

collection
VILLES

Coordonné par
Françoise DUREAU
Christiane WEBER

***Téledétection
et systèmes
d'information
urbains***



anthropos

***Téledétection
et systèmes
d'information
urbains***

Dans la même collection

CATTAN Nadine, PUMAIN Denise, ROZENBLAT Céline,
SAINT-JULIEN Thérèse, *Le système des villes européennes.*

DUPUY Gabriel, *Les territoires de l'automobile.*

DUREAU Françoise et WEBER Christianne (coordonné par),
Téledetection et systèmes d'information urbains.

FRANKHAUSER Pierre, *La fractalité des structures urbaines.*

GRESILLON Michel, *Orléans*

GUERIN-PACE France, *Deux siècles de croissance urbaine.*

JALABERT Guy, *Toulouse - Métropole incomplète.*

LEPETIT Bernard et PUMAIN Denise (coordonné par), *Tempo-
ralités urbaines.*

MORICONI-EBRARD François, *L'urbanisation du monde depuis
1950.*

MORICONI-EBRARD François, *Géopolis - Pour comparer les villes
du monde.*

SANDERS Lena, *Système de villes et synergie.*

collection **VILLES**
dirigée par Denise Pumain

Coordonné par
Françoise DUREAU
Christiane WEBER

***Téledétection
et systèmes
d'information
urbains***

Ouvrage publié avec le concours
du ministère de la Recherche et de la Technologie
et la société SPOT IMAGE

Anthropos

Diffusion : Economica, 49, rue Héricart - 75015 Paris

Ouvrage publié avec le concours du ministère de la Recherche
et de la Technologie et la société SPOT IMAGE

© Economica, 1995
Tous droits de reproduction, de traduction, d'adaptation et d'exécution
réservés pour tous les pays

Avant-propos

Françoise DUREAU et Christiane WEBER

« LA VILLE ENVAHIT LA PLANÈTE »¹

Un des phénomènes les plus marquants en cette fin du XX^e siècle est sans aucun doute la rapidité du processus d'urbanisation à l'échelle planétaire. La population vivant dans les agglomérations de plus de 10 000 habitants est passée de près de 700 millions en 1950 à 2,3 milliards en 1990² et, selon les projections des Nations Unies, atteindrait 5,5 milliards en l'an 2025. Dans 30 ans, il y aurait donc quasiment autant de population dans les villes qu'il n'y en a aujourd'hui sur toute la planète³.

Alors que l'urbanisation a été plus précoce dans les pays développés, aujourd'hui la majorité (59,6 %) de la population urbaine du Monde vit dans les pays en développement, et cette tendance ira en s'accroissant : au cours de la dernière décennie, la croissance de la population urbaine a été environ deux fois plus rapide dans les pays en développement que dans le monde développé, et cet écart ne cesse de se creuser. Dans les vingt cinq prochaines années, les 3/4 des nouveaux urbains appartiendront donc au tiers monde⁴.

Au sein même du monde en développement, des différences importantes s'observent selon les continents : tandis que la population urbaine croît actuellement au rythme record de 5 % par an en Afrique, qui ne compte encore que moins du dixième de sa population en ville, et de 4,5 % en Asie Méridionale, le taux de croissance annuel de la population urbaine est de 2,8 % en Asie du Sud Est et 3,5 % en Amérique Latine, continent déjà fortement urbanisé⁵.

1. Tribillon J.F., 1992. *L'urbanisme*. Paris, Éd. La Découverte, 123 p.

2. Moriconi-Ebrard F., 1993. *L'urbanisation dans le monde depuis 1950*. Paris, Anthropos, Collection Villes, 372 p.

3. Vallin J., 1993. *La population mondiale*. Paris, Éd. La Découverte, Collection Repères, n° 45, 126 p.

4. Tribillon J.F., 1992. *op. cit.*

5. Chiffres des Nations Unies, cités par : Collomb P., 1984. Note sur l'urbanisation dans le monde, en particulier dans les pays peu développés. Paris, INED, 10 p. multigr.

Contrairement à une idée répandue, la population urbaine des pays en développement croît à l'heure actuelle plus du fait de son accroissement naturel (c'est-à-dire les naissances moins les décès) que de la migration d'origine rurale : ce n'est plus la migration qui est le principal moteur de la croissance des villes, comme c'était le cas aux débuts du processus d'urbanisation¹. La migration n'explique maintenant que 35 % de la croissance des villes latino-américaines, et entre 41 et 49 % de la croissance urbaine dans le reste du monde². Du fait de l'inertie des phénomènes démographiques, les villes du tiers monde « vont continuer de croître même en l'absence de flux migratoires importants (...). Les conséquences de la formation des villes par la migration des populations métropolitaines restent inscrites dans les structures démographiques et produiront des effets sur la croissance urbaine jusqu'à la fin du XX^e siècle » note M.E. Cosio à propos des grandes villes latino-américaines³. Le même constat pourrait être dressé dans d'autres régions du monde : la jeunesse des pyramides démographiques des populations citadines des pays en développement, héritée de la vague d'exode rural, maintiendra encore longtemps à un niveau élevé le rythme de croissance démographique des villes, longtemps après le ralentissement de la migration.

L'urbanisation du tiers monde est souvent qualifiée de « sans précédent ». Il convient de relativiser cette vision, au moins pour ce qui a trait au rythme de l'urbanisation : comme le souligne P. Collomb⁴, « la rapide croissance de la population urbaine du tiers monde a eu des précédents célèbres. On trouve, en effet, des rythmes d'accroissement comparables dans l'histoire des pays développés ». Ainsi, comme le montre cet auteur, la proportion de population urbaine est passée dans les pays développés de 17 % en 1875 à 26 % en 1900, suivant donc une évolution comparable à celle observée dans les pays sous-développés, où cette proportion est passée de 17 % en 1950 à 28 % en 1975. A un siècle d'écart, on observe donc un rythme comparable du processus d'urbanisation, mais affectant des effectifs de population bien différents et opérant dans des situations de développement économique elles aussi bien distinctes : de ce fait, l'urbanisation du tiers monde est très différente de celle connue par les pays développés, tant dans ses antécédents que dans ses formes et ses conséquences. « L'urbanisation en cours dans les régions "sous-développées" n'est pas une

1. Oberai A.S., 1989. *Migration, urbanisation et développement*. Genève, B.I.T., Programme mondial de l'emploi, 85 p.

2. Collomb P., 1984. *op cité*.

3. Cosio M.E., 1989. *Panorama démographique à la fin du XX^e siècle*. Paris, IHEAL, Cahiers des Amériques latines n° 8, « Repenser l'urbain », pp. 33-40.

4. Collomb P. *op cité*.

réplique du processus traversé par les pays industrialisés¹. » Le processus d'urbanisation en cours dans le tiers monde est spécifique, et sans équivalence historique possible : concentration accrue dans des mégapoles et déséquilibre des hiérarchies urbaines caractérisent l'urbanisation actuelle dans les pays en développement.

En effet, l'autre dimension importante des mutations que connaît le peuplement de la planète est la concentration croissante de la population urbaine des pays en développement dans les mégapoles. Tandis que les pays industrialisés vivent actuellement une déconcentration de leurs populations urbaines, les pays en développement affrontent une concentration croissante de leur population urbaine dans les villes de plus d'un million d'habitants, principalement celles de plus de 5 millions d'habitants : celles-ci rassemblent aujourd'hui près du quart de la population urbaine des pays en développement, contre seulement 2 % en 1950². En 1950, seules 2 des 5 villes rassemblant plus de 5 millions de citoyens appartenaient au monde en développement ; en 1985, ce sont 22 des 35 mégapoles qui sont situées dans ces pays. D'ici l'an 2000, on estime que 17 autres villes entreront dans le groupe des mégapoles, et toutes, à l'exception de Madrid, seront localisées dans les pays en développement. Comme le note justement J.F. Tribillon³ : « le tiers monde se mégalopolise. Et, en même temps, il s'appauvrit ».

UN DÉFI DU QUOTIDIEN ET DU FUTUR : GÉRER LA VILLE SANS EXCLURE

Même si grande est la diversité des tailles des villes des pays en développement, de leur rythme de croissance démographique comme du rôle et des moyens financiers des institutions ayant en charge leur gestion « entendue globalement comme mécanisme de traitement des problèmes posés par le fonctionnement de la ville »⁴, une constante demeure : « la tendance à l'éclatement de la ville en sous-ensembles pratiquement autonomes ou même complètement coupés les uns des autres »⁵. Quelque soit le contexte, on observe dans les villes des pays en développement une opposition croissante entre la ville légale, composée de quartiers lotis, consolidés et relativement équipés, et une ville illégale, formée de quartiers populaires, spontanés. Dans de nombreux pays du tiers

1. Castells M., 1972. La question urbaine. Paris, Maspero, Collection textes à l'appui, 451 p.

2. Collomb P., *op. cité*.

3. Tribillon J.F., 1992, *op. cité*.

4. Osmont A. et al., 1992. *La gestion sociale urbaine dans les pays en développement*. Paris, IFU, Cahier n° 3, 57 p.

5. Tribillon J.F., 1992, *op. cité*.

monde, l'urbanisation populaire irrégulière constitue la modalité majoritaire de l'urbanisation¹. « Une citoyenneté à deux vitesses » est de règle dans les villes de ces pays, entre les « citoyens propriétaires » habitant la ville légale, reconnus à travers divers systèmes de représentation démocratique et les classes populaires ne pouvant exhiber de titres de propriété, « demi-citoyens » dont « la légitimation est laissée à l'arbitraire de la bureaucratie »².

Dans la ville d'Afrique Noire qui, ne pouvant compter que sur peu de ressources propres, est sujette à des politiques définies par les bailleurs de fonds internationaux, comme dans les villes des pays d'Amérique Latine où les acteurs locaux – État, collectivités locales, ou la population regroupée en mouvement sociaux – jouent un rôle plus important, le défi qui doit être relevé en cette fin de siècle est de taille : comment « traiter la ville réelle, dans sa totalité »³ ? Comment, dans un contexte général d'insuffisance de ressources financières, gérer la ville sans exclure une partie – voire la majorité – des citoyens, parce qu'illégaux et/ou insolubles ?

