réflectance en fonction de la longueur d'onde est caractérisée par :

- 1) un premier pic dans le visible (précisément la bande verte (0.54 micro m))
- 2) de fortes réflectances dans le proche infrarouge et dans deux bandes séparées du domaine de l'infrarouge moyen.
- 3) Une faible réflectance dans le bleu et dans le rouge (absorption par chlorophylle) et aux environs de 1.4, 1.9 et 2.5 microm (bande d'absorption de l'eau par l'atmosphère).

En combinant ces deux principaux indices (de différence et de rapport), on en crée un troisième dénommé indice de différence normalisé : 1-6 Les capteurs utilisés en télédétection :

$$VI(ir, vis) = \frac{R(ir) - R(vis)}{R(ir) + R(vis)}$$

1-6 Les capteurs utilisés en télédétection:

Il y a environ une dizaine de satellites de télédétection encore en fonction qui gravitent autour de la terre. Ces satellites possèdent des caractéristiques propres et ont à leur bord différents types de capteurs. Selon le capteur utilisé, les images couvriront une superficie différente au sol. De plus, la résolution au sol du capteur détermine la précision de l'image, c'est-à-dire la superficie d'un pixel. Les capteurs comportent toujours trois éléments :

- un système optique, qui conditionne la limite de résolution spatiale, définit la géométrie, les caractéristiques optiques et l'angle de visée du système ;
- un système spectral, qui conditionne le domaine spectral de mesure, définit la ou les zones du spectre où les ondes reçues seront admises jusqu'au capteur ;
- un détecteur, qui commande à la fois la limite de résolution radiométrique et la limite de résolution spectrale, transforme le signal physique reçu en une forme de données qui deviennent analysables mathématiquement ou perceptibles à l'œil humain.

Nous nous intéressons dans cette étude plus particulièrement au satellite Spot (satellite probatoire pour l'observation de la terre).

Spot est un satellite à défilement, placé en orbite polaire à 832 km, balayant la totalité du globe terrestre en un cycle orbital (période de temps qui sépare deux passages au-dessus d'une même région). Il effectue des prises de vue de deux manières :

en vue verticale couverture au sol = 60 km.

en vue oblique : couverture au sol = 950 km.

Ainsi, si le satellite n'effectue que des visées verticales, le cycle orbital est de 26 jours. Cependant, la visée oblique permet d'augmenter la fréquence des observations et d'obtenir des vues stéréoscopiques. Il possède deux modes de détection :

- Le mode panchromatique avec une résolution au sol de 10x10 mètres.
- Le mode multispectral avec une résolution de 20x20 mètres

Le système Spot comprend, d'une part, le satellite contenant deux instruments de prise de vue HRV1 et HRV2 (Haute résolution visible) identiques mais gouvernés indépendamment, et d'autre part, leurs stations terrestres assurant la réception des images, ainsi que la surveillance du satellite.

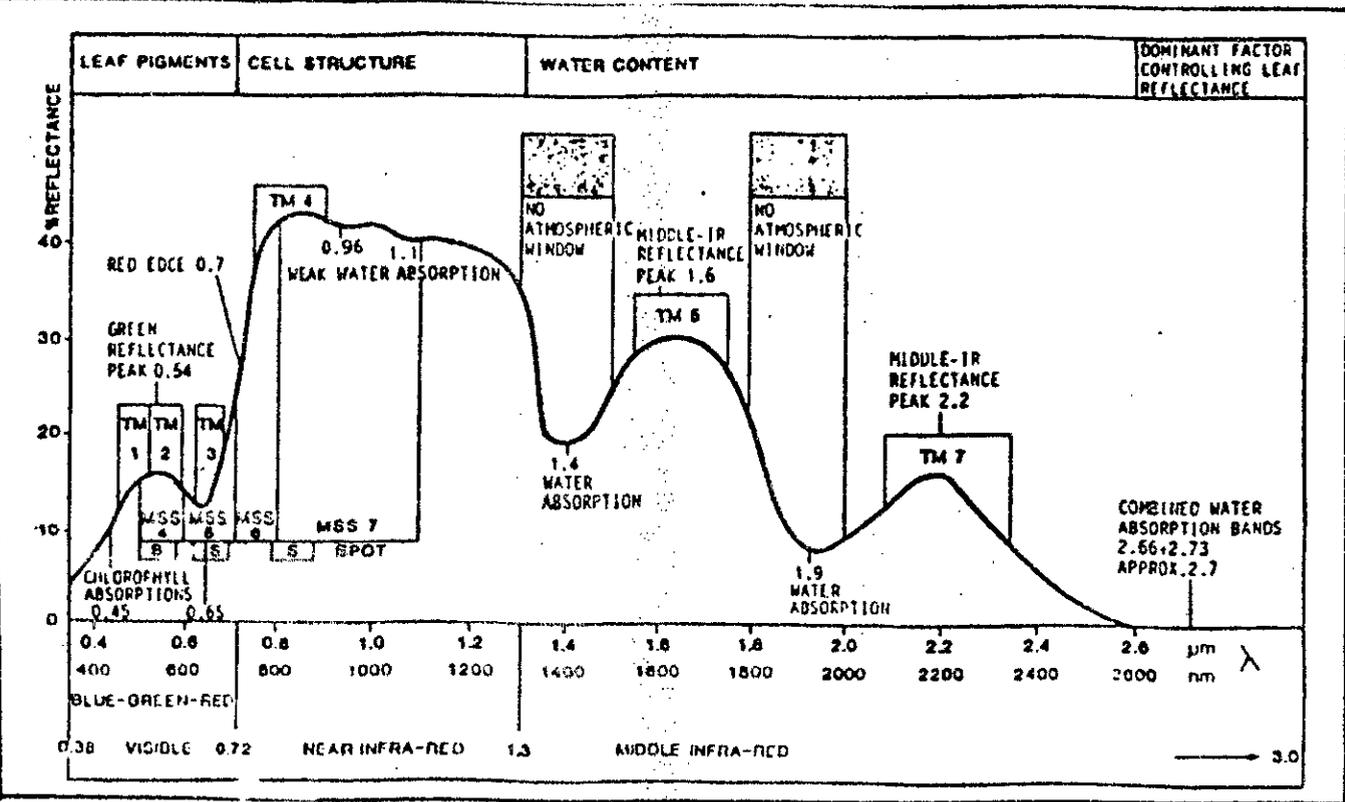
Ces deux capteurs effectuent des observations dans les bandes spectrales suivantes :

Modes multispectral :

- bande verte : 0,50 à 0,59 micro m
- bande rouge : 0,60 à 0,68 micro m
- proche IR : 0,79 à 0,89 micro m

Mode panchromatique :

Image en noir et blanc de 0,50 à 0,73 micromètres.



Sensor Ranges within the electromagnetic spectrum and spectral response curve of green vegetation (Lillesand and Kiefer, 1987)

Figure(1-3) Caractéristique spectrale de la vegetation

2) Caractérisation du bâti

2-1) Analyse des caractéristiques spectrales du bâti

2-1-1) Localisation du milieu urbain sur l'image

Pour localiser le site urbain d'étude sur image, nous avons utilisé deux cartes. La première est une carte topographique d'échelle 1/200000 établie en 1963, alors que la seconde est une carte des limites administrative de la wilaya de Blida réalisée en 1989 par l'entreprise nationale des études hydrauliques (ENHYD). A partir de la carte topographique nous avons pu identifier quelques points repère tel que le point de rencontre des lignes de chemins de fer arrivant d'Elafroun et de Medéa (gare de Blida). Tandis que la carte de l'ENHYD, dont la date d'établissement est proche de celle de l'acquisition de l'image, nous a permis de confirmer aussi bien la localisation que la forme globale de la ville de Blida.

2-1-2) Analyse préliminaire.

Dans le but de localiser les grands thèmes dans la scène, nous avons fait l'analyse locale par histogramme de quelques petites zones. Pour procéder à l'analyse nous avons extrait trois fenêtres de chaque canal:(la taille est choisie en fonction de l'homogénéité)

- Une première de taille (31*11) pixels et de coordonnées (190,340 - 220,350) qui se trouve à l'intérieur du milieu urbain.
- Une deuxième de taille (31*21) pixels et de coordonnées (90,220 - 120,240) située à l'extérieur de la zone urbaine.
- Une dernière de taille (26*16) de coordonnées (220,120 - 245,135) englobant une partie de l'urbain et une partie du non urbain.

Les histogrammes des trois canaux de la première fenêtre (figures(2-1a,b,c)) montrent bien par la présence d'un seul pic d'histogramme, l'existence d'une seule classe de caractéristique spectrale. Ces caractéristiques spectrales sont presque invariables d'un canal à un autre autour d'une valeur radiométrique égale à 70.

Les histogrammes de la deuxième fenêtre (figure(2-2 a, b, c)), montrent aussi la présence d'une seule classe. Les radiances se rapprochent de l'origine en canal deux et s'en éloignent avec un élargissement de l'histogramme en canal trois relativement au canal un. Ce qui explique la présence d'une zone végétale dans cette fenêtre.

Les histogrammes de la troisième fenêtre (figure(2-3a,b,c)) montrent clairement la présence de deux classes différentes . Après une bonne observation des histogrammes des trois canaux, on arrive à remarquer l'immobilité de l'un des deux pics d'histogrammes: c'est le pic qui représente l'urbain dans cette fenêtre.

Les figures (2-4 a, b, c) représentent les scattergrammes (la représentation d'une bande en fonction d'une autre) du canal XS3 en fonction du canal XS2 pour les trois fenêtres. la fenêtre qui représente la végétation présente une distribution spectrale à deux dimensions: de 90 à 140 en canal trois et de 30 à 40 en canal deux. On remarque que la marge de variation du canal deux est plus étroite à celle du canal trois. Contrairement à la première distribution dont la largeur varie de façon notable d'un canal à un autre, la largeur de la distribution spectrale du bâti semble être identique pour les deux canaux . Cette largeur varie de 60 à 80

La même analyse d'histogramme a été reproduite pour quatre (04) autres fenêtres prises à l'intérieur du milieu urbain, les résultats sont représentés par les histogrammes des figures(2-5 a, b) et le tableau suivant.

coordonnées	taille (pixel*pixel)	moy de XS1	moy de XS2	moy de XS3
115 , 320 - 125 , 326	11*7	80	82	84
224 , 305 - 230 , 311	7*7	68	69	76
250 , 242 - 262 , 253	13*12	83	83	79
251 , 127 - 260 , 134	12*8	65	65	64

