

## LA TELEDETECTION URBAINE A L'ORSTOM

---

Françoise DUREAU

Géographe-démographe, ORSTOM, Département SUD, U.R. 5E

Juillet 1972. Dix huit années se sont déjà écoulées depuis que le premier satellite d'observation de la terre, LANDSAT 1, a été mis sur orbite. Au fil des ans, de nouveaux satellites, de plus en plus performants, se relaient à quelques centaines de kilomètres au dessus de nous, pour nous envoyer des images toujours plus précises de la surface terrestre. Tant que des nuages ne viennent pas s'intercaler entre le satellite et le sol, on dispose ainsi d'une observation quasi continue de tout point du globe terrestre.

Séduisante pour des chercheurs ou praticiens de l'urbanisme confrontés quotidiennement au manque d'informations sur des villes au rythme d'évolution très rapide, la permanence de l'observation n'est toutefois pas la seule caractéristique de la télédétection spatiale : si les satellites peuvent fournir des données sur l'occupation du sol, c'est en faisant appel à des systèmes d'acquisition de l'information particuliers, basés sur l'utilisation du rayonnement électromagnétique dans certaines longueurs d'onde.

L'information contenue dans les images satellite ne correspond pas à la vision directe des objets occupant la surface terrestre telle que nos yeux ont l'habitude de nous les faire percevoir : l'exploitation de ces images n'est pas immédiate et impose de recourir à des techniques spécifiques permettant d'extraire l'information recherchée. L'utilisation routinière de l'imagerie satellitaire passe nécessairement par une phase préalable de développement de méthodes d'interprétation adéquates.

Le dossier proposé aujourd'hui rend compte des essais d'application de la télédétection aux villes des pays en développement menés par des équipes du département SUD. Il témoigne de la contribution de l'ORSTOM à cette tâche, parfois ingrate, de mise au point d'outils d'analyse de l'information proposée par la télédétection spatiale ; à travers les exposés de quatre programmes de recherche, il révèle aussi la variété des utilisations qui sont faites des images satellite dans le processus de production de connaissance sur les villes des pays en développement.

## L'image satellite, une source d'information récente encore sous-exploitée en milieu urbain

Jusqu'en 1984, la faible précision des images satellite disponibles a limité les applications de la télédétection spatiale au milieu urbain, caractérisé par l'hétérogénéité et la faible taille de ses éléments constituants : avec une résolution de 80 mètres, les images LANDSAT MSS ne permettaient guère de dépasser le stade de la mise en évidence de la tache urbaine.

La seule information réellement détectable sur les images MSS était la superficie urbanisée, sans qu'il soit possible de distinguer précisément différents types de quartiers au sein des agglomérations : les tentatives de classification des différents types d'occupation du sol en milieu urbain alors effectuées montraient l'inadéquation de la résolution spatiale des images MSS à l'étude des villes.

