

# DE LA MORPHOLOGIE URBAINE À L'ANALYSE SPATIALE L'IMAGE SATELLITAIRE DE LA 5<sup>E</sup> MÉTROPOLIS DE L'INDE : HYDERABAD

Alain VAGUET, Odette VAGUET & Alban BOURCIER

## **Summary**

*This text is an extensive reflexion on remote sensing in an urban context. The main purpose is to debate the opportunities and limits of such technic. Remote sensing helps to elaborate spatial analysis.*

MOTS-CLÉS :

KEYWORDS : remote sensing, India, metropolis

Qu'est-ce que connaître une ville ? En quoi une image satellitaire peut-elle aider à mieux la saisir ? L'exemple de la cinquième métropole de l'Inde et capitale de l'Andhra Pradesh, Hyderabad (4.273.000 habitants en 1991), sert ici de point d'appui à une réflexion sur l'analyse spatiale. Un dialogue entre un spécialiste de télédétection et deux chercheurs qui ont une pratique du terrain permet d'ébaucher quelques réponses à ces questions.

Les premiers travaux de ce genre publiés sur une ville de l'Inde (Ahmedabad) répondaient à des commandes d'institutions interrogeant des photo-interprètes sachant qu'ils étaient plus compétents techniquement que connaisseurs des lieux. Leurs résultats permettent effectivement de typer les quartiers et de reconnaître des éléments remarquables. Cela confirme que l'image satellitaire est un outil permettant une description assez fine et efficace du point de vue didactique, mais est-ce pour autant une véritable recherche sur le champ urbain, au sens fort du terme ?

Notre petit groupe de travail a une connaissance du terrain et souhaite ici réfléchir sur l'apport, la valeur ajoutée de la technique. Gadget ou révélateur de nouvelles problématiques de recherche pour le géographe préoccupé par les paysages et leurs dynamiques ? En quelques lignes, nous ne prétendons pas développer le cas de Hyderabad mais simplement exposer quelques opinions sur les méthodes.

## **1. CONTRIBUTION DE L'IMAGERIE SATELLITAIRE PANCHROMATIQUE EN MORPHOLOGIE URBAINE**

### **1.1. Image source et filtrage**

Du point de vue opérationnel, il faut avant tout fournir un produit facilement exploitable

visuellement et d'obtention simple et rapide. Un tel document doit également procurer au thématicien une vue globale du milieu sans les habituelles déformations internes de la photographie aérienne, d'ailleurs inaccessible en Inde. Le choix des combinaisons discriminantes se positionne donc comme une étape qui a pour but de déterminer les configurations d'images mettant en valeur les différents thèmes étudiés.

Dans le cadre de cette étude, une image panchromatique SPOT (7/11/91 KJ215/315), d'une résolution au sol de 10 x 10 m a été acquise dans le but de repérer assez distinctement les différentes composantes urbaines et d'en expliquer la distribution spatiale.

En mode panchromatique, l'observation est réalisée dans une seule bande spectrale correspondant à la partie visible du spectre, sans le bleu. La longueur d'onde est comprise entre 510 et 730 nm. Cette prise de vue, effectuée dans un seul canal, engendre des images en noir et blanc et empêche initialement toute composition colorée multibande.

Cependant, il est rare que l'image source offre tous les résultats escomptés pour la mise en valeur de l'information d'intérêt. Il faut alors orienter les traitements sur l'analyse de nouvelles images dérivées des fichiers initiaux. Dans le cas présent, les efforts ont été concentrés sur la création de nouveaux canaux issus d'opérations de filtrage.

A l'inverse de l'information spectrale donnée par le niveau de gris dans une image, l'information texturale est déterminée par la forme et la configuration d'un groupe de pixels de niveaux de gris différents [3]. Il est alors envisageable de définir la signature texturale d'une structure paysagère complexe lorsque les caractéristiques spectrales ne peuvent l'individualiser. Cette signature est fonction des relations entre l'image originelle et l'organisation des pixels dans cette

image. Elle est en principe indépendante de la taille et de la forme de l'image, mais dépendante des dimensions (à la fois taille et forme) de la fenêtre d'analyse [4].