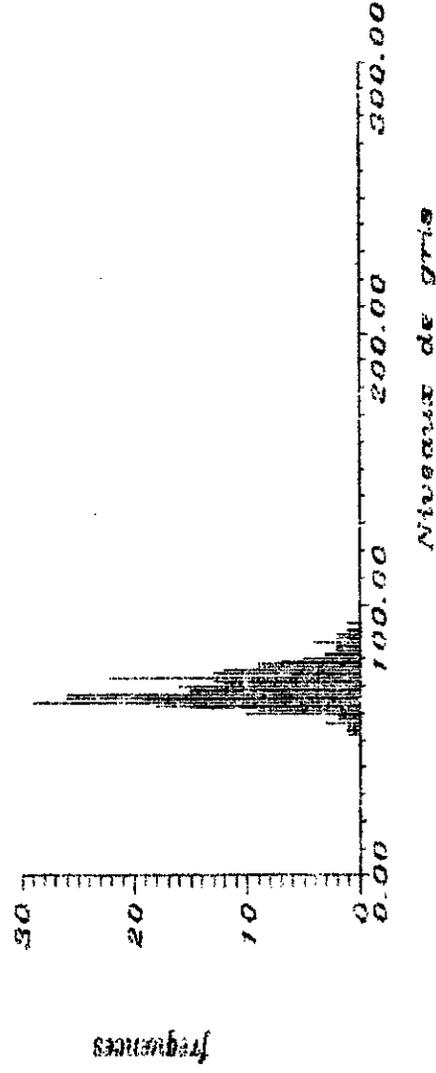


Figure (2-1 a) Histogramme de la première fenêtre bande XS1

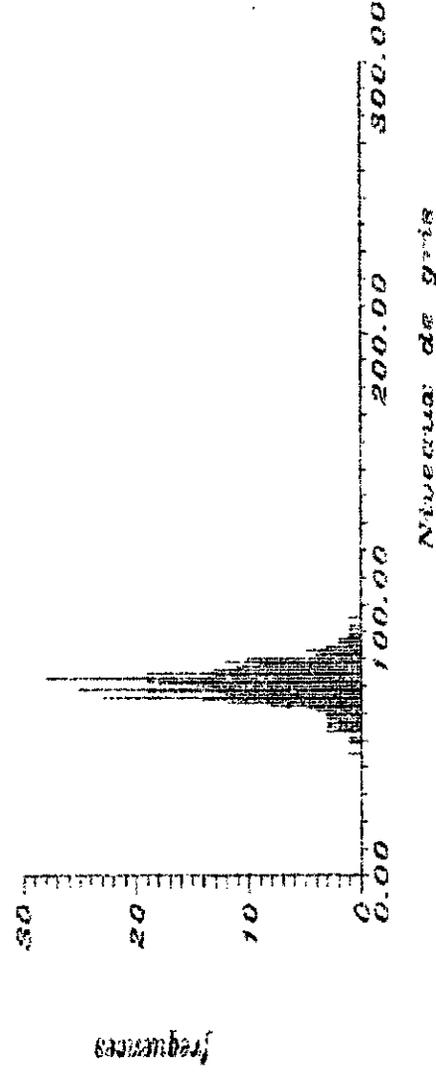


Figure (2-1 b) Histogramme de la première fenêtre bande XS2

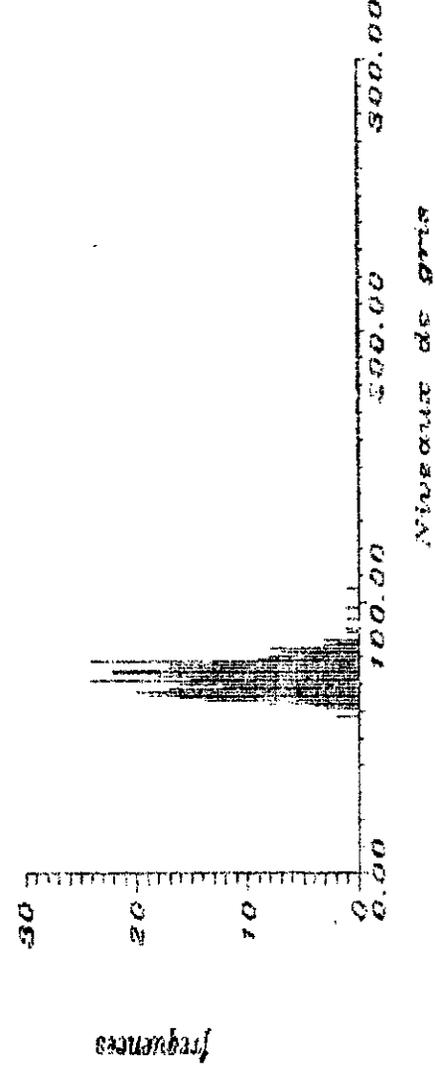


Figure (2-1 c) Histogramme de la première fenêtre bande XS3

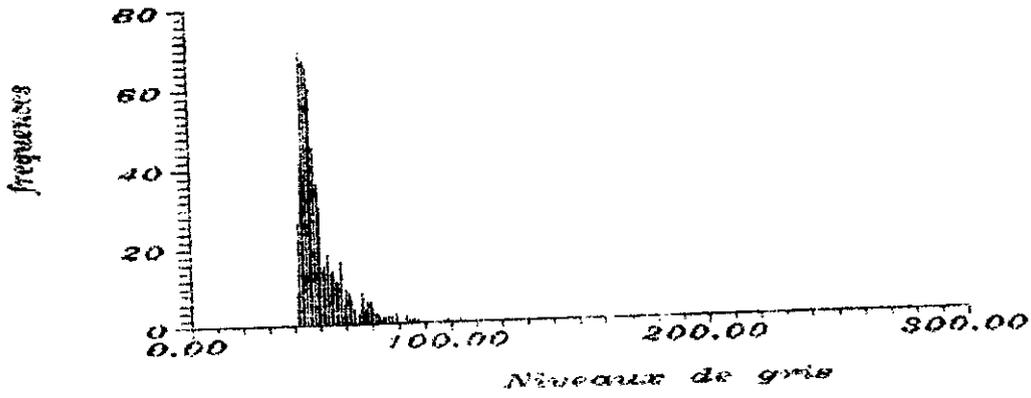


Figure (2-2 a) Histogramme de la deuxième fenêtre bande XS1

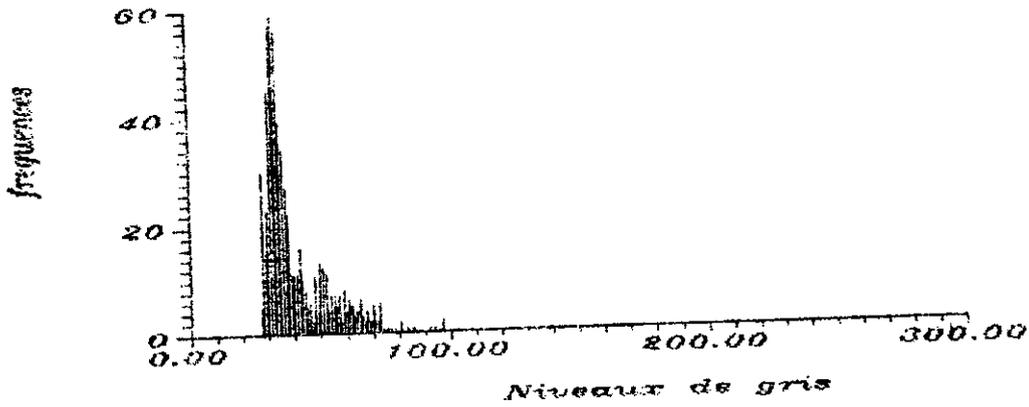


Figure (2-2 b) Histogramme de la deuxième fenêtre bande XS2

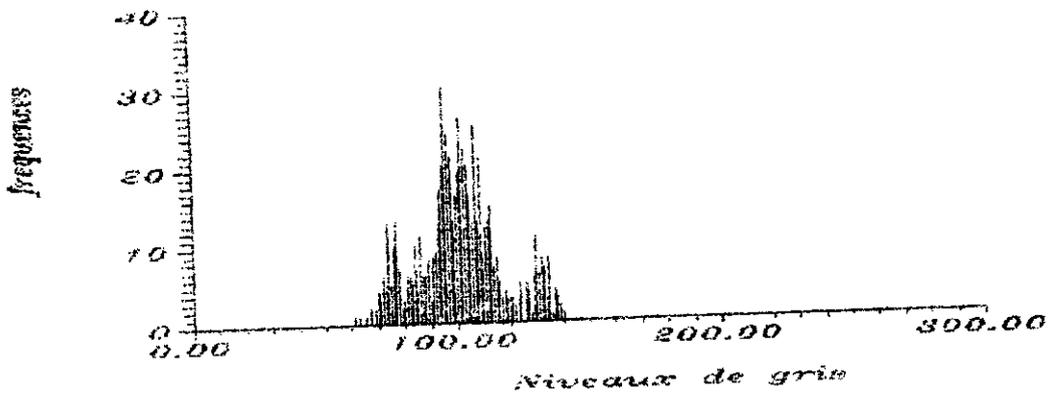


Figure (2-2 c) Histogramme de la deuxième fenêtre bande XS3

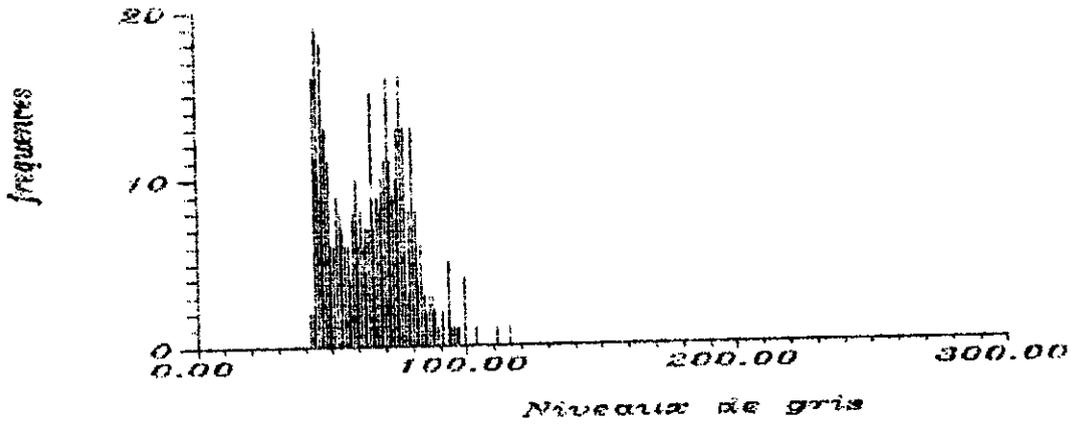


Figure (2-3 a) Histogramme de la troisième fenêtre bande XS1

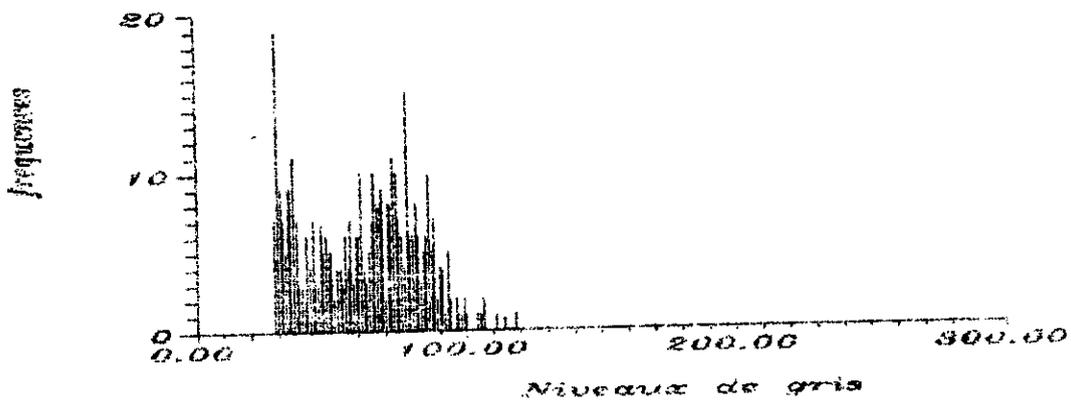


Figure (2-3 b) Histogramme de la troisième fenêtre bande XS2

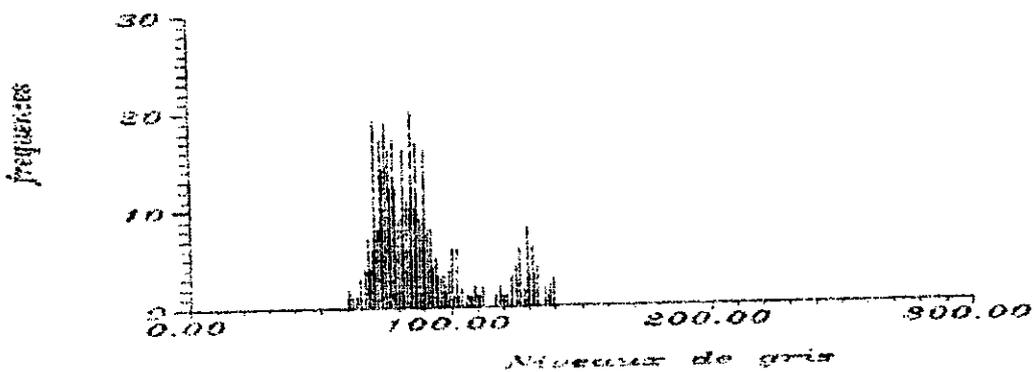


Figure (2-3 c) Histogramme de la troisième fenêtre bande XS3

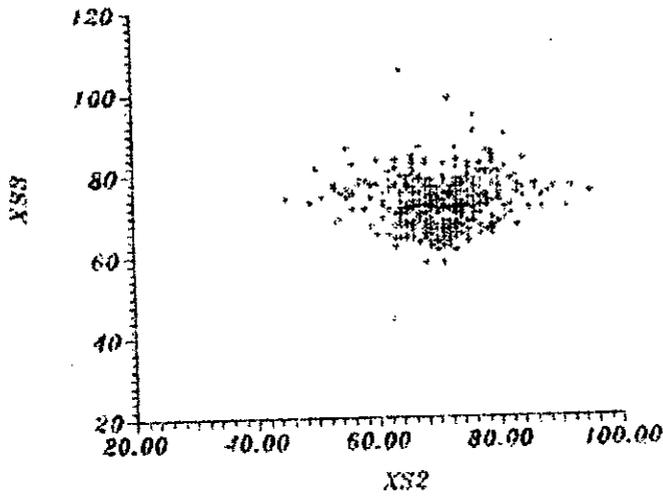


Figure (2-4a) espace spectral bidimensionnel de la première fenêtre

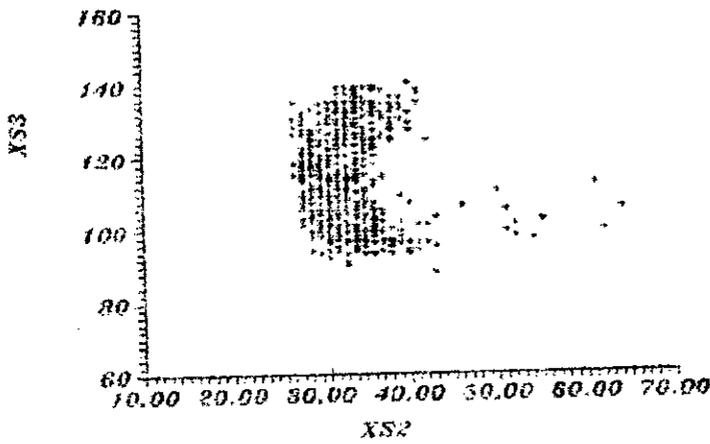


Figure (2-4 b) espace spectral bidimensionnel de la deuxième fenêtre

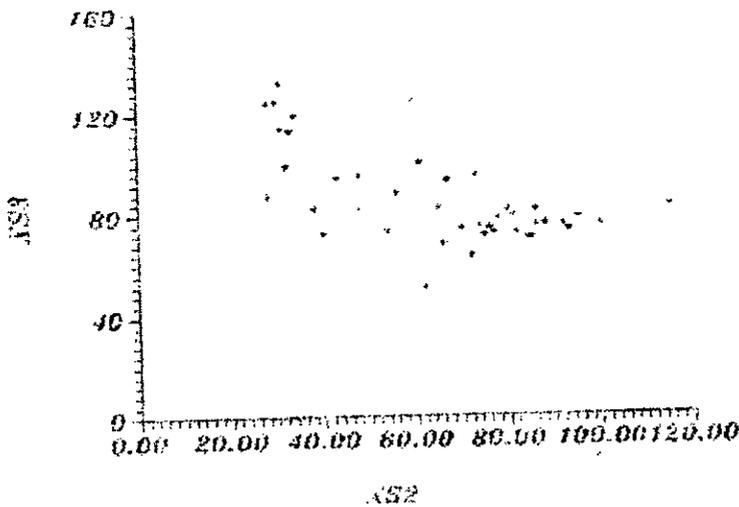
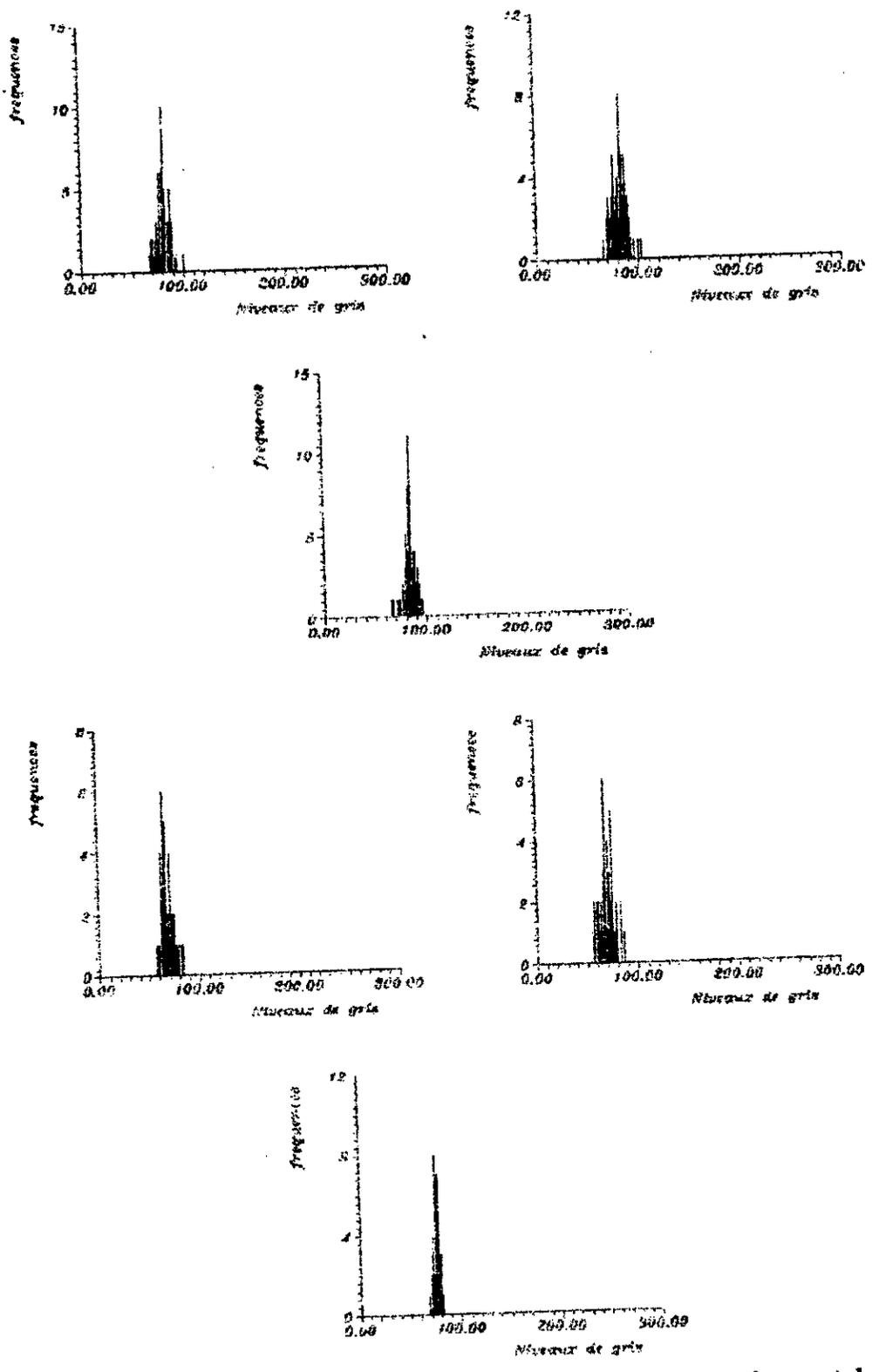
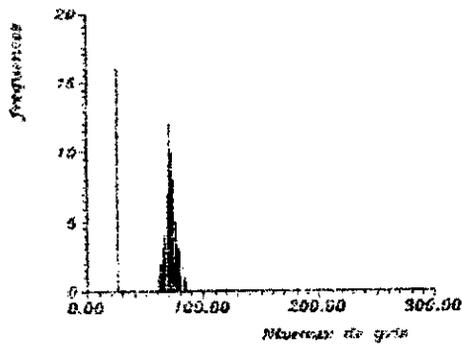
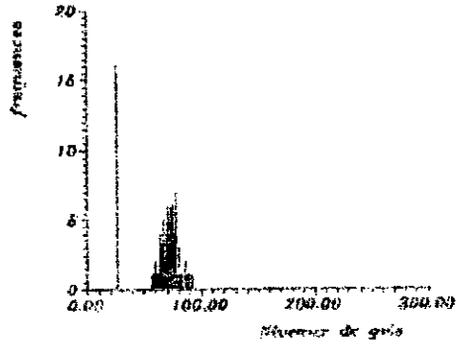
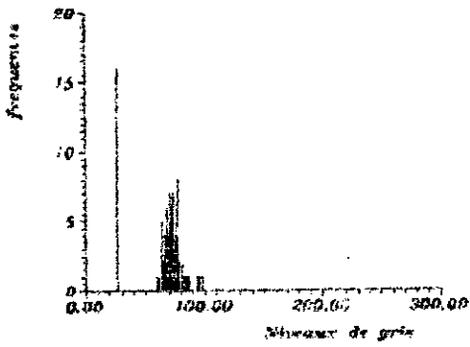
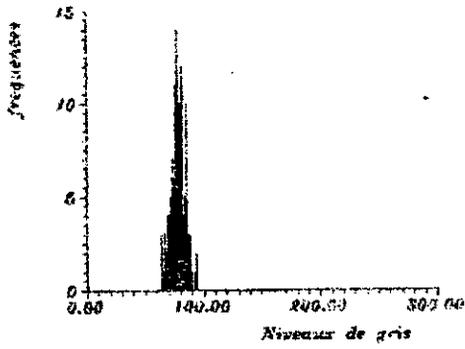
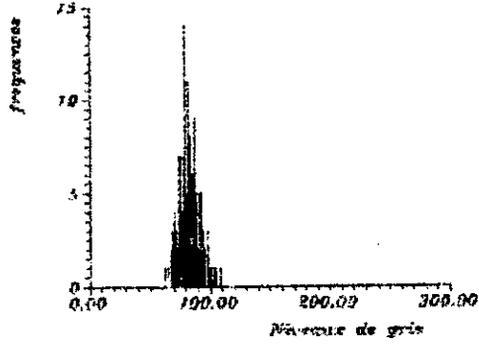
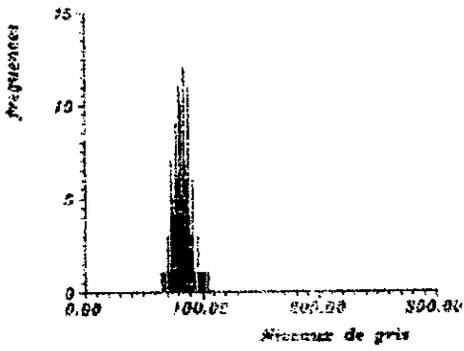


Figure (2-4 c) espace spectral bidimensionnel de la troisième fenêtre



figure(2-5 a) Histogrammes des bandes xs1, xs2 et xs3 respectivement des deux premières fenêtres



figure(2-5 b) Histogrammes des bandes xs1, xs2 et xs3 respectivement des deux dernières fenêtres

1-3) Localisation du bâti

L'occupation du sol dans cette région est caractérisé par trois thèmes principaux qui sont le bâti, la végétation avec ses différentes classes et le sol en chères. Nous nous intéressons, en premier lieu à la localisation des zones de végétation. Il existe un grand nombre de travaux sur l'étude de la végétation par télédétection (densité, type, prévision de récolte, évolution etc.), qui on abouti à des résultats fondamentaux. Ce qui n'est pas le cas de l'urbain. Pour cela, nous nous sommes basés sur ces résultats et en particulier sur l'indice et la réponse spectrale de la végétation pour dégager la végétation de l'urbain, Afin d'affiner la délimitation des surfaces bâties.

Dans l'image indice de végétation calculée à partir de l'indice de différence normalisée le bâti apparu en noir par ce que sa réflectance est très faible devant la réflectance de la végétation.

1-4) Les caractéristiques radiométriques des thèmes composant l'image

Après localisation, du bâti, de la végétation, des routes sur l'image indice de végétation, nous avons fait le choix de plusieurs fenêtres de chaque classe de l'image, puis on a procédé au calcul de leur valeurs radiométriques moyennes, dans les trois canaux. Les résultats de ces calculs sont présentés par les tableaux

(2-1),(2-2),(2-3), dans ces tableaux on trouve: les coordonnées de la fenêtre et les valeurs radiométriques moyennes des trois canaux XS1, XS2 et XS3.

Les fenêtres représentant le thème bâti ont été choisies de faibles tailles 3x3 pixels, afin de pouvoir caractériser le pixel localisé comme pixel bâti avec son proche environnement. Pour le thème route nous n'avons pas utilisé des fenêtres mais uniquement des pixels. Le tableaux (2-4) donne les valeurs radiométriques moyennes et leur variances pour chaque classe et pour chaque canal.

Coordonnées	moy de XS1	moy de XS2	moy de XS3
73,339 - 75,341	71	65	53
62,361 - 64,363	82	66	77
55,369 - 57,371	68	70	66
121,354 - 124,356	81	75	75
128,350 - 130,352	84	83	77
143,346 - 145,348	75	71	74
138,367 - 140,369	81	86	82
160,360 - 162,362	81	82	79
194,343 - 196,345	66	71	65
162,306 - 164,308	85	83	70
201,310 - 203,312	97	96	82
235,284 - 237,286	76	77	73
216,249 - 218,251	103	106	80
172,234 - 175,236	96	98	71
148,238 - 150,240	83	84	74
141,241 - 143,243	82	85	75
267,243 - 269,245	80	79	72
250,242 - 252,244	85	86	81
255,246 - 257,248	89	94	82
260,262 - 262,264	85	84	79

Tableau (2-1) Valeurs radiométriques du bâti (fenêtres de 3*3 pixels)

Fenêtre	Canal XS1	Canal XS2	Canal XS3
1	42.87	31.75	99.00
2	46.12	30.93	131.81
3	44.75	30.43	124.81
4	45.18	30.75	114.25
5	42.56	28.37	123.68
6	58.00	48.50	94.93
7	45.68	33.18	112.81
8	39.00	28.25	86.62
9	47.50	33.56	119.25

Tableau (2-2) Valeurs radiométriques de la végétation

coordonnées	Canal XS1	Canal XS2	Canal XS3
147 215	77	73	95
165 206	69	65	82
178 199	66	61	100
112 331	60	56	88
129 335	53	48	82
118 348	67	67	93
132 343	48	38	82
150 338	49	40	72
181 363	60	54	73
38 319	49	43	94

Tableau (2-3) Valeurs radiométriques des routes et pistes

	Canal XS1	Canal XS2	Canal XS3
Végétation	45.74	32.85	111.90
	4.92	5.79	14.23
Routes	59.80	54.50	86.10
	9.43	11.44	8.98
Bâti	82.5	83.35	74.35
	8.95	9.85	6.93

Tableau(2-4) Valeurs moyennes des radiances et leur variances

2-1-5) La réponse spectrale de l'urbain

Pour chaque classe, nous avons représenté par les figures (2-6), (2-7) et (2-8) les valeurs radiométriques de chaque pixel en fonction de la longueur d'onde, dont la valeur est prise comme étant le milieu du canal.

Les figures (2-9), (2-10) et (2-11) représentent les caractéristiques moyennes (en pointillé) et leurs limites de variations (en ligne continue) pour les trois thèmes.

L'interpolation des courbes tracées a été faite à l'aide du Logiciel Grapher en se basant sur la forme des courbes qui existent en bibliographie courbe Figure(1-3).

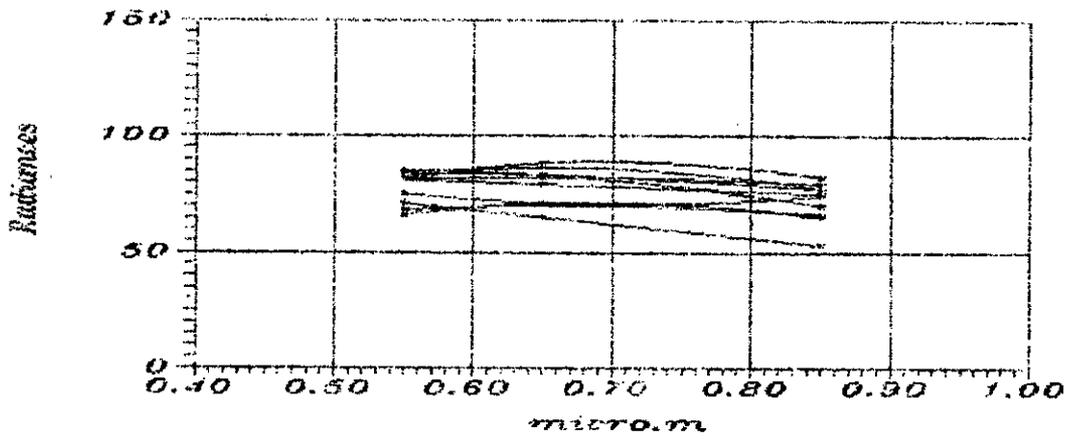


Figure (2- 6 a) courbes de la réponse spectrale du bati

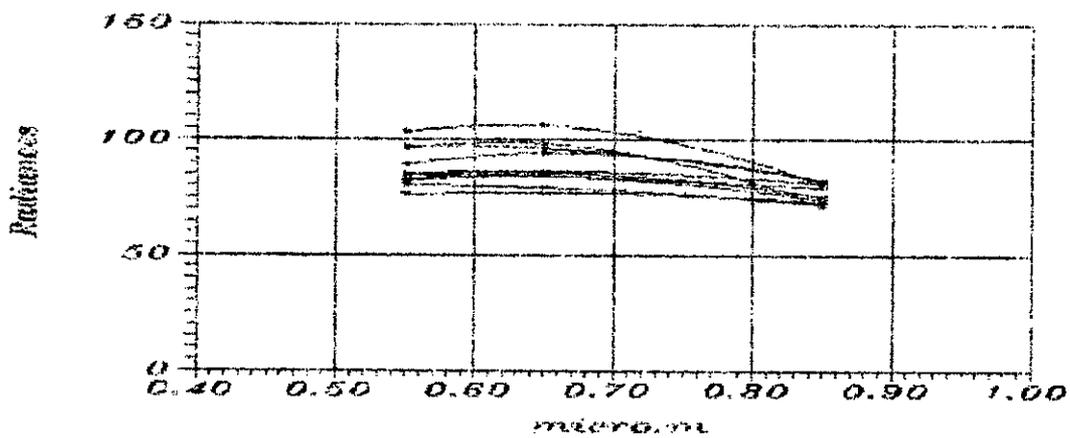


Figure (2- 6 b) courbes de la réponse spectrale du bati

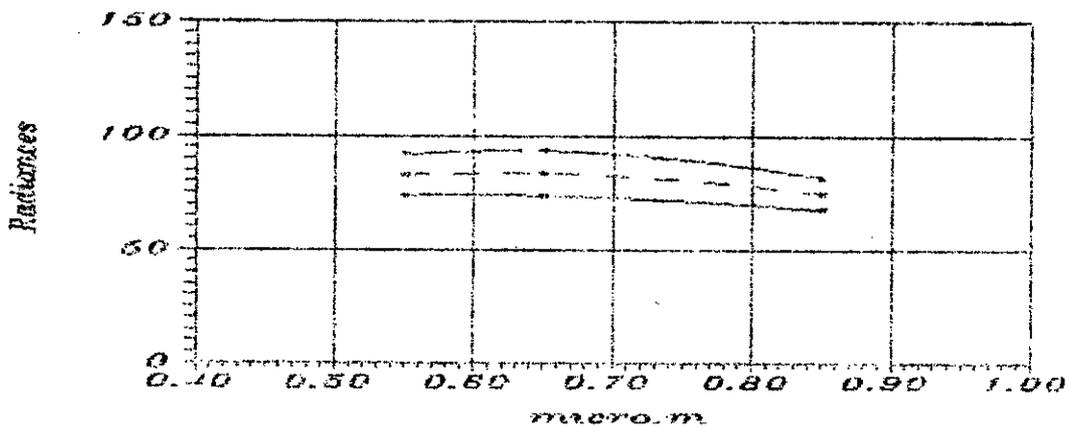


Figure (2- 7) courbes de la réponse spectrale du bati
la caractéristique moyenne en pointille, lignes continues les limites de variations

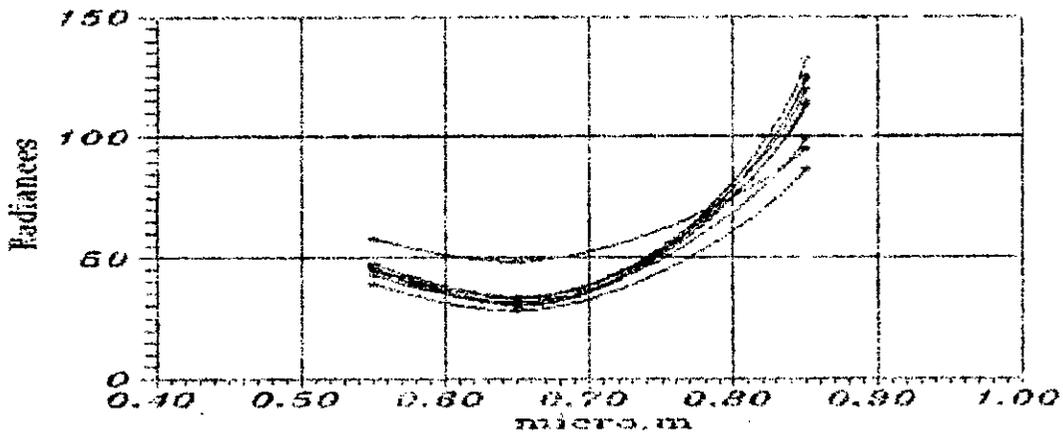


Figure (2-8) Courbes de la réponse spectrale de la végétation

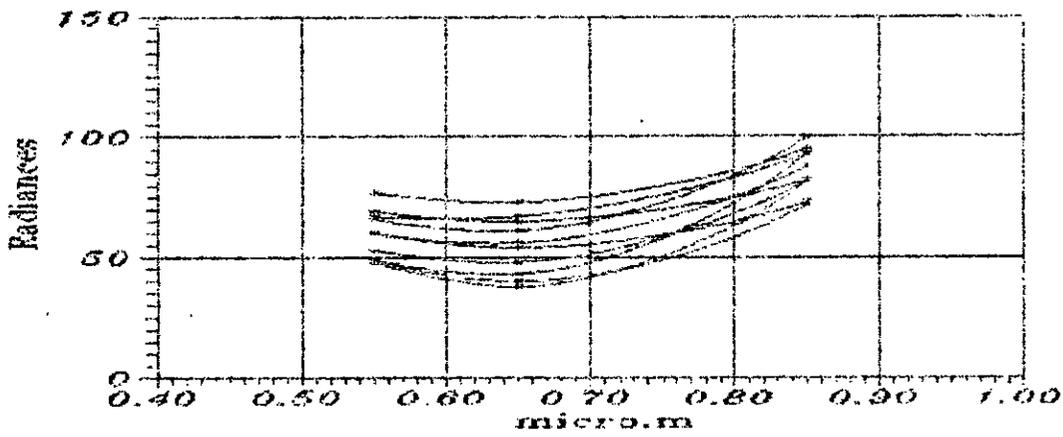
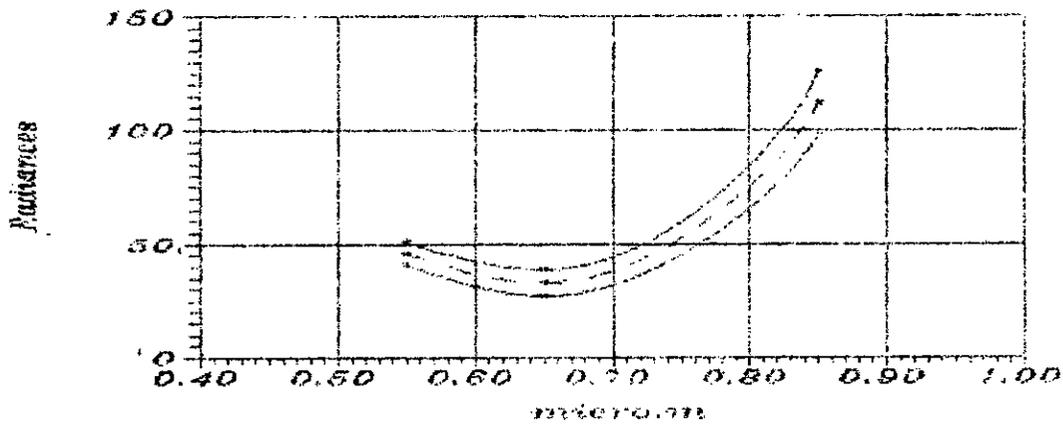
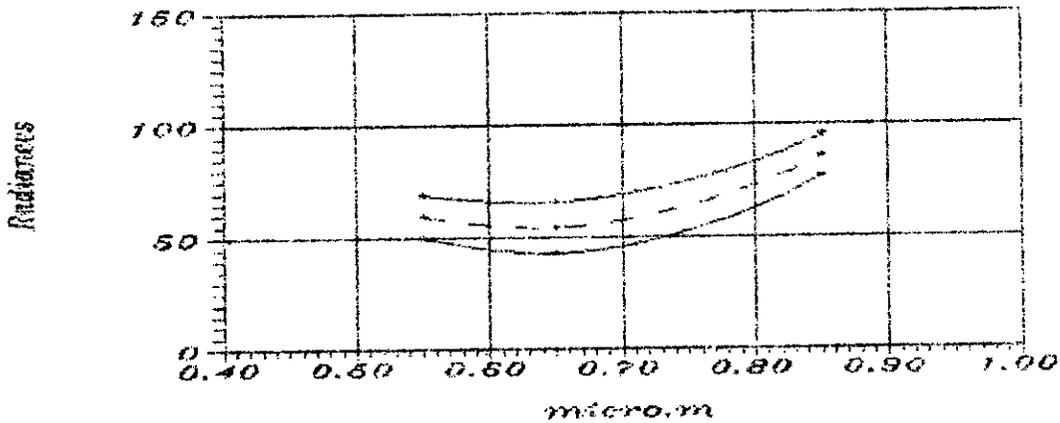


Figure (2-9) Courbes de la réponse spectrale des routes et pistes



figure(2-10) courbes de réponse spectrale de la vegetation



figure(2- 11) courbes spectrales des routes

La réponse spectrale de la végétation est conforme à celle de la figure (1-3) établie par (Lillesand and Kiefer 1987).

Pour les routes de la région d'étude, la réponse spectrale est influencée par la végétation présente au bord ce qui se traduit par une caractéristique spectrale d'allure proche de celle de la végétation avec une variation moins forte du canal 2 au canal 3.

La réponse spectrale du bâti est presque constante en passant du canal 1 vers le canal 2 avec une légère diminution en canal 3.

La réponse spectrale du bâti est discernable par rapport à celle de la végétation: elle l'est suffisamment par rapport à celle des routes et pistes: ce résultat est montré par la représentation comparative des trois caractéristiques (bâti, végétation et route) de la figure (2-12).

Une autre étude statistique a été faite sur la ville d'Oran, les courbes spectrales du bâti de cette ville côtière confirment les résultats que nous avons obtenus sur Blida (voire figure 2-14)

Les courbes du bâti que nous avons obtenues diffèrent par leur forme, des courbes trouvées dans la bibliographie et concernant l'imagerie LANDSAT [D. Benmouafak 1983], comme cela est montrée par la figure(2-15), cette différence peut s'expliquer par:

la zone d'étude, est une zone urbaine et périurbaine de densité en bâti faible.

Le nombre de pixel par échantillons (615 pixels et 1451 pixels) et la dimension du pixel LANSAT qui intègre de la végétation au bâti et induit une courbe rappelant la forme caractéristique de la courbe de la végétation (zone d'absorption chlorophyllienne).