A cette question, J.F. Tribillon répond « rien ou presque » : pour cet urbaniste rompu à la question urbaine dans les pays en développement, la « condition préalable au renouveau d'un urbanisme qui ne peut être que fortement novateur » repose sur une « revivification des agglomérations du tiers monde », c'est-à-dire la « réalisation des voies principales suffisantes (...) et des réseaux de drainage et d'eau potable. (...) Fédérer et soutenir les initiatives qu'il faut appeler populaires est à l'évidence le premier geste à accomplir, à la suite de cette revivification »⁴. C'est bien vers cette voie que s'engagent à l'heure actuelle nombre d'experts, confrontés à un décalage croissant entre les objectifs affichés par les politiques et l'évolution effective des villes, produite par des dynamiques spontanées des populations citadines, qui souligne la crise de la planification urbaine. Et, face à la crise des modèles de l'urbanisme occidental, bailleurs de fonds internationaux et municipalités recherchent des solutions originales, adaptées aux contextes locaux des villes du tiers monde. De plus en plus fréquemment, comme le relève A. Sinou, un urbanisme de projets, s'inscrivant dans une approche sectorielle et à relativement court terme, se substitue au traditionnel urbanisme planificateur. Les réponses institu-

1. Azuela A. et Scheingart M., 1989, cité par : Duhau E., 1992. *La régularisation de l'habitat au Mexique. Urbanisation populaire, ordre urbain et planification*. Les Annales de la recherche urbaine, n° 51, La planification et ses doubles, pp. 49-56.

2. Duhau E., 1992, *op. cit.*

3. Massiah G., Tribillon J.F., 1988. *Villes en développement. Essai sur les politiques urbaines dans le tiers monde*. Paris, éd. La Découverte, Collection Cahiers libres, 320 p.

4. Tribillon J.F., 1992. *op. cit.*

tionnelles mises en place au cours des années 80 (déréglementation, privatisation, diminution des aides publiques aux services et aux équipements) dans un contexte général de décentralisation ont souvent contribué à aggraver la crise des villes des pays en développement, au plan social comme environnemental¹.

POUR UNE NOUVELLE LECTURE DE LA VILLE EXPLOITANT LES POSSIBILITÉS OFFERTES PAR LA TÉLÉDÉTECTION ET LES SYSTÈMES D'INFORMATION

Dans ce contexte de crise de la ville, de ses paradigmes et de ses modes de planification et de gestion, l'information occupe une place centrale : ce n'est que sur un diagnostic approfondi de la dynamique démographique, sociale, économique et spatiale de la ville que peut être définie une politique urbaine. De la qualité et de la pertinence de ce système de lecture de la ville, de sa dynamique spatiale et sociale, dépend largement la qualité de la décision. Le constat d'inefficacité de l'urbanisme occidental a conduit à une remise en cause de ses modes d'action : ne devrait-on pas aussi s'interroger sur ses modes de diagnostic et les concepts qu'ils mettent en œuvre ? Dans de nombreux domaines, la recherche urbaine sur les pays en développement a démontré l'inadéquation aux villes du tiers monde de certains concepts issus de l'expérience occidentale de l'urbanisation. Pour ne citer qu'un exemple, retenons celui du dénombrement de la population à travers le concept de résidence, sur lequel se fonde la plupart des recensements démographiques. Alors que ce concept repose sur l'hypothèse de l'unicité de la résidence, une observation attentive des modes de résidence des populations des pays en développement montre un développement des pratiques multi-résidentielles : comme le note Lattes² à propos de l'Amérique Latine, Le Bris et Quesnel relèvent qu'en Afrique « les déplacements deviennent multipolaires et réversibles, la circulation s'intensifie », remettant en cause la « vieille fracture rural/urbain »³. Appréhender la ville à travers la mobilité résidentielle de ses habitants, dans la diversité de ses formes actuelles et non seulement à travers le prisme de la mono-résidence, constitue une opportunité essentielle pour « repenser la ville de manière dynamique, et dans un cadre territorial qui va au-delà de ses

1. Interurba, 1993. Crise et mutations des villes du tiers monde. Vers de nouvelles stratégies des acteurs urbains. Paris, 6 p. multigr.

2. Lattes A.E., 1989. *Emerging patterns of territorial mobility in Latin America : challenges for research and action*. Actes du XXI^e Congrès International de la Population, UIESP, 20-27 sept. 1989, New-Delhi, Inde, vol. 2, pp. 261-272.

3. Le Bris E., Quesnel A., 1992. Circulation des hommes et urbanisation : les politiques en échec. Politique Africaine, pp. 66-77.

propres limites physiques », et ainsi « dépasser le stade actuel d'un modèle de planification physique statique »¹.

Les innovations récentes en matière de méthodes de recueil, gestion et analyse de l'information urbaine peuvent constituer une opportunité intéressante pour renouveler les systèmes de lecture de la ville, dans la mesure toutefois où les possibilités qu'elles offrent sont clairement mis au service de cet objectif.

Ces nouveaux outils, télédétection spatiale et systèmes d'information urbains, connaissent actuellement une forte demande dans les pays en développement, soutenue par les agences de coopération bi ou multi-latérales². On peut admettre que les problèmes techniques des systèmes d'informations géographiques sont aujourd'hui résolus³. Une certaine maturité semble en effet être atteinte, après une quinzaine d'années dominées par « l'illusion scientifique consistant à croire que la résolution technique des problèmes, les modifications idoines des institutions et des procédures suffisent à assurer la factibilité des projets sans risques de dérapage de tous ordres »⁴. On constate maintenant une tendance à des interrogations plutôt liées aux dimensions organisationnelles, institutionnelles et politiques des projets de systèmes d'information urbains (SIU) : il devient de plus en plus clair que « les systèmes d'information n'existent que par leurs utilisateurs »⁵ et n'ont de sens, comme le dit A. Sinou, que si ils « servent un projet urbain ou l'aide à le formaliser ».

En l'absence de projet urbain clairement défini, les SIU peuvent être une méthode d'exclusion d'une partie de la population urbaine aussi redoutablement efficace que celles basées sur la légalité ou la solvabilité : comme le souligne A. Sinou, si l'on s'en tient au simple transfert des méthodes employées dans les pays industrialisés, ne seront intégrées dans les systèmes d'information urbains, où le croisement des données repose sur la localisation, que les parties cartographiées des villes des pays en développement, c'est-à-dire les parties bénéficiant d'une reconnaissance légale.

1. Carrion F., 1992. *Estrategias de inserción residencial de los sectores populares en Quito*. Memorias del Taller metodológico sobre las nuevas formas de movilidad de la población urbana en América Latina, CEDE-ORSTOM, Bogotá, 7-11 Dic. 1992. Santiago de Chile, CELADE, en cours d'édition.

2. Venard J.L., 1990. *Systèmes de gestion de données urbaines localisées. Méthodologie d'identification et de préparation de projets*. Paris, Ministère de la coopération et du Développement, 28 p.

3. Durand Lasserre A., 1990. *Les besoins en systèmes d'information foncière dans les villes des pays en développement et l'offre française*. Étude réalisée pour le Plan Urbain, conv. 87 31 208. Bordeaux, 195 p.

4. Canel P., 1988. cité par Durand Lasserre A., 1990. *op. cit.*

5. Chevallier 1989, communication à SIGEO Rouen.

Mais, si le projet urbain est bien de « traiter la ville réelle, dans sa totalité », pour reprendre les termes employés plus haut, il est absolument nécessaire de développer des modes d'observation et d'analyse adaptés à l'ensemble des situations, au delà de la dualité qui caractérise les villes des pays en développement. Dans cette perspective, la télédétection spatiale et les systèmes d'informations urbains peuvent alors jouer un rôle essentiel : c'est bien en termes de possibilités qu'ils offrent pour renouveler l'approche de la ville qu'il importe d'appréhender ces nouveaux outils de connaissance du milieu urbain.

Ainsi, la lecture de la ville offerte par les images satellites permet d'appréhender l'ensemble de l'agglomération, la ville légale comme la ville illégale : du fait même du mode de recueil de l'information satellitaire, ce type de document facilite considérablement une appréhension spatialisée et continue du développement, des recompositions internes et de la segmentation des grandes métropoles, sans exclusive. En ce sens, la télédétection spatiale peut constituer le pivot du développement de systèmes d'informations appropriés aux quartiers spontanés qui, sans reconnaissance légale et en perpétuel changement, sont généralement exclus des opérations de levés cartographiques de base. De plus, par les possibilités qu'offrent la télédétection spatiale et les SIU de mettre en place des enquêtes par sondage aréolaire, elles constituent des éléments importants d'amélioration de la compréhension des dynamiques urbaines, à travers des observations approfondies des stratégies et des comportements des différents segments des populations citadines.

Si l'on garde comme objectif de gérer l'ensemble de la ville, sans exclure aucune catégorie de citoyens, les nouveaux outils de connaissance que sont les SIU et la télédétection spatiale peuvent alors être les chevilles ouvrières d'une nouvelle lecture de la ville, qu'impose le constat d'échec des approches traditionnelles de la ville dans le contexte des métropoles du tiers monde. Et gageons que repenser la ville sous-développée amènera à renouveler aussi l'approche de la ville des pays industrialisés, elle aussi en crise.

A L'ORIGINE DE CE LIVRE, LE RÉSEAU ADOC

A la fin de l'année 1988, le Ministère de la Recherche et de la Technologie lançait un programme triennal sur « La gestion urbaine dans les pays en développement », basé sur un dispositif en réseaux, dont l'objectif était de « susciter et/ou accompagner une dynamique investigatrice sur le thème, de multiplier rencontres et échanges à ce propos, de rassembler, de produire une série de recherches, de mises au point et de synthèses sur la question, dont

la valorisation contribuera aussi à l'amélioration de la formation dans ce domaine »¹. C'est dans ce cadre qu'a été créé en 1989 le réseau sur « L'Amélioration Des Outils de Connaissance pour la gestion urbaine dans les pays en développement », baptisé ADOC, animé par F. Dureau, puis C. Weber à partir de 1992.

