

Note

« Possibilités et limites des images satellites TM LANDSAT en matière d'occupation du sol : le cas de Montréal (Québec) »

Robert Desjardins et François Cavayas

Cahiers de géographie du Québec, vol. 35, n° 94, 1991, p. 137-151.

Pour citer cette note, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/022160ar>

DOI: 10.7202/022160ar

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/>

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : info@erudit.org

Possibilités et limites des images satellites TM LANDSAT en matière d'occupation du sol: le cas de Montréal (Québec)

Robert Desjardins

Département de géographie,
Université du Québec à Montréal,
Montréal (Québec), H3C 3P8

François Cavayas

Département de géographie,
Université de Montréal,
Montréal (Québec), H3C 3J7

La vision aérienne de l'organisation du milieu terrestre a débuté au milieu du XIX^e siècle. En effet, dès 1859, Tournachon photographiait d'un ballon le village de Petit Becêtre, en banlieue de Paris. Un an plus tard, les Américains King et Black rééditaient l'exploit au-dessus de la ville de Boston (Anonyme, 1983). Les deux grandes guerres mondiales contribuèrent à rendre la photographie aérienne indispensable en matière d'acquisition d'information. L'évolution technologique, engendrée par les besoins militaires, aura tôt fait de trouver des applications dans le cadre de la gestion du territoire. Plus particulièrement, les planificateurs utilisent les photographies aériennes depuis le début des années 1920 afin d'identifier l'organisation, la structure et les fonctions urbaines, et suivre l'évolution de ce milieu.

La mise en orbite du satellite américain LANDSAT 1 en 1972 fut à l'origine d'une nouvelle révolution dans l'analyse de l'organisation spatiale du milieu terrestre. Depuis, l'évolution de la technologie nous permet de croire que, dans un avenir rapproché, les images satellitaires joueront à tout le moins un rôle aussi important que les photographies aériennes. Déjà, les images satellitaires sont considérées comme une source de données extrêmement utile dans des domaines tels que la foresterie, la géologie et l'océanographie. En milieu urbain, la télédétection satellitaire a tardé à s'implanter parce que la précision des images de première génération (MSS de LANDSAT) n'était pas adéquate pour un environnement aussi hétérogène qui contient souvent des objets de petite dimension. La venue des images satellitaires de la nouvelle génération (TM de LANDSAT et HRV de SPOT), disponibles depuis peu de temps, offre une plus grande précision et ouvre donc de nouvelles perspectives pour les études en milieu urbain. D'autre part, le développement des systèmes de traitement d'images et de cartographie numérique permet de mieux exploiter le contenu en information de ces images soit en les rendant plus faciles à interpréter visuellement, soit en permettant des analyses statistiques ou des classifications dites automatiques.

Dans le but d'analyser le potentiel de ces images pour l'acquisition d'information dans la région métropolitaine de Montréal, une équipe de recherche constituée de chercheurs des départements de géographie de l'Université du Québec à Montréal et de l'Université de Montréal a été formée. Le but de cette note de recherche est de présenter les résultats d'une analyse visuelle du contenu en information des images satellitaires TM LANDSAT après que celui-ci ait été rehaussé par des méthodes à base numérique. Cet exercice est fondamental dans la perspective de développer une méthodologie adéquate de rehaussement d'image qui permettra de jeter les bases d'une clé d'interprétation qui inclut entre autres la signature spectrale des éléments qui composent le tissu urbain.

CONSIDÉRATIONS TECHNIQUES

Avant d'entamer l'étude proprement dite, il nous apparaît pertinent de présenter les principales caractéristiques de la nouvelle génération des satellites en les comparant avec celles des images de première génération (MSS de LANDSAT).

Tableau 1 Caractéristiques des capteurs satellitaires

	Multispectral Scanner (MSS)	Thematic Mapper (TM)	Haute résolution VISIBLE (HRV)
Satellite	LANDSAT 1 à 5	LANDSAT 4 et 5	SPOT 1 et 2
Disponible depuis...	1972	1982	1986 et 1990
Bandes spectrales (en micro-mètres)*	V (0,5-0,6) R (0,6-0,7) IR (0,7-0,8) IR (0,8-1,1)	B (0,45-0,52) V (0,52-0,60) R (0,63-0,69) IR (0,76-0,90) IR (1,55-1,75) IR (2,08-2,35) TIR (10,42-12,50)	multispectral V (0,50-0,59) R (0,61-0,68) IR (0,79-0,89) panchromatique VIS (0,51-0,73)
Résolution spatiale au nadir (en m)	79 x 57	30 x 30 120 x 120 (TIR)	20 x 20 (multi.) 10 x 10 (panchro.)
Cycle d'acquisition d'images (même région)	18 jours	16 jours	26 jours ou moins**
Couverture terrestre (par image)	185 km x 185 km	185 km x 185 km	60 km x 60 km ou 60 km x 117 km***