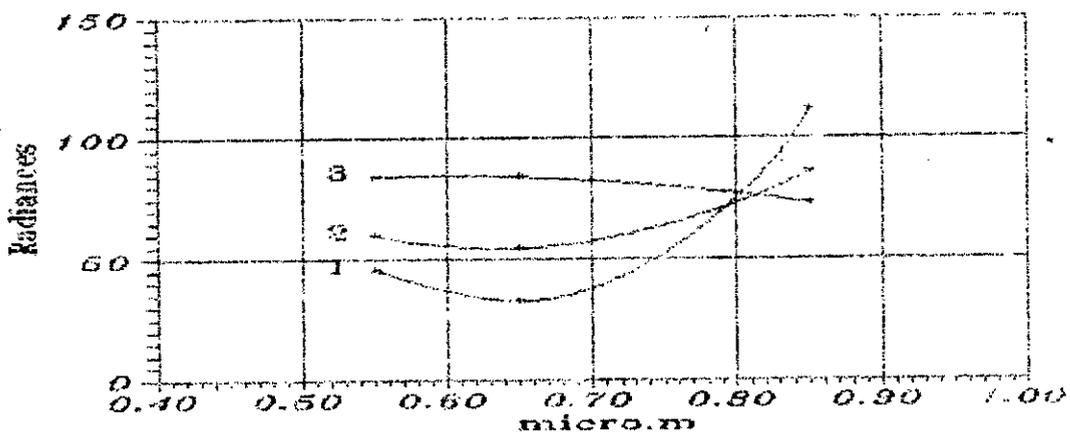


Figure (2-12) Réponses spectrales (1) végétation, (2) routes, (3) bâti

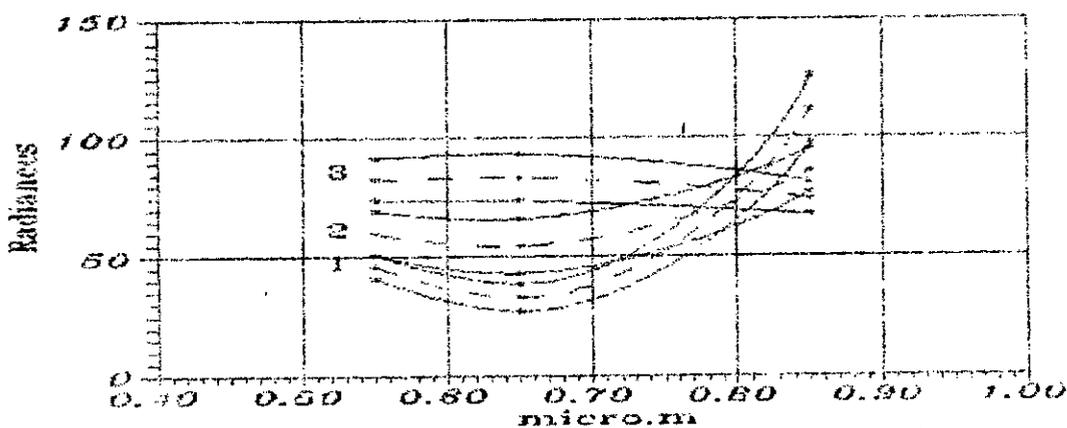
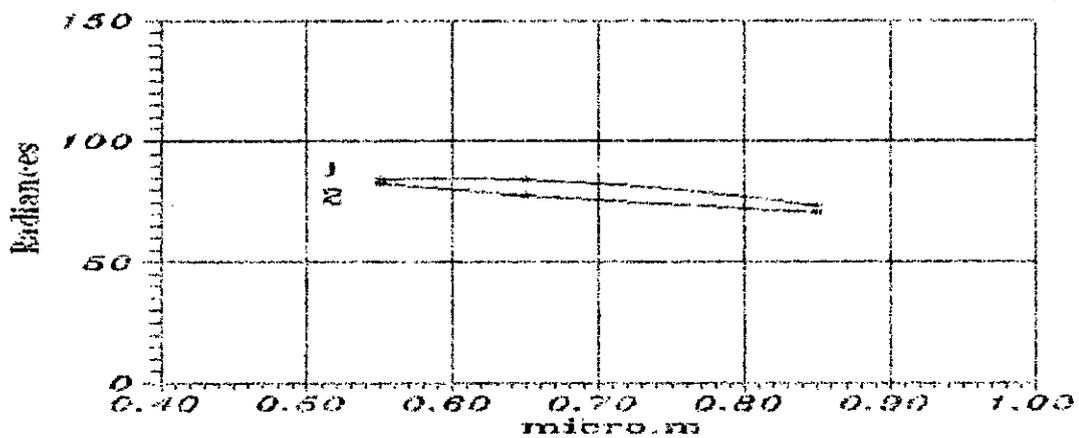


Figure (2-13) Réponses spectrales en pointillé, les limites de variation en continue (1) végétation, (2) routes, (3) bâti



Figure(2-14) réponses spectrales du bâti (1) Blida , (2) Oran

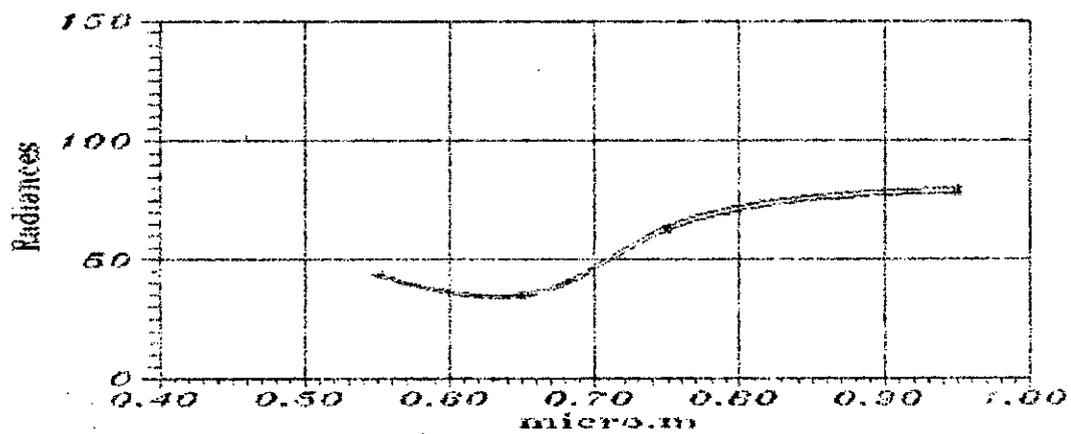


Figure (2-15) Réponses spectrales d'une zone semi urbaine d'image Landsat MSS

2-2) Analyse de l'hétérogénéité du pixel et perception du bâti

Le milieu urbain est un environnement très hétérogène minimisant la description entre certaines classes d'utilisation du sol. Il se caractérise le plus souvent, par une grande diversité de formes, de matériaux, de dimensions au sol et en hauteur. Cet état de fait implique que dans un même pixel on trouve des objets de natures très différentes en termes de réflectances [André Ballut et Al 1982]. La présence de différents objets dans le même pixel donne une signature spectrale intermédiaire à ce pixel, pour les petits objets, le pourcentage de la pureté du pixel diminue rapidement lorsque la taille du pixel augmente. En milieu urbain, la question fondamentale reste donc

Un pixel = moyenne du rayonnement de plusieurs objets de même réflectance et de même nature.

Un pixel = moyenne du rayonnement d'objets de réflectances très différentes.

2-2-1) L'hétérogénéité du pixel

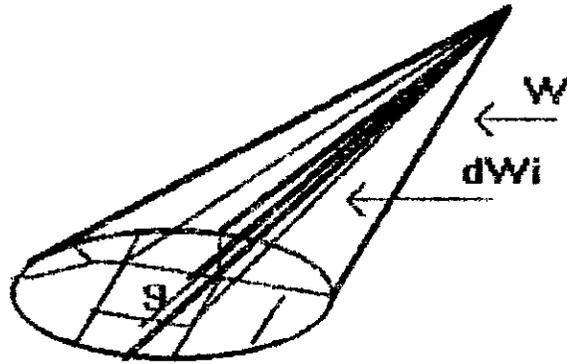
La luminance émise par un pixel composé de N surfaces élémentaires homogènes (figure(2-16)) est donnée par:

$$L = \frac{\sum L_i d\Omega_i}{\sum d\Omega_i} \dots \dots \dots (1)$$

Où:

L_i représente la luminance de la surface S_i

$d\Omega_i$ l'angle solide sous lequel est vue la surface S_i



Figure(2-16) Luminance émise par un pixel hétérogène

Considérant qu'en première approximation nous pouvons lier le compte numérique du pixel à la radiance mesurée par le capteur par une relation lineaire, nous pouvons poser.

$$CN = \frac{\sum S_i CN_i}{\sum S_i} \dots \dots \dots (2)$$

où:

CN est le compte numérique du pixel heterogene

Si l'aire d'une surface homogène dans le pixel

CN_i le compte numérique correspondant à la surface S_i

Examinons le cas d'un pixel constitue de deux thèmes par exemple (bâti et non bâti), la relation (2) devient:

$$CN = a.CN_b + (1-a).CN_{nb} \quad (3)$$

Dans le cas d'un pixel constitue de trois thèmes, par exemple (bâti, végétation et routes) la relation (2) devient:

$$CN = a.CN_b + b.CN_v + (1-a-b).CN_r \quad (4)$$

où:

a = S_b/S représente l'importance relative du bâti dans le pixel.

b = S_v/S représente l'importance relative de la végétation dans le pixel.

CN_b la réponse en compte numérique du bâti

CN_v la réponse en compte numérique de la végétation

CN_r la réponse en compte numérique des routes

CN_{ab} la réponse en compte numérique du non bâti

Dans le cas de notre zone d'étude trois thèmes principaux sont identifiés: bâti, végétation, surfaces goudronnées (route, pistes d'aérodromes.) dont les réponses spectrales ont été données dans le tableau (2-4).

2-2-2) Perception du bâti

En utilisant les relations (3) et (4) et en remplaçant les comptes numériques par leur valeurs calculées précédemment puis en faisant varier a et b par pas de 10% dans l'intervalle de 10% à 90% , nous avons trouvé les tableaux suivants.

l'hétérogénéité du pixel altère de façon notable la perception du bâti, ainsi un pixel hétérogène (bâti, végétation) sera vu comme pixel bâti dès que la surface relative du bâti représente 90% de la surface du pixel si on raisonne suivant la forme de la courbe spectrale. Par contre si on tient compte du domaine de variation des radiances du bâti on peut aller jusqu'à 70%. La figure (2-15) illustre la perception d'un îlot d'habitation compacte [Abdellaoui et rougab 1993].

BATI %	VEGETATION %	XS1	XS2	XS3
10	90	49.42	37.90	108.14
20	80	53.09	42.95	104.39
30	70	56.77	48.00	100.63
40	60	60.44	53.05	96.88
50	50	64.12	58.10	93.13
60	40	67.80	63.15	89.37
70	30	71.47	68.20	85.61
80	20	75.15	73.25	81.86
90	10	78.82	78.30	78.10

Tableau(2- 5) Compte numérique d'un pixel hétérogène composé de deux thèmes végétation et bâti

VEGETATION %	ROUTE %	XS1	XS2	XS3
10	90	58.39	52.33	88.68
20	80	56.99	50.17	91.26
30	70	55.58	48.00	93.84
40	60	54.18	45.84	96.42
50	50	52.77	43.68	99.00
60	40	51.36	41.51	101.58
70	30	49.96	39.34	104.16
80	20	48.55	37.18	106.74
90	10	47.15	35.01	109.32

Tableau(2- 6) Compte numérique d'un pixel hétérogène composé de deux thèmes végétation et routes

BÂTI %	VEGETATION %	ROUTE %	XSI	XSI2	XSI3
10	10	80	60.66	55.22	87.50
20	10	70	62.93	58.10	86.33
30	10	60	65.20	60.99	85.15
40	10	50	67.47	63.87	83.98
50	10	40	69.74	66.76	82.80
60	10	30	72.01	69.64	81.63
70	10	20	74.28	72.53	80.45
80	10	10	76.55	75.42	79.28
10	20	70	59.26	53.06	90.08
20	20	60	61.53	55.94	88.91
30	20	50	63.80	58.82	87.73
40	20	40	66.07	61.71	86.56
50	20	30	68.34	64.60	85.39
60	20	20	70.61	67.48	84.21
70	20	10	72.88	70.36	83.04
10	30	60	57.85	50.89	92.66
20	30	50	60.12	53.78	91.49
30	30	40	62.39	56.66	90.31
40	30	30	64.66	59.54	89.14
50	30	20	66.93	62.43	87.96
60	30	10	69.20	65.31	86.79
10	40	50	56.45	48.73	95.24
20	40	40	58.72	51.61	94.07
30	40	30	60.99	54.50	92.90
40	40	20	63.26	57.38	91.72
50	40	10	65.53	60.26	90.54
10	50	40	55.04	46.56	97.83
20	50	30	57.31	49.45	96.65
30	50	20	59.58	52.33	95.48
40	50	10	61.85	55.22	94.30
10	60	30	53.63	44.40	100.40
20	60	20	55.90	47.28	99.23
30	60	10	58.17	50.16	98.06
10	70	20	52.23	42.23	102.99
20	70	10	54.50	45.12	101.81
10	80	10	50.82	40.07	105.57

Tableau(2- 7) Compte numérique d'un pixel hétérogène composé de trois thèmes végétation, routes et bâti

2-3) Indice du bâti:

Partant de l'analyse des indices de végétation des thèmes principaux de notre zone d'étude (végétation, routes et pistes et enfin surfaces bâties), dont les valeurs moyennes calculées à partir de l'indice de végétation normalisé sont:

thème végétation: 0.54

thème route: 0.23

thème bâti: -0.06

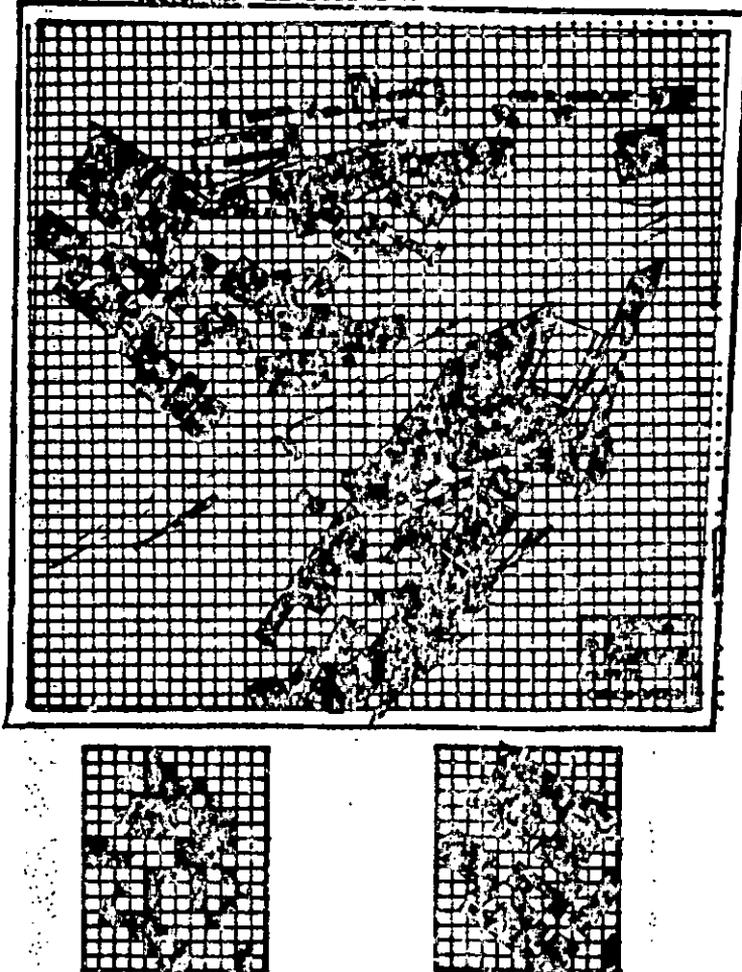
nous définissons un nouvel indice qui est donné par l'expression suivante:

$$IB = \frac{XN_2 - XN_1}{XN_2 + XN_1} + A$$

le paramètre qui satisfait le plus à notre étude de la zone de Blida est $A = 50\%$.

Cet indice introduit une amélioration dans la différenciation du bâti comme cela est montré en chapitre 4 " description du logiciel et résultats de son application ".

PERCEPTION D'UNE ZONE D'AGGLOMERATION
(CITE MEY EL DJEEL EX-LA MONTAGNE)



Figure(2-17) Perception d'un îlot d'habitation compacte [Abdellacni et Al (1992)]

3) TRAITEMENT D'IMAGES

Ce chapitre décrit, les différentes étapes de traitement d'images satellitaires: rehaussement, segmentation, classification, détection de contours et l'introduction de techniques récentes tel que l'analyse texturale et la morphologie mathématique.

Le traitement numérique de données de télédétection recouvre l'ensemble des procédés d'extraction d'informations utiles contenues dans ces données, selon le besoin et l'utilisation, requises pour en donner, soit de nouvelles images calculées à partir des premières soit des évaluations en terme numérique.

Il existe plusieurs étapes dans l'analyse par ordinateur des données de télédétection.

1) Acquisition des données:

Cette étape prend en considération l'instrumentation et les méthodes d'enregistrement.

2) Pretraitement:

Le pretraitement consiste à préparer les données de telle façon à faciliter leur traitement.

3) Segmentation:

La segmentation, dans le cas idéal, fournit, à partir d'une image globale, tout un ensemble d'images élémentaires mettant en valeur un critère donné.

4) Classification:

Une fois fragmentée en images élémentaires, l'étape suivante consiste à élaborer une bonne classification

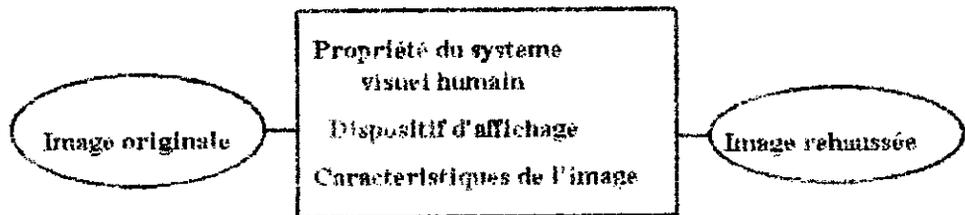
5) Présentation des résultats:

Cette étape doit répondre aux spécifications de l'utilisateur, à savoir, la présentation des résultats sous forme d'histogrammes, d'images traitées, etc.

3-1)Rehaussement d'images

3-1-1)Introduction:

L'objectif principal des techniques de rehaussement d'images est de fournir une aide à l'analyse pour l'extraction et l'interprétation de l'information image. cette information est souvent sujette à des effets de dégradations résultant des processus de prise de vue, de scannerisation, de transmission et de visualisation. L'analyse d'images est basée sur l'hypothèse que les informations d'importance peuvent être perçus. Ces propriétés sont déterminées par des paramètres psychophysiques tels que le contraste, le contour, la texture et la couleur [Cheneuf et Al 1992].



Les opérations de rehaussement sont appliquées sans connaissance préalable du phénomène de dégradation.

3-1-2) Amélioration de contraste:

Le but de ce type de rehaussement est de produire une image utilisant optimalement la gamme des niveaux de gris du dispositif d'affichage. Il consiste à appliquer une transformation ponctuelle (linéaire ou non) aux données radiométriques d'une bande pour que celles ci occupent plus efficacement l'échelle de gris disponible.

3-1-2-1) Elargissement linéaire de contraste:

L'objectif est d'utiliser l'intervalle complet des nuances de gris du support d'affichage pour révéler les variations d'intensités présentes dans l'image. On a à la sortie une image avec tous les niveaux de gris correspondant à l'intervalle $[S1, S2]$, et supprime toutes les autres valeurs en dehors de cet intervalle.

$$I_s = \begin{cases} (I_e - S1)255 / (S2 - S1) & \text{si } S1 < I_e < S2 \\ 0 & \text{si } I_e < S1 \\ 255 & \text{si } I_e > S2 \end{cases}$$

I_e et I_s sont respectivement les niveaux de gris de l'image avant et après rehaussement.

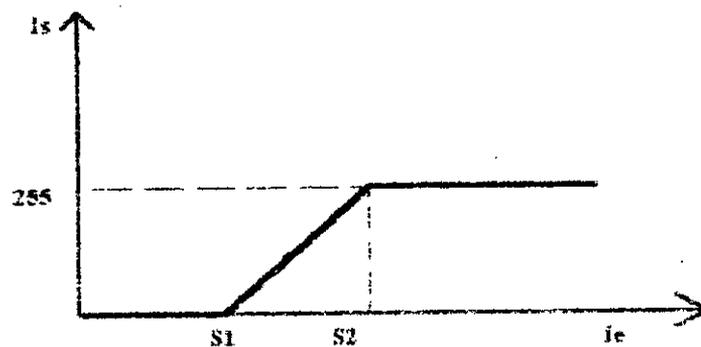


Figure (3-1) Elargissement linéaire de contraste

Si nous prenons le minimum des brillances de l'image comme premier seuil et le maximum des brillances comme deuxième seuil, on retrouve ce que l'on appelle égalisation d'histogramme.

3-1-2-2) Elargissement non linéaire de contraste:

La transformation logarithmique qui permet d'éclaircir les parties sombres et de donner plus de détails.

$$I_s = A \cdot \text{Log}(I_e)$$

La transformation exponentielle permet d'assombrir les parties claires.

$$I_s = A \cdot \text{Exp}(I_e)$$

Où A dans les deux transformations est un coefficient à déterminer.

3-1-3) Techniques de coloriage:

La couleur est une composante naturelle de l'image industrielle, artistique et de communication, son rôle dans l'image et son rôle informatif prennent une extension croissante dans toutes les technologies modernes [Claysson 1987].

On a souvent affaire à des images trichromes, telles que les photographies en couleur ou des images TV couleur, dans lesquelles l'information colorée, telle que la reçoit l'œil humain, apporte de façon évidente une richesse d'interprétation supplémentaire, le mode de représentation de telles images est appelé le mode vraies couleurs. [Andre 1987].

Un autre cas fréquent est celui des images multispectrales où on cherche à exploiter des vues de la même scène prise dans des bandes de longueurs d'onde différentes, certaines pouvant même être situées en dehors de la réponse spectrale de l'œil (par exemple l'infrarouge). On peut alors affecter à chacune de ces bandes une couleur visible par l'œil, choisie de façon purement conventionnelle, et qui rendra l'image correspondante visible et interprétable, c'est le mode de visualisation, "Fausse couleur".

Dans la représentation en "Pseudo couleurs". On part d'une image monochrome, prise soit en lumière blanche soit dans une bande spectrale quelconque.

On convient d'affecter à chaque niveau de gris une couleur conventionnelle choisie dans une palette de couleurs.

3-1-4) Filtrage numérique:

3-1-4-1) Lissage:

Le lissage correspond à une atténuation des fréquences spatiales élevées. L'opération de lissage est souvent utilisée pour atténuer le " bruit " et les irrégularités rapides de l'image, plus rapide que les détails que l'on cherche à conserver. Elle peut être répétée plusieurs fois, ce qui crée un effet de flou. En pratique il faut choisir un compromis entre l'atténuation du bruit et la conservation des détails et contours significatifs.

3-1-4-1-1) Lissage linéaire:

C'est l'opérateur de lissage le plus simple et le plus connu, il associe à chaque pixel la moyenne de ses voisins. On peut utiliser plusieurs types de moyenne, en pondérant différemment les voisins, deux exemples de filtre de lissage (Filtre passe bas) pour un masque de matrice de convolution 3*3 peuvent être donnés:

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \quad \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

3-1-4-1-2) Lissage non linéaire:

Les lissages linéaires ont pour inconvénient de traiter de la même façon les signaux utiles, les bruits et les parasites qui sont superposés.

L'utilisation des algorithmes de lissages non linéaires permet de supprimer ou d'atténuer les valeurs trop différentes de celles des pixels voisins [Marion 1987].

Filtre de la médiane:

La fenêtre des pixels formant le voisinage contenant un nombre impair de pixels, on donne au pixel central la valeur médiane de l'ensemble de pixels de cette fenêtre.

34	37	36
33	98	36
36	32	35

Fenêtre d'entrée

32	33	34	35	36	36	36	37	98
----	----	----	----	----	----	----	----	----

Classement des pixel

34	37	36
33	36	36
36	32	35

Fenêtre de sortie

Figure(3-2) Application d'un filtre médian 3*3 sur une fenêtre 3*3

Filtre minimum et maximum

Pour les filtres minimums et maximums, on applique le même principe du filtre médian mais le pixel central dans ce cas sera remplacé par la valeur minimale ou la valeur maximale selon le filtre de l'ensemble de pixels de la fenêtre de voisinage.

34	37	36
33	98	36
36	32	35

Fenêtre d'entrée

32	33	34	35	36	36	36	37	98
----	----	----	----	----	----	----	----	----

Classement des pixel

34	37	36
33	32	36
36	32	35

Fenêtre de sortie

Figure(3-3) Application d'un filtre minimum 3*3 sur une fenêtre 3*3

3-1-4-2) Détection de contours:

3-1-4-2-1) Définition:

Un contour est une zone de transition séparant deux régions homogènes présentant des caractéristiques différentes.

Un contour local est une petite surface de l'image dans laquelle les niveaux de gris changent rapidement dans une direction donnée.

Un opérateur de contour est un opérateur mathématique développé pour détecter la présence de discontinuités locales dans une fonction de luminance d'une image [Ballard 1982]

3-1-4-2-2) Opérateurs différentiels:

L'application des opérateurs de différenciation spatiale permet une accentuation des hautes fréquences, très riches en informations sur les contours. L'extraction de contours s'effectue classiquement de deux manières:

- a) Approche du gradient: Calcul du gradient et extraction des extréma locaux de la norme dans la direction du gradient.
- b) Approche du Laplacien: Calcul du Laplacien et détermination de ses passages par zéro.

Approche du gradient:

Le principe de base de détection de contours dans une direction donnée est le calcul de la différence d'intensités de pixels adjacents dans la direction orthogonale à celle du contour choisi. Pour une détection de contours de sens horizontal, on effectue la différence suivante.

$$I(x,y) - I(x+1,y)$$

Une valeur non nulle de cette différence signifiera qu'il y a présence d'un contour local.

Les transitions verticales sont données par

$$\frac{\partial I(x,y)}{\partial y} = \frac{I(x,y) - I(x,y+1)}{(y+1) - y} = \text{grad}(y)$$

Les transitions horizontales sont données par

$$\frac{\partial I(x,y)}{\partial x} = \frac{I(x,y) - I(x+1,y)}{(x+1) - x} = \text{grad}(x)$$

Le gradient est généralement exprimé sous forme de produit de convolution de l'image par un masque. Les coefficients de ces masques peuvent être ajustés pratiquement selon les besoins.

c'est d'ailleurs de façon totalement empirique que la plus part des masques courants ont été introduits.