La définition géographique, thématique et institutionnelle du réseau a reposé sur un certain nombre d'idées directrices, qui s'inscrivent dans la droite ligne des idées exposées dans les pages qui précèdent :

- mettre en relation des équipes travaillant sur les villes françaises et des équipes travaillant sur les villes des pays en développement ;
- mettre en relation des équipes ou individus intervenant dans le domaine de la recherche, dans l'enseignement et dans des structures opérationnelles (bureaux d'études et collectivités locales), sphères professionnelles généralement trop cloisonnées ;
- le thème « Amélioration des outils de connaissance pour la gestion urbaine » a donné lieu ces dernières années à un grand nombre de rencontres, publications... liées à la diffusion, tant en France que dans les pays en développement, de deux types d'innovations techniques : la cartographie assistée par ordinateur et les systèmes d'information géographique d'une part, la téledétection spatiale d'autre part. L'attention est longtemps restée focalisée sur l'aspect technique de ces outils. Étant donné le stade actuel des développements et expériences en la matière, il semblait intéressant d'essayer de resituer systématiquement ces techniques dans la problématique plus générale de l'information pour la gestion urbaine, dans sa triple dimension : production, gestion et analyse.

Le réseau a rassemblé environ deux cent personnes, travaillant en France ou dans les pays en développement, dans les domaines de la recherche, de l'enseignement, des bureaux d'étude ou des collectivités locales, qui développent ou utilisent de nouveaux outils de connaissance des villes : outils de production d'information (téledétection spatiale, méthodes de production rapide de données urbaines) ou de gestion et d'analyse de l'information (bases de données, Systèmes d'Information Géographique).

Le réseau ADOC a permis de mettre en place une dynamique de communication et de réflexion transcendant les coupures traditionnelles entre « la recherche et l'opérationnel », entre la France et « les pays du champ et les pays hors champ », constantes que relève Interurba dans son analyse du dispositif français de

1. Coquery M., 1988. *Recherche urbaine en coopération. Pour un programme d'intervention à court et moyen terme dans le domaine de la gestion urbaine*. Paris, Ministère de la Recherche et de la Technologie, 20 p. multigr.

recherche et études urbaines dans les PED¹. Par les réunions et la Lettre d'information trimestrielle, les acquis de recherches et d'expériences de chacun des membres ont été enrichis par une information réciproque et une réflexion collective sur des questions-clefs du développement et de l'utilisation de nouveaux outils de connaissance des villes. Satisfaisant de nombreuses demandes d'information, diffusant les résultats de ses travaux à l'aide de Documents de travail, le réseau a également assuré une fonction de diffusion des informations et réflexions accumulées. La constitution d'un fonds documentaire spécialisé et d'une base informatisée gérant l'information relative à la bibliographie, aux logiciels, aux opérations et aux institutions a permis de satisfaire les demandes d'information².

L'intérêt suscité par le réseau ADOC, tant en France qu'à l'étranger, témoigne de la pertinence de la formule du réseau, mettant en relation des équipes travaillant dans des sphères professionnelles généralement cloisonnées, mais aussi du mode de fonctionnement et de l'approche, non instrumentaliste, adoptés pour ADOC. Il a semblé à l'équipe d'animation que le capital d'information et de réflexion accumulé depuis 1989 méritait d'être diffusé par une publication destinée aux personnes intéressées par la mise en œuvre des nouveaux outils de connaissance des villes – systèmes d'informations urbains et télédétection spatiale –, tout particulièrement les différents acteurs de la gestion des villes des pays en développement.

Construit à partir d'une sélection des contributions réunies au long des réunions et des Lettres d'information, on retrouvera dans ce livre la spécificité de l'approche qui a été la nôtre durant les années de fonctionnement du réseau ADOC : l'ouvrage n'est pas focalisé sur l'aspect instrumentaliste des systèmes d'informations urbains, mais aborde les problèmes conceptuels, humains et organisationnels que soulève l'emploi de ces nouveaux outils de production, gestion et analyse de l'information urbaine.

Le plan de l'ouvrage suit le fil directeur retenu pour les travaux du réseau, en s'intéressant successivement aux grandes questions que soulèvent la mise en place et l'utilisation des systèmes d'informations urbains. Une première partie est consacrée aux objectifs des systèmes d'informations urbains. Dans la deuxième partie, est abordée la question de la mise en place et de l'évolution de ces systèmes, à travers des enseignements généraux tirés de l'expé-

1. Interurba, 1993. Le dispositif français de recherche et d'études urbaines dans les pays en développement. État de la question. Plan Urbain chap. 57-58/21, 159 p.

2. Afin de faciliter l'accès aux documents rassemblés par le réseau, ceux-ci ont été transférés à partir de 1992 au Centre de Documentation Villes en Développement.

rience acquise depuis les opérations pionnières des années soixante-dix, et la présentation de quatre systèmes mis en place en France, en Amérique Latine et en Afrique. Est traité dans un troisième chapitre le problème de la mobilisation de l'information : après une introduction technique et des considérations d'ordre conceptuel et méthodologique, une série de textes illustrent les principaux domaines d'application actuelle de la téledétection, nouvelle source d'information sur l'occupation du sol des villes, mais aussi sur le social urbain. Une présentation synthétique des systèmes informatiques, ainsi qu'une liste des principaux colloques, revues et institutions intervenant dans le domaine viennent compléter ce livre. Enfin, une large place est accordée en fin d'ouvrage aux indications bibliographiques ; celles-ci, classées par thème et zone géographique, résultent de l'analyse de la base d'information mise en place par le réseau.

Plusieurs collègues de l'ORSTOM, B. Lortic, F. Pelletier, A. Sinou, C. Bernard et R. Altemaire nous ont assisté tout au long de l'existence du réseau ADOC : nous souhaitons les remercier ici pour leur participation efficace à l'animation du réseau. Nous sommes redevables également à tous les participants qui, par leur contribution aux échanges d'information et aux réflexions, furent les véritables artisans du réseau. Enfin, nous adressons des remerciements particuliers à Jean-Paul Duchemin, membre du Comité de suivi scientifique du programme du MRT, qui nous a accordé sa confiance pour le montage de ce réseau et nous a soutenu tout au long de ses quatre années de fonctionnement, à tous les auteurs de cet ouvrage, ainsi qu'à René de Maximy qui a relu et annoté l'ensemble du manuscrit.

Les auteurs

Dominique BADARIOTTI, urbaniste, professeur associé, chargé d'étude à l'ADEUS (Agence d'Urbanisme de Strasbourg).

Etudes urbaines ; urbanisme ; socio-économie de l'habitat.

ADEUS, 9, rue Brûlée, 67002 Strasbourg Cedex

fax : 88 75 79 42, tél. : 88 21 49 17

André BALLUT, géographe-urbaniste, retraité de l'IAURIF (Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région d'Ile-de-France).

Photo-interprétation ; télédétection; analyse des modes d'occupation du sol.

20, rue Léon-Frot, 75011 Paris

tél : 43 70 36 42

Jean-Paul BLANDINIÈRES, administrateur de l'INSEE, chef de la division Services spécifiques et Grands Comptes.

Conception et commercialisation d'outils d'information pour le geo-marketing et les études d'impact.

57, boulevard Barbes, 75018 Paris

fax : 53 17 88 40, tél : 53 17 89 41

Patrice BOURSIER Enseignant Chercheur, Université Paris-Sud/Orsay

Maître de Conférence, Université Paris Sud LRI 91405 Orsay

Bases de données Spatiales et Multimédias : modèles de données, structures de données, interfaces-utilisateurs, qualité de l'information géographique

Université Paris-Sud/Orsay LRI Bât. 490, 91405 Orsay

fax (1) 69 41 65 86, tél. (1) 48 92 01 65

Jean-François DESPRATS, agronome-télédéteur, ingénieur-chef de projet au BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières).

Télédétection spatiale.

BRGM, Centre Thématique des hydrosystèmes

1039, rue de Pinville, 34000 Montpellier

fax : 67 64 58 51, tél : 67 65 81 13

Philippe DUTARTRE, géologue-téledétecteur, responsable du Centre d'Applications Thématiques des Technologies Spatiales, BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières).

Téledétection spatiale.

BRGM, BP 6009, 45060 Orléans Cedex

fax : 38 64 35 18, tél : 38 64 36 06

Françoise DUREAU, géographe-démographe, chargée de recherches à l'ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération).

Méthodes de collecte et d'analyse des informations urbaines ; migrations urbaines.

ORSTOM, Département SUD, 213, rue Lafayette, 75010 Paris

fax : 48 03 78 32, tél : 48 03 77 86/48 03 78 29

Jean FLOURIOT, consultant indépendant.

Aménagement du territoire ; urbanisme; environnement.

12, rue Poulain-Corbion, 22000 Saint-Brieuc

fax : 96 62 02 79, tél : 96 61 74 10

André HERNANDEZ, consultant SEMLEX.

Gestion des systèmes d'informations localisées, cadastre, informatique et gestion urbaine.

SEMLEX, 11, rue François-Millet, 77300 Fontainebleau

fax : 64 22 81 50, tél : 64 22 82 51

Thierry JOLIVEAU, enseignant-chercheur, maître de conférences en géographie à l'Université Jean Monnet de Saint Etienne, CRENAM /CNRS URA 260.

Systèmes d'information géographique et géographie, utilisation des SIG pour la gestion de l'espace et de l'environnement.

Université Jean Monnet

32, rue du 11-Novembre, 42023 Saint-Étienne Cedex 2

fax : 77 42 16 84, tél : 77 42 16 78

Michel LENCO, administrateur INSEE, conseiller technique au Ministère de l'Environnement.

Applications préopérationnelles de la téledétection aux problèmes de l'environnement : zones sensibles ou à surveiller, littoral, zones humides, travaux d'équipement, vallées fluviales, paysages, risques naturels.

Ministère de l'Environnement, DGAD

20, avenue de Ségur, 75302 Paris 07 SP

fax : 42 19 18 33, tél : 42 19 16 16

Laurent LÉVÊQUE, géographe, responsable de l'Observatoire Population et Habitat, Ville du Havre.

Etudes socio-économiques ; géographie urbaine ; système d'information ; prospective.

Ville du Havre, OPH, 25, rue Anatole-France, 76600 Le Havre
fax : 35 19 47 02, tél : 35 42 35 32

Bernard LORTIC, ingénieur télédétection à l'ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération).

Télédétection (TM, SPOT, radar, photographies aériennes) des changements d'occupation du sol. Télédétection en milieu urbain.

ORSTOM, Département SUD, 213, rue Lafayette, 75010 Paris
fax : 48 03 78 32, tél : 48 03 77 86/48 03 78 29

Pascal MALLET, géographe, responsable du système d'information de l'Observatoire Population et Habitat, Ville du Havre.

Etudes socio-économiques; géographie urbaine ; système d'information ; prospective, risques industriels majeurs.

