

# **Caractérisation de l'environnement urbain par télédétection : l'exemple de Bamako (Mali)**

**Balla Diarra\***

L'objectif de cette présentation est de caractériser l'état et l'évolution de l'environnement naturel urbain à l'aide de données du satellite SPOT<sup>1</sup>.

Selon Bannari et al (1995) « l'indice de végétation s'avère un paramètre indicatif de la qualité de vie urbaine; il constitue (...) une source d'information potentielle originale et utile aux urbanistes... ». Différentes études ont été menées sur l'environnement urbain à partir de données satellitaires. Ces études ont pu montrer les relations existant entre les types de paysages urbains et le taux de couverture végétale. Forster (1983) a ainsi pu montrer qu'à Sydney (Australie) le taux de couverture végétale est un indicateur de la qualité de la vie c'est-à-dire aussi du pouvoir socio-économique des populations citadines. L'IAURIF<sup>2</sup> conduit depuis plusieurs années des études fructueuses du même genre sur la région parisienne.

Toutes ces études ont été menées à partir des indices de végétation qui sont des néo-canaux obtenus à partir de différents types de combinaisons entre les bandes spectrales rouge et proche infrarouge. S'ils donnent d'intéressants résultats, les indices de végétation ne sont pas toujours faciles à interpréter en milieu urbain. La végétation n'étant presque jamais une entité en soi dans ce milieu, les indices de végétation sont affectés par les propriétés optiques du bâti et surtout

---

\* Laboratoire Population-Environnement, Université de Provence/Orsom, case 10, 3 place Victor Hugo, 13331 Marseille cedex 03, France

<sup>1</sup>Cette étude a été réalisée au Laboratoire de l'Orstom à la Maison de la Télédétection (Montpellier) et concerne les premiers traitements d'images dans le cadre de notre thèse et d'une Action de Recherche partagée de l'AUPELF, Réseau Télédétection.

<sup>2</sup>Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région d'Île de France.

des sols nus. En effet les réflectances des sols et quelle que soit leur nature, augmentent avec la longueur d'onde entre le visible et le proche infrarouge. Or c'est dans cette longueur d'onde - particulièrement en ce qui concerne SPOT - que la végétation réfléchit le plus. L'indice de végétation est donc affecté par la réflectance du sol même après une différence normalisée. Ceci explique d'ailleurs la multiplication de ces indices (Bannari op cit.).

L'objectif de cette étude est de montrer qu'on peut extraire d'un néo-canal relativement simple de création et d'interprétation (la composition colorée P+XS), des informations sur les niveaux de couverture végétale dans leur relation avec les types de quartiers.

### **Milieu d'étude et données images**

Bamako, capitale du Mali, est située entre 12°32 et 12°42 de latitude nord et 7°55 et 8°4 de longitude ouest. La ville est étalée dans la plaine alluviale du plus grand fleuve d'Afrique occidentale - le fleuve Niger - qui la partage en deux. Les températures sont presque toujours élevées et les hauteurs de pluies - qui tombent de Mai à Octobre - varient de 850 mm à 1200 mm. La ville compte six communes couvrant une superficie de 252 km<sup>2</sup>. Comme la plupart des capitales africaines, la ville concentre la majeure partie des infrastructures socio-économiques du pays. Ceci explique le volume de la population : près d'un million d'habitants. La diversité socio-économique des quartiers apparaît nettement au niveau des paysages urbains que nous allons identifier à partir des niveaux de couverture végétale.

Les données images utilisées dans cette étude sont deux couples d'images XS et P enregistrés au-dessus de la ville de Bamako. Le premier est de Novembre 1986 et le second d'Avril 1996. Ces deux mois correspondent, à Bamako, à deux saisons différentes notamment, en ce qui concerne cette étude, au plan de l'état de la végétation. Le mois de novembre correspond à la fin de la saison des pluies tandis que le mois d'avril correspond à la fin de la saison sèche. Cette différence de prise de vues a des répercussions sur l'interprétation diachronique comme on le verra plus loin.

Différentes méthodes existent pour créer les compositions colorées P+XS. Celle utilisée ici est relativement simple :

- dans un premier temps les canaux multispectraux ont été rééchantillonnés à 10 mètres pour les rendre superposables à l'image panchromatique. Il est à noter que cette étape est de plus en plus intégrée directement par les logiciels comme un élément de la rectification, donc exécutée en même temps que celle-ci.

- Dans un second temps des points d'appui ont été sélectionnés sur les canaux XS et P en vue de rectifier les premiers par rapport au second.

- Enfin, après avoir réétalé la dynamique des valeurs et procédé à quelques filtrages pour rehausser les contrastes dans chaque canal, les composés colorés ont été créés à partir des canaux XS1 (bleu) Panchromatique (vert) et XS3 (rouge). Le canal panchromatique a été mis dans le vert en remplacement de XS2 parce qu'il est le plus corrélé à celui-ci.

L'avantage de la composition colorée P+XS est qu'elle allie la finesse géométrique de l'image panchromatique à la richesse thématique des XS.