Opérateur de Prewitt

L'opérateur de Prewitt est caractérisé par les masques suivants.

1	1	1
0	0	0
-1	-1	-1

Horizontal

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

Vertical

1	1	0
1	0	-1
0	-1	-1

Diagonal 45

0	1	1
-1	0	1
-1	-1	0

Diagonal -45

Opérateur de sobel:

Opérateur Sobel extrait le gradient dans quatre directions principales

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

Horizontal

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

Vertical

2	1	0
1	0	-1
0	-1	-2

Diagonal 45

0	1	2
-1	0	1
-2	-1	0

Diagonal -45

Opérateur moyenne isotropique:

Ce masque est déduit de l'opérateur de Sobel par une pondération permettant de compenser l'effet de distance des points diagonaux par rapport au point central.

1	$\sqrt{2}$	1
0	0	0
-1	$-\sqrt{2}$	-1

Horizontal

1	0	-1
$\sqrt{2}$	0	$-\sqrt{2}$
1	0	-1

Vertical

$\sqrt{2}$	1	0
1	0	-1
0	-1	$-\sqrt{2}$

Diagonal 45

0	1	$\sqrt{2}$
-1	0	1
$-\sqrt{2}$	-1	0

Diagonal -45

Approche du Laplacien:

On vient de voir par l'approche du gradient que le maximum de la dérivée première de la fonction de luminance dénote la présence d'un point de contour; on déduit analogiquement que le passage par zéro de la dérivée seconde indique la même propriété. Le Laplacien est une approximation spatiale de la dérivée seconde, il a l'avantage d'être invariant par rotation, des approximations de ce filtre sur une fenêtre 3*3 sont définies par les masques suivants.

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

1	-2	1
-2	4	-2
1	-2	1

3-1-5) Histogramme du compte numérique:

Avant de traiter une image, il est utile d'analyser la répartition spectrale des valeurs radiométriques de tous les pixels composant l'image par la constitution de son histogramme. L'histogramme est une fonction qui donne la fréquence d'occurrences de chaque niveau de gris dans l'image. Il est obtenu en comptabilisant les pixels de même luminance sur la totalité de l'image. La représentation graphique de l'histogramme a pour axe des abscisses le pourcentage des pixels ayant un même niveau de gris par rapport à l'ensemble des pixels de l'image. La forme de l'histogramme nous donne des informations importantes sur l'image:

- Si l'histogramme prend l'allure d'une courbe de Gauss, aucune différenciation de paysages à partir de ces réponses spectrales ne s'impose, cette constatation signifie que la distribution des valeurs recueillies ne permet pas de distinguer plusieurs classes.

Lorsque l'histogramme présente deux ou plusieurs modes nettement individualisés, c'est à dire qu'il est bimodal ou trimodal, etc.

- Un histogramme étroit indique un manque de contraste dans l'image.

- Un histogramme concentré dans l'intervalle des plus bas niveaux de gris indique une image trop sombre.

- Un histogramme concentré dans l'intervalle des plus hauts niveaux de gris indique une image trop claire.

- Un histogramme étendu sur tout l'intervalle des niveaux de gris indique un image correctement éclairée.

3-2) SEGMENTATION D'IMAGES :

3-2-1) Introduction :

Le nombre considérable d'informations, souvent redondantes contenues dans une image brute rend cette image pratiquement inexploitable. Il est alors nécessaire de réduire le nombre d'informations en regroupant les données de même caractéristique de manière à ne garder que les informations significatives. Cette opération permet d'aboutir à une nouvelle représentation de l'image qui sera appropriée à un traitement plus élaboré en vue d'une exploitation ou interprétation plus aisée. Une telle opération peut être réalisée par la segmentation d'images qui est un processus qui consiste à regrouper des pixels possédant une même propriété. Elle est donc définie par le type de propriété et par la définition d'un voisinage: deux pixels $p(i,j)$ et $p(k,l)$ possédant la même propriété ne se regroupent pour former un domaine deux fois plus grand que si nous pouvons les joindre par une chaîne continue de pixels voisins ayant cette même propriété. Elle s'apparente à la classification non dirigée en ce sens qu'elle permet d'attribuer à un pixel une classe donnée sans connaître a priori, les attributs de cette classe. Elle en diffère toutefois de façon fondamentale, par l'utilisation de règles de décision qui incluent des paramètres spatiaux en plus des paramètres spectraux. L'application de la segmentation à la télédétection provient essentiellement du besoin [précis de télédétection]:

- De réduire le nombre de pixels avant l'opération de classification
- D'améliorer la précision des classifications en intégrant les résultats de segmentation dans les méthodes de choix de zones témoins .
- De tenir compte de la texture dans les opérations de classification

-De faire des analyses quantitatives ou qualitatives d'image à partir d'entités

3-2-2) Méthodes de segmentation d'images de télédétection

On distingue trois catégories de segmentation d'images de télédétection fondées sur la détection des objets et/ou des lignes de contours d'entités distinctes [Linibay(1982)]

3-2-2-1) Méthode de détection des entités

On utilise ces méthodes pour déterminer les regroupements naturels pouvant exister entre éléments ou régions d'une scène. Pour cela trois techniques de regroupement sont utilisées, la technique conjonctive, la technique disjonctive et la technique mixte.

La technique conjonctive

Cette technique consiste à agréger un ensemble initial d'éléments représentant un critère de similarité donné et un pixel ou groupe de pixels satisfaisant ce même critère. Pour la précision, la mesure de similarité doit s'appuyer sur les statistiques des objets à classer et sur leurs propriétés physiques globales (reflectance, rugosité, forme, température.).

Dans la pratique de nombreuses variantes de cette technique on été mises en oeuvre [Haralick 1982].

Les chaînages constituent une des variantes de cette technique. Ils forment des schémas de type hiérarchique ascendant. Quand la fusion des pixels voisins est basée sur le seul fait de la similarité on parle de chaînage simple (Technique du plus proche voisin).

Quand la fusion provient de la recherche des minimum des distances entre les pixels étudiés et ceux qui lui sont les plus éloignés le chaînage est dit complet.

Les méthodes de propagation constituent une autre variante: la propagation peut se faire autour d'un pixel ou d'un groupe de pixels initialement choisis pour former de façon croissante l'entité recherchée.

Les algorithmes des k-moyennes et des nuées dynamiques sont des exemples des méthodes de propagation [Tou et conzalez 1974 ,simon 1984].

Comme autre variante, on utilise les méthodes qui combinent la technique de recherche des pics d'histogrammes avec une méthode de propagation ou de chaînage.

La technique disjonctive

A l'inverse de la technique conjonctive ou méthode de fusion, la technique disjonctive ou méthode de partage débute par le niveau le plus haut de l'image qui est l'image originale si l'image n'est pas homogène, alors elle sera subdivisée en un certain nombre de zones. Ces dernières, seront à leur tour partagées tant que l'homogénéité n'est pas satisfaite. L'intérêt principal d'une telle méthode est l'application d'un test d'homogénéité portant sur un nombre assez large de pixels, ce qui le rend moins sensible au bruit. Néanmoins, les méthodes de partage ont été rarement utilisées seules [Guettache 1991], vu la complexité du choix de la structure de partage à utiliser, elle sont souvent suivies par la technique de fusion qui permet de regrouper des zones semblables et adjacentes. Dans l'analyse d'image de télédétection, la technique disjonctive peut s'appliquer suivant deux méthodes principales [précis de télédétection] les divisions successives et

Quand la fusion provient de la recherche des minimum des distances entre les pixels étudiés et ceux qui lui sont les plus éloignés le chaînage est dit complet.

Les méthodes de propagation constituent une autre variante: la propagation peut se faire autour d'un pixel ou d'un groupe de pixels initialement choisis pour former de façon croissante l'entité recherchée.

Les algorithmes des k-moyennes et des nuées dynamiques sont des exemples des méthodes de propagation [Tou et Gonzalez 1974, Simon 1984].

Comme autre variante, on utilise les méthodes qui combinent la technique de recherche des pics d'histogrammes avec une méthode de propagation ou de chaînage.

La technique disjonctive

A l'inverse de la technique conjonctive ou méthode de fusion, la technique disjonctive ou méthode de partage débute par le niveau le plus haut de l'image qui est l'image originale si l'image n'est pas homogène, alors elle sera subdivisée en un certain nombre de zones. Ces dernières, seront à leur tour partagées tant que l'homogénéité n'est pas satisfaite. L'intérêt principal d'une telle méthode est l'application d'un test d'homogénéité portant sur un nombre assez large de pixels, ce qui le rend moins sensible au bruit. Néanmoins, les méthodes de partage ont été rarement utilisées seules [Guettache 1991], vu la complexité du choix de la structure de partage à utiliser, elle sont souvent suivies par la technique de fusion qui permet de regrouper des zones semblables et adjacentes. Dans l'analyse d'image de télédétection, la technique disjonctive peut s'appliquer suivant deux méthodes principales [précis de télédétection] les divisions successives et

l'agrégation dans l'espace des mesures. Dans la première méthode l'image entière constitue le segment initial chaque segment courant est divisé successivement en quatre régions jusqu'à ce que le critère d'homogénéité soit respecté (structure pyramidale).

Quand à la deuxième méthode elle vise à segmenter l'image à partir des méthodes d'histogrammes. Elle suppose que les différentes entités d'une image sont décrites par des modes distincts.

Les techniques mixtes

Les techniques mixtes combinent la technique de fusion avec la technique de division dans le but d'exploiter leurs avantages.

3-2-2-2) Les méthodes de segmentation hybrides.

Les méthodes hybrides combinent les techniques de détection des entités avec celles de détection des lignes de contours. Elles utilisent l'information sur les éléments contours pour faciliter le classement et celle sur l'intensité des pixels pour affiner les lignes de contours des objets à séparer. Lineberry(1982), Jeansoulin(1982), Kohler(1981) et Munary(1979) décrivent des algorithmes de segmentation hybride.

3-2-2-3) La méthode de segmentation proposée

présentation de la méthode

Dans le cadre de cette étude nous avons développé un algorithme de segmentation d'images basé sur la technique conjonctive de détection des entités. Pour cela nous avons utilisé une méthode itérative de la variance minimale.

[A. Khodja] cette dernière consiste à définir un voisinage constant pour chaque pixel de l'image et à calculer la moyenne et la variance du voisinage, la segmentation se fait selon deux approches :

Dans l'une On affecte au pixel considéré la valeur radiométrique moyenne du pixel voisin dont la variance est minimale, alors que dans l'autre c'est la valeur radiométrique du pixel voisin dont la variance est minimale qui est affectée, Puis pour chacune des deux on regroupe les pixels voisins de même radiance et on recommence l'opération jusqu'à la convergence.

Description de la procédure proposée

a) Définitions:

On définit :

- Un voisinage $V(x,y)$ du point $I(x,y)$ niveau de gris du point (x,y) si est seulement si $I(x',y') \in V(x,y) \Rightarrow I(x,y) \in V(x',y')$

- Un voisinage $V_k(x,y)$ par $V_k(x,y) = \{ I(x-k,y-k), \dots, I(x,y), \dots, I(x+k,y+k) \}$

- La moyenne du voisinage par

$$M(x,y) = \frac{1}{(2^*k+1)(2^*k+1)} \sum_{m=-k}^k \sum_{n=-k}^k I(x-m,y-n)$$

- La variance de $I(x,y)$ par

$$Var(x,y) = \frac{1}{(2^*k+1)(2^*k+1)} \sum_{m=-k}^k \sum_{n=-k}^k [I(x-m,y-n) - M(x,y)][I(x-m,y-n) - M(x,y)]$$

- Le plus proche voisinage de $I(x,y)$ P.P.V(I) est l'un des points de voisinage dont la variance est minimale.

b) L'algorithme:

Une itération de l'algorithme de segmentation commence par une image $I(x,y)$ et remplace les pixels de l'image par le plus proche voisin. Le processus est répété jusqu'à la convergence ou jusqu'à la satisfaction des exigences thématiques.

Nous avons utilisé deux méthodes de remplacement la première consiste à remplacer le pixel central du fenêtre de voisinage par la moyenne de son plus proche voisinage, la deuxième consiste à affecter à ce même pixel la valeur radiométrique de son plus proche voisin.

Exemples

Dans cette partie on présente deux exemples explicatifs d'application de l'algorithme:

Dans le premier exemple nous avons pris une parcelle d'une image Spot canal xsl de taille 10*10 pixels de la région de Blida le tableau (3-1) donne les valeurs radiométriques de cette parcelle.

54	51	57	64	62	60	55	50	48	54
53	53	54	63	57	54	50	49	47	50
53	54	52	55	51	50	51	50	46	49
52	53	51	51	49	50	50	51	51	53
52	52	52	49	59	57	53	54	51	53
53	53	52	51	55	56	54	52	50	53
53	52	52	51	56	58	54	52	53	52
53	54	53	50	54	54	49	51	52	50
53	54	54	51	53	52	47	47	52	51
53	53	53	51	50	51	50	47	51	52

Tableau(3-1) Compte numérique de l'image brute

D'après la radiométrie on constate que la même parcelle est formée de 17 classes de radiances différentes. Les tableaux de (3-2) à (3-8) représentent les résultats de certaines itérations de l'algorithme utilisant le remplacement par la radiométrie moyenne du plus proche voisinage .

A partir de la 12 itération, la méthode converge et le nombre des différentes entités est réduit à quatre (04).

52.75	53.67	57.00	59.50	60.00	56.33	53.00	49.83	49.67	49.75
53.00	53.44	55.89	57.22	57.33	54.44	52.11	49.56	49.22	49.00
53.00	52.78	54.00	53.67	53.33	51.33	50.56	49.44	49.56	49.33
52.67	52.33	52.11	52.11	52.33	52.22	51.78	50.78	50.89	50.50
52.50	52.22	51.56	52.11	53.00	53.67	53.00	51.78	52.00	51.83
52.50	52.53	51.56	53.00	54.67	55.78	54.44	52.56	52.22	52.00
53.00	52.78	52.00	52.67	53.89	54.44	53.33	51.89	51.67	51.67
53.17	53.11	52.33	52.67	53.22	53.00	51.56	50.78	51.11	51.67
53.33	53.33	52.56	52.11	51.78	51.11	49.78	49.56	50.33	51.33
53.25	53.33	52.67	52.00	51.33	50.50	49.00	49.00	50.00	51.50

Tableau (3-2) Valeurs moyennes de l'image brute

01.09	01.08	04.93	03.69	03.51	03.94	03.83	02.54	02.21	35.28
37.49	01.57	04.38	04.52	04.90	04.19	03.38	02.45	02.15	02.58
37.48	00.92	03.45	04.03	04.24	02.40	01.34	01.71	02.01	02.36
37.25	00.82	01.66	02.96	03.50	03.29	02.30	02.10	02.28	02.43
37.13	00.63	01.17	02.96	03.56	03.27	02.36	01.47	01.25	01.21
37.13	00.47	01.07	02.91	03.30	01.87	02.01	01.34	01.13	01.15
37.48	00.63	01.15	01.89	02.56	02.31	02.54	01.59	01.05	01.25
37.60	00.74	01.41	01.76	02.44	03.16	03.37	02.39	01.66	00.94
37.72	00.47	01.42	01.52	01.47	02.23	02.35	02.01	01.89	00.75
00.45	00.47	01.25	01.41	00.94	01.89	02.08	02.08	02.16	36.42

Tableau(3-3) Variances de l'image brute

52.75	52.75	53.44	60.00	60.00	52.11	49.56	49.22	49.22	49.22
52.78	52.78	52.78	54.00	51.38	50.56	50.56	50.56	49.44	49.56
52.33	52.33	52.33	52.11	50.33	50.56	50.56	50.56	49.44	49.56
52.22	52.22	52.22	51.56	51.33	50.56	50.56	52.00	51.83	51.83
52.33	52.33	52.33	51.56	55.78	55.78	52.56	52.22	52.22	52.22
52.33	52.33	52.33	51.56	55.78	55.78	52.56	51.67	51.67	51.67
52.33	52.33	52.33	51.56	52.67	55.78	52.56	51.67	51.67	51.67
53.33	53.33	53.33	52.00	51.78	51.78	51.89	51.67	51.33	51.33
53.25	53.25	53.33	53.33	53.33	53.33	50.50	51.11	51.33	51.33
53.25	53.25	53.33	51.33	51.33	51.33	50.50	50.33	51.33	51.33

Tableau (3-4) Remplacement selon la variance minimale iteration 1

52.76	52.76	52.76	52.11	51.46	50.81	50.81	50.35	49.88	49.41
52.62	52.62	52.62	52.02	51.42	50.81	50.81	50.35	49.88	49.41
52.48	52.48	52.48	51.92	51.37	50.81	50.90	50.67	50.45	50.14
52.33	52.33	52.33	52.00	51.58	51.61	51.61	51.09	51.02	50.86
52.33	52.33	52.33	52.16	51.83	51.50	51.42	51.50	51.59	51.59
52.33	52.33	52.33	52.33	52.06	51.84	51.59	51.59	51.59	51.59
52.64	52.64	52.43	52.21	51.84	51.67	51.61	51.51	51.51	51.51
52.94	52.94	52.52	52.09	51.58	51.50	51.42	51.42	51.42	51.42
53.25	53.25	52.61	51.97	51.33	51.33	51.33	51.53	51.33	51.33
53.25	53.25	52.61	51.97	51.33	51.33	51.33	51.33	51.33	51.33

Tableau (3-5) Valeurs moyennes de la 12 iteration

00.00	00.00	00.00	00.92	00.92	00.00	00.00	00.66	00.66	34.94
37.21	00.20	00.20	00.87	00.86	00.00	00.00	00.66	00.66	00.00
37.11	00.20	00.20	00.80	00.79	00.00	00.24	00.74	00.97	01.03
37.01	00.00	00.00	00.63	00.72	00.52	00.39	00.69	00.89	01.03
37.01	00.00	00.00	00.48	00.62	00.56	00.32	00.24	00.00	00.00
37.01	00.00	00.00	00.00	00.35	00.35	00.00	00.00	00.00	00.00
37.22	00.43	00.54	00.55	00.46	00.37	00.12	00.12	00.12	00.12
37.44	00.43	00.75	00.76	00.41	00.31	00.12	00.12	00.12	00.12
37.65	00.00	00.90	00.90	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00
00.00	00.00	00.90	00.90	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	36.30

Tableau (3-6) Variances de la 12 iteration

52.76	52.76	52.76	52.76	50.81	50.81	50.81	50.81	49.41	49.41
52.76	52.76	52.76	52.76	50.81	50.81	50.81	50.81	49.41	49.41
52.33	52.33	52.33	52.33	50.81	50.81	50.81	50.81	49.41	49.41
52.33	52.33	52.33	52.33	52.81	50.81	50.81	51.59	51.59	51.59
52.33	52.33	52.33	52.33	52.33	51.59	51.59	51.59	51.59	51.59
52.33	52.33	52.33	52.33	52.33	51.59	51.59	51.59	51.59	51.59
52.33	52.33	52.33	52.33	52.33	51.59	51.59	51.59	51.59	51.59
53.25	53.25	53.25	51.33	51.33	51.33	51.33	51.33	51.33	51.33
53.25	53.25	53.25	51.33	51.33	51.33	51.33	51.33	51.33	51.33
53.25	53.25	53.25	51.33	51.33	51.33	51.33	51.33	51.33	51.33

Tableau (3-7) Remplacement selon la variance minimale iteration 12

53		51		49
52				
53	51			

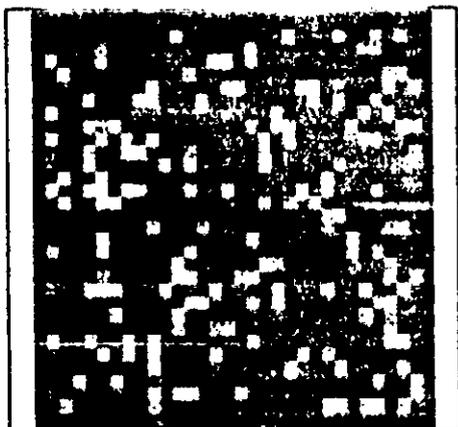
Tableau (3-8) Compte numerique de la 12 ieme iteration

Dans Le deuxième exemple on a utilisé une partie de la même scène mais de taille plus grande (30*30 pixels). la représentation des résultats des iterations a été faite sous forme d'images par l'affectation des 16 couleurs de la palette de l'écran aux niveaux de gris.

Dans l'image brute il y'a une répartition individuelle des pixels.

A partir de la 1 ère itération les regroupements des pixels de voisinage commencent à former des régions de plus en plus grandes jusqu'à la convergence

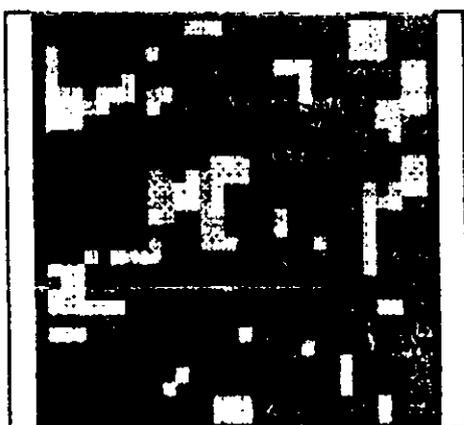
Les différentes itérations sont représentées par les images des figures de (3-4) à (3-12) .



Figure(3-4) Image originale



Figure (3-5) Iteration 1



Figure(3-6) Iteration 2

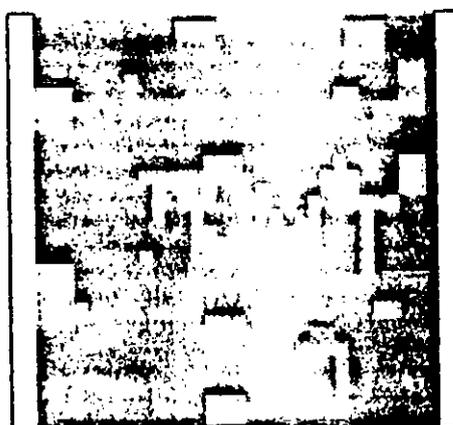
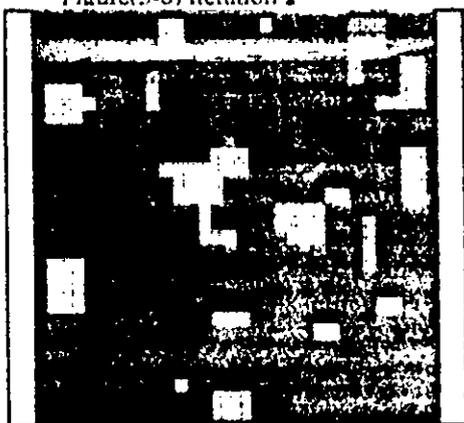


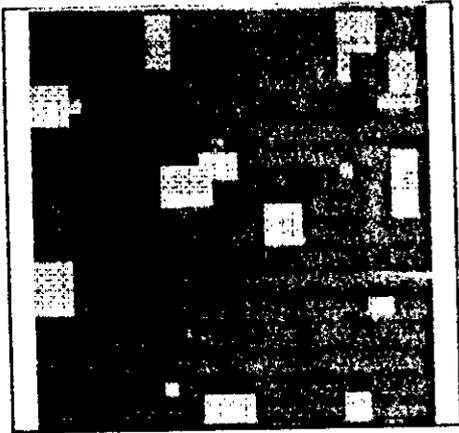
Figure (3-7) Iteration 3



Figure(3-8) Iteration 4



Figure (3-9) Iteration 5



Figure(3-10) Iteration 6

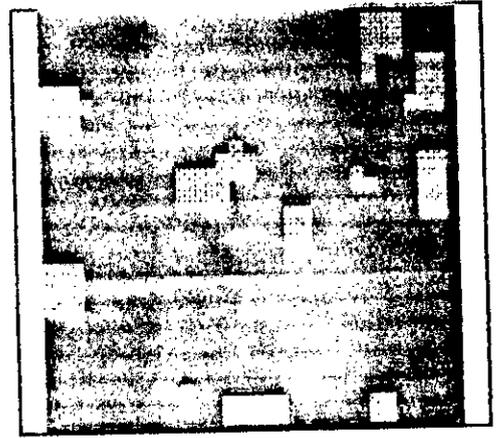


Figure (3-11) Iteration 7

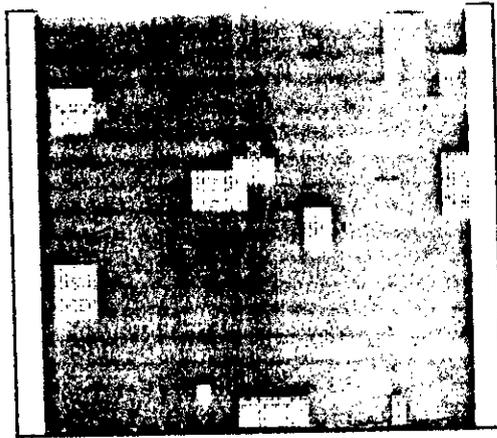
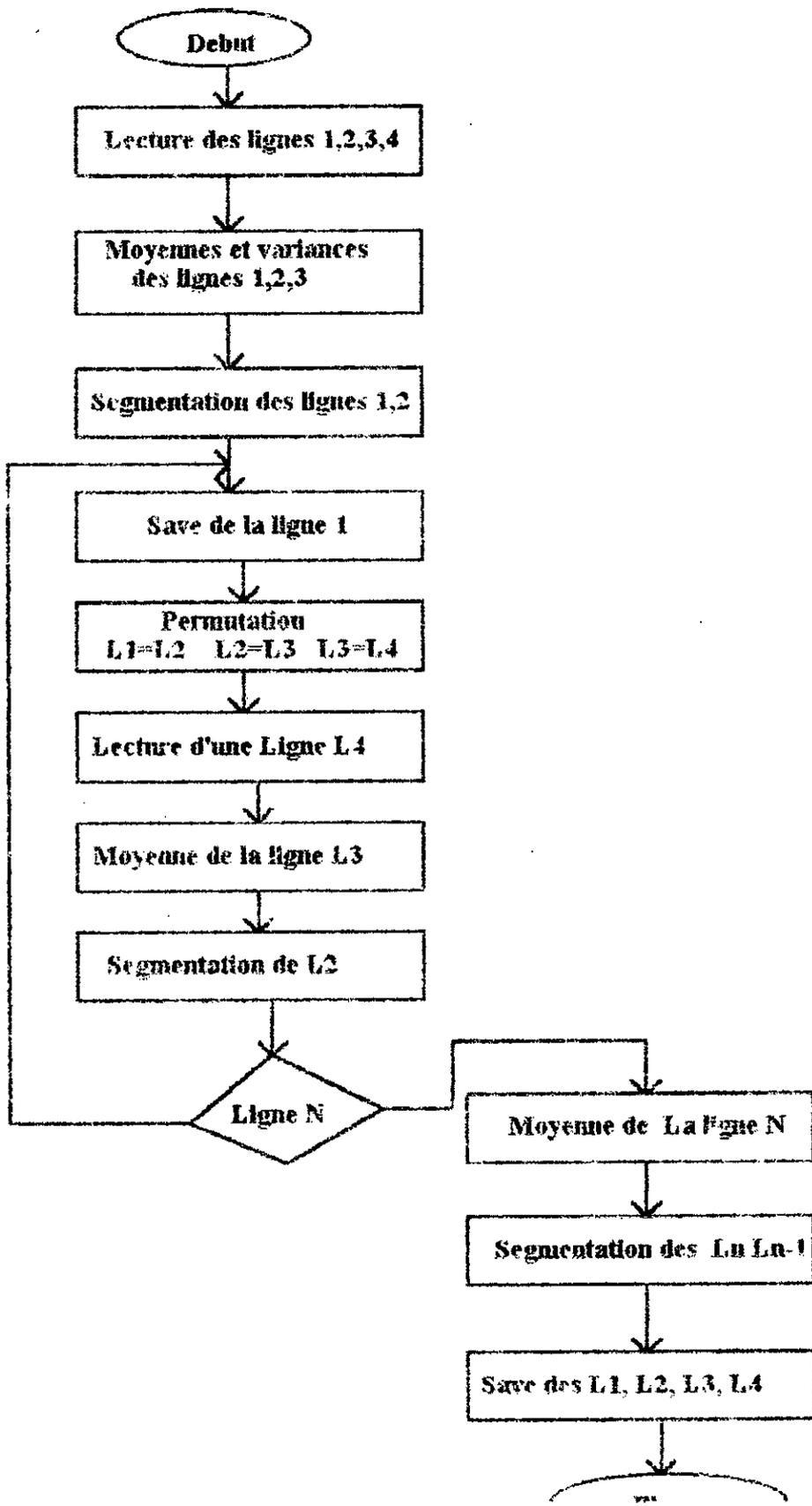


Figure (3-12) Iteration 8

c) Adaptation de l'algorithme pour des images de grande taille:

L'image choisie pour l'application de l'algorithme est une scène spot de 512*512 pixels couvrant une superficie de 100 km² de la région de blida englobant les vilies de Blida ,Chrea,et Beni Merad.