Ville du Havre, OPH, 25, rue Anatole-France, 76600 Le Havre
fax : 35 19 47 02, tél : 35 42 35 32

René de MAXIMY, directeur de recherches à l'ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération).

Les grandes villes des régions intertropicales, la gestion de l'espace urbain ; l'approche géographique et cartographique de l'espace social urbain.

ORSTOM, Département SUD, 213, rue Lafayette, 75010 Paris
fax : 48 03 78 32, tél : 48 03 77 86 / 48 03 78 29

Iuli NASCIMENTO, géographe-urbaniste, chargé de mission à l'IAURIF (Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région d'Ile-de-France). Aménagement et urbanisme.

IAURIF, 251, rue de Vaugirard, 75740 Paris Cedex 15
fax : 40 43 76 02, tél : 40 43 79 84

Chrissanthy PETROPOULOU, étudiante en doctorat de géographie à l'Institut de Géographie de Strasbourg.

Télédétection et applications urbaines, croissance urbaine.

URA 902 CNRS, Institut de Géographie

12, rue Goethe, 67000 Strasbourg

fax : 88 35 84 46, tél : 88 34 69 14

Henri PORNON, consultant géomatique, IETI Consultants SA.
Méthodes de conduite de projets de SIG ; implications humaines et organisationnelles des SIG.

IETI Consultants, 17, boulevard des États-Unis, 71000 Mâcon
fax : 85 38 65 91, tél : 85 39 40 80

Michel PROUZET, Chargé de mission au Centre de Formation des Elus Locaux.

Gestion des systèmes d'informations localisées, cadastre, gestion urbaine, transport.

244, rue de Rivoli, 75001 Paris
fax (1) 45 48 36 39, tél : (1) 45 47 36 70

Jean SAINT-VIL, géographe, consultant en développement urbain et municipal, président de l'ONG Afrique Communes.

Développement urbain ; développement municipal ; banque de données d'aménagement du territoire - environnement.

BP 403, Abidjan 09, Côte d'Ivoire
tél : (225) 44 06 06

Alain SINOÛ, maître de conférences à l'Institut Français d'Urbanisme, Université Paris 8.

Développement urbain dans les pays en développement, patrimoine architectural et urbain, histoire et politique urbaine ; L'université et la ville.

8, rue de Wattignies, 75012 Paris
fax : 46 28 93 98, tél : 46 28 93 98

Christiane WEBER, géographe, chargée de recherches au CNRS.
Etudes urbaines et analyse spatiale ; téledétection et systèmes d'information géographique.

URA 902 CNRS, Institut de Géographie
12, rue Goethe, 67000 Strasbourg
fax : 88 35 84 46, tél : 88 35 83 85

I

***LES SYSTÈMES
D'INFORMATION URBAINS :
OBJECTIFS, DÉFINITIONS***

INTRODUCTION : LES SYSTÈMES D'INFORMATION URBAINS : OBJECTIFS, DÉFINITIONS

Christiane WEBER

La « ville », objet polysémique par excellence, pousse aux réflexions et aux attitudes les plus diverses : aspirations, questionnements, obligations, pratiques... A des degrés différents d'implication dans la vie de la cité, tout un chacun porte en lui une « miette de ville » et y pose un regard plus ou moins partial et partiel.

Sujet, elle attire à elle les intervenants les plus typés, du poète à l'ingénieur, de l'éducateur à l'adolescent, du citoyen au politique. Elle qui, aux dires des experts, pourrait être considérée comme « l'avenir de l'Homme », entraîne au fil de ses évolutions ceux qui l'étudient et ceux qui la vivent, dans une relation sans cesse renouvelée entre gestion et analyse, prévision et prospective, action et espérance, opportunité et pouvoir.

Ces relations revêtent des réalités très différentes selon la ville en cause, sa localisation, sa taille, son statut. Pourtant de Brazzaville à Lyon, de Pikine à Saint-Étienne, de Quito au Mans ou à Rouen, afin de mieux répondre aux attentes, aux dysfonctionnements, aux projets, une même volonté s'impose, connaître au mieux cet objet d'interventions multiples, ce milieu où les échanges formels ou non participent à sa réalisation.

Bien entendu, les « choses » ne sont pas comparables, évidemment les processus de développement, les caractéristiques culturelles, administratives, économiques et politiques ne peuvent pas être analysées au travers d'un filtre unique et donc forcément appauvrissant. En effet, les situations ne peuvent s'appréhender qu'en tenant compte de l'environnement historique, socio-politique et technologique des différents États. Il existe pourtant une préoc-

cupation identique relative à cette connaissance nécessaire, le besoin d'information.

En fonction d'objectifs plus ou moins clairement affichés ou exprimés, cette information, par les efforts nécessaires à sa création et à sa structuration, nécessite une réelle prise en compte du dimensionnement des données constitutives sous peine de dilution dans « une surabondance nuisible » ou d'utilisation partielle pour cause d'intérêt mitigé des partenaires potentiels comme le précisent Prouzet et Hernandez. Il est clair que les préoccupations multiples des différents intervenants (services, bureaux d'étude, instances politique et économique, etc.), laissent à penser que selon les grandes fonctions d'une ville (planification et urbanisation, développement et prévision concernant les flux de population, ou de logement, gestion des ressources et des infrastructures – les réseaux en général), plusieurs démarches structurées peuvent être de mise pour collecter cette information en vue de son intégration dans un système.

Les avancées technologiques ont favorisé l'usage d'outils de plus en plus performants pour pouvoir produire et surtout utiliser cette information. De l'acquisition par le biais des images satellitaires ou des photographies aériennes, à son assimilation dans des démarches de gestion, de planification ou d'analyse ils offrent la possibilité de mieux maîtriser la diversité urbaine. Cependant pour pallier l'inadéquation possible entre information et objectifs, pour éviter le problème de dimensionnement, la solution des Observatoires rattachés à une Banque de Données Urbaines (BDU) ou à un Système d'Information Urbain (SIU)¹ permet d'obtenir des résultats d'utilisation prometteurs. Comme le souligne T. Joliveau, la possibilité d'adapter la vision de la ville en association avec une fraction des informations contenues dans le système, permet d'assurer une ouverture vers l'extérieur, d'intégrer « des données externes à la gestion au jour le jour, ..., dans une perspective de suivi de phénomènes ». Agissant comme des projecteurs sur un thème précis, les efforts de cohérence de l'information, de mise à jour, de collaboration peuvent permettre une réalisation plus performante, plus ciblée en terme de préoccupation et d'analyse. Ces observatoires, producteurs d'information, deviennent des « outils de prise en compte du contexte, de l'environnement de la gestion municipale ». Cependant, T. Joliveau fait remarquer très justement que les relations entre deux systèmes (SIU et Observatoire) ayant des rationalités différentes (objectifs, mise en œuvre, traitements) peuvent entraîner des dysfonctionnements (financiers et organisa-

1. Il est possible de trouver les termes « Système d'Information Urbain » (SIU), ou Système d'Information Géographique Urbain (SIGU), voire Système d'Information Localisée (SIL)..., les différences se situent plus dans l'orientation technique et dans les éléments urbains pris en compte.

tionnels certes, mais aussi méthodologiques) au sein des instances qui en ont la charge. Ceci peut bien entendu, être préjudiciable au bon fonctionnement général mais aussi à l'intérêt réel de ce type d'outil dans la gestion et l'analyse urbaines.

La difficulté à estimer l'intérêt de ce type d'investissement que sont les SIU, réside dans la non « rentabilité » visible, quantifiable d'un tel outil. Il est fréquent de dire que sans volonté politique de suivi d'un tel projet, les risques d'enlisement sont réels. La volonté d'intégration d'un SIU dans une municipalité dépend de la mobilisation des groupes ou individus en présence. Cette mobilisation peut ne pas dépendre seulement de la volonté émanant de l'entité urbaine, mais comme le souligne A. Sinou dans son texte, elle peut être incitée par une décision au niveau national en accord avec des bailleurs de fonds étrangers. Ce décalage entre pouvoirs institutionnels (État et municipalité) pose d'une certaine façon l'intérêt de tels systèmes d'information. En effet, si l'implication n'est pas directe, le choix imposé peut ne pas être relayé et donc ne pas être suffisamment ancré dans l'organisme pour qu'il y ait un usage autre que potentiel. De plus, dans certaines conditions, le manque de latitude dans le choix de localisation géographique peut comporter le risque de laisser de côté les cas (ville, quartiers, etc.) qui, par manque d'information initiale ne sont pas sélectionnés. La tentation de « monter un projet qui tourne », qui satisfait les mêmes règles (de définition, de précision, de mise à jour, etc.) que dans les pays développés, peut introduire des situations à deux vitesses : la première calquée sur des modèles de développement et de gestion occidentaux, avec des inadéquations possibles liées aux différences résiduelles et la seconde correspondant à celle des laissés-pour-compte, dont la réalité est trop complexe, trop délicate à intégrer. Le texte d'A. Sinou, met le doigt sur des points essentiels de la comparaison et la coopération entre pays développés et en développement, et il est important de s'y attarder pour analyser l'impact de telles innovations technologiques sur les entités et les communautés en présence.

Ces outils ont, comme l'informatisation des années 70, un impact certain sur leur environnement d'accueil, au sens large. L'innovation technologique introduite par des systèmes d'information (géographique ou non) implique des changements, des mutations tant au niveau de l'organisme que des individus qui y sont associés. Quel que soit le milieu dans lequel elle est intégrée, pays développés ou en développement, au-delà du désir d'optimiser les pratiques existantes ou de favoriser l'émergence de gains appréciables des ressources locales, quelle que soit la difficulté à énoncer l'équation entre information et objectifs, la pérennité de tels systèmes s'inscrit dans le tissu opérationnel et décisionnel dans lequel ils se développent. « Faire plus et mieux mais pas nécessairement

plus vite et avec moins de personnel », comme le précise C. Weber, résume à la fois les objectifs mais aussi les contradictions liées à ces outils. Les freins, nombreux, à la diffusion et à l'exploitation trouvent des raisons dans le comportement des organismes par crainte de remise en cause des compétences ou de parcellisation du savoir et dans celui des individus par le biais d'une évolution des profils professionnels et des savoir-faire. Les bouleversements susceptibles d'être induits sont difficilement envisageables de prime abord. Cependant la mutation de la notion intrinsèque d'information est révélatrice des enjeux tant sociaux, que culturels et économiques qui se cachent derrière les systèmes d'information.

