*Symposium International de Cartographie Thématique*
*Dérivée des Images Satellitaires, Saint-Mandé 2-4 octobre 1990*

**O Applications à l'agriculture, aux forêts et à l'usage du sol**
***Applications to agriculture, forests and land use***

# CARTOGRAPHIE AUTOMATIQUE DES UTILISATIONS - OCCUPATIONS DES SOLS À L'AIDE DE L'IMAGERIE SATELLITAIRE

par François CAVAYAS, Claude MAROIS et Yves BAUDOUIN

Département de géographie
Université de Montréal, Canada

***Résumé***

*Cette communication a pour objectif de présenter un logiciel prototype permettant la production automatique de cartes d'occupation-utilisation des sols à moyenne échelle (1:50 000 et plus petite) en se servant d'images satellitaires. Ce logiciel tient compte avantageusement des techniques du traitement d'images, de la cartographie numérique ainsi que des systèmes experts afin d'extraire l'information requise par l'imagerie satellitaire et procéder à sa représentation cartographique selon les normes imposées par l'utilisateur.*

*L'interprétation automatique des images repose sur l'information cartographique existante du milieu étudié, utilisée comme un modèle approximatif du monde extérieur. Grâce à une série de règles d'interprétation tenant compte à la fois des caractéristiques des images employées ainsi que des traits caractéristiques des objets d'intérêt, le logiciel analyse les données de télédétection et l'information cartographique existante et essaie d'aboutir à une conclusion quant à l'occupation-utilisation d'une parcelle de terrain. Cette dernière peut être délimitée par l'opérateur sur l'écran graphique de l'ordinateur ou également peut être connue par un ancien inventaire. Dans ce dernier cas le logiciel est utilisé comme un moyen de mise à jour automatique d'une base de données cartographiques. Si le système n'obtient aucune conclusion valable, l'opérateur doit fournir l'«étiquette» de cette parcelle. Ainsi le système peut apprendre à interpréter au fur et à mesure les objets dont les caractéristiques n'étaient pas déjà introduites dans sa base de connaissances. Une fois l'ensemble du territoire classifié, le système est en mesure de procéder à la production d'une carte finale sur le médium désiré par l'utilisateur. Appliqué à des images HRV de SPOT, en mode multibande et panchromatique, des milieux urbains et péri-urbains au Québec, ce logiciel a donné des résultats très prometteurs.*

## ◆ Introduction

Au Québec nous sommes confrontés en ce moment à un nombre grandissant de base de données cartographiques générées par des organismes publics et para-publics dans plusieurs sphères d'activités. Au même moment nous remarquons un délaissement quant à l'inventaire de l'occupation du sol. En effet de nombreux organismes se désintéressent de l'élaboration des bases de données ainsi que de la production de documents cartographiques liés à l'occupation du sol (par exemple: le Ministère des Affaires Municipales, la Direction générale des terres). L'ensemble des opérations nécessaires à ces activités se pratiquent manuellement occasionnant par le fait même des coûts de plus en plus élevés.

Un autre problème majeur touchant ces bases de données réside au niveau de la mise à jour des documents. Pourtant l'intérêt d'une base de données en cartographie numérique, est justement de pouvoir permettre l'accès à des données cartographiques à jour. La mise à jour apportée de façon conventionnelle est longue et fastidieuse. L'intégration d'images satellitaires pourrait offrir la possibilité de générer des données pouvant être intégrées à des bases de données cartographiques et ainsi palier au problème mentionné et ce en minimisant le temps de réalisation de la mise à jour.

Le processus d'automatisation de l'inventaire des occupations-utilisations des sols nécessite **la définition d'un système taxinomique** tenant compte à la fois des besoins des utilisateurs et des caractéristiques des images utilisées, **une méthode efficace de découpage automatique de l'image** en régions homogènes du point de vue

occupation-utilisation des sols. Les méthodes actuelles d'inventaire de mise à jour fondées sur la reconnaissance des forces statistiques, pixel par pixel, ne donnent que des résultats mitigés quant au nombre d'affectations pouvant être reconnues. A titre d'exemple nous remarquons qu'il peut être difficile de retrouver les 19 classes que la Communauté Urbaine de Montréal utilise. Charboneau *et al* 1985 ont établis quant à eux 10 classes. Aussi les mêmes méthodes présentent beaucoup de difficultés quant à l'identification des changements.