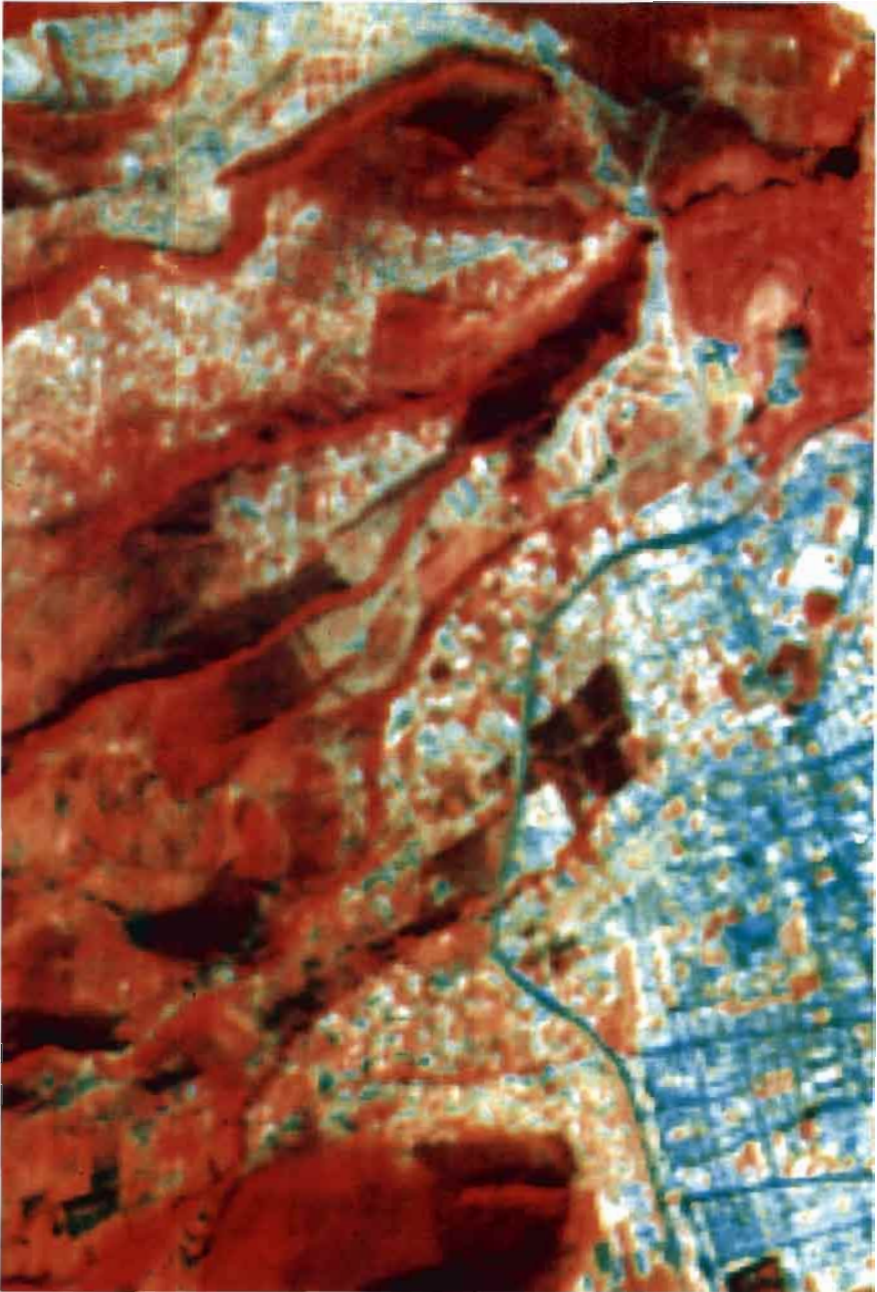
Peu efficaces dans un strict objectif de production d'information sur les zones urbanisées, ces travaux constituent toutefois un apport non négligeable sur le plan de la méthodologie en télédétection urbaine. Outre de premières conclusions sur les données radiométriques à utiliser et les méthodes de traitement à mettre en oeuvre, les travaux sur images MSS ont révélé une des questions centrales de la télédétection spatiale en milieu urbain : les problèmes de correspondance entre l'information recueillie par la télédétection, de nature *bio-physique* et les typologies usuelles en urbanisme, de nature essentiellement *fonctionnelle*.

Disponibles à partir du milieu des années quatre-vingt, les images SPOT et Thematic Mapper (TM) marquent le démarrage effectif des applications de la télédétection au milieu urbain : leur résolution, comprise entre 10 et 30 mètres, permettent d'appréhender certaines des caractéristiques des espaces urbanisés, d'entrer dans la ville, dont les portes n'avaient été qu'entrouvertes par MSS.

Sur les images TM (30 mètres), sont développées des méthodes pour extraire de l'image des informations sur la délimitation de l'espace urbanisé, la classification de l'occupation du sol, la densité de constructions. Les objectifs ne sont pas fondamentalement différents de ceux assignés à l'exploitation des images MSS, nombre de travaux étant toujours focalisés sur les questions d'occupation du sol, avec un intérêt particulier pour la végétation ; seulement, la meilleure résolution spatiale et la plus grande richesse de l'information sont à l'origine de résultats nettement meilleurs.

La meilleure résolution de SPOT (10 et 20 mètres) élargit le champ d'application des images satellite. Aux objectifs déjà visés avec les images TM, s'ajoutent des utilisations nouvelles : l'information

COMPOSITION COLOREE SPOT  
Partie nord de Quito (EQUATEUR)



Echelle approximative : 1 /30 000 (1cm = 300 m)

apportée par SPOT sur la voirie fait de ce type d'image un outil intéressant pour produire rapidement des fonds de plan, étudier les structures urbaines. La possibilité d'obtention de couples stéréoscopiques d'images SPOT permet d'obtenir une information sur le relief ; elle devrait également nous informer sur la hauteur des bâtiments.

Longtemps restée entre les mains de quelques rares pionniers qui, confiant dans un avenir meilleur, ont travaillé dès les années soixante-dix sur des images satellite alors peu satisfaisantes, la télédétection spatiale en milieu urbain n'a commencé vraiment à se développer que depuis cinq années. Ne pouvant bénéficier que d'une faible part de l'acquis méthodologique de la télédétection en zones rurales et ne faisant encore l'objet que de trop rares travaux de recherche, le savoir-faire en télédétection urbaine est toujours réduit : on ne sait encore extraire qu'une toute petite partie des informations contenues dans des images satellite SPOT et TM.