Avant de développer les informations obtenues par l'interprétation visuelle de ces images améliorées, il est nécessaire de rappeler brièvement les mécanismes de la réflexion des végétaux pour mieux comprendre et interpréter les différents tons de couleurs qui concernent la végétation dans une composition colorée classique.

### **Comportement spectral de la végétation**

Les végétaux ont un comportement spectral différent dans le visible et le proche infrarouge. Disons pour simplifier qu'ils réfléchissent moins dans le premier intervalle de longueur d'onde que dans le second. La faiblesse de la réflectance ici s'explique essentiellement par la chlorophylle. Celle-ci diminue avec l'âge des végétaux. Les feuilles âgées réfléchissent donc plus dans le visible. Mais la réflectance demeure toujours faible; guère plus de 15 % du rayonnement reçu. Dans l'infrarouge la réflectance des végétaux dépend presque entièrement de la structure des feuilles. La coupe simplifiée d'une feuille fait apparaître, en plus de la cuticule, l'épiderme et l'hypoderme, deux autres composants. Le premier, appelé parenchyme palissadique, a des cellules allongées et serrées les unes contre les autres. Le second a des cellules sphériques et contient des lacunes, d'où son nom de parenchyme lacuneux. C'est lui qui est la base de la différence de réflectance entre les espèces végétales mais aussi entre différents stades phénologiques (cf. Girard et Girard, 1989)<sup>3</sup>. Les grands végétaux ont plutôt un parenchyme palissadique plus développé au contraire des herbes par exemple, ce qui se traduit par une réflectance moindre. Avec l'âge les cellules du parenchyme lacuneux perdent leur forme et donc leur capacité de réflexion. À ce

---

<sup>3</sup>Notons que le processus de rétrodiffusion des végétaux est nettement plus compliqué (interférences de l'environnement, de la structure propre à chaque espèce, du support ligneux etc.) et cède le pas à celle du sol si la couverture n'atteint pas les 30%. Ce qui est très fréquent en milieu urbain.

stade la teneur en eau est déterminante dans la distinction des végétaux. Cependant la teneur en eau dépend de la position géographique et de la saison. Ceci complique l'interprétation des couleurs.

## Résultats

Deux types d'informations peuvent être cherchées à partir de ces compositions :

1- l'identification des niveaux de couverture végétale à partir des teintes et intensités de couleurs (le rouge notamment dans lequel est mis le canal proche infrarouge dans les composés colorés standards) mais aussi leurs structures. Ces facteurs traduisent des gradients de recouvrement du sol par la végétation. Ainsi les surfaces recouvertes presque entièrement par la végétation apparaissent en rouge vif tandis que celles où la végétation est mélangée à du minéral, avec prédominance de la première, apparaissent en rouge foncé (grands arbres mêlés à du bâti comme l'ancienne ville coloniale). Si le minéral prend le pas sur la végétation, la couleur rouge est totalement altérée. Les surfaces concernées prennent une teinte chocolat présentant elle-même des nuances. Cette différence de tons n'est pas toujours due à la présence de surface minérale. Il s'agit parfois d'une différence d'espèces végétales, de stade de croissance ou du stress (état phytosanitaire, hydrique) de la végétation. Par exemple les herbes et les arbustes réfléchissent plus que les grands arbres. Les premiers apparaissent en rouge intense et les seconds en rouge foncé. Ceci dépend de leur comportement spectral (cf. supra).

La structure est presque en plage si la végétation domine ou presque le bâti et clairsemée si elle l'est moins.

Ces gradients de teinte de couleurs, qui correspondent donc à des niveaux de couverture végétale, peuvent être rattachés, sous certaines réserves, à des types de quartiers. On distingue ainsi les quartiers résidentiels des quartiers pauvres par l'importance du taux de couverture végétale des premiers. Entre ces deux extrêmes les taux de couverture moyens sont les plus rencontrés. Ils correspondent à une structure pointillée d'une teinte entre le rouge foncé et le chocolat, conséquence de l'influence d'un bâti dense.

La structure de la couleur associée à sa teinte peut, dans certains cas, permettre de définir la fonction du paysage urbain concerné. Par exemple la structure clairsemée du rouge foncé (correspondant à de grands arbres) au sud de l'ancienne ville européenne est due à l'existence en cet endroit des grandes maisons commerciales. Il s'agit là du grand centre commercial de la ville. Il en est de même de la zone industrielle où la géométrie des grands bâtiments apparaît nettement.

On constate aussi que les quartiers anciens sont moins boisés que les quartiers récents. Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées :

- les nouveaux quartiers abriteraient plus de personnes aisées ;
- les citoyens prennent de plus en plus conscience de l'importance d'un environnement plus naturel ;
- la preuve d'une meilleure prise en compte des espaces verts dans les lotissements officiels ;

Ces hypothèses devront être précisément vérifiées. À notre connaissance on peut penser qu'il s'agit d'une combinaison de tous ces facteurs.