La texture d'une unité paysagère apparaît bien comme un puissant facteur d'interprétation. Ainsi, il y a lieu de caractériser un objet non seulement par son comportement spectral et sa forme, mais également par son organisation interne qui peut apparaître plus ou moins homogène. Cette approche particulière qui privilégie le filtrage, fait appel à une forme d'analyse spatiale des données très adaptée au contexte urbain caractérisé par l'hétérogénéité des structures constitutives.

## 1.2. Choix et justification technique des filtres employés

En télédétection satellitaire, les opérations de filtrage servent essentiellement à l'analyse des fréquences spatiales. Les principaux filtres utilisés à cet effet sont appelés filtres passe-haut et passe-bas selon la fréquence spatiale qu'ils transmettent. Ils sont employés soit pour éliminer le bruit dans l'image, soit pour faire ressortir des structures, des linéaments ou d'autres formes de textures présentes dans l'image. Des opérateurs appartenant à cette dernière catégorie de filtres ont été exploités dans cette étude de manière à renforcer les clivages entre les divers ensembles urbains dissociables physiquement.

Les procédures de filtrage sont appliquées à l'image dans le but d'en améliorer la qualité visuelle, selon les préoccupations du thématicien, ce qui implique qu'une telle transformation provoque l'atténuation ou l'accentuation de certaines composantes [1].

Les analyses texturales basées sur le filtrage s'effectuent en principe par le biais de traitement sur fenêtres mobiles (ou glissantes) qui balayent l'image. Il s'agit alors à partir d'un ou plusieurs canaux d'engendrer une nouvelle image dans laquelle la valeur d'un pixel dépend de celles du ou des canaux originaux considérés dans une fenêtre centrée sur ce pixel. L'opérateur appliqué aux points de l'image situés dans la fenêtre détermine l'effet et les caractéristiques du filtre. La dimension de la fenêtre mobile conditionne l'importance du filtrage : plus elle est grande, plus l'atténuation ou l'accentuation des variations locales est forte, car la valeur du pixel central est estimée en fonction d'un voisinage plus vaste.

La vocation d'un filtre passe-haut est d'extraire la composante locale des variations d'un phénomène. Cette composante exprime la dispersion des valeurs dans le voisinage immédiat de chacun des pixels. L'application d'un filtre passe-haut vise deux

finalités : la détection du contour des objets et le rehaussement de l'image d'une part et l'accentuation des discontinuités locales de l'image étudiée d'autre part. Cette opération est traduite par une modification de la répartition statistique conduisant à une répartition bi-modale où les valeurs hautes et basses sont associées aux linéaments et les valeurs moyennes aux espaces homogènes.

## 1.3. Application opérationnelle

Les traitements locaux d'analyse de texture engendrent de nouvelles images dont le contenu est défini par l'opérateur appliqué à l'image de départ. Une fois cette transformation effectuée, il reste à définir la manière dont va être utilisée cette nouvelle information. Sa nature en fait un paramètre totalement dissemblable de l'information initiale, même si les opérations arithmétiques qui servent à son établissement sont très simples.

L'information géographique, tels les infrastructures de communication et les groupements urbains, peut être valorisée par l'application de filtres spatiaux. En effet, l'étude de ces thèmes nécessite davantage la recherche de discontinuités dans les textures (types de quartiers) que la définition globale des objets par la radiométrie. Sur le même modèle, le critère fondamental qui permet de distinguer les sites urbanisés du reste de l'image est essentiellement fondé sur l'analyse de leur texture.

En effet, ceux-ci apparaissent en semis de points très contrastés qui se démarquent nettement des autres composantes de l'image et chaque type de semis permet d'individualiser singulièrement un ensemble particulier (centre-ville, extension récente, quartiers sous-intégrés).