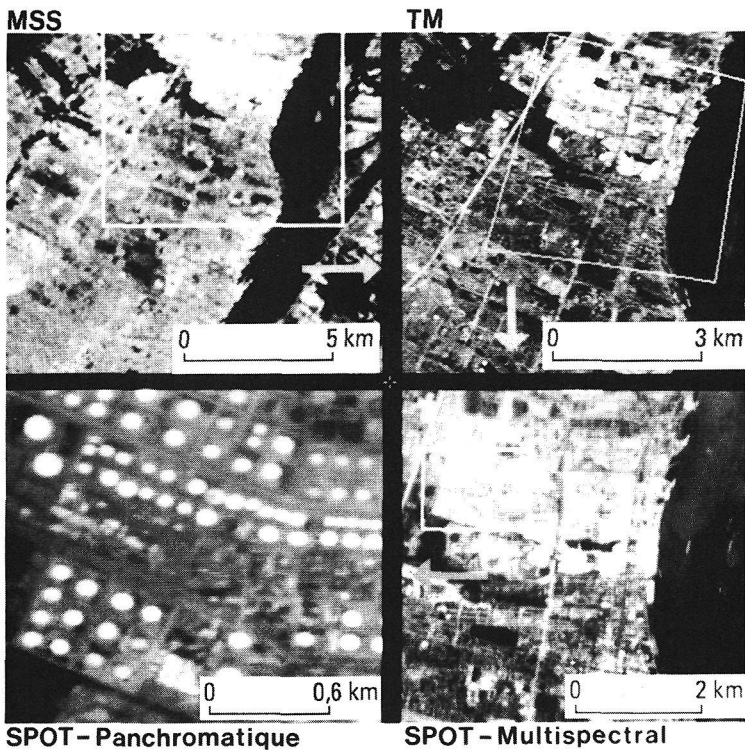
* B: bleu; V: vert; R: rouge; IR: infrarouge; TIR: infrarouge thermique; VIS: visible.

** Le capteur HRV de SPOT est à géométrie de visée variable pouvant aller jusqu'à 27° à l'est ou à l'ouest du nadir. Il peut donc avoir un cycle d'acquisition d'images variable pour une région donnée.

*** Les satellites SPOT 1 et 2 sont munis de deux appareils identiques HRV. Chacun peut couvrir 60 x 60 km avec une visée verticale. Lorsque les deux appareils opèrent en même temps à visée verticale, nous pouvons couvrir un territoire de 60 x 117 km (étant donné le recouvrement entre les deux images).

Chaque type d'imagerie a ses propres caractéristiques qui peuvent être mises à profit dans le cadre des études en milieu urbain (tableau 1). À titre d'exemple, le capteur TM de LANDSAT fournit des images du même territoire sur sept bandes spectrales. Il peut donc ainsi faire ressortir plus de caractéristiques par l'intermédiaire du niveau de brillance des objets. En comparaison, les images HRV de SPOT ne proposent que trois bandes (en mode multispectral). Par contre, une résolution spatiale au sol plus fine (10 ou 20 m) autorise une meilleure définition des éléments composant le tissu urbain. De plus, avec les satellites SPOT, des images du même territoire peuvent être acquises sous des angles de visée différents, ce qui permet notamment la création de couples stéréoscopiques. Nous pouvons donc noter l'amélioration de la netteté des objets dans le milieu urbain en fonction de l'évolution technologique des capteurs (figure 1).

Figure 1 Résolution spatiale de différents capteurs*

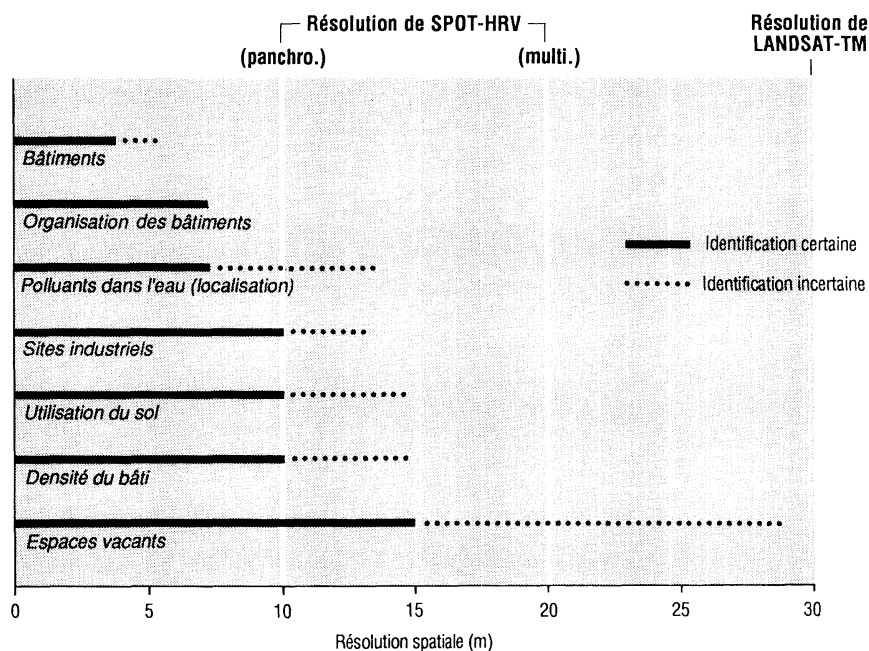


* Chaque aire limitée par des lignes blanches correspond à l'image suivante (dans le sens horaire).