Cette première partie place donc quelques points de repère dans la réflexion sur les Systèmes d'Information Géographique. Au travers des contributions s'énoncent des diversités de point de vue mais aussi des éclairages tout à fait pertinents pour entreprendre la lecture de cet ouvrage.

I

URBANISME ET URBANISATION PVD/BANQUES DE DONNÉES URBAINES

Alain SINOU

Préliminaire : le champ de la gestion urbaine est vaste, tant le terme « gestion urbaine » est flou. Aussi, nous l'avons envisagé dans son acception la plus large : nous traiterons donc d'une part de la gestion quotidienne de la ville (entretien de réseaux, du patrimoine, des services, procédures et réglementations d'urbanisme), d'autre part de son développement (planification, programmation, opérations...). Ces deux dimensions de la gestion urbaine font appel à des pratiques professionnelles spécifiques et à des types d'information particuliers.

1. URBANISATION ET URBANISME

1.1. L'urbanisation

Il est difficile de donner une définition commune des villes des pays en développement tant les situations sont diverses : nous rappellerons simplement ici que cette hétérogénéité se manifeste au niveau de leur croissance (taux de croissance annuel de la population 2 à 10%), de leur population (les capitales des pays selon les continents comptent entre quelques centaines de milliers d'habitants – certains pays d'Afrique subsaharienne – et plus d'une dizaine de millions d'habitants – Mexico en compterait actuellement plus de 20 millions).

Le pouvoir, le rôle et les moyens financiers et humains des institutions de gestion des villes diffèrent aussi selon les types de

pays : en Amérique latine, les grandes villes possèdent des structures leur permettant de gérer les affaires courantes de la cité et d'envisager un développement, ce qui n'est pas le cas des villes d'Afrique subsaharienne aux moyens financiers très limités et contrôlés directement par l'appareil d'État.

S'il fallait trouver une homogénéité entre toutes ces villes, c'est dans un certain nombre de problèmes communs :

- opposition croissante entre une ville légale faite de quartiers lotis et relativement équipés et une ville « réelle » faite de quartiers dits spontanés, c'est à dire d'abord illégaux, de plus en plus nombreux. Ceux-ci peuvent accueillir souvent plus de la moitié de la population et occuper plus de 50% de l'espace urbanisé ;

- manque de maîtrise de la croissance spatiale : extension à l'horizontale des quartiers d'habitation ;

- manque de maîtrise de la gestion quotidienne de la ville : services urbains et réseaux déficients, patrimoine public peu entretenu.

1.2. Les acteurs

Nous nous référons ici plus particulièrement à l'évolution des politiques urbaines dans le cadre de la coopération bilatérale et multilatérale mis en œuvre en Afrique (du nord et subsaharienne) et dans une moindre mesure en Amérique latine et en Asie.

Là encore, les projets urbains se caractérisent par une grande diversité d'actions. L'ampleur de cette diversité dépend en partie du degré d'autonomie du pays vis à vis des bailleurs extérieurs. Dans les pays d'Afrique noire, les capacités d'investissements des villes sont quasi-inexistantes et nécessitent la venue de capitaux extérieurs. Dans ce secteur, le principal acteur est la Banque Mondiale qui a les moyens de dicter sa politique (les instances de coopération française suivent largement ses directives).

La situation est légèrement différente dans les pays d'Afrique du Nord où les collectivités locales sont plus affirmées et où les États disposent de plus de moyens. La Banque Mondiale intervient néanmoins de manière prépondérante, notamment en Tunisie dans des opérations d'habitat destinées aux plus pauvres (rénovation, réhabilitation, restructuration)...

En Amérique latine, les rapports entre acteurs urbains nationaux et internationaux diffèrent. Outre l'État, les collectivités territoriales, notamment les municipalités, et la population regroupée en mouvements sociaux ont un rôle plus déterminant dans la définition des projets urbains. Les organismes de coopération bilatérale ou internationale interviennent plus ponctuellement sur des demandes formulées localement sans avoir un rôle aussi déterminant dans l'identification des besoins.

En Asie, il faut distinguer les pays très pauvres, comme l'Inde, premier client de la Banque Mondiale qui intervient dans de nombreuses villes sur des projets sectoriels comprenant des composantes multiples (trame d'accueil, assainissement, renforcement institutionnel) et les pays à fort taux de croissance économique, les quatre « dragons », la Thaïlande, qui possèdent des fonds propres et où la Banque Mondiale intervient principalement dans des projets destinés aux populations pauvres, ces pays possédant des services compétents et des promoteurs pour gérer la ville « légale » et prospère.

Pour simplifier, on peut schématiquement distinguer par rapport à des enjeux de gestion, deux types de villes :

– 1. Les villes des pays très pauvres, Afrique noire, Inde où les capacités d'investissement public et privé sont très faibles et où les moyens techniques sont déficients : la gestion urbaine quotidienne, comme les opérations d'urbanisme reposent, quasi-totalement sur l'aide internationale.

– 2. Les villes des pays intermédiaires, Tunisie, Thaïlande, Colombie, etc., qui possèdent des structures de gestion urbaine et qui développent des actions publiques et privées. L'aide internationale est sollicitée principalement pour l'assistance aux populations les plus pauvres.

Par ailleurs, l'aide internationale ne s'adresse pas à l'ensemble des villes. Seules celles dépassant la centaine de milliers d'habitants peuvent y prétendre. De plus, les villes capitales captent une part prépondérante de l'aide, du fait de la volonté des appareils d'État. Afin de limiter cette tendance et de rééquilibrer les réseaux urbains, un effort a été entrepris depuis une dizaine d'années par la coopération internationale pour le développement urbain des villes secondaires.

1.3. Les formes d'action

Jusqu'aux années 1970, les villes des pays en développement se réfèrent aux modèles occidentaux de développement et reproduisent des procédures et des actions identiques à celles appliquées en Europe ou aux États-Unis (selon les sphères d'influence). La crise économique met en relief l'échec de cette démarche et conduit dans de nombreux pays à son abandon au profit d'actions plus adaptées aux contextes économiques et sociaux locaux. Cette évolution, encouragée par les grands organismes d'aide, comme la Banque Mondiale qui commence alors à investir le champ de l'urbain, a de nombreuses conséquences pour les politiques urbaines.

Les normes occidentales en matière d'habitat, de services et d'infrastructures, sont abandonnées. Les solutions envisagées doivent se référer aux pratiques locales : par exemple, les méthodes

d'assainissement ne passent plus nécessairement par la seule logique réseau, trop coûteuse à mettre en place ; des solutions « appropriées » sont recherchées. La doctrine de la Banque Mondiale est de produire des opérations rentables financièrement afin de pouvoir ensuite les « répliquer ».

L'influence des organismes anglo-saxons se traduit par le passage d'un urbanisme réglementaire, planificateur, à un urbanisme de projets. La planification à long terme basée sur des documents d'urbanisme (plans directeurs) et la production de réglementations sont progressivement abandonnées, au profit d'interventions sectorielles. La réduction de l'encadrement réglementaire résulte de l'analyse faite sur de nombreuses villes de différents continents, de sa fonction de frein à l'initiative individuelle ou collective et son manque d'efficacité en tant qu'outil de régulation urbaine : par exemple, les procédures de permis de construire qui, par leurs lenteurs administratives, bloquent des projets de lotissement privé pendant plusieurs années ou l'accès de personnes aux crédits fonciers.

La priorité sectorielle des projets ne signifie pas un parti pris pour un type d'opération. Les acteurs multi et bilatéraux après avoir privilégié les équipements lourds, (infrastructures, réseau d'assainissement) dont bénéficiaient d'abord les habitants des quartiers lotis en ville, favorisent depuis une quinzaine d'années des actions destinées aux populations défavorisées des quartiers non lotis en projetant des trames d'accueil (lotissement avec équipement minimal) et des opérations de réhabilitation, aux composantes diverses (régulation foncière, réhabilitation d'habitat, assainissement, services minimaux).

Depuis le début des années 80, on assiste à une réorientation des priorités des organismes d'aide qui cherchent aussi à agir en amont de l'aménagement. Ces acteurs mettent ainsi l'accent sur le développement économique de la ville au détriment de son développement spatial *stricto sensu*. Cette évolution se traduit par l'ajout aux composantes visant l'aménagement des projets sectoriels de composantes de développement social et économique (formation, création d'activités et d'emplois). En outre, ils tendent aussi, souvent par économie, à privilégier la gestion de l'existant, patrimoine public et privé, réseaux, au détriment de la production de nouvelles opérations laissées aux opérateurs privés. A la rénovation succède la réhabilitation de quartiers et en terme de gestion quotidienne, la régularisation foncière prédomine à l'instruction des permis de construire.

Enfin, l'échec de nombreux projets étant analysé aujourd'hui comme une résultante du manque d'investissements humains et financiers des services locaux, souvent écartés de fait du montage et de la mise en œuvre, un effort est fait pour renforcer les structures de gestion des villes au niveau des services techniques comme au niveau des ressources financières.

Au niveau institutionnel, l'État se décharge d'un certain nombre de fonctions, qu'il assurait mal ou pas du tout, au profit des collectivités territoriales. La conséquence en est le développement de la fiscalité locale afin de financer les nouvelles missions des municipalités, l'État n'ayant pas les moyens de les doter richement. Au niveau technique, les services propres aux collectivités territoriales tentent d'être renforcés ou, dans le cas des pays pauvres, simplement constitués.

2. POLITIQUES URBAINES ET BESOINS EN BANQUES DE DONNÉES URBAINES

L'évolution actuelle présentée comme pragmatique n'est pas sans poser de nouveaux problèmes. La recherche de solutions ponctuelles, à l'échelle d'un problème particulier ou d'un espace spécifique, peut amener un désintérêt pour toute forme de vision générale, à l'échelle de la ville. La production de documents d'urbanisme, quelle que soit leur efficacité, est un moment privilégié de constitution et de traitement de données. L'abandon de ce type de produit risque d'entraîner l'abandon d'un certain type de collecte. Les modalités de programmation des besoins (services...) appellent néanmoins des données. La question qui se pose est alors de savoir quels types de données produire en fonction des nouvelles modalités d'action.