Tenant compte des caractéristiques exposées précédemment, il semble que les filtres passe-haut puissent fournir des informations utiles sur les infrastructures linéaires, la disposition et le type d'habitations.

## 2. L'APPORT DE LA TÉLÉDÉTECTION

### 2.1. Le cadrage

Pour créer un document informatif, voire exemplatif comme on dit judicieusement en Belgique francophone, on se heurte au redoutable choix de l'échelle. On doit prendre toutes les parties de la ville en compte, c'est bien le moins, mais aussi permettre d'en montrer assez précisément quelques

éléments sous peine de rendre le document moins utile qu'une banale carte touristique. Le spécialiste de télédétection face à cette alternative, cadrera automatiquement sur des éléments repérables, ici l'aéroport, les zones industrielles... laissant éventuellement de côté le sud de la rivière dont le tissu urbain ne révèle rien de très significatif. Celui qui « connaît » la ville s'en offusquera car c'est la partie originelle de la cité, une ville murée musulmane que les touristes visitent.

C'est la preuve que « connaître » une ville, c'est souvent un terme qui sous-entend, outre une pratique des lieux, une connaissance plus historique que géographique. Naturellement, l'une n'exclut pas l'autre dans notre esprit mais cette remarque vaut dans les deux sens, la connaissance historique d'un lieu ne doit pas conduire à en négliger sa géographie. Les nombreux étudiants du département de géographie de l'université de Rouen qui se sont rendus à Hyderabad témoignent le plus souvent d'une connaissance des points remarquables par leur architecture, par certaines fonctions culturelles, récréatives etc... comme dans toutes les villes du monde. Or cette perception ou pratique sélective de l'espace exclut le plus souvent des éléments géographiques de première importance. Tel étudiant, géographe de quatrième année, de retour d'un stage d'étude en Andhra Pradesh et ayant séjourné plusieurs semaines dans la capitale, n'a pas vu de bidonville, s'étonne qu'au moins un tiers des habitants y réside et encore plus qu'on puisse consacrer une thèse au sujet !

Au total, le cadrage du document en choisissant de montrer les villes jumelles de Hyderabad et Secunderabad, traduit bien un point de vue géographique éclairant plus la dynamique urbaine contemporaine que l'idée qu'on se fait de la ville, même quand on croit la connaître.

## 2.2. L'urbain vu de l'espace : une nouvelle hiérarchisation

L'analyse classique de la morphologie des villes attribue en effet à l'histoire un rôle de premier plan : la durée, le jeu des acteurs qui se succèdent et leurs interventions sur ce territoire urbain sont alors privilégiés. En complément, l'image satellitaire redonne à l'espace et à la géographie une grande importance. Le site apparaît dans sa globalité. Ici on remarque au nord le lac artificiel Husain Sagar (vignette 1) qui confère à Hyderabad la beauté de son site urbain, tandis qu'aux marges occidentales, se distinguent aisément les chaos rocheux qui ont pu gêner l'extension de la ville. Enfin, l'image met en évidence non seulement la présence et l'attractivité de la rivière Musi (vignette 2), élément

majeur sur ce plateau sec mais également le développement peu symétrique de l'agglomération de part et d'autre du cours d'eau...

La texture du tissu urbain bien visible sur l'image panchromatique donne un éclairage spatialisé à une approche historique souvent événementielle. Le bâti à première vue apparaît très dense presque uniformément : la ville est ancienne, fondée à la fin du XVI<sup>e</sup> siècle. Mais une bande méridienne allant du lac Husain Sagar au sud de la Musi présente une texture plus fine encore. Cette zone relie les trois centres Charminar (vignette 3), Abids (vignette 4), Secunderabad (vignette 5) dans l'ordre chronologique et du sud au nord. Les quartiers les plus anciennement occupés et prisés se distinguent des extensions plus lâches et plus récentes vers le nord, l'est ou l'ouest.