TRAVAUX ANTÉRIEURS

L'exploitation des images satellitaires de la première génération (MSS de LANDSAT) a atteint assez rapidement ses limites dans l'identification des fonctions urbaines. Toutes les études démontrent qu'il n'est possible de distinguer que quatre ou cinq classes générales de fonctions urbaines (Oliva et Husson, 1982; Fosset, 1982). Toutes ces années d'études avec les images MSS auront cependant grandement contribué à mettre en évidence les problèmes reliés à l'extraction de l'information sur le milieu urbain à partir des images satellitaires et à mettre au point des techniques numériques de comparaison des images diachroniques pour des fins de suivi de l'évolution des milieux urbains (Friedman et Angelici, 1979; Jensen et Toll, 1982; Beaudoin *et al.*, 1986). Généralement, ces études ont démontré que, selon la taille et la densité des éléments urbains à analyser, la résolution spatiale des capteurs est le facteur primordial à considérer lorsque nous souhaitons classifier les différents éléments de cet espace construit. Selon Everett et Simonett (1976), une résolution de 10 m ou moins est nécessaire pour ce genre

Figure 2 Résolution spatiale suggérée selon différentes catégories d'objets à reconnaître sur les images*



Adapté de Everett et Simonett, 1976

d'analyse. Toutefois, Welch (1982) précise que pour certains types d'agglomérations à haute densité comme celles que nous retrouvons en Chine, des images avec une résolution qui voisine 5 m sont requises. En général, Forster (1984) suggère la règle suivante: la résolution d'une image devrait être approximativement égale au quart de la dimension du plus petit élément terrestre à analyser. Cependant, ceci ne peut être réalisé avec le type de données satellitaires actuellement disponibles. La figure 2 présente une comparaison de certaines variables reliées à l'occupation du sol avec la résolution spatiale des capteurs satellitaires.

L'analyse de la figure 2 nous porte à croire qu'au départ la résolution spatiale des images HRV de SPOT et surtout celles de TM de LANDSAT ne nous permet que peu d'espoir quant à l'utilisation de ce type de documents, même s'ils sont d'une précision nettement supérieure à ceux de MSS de LANDSAT. Ceci est d'autant plus vrai lorsqu'on prend en considération les propos de Ballut et Nguyen (1984). Ils mentionnent en effet que le milieu urbain est un environnement particulier pour la télédétection spatiale. Les objets qui le composent sont de petite taille, très hétérogènes, voire hétéroclites. Les auteurs ajoutent que, dans la majorité des cas, il n'y a pas de relation directe entre l'aspect physique de l'objet et sa fonction urbaine. Devant ces propos plutôt pessimistes, il faut en contrepartie mentionner que les premières recherches à l'aide d'images de nouvelle génération ont donné des résultats plutôt prometteurs.

Au Canada, Charbonneau *et al.* (1985) ont analysé la couverture urbaine de Sherbrooke (Québec) à l'aide d'une simulation des données HRV de SPOT. Les résultats d'une classification supervisée des données furent comparés à une carte d'utilisation du sol réalisée par méthode conventionnelle. La concordance entre les thèmes résidentiel unifamilial, industriel, commercial, espaces verts et forestiers, et eau était excellente. Les différences des superficies évaluées selon les deux documents ne variaient que de 0,4 à 2,9 %. Cependant, une erreur de 9 % était notée pour le thème résidentiel multifamilial et de 20 % pour la friche urbaine.

En ce qui concerne l'analyse des données réelles provenant des capteurs de nouvelle génération, Charbonneau *et al.* (1986) ont mentionné que la finesse relative de la résolution spatiale des images TM permettait de distinguer certaines fonctions urbaines par l'intermédiaire de leur forme et de leur arrangement. Carignan *et al.* (1987) ont analysé une image TM LANDSAT de Montréal par photo-interprétation (superposition de trois bandes et rehaussement par étirement linéaire) et par classification automatique. La deuxième méthode d'analyse utilisée a donné une précision moyenne de 97 % dans l'évaluation des superficies analysées et de 75 % pour chaque classe d'occupation du sol (5 classes). Martin *et al.* (1988) pour leur part présentaient une analyse des fonctions urbaines à partir des données multispectrales de SPOT. Réalisée dans un secteur du Toronto métropolitain, l'analyse des auteurs utilisait une classification supervisée et non-supervisée pour distinguer ces fonctions dans la frange urbaine-rurale. Les meilleurs résultats étaient issus de la classification supervisée. La concordance avec des documents existants était de 60 % pour 7 thèmes. Ils ont constaté que les méthodes de

classification utilisées avec les images provenant des satellites de première génération ne permettaient pas d'exploiter à fond tout le contenu de ces images.