Nous voulons donc développer un système d'aide à l'interprétation faisant appel à des connaissances externes et à des algorithmes de traitement, adapté à des scènes en milieu urbain et péri-urbain. Pour ce faire nous avons eu à vérifier certains éléments: les limites de l'utilisation d'images satellitaires en milieu urbain quant à l'identification des affectations, la détermination d'unités de référence pertinentes et plausibles, la sélection de paramètres discriminateurs, la caractérisation de différentes affectations à partir de ces paramètres, la création de règles de décision permettant l'identification des changements ainsi que, l'établissement de liens avec les bases de données externes.

Cet article a comme objectif de présenter à l'aide d'un exemple concret les résultats de notre méthodologie d'inventaire des occupations des sols. Cette méthodologie se base à la fois sur des données cartographiques existantes et les résultats du traitement d'images. Nous décrirons aussi les possibilités d'intégration d'autres types de connaissances externes provenant de diverses sources (statistiques de la CUM, matrice de corrélation, etc.).

## ◆ Méthodologie d'inventaire automatique

La méthodologie proposée repose sur cinq étapes. Il s'agit dans un premier temps de circonscrire l'espace dans lequel nous désirons travailler, donc nous procédons à la numérisation des différentes limites administratives qui nous intéressent. Dans notre cas il s'agissait des limites municipales et des quartiers de planification de la ville de Montréal (ce qui a généré 84 entités distinctes). Une fois cette étape complétée nous procédons à l'assignation des pixels de l'image satellitaire par rapport aux limites administratives sélectionnées. Cette division de l'image en plusieurs entités offre différents avantages: nécessite moins d'espace disque, accélère le traitement et permet une optimisation du traitement étant donné que les entités se trouvent composées d'éléments ayant un niveau d'homogénéité plus grand que si nous avions à traiter l'image dans son ensemble. Ce qui réduit forcément le nombre de classes d'affectations possibles à reconnaître et augmente les probabilités d'un étiquetage plus juste.

Dans un deuxième temps, nous segmentons l'image comprise dans le territoire visé. Comme le soulignent beaucoup d'auteurs, la segmentation ne génère pas nécessairement les résultats voulus, et pourtant cette étape est fondamentale pour le reste des traitements envisagés. Pour réduire les différentes lacunes de la segmentation, nous avons opté pour une procédure basée sur deux itérations. Pour commencer, nous pratiquons un premier traitement basé sur l'opérateur de détection d'arêtes de SOBEL, centré sur une fenêtre 3 X 3:

$$gSOB = (A + 2B + C) - (G + 2H + 1) + (A + 2D + G) - (C + 2F + I)$$

où:

A B C
D E F
G H I

à la deuxième itération nous pratiquons la moyenne des valeurs d'arêtes trouvées (fenêtre 3 X 3). Cette deuxième itération a comme avantage de réduire considérablement les bris de segments.

Dans un troisième temps, nous amincissons les segments par le centre (algorithme de Paulidis, 1982) et nous obtenons une série de segments réduits à leur plus simple expression. Par la suite un algorithme génère tous les polygones (entités fermées) possibles à l'aide des segments. Il est bien évident que tout segment non fermé ou encore tout segment n'étant pas connecté à un nœud se verra éliminé lors de la polygonisation.

Dans un quatrième temps nous extrayons pour chacun des polygones les pixels de l'image satellitaire situés à l'intérieur. De là nous sommes en mesure de générer une série de paramètres décrivant le polygone. Il s'agit de paramètres liés à la géométrie du polygone, soit : l'aire, la compaction la linéarité, et au niveau du contenu du polygone nous retrouvons différents paramètres: la moyenne des niveaux de gris, la variance, la variable centrée réduite, un indice d'entropie et la texture.

La dernière étape repose sur l'étiquetage de chacun des polygones selon les différents types d'occupation du sol retenus. L'étiquetage se pratique en plusieurs itérations. Pour commencer nous nous attardons uniquement aux polygones étiquetables facilement (niveau de confiance de 95% et plus). Par la suite, nous rajoutons à notre base de connaissance l'information du milieu, c. à d. l'information contextuelle. Il s'agit de paramètres décrivant l'occupation du sol, de documents cartographiques ainsi que d'une matrice de corrélation des occupations. Avec ces différentes informations il y aura moyen de faire un choix plus éclairé quant à l'occupation possible des polygones. Par contre si l'étiquette du polygone ne possède pas un niveau de confiance suffisamment élevé, ce sera à l'opérateur d'étiqueter

le polygone concerné. Nous pouvons donc, rendu à ce point confectionner différents documents cartographiques portant sur l'occupation du sol.