Cet algorithme est basé sur le balayage de l'image ligne par ligne, d'où la présence permanente en mémoire de quatre lignes successives. Une fois la troisième ligne segmentée, on sauvegarde la 1 ère ligne et on charge une nouvelle 4 ieme ligne après translation vers le haut des autres lignes. L'organigramme suivant explique en détail une itération de l'algorithme.



3-3) Classification d'images

3-3-1) Introduction:

Dans le traitement automatisé des images, l'étape de classification vise à grouper les données par classe. Pour se faire, plusieurs algorithmes statistiques relevant de techniques d'analyse multivariable sont disponibles.

Ces algorithmes peuvent être supervisés ou non supervisés, paramétriques ou non paramétriques. Un algorithme de classification est supervisé ou non supervisé selon qu'il nécessite ou non la connaissance à priori de zones tests représentatives de chaque classe. D'autre part, il est paramétrique, ou non paramétrique, selon qu'il requière ou non comme donnée d'entrée des paramètres statistiques relatifs à la distribution des individus dans chaque classe.

Dans ce travail nous avons concentré notre attention sur trois types de classificateurs non supervisés et non paramétriques, le premier est basé sur les courbes des réponses spectrales des thèmes composant l'image de la zone étudiée, l'algorithme de ce classificateur est développé spécialement pour l'identification de l'urbain, le deuxième type de classificateur est basé sur l'histogramme à une dimension et le dernier type utilise le scatterogramme (la représentation d'une bande spectrale en fonction d'une autre de la même image).

3-3-2) L'algorithme de classification basé sur les réponses spectrales

L'algorithme de classification développé repose sur l'analyse de la variation des réponses spectrales d'un canal à un autre des thèmes composant l'image.

Le bâti se caractérise (figure 2-7) par une réponse spectrale constante en se déplaçant du canal un vers le canal deux puis une diminution en canal trois.

Pour les autres thèmes une diminution en canal deux suivi d'une augmentation en canal trois, la variation du canal deux vers le canal trois est très grande pour le thème végétation ,mais elle est moyenne pour le thèmes routes.

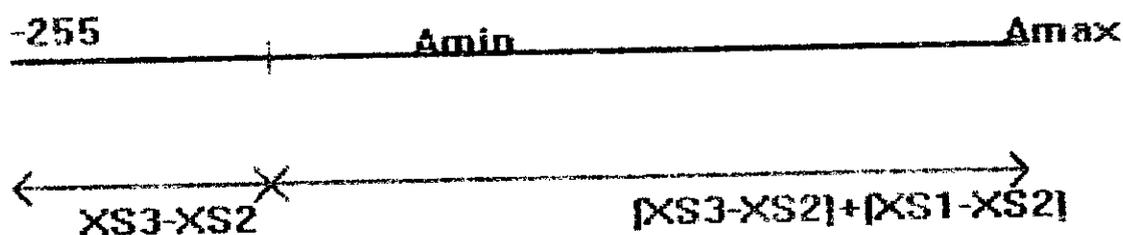
Par le calcul de la différence des radiances entre le canal trois et le canal deux, on peut séparer le bâti du non bâti, si cette différence est négatif ou inférieure à A_{min} , on classe la zone comme une zone de bâti. Si c'est le contraire, on calcul la valeur de l'expression suivante

$(XS3 - XS2) + (XS1 - XS2)$ et on la compare à une valeur $A_{max} = [(V_{xs3})_{max} - (V_{xs2})_{min}] / 2$.

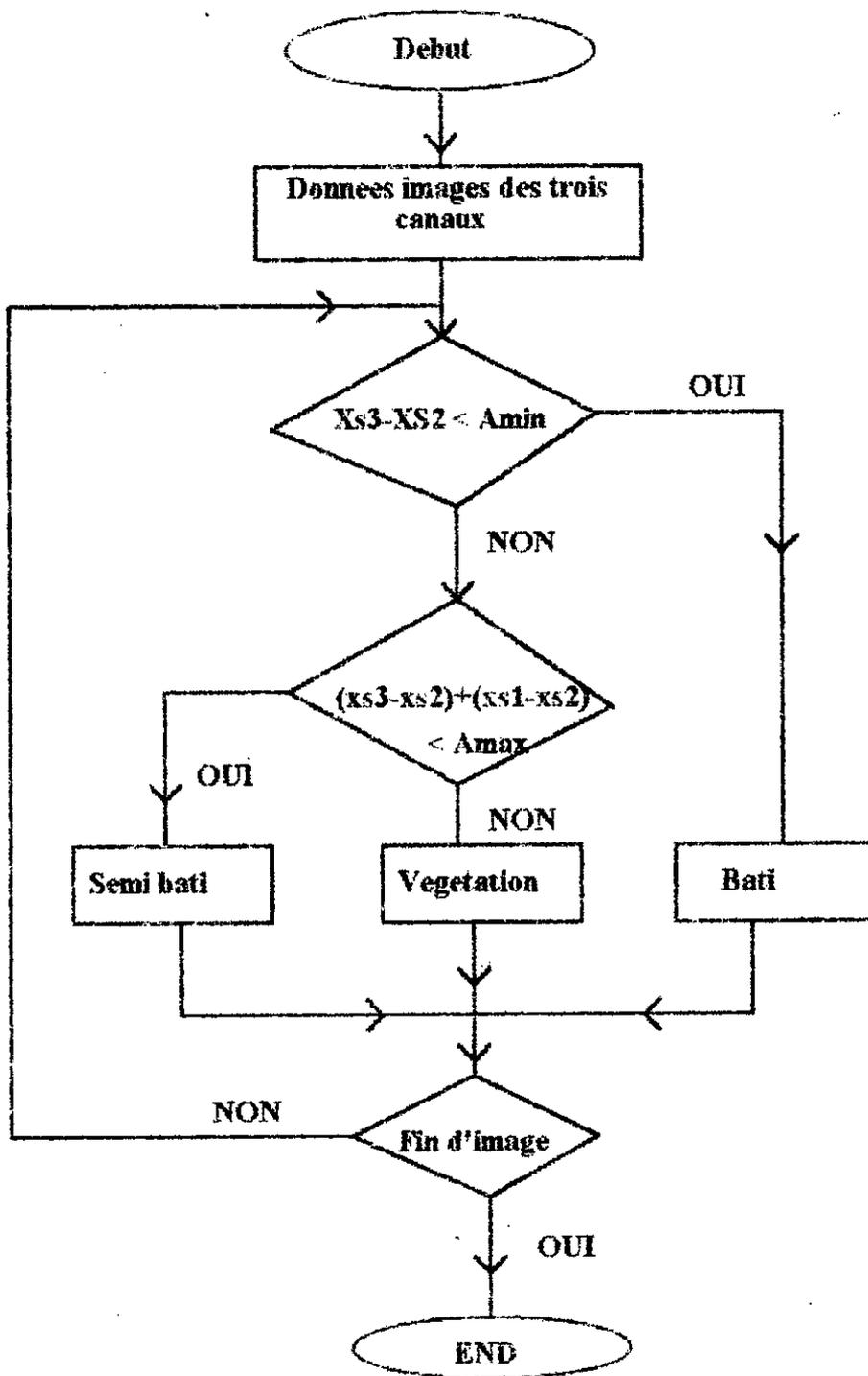
$(V_{xs3})_{max}$ représente la valeur maximale de la radiance de végétation en canal trois.

$(V_{xs2})_{min}$ représente la valeur minimale de la radiance de végétation en canal deux.

On dit que la zone est une zone de végétation si la valeur de cette expression est supérieure à A_{max} , dans le cas ou elle est inférieure on parle d'une zone semi-bâti.



L'organigramme suivant montre d'une façon bien explicatif la procédure de classification proposée.



3-3-3) L'algorithme de classification basé sur l'histogramme:

Cet algorithme repose sur l'analyse de l'histogramme d'une bande spectrale de l'image pour générer des partitions dans les données de l'image, la participation de l'utilisateur se limite à établir le nombre de classes à générer et à choisir les seuils entre classes. Chaque pic d'histogramme est le centre d'une classe différente.

La figure (3-13) explique la façon de choisir les seuils à partir d'histogramme

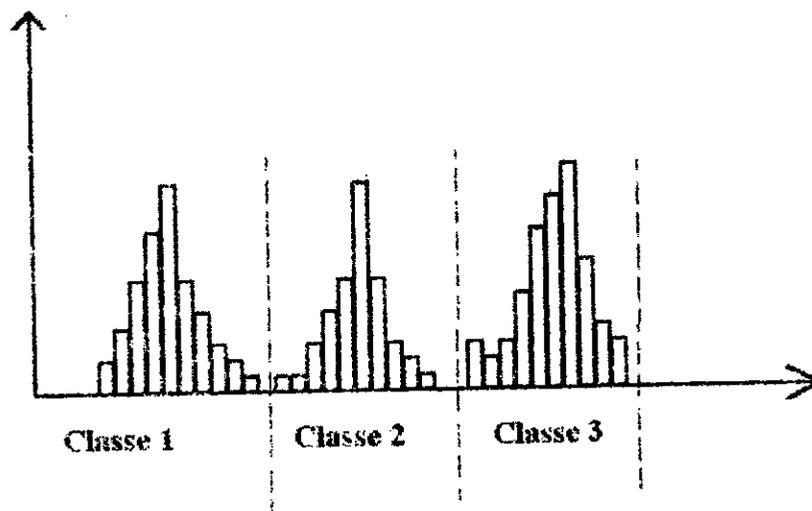


Figure (3-13) Choix des seuils de classification à partir d'histogramme

3-3-4) L'algorithme de classification basé sur le scattergramme:

L'algorithme de classification basé sur le scattergramme utilise, une représentation d'un espace spectral à deux dimensions suivie d'un découpage en régions rectangulaires, chaque région représente une classe. Dans un premier temps l'algorithme bâtit le scattergramme, les classes sont ensuite identifiées à l'aide d'un petit curseur que l'utilisateur déplace.

La figure (3-14) montre un exemple de classification en deux thèmes utilisant le scattergramme des bandes 3 et 2, dans cette même figure on remarque l'existence des pixels isolés qui n'ont pas de classe.

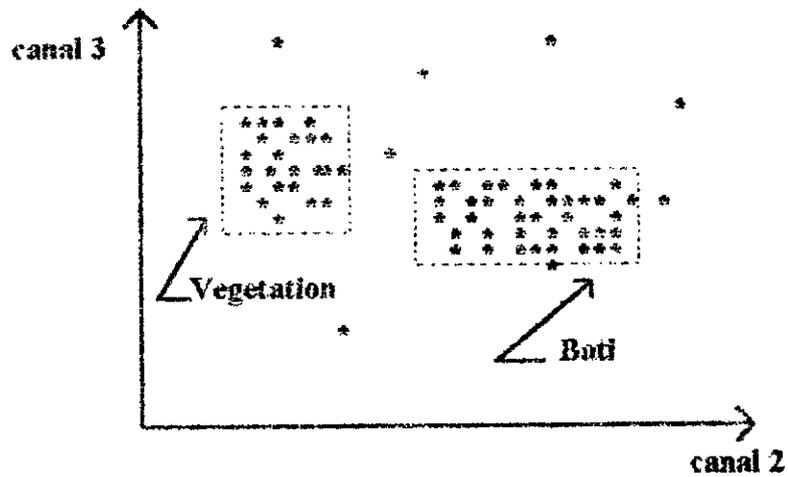


Figure (3-14) Classification en deux themes à partir d'un espace spectrale à deux dimensions

3-4) La morphologie mathématique:

La morphologie mathématique est à la fois une méthode de traitement des images et une méthode active de mesure, dans laquelle des transformations préalables de l'image, précèdent une mesure de paramètres simples. Elle 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 objet de référence de forme connue, appelé élément structurant. On la définit également comme étant l'ensemble des méthodes qui considèrent les objets de l'image comme des parties de l'espace [Ferdinand et Al]. Les paramètres dont on tient compte en morphologie mathématique sont: la forme, le contraste, la couleur et la disposition des objets dans l'image. L'élément structurant noté E_s , ou s est son point central, est caractérisé par sa forme dont le choix dépend du problème à résoudre. On peut le représenter comme une matrice binaire affichant un objet de forme généralement très simple auquel les objets de l'image seront comparés. la comparaison se fait en déplaçant l'élément structurant sur tout point de l'image et en posant des questions simples: L'objet de référence, transporté au point considéré, touche-t-il des points blancs?, est-il inclus dans la phase blanche?. etc.

Plusieurs types d'éléments structurants peuvent être utilisés, entre autres:

élément +

Le pixel à modifier se trouve entre quatre pixels voisins comme suit:

	$x,y-1$	
$x-1,y$	x,y	$x+1,y$
	$x,y+1$	

élément V

Dans ce cas le pixel à modifier se trouve entre trois pixels voisins.

$x-1,y-1$		$x+1,y-1$
	x,y	
	$x,y+1$	

élément *

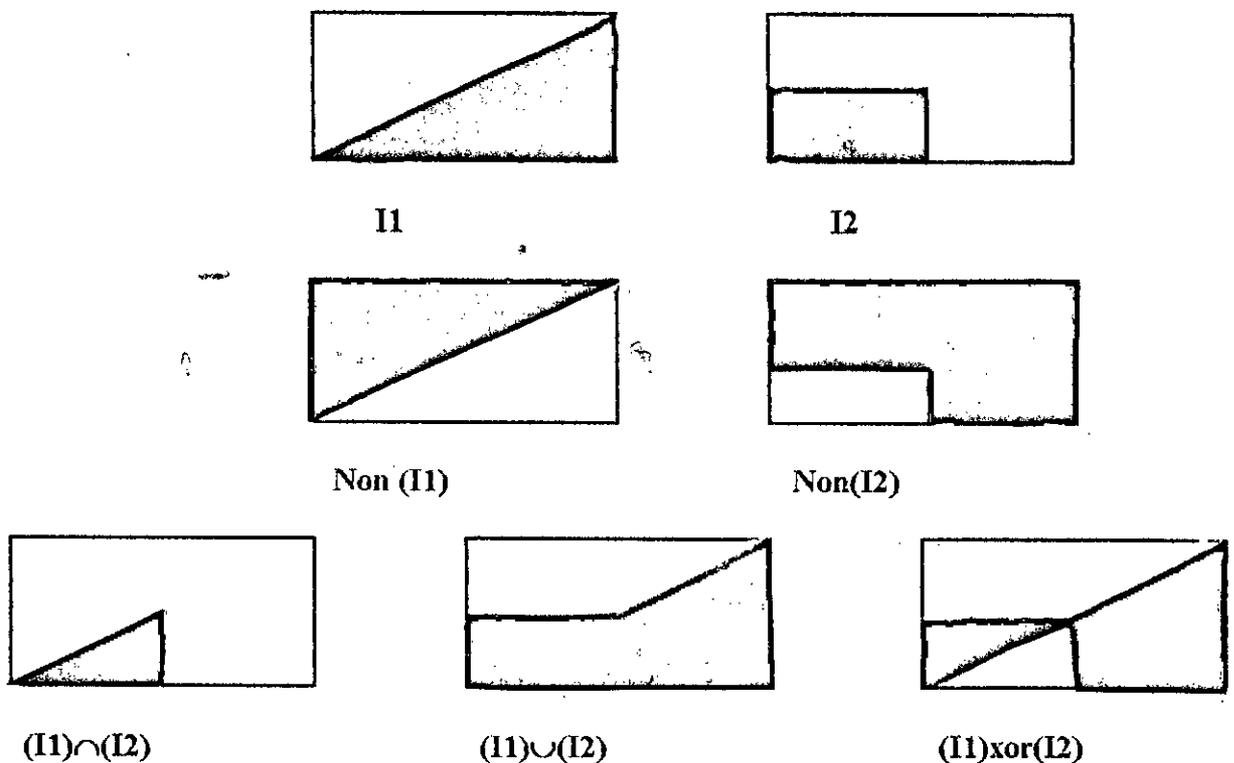
Le pixel concerné par la modification se trouve entre huit pixels voisins.

x-1,y-1	x,y-1	x+1,y-1
x-1,y	x,y	x+1,y
x-1,y+1	x,y+1	x+1,y+1

La comparaison des objets avec des éléments structurants suit une démarche logique inspirée de la théorie des ensembles. Le tableau suivant montre les principaux opérateurs logiques.

Complementation	Non	NOT
Intersection	ET	AND
Union	OU	OR
Différence symétrique	OU exclusif	XOR

Un exemple d'application de ces opérateurs sur des images binaires est donné par la figure(3-15).



Figure(3-15) Exemples d'applications des opérations logiques sur les images I1 et I2

[J.M Chaix 1986]

La morphologie mathématique peut être envisagée sous deux aspects:

- La morphologie Binaire:

Dans ce cas, on considère l'image à traiter comme un ensemble de formes prises sur un fond. Nous avons donc un ensemble de pixels ayant la valeur 1 et son complémentaire ensemble de pixels du fond ayant la valeur 0.

- La morphologie en tons de gris:

Dans ce cas, l'image numérisée est considérée comme une fonction bidimensionnelle s'étalant sur l'ensemble (0... 255).

3-4-1) Les transformations de base de la morphologie mathématique

Les transformations de base de la morphologie mathématique tendent à simplifier les informations contenues dans l'image, sans toutefois altérer ses caractéristiques essentielles. On distingue deux transformations fondamentales:

3-4-1-1) L'érosion:

L'érodé de X par élément structurant E_s est défini comme le lieu des centres s de E_s tels que E_s est inclus dans X figure (3-17a) [Mowchot et Al 1989]. mathématiquement l'érosion est définie par:

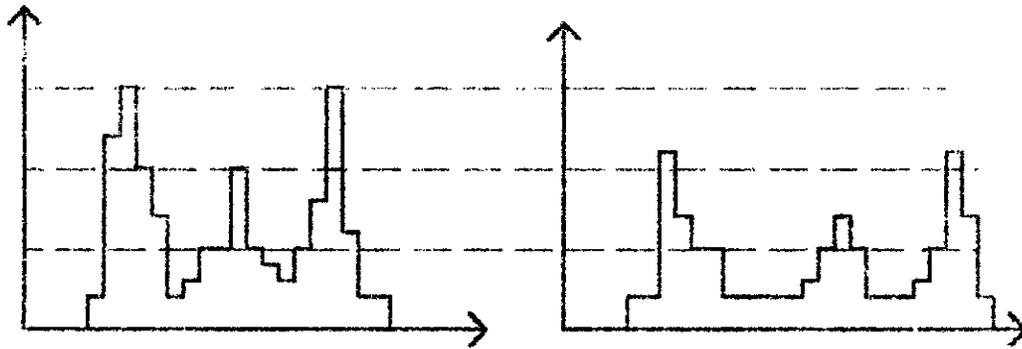
$$X \ominus E_s = \{s/E_s \subseteq X\}$$

L'érosion de taille n est la résultante de n érosions.

Pour une érosion maximale on devra choisir le troisième type d'élément structurant.

En pratique, l'érosion d'une image consiste à balayer toute la surface de cette image et à retenir, à chaque pixel traité, la valeur inférieure entre les pixels de l'élément structurant et ce pixel.

Ceci se traduit sur l'image par l'élimination des contours des objets ainsi que par l'élimination des petits détails. Sur un histogramme cela se traduit par la diminution de la largeur des pics et l'agrandissement de la largeur des vallées.



figure(3-16) effets de l'érosion sur l'histogramme [Benabadja 1994]

Propriétés de l'érosion:

L'érosion possède les propriétés suivantes:

Elle est invariante, croissante, anti-extensive et elle n'est ni idempotente, ni homotopique.

L'érosion est compatible avec l'intersection (l'érode de l'intersection est égal à l'intersection des érodés).

L'union des érodés est strictement inclus dans l'érode de l'union.

L'érosion est distributive par rapport à l'intersection :

3-4-1-2) La dilatation:

La dilatation est la transformation duale de l'érosion. Elle conserve tout point s du plan tel que l'élément structurant E_s et l'ensemble à dilater X ne soient pas disjoints (figure 3-17b), sa définition mathématique est donnée par:

$$X \oplus E_s = \{s/E_s \cap X \neq \emptyset\}$$

Propriétés de la dilatation:

La dilatation possède les propriétés suivantes:

Elle est invariante, croissante, extensive et elle n'est ni idempotente, ni homotopique.

La dilatation est compatible avec l'union (le dilate de l'union est égal à l'union des dilates).

Le dilaté de l'intersection est strictement inclus dans l'intersection des dilates.

La dilatation est distributive par rapport à l'union :

On trouvera plus de détails sur les propriétés de l'érosion et de la dilatation dans [Troug et Al 1993].

3-4-1-3) Ouverture et fermeture:

Beaucoup de techniques de traitements d'images peuvent être exprimées par des transformations morphologiques citons l'ouverture, la fermeture, squelettisation, détection de contours....

L'ouverture:

L'ouverture de l'objet X par élément structurant E_s est une érosion suivie d'une dilatation (Figure 3-17c), elle est exprimée par

$$X \circ E_s = (X \ominus E_s) \oplus E_s$$

La fermeture:

La fermeture est une dilatation suivie d'une érosion (Figure 3-17d) son expression mathématique est:

$$X \bullet E_s = (X \oplus E_s) \ominus E_s$$

Détection de contours:

La détection de contours est le résultat de l'application de l'opération logique XOR entre l'image binaire et son érodé.

$$Contours = (X) \text{ XOR } (X \ominus E_s)$$

Le choix de l'élément structurant joue un rôle très important dans le sens de détection des contours, le troisième type d'élément structurant permet une détection de contours dans toutes les directions

La figure(3-18) montre comment se fait la détection de contours suivant le type d'élément structurant.