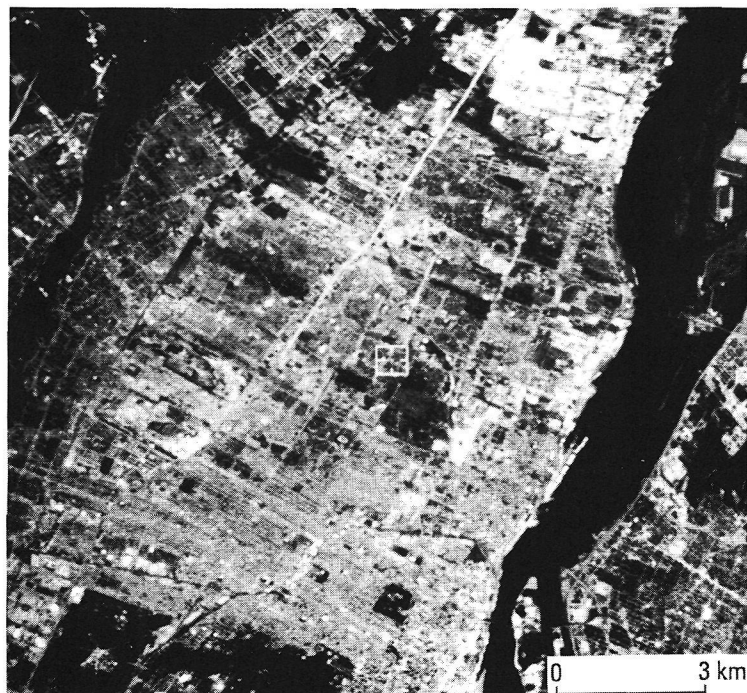
Examinons maintenant quelques exemples de milieux urbains en Europe. Ils possèdent une structure et une morphologie différentes de celles qui caractérisent les villes d'Amérique du Nord. Hernandez *et al.* (1984) ont étudié certains changements de fonction dans les zones urbanisées de la partie sud-est de Paris à l'aide d'images simulées HRV-SPOT. Ils ont utilisé une méthode de classification automatique non-supervisée, développée au départ pour les données MSS de LANDSAT. Les résultats ont été comparés à une carte d'utilisation du sol établie selon les techniques et méthodes conventionnelles. La classification automatique n'aura permis d'obtenir que 60 % de précision par rapport à la carte. Hirsch *et al.* (1988) ont effectué des classifications supervisées de l'agglomération de Strasbourg à partir d'une image LANDSAT et une de SPOT. Ils ont obtenu une précision d'environ 90 % lorsque les thèmes sont regroupés de la façon suivante: urbain dense; grands ensembles et immeubles collectifs; lotissement d'habitat individuel; activités industrielles, commerciales et ferroviaires; aires de stationnement, place minérale et dégagements; espaces végétaux et plans d'eau. Ce résultat masque cependant la faible concordance obtenue pour les aires dites pavillonnaires. Mentionnons enfin que les auteurs ont démontré que l'évaluation des superficies de quartiers était précise à plus de 97 % lorsque les mesures étaient réalisées avec les données de SPOT. Dans une étude sur Liège, Nadasdi *et al.* (1988) ont conçu et développé une carte-pilote de l'affectation des sols de cette agglomération. Étant donné que cette étude a été réalisée à l'échelle régionale, les thèmes de la classification sont plus généraux. En voici la liste: eau, forêts et bois, surfaces herbacées, cultures, emprises d'infrastructure, habitat, aires d'extraction et de dépôts, autres. Les auteurs en arrivent à une concordance de plus de 90 %. Ils ont aussi constaté que pour des grands thèmes tels que l'eau, forêt et bois, surface agricole, l'évaluation des superficies par télédétection se compare avantageusement avec celle réalisée à partir de photographies aériennes.

En bref, ces études démontrent que le contenu en information des images satellitaires de nouvelle génération peut répondre en partie aux besoins d'une cartographie des fonctions urbaines à échelle moyenne (1 : 50 000 ou inférieure) et que les méthodes d'extraction de cette information doivent faire appel à la fois aux techniques du traitement numérique et à l'expertise et au jugement de l'interprète.

LE CAS DE MONTRÉAL

À la lumière des recherches antérieures, une analyse sur le potentiel d'utilisation de la télédétection satellitaire en milieu urbain a été réalisée dans la région de Montréal. Pour ce faire, nous avons utilisé une image TM de LANDSAT 5 du 26 août 1986. Une sous-image de 512 x 512 pixels (environ 15 km x 15 km) en a été extraite. Elle correspond à la partie est de l'agglomération montréalaise (figure 3).

Figure 3 Vue de la partie Est de l'espace montréalais à partir du satellite LANDSAT 5



Nous avons mis à profit l'avantage du capteur *Thematic Mapper* qui possède une excellente résolution spectrale. C'est pourquoi nous avons choisi les six bandes TM couvrant la partie du visible, du proche et moyen infrarouge comme données de base (tableau 1). De plus, une carte d'utilisation du sol de Montréal à l'échelle du 1 : 50 000 de la Communauté urbaine de Montréal est utilisée comme vérité-terrain (Anonyme, 1987). Les données d'origine ont été corrigées géométriquement selon la projection UTM (Universelle transverse de Mercator). Cette projection est largement utilisée au Canada pour la cartographie à échelle moyenne (1 : 50 000 ou plus petite). De plus, les données ont été normalisées pour éliminer les effets causés par l'atmosphère et l'illumination solaire. Afin de réaliser ces corrections, nous avons d'abord utilisé 17 points de contrôle ainsi qu'une transformation au second degré dans le cas de l'aspect géométrique. L'erreur moyenne de cette transformation est de moins d'un pixel (en X et en Y). L'image a été rééchantillonnée par convolution cubique (résolution spatiale de 25 m x 25 m). Pour les autres corrections, les niveaux de gris de chaque bande ont été transformés en réflectances apparentes en tenant compte des effets additifs de l'atmosphère (luminance de parcours atmosphérique) et de l'illumination solaire par la formule suivante:

$$R = \frac{\pi}{E \sin \alpha} (C_1 * (VN-A) + C_2)$$

où

R = Réflectance

E = Éclairement solaire spectral

α = Angle d'élévation solaire (au passage du satellite)

C_1, C_2 = Constantes d'étalonnage

VN = Valeur numérique

A = Valeur numérique approchée correspondante à la luminance de parcours atmosphérique

Afin de déterminer «A» pour chaque bande spectrale, nous avons utilisé la valeur minimale des masses d'eau (dont la réflectance est considérée comme nulle dans toutes les bandes spectrales utilisées). Les constantes d'étalonnage C_1, C_2 proviennent du Centre canadien de télédétection. Les valeurs de l'éclairement solaire «E» ont été tirées de Markham et Barker (1986). Compte tenu que les valeurs de réflectance varient entre 0 et 1, nous les avons multipliées par un facteur de l'ordre de 400 afin de pouvoir les afficher sous forme d'image ayant des valeurs numériques situées entre 0 et 255.