Le renforcement des ressources financières des communes, la régularisation foncière suggèrent la production de cadastres informatisés : de nombreuses expériences sont en cours (ce sont peut-être les plus avancées). L'objectif de ce type d'action est presque toujours de fournir un document permettant de renforcer la perception des taxes foncières. Il apparaît cependant que cet objectif est loin d'être atteint dans les villes dotées de cadastre où les taux de recouvrement vont de 10 à 50% et où le coût du recouvrement atteint souvent les 3/4 des recettes. Il existe donc un débat sur le développement de la fiscalité communale où s'affrontent ceux qui cherchent à renforcer la taxation foncière et ceux qui pensent qu'il est plus souhaitable de développer une taxation des patentes, plus facile à récupérer. Dans ce contexte, faut-il centrer un développement d'une BDU sur un projet de cadastre informatisé et simplifié ?

La gestion de l'existant peut favoriser la demande en BDU, notamment pour la gestion des réseaux, de la voirie, du patrimoine bâti, collecte des ordures ménagères, ..., de même, l'orientation vers la réhabilitation. Le besoin se définit-il cependant en terme de BDU ou logiciels spécifiques ? Dans ce dernier cas, comment peut-on articuler les données pour une application propre avec celles d'une BDU ?

Le renforcement des structures communales, de même que celui des agences financières intervenant dans l'urbain, peut susciter le besoin en données localisées et alphanumériques de toutes sortes pour l'aide à la décision : souvent, les services municipaux sont les plus mal dotés en informations (cartes, plans, statistiques) et doivent faire appel, pour toute opération, à des services extérieurs.

La question est de savoir si la volonté de centraliser les informations dispersées dans les services de l'État à ce niveau institutionnel est compatible avec d'une part les moyens des municipalités, d'autre part son pouvoir décisionnel. La commune est-elle toujours l'instance qui décide de la programmation dans les villes du tiers monde ? Dans de nombreux cas (au moins en Afrique du Nord), c'est à l'échelle de l'État que s'opèrent ces choix à partir de services techniques de l'État et d'experts envoyés par des bailleurs étrangers (Banque Mondiale, FAC...). Dans certains pays, ne faut-il pas rechercher un interlocuteur plus puissant (au niveau de l'État, ministère, agence d'exécution) ? Dans ce cas, il faut identifier son intérêt pour constituer une base de données à l'échelle de la ville et non pas à une échelle nationale.

L'urbanisme de projet, par sa dimension parfois ponctuelle permet-il l'emploi de banques de données constituées à l'échelle de la ville, dans la mesure où faute de planification à long terme, il faut trouver des opportunités pour développer des BDU ? Ne faut-il pas plutôt profiter du projet pour constituer l'ébauche d'une banque de données, utilisable ensuite pour des projets de même type, lesquels permettent en même temps d'agrandir la base ou de la préciser en fonction des besoins : synergie plutôt qu'exhaustivité. Le risque est de mettre de côté la part (maudite) de la ville, sans projet, et de renforcer par l'absence croissante de données, les processus d'exclusion.

Dans ce même ordre d'idées, l'opposition ville "moderne" (lotie, équipée, ...)/ville spontanée n'entraîne-t-elle pas l'abandon d'une base de données unique à l'échelle de la ville ? Ne faut-il pas construire des bases en fonction des projets appliqués à ces deux types de villes : par exemple, une base de données pour la gestion quotidienne pour les réseaux d'assainissement, d'eau, de voirie dans les quartiers lotis et une base de données pour les quartiers aux équipements minimaux à une autre échelle en vue d'une programmation ? Dans cette perspective, il est nécessaire de préciser les échelles choisies selon les bases, sans doute moins fines qu'en Europe. Pour ce qui est de la gestion des réseaux, leur faible ampleur et leur nombre limité n'implique pas une précision cartographique très grande. Pour les quartiers en développement, faut-il prendre l'îlot, difficile à repérer, ou des mailles plus vastes, par exemple celles d'un kilomètre de côté employées dans certains projets

urbains ? Là encore, il faut inventer des systèmes appropriés aux spécificités spatiales des quartiers informels afin d'éviter de les exclure, faute d'outil de lecture, du développement urbain.

Le problème de saisie et de mise à jour des données, apparu à travers les expériences françaises (durée, coût) doit être envisagé dans les villes des PVD en fonction de leurs moyens humains et financiers.

– Quelles sont les données dont on dispose d'une part et que l'on peut saisir d'autre part ? Quels sont les outils existants pour combler les manques de données repérables dès à présent dans la plupart des villes des PVD : télédétection, photo aérienne...

– Qui va le faire ? La situation diffère selon le type de pays et cette question repose celle du choix du gestionnaire de la base.

L'enjeu de la production de données informatisées est présenté aujourd'hui comme majeur, dans le monde développé comme dans les pays en développement... pour qui ? S'il apparaît nécessaire d'améliorer la connaissance de villes dont les perspectives démographiques de développement nous sidèrent, il convient aussi d'éviter de projeter une fois de plus nos modèles ou de renforcer, par l'usage de cet outil, le clivage riche/pauvre : par exemple, les villes dotées de BDU seront-elles privilégiées en investissements opérationnels, au détriment de celles qui n'en ont pas ?

Les BDU sont des outils perfectionnés, fragiles, coûteux, nécessitant une main-d'œuvre spécialisée. Au coût de l'investissement initial (matériel, logiciel, formation) bien qu'important (plusieurs millions de francs souvent), doit être ajouté le coût de fonctionnement si l'on veut que l'outil devienne réellement opérationnel (entrée régulière de nouvelles données, actualisation de celles existantes, évolution de la base, intégration des innovations technologiques,...). Cette dimension doit être intégrée dès les études de pré-faisabilité si l'on veut éviter le reproche, dans un contexte de coopération avec le Sud, de simples vendeurs de savonnettes.

La production de données nouvelles, actualisées, mieux classées, plus facilement accessibles et traitables n'est pas un objectif en soi ; ce n'est qu'un argument de vente. Lorsque ce type de projet va grever de fait, dans des contextes de pays pauvres, le budget d'investissement d'une ville et des systèmes d'aide, il convient de s'assurer de la pertinence du projet. Celle-ci ne saurait reposer simplement sur des critères techniques : une BDU n'a de sens que si elle sert un projet urbain ou si elle l'aide à se formaliser. Encore faut-il s'assurer que ce projet politique existe avant de se lancer dans une telle aventure !

II

DE LA BANQUE DE DONNÉES URBAINES AU SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE URBAIN, EN FRANCE

Christiane WEBER

INTRODUCTION

Les développements technologiques, conduisent parfois à draper les mêmes concepts d'une terminologie fluctuante, associée à des modes, des évolutions tant techniques que culturelles. Dans les années 1970, le terme « Banques de Données Urbaines ¹ » fut utilisé pour quelques expériences, à l'initiative de l'Etat. « La plupart de ces projets achoppèrent sur le refus de partenaires (éventuels) estimant que les gains n'étaient pas à la hauteur des engagements demandés » (Dupuy, 1992). Seules des sites pionniers, correspondant à presque toutes les communautés urbaines de France (Lille, Bordeaux, Lyon, Dunkerque) et à des communes de première importance comme Paris ou Marseille, développeront cette innovation.

Quoiqu'il en soit afin de « mieux connaître pour mieux gérer » ², quelques organismes se sont lancés dans l'aventure avec plus ou moins de bonheur. L'expérience tirée de ces projets pionniers s'avère difficilement transposable car elle est fondée sur des

1. « Collection d'informations sur une ville. Elle peut comprendre des informations géographiques (parcelles, détails topographiques...) mais aussi des informations alphanumériques (statistiques INSEE ou Direction Générale des Impôts) sans que les unes et les autres soient forcément rattachées. » (Pornon, 1992)

2. Informations Géographiques : des inventaires aux systèmes, STU, 1989.

besoins précis et à un moment donné du développement à la fois du projet et de la structure d'accueil.

Les effets de temporalité liés à cette innovation ont introduit des diversités importantes dans le paysage français. Cette diversité se détermine en fonction de la taille de la ville, de son statut administratif (Communauté Urbaine, Préfecture, ...), des partenaires impliqués dans le projet, de ses finalités et de sa date de mise en place. Des Banques de Données Localisées aux Systèmes d'Information Géographique Urbain (SIGU)¹ il y a eu une évolution de la prise en compte de l'espace urbain, de support passif, il devient localisant actif au travers duquel des applications diverses peuvent être instruites.

Une grande diversité s'est aussi fait sentir quant à la production de tels outils logiciels². Aux Etats-Unis, le développement des SIG – est lié à des recherches menées par des laboratoires universitaires (LCG Harvard Graduate School of Design³) sous l'impulsion de chercheurs de renom comme H. T. Fischer, W. Tobler, ..., en collaboration avec des organisations administratives (Census Bureau), ou industrielles comme ce fut le cas aussi au Canada pour la gestion des espaces forestiers⁴, ceci a induit des outils fondés sur la cartographie et l'analyse des relations spatiales entre les éléments étudiés. En Europe, les origines des produits correspondent plus « à des applications industrielles dans le domaine de la conception assistée par ordinateur » (Dupuy, 1992), en réponse à des préoccupations de gestion de plans et d'urbanisme réglementaire.

I. OBJECTIFS DES SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE URBAINS

La constitution de SIGU⁵, en France, semble à l'heure actuelle bénéficier d'une dynamique certaine. On peut cependant se deman-

1. Si toutes les données collectées sont explicitement rattachées à l'espace étudié, le terme de SIG est adéquat, si une part des données reste non localisée, le terme Banque de données urbaine est de mise. Le terme générique qui tend à s'imposer petit à petit, Système d'Information Géographique (SIG), permet par l'adjonction d'une nuance d'en préciser les finalités : Système d'Information Urbain (SIU), Système d'Information du Territoire (SIT), Système d'Information à Référence Spatiale (SIRS) au Canada...