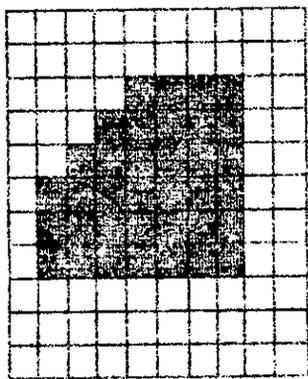
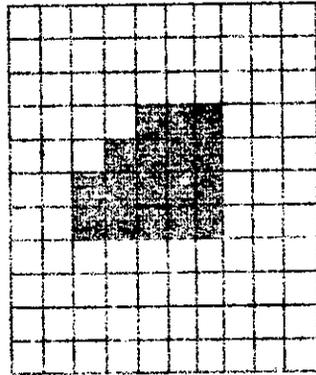
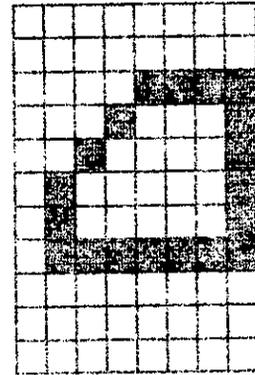


Image binaire



Erosion par l'element (+)



(Erodee).XOR.Image

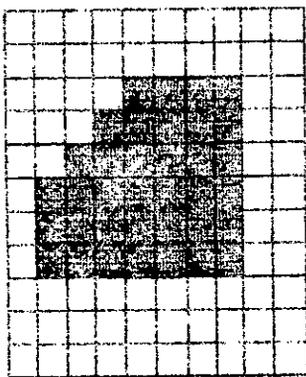
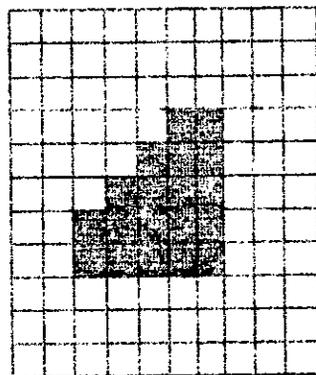
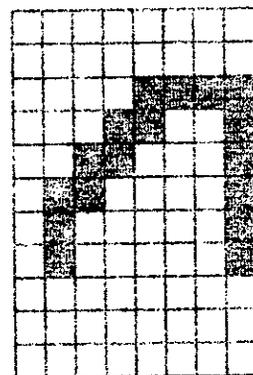


Image binaire



Erosion par l'element (V)



(Erodee).XOR.Image

Figure(3-18) Exemple de detection de contour d'une image binaire

a) par element structurant +

b) par element structurant V

L'organigramme de la figure(3-19) explique La transformation érosion d'une image à quatre niveaux de gris (0, 1, 2 et 3), utilisant l'élément structurant "+", nous désignons par C la couleur de l'objet à érodé et par CN la nouvelle couleur du pixel P(x,y). Lorsque la couleur du pixel P(x,y) est différente à C on passe au pixel suivant, dans le cas contraire, on la compare avec le premier pixel de l'élément structurant suivant le résultat de comparaison, soit on passe au deuxième pixel de l'élément structurant soit on lui affecte la couleur correspondante comme c'est détaillé par les tableaux suivants.

C	P(x,y)
0	0
0	1
0	2
0	3
1	0
1	1
1	2
1	3
2	0
2	1
2	2
2	3
3	0
3	1
3	2
3	3

Tableau(a)

P(x,y)	P(x+1,y)	CN
0	0	-
0	1	B
0	2	B
0	3	B
1	0	N
1	1	-
1	2	N
1	3	N
2	0	N
2	1	N
2	2	-
2	3	N
3	0	N
3	1	N
3	2	N
3	3	-

Tableau(b)

P(x,y)	P(x,y+1)	CN
0	0	-
0	1	B
0	2	B
0	3	B
1	0	N
1	1	-
1	2	N
1	3	N
2	0	N
2	1	N
2	2	-
2	3	N
3	0	N
3	1	N
3	2	N
3	3	-

Tableau(c)

P(x,y)	P(x-1,y)	CN
0	0	-
0	1	B
0	2	B
0	3	B
1	0	N
1	1	-
1	2	N
1	3	N
2	0	N
2	1	N
2	2	-
2	3	N
3	0	N
3	1	N
3	2	N
3	3	-

Tableau(d)

P(x,y)	P(x,y-1)	CN
0	0	-
0	1	B
0	2	B
0	3	B
1	0	N
1	1	-
1	2	N
1	3	N
2	0	N
2	1	N
2	2	-
2	3	N
3	0	N
3	1	N
3	2	N
3	3	-

Tableau(e)

Tableaux(3-9 a,b,c,d,e) Etapes de déroulement de l'érosion

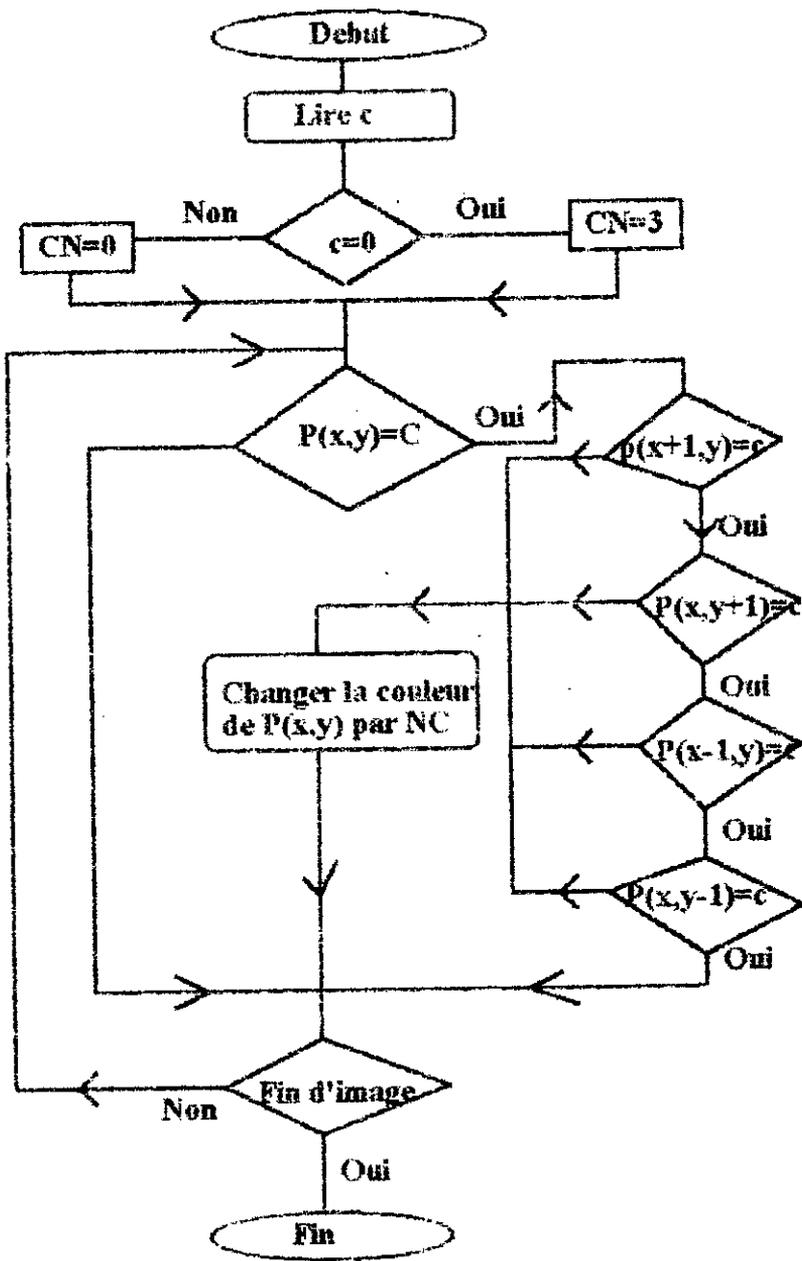


Figure (3-19) Organigramme de l'opération érosion par l'élément structurant "+"

4-1) Présentation du logiciel développé:

Le logiciel, que nous avons élaboré, est constitué d'une bibliothèque de sous-programmes spécialisés de traitement d'images et d'une unité de gestion des ressources.

Ses principales caractéristiques sont:

- La modularité: la structure modulaire du logiciel permet l'insertion de nouveaux algorithmes de traitement au fur et à mesure que les idées évoluent.
- inter activité: le logiciel est utilisé en mode interactif lors des opérations de traitement et de visualisation des images par l'intermédiaire d'un menu interactif plein écran. Ce dernier facilite l'utilisation du système de traitement d'images, ce qui lui donne une orientation vers des utilisations non spécialisés.
- Facilité d'implantation : il fonctionne sur des micro-ordinateurs Pc compatibles de tout types (XT, AT286, AT386, 486,...) possédant une carte graphique VGA.
- Gestion des fichiers de type ASCII: ce qui lui permet l'importation et l'exportation avec une large gamme de logiciels de traitements d'images.

Il se compose de plusieurs programmes qu'on peut exécuter soit à partir du programme menu soit indépendamment de ce dernier.

Utilisation du menu principal:

Un menu est une série d'options offertes à l'utilisateur. Il sert à naviguer dans le système. Le menu principal contient la suite des menus déroulant des options à multiusages.

Dès le lancement du logiciel T.I.S, vous voyez apparaître la barre des menus; cette barre vous propose 5 menus différents, chacun de ces menus donnant accès à des "menus déroulants" comportant diverses "options" certaines options peuvent être exécutées directement, d'autres nécessitent des informations supplémentaires que vous fournirez par l'intermédiaire d'une boîte de dialogue.

L'utilisation des menus à partir du clavier se fait de façon relativement naturelle; la touche de fonction F10 "active" la barre des menus les touches fléchées permettent la sélection d'un menu ou d'une option dans un menu, la validation se fait traditionnellement par la touche "retour" la sélection d'un menu ou d'une option peut aussi se faire en frappant une "lettre caractéristique" (elle apparaît différemment des autres lettres), elle doit être associée à la touche Alt si l'on veut accéder à un menu alors que la barre des menu n'est pas activée.

Si vous disposez d'une souris, vous pouvez sélectionner directement un menu ou une option en cliquant dessus.

La figure(4-1) montre la barre des menus avec ses différents menus déroulants. Les figures (4-2a,b,c,d,e,f) montrent les menus des différentes options du logiciel.

1 Menu system

Le menu system contient les fonction d'ordre général suivante:

About: Donne une présentation résumée du logiciel (Orientation, réalisateur, date de réalisation.)

List: Permet d'obtenir la liste des noms de fichiers répondant à un masque donné (exemple *.pas)

Change dir: Cette fonction du menu système permet l'activation du passage d'un répertoire à un autre.

Dos shell: L'option Dos shell assure la sortie momentanée du logiciel vers le système d'exploitation Dos, le retour au logiciel se fait en frappant la commande Exit.

Exit Alt-x: Cette option met fin à l'exécution du logiciel.

2 Menu image

Ce menu déroulant est consacré à la manipulation des images de télédétections, il contient les options suivantes:

la visualisation:

Permet la visualisation d'une image dont le nom doit être donné explicitement avec d'autres paramètres utiles comme la taille de l'image et le nom de sauvegarde par l'intermédiaire d'une boîte de dialogue.

Quatre types de visualisations sont possible selon le choix de l'utilisateur.

a) Visualisation en couleur d'une gamme de 16 radiances successives par exemple de (0 à 15) les touches U (Page Up) et D (Page Down) permettent la visualisation des gammes suivantes.

b) Visualisation en couleur en 16 classes, ces classes sont choisies à partir des courbes de réponses spectrales connues en télédétection (courbes de la végétation, l'eau, des roches,...).

c) La même visualisation que (a) en niveau de gris.

d) Visualisation en 16 classes en niveau de gris.

Afin d'améliorer la visualisation, de faciliter l'interprétation et de permettre la sauvegarde d'images, différents options sont disponibles.

C: Couleur, permet de modifier la palette des couleurs en faisant varier les couleurs primaires à l'aide des touches R, B et V.

R: Radiance; permet de donner les coordonnées image et le compte numérique du pixel sélectionné par le curseur.

Z: Zoom; permet d'agrandir une partie rectangulaire de l'image affichée à l'écran en pointant les deux coins opposés du rectangle englobant la région que l'on veut agrandir.

S: Save; permet de sauvegarder l'image présente à l'écran.

Q: Quit permet de revenir à la boîte de dialogue de l'option visualisation.

Defilement d'images: Permet une visualisation successive de plusieurs images.

Opérations algébriques: Cette option du menu principal permet à l'utilisateur d'effectuer les opérations algébriques suivantes: l'addition et la soustraction des images et le calcul des indices de végétation et urbain.

Superposition d'image contour: Permet l'affichage de la superposition d'une image classée et une image contour.

Fenêtrage: Le fenêtrage permet l'extraction d'une fenêtre de l'image principale.

Génération d'image: L'utilisateur a la possibilité de créer un fichier image:

- manuellement à partir du clavier
- une image constante (même valeur attribuer aux données du fichier de l'image)
- une image bruit (données aléatoires).

Agrandissement: Permet d'agrandir le fichier numérique de l'image dont le coefficient d'agrandissement doit être donné par l'utilisateur.

3 Menu statistique:

Ce menu offre les outils statistiques suivants.

Histogramme: Permet de calculer et d'afficher l'histogramme de l'image, la radiance moyenne et la fréquence d'occurrence maximale et une sauvegarde des données histogramme sous un format compatible avec le logiciel Grapher.

Scattergramme: Affiche à l'écran l'espace spectral de deux bandes spectrales

Superposition d'histogramme: Permet la superposition sur écran de trois histogrammes au maximum.

4 Menu traitement:

Ce menu contient les modules de traitements et de rehaussements d'images .

Ces modules sont:

Filtrage: Cette partie du menu est consacrée aux différents filtres numériques linéaires et non linéaire, on trouve:

Filtre passe bas (lissage)

Filtre médian

Filtre maximum

Filtre minimum

Filtre passe haut

Filtre détection de contour

Filtre à définir par l'utilisateur (masque 3*3)

Elargissement du contraste: Permet de rehausser le contraste d'une image en sélectionnant, à partir de l'histogramme, les extrémités de l'intervalle d'élargissement.

Fausse couleur: Cette fonction permet la production d'un fichier image calculer à partir de la composition des trois canaux rouge, vert et bleu d'une image.

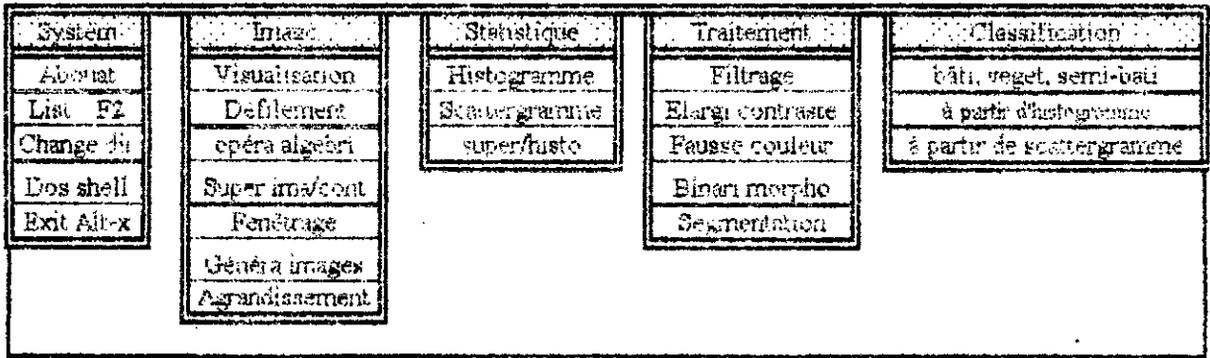
Binarisation et morphologie: C'est l'affichage graphique de l'image binarisée avec un menu à sa droite. Ce menu permet l'application directe de certaines opérations de la morphologie mathématique tels que: l'érosion, la dilatation, la détection de contour,...

Segmentation: Cette option permet la segmentation des images par la méthode du plus proche voisin au sens de la variance minimale.

§ Menu classification:

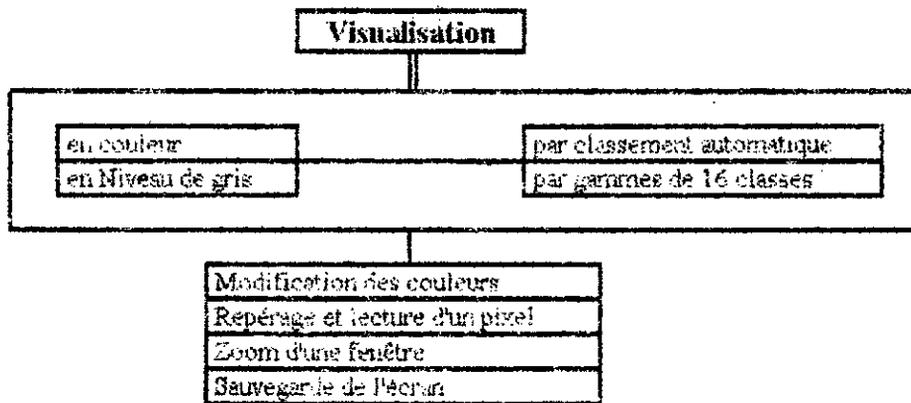
Trois types de classifications sont disponibles.

- Classification automatique en trois thèmes bâti, végétation et semi-bâti.
- Classification à partir d'histogramme
- Classification utilisant le scatterogramme de l'image.

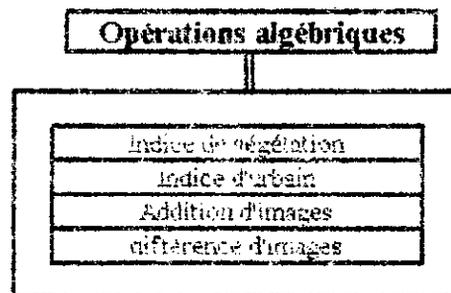


Alt - X Quitter le programme F10 Menu

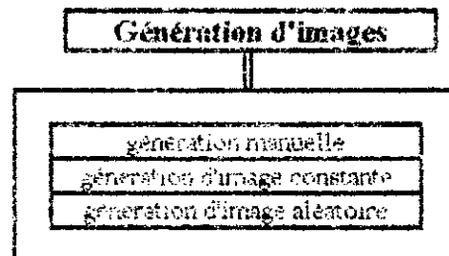
Figure(4-1) Barre des menus et ses différents menus déroulants



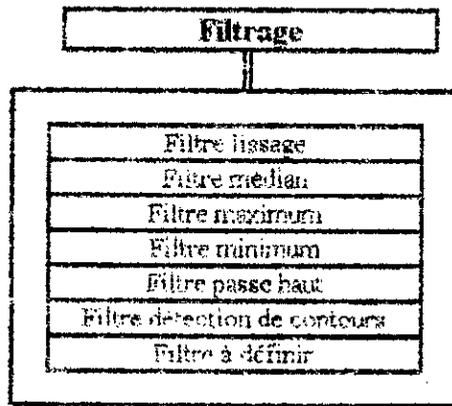
Figure(4-2a) Les différentes possibilités de l'option Visualisation



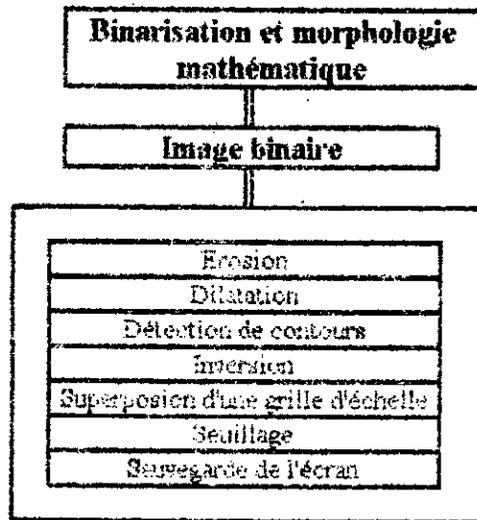
Figure(4-2b) Menu de l'option opérations algébriques



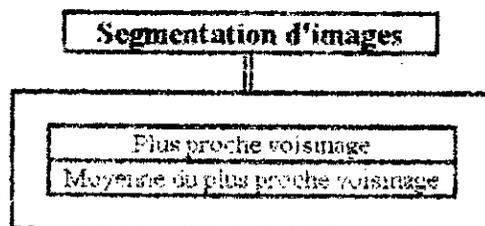
Figure(4-2c) Menu de l'option génération d'images



Figure(4-2d) Menu de l'option filtrage



Figure(4-2e) Menu de l'option binarisation et morphologie mathématique



Figure(4-2f) Menu de l'option segmentation d'images

4-2) Applications du logiciel développé :

Nous avons appliqué la plus part des algorithmes de notre logiciel aux images Spot de la région de Blida et de la région d'Oran. Dont nous présentons dans ce qui suit une partie des résultats obtenus .

La visualisation :

La zone bâtie présente une hétérogénéité remarquable en visualisation en canal un et en canal deux . Par contre cette hétérogénéité diminue sensiblement en canal trois par l'influence de la végétation .

Les routes, les lignes de chemin de fer, les pistes d'aéroports et le tracé des oueds sont identifiables dans les images. La netteté de leur visibilité varie d'un canal à un autre. La modification des couleur en visualisation facilite l'interprétation et permet l'identification et la localisation des thèmes composants l'image.

La segmentation:

Cette méthode a pour effet de renforcer les différences entre classes éloignées (Végétation et bâti par exemple); par contre, les classes rapprochées sont fusionnées à partir de la troisième itération (Bâti, Routes, Pistes par exemple).

Les images que montre les figures (de 4-3 à 4-8)représentent:

- Les images brutes des trois bandes spectrales
- Les images résultantes de la procédure de segmentation après 30 itérations
- Les histogrammes de ces images.

De cela on peut remarquer:

- Le regroupement des pixels ayant la même radiométrie d'une itération à une autre formant des zones homogènes.
- A partir de la troisième itération les routes et pistes commencent à disparaître de l'image en raison de l'influence de leur voisinage.
- Dès la dixième itération on commence à distinguer les différentes classes formant l'image.
- L'urbain possède une meilleure visibilité dans le canal 2.

- Le canal 1 est moins approprié à la détection de l'urbain car les radiométries des entités de l'image sont plus proches.
- La sensibilité du canal 3 aux différentes classes de la végétation est remarquable.
- La méthode de remplacement par la moyenne du plus proche voisinage est coûteuse en temps de calcul mais plus précise par rapport à celle de remplacement par la radiométrie du plus proche voisinage.

Mais l'utilisation de l'une des deux méthodes dépend de certains facteurs:

La dimension de l'image, la précision, le but thématique et le temps de réponse. Cependant, à partir des histogrammes qui découlent des images obtenues par la méthode de segmentation nous constatons.

- Des modes d'histogramme d'images brutes étalés. Cet étalement traduit l'hétérogénéité de la zone étudiée.
- La présence d'au moins de deux classes de réponses spectrales proches issues des histogrammes des images brutes des bandes XS1 et XS2.
- La présence de la végétation qui se manifeste par le décalage de la distribution des valeurs radiométriques qui se manifeste par le décalage de la distribution des valeurs radiométriques qui se rapproche de l'origine en bande 2 et l'éloignement de l'origine en bande 3 par rapport à la distribution en bande 1.
- L'apparition de deux pics d'histogramme en bande 1 et en bande 2 de l'image segmentée explique la présence d'au moins de deux classes.

La classification:

La figure(4-10) montre le résultat de l'application de l'algorithme de classification basé sur les réponses spectrales sur l'image de la zone de Blida.

Cette image met en relief trois thèmes: bâti, le couvert végétal et le non bâti (voie, terrain naturel, escarpement rocheux..).

L'image nous permet de voir:

- Une concentration et densification du cadre bâti au centre de l'image avec des taches de végétation au milieu urbain qui peut être des espaces publics au centre de l'agglomération

- Les contraintes naturelles (escarpement rocheux et pentes abruptes..) faisant obstacle au développement du tissu urbain au sud de l'image.
- Des zones agricoles, des terrains à l'état naturel et des regroupements ruraux occupent le reste de l'image.

Superposition d'histogrammes:

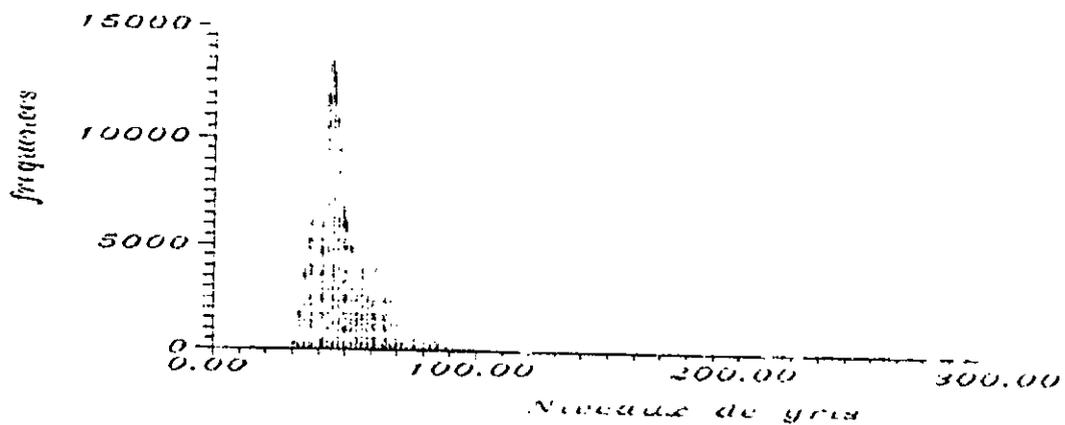
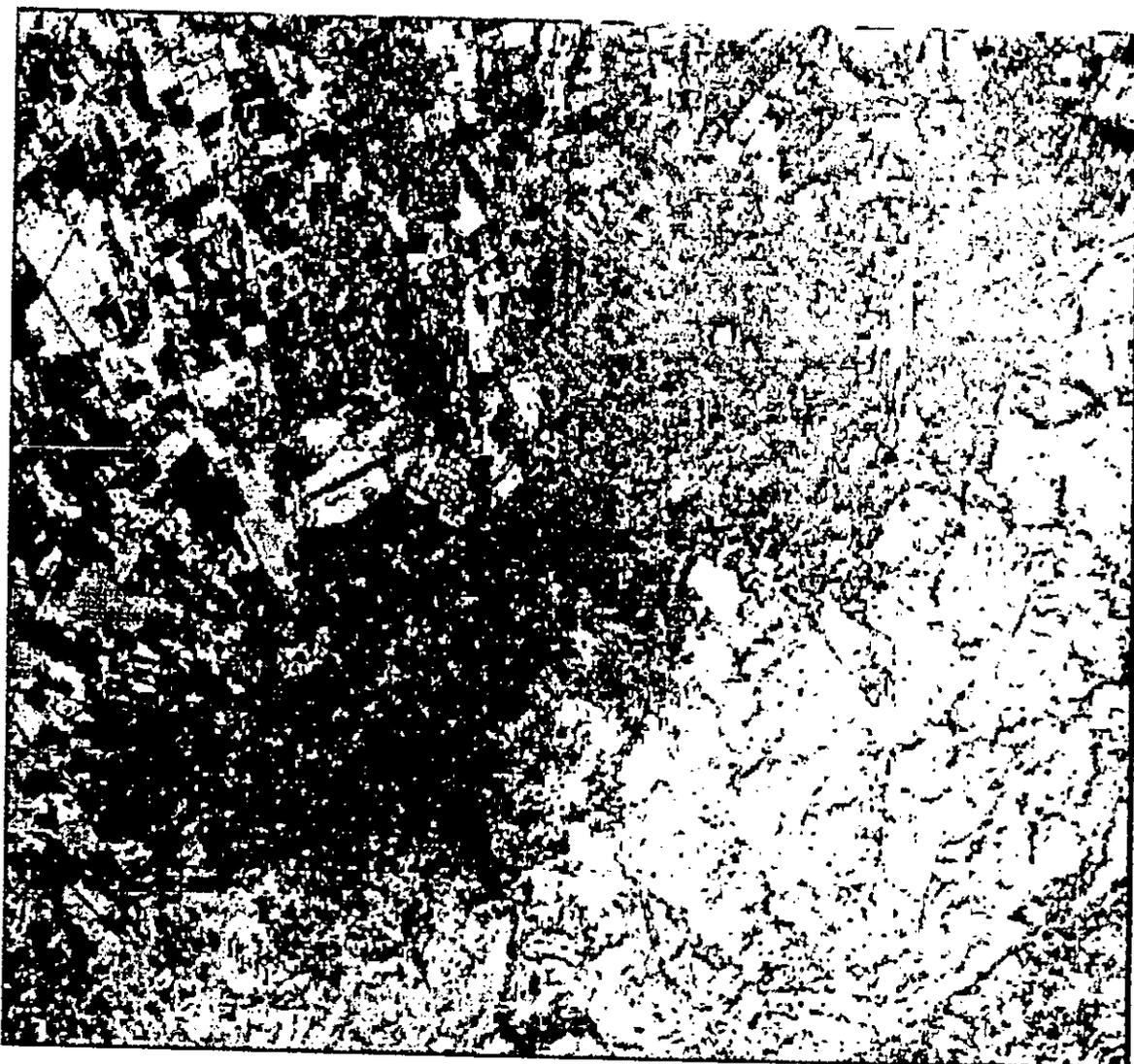
La superposition d'histogrammes des bandes spectrales de la même image permet de faire le suivi dans le domaine spectral des thèmes composants l'image. Elle facilite l'identification des classes de l'image, comme cela est montré sur la figure (4-12). Le pic d'histogramme qui se rapproche de l'origine d'un canal à un autre en commençant par le canal un, c'est le pic du thème eau (la mer et le petit lac). Ce thème est mieux discernable des autres thèmes en canal trois.