Le résultat de ces corrections a été par la suite traité statistiquement par l'intermédiaire d'une analyse en composantes principales sur les six bandes TM. Selon Legendre et Legendre (1979), cette analyse permet de synthétiser un ensemble de données exprimées initialement par des variables fortement corrélées en un nombre réduit de nouvelles variables «décorrélées» que l'on peut nommer facteurs. Ces derniers expriment le maximum de variance dans les données brutes. Ce traitement permet donc d'éliminer la redondance dans les informations. Les composantes principales sont en fait l'ensemble de ces facteurs. Pour générer ces composantes, nous avons utilisé le logiciel de traitement d'images EASI/PACE développé par la firme PCI Inc. de Toronto, disponible au Laboratoire de télédétection de l'Université de Montréal. Les résultats de cette opération statistique sont présentés dans le tableau 2. Ce dernier indique, d'une part, le degré de corrélation entre les bandes originales et, d'autre part, permet de calculer que les trois premières composantes expriment la presque totalité de la variance des données (99,9 %). Les trois autres composantes sont rejetées à cause de leur faible poids au niveau statistique. Ces trois nouvelles images synthétiques issues de l'analyse en composantes principales peuvent nous permettre d'obtenir une image en couleur sur l'écran vidéo de l'ordinateur. En effectuant sur celles-ci des opérations de rehaussement de contraste basées sur l'égalisation des histogrammes et le choix des couleurs, nous avons obtenu un produit qui peut nous aider à discriminer aisément des aires ayant des caractéristiques de brillance, de texture et de structure qui leur sont propres.

Compte tenu du traitement statistique utilisé pour l'extraction d'information, il nous apparaît difficile de pouvoir effectuer une analyse comparative avec les données du satellite SPOT. En effet, bien que sa résolution spatiale soit supérieure à celle de TM LANDSAT, son mode multispectral, qui est limité à trois bandes, fait en sorte qu'une analyse en composantes principales sur

cette banque d'information n'a que peu d'efficacité et de pertinence lorsque l'on compare les trois premières composantes principales de spot (trois bandes) à celles de TM LANDSAT (six bandes). De plus, une comparaison entre les deux s'avère difficile car les informations d'origine ne proviennent pas des mêmes plages ou fenêtres spectrales. En effet, elles varient de 0,5 à 0,89 μm pour SPOT et de 0,45 à 2,35 μm pour TM LANDSAT.

Tableau 2 Résultats de l'analyse en composantes principales pour la sous-image de l'Est de Montréal

	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
Moyennes par bande spectrale (en valeurs numériques):	8,00	12,02	17,14	71,34	51,72	30,55
Écart-types par bande spectrale:	6,52	8,06	11,57	39,24	25,27	17,57
Matrice de covariance entre les bandes spectrales:						
TM1	42,49					
TM2	49,79	65,03				
TM3	71,10	90,79	133,95			
TM4	-19,94	45,82	37,84	1 540,07		
TM5	62,27	118,80	166,42	790,08	638,50	
TM7	85,54	120,80	177,43	269,47	369,87	308,82
Matrice de corrélation entre les bandes spectrales:						
TM1	1,00					
TM2	0,95	1,00				
TM3	0,94	0,97	1,00			
TM4	-0,08	0,14	0,08	1,00		
TM5	0,38	0,58	0,57	0,80	1,00	
TM7	0,75	0,85	0,87	0,39	0,83	1,00
Valeurs propres de la matrice de covariance (variance expliquée en pourcentage):						
	2 000 (75,7)	600 (22,7)	40 (1,5)	2 (0,0)	1 (0,0)	
Vecteurs propres de la matrice de covariance:						
CP1	0,02	0,07	0,08	0,82	0,51	0,24
CP2	0,25	0,29	0,44	-0,46	0,35	0,57
CP3	-0,40	-0,43	-0,46	-0,31	0,57	0,16
CP4	-0,07	-0,22	0,23	0,15	-0,53	0,77
CP5	0,57	0,39	-0,71	-0,04	0,09	0,02
CP6	0,67	-0,73	0,15	0,00	0,06	-0,06