2. Il serait très réducteur d'employer le terme « outil » pour le concept des « Systèmes d'Information Géographique ».

3. Laboratory for Computer Graphics

4. R. Tomlinson et IBM, créent vers 1960 un SIG pour établir un inventaire thématique à l'échelle du Canada.

5. Ce terme est employé ici pour plus de compréhension, mais il recouvre des expériences différentes allant de la base de données couplée avec des moyens cartographiques au SIG le plus sophistiqué.

der, à l'instar de J. M. Fournillier (1989), si ils ont atteint un stade de maturité suffisant pour être réellement considérés comme « opérationnels ». Ce terme cache en fait plusieurs niveaux de compréhension :

- il peut se rapporter à la satisfaction stricte des besoins exprimés (reproduction des plans, par exemple) sans qu'il soit envisagé un développement de l'usage de ceux-ci, par d'autres services ou pour un usage autre qu'interne ;

- il peut vouloir dire qu'une application peut être totalement opérationnelle, que toutes les données sont intégrées et que les procédures fourniront le ou les résultats escomptés pour un service particulier (gestion des permis de construire par exemple) ;

- enfin cela peut correspondre à une synergie entre les services et le Système d'Information, concrétisée par un usage constant des informations contenues dans le Système par tous les services ou presque (Gaubert, 1992) .

La fonctionnalité dépend bien entendu des objectifs définis au départ et des besoins relevés. Elle peut s'analyser selon des types de critères organisationnels et humains et des critères de performances et d'environnement technique. P. Boursier et H. Pornon développeront quelques uns de ces aspects. Quoiqu'il en soit il est évident que le démarrage d'une telle aventure nécessite une analyse suffisamment fine des objectifs poursuivis pour éviter tous risques d'enlisement ou d'échec.

Les objectifs poursuivis lors de la constitution d'un Système d'Information Géographique Urbain recouvrent en général les préoccupations de ceux qui ont la charge politique et/ou administrative de la ville, « connaître, gérer, prévoir ». Ces buts sont bien entendu relatifs à un ensemble de pratiques urbaines, dévolues à un ou plusieurs services qui peuvent, à leur tour, les résumer selon trois fonctions générales (Marchand, 1989) :

- Intégrer l'information¹ : l'accumuler pour pouvoir la retrouver aisément et rapidement, (mais pas nécessairement l'archiver).

- Traiter : tirer des informations collectées, les indications nécessaires à la réflexion et à l'analyse, faciliter des pronostics, tester des stratégies...

- Distribuer cette information entre les services créateurs et utilisateurs, en évitant redondance, mise à jour multiple, ...

Au-delà de cet aperçu très théorique, il semble que la principale fonction dévolue à l'heure actuelle aux SIGU se situe plus dans l'accumulation des données que dans leur utilisation à des fins prospectives.

1. Sous le terme intégrer il faut comprendre ici, collecter, et mettre sous une forme manipulable des données qui vont permettre de fournir de l'information.

Les trois étapes sont en effet plus ou moins liées, et il ne peut y avoir de passage vers la seconde que si suffisamment d'information est recueillie. Ceci explique la distinction perceptible à l'heure actuelle entre ces deux finalités - intégrer et traiter -. Elle peut se comprendre en analysant les types de démarches à l'œuvre dans les services territoriaux. La gestion du « quotidien » favorise une volonté d'optimisation des pratiques existantes, comme la gestion des plans par exemple. Dans ce cas de figure, l'accumulation des données, préalable à la constitution d'un SIGU, devient presque une fin en soi. Comme le soulignait A. Metton lors d'un colloque du CREPIF¹, les découpages statistiques et de travail sont nombreux à segmenter l'espace territorial d'une agglomération, de celui de l'INSEE, à celui des services d'entretien des espaces verts en passant par celui des secteurs postaux ou des cantons électoraux. L'acquisition des plans de référence spatiale correspondant prend souvent du temps, qu'elle soit faite en interne ou en régie et il n'est pas envisageable de traiter les données associées sans eux. D'autant plus que selon le type de projet retenu, les nécessités de précision influenceront cette étape².

Le traitement des informations, l'analyse de processus, la multiplication des scénarios, l'aide à la décision : tout ce qui caractérise le deuxième groupe de fonctions passe souvent au second plan des préoccupations ou est pris en charge (dans un premier temps) par des éléments extérieurs à la collectivité territoriale (agence d'urbanisme, d'aménagement, université...). Ceci semble correspondre à des temporalités inhérentes à tous processus d'innovation. Pour être d'usage courant, il convient d'en acquérir la maîtrise, pour être diffusée il faut que cette innovation soit comprise et voulue. Deux éléments interviennent alors, celui qui diffuse, qui fait reconnaître l'intérêt de cette innovation et celui qui réceptionne, qui conçoit qu'elle puisse répondre à ses attentes. Ce processus nécessite la présence concomitante de tous ces éléments, pour que l'innovation se propage au sein des différents services d'un même organisme³. Le terme de maturité suffisante relevé par Fournillier (1989) ne peut être considéré qu'à partir du moment où l'usage de différentes applications d'un SIGU est possible.

Le troisième groupe de fonctions met en évidence les relations organisationnelles et institutionnelles des organismes territoriaux :

– organisationnelles pour les flux internes entre services créateurs d'information et services usagers,

1. cité dans Dupuy, *op. cité*.

2. Il est clair que pour collecter des informations sur des réseaux la position des éléments doit être définie au centimètre près, alors que pour des opérations d'urbanisme le 1/2000° ou le 1/5000° suffira.

3. A Marseille, ce processus a mis environ 10 ans ! (Gaubert, ICOREM, 1992).

– institutionnelles pour les flux externes avec les partenaires usuels (cadastre, équipement...).

Ce groupe de fonctions ne dépend pour se mettre en place, que de l'intégration des données primaires, par contre pour distribuer des données secondaires issues d'études, de prospectives, il est nécessaire que les fonctions de deuxième groupe soient remplies.

Les dysfonctionnements, susceptibles d'entraver la réalisation des fonctions précisées ci-dessus, sont en général induits par l'inertie liée, d'une part aux pratiques héritées des différents services, à la méconnaissance des outils, des méthodes d'analyses et au manque de formation, et d'autre part à celles correspondant à des comportements propres aux « entreprises publiques, moins enclines à intégrer des méthodes nouvelles de planification, d'analyse, de simulation... » comme le souligne B. Marchand.

Il y a donc là deux niveaux de frein potentiel, le premier relatif à des comportements individuels face à un risque d'automatisation complète des tâches qui leur sont dévolues. Lors de la propagation de l'informatique dans les services ce genre de réticences¹ avait déjà été remarqué. La crainte de voir une remise en question de leur statut, voire un risque éventuel pour leur position, retarde l'appropriation de l'outil par l'individu.

Le second concerne l'organisme territorial, où une réticence est aussi identifiable lors de l'introduction d'innovations. Comme le fait remarquer Dupuy (1992) « contrairement à d'autres évolutions observées dans l'industrie, l'informatique n'a pas été perçue dans les mairies comme le cheval de bataille ou l'arme stratégique d'une nécessaire réorganisation ». Dans le cas des SIGU, la non prise en compte de l'enjeu stratégique peut s'expliquer par un choix de prudence face à tous risques de bouleversements et aussi par ce que l'on pourrait appeler une « non obligation de rendements », à la différence des entreprises. Ce dernier point est cependant en phase de transition, le citoyen-citoyen interpelle de plus en plus la collectivité, des engagements clairs lui sont demandés, pour le logement, les emplois, l'assainissement, l'expression libre des opinions, ... la performance est requise, à la collectivité de se doter des moyens de réponse et de proposition adéquats.

Dans ce décalage entre innovation et organisme territorial, il ne faut pas non plus oublier le poids du troisième groupe de fonctions, la distribution, la circulation de l'information ; cela implique une claire définition des schémas de circulation mais aussi du rôle des

1. L'appropriation de l'outil informatique s'est fait lentement en France et plus difficilement en Allemagne comme le souligne G. Dupuy (1992, p. 37), où « l'opposition syndicale des employés communaux a réussi à freiner l'informatisation en limitant pour chaque employé à quatre heures le nombre maximum d'heures quotidiennes de travail sur ordinateur ».

différents éléments du schéma, les services, les antennes, les organes para-municipaux..., or à tous les niveaux de la vie politique il semble qu'une transparence totale ne soit pas forcément de mise. Le pouvoir des élus, par rapport à des services jugés trop forts, ou trop indépendants, capables de se substituer à eux pour la prise de décision, risquerait d'être fragilisé par une telle situation.

L'appropriation de l'innovation a entraîné des situations de compétitivité entre services, bénéficiant déjà d'une expérience d'informatisation ou ayant des besoins spécifiques et précis ; aux Etats-Unis ce sont les services financiers des mairies (Dupuy, 1992) qui ont gagné ; en France dans de nombreux cas les services de gestion des plans. Selon le cas, en fonction de l'antériorité du projet et de la démarche suivie par le service qui en est le porteur (d'urbanisme, des plans ou autre), les inflexions finalisées pourront être tout à fait différentes :

- favorisant la précision et l'agrégation successive des échelles d'intervention des divers services, l'acquisition des références spatiales se fait au niveau le plus fin (1/200°-1/500°) ;
- favorisant des délais d'utilisation courts, les échelles d'acquisition sont multiples, selon les besoins des différents services, sans qu'il y ait forcément agrégation des éléments.

Bien entendu ceci joue sur les investissements consentis, la précision est un facteur multiplicatif des coûts qu'il faut prendre en compte dès le départ lors de l'analyse de la situation. Comme le précise C. Bouveyron (1992) « la précision requise est directement liée aux objectifs que l'on cherche à atteindre et dépendante de la nature des objets étudiés ». Cette notion des coûts représente souvent un handicap de plus à la diffusion de l'innovation, même si les nécessités imposées par la décentralisation (1982) en matière d'urbanisme et de planification urbaine et la diminution importante des prix des matériels et logiciels la rende plus accessible. Selon la taille des communes, l'existence et la qualité de fichiers numériques, l'intégration informatique, ..., les coûts varient entre 5 et 20 millions de francs.

L'effort financier étant, bien entendu, prolongé sur plusieurs années, il est absolument nécessaire de compter sur l'implication des instances décisionnelles sur le long terme, d'autant plus que la rentabilité d'une telle innovation est relativement délicate à chiffrer.

Il en découle des options très diversifiées pour l'élaboration d'un Système d'Information Géographique Urbain. Cependant de la petite commune à la grande agglomération, toutes ont à définir des stratégies prioritaires :

- en ce qui concerne le choix et la mise en place de l'information,
- son articulation au niveau des services et des partenaires

– les équipements (matériels et logiciels) choisis, notamment par rapport à l’environnement existant.