Morphologie mathématique:

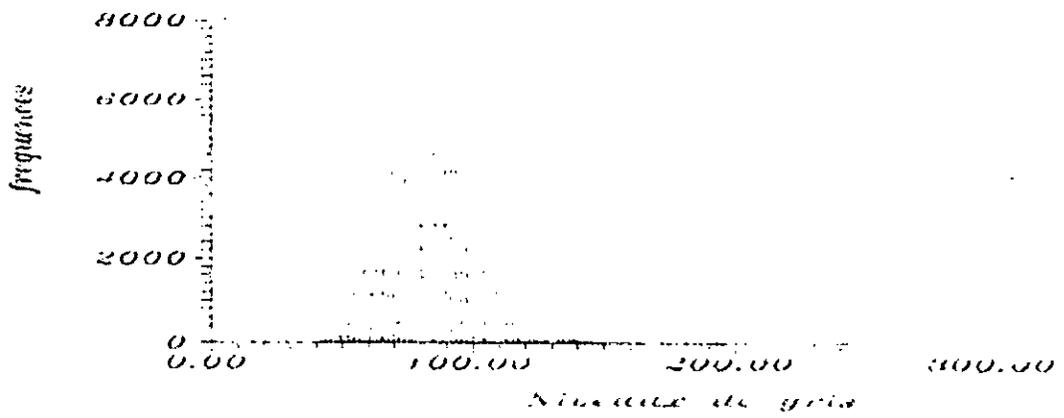
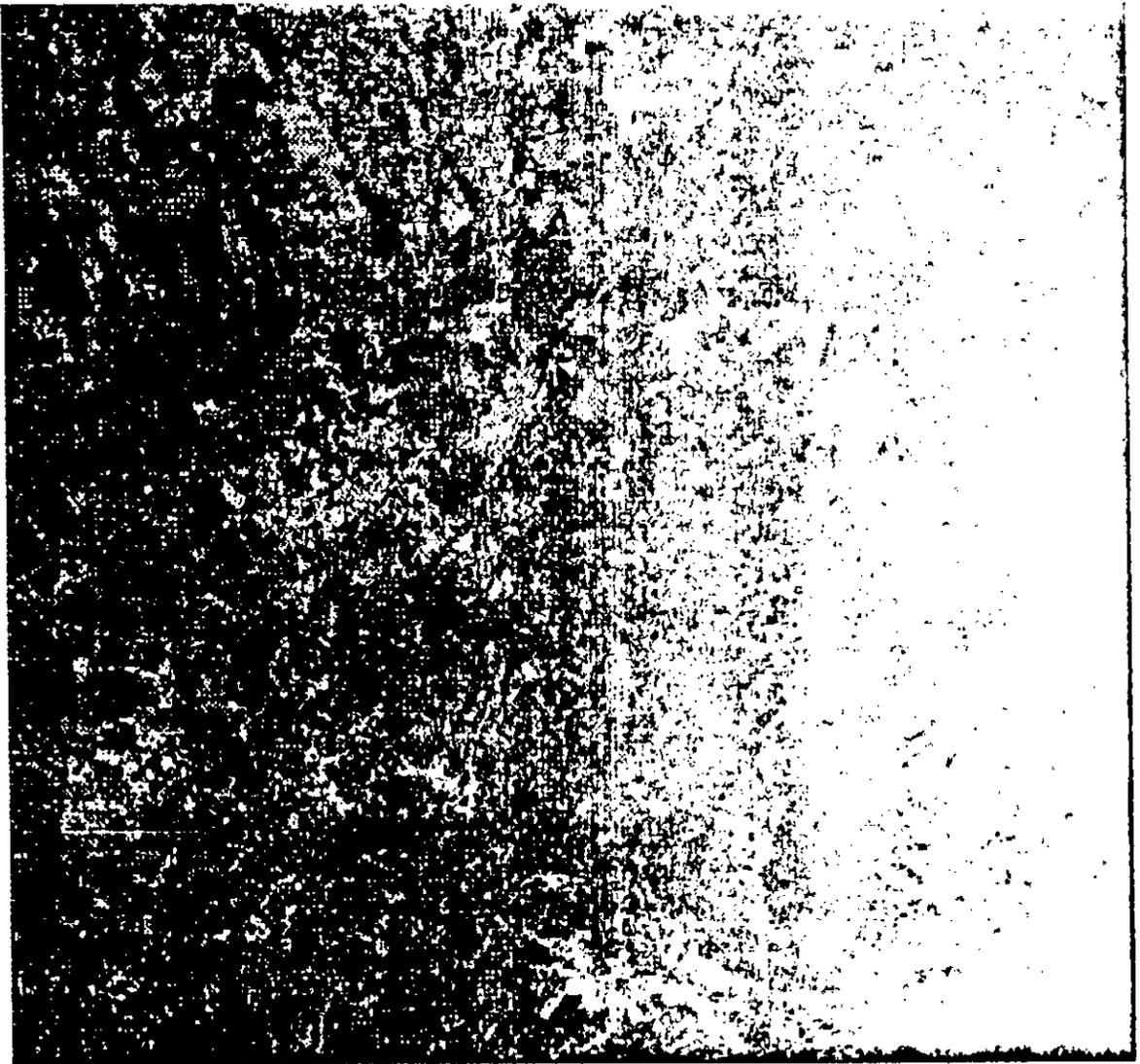
La figure(4-13) montre le résultat de l'application de l'opération XOR entre l'image binarisée de la zone d'Oran et l'image érodée. Les paramètres de binarisation de l'image brute sont déduits des courbes des réponses spectrales de l'image de Blida.

Dans cette figure les principales composantes urbaines sont observables, à savoir:

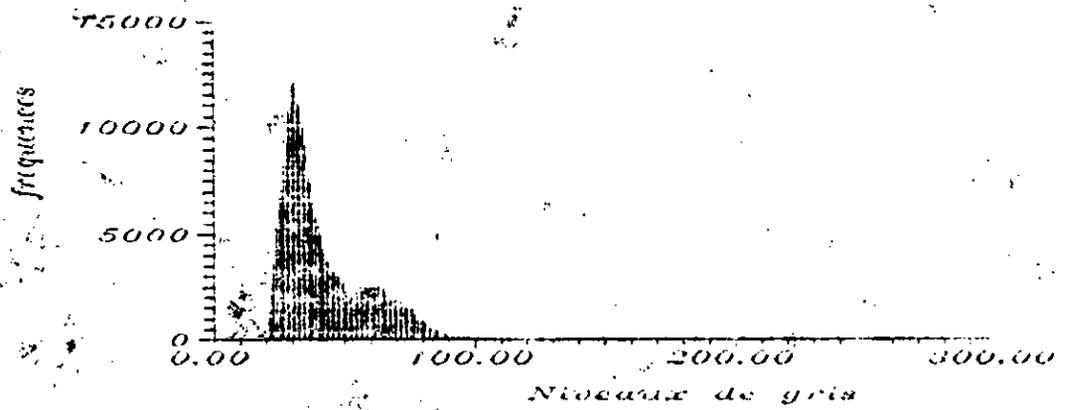
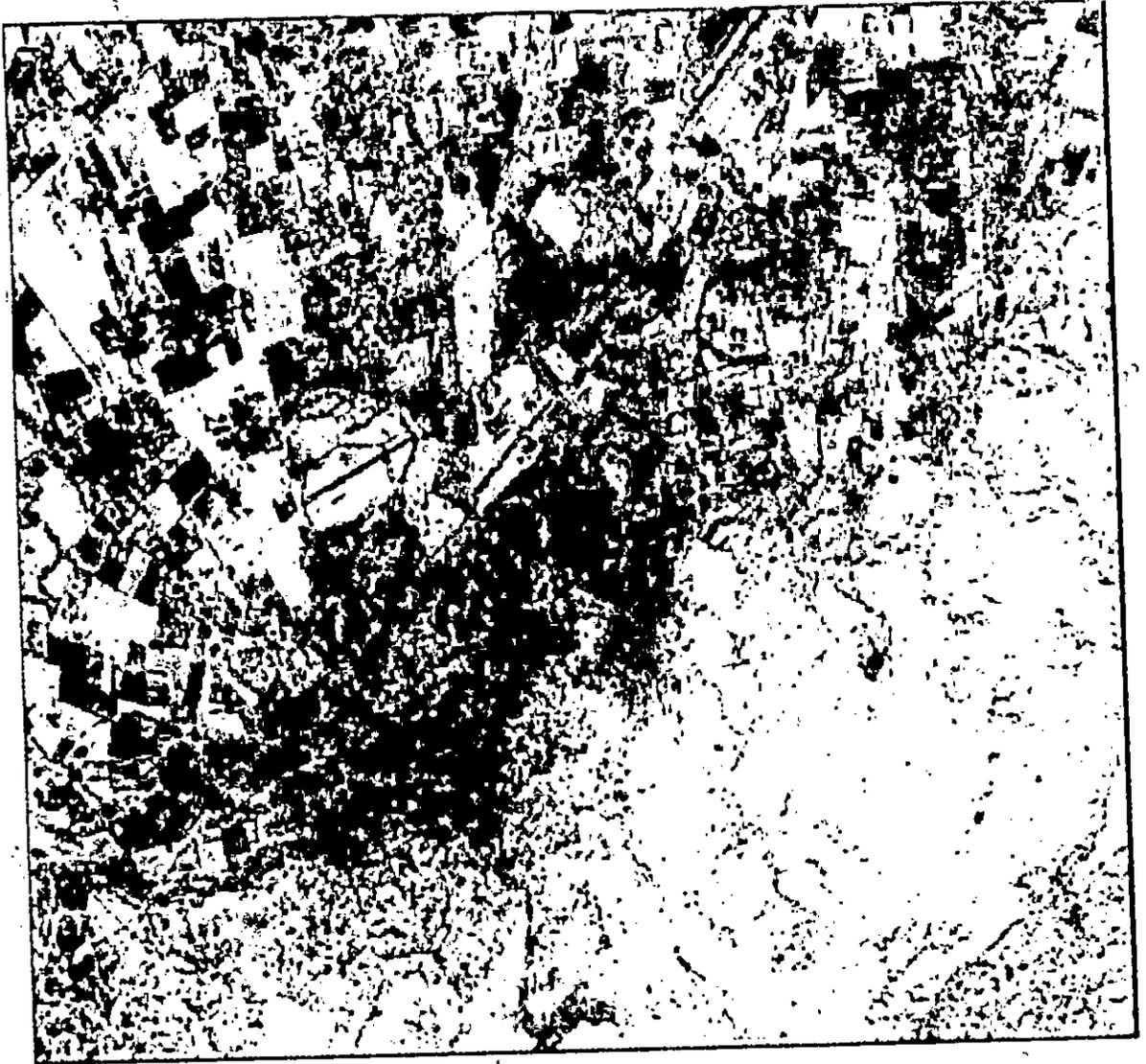
Le réseau routier, le cadre bâti(ancien et nouveau), la nature du développement et l'organisation spatiale du tissu urbain. Les contraintes naturelles limitent et orientent le développement urbaine tels que la mer, le petit lac et sebkha.



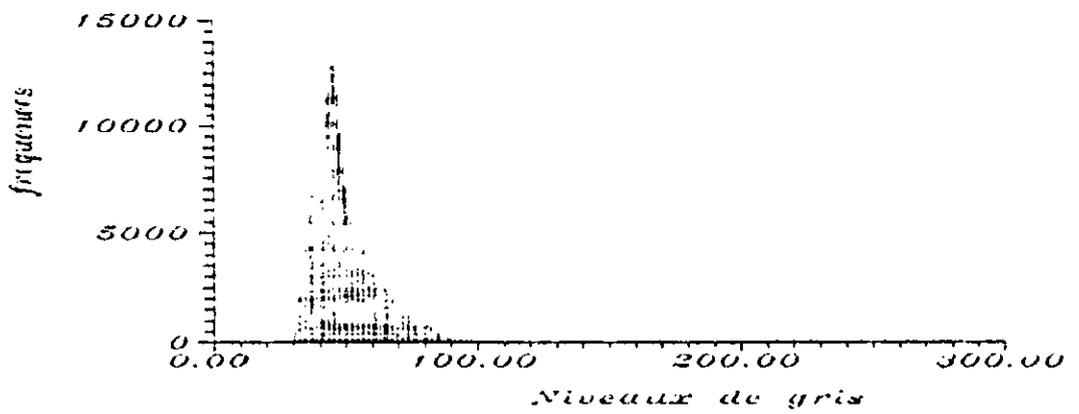
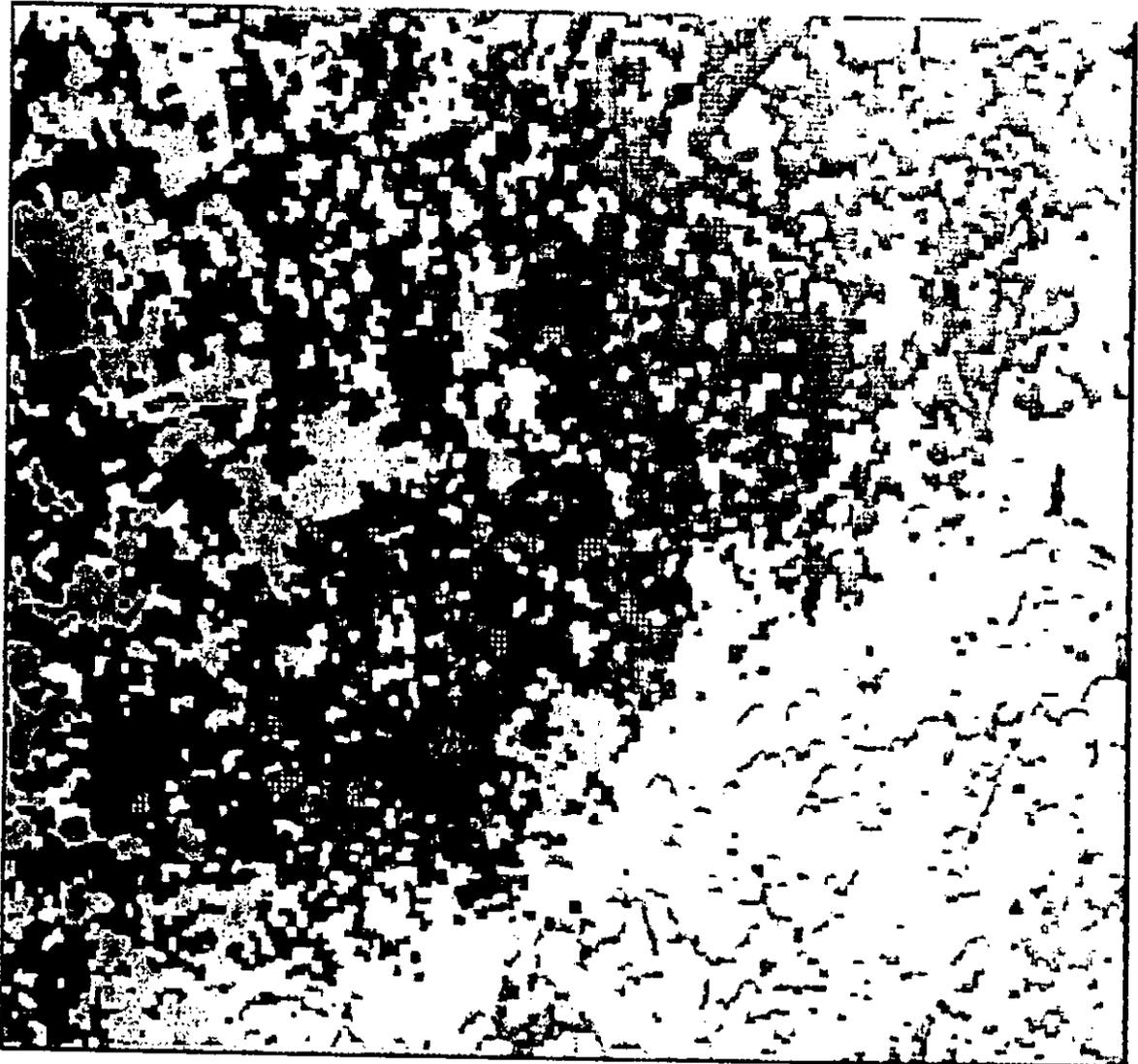
Figure(4-3) Image et histogramme du canal XS1 de la zone de Blida



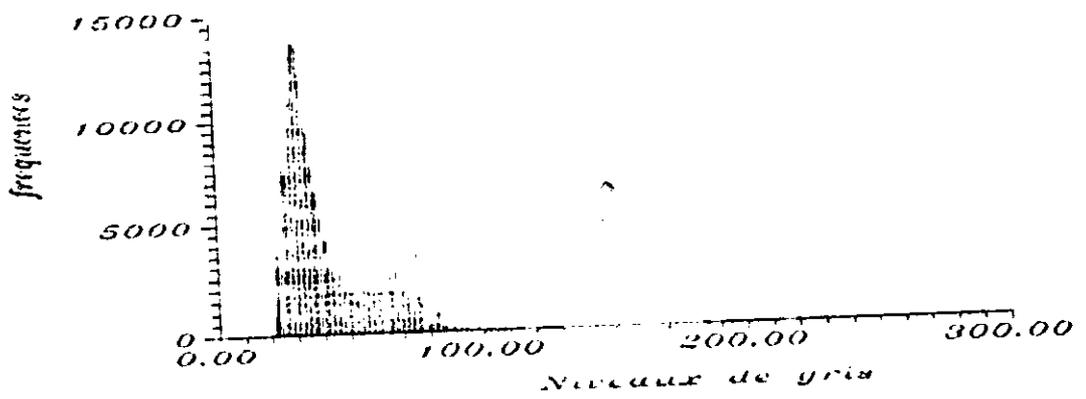
Figure(4-5) Image et histogramme du canal XS3 de la zone de Blida



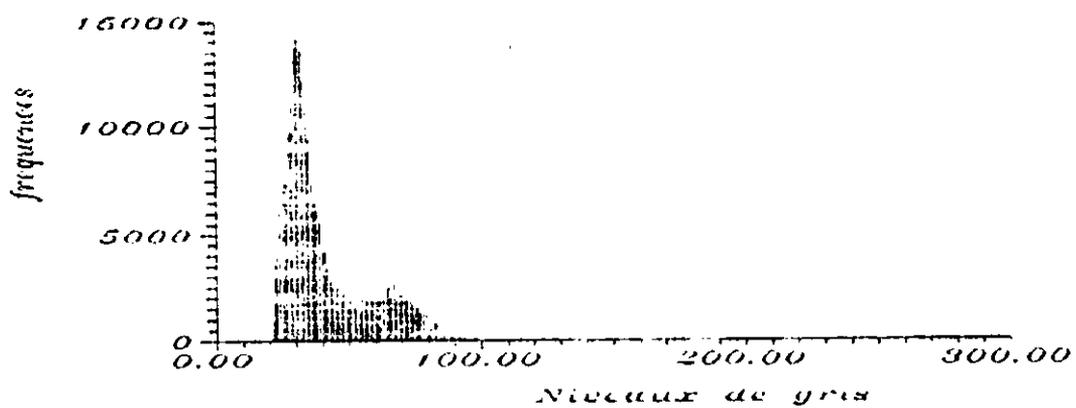
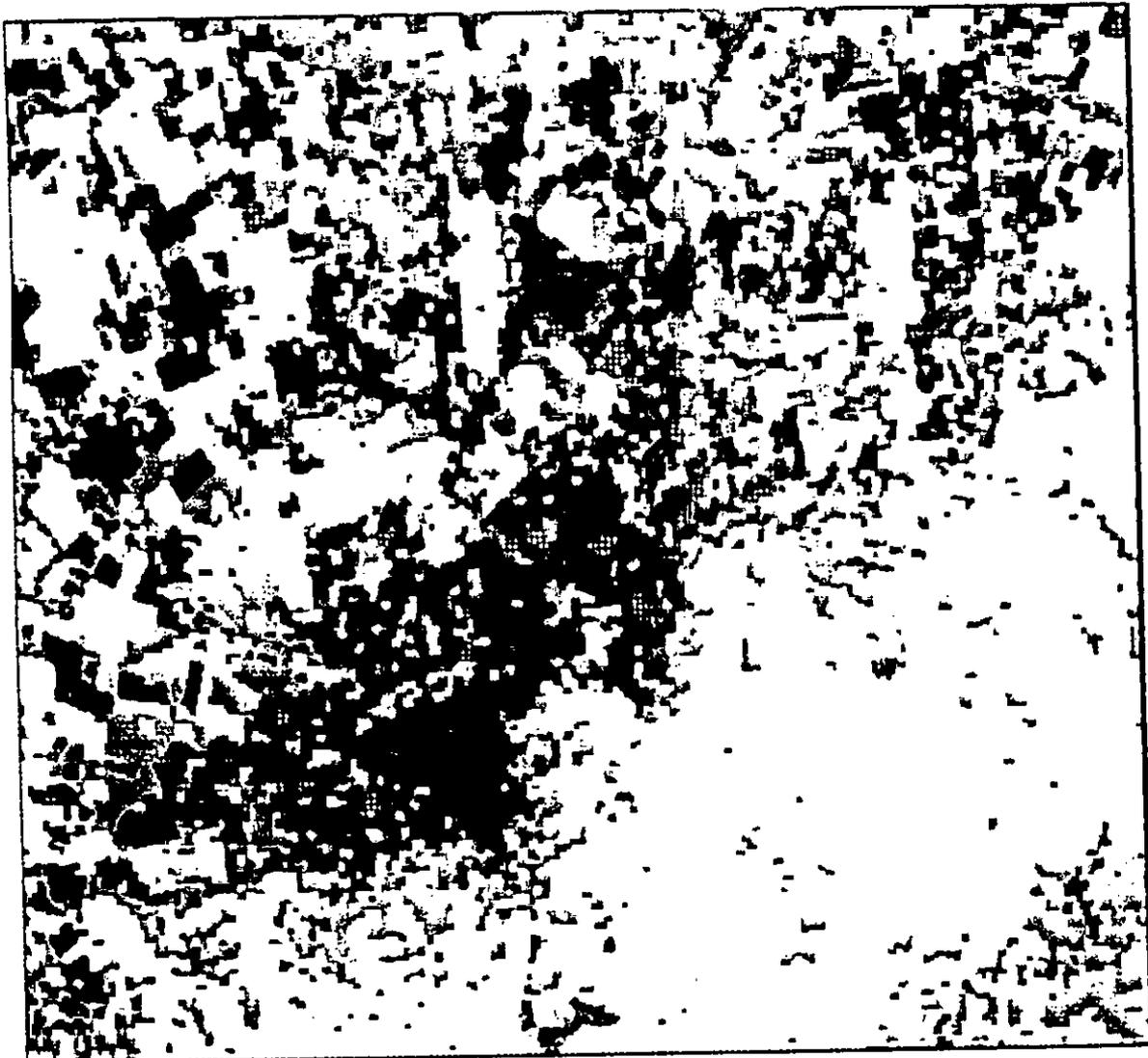
Figure(4-4) Image et histogramme du canal XS2 de la zone de Blida