ANALYSE DE L'IMAGE

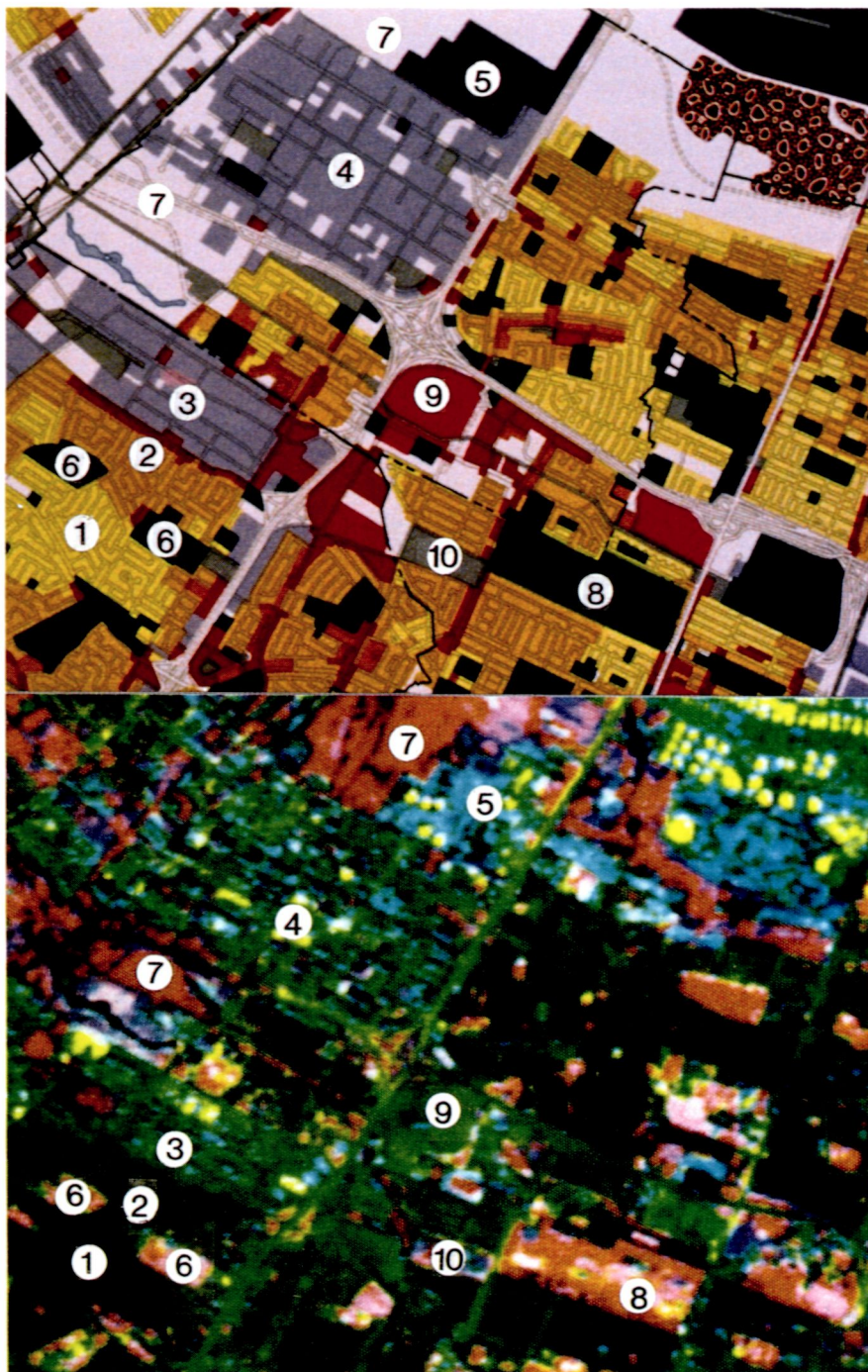
L'analyse du nouveau produit-image se base sur une interprétation *manu-visuelle*, les classifications numériques des signatures spectrales des objets proposées ne donnant pas des résultats suffisamment précis pour plusieurs types de fonctions urbaines si l'on se fie aux études antérieures. La classification faisant intervenir l'interprète nous permet d'améliorer les résultats par l'intermédiaire des critères d'interprétation difficilement quantifiables comme la texture et l'arrangement (pattern) et le contexte. Ce sont des éléments fondamentaux pour toute forme d'interprétation (Gagnon, 1974).

La distinction la plus nette entre les éléments de l'image se situe aux niveaux des surfaces d'eau, de la végétation (boisés et espaces vacants à couverture herbacée), des aires industrielles (industrie lourde et légère) et des quartiers résidentiels (de faible densité). Elle s'explique d'abord par la présence plus ou moins grande de végétation dans les quatre cas. En effet, le produit résultant de la superposition des images réalisées à partir des trois premières composantes principales fait ressortir le fait que plus la teinte est foncée, plus la végétation est dense. Il est donc possible de distinguer clairement les secteurs tels l'industrie lourde (absence de végétation) et les boisés. Nous pouvons aussi hiérarchiser les quartiers résidentiels en fonction de la densité de l'espace bâti. Les sections unifamiliales se distinguent des multifamiliales par leur teinte plus foncée.

Les variables «teinte» et «couleur» s'avèrent des critères de première importance dans la détermination des fonctions urbaines. Cependant, il faut nous appuyer sur d'autres variables telles que le pattern, la texture, la forme et la taille afin de distinguer des éléments du tissu urbain qui ont apparemment la même tonalité. C'est le cas des secteurs d'industrie légère (parcs industriels), d'espaces vacants sans couverture végétale, de carrières ou sablières, d'une part, et des quartiers résidentiels unifamiliaux de construction récente (sans végétation) et des secteurs multifamiliaux, d'autre part. En ce qui concerne les parcs industriels, ils se distinguent surtout par la forme, la taille des bâtiments et leur pattern dans une aire donnée. En effet, les bâtiments récents qui y sont construits sont plutôt de forme rectangulaire et de grande superficie. L'arrangement de ces espaces est caractérisé par de grandes aires sans construction (verdure ou terrain vacant) localisées entre ces bâtiments. La densité de l'espace construit y est faible. Quant aux espaces vacants sans couverture végétale, en plus de leur teinte particulière, nous pouvons les différencier par leur absence d'organisation et leur texture hétérogène. Les carrières peuvent se confondre avec les espaces vacants non végétalisés. Cependant, il arrive souvent que l'arrangement de l'intérieur de la carrière nous permette, par ces caractéristiques plus géométriques, de les différencier.