A ce niveau, différents schémas peuvent être appliqués, comme l’explique Henri Pornon dans son article. Il est clair que, dans un tel contexte définir les « informations nécessaires » à la gestion urbaine, s’avère relativement complexe. Ce d’autant plus, que le facteur humain sur lequel repose l’usage final des SIGU est sans conteste un des plus difficiles à cerner et à formaliser. Comme le soulignait J.J. Chevallier (1990) « nombre d’utilisateurs – (nd! les services) –, sont convaincus :

– que la documentation actuelle est la mieux adaptée aux besoins,

– que leur domaine est le plus important, donc que leur vision des choses doit primer sur les autres,

– que les informations qu’ils gèrent leur appartiennent en propre ».

Le pouvoir de celui qui croit en détenir un peu est protégé par :

– un refus du changement, même s’il est intéressant et surtout si cela risque de mettre en cause des compétences,

– une surestimation du domaine de compétence pour une affirmation de sa centralité afin qu’il n’y ait pas de risque d’écartement centrifuge de l’activité,

– une appropriation des éléments de compétence par affirmation du statut et refus de communication, afin d’éviter une parcellisation du savoir et peut-être du pouvoir.

2. LES INFORMATIONS À INTÉGRER DANS UN SIGU

Considérer les informations « utiles » à la gestion et à la planification urbaine revient à définir la forme atomique de celles-ci, forme qui sera intégrée (dans la machine) à des fins de manipulation.

Avant d’analyser quelles sont les informations nécessaires, il est peut-être important de rappeler que « l’information » naît d’une réflexion plus ou moins élaborée à partir de « données » et que la donnée est une forme structurée, manipulable et « codée » (chiffre, booléen, alphanumérique,...). Elle permet de réduire à l’essentiel l’information (désagrégation-décodage) et correspond aussi à la forme de base à partir de laquelle l’information est interprétée (réagrégation-recodage). Le lien entre information et donnée est une relation complexe, dans laquelle la finalité d’usage de l’information est primordiale. Les relevés de pluviomètres fournissent une information sur la pluviométrie, qui elle peut servir à la fois à élaborer des pronostics touristiques ou à gérer l’eau de ruissellement en milieu urbain.

La prise en compte de cette flexibilité de l'information est tout à fait intéressante car elle inclut une dimension primordiale dans l'intérêt des Systèmes d'Information Géographique, la multiplicité des usages. Cet aspect est d'autant plus important qu'il constitue un des éléments tangibles d'évaluation de la rentabilité d'un tel projet. En effet comme le soulignent C. de St Riquier et C. Ecobichon (1993), l'information est un bien particulier, qui ne s'altère pas à l'usage et dont la valeur croît avec la multiplication de son utilisation. Elle implique des comportements nouveaux, à savoir des échanges et une accélération de sa communication. De ce fait, elle induit aussi une certaine crispation des auteurs face à une perte de contrôle de l'information, faisant naître des mécanismes d'appropriation, de rétention d'information « alors qu'il ne devrait s'agir que d'une maîtrise des technologies et des savoir-faire » (Ecobichon, 1993).

Cela étant, la détermination des informations à intégrer dans un SIGU dépend bien entendu des objectifs du projet, la règle étant de considérer le plus possible la multiplicité des usages. L'utilité de l'information correspond plus aux attentes des usagers (services) qu'à une valeur intrinsèque de celle-ci.

Ainsi, les données « utiles » peuvent être identiques pour tous les services ou presque (données spatialisées : plans cadastraux, topographie, ...), mais leurs finalités seront, elles, différentes. Pour reprendre la distinction faite précédemment, les informations nécessaires entrent dans le cadre des fonctions de traitement, elles peuvent être définies selon un niveau d'abstraction plus ou moins élevé, un modèle de données plus ou moins sophistiqué. Si deux services, celui des pompiers et de l'urbanisme par exemple, ont au départ un même besoin de données spatialisées, il y a de fortes chances pour que la richesse des informations primaires, contenues sur une planche topographique par exemple, ne les concerne que partiellement l'un et l'autre. Les finalités de nature très différentes : recherche du plus court trajet en cas d'incendie ou scénario d'évacuation pour l'un et état des lieux pour la mise en place d'une ZAC¹ ou détermination d'alignement pour l'autre vont avoir comme conséquence la prise en compte relative de certains éléments du fond de plan.

Cette évidence peut résumer les difficultés que rencontrent certaines collectivités dans la constitution de leur Système d'Information Géographique Urbain.

Que choisir comme document de base ? Quelles données acquérir, avec quelles caractéristiques d'échelle, de précision, selon quelle définition sémantique ? Où se procurer les données spatiales ? Comment les créer au sein de l'organisation même ?

1. Zone d'Activité Concertée.

Comme le démontreront les articles de cet ouvrage, ce genre de problèmes ne se pose pas tout à fait de la même façon dans les pays en voie de développement. Très souvent l'information « utile » manque ou est incomplète et la nécessité d'une connaissance dans des laps de temps courts conduit à faire au mieux avec ce qui est disponible et/ou pouvant être acquis rapidement au moindre coût.

3. LA DIFFUSION DES SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE URBAINS EN FRANCE

La réalisation d'un projet de SIGU peut, selon le cas, s'étaler sur des périodes très longues et nécessiter des investissements en hommes et en moyens très importants ; il se trouve que la plupart des villes françaises étudiées sont confrontées à la phase de constitution de la base, sans avoir apparemment des objectifs clairs sur les finalités prospectives auxquelles le système sera amené à répondre.

L'historicité des besoins au niveau des pratiques habituelles influence en général la démarche d'acquisition des données. Ainsi pour la majorité des villes, la nécessité d'avoir une information spatiale, de mise à jour récente, fiable pour tous les services et partenaires extérieurs est primordiale. Cette référence unique est devenue au fil des ans une nécessité cruciale en termes de gestion spatiale, surtout depuis la loi de décentralisation de 1982. Il est certain que pour les services territoriaux impliqués journallement dans des études d'autorisation de construction ou des opérations d'urbanisme, la production d'information spatialisée (service des Plans), la nécessité des SIGU est évidente.

Comme le souligne J.M. Fournillier plusieurs démarches se sont développées entre 1980 et 1990, allant de la cartographie de plan de corps de rues au 1/200^e (un outil de cartographie automatique) où seuls les services Informatique et des Plans étaient concernés, pour aboutir à une réalisation commune entre tous les services (un système de gestion de données spatialisées). Il est intéressant de noter que les SIGU récents sont plus tournés vers des finalités prospectives, projet urbain pour Sélestat, base de données micro-géographique pour l'aménagement au Havre, que ceux qui ont débuté dans les années 70.

Chaque « ville » est un cas d'espèce, de part ses particularités territoriales (localisation, site), son histoire, ses choix antérieurs en matière de gestion de l'information ou de fonctionnement, ses instances décisionnelles, aussi est-il très délicat de définir une typologie des villes selon ce critère.

Et ce d'autant plus que les sources disponibles, pour se faire une idée correcte de la réalité dans ce domaine, sont dispersées et

difficile à valider. En effet, entre une gestion urbaine réellement basée sur cet outil innovateur, une plaquette de présentation ou une suite de bonnes intentions, la marge de manœuvre, pour juger du stade d'élaboration du projet est souvent très difficile à maîtriser. De plus, il ne s'agit pas là du seul écueil lié aux sources, la nécessité d'une terminologie fine pour mettre en place une trame facilitant la comparaison entre les projets s'avère tout aussi délicate.

Cette approche a pour but de définir le plus précisément possible l'information jugée nécessaire à la constitution d'un Système d'Information Géographique Urbain à partir de l'expérience de quelques villes françaises (environ une quarantaine)¹. Il semble que les besoins de la majorité des villes étudiées s'articulent autour de la gestion de l'espace et des réseaux. Ceci d'autant plus que, dans la majeure partie des cas, l'amorce de la réalisation a été incitée par les services techniques des villes et le plus souvent par les services s'occupant de la production de plans. Les éléments retenus se concentrent donc autour des plans et des informations spatiales liées au territoire (topographie, planimétrie, altimétrie, plan cadastral).

Si les besoins ne sont pas les mêmes partout, il se dégage cependant deux grandes familles de données spatialisées jugées indispensables :

- les données cadastrales en général au 1/1000^e, et
- les données topographiques à une échelle plus fine 1/200^e et 1/500^e.

Il en découle deux partenariats éventuels, la Direction Générale des Impôts et l'Institut Géographique National. Ces aspects institutionnels seront repris dans d'autres articles. Il est important de souligner qu'une nécessité de cohérence entre les niveaux de décision du local au national est souhaitable afin qu'une cohérence et une cohésion voit le jour, ceci afin d'éviter quelques difficultés de mise en place des projets par rapport aux services décentralisés de l'Etat.

En France, dès 1989, P. Pijourlet évoquant l'utilité économique et sociale de l'information cadastrale précisait que « si le plan cadastral a un rôle essentiel à jouer au sein des SIGU, une adéquation entre les investissements d'acquisition et de mise à jour à faire, par l'Etat et les collectivités locales devrait être trouvé ». Cette réflexion est reprise par M. Didier (1993) à un niveau plus général, lorsqu'il note que « certaines administrations nationales ont conscience des enjeux (liés à l'information géographique), elles cherchent à déporter le plus possible les coûts sur les collectivités locales, qui jouent alors un jeu analogue vis-à-vis des concessionnaires de réseau ».

1. D'après Dupuy (1992) environ 50% des villes de plus de 100 000 habitants ont une application SIG installée ou en cours.

L'analyse des objectifs et de l'utilisation des SIGU des villes étudiées ouvre sur des réflexions intéressantes.

– Parmi les objectifs discernables, peu de descriptions précises concernant l'aide à la décision ou l'établissement de scénarios prospectifs sont présentés.

Dans une grande majorité les préoccupations tournent autour de la conception et la gestion des plans, en vue d'une actualisation, d'une mise en cohérence, de la constitution d'une base de référence spatiale pour l'ensemble des services. Les réseaux souterrains et vaires constituent un deuxième noyau d'objectifs, auquel s'ajoutent les problèmes de gestion de la circulation et d'analyse des accidents. Enfin l'urbanisme et le foncier concentrent les autres considérations, des actes administratifs liés aux mutations du tissu, à la gestion du droit des sols, à l'établissement des différentes procédures, Plan d'Occupation des Sols, Schéma Directeur d'Aménagement, Plan Vert,... Quelques souhaits d'utilisation croisée avec les données du recensement de la population INSEE ou des fichiers propres aux collectivités (logements sociaux, centres socio-médicaux, ...