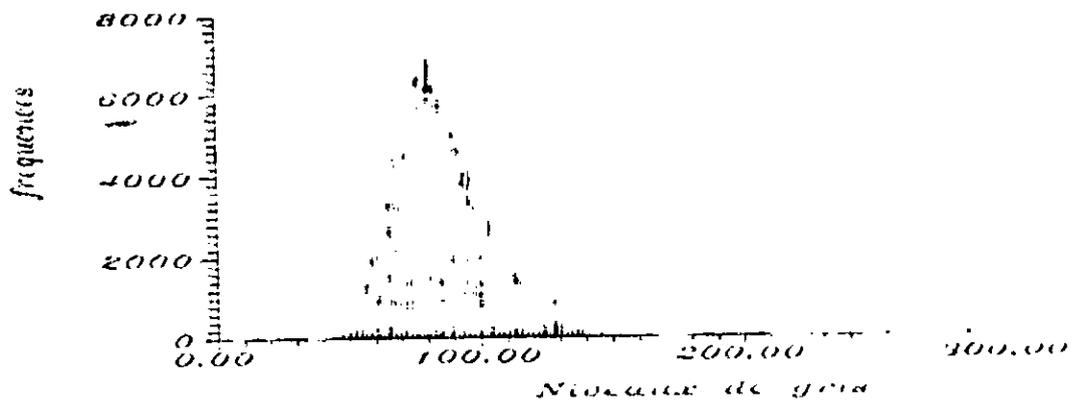
Figure(4-6) Image et histogramme du canal XS1 de la zone de Blida



Figure(4-7) Image et histogramme de l'iteration 30 canal XS2 de la zone de Blida



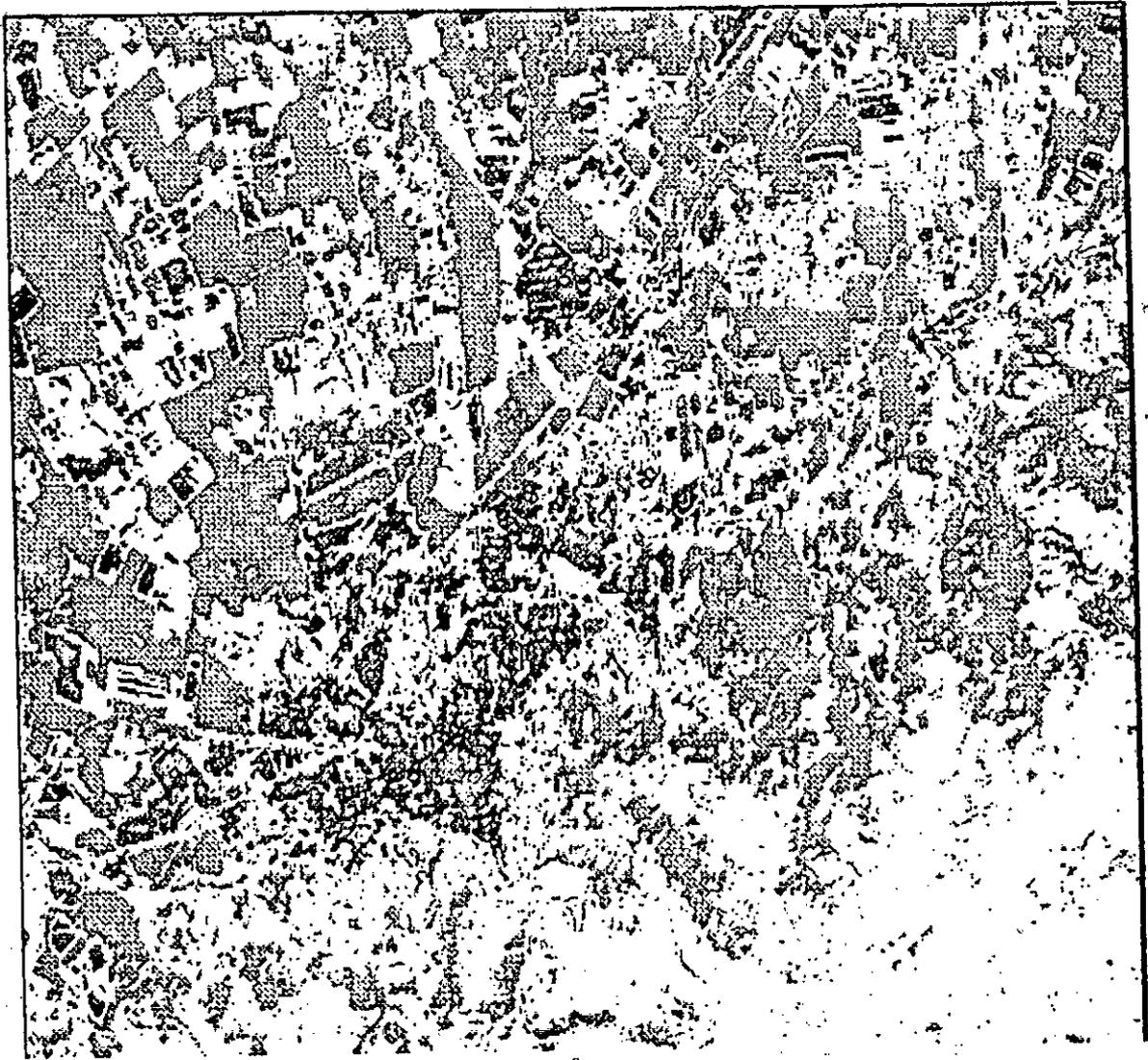
Figure(4-7) Image et histogramme de l'iteration 30 canal XS2 de la zone de Blida



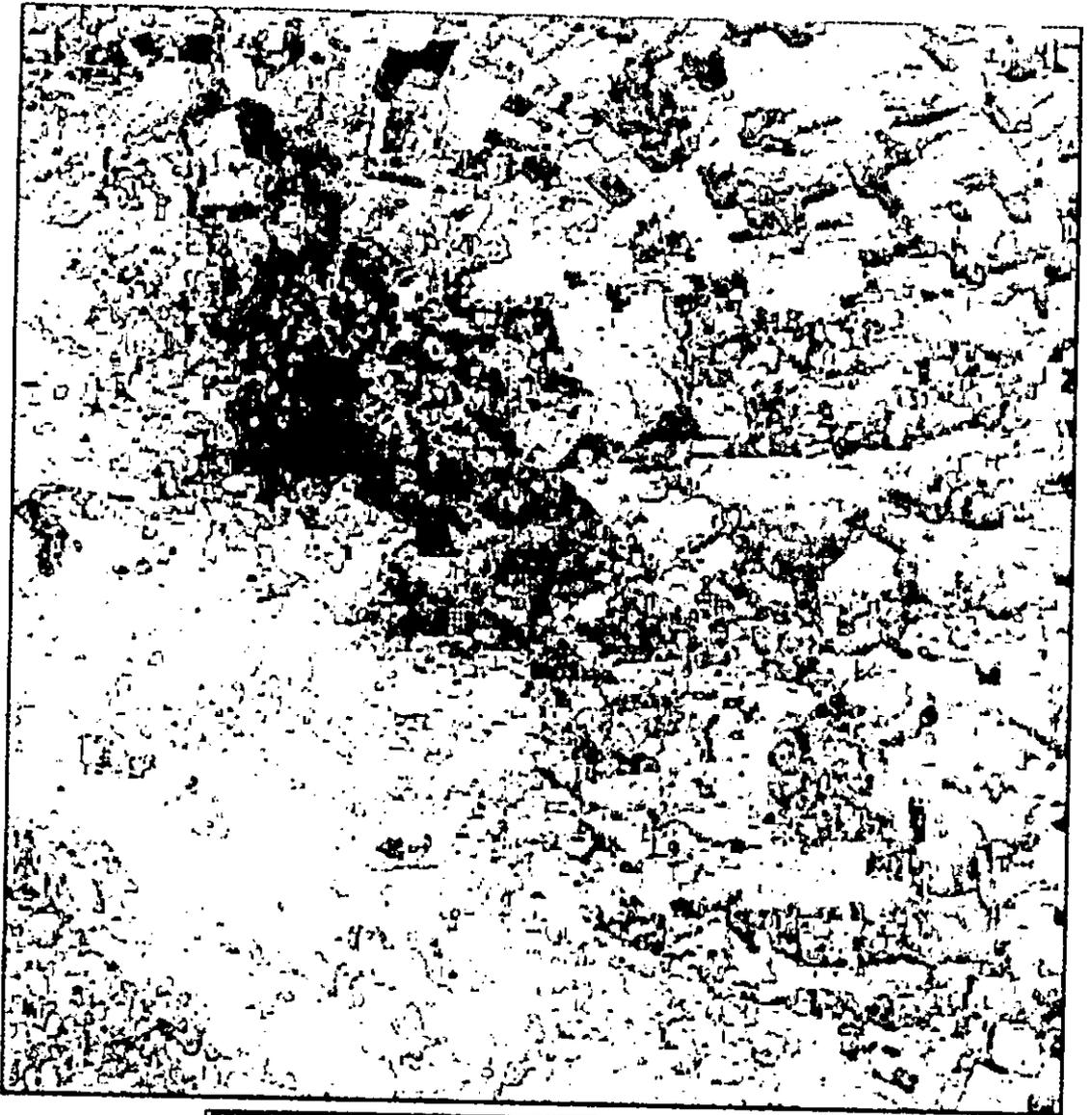
Figure(4-8) Image et histogramme de l'iteration 30 canal XS3 de la zone de Blida



Figure(4-9) Image indice urbain zone de Blida



Figure(4-10) Classification par l'algorithme des réponses spectrales

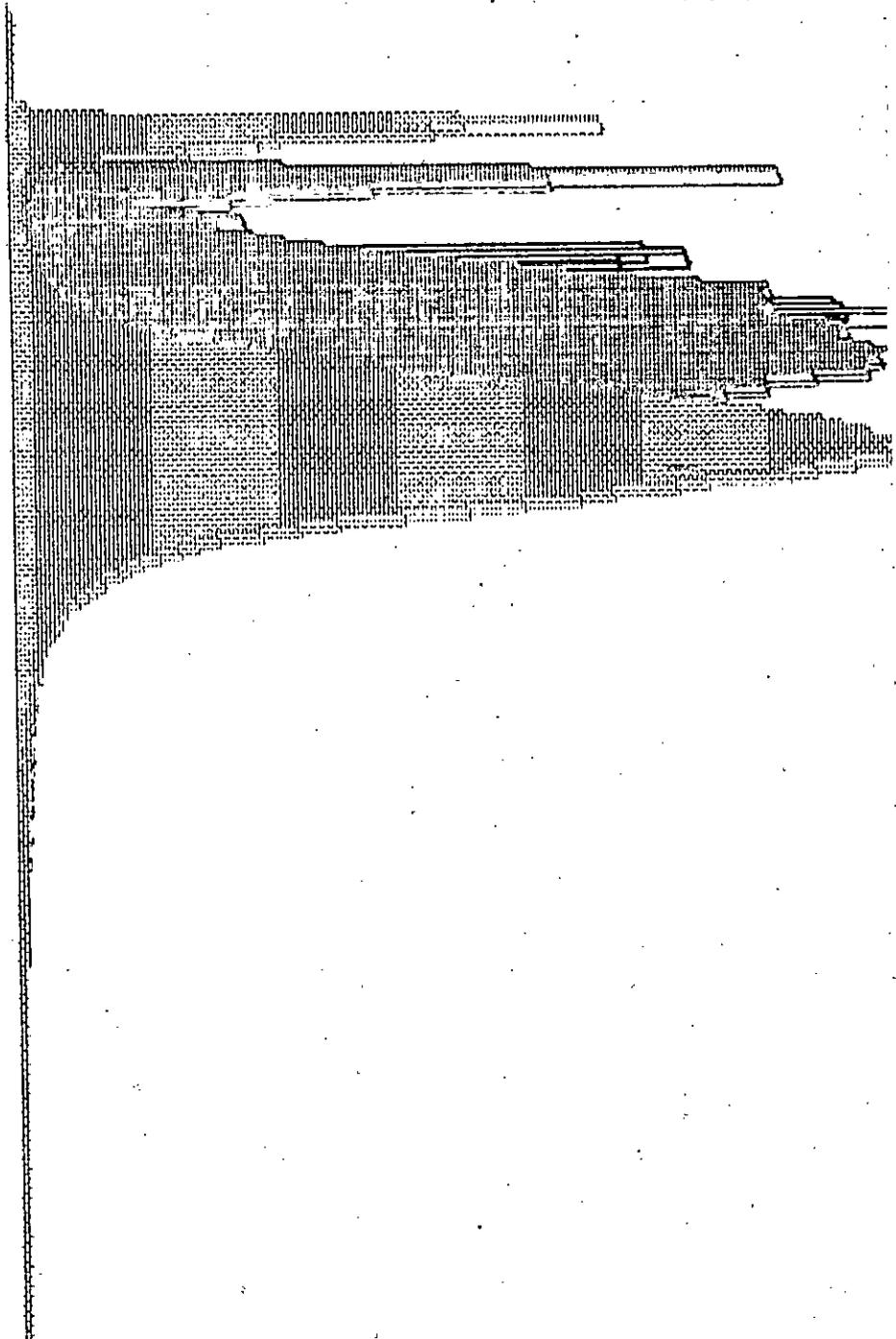


0 - 35	1
35 - 45	2
45 - 55	3
55 - 60	4
60 - 65	5
65 - 70	6
70 - 75	7
75 - 80	8
80 - 85	9
85 - 90	10
90 - 95	11
95 - 100	12
100 - 115	13
115 - 140	14
140 - 170	15
170 - 255	16

R:rad, Q:Ext

Figure(4-11) Segmentation et détection de contour

Frequencias



Figure(4-12) Superposition d'histogramme de l'image d'oran



Figure 1.1.1 Image contour de la zone d'urbanisation en vue de morphologie mathématique.

Conclusion

Ce travail actuel s'oriente vers la constitution d'un système d'informations urbaines, qui doit comprendre quatre fichiers de natures différentes:

- Un fichier images constitue d'un ensemble d'images satellitaires corrigées géométriquement et concernant la zone d'étude.
- Un fichier cartes thématiques numérisées, cartes topographiques, courbes de niveaux, réseaux hydraulique, réseaux routier, occupation du sol.
- Données de calibration, réponses spectrales des thèmes principaux de la zone d'étude.
- Un fichier textuel concernant une synthèse de texte réglementaire sur la construction des plans de développement et les schémas d'aménagement.

Dans la phase actuelle notre système d'informations urbaines n'est pas encore achevé sous la forme décrite précédemment, nous avons pu cependant atteindre les deux premiers objectifs de l'étude caractérisation de la surface bâtie et suivi de l'extension du bâti.

L'étude que nous avons menée dans le cadre de ce projet nous a permis de confirmer l'apport de l'imagerie HRV de SPOT pour la délimitation des surfaces bâties, et le suivi de leur extension. Pour des analyses plus fines sur le milieu urbain des techniques spécifiques intégrant l'information morphologique et topologiques, doivent être pris en considération. En environnement périurbain et dans les cas de zones d'apparition de foyers urbains secondaires et d'habitat peu dense des algorithmes tels que l'indice IB peuvent apporter des améliorations notables dans la différenciation du bâti.

Le logiciel T.I.S a été conçu pour donner à tout utilisateur les moyens de s'initier à la manipulation des images numérisées de télédétection, la simplicité de son emploi incite l'utilisateur à se familiariser avec les méthodes de traitements d'images numériques.

Les opérations qu'il permet de réaliser: visualisation, filtrage, analyse d'histogramme, segmentation, classification, analyse morphologique, etc. Ces opérations sont comparable à celle qui sont d'un emploi courant sur les systèmes plus lourds de traitement de données de télédétection.

La possibilité de générer des images bruits permet d'évaluer les performances des opérations de filtrages. La superposition d'histogrammes de plusieurs bandes spectrales donne une idée sur les thèmes composants l'image. La représentation de l'espace spectral bidimensionnel (scattergramme), montre le degré de corrélation entre images. La modification des couleurs en visualisation facilite l'interprétation des images.

Grace à sa facilité d'emploi et d'implantation , ce logiciel peut être introduit comme moyen pédagogique dans l'enseignement de la géographie. L'utilisateur peut tester son interprétation, enrichir et actualiser les informations de la carte topographique.

Le développement ultérieure va porter essentiellement sur:

- Le développement d'algorithmes de correction radiométrique et géométrique d'images
- Les traitement d'élimination de micro contours
- La morphologie mathématique en tons de gris.

Bibliographie

- Abdellaoui A, Rougab A, Benria B. 1994: Intégration de données multisources pour l'étude des paysages urbains cas de l'agglomération Elidéenne. (Algérie) Actes de la sixième conférence canadienne sur les SIG, Volume 2 pp 1479 - 1487
- Abdellaoui A, Rougab A, Bekkair N. 1994: Caractérisation du bâti et système d'information pour une agglomération à fort taux de croissance: cas de l'agglomération blidéenne (Algérie). Colloque Information géographique, télédétection et formation. Toulouse, mai 1994.
- Abdeljelil Lancari 1990: Etude de l'interaction rayonnement-sol-atmosphère par le modèle spectral à double trajet, application: Estimation de l'albedo de surface par les images satellite METEOSAT du type B-2. Thèse de magister Etudes spatiales des rayonnements CNTS.
- Andre Ballut, Marie Josee Roosjossierand 1982: Les problèmes posés par le milieu urbain en télédétection journées du télédétection en milieu urbain 6 - 7 Mai 1982 CNRS
- Armand J. M. Campagne. Ph. (1989): Mise à jour d'une base de données urbaines à partir d'images satellitaires: le cas de Bouake (R.C.I). Bulletin S.F.P.T, No 116 1989 PP 5-17
- Ballard D. and Browe 1982: Computer vision, prentice - Hall New Jersey 1982.
- Bambang S.p. Abednego 1989: Apports de la télédétection à la conception de modèles de simulation en hydrologie. Thèse pour l'obtention du grade de docteur en sciences techniques. Département de génie rural Lauriane.
- Beihadj Aissa Mustafa 1992: Mise au point d'un logiciel de traitements d'images numériques géré par un menu interactif plein écran. Résumé de thèse de magister, système électronique USTHE
- Belkacemi, M, Abdellaoui, A, Cussedik A 1984: Un logiciel conversationnel de traitement d'images spatiales Laboratoire d'études spatiales des rayonnements Commissariat aux énergies nouvelles.
- Bennouffok Djilali 1983: Intégration des données physiographiques obtenues à partir d'images LANDSAT au modèle hydrologique "cequean". Thèse pour l'obtention du grade de maître en sciences.
- Berry et Horton 1970 : Geographic perspective on urban systems. Englewood Cliffs.
- Bon, Ferdinand , Rochon Guy 1991: Précis de la télédétection Volume 1 Principes et méthodes PUQ/AUPELF
- Bouaziz Naoui 1990: Impact foncier d'un projet d'autoroute sur les exploitations agricoles de la wilaya de Elida Algérie. Mémoire D.E.S.S Université Paul Valéry Montpellier III Laboratoire géographie rurale
- Boufhar Mourad, Chersedine Mohamed 1989: Traitement des images numériques Application à des images spatiales. Mémoire d'ingénieur Institut d'informatique USTHE.
- Borou, P., Hubert, L., Le Hanaff, F., 1989: Application de Spot aux études urbaines. Saint-Malo (Bretagne - France). Télédétection et gestion des ressources Vol. VI, Bernier, Bon et Gagnon (ed) 1989 L'association Québécoise de Télédétection.
- Brachini Narimane 1991: Segmentation d'images par les techniques d'élargissement et de partage-fusion étude comparative. Thèse de magister Electronique des systèmes USTHE.
- Buchan , G.M and Hubbard, N.K, 1986: Remote sensing in Land-use planning: an application in west central Scotland using Spot simulation data, Int. J. of Remote Sensing, Vol. 7, No. 6, pp 767-777.
- Clayson, D., Lobsteni, D. Zettour, J. 1987. Les nouvelles images Edition Dunod Paris 1987
- Charbonneau, L. , Royer A., Hinsa, M., Coulombe, A. et Lamber, E. 1991: Evaluation de la qualité des Biotopes urbains par télédétection. Proceedings of the International Colloquium - Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing, Courchevel, France, 14-18 January 1991 (ESA SP-319, May 1991).

Chenoui Toufik, Meharga Med Tahar 1992. Conception et réalisation d'une boîte à outils en traitement numériques d'images. Mémoire d'ingénieur d'état Institut national de formation en informatique I.N.F.I.

Collet C. (sans date). L'utilisation des Images satellitaires dans l'analyse urbaines, Photo interprétation images aeriennes et spatiales Edition Technique

COMITAS,1988: Commission ministerielle de la terminologie de la teledetection aérospatiale. Glossaire des theemas officiels de la teledetection aérospatiale. Bulletin de la SEPT, N°12.

Condit, H.R. 1970:The spectral Reflectance of American soils. Photogrammetric Engineering Vol 36 No. p 965-966

Conforme A. 1990: Evaluation de l'analyse texturale dans la revision cartographique a l'aide des données Spot. Memoire de M.Sc. Departement de geographie et teledetection. Univ de Sherbrooke.

Coulombe, A. L. Charbonneau, E. Bouché, D. Morin, M. Rheault 1989: Revision cartographique et analyse de texture: Essais methodologiques sur la Franco urbaine, Teledetection et gestion des ressources. Vol VI, Bernier, Bonn et Gagnon(ed) L'association quebecoise de Teledetection

Cushman 1987 The interactive effects of spatial resolution and degree of internal variability within Land-Cover type on classification accuracies, Int. J. of Remote Sensing, Vol. 8, No 1, pp. 15-29.

Daoudi.M 1994: Etude de l'espace par l'utilisation des systemes d'information geographique et les images satellitaires application sur l'Atlas Filidéen. Thèse de Magister Département de Géographie USTHB

Durois-Gambart, D. and Rokariyathan, K. 1984: Methode de classification multidimensionnelle(Spectrale et texturale) appliquee a des images satellites. Colloque 2 sitecent, Synthèse, Technologie et applications. Proc. Ist, pp 593-598.

Gastulla, J.P., 1985: The use of texture for digital data analysis Remote Sensing vegetation studies, Training course, BOGOR, Indonesia, Nov 4-Dec 13, pp. 30-56

Gordon, D.K. and Pilguson, W.R., 1986. A texture- enhancement procedure for separating orchard from forest in thematic Mapper data, Int. J. of Remote Sensing, Vol. 7, No.2, pp. 301-304.

Galloway, M.M., 1975: Texture analysis using gray level run lengths, Computer Graphics and Image Processing, Vol, 4, pp. 172-179.

Girard, M.C et C.M. Girard 1975. Applications de la teledetection a l'etude de la biosphere. Sciences Agronomiques 1975

Guyot 1989: Signaux spectraux des surfaces naturelles. Teledetection satellitaire, N°S Paradigme, Caen

Harabek, R.M 1982: Image Segmentation Survey. Proceeding 97 -16 Proceeding of IEEE, Vol 67, N5, p 786-804

Henri Ausirac 1978: Considerations sur l'analyse multiscalaire des données numériques LANDSAT pour la cartographie des changements du milieu forestier. Thèse pour l'obtention du grade de Maître es sciences Ecole des gradues de l'université Laval.

Holmes, R 1970: Handbook of Remote Sensing, National Academy of Sciences, Washington, D.C.

Joly, G et Vergier, F 1985: Un traitement d'images satellitaires sur micro - ordinateurs Applie L'information Geographique p 185 - 192

Karouche Akala 1991: Elaboration d'un logiciel de description de scene en vue d'une reconnaissance de formes Electronique des Systemes USTHB.

Kohler R 1981: Analyse des methodes texturales appliquees au traitement des images. Essai, Departement de geographie et teledetection, Université de sherbrooke.

Kodja Abdelhamid (sans date): Methode d'etablissement d'une nomenclature par lecture des zones d'une image
Laboratoire LATS Paris.

Laporte, J. M. (1983): Texture analysis on Spot simulation, Int. Symp. on Remote Sensing of Env., Proc., 17 TH, Ann Arbor, Mi., May 9-13, Vol. 3, PP. 1243-1252.

Leneberry, M. 1982: Image Segmentation By Edge Tracing Proceeding of Application of digital Image Processing IV August 24 - 27, 361 - 368

Maille Dominique 1991: Le langage pascal du pascal standard au turbo pascal Edition Berti.

Marceau D (1989): A Review of image Classification Procedures with Special Emphasis of Grey-level cooccurrence Matrix Method for Texture Analysis. Departement of Geographie, Univ of Waterloo.

Mamon Andre 1987: Introduction aux techniques de traitement d'images Edition Eyrolles

Moussaoui Abdelouahab 1994. Identification d'objets a partir d'images satellitaires en utilisant un modele direct
These de magister Institut d'informatique USTO.

Newling 1969: Urban Growth and Spatial Structure Mathematical Models and empirical Evidence The Geographical Review, Vol. LVI, N 639, pp 213-225.

R. Caloz 1978: Teledetection appliquee . Notes de cours, Institut de Genie Rural - Hydrologie et Aménagement - Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Suisse.

Riziere, Jacques 1992: Turbo pascal Approche de la programmation objets Dunod informatique

Royer, A. 1991. Cours de physique de la teledetection Universite de Sherbrooke.

Teitz P.M., Howarth F. J., Gong P., 1992: Application of satellite and GIS technologies for Land-Cover and Land Use Mapping at the rural Fringe: A case study. Photogrametrie Engineering et Remote Sensing, Vol, 58, N4, pp 439-448.

Tou, J.T et R.C Gonzalez 1974: Pattern Recognition principes Addison-Wesley Publishing Company Inc

Thiouli D et Cayeux F 1989. Extraction des données cartographiques des images, Spot pour la mise à jours des inventaires d'utilisations/occupation des sols en milieu Urban et Periurbain. Teledetection et gestion de ressources Volume VI Bernier, Bonn et Gagnon (éd), L'association québécoise de teledetection

Serir Amina 1991: Segmentation d'images en regions par processus de detection de contours etude comparative
These de magister electroniques des systemes USTHD

Shockley, W.G, S J Knight et E.B Lapscomb 1962. Identifying soil parameters with an infrared spectrometer
Proceeding of the 2nd International symposium on Remote Sensing of environment, Ann Arbor, Michigan.

Simon, J-J 1984: La reconnaissance des formes par algorithmes

Y Baobol, E Nakasdi, J-F Dornay (1988): Towards an Urban Land-Use classification using textural and morphological criteria Proceedings of the 1988 International Geoscience and Remote Sensing

Welch R. 1982: Spatial resolution requirements for urban studies. Int. Journal of Remote Sensing, Vol. 3, No 2, Avril-juin 1982, 15 pages.