2- Le second type d'information concerne l'évolution de l'environnement naturel. Cet exercice est ici rendu délicat à cause de la différence entre les saisons de prise des images multidates. En effet l'état physiologique de la végétation étant très différent entre novembre et avril, il est difficile de soutenir que l'aspect de la végétation sur l'image de 1996 n'est que le résultat de la régression du couvert végétal entre les deux dates. Il peut s'agir d'une simple perte ou d'un assèchement des feuilles en saison sèche.

Cette réserve étant faite, on peut cependant appréhender l'évolution phénologique et spatiale en se donnant des clefs de décision. S'il s'agit d'une extension, le problème est moins délicat ; la végétation paraîtra plus importante sur l'image de 1996 (cas du cimetière de Niaréla ou la partie Est de Lafiabougou). Par contre pour décider qu'une zone a connu un recul de la végétation entre les deux dates, l'utilisation de connaissances exogènes est indispensable. Ainsi on peut affirmer que la surface végétalisée entre l'ex-aérodrome et le quartier de Lafiabougou (à l'ouest des images) a diminué car une partie a bien été occupée par les constructions du projet « Goudjabi ». L'aspect dégarni de cet endroit sur l'image de 1996 par rapport à celle de 1986 n'est pas dû à la seule différence de saisons de prise de vues. Le même phénomène s'observe au sud du cimetière de Niaréla (en blanc sur l'image de 1996) où la végétation a fait place au marché.

En conclusion on peut retenir que la composition colorée P+XS permet de caractériser l'environnement naturel urbain. Cependant le contrôle de terrain est nécessaire pour la validation de certaines couleurs. Pour identifier les cultures urbaines - ce qui est intéressant dans le contexte bamakois - des données complémentaires sont également nécessaires.

## BIBLIOGRAPHIE

- BANNARI et al, 1995, *Caractérisation de l'environnement urbain à l'aide des indices de végétation dérivés des données de haute résolution spatiale et spectrale*. Sixièmes journées AUPELF, Liège 19p.
- CHEREL J.P, 1993, *Maîtriser l'aménagement urbain en Afrique subsaharienne : intérêts des images SPOT. Exemple de Nairobi et Ouagadougou*. Thèse de géographie, Montpellier III, 354p.
- DONNAY JP, 1990, *Application de la télédétection satellitaire à l'aménagement du territoire et à l'urbanisme*. CNES, revue Télédétection spatiale, pp 221 - 241.
- EBERHARD JM, 1994, *Typologie de quartiers urbains à partir d'une composition colorée. L'exemple du sud-est de Mexico*. ORSTOM, 7p.
- ESCADAFAL, 1988, *Les propriétés spectrales des sols*. ORSTOM, colloques et séminaires pp 19 - 42.
- GIRARD et GIRARD, 1989, *Télédétection appliquée : zones tempérées et intertropicales*. Ed Masson, 260p
- IAURIF, 1986, *Mesurer la végétation urbaine par télédétection : du satellite au terrain*. Paris, 90p.
- IAURIF, 1987, *Cultures, changements d'affectation du sol et télédétection spatiale : le cas de la région d'Île de France*. Paris, 98p.

## **Travaux de la Société d'Écologie Humaine**

c/o UMR 6578 du CNRS - Adaptabilité Humaine : Biologie et Culture  
Université de la Méditerranée, Faculté de Médecine  
27, boulevard Jean-Moulin, 13385 Marseille cedex 5

Directeur de la Publication : Nicole Vernazza-Licht

Déjà parus :

*L'homme et le lac 1995*

*Impact de l'homme sur les milieux naturels : Perceptions et Mesures 1996*

Cet ouvrage est issu, pour l'essentiel, des travaux présentés aux VIII<sup>e</sup> journées scientifiques de la Société d'Écologie Humaine (SEH), qui se sont tenues à Orléans en juin 1996.

Ces journées étaient organisées par :

- la Société d'Écologie Humaine
- l'équipe du DEA « Environnement, Temps, Espaces, Sociétés », Université d'Orléans
- l'UMR 6578 « Adaptabilité Humaine : Biologie et Culture », CNRS-Université de la Méditerranée, Marseille
- le laboratoire Population-Environnement, Université de Provence/Orstom, Marseille
- le laboratoire ERMES, Orstom, Orléans

Il a bénéficié du soutien financier du département Environnement, Technologies et Société de l'Université de Provence, Marseille

Dépôt légal : 4<sup>e</sup> trimestre 1998

ISBN : 2-9511840-2-6

ISSN : 1284-5590

*Tous droits réservés pour tous pays*

© Éditions de Bergier

476 chemin de Bergier, 06740 Châteauneuf de Grasse

bergier@webstore.fr

**VILLES DU SUD**  
**ET**  
**ENVIRONNEMENT**

**Éditeurs scientifiques**

Daniel Bley, Jacques Champaud, Patrick Baudot,  
Bernard Brun, Hélène Pagezy, Nicole Vernazza-Licht

Travaux de  
la Société  
d'Ecologie  
Humaine



1997