Le tissu urbain à vocation résidentielle peut être précisé grâce à l'aménagement des voies de circulation. En effet, une ville comme Montréal, vue par le capteur TM, nous permet, après certaines formes de rehaussement qui privilégient les éléments linéaires, de distinguer l'organisation des rues en fonction du type de quartier. La largeur de celles-ci (taille) peut être un critère de différenciation. En effet, dans des quartiers multifamiliaux typiques comme ceux du Mile-End, Saint-Louis et Lafontaine, l'étroitesse de ces rues — à l'exception des grandes artères — fait que leur signature spectrale est fortement altérée par les éléments qui l'environnent, c'est-à-dire les bâtiments. Là, le critère de la teinte est prépondérant. Cependant, dans les quartiers résidentiels de faible densité, le facteur «organisation du réseau routier» est une variable essentielle lors de l'interprétation de l'image. Dans l'identification des fonctions urbaines, un autre critère peut nous aider à préciser le type d'occupation. Il s'agit de la localisation des éléments. En effet, à titre d'exemple, les zones industrielles et commerciales (centres d'achat et commerce au détail) se situent la plupart du temps près de chemins de fer ou le long des routes principales. Dans ces deux cas, l'accessibilité au lieu est un facteur prédominant. En contrepartie, la télédétection satellitaire ne peut pas nous

Figure 4 Comparaison entre la carte d'occupation du sol de la Communauté urbaine de Montréal et l'image TM LANDSAT rehaussée



aider à clairement identifier des fonctions telles que les services, édifices à bureaux ainsi que les fonctions mixtes (résidentielle-commerciale). Là, une autre source de données s'avère nécessaire.

La figure 4 nous présente un secteur de la partie est de Montréal. Nous pouvons, à titre d'exemple, distinguer les éléments suivants. Les zones numérotées 1, 2 et 3 représentent respectivement les habitats de faible densité, de moyenne densité et d'industrie légère. Les couleurs passent du vert foncé au vert pâle. En plus, l'industrie légère est caractérisée par des taches de bleu et nous pouvons distinguer une organisation (pattern) particulière. Les secteurs numérotés 4 et 5 permettent de constater la différence entre l'industrie légère (4) et lourde (5). Nous remarquons au point 5 des grandes superficies de teinte plutôt bleu pâle. À l'intérieur de celles-ci, nous pouvons noter l'absence de pattern typique des routes ainsi que la présence de taches jaunes correspondant à des constructions en ciment ou ayant une couverture métallique. Les zones 6 et 7 illustrent respectivement les parcs urbains et les espaces vacants (partiellement couverts de végétation). Les couleurs correspondantes varient du rose-rouge (6) au rouge vif (7). Il est cependant facile de confondre un cimetière (8) avec les éléments précités. Enfin, nous ne pouvons pas toujours identifier clairement les aires commerciales (9) et les services d'utilité publique (10).

Tableau 3 Légende de la carte d'occupation du sol de l'île de Montréal et possibilités d'identification par image satellitaire TM

Fonction	Identification
Habitat (faible densité)	Aisée et avec précision
Habitat (moyenne densité) (forte densité)	Aisée mais sans distinction entre moyenne et forte densité
Commerce de détail	Très difficile à impossible
Centre commercial	Très difficile à impossible
Édifice à bureaux	Impossible
Industrie légère	Relativement aisée
Industrie lourde	Aisée
Carrière	Relativement aisée
Site d'enfouissement	Impossible
Rural	Aisée
Équipement collectif	Très difficile à impossible
Service d'utilité publique	Variable selon la taille
Parc (urbain/régional)	Aisée
Réserve naturelle	Relativement aisée
Golf	Aisée
Cimetière	Impossible
Espace vacant	Relativement aisée

Ces différentes observations nous ont permis d'élaborer les possibilités d'identification des différents modes d'occupation du sol en milieu urbain (tableau 3).

CONCLUSION

Par l'intermédiaire du traitement numérique proposé dans cette recherche, nous sommes arrivés à produire une image synthèse des données TM LANDSAT qui peut être analysée facilement de façon *manu-visuelle*. Des critères tels que la forme, la taille, la teinte (couleur), la texture et l'arrangement sont nécessaires pour la *télé-interprétation* de l'occupation du sol en milieu urbain.

En ce qui concerne une ville comme Montréal, les données acquises par satellite peuvent et doivent être considérées comme une source d'information importante, au même titre que la photographie aérienne et différentes enquêtes sur le terrain. Les types d'occupation du sol sont identifiables à partir de l'interprétation visuelle d'images TM LANDSAT à la condition que le produit cartographique ne soit pas à une échelle plus détaillée que celle du 1 : 50 000. Nous devons poursuivre les recherches, notamment avec les données du satellite SPOT ou avec un amalgame entre les deux sources. En effet, un jumelage de l'information spectrale du capteur TM avec la résolution spatiale des images SPOT pourrait aboutir à une amélioration dans la qualité et la précision des informations provenant des plates-formes satellitaires dans le cadre d'une analyse visuelle ou numérique de l'espace urbain.

Une vision globale de l'espace montréalais est nécessaire dans le cadre de la planification et de l'aménagement du territoire urbanisé et non urbanisé. Les images satellitaires ont l'avantage de percevoir Montréal d'un seul coup d'oeil, éliminant ainsi la tâche lourde et coûteuse de la conception et de la réalisation d'une mosaïque des photographies aériennes. Elles peuvent détecter des caractéristiques sur des objets terrestres qui ne sont pas perceptibles sur émulsion panchromatique. De plus, il est possible d'obtenir des images corrigées géométriquement, les rendant ainsi superposables à des cartes topographiques, cadastrales, planimétriques et à tout autre document cartographique d'ordre administratif (limites de quartier, réseau de transport, etc.). Tous ces éléments constituent l'assise d'un système d'information géographique. Ce mode de gestion des données d'un territoire urbain est un pas en avant dans la planification et l'aménagement du territoire à la condition que les informations qui en sont déduites dépassent le simple niveau de localisation spatiale et d'inventaire des objets terrestres.