L'utilisation de différentes sources d'informations autres que l'image satellitaire peut s'avérer fort utile pour chacune des étapes mentionnées. Nous pouvons penser par exemple à l'utilisation de cartes existantes numériques comme aide lors de la segmentation, les travaux de Mason et al. (1988) nous semble fort pertinents à ce niveau. Dans le cas de notre recherche, nous nous proposons d'utiliser les documents cartographiques lors de l'étiquetage, car leur contribution pourrait s'avérer très importante pour établir la forme, la dimension ainsi que le nombre d'îlots présents dans un polygone donné.

## ◆ Exemple d'application

La méthodologie proposée a été appliquée à la municipalité de Senneville (municipalité située dans le secteur ouest de l'île de Montréal) avec une image HRV de SPOT en mode panchromatique corrigée géométriquement selon la projection UTM. Par la suite les limites de la municipalité ont été superposées sur l'image (figure 1a).

Les figures 1b, 1c, et 1d présentent le résultat de chacune des étapes du traitement. Nous sommes en mesure de remarquer qu'un assez grand nombre de segments se sont retrouvés rejetés lors de la polygonisation (figure 1b et 1c). Certains de ces segments ne présentaient pas vraiment d'intérêt, par contre d'autres auraient pu confectionner de nouveaux polygones s'il y avait eu moins de bris de segments. L'étape d'étiquetage pour sa part repose sur une série de règles empiriques basées sur les paramètres récoltés, ainsi il peut être possible de générer les différentes règles permettant l'étiquetage.

A l'aide de cette application nous avons pu nous rendre compte que différents points mériteraient d'être optimisés:

- **au niveau de la segmentation:**

– optimisation du seuil de détermination d'une arête. La méthode de Matsuyama et Nagao (1980) basée sur l'utilisation d'histogramme d'arêtes proposé pourrait s'avérer utile.

- **au niveau de l'amincissement:**

– Il n'est pas certain qu'un amincissement par le centre soir la solution idéale, il serait valable de pratiquer différentes alternatives

- **au niveau de la polygonisation:**

– vu le nombre de segments brisés, il s'avérerait important de forcer (selon un seuil de tolérance) une recherche de segments permettant de connecter les différents segments non utilisés

- **au niveau de l'étiquetage:**

– en greffant les cartes numériques comportant le réseau routier (donc possibilité de reconfectionner les îlots) à l'image satellite et en procédant à l'extraction des pixels il sera possible de fournir au système les informations nécessaires pour que celui-ci puisse par lui même renforcir sa base de connaissances à partir du contenu des îlots.

## ◆ Conclusion

Les différents résultats obtenus à l'aide du système nous laisse entendre que le rôle de l'information contextuelle devrait prendre une place de plus en plus importante tant au niveau du portionnement du territoire étudié, qu'au niveau de la détermination de l'occupation existante ou d'un changement d'occupation.

Il s'est avéré efficace de traiter les pixels non pas de façon isolée, mais plutôt comme un ensemble de valeurs composant un objet ayant une série de caractéristiques propres. Il faudrait toutefois ne pas oublier que vue la complexité du milieu urbain et péri-urbain l'usager aura encore à intervenir à plusieurs occasions, toutefois si ce genre de système permet de réduire les tâches routinières il sera alors possible d'octroyer plus de temps à la thématique elle même.

**Références**


BALLUT André - Perspectives d'utilisation des données satellites SPOT en région Ile-de-France d'après des résultats acquis par les deux images simulées de 1981 et 1983, Symposium on remote sensing of environment, vol. II, 1984, pp. 704-711.

BEAUDOIN André et al. - Détection des changements d'utilisation du sol dus à l'urbanisation, à l'aide de l'analyse en composantes principales de données multidates Landsat, Canadian Journal of Remote Sensing, vol. 12, n° 1, 1986, pp. 29-38.

CAMPBELL James B. - Introduction to Remote Sensing, The Guildford Press, 1987, 551 p.