Par son caractère objectif et exhaustif, l'image satellitaire souligne les grands traits de l'organisation spatiale, confirmant ou infirmant les convictions des chercheurs ou des aménageurs. Ainsi la rivière Musi qui coupe la ville en deux entités culturelles (musulmans au sud et hindous au nord) ne joue-t-elle désormais qu'un rôle très mineur dans les dynamiques de la métropole : « tout se passe » aujourd'hui au nord de la rivière; et pourtant, il est impossible de gérer Hyderabad en occultant ce clivage nord/sud (d'ordre religieux) au coeur du débat politique. En effet, c'est sur la route de Bombay (vignette 6) comme en direction de Secunderabad et au-delà (vers le nord ouest et le nord) que les zones industrielles de Sanathnagar (vignette 7) et de Azamabad (vignette 8) ont été créées à partir des années 60, que l'aéroport (vignette 9) a été implanté et que les quartiers résidentiels de toutes catégories se sont multipliés. Quant au sud de la ville, il n'a pu conserver qu'un rôle de coeur historique symbolique pour la minorité musulmane mais n'accueille pas d'activité moderne et se trouve en recul pour les fonctions commerciales : croissance économique et démographique au nord, déclin et paupérisation au sud.

Dans le même ordre d'idée, la forteresse de Golconde (vignette 10) située à une dizaine de kilomètres à l'ouest de la ville actuelle ne présente plus qu'un intérêt touristique. On en distingue les fortifications mais il apparaît bien, sur le document, que ce n'est pas dans cette direction que la ville récente s'est développée.

Néanmoins, dans le domaine du visible, l'image satellitaire, contrairement à la carte élaborée à partir d'éléments sélectionnés, propose une multitude d'informations : le bâti et sa diversité, les réseaux, les espaces végétalisés ou en eau... A cela s'ajoute

une remarquable précision. Sur les cartes habituellement disponibles, ces données sont révélées parcimonieusement et l'espace urbain est « tronçonné » par thème.

C'est une première étape de l'analyse spatiale que d'être face au territoire métropolitain dans son ensemble et son intégralité. Dans un second temps, c'est l'organisation de cet espace qu'il est permis de discerner.

D'une part, le document satellitaire montre certains lieux de la ville mais il propose aussi une hiérarchie : l'aéroport, élément prégnant sur le document est bien aujourd'hui ce qui relie la ville à l'extérieur à l'échelle planétaire, dans un système-monde auquel chaque métropole cherche à se connecter. Pour l'investisseur ou le responsable d'une mufti-nationale, même en Inde, une ville c'est d'abord son aéroport.

D'autre part, l'image met en évidence les relations privilégiées entre ces lieux, traduisant les flux majeurs; ici par exemple, les zones industrielles récentes sont desservies par la voie ferrée (vignette 11) et des routes larges (vignette 12) tout comme l'aéroport qui en est proche. La contiguïté de ces deux éléments est loin d'être aussi remarquable sur le terrain. Ici, c'est par la texture et la signature spectrale que ces lieux s'individualisent.

Quant aux dynamiques urbaines, l'image objective, grâce à sa petite échelle, les limites de l'agglomération souvent si difficiles à définir sur le terrain vu son rythme de croissance, le plus élevé des six premières villes indiennes entre 1981 et 1991 (2,5 millions d'habitants en 1981 et 4,2 en 1991 !). La diffusion péri-urbaine est nette sur le document. Il en souligne non seulement les formes et les directions privilégiées et surtout, il met en évidence les facteurs qui ont contribué à orienter les nouvelles emprises urbaines. Ainsi voit-on la présence des voies de communication engendrer une diffusion linéaire, une zone industrielle auréoler la campagne environnante d'une tache d'urbanisation et l'aéroport susciter une valorisation foncière le long de la route d'accès. Les fronts d'urbanisation peuvent se repérer car les espaces en cours de lotissement ont une densité plus faible que les centres ce qui permet de percevoir clairement leurs formes bien délimitées par des réseaux viaires rectilignes

Certaines limites sont des ruptures, tel le vaste campus universitaire d'Osmania (vignette 13) boisé, à l'est de l'image, qui rompt la continuité de l'espace densément occupé. D'autres discontinuités du bâti de part et d'autre d'une rue (Medhipatnam) (vignette 14) éveillent l'attention sur des phénomènes fonciers dignes d'intérêt comme par

exemple les terres inaliénables gérées par des collectifs religieux (warkf board).