SOURCES CITÉES

- ANONYME (1983) *Manual of Remote Sensing*. Colwell, R.N., Falls Church, Va., American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 1, 1232 p.
- ANONYME (1987) *Carte d'occupation du sol*. Montréal, Communauté urbaine de Montréal.

- BALLUT, A. et NGUYEN, P.T. (1984) Les besoins en information pour l'aménagement urbain et régional. *Revue de la SFPT*, 93: 21-32.
- BEAUDOIN, A., BROCHU, R. et MORIN, D. (1986) Détection des changements d'utilisation du sol dûs à l'urbanisation à l'aide de l'analyse en composantes principales des données multitudes LANDSAT. *Journal Canadien de Télédétection*, 12 (1): 29-38.
- CARIGNAN, M., MORIN, D., BROCHU, R. et ROYER, A. (1987) Évaluation du potentiel de la télédétection spatiale pour l'étude du milieu urbain: le cas de Montréal. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 14: 111-117.
- CHARBONNEAU, L., MORIN, D. et BROCHU, R. (1985) Détection des unités d'utilisation et de couverture du sol urbain au moyen d'une simulation SPOT. *Cahiers de géographie du Québec*, 29 (76): 29-46.
- CHARBONNEAU, L., MORIN, D. et ROYER, A. (1986) Interprétation et analyse de l'évolution du paysage urbain de l'agglomération de Montréal (Canada) à l'aide de données LANDSAT. *Photo-interprétation*, 1986-5, fascicule 1, pp. 1-11.
- EVERETT, J. et SIMONETT, D.S. (1976) Principles, Concepts and Philosophical Problems. In J. Linthy et D.S. Simonett (éds.) *Remote Sensing of Environment*, Reading, Mass, Addison Westley.
- FORSTER, B.C. (1984) Some Urban Measures from Remote Sensing. *Proc. of Remote Sensing Appl. of socio-economic aspects of Environment*, Yogyakarta, Mada University, Geography, UNDP/ESCAP, Regional Remote Sensing Program.
- FOSSET, R. (1982) Les types de quartier et l'expansion de Casablanca (Maroc). *Journées de Télédétection en milieu urbain*, Cellule de télédétection du CNRS, 6-7 mai 1982, pp. 54-57.
- FRIEDMAN, S.Z. et ANGELICI, G.L. (1979) The Detection of Urban Expansion from LANDSAT Imagery. *Remote Sensing Quarterly*, 1 (1): 58-79.
- GAGNON, H. (1974) *La photo aérienne: son interprétation dans les études de l'environnement et de l'aménagement du territoire*. Montréal, Les éditions HRW Ltée, 278 p.
- HERNANDEZ, M., NGUYEN, P.T. et BALLUT, A. (1984) Change Detection in Urban Areas: a Spot Simulation Experiment. *Technical Papers, 1984 World Conference on Remote Sensing*, Bayreuth, Allemagne (8-10 octobre), pp. 30-39.
- HIRSCH, J., SERRADJ, A. et RIMBERT, S. (1988) La télédétection, un outil supplémentaire au service des études urbaines: une application sur Strasbourg. *Les Cahiers de l'urbanisme, Revue de l'administration wallonne de l'aménagement du territoire*, Pierre Mardaga, éd, n° 4, juin, pp. 29-33.
- JENSEN, J.R. et TOLL, D.L. (1982) Detecting Residential Land-Use Development at the Urban Fringe. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 48 (4): 629-632.
- LEGENDRE, L. et LEGENDRE, P. (1979) *Écologie numérique*. Paris, Masson, 2 volumes, 451 p.
- MARKHAM, B.L. et BARKER, J.L. (1986) Landsat MSS and TM Post-calibration Dynamic Ranges, Exoatmospheric Reflectances and At-satellite Temperatures. *Landsat Technical Notes*, EOSAT, 1: 3-8.
- MARTIN, L.R.G., HOWARTH, P. et HOLDER, G.H. (1988) Multispectral Classification of Land Use at the Rural-Urban Fringe Using SPOT Data. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 14 (2): 72-79.
- NADASKI, I., BAUDOT, Y. et DONNAY, J.-P. (1988) La carte-pilote de l'affectation du sol à Liège et des produits dérivés issus des traitements satellitaires SPOT. *Les Cahiers de l'urbanisme, Revue de l'administration wallonne de l'aménagement du territoire*, Pierre Mardaga, éd. n° 4, juin, pp. 51-60.
- OLIVA, P. et HUSSON, A. (1982) Classification supervisée des ensembles urbains et péri-urbains de la région d'Aix-en-Provence: aspects méthodologiques. *Journées de télédétection en milieu urbain*, Cellule de Télédétection du CNRS, 6-7 mai 1982, pp. 28-46.
- WELCH, R. (1982) Spatial Resolution Requirements for Urban Studies. *International Journal of Remote Sensing*, 3 (2): 146-193.

(Acceptation définitive en novembre 1990)

CARTOGRAPHIE

Réalisation:
Isabelle Diaz

Photomécanique:
Serge Duchesneau