### **La télédétection dans le processus de production de connaissances sur les villes**

L'historique rapide de la télédétection urbaine que nous venons de dresser le suggère, et une analyse de la bibliographie française ou étrangère consacrée à des expériences de télédétection en milieu urbain le montrerait de façon plus évidente : la plupart des applications utilisent l'image pour produire une information localisée relative à l'aspect *physique* de la ville. Etablir une classification des différents modes d'occupation du sol, repérer les changements d'affectation du sol entre deux dates, les chantiers ou les espaces verts, repérer la voirie constituent les objectifs les plus fréquents de l'exploitation d'images satellite en milieu urbain.

En effet, tout comme la photographie aérienne, l'image satellite renseigne sur l'état physique de la portion d'espace couverte par le document ; il est donc logique que la démarche la plus courante en télédétection spatiale soit de produire des informations sur l'occupation de l'espace urbain.

Dans des villes connaissant des rythmes de croissance rapides, les techniques traditionnelles de production de cartographie de base sont trop lourdes à mettre en oeuvre pour assurer une réelle actualisation des documents cartographiques de référence. L'image satellite peut

permettre de repérer des objets urbains fondamentaux tels que la voirie et les îlots, et donc de produire rapidement des fonds de plan qui font actuellement défaut.

Au delà de cette utilisation cartographique, la télédétection constitue une source d'information précieuse pour établir un état de l'occupation d'un espace urbain ; et la répétitivité des observations font de la télédétection spatiale un outil particulièrement intéressant pour suivre les transformations, souvent rapides, de cet espace.

Gérer une ville, comprendre son fonctionnement et la production de l'espace urbain, autant d'opérations qui ne peuvent se satisfaire d'informations sur l'occupation du sol, mais réclament également des données relatives aux populations citadines.

Le fait qu'il existe certaines relations entre l'aspect *physique* d'un quartier et les caractéristiques de la population qui y réside ouvre à la télédétection le champ des applications ayant trait au domaine du "social" : l'information apportée par le satellite peut servir de *vecteur d'observation* dans un processus de production d'information démographique ou socio-économique.

Dans cette perspective, les images satellite sont exploitées pour produire une information intermédiaire, qui constitue une étape dans un processus de production de connaissances mettant en oeuvre d'autres sources que la télédétection : l'information recherchée n'est pas contenue dans l'image, mais l'existence de liens entre le phénomène que l'on cherche à observer et celui présent sur l'image permet de faciliter, accélérer la production de l'information sur ce phénomène.

On peut ainsi tirer parti de l'information exhaustive et finement localisée sur l'occupation de l'espace apportée par les images satellite pour *produire* rapidement, par sondage, une information démographique ou socio-économique.

L'image peut également servir non à produire, mais à *améliorer* une information socio-économique déjà existante : par l'information qu'elle apporte sur la morphologie d'une ville, l'imagerie satellitaire permet de distribuer des données démographiques ou socio-économiques d'origine censitaire ou administrative connues initialement selon des découpages géographiques grossiers et non significatifs.

L'exemple le plus immédiat a trait au calcul de densités de population. L'utilisation des seules données censitaires conduit à rapporter la population recensée dans un îlot à la surface totale de ce dernier ; repérer les zones non bâties sur une image satellite et calculer les densités en ne prenant en considération que les zones bâties, donc

susceptibles d'être habitées, rend nettement mieux compte de la réalité de la distribution spatiale de la population dans la ville.

Cette application n'est encore que rarement menée ; mais la multiplication des bases de données urbaines telles que celle de Quito, intégrant des images SPOT, devrait certainement donner lieu à de nombreux développements en ce sens au cours des prochaines années.

Dans les différentes approches que nous venons d'envisager, l'image sert à produire une information correspondant à des perceptions classiques de la ville : repérage des îlots urbains ou des chantiers, classement selon des densités des constructions ou des modes d'occupation du sol relèvent d'une approche de la ville correspondant aux outils d'observation habituels que sont l'observation au sol ou la photographie aérienne. Pourtant, concepts, problématiques et modes d'observation sont intimement liés. Pourquoi ne pas envisager une *relecture des espaces urbanisés* à partir de la perception qu'en a le capteur du satellite ?

### **Les programmes de recherche menés à l'ORSTOM**

Débutée en 1982 avec des travaux réalisés par P. CAZAMAJOR, J.P. DUCHEMIN et B. LORTIC sur des simulations SPOT de Niamey, la télédétection urbaine a fait depuis de nouveaux adeptes à l'ORSTOM : à l'heure actuelle, quatre programmes de recherche utilisent des images satellite sur des zones urbaines.

*Les lacunes de l'information disponible* dans les villes du Tiers-Monde sont à l'origine de ces opérations utilisant l'imagerie satellitaire : l'identification d'un besoin d'information non satisfait conduit des chercheurs à rechercher une solution avec les images satellite.

Dans le programme Urbanisation et santé à Pikine (Sénégal), "définir les relations entre conditions d'habitat, modes de vie, accès aux soins et exposition à la vie et à la mort, et mettre en évidence l'hétérogénéité des faits de santé en ville (...) impose une connaissance précise de l'extension urbaine (...), des zones humides, des types d'occupations urbaines" : difficilement appréhendables par les techniques traditionnelles, ces informations sont recherchées sur des images satellite SPOT.

Confrontée au manque d'informations démographiques disponibles et à la relative inefficacité des méthodes traditionnelles de production d'information sur les populations citadines, j'ai travaillé avec une

équipe pluri-disciplinaire à la mise au point d'une méthode de sondage sur image satellite adaptée aux contextes des villes du Tiers-Monde : base de sondage et de stratification, l'image satellite constitue le pivot de la méthode de production d'information sur les populations citadines développée par cette équipe.

S'ils mettent en oeuvre des méthodes d'analyse de l'image relativement distinctes, les programmes menés sur Mexico et Quito sont tous deux axés sur le *suivi des changements dans l'occupation de l'espace urbain*.

Dans le programme de recherche qu'ils mènent avec A. BALLUT (IAURIF) et J. VEGA (Institut Géographique Militaire, Quito), J.P. DUCHEMIN et B. LORTIC cherchent "comment (...) la télédétection peut être utilisée pour une identification et un suivi cartographique des phénomènes de transformation rapide des espaces urbains": l'image satellite sert à identifier les espaces ayant connu des transformations, la caractérisation de celles-ci se faisant par des enquêtes sur le terrain. Les recherches menées à Mexico par J.M. EBERHARD dans le cadre du projet Chalco (ORSTOM - Université Autonome Métropolitaine de Xochimilco) sont axées sur le suivi et la caractérisation "de la croissance physique de l'agglomération (...) par analyse et comparaison des images acquises par SPOT en 1986, 1988 et 1990".

Dans les opérations de recherche menées actuellement, l'imagerie satellite participe selon des formes variées à la production des connaissances sur les villes des pays en développement : l'étendue des objectifs de la télédétection urbaine à l'ORSTOM est à la mesure des défaillances des méthodes d'observation traditionnelles des espaces urbanisés et des populations citadines, ainsi que des problèmes posés par la rapidité des transformations que connaissent ces villes.

La pénurie serait-elle féconde ? ... Les recherches que B. et M.C. LORTIC envisagent de mener sur l'imagerie radar sont une nouvelle preuve du bien-fondé de cet adage.

En effet, avec l'imagerie satellitaire classique (MSS, TM ou SPOT), "un nuage passe, pas de données!" ; or les nuages ont parfois la fâcheuse tendance à ne pas passer, mais au contraire à stagner au dessus de certaines villes... tout particulièrement dans les régions du globe où les équipes de l'ORSTOM interviennent traditionnellement.

Les images radar permettent de s'affranchir de la principale contrainte de l'imagerie satellitaire classique : la nébulosité. Dans les zones à nébulosité élevée, le radar offre donc une permanence effective de

l'observation beaucoup plus élevée que les systèmes satellitaires classiques comme SPOT ou TM. Continuité et qualité (résolution spectrale et spatiale) de l'observation contribuent à rendre l'imagerie radar particulièrement séduisante pour des applications en milieu urbain. D'utilisation difficile et encore au stade exploratoire, les données radar peuvent devenir dans les prochaines années une source d'information de qualité sur les zones urbaines.

### **Avant les exposés des programmes de recherche , un peu de technique !**

Le dossier qui suit rend compte des quatre programmes de recherche en cours à l'ORSTOM, trop rapidement évoqués dans les lignes qui précèdent, et des perspectives ouvertes par les images radar.

Mais avant de pénétrer dans le vif du sujet, il est proposé au lecteur non familier de la télédétection spatiale de prendre connaissance des principes généraux de l'observation de la terre par télédétection spatiale : les quelques minutes consacrées à la lecture de cette introduction lui fourniront le bagage suffisant pour aborder les textes relatifs aux expériences en cours.

Nécessairement bref, cet exposé introductif ne prétend pas se substituer aux ouvrages de base de la télédétection spatiale : leurs références sont citées en fin de dossier, avec les indications bibliographiques relatives aux applications de la télédétection en milieu urbain menées à l'extérieur de l'ORSTOM.