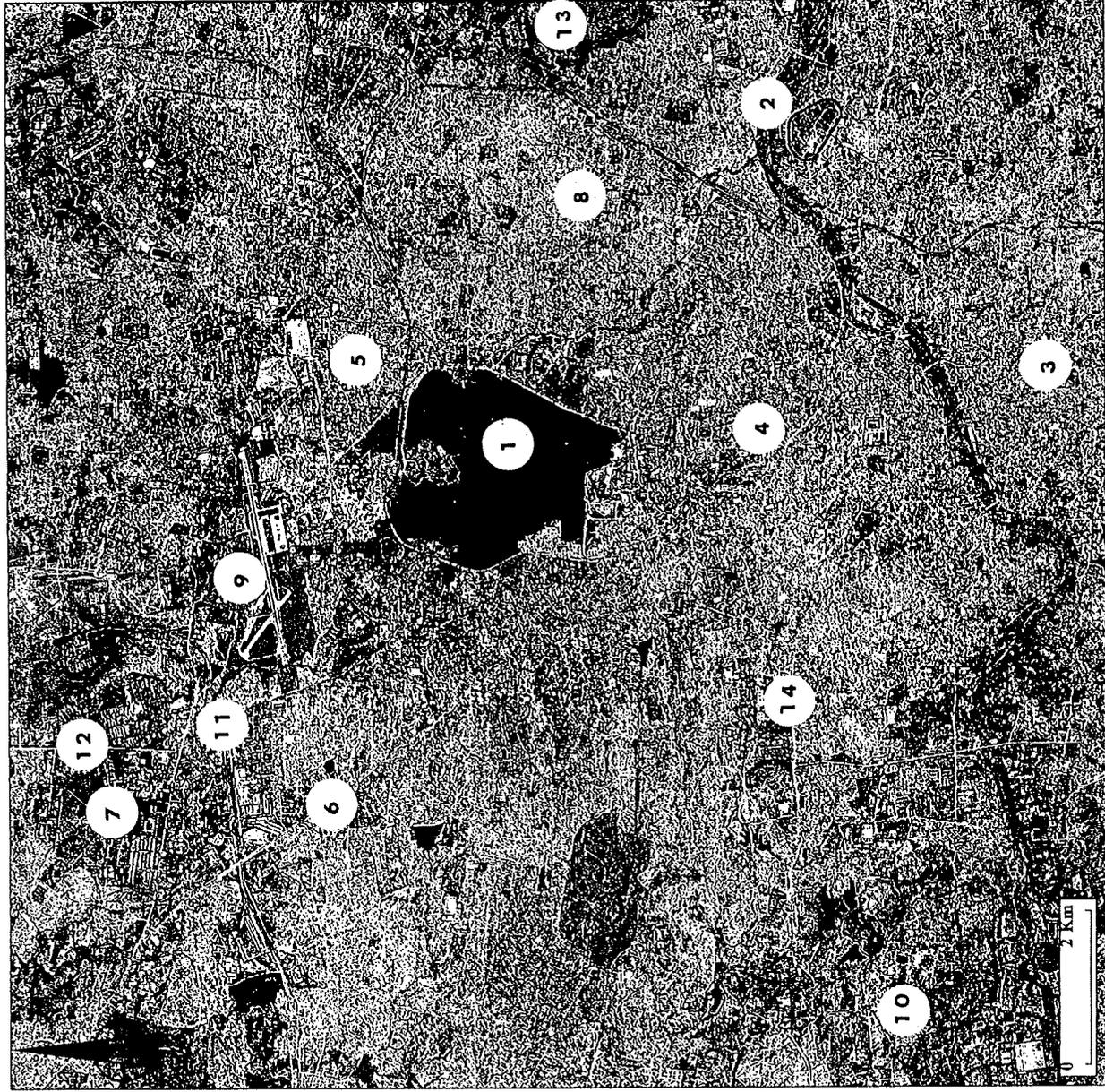
### 3. CONCLUSION

L'utilisation croissante de l'imagerie satellitaire dans la présentation des villes, y compris dans les manuels scolaires, nécessite une réflexion sur l'apport de cet outil à la géographie urbaine. La reproductibilité et la disponibilité de l'image satellitaire permettent de comparer la situation d'une ville à différentes dates, ce qui est précieux en termes de dynamique urbaine et d'évolution foncière. On peut aussi réaliser une étude utilisant la complémentarité des modes panchromatique et multispectral. Enfin, d'utiles comparaisons entre les villes peuvent être développées sur la base d'un document établi suivant les mêmes modalités et offrant les mêmes informations.

Suivant l'objectif poursuivi, il est donc possible d'adopter une méthode visant à transformer l'information originale pour mettre en valeur, soit les grandes tendances générales, soit les éléments résiduels locaux qui peuvent avoir une influence et qui méritent donc d'être retenus. Dans le cadre de cette étude, les traitements effectués à l'aide d'un filtrage ont démontré cette pertinence, rendant utile ce premier document à l'échelle de la métropole, même si des développements plus fins nécessitent des changements d'échelles.

Quelques limites doivent cependant être signalées, financières tout d'abord pour acquérir des scènes qu'il est parfois nécessaire de programmer et la connaissance du terrain qu'il faut prendre le temps d'affiner. En second lieu et dans l'état actuel du travail, on peut regretter que l'habitat précaire reste impalpable, que la verticalisation et le développement des complexes à étages si caractéristiques de la métropolisation en Inde demeurent invisibles.