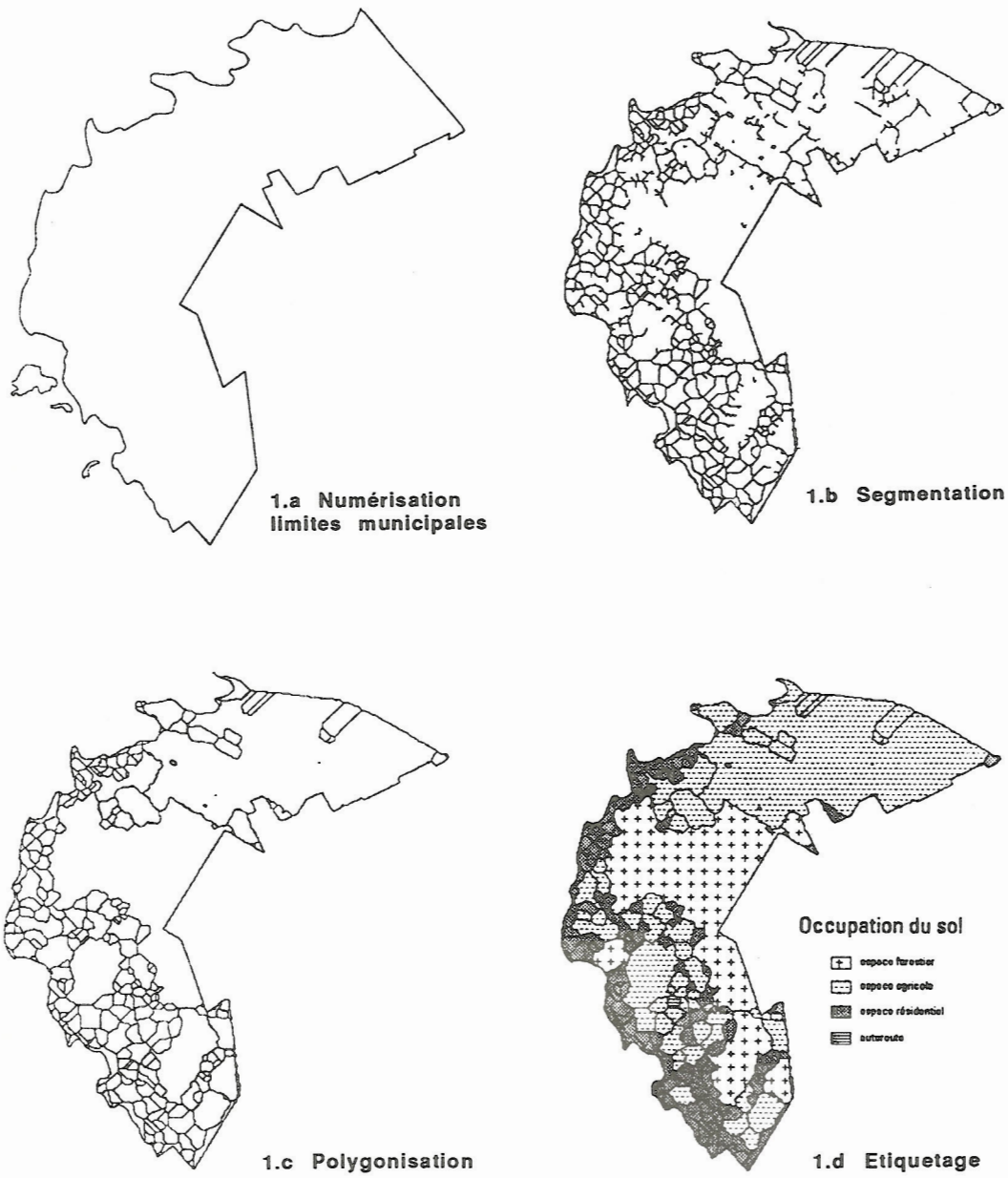
CHARBONNEAU L., MORIN Denis, BROCHU Richard - Détection des unités d'utilisation et de couverture du sol urbain au moyen d'une simulation de SPOT, Cahiers de Géographie du Québec, vol. 29, n° 76, 1985, pp. 29-47.

MASON D.C., al. - The use of digital map data in the segmentation and classification of remotely-sensed images, International Journal of Geographical Information Systems, vol. 2, n° 3, 1988, pp. 195-215.

NAGAO Makoto - A Structural Analysis of Complex Aerial Photographs, Plenum Press, New-York, 1980, 198 p.

PAVLIDIS Théo - Algorithms for graphics and image processing, Bell Laboratories, Computer Science Press, 1982, 416 p.

WAHL Friedrich M. - Digital Image Signal Processing, Artech House, 1987, 183 p.


1.a Numérisation limites municipales

1.b Segmentation

1.c Polygonisation

1.d Etiquetage