L'analyse spatiale urbaine s'est néanmoins trouvée enrichie et les études de morphologie renouvelées grâce à cet apport technique. Une véritable complémentarité est apparue entre deux approches différentes : à grande échelle, le terrain et ses enquêtes, à petite échelle et avec un maximum de précision, un espace métropolitain dans sa globalité.



RÉFÉRENCES

- [1] BOURCIER, A., 1994, *Téledétection et combinaison d'informations géographiques en mode image. Application à l'estuaire de la Seine*, thèse de doctorat de l'Université de Rouen, 421 p.
- [2] BOURCIER, A., VAGUET, O., VAGUET, A., 1996, Morphologie et dynamique urbaines à Coimbatore, Inde du Sud, *Photo-Interprétation* (à paraître).
- [3] LAKE, L.A., 1991, *Analyse des méthodes texturales appliquées au traitement des images*, Essai, Département de géographie de Sherbrooke, 38 p.
- [4] LEJEUNE, J.C., BONN, F., ROUX, C., ODOUX, B., 1987, Apport de l'information de texture à la segmentation des images du satellite SPOT en milieu urbain, *IEEE Compint* 87, 173-177.
- [5] VAGUET, O., VAGUET, A., 1992, Une métropolisation sans drame : l'exemple de Coimbatore (Inde du Sud), *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 178, *Revue de Géographie de Bordeaux*, 107-124.
- [6] VAGUET, O., VAGUET, A., 1993, *Du bidonville à l'épidémie : La crise urbaine indienne à Hederabad*, Collection Espaces tropicaux, 9, Ed. du CEGET/CNRS, 240 p.

Alain VAGUET, Odette VAGUET, Alban BOURCIER  
I.R.E.D. - Laboratoire M.T.G. / CNRS  
Université de Rouen  
76821 MONT-SAINT-AIGNAN Cedex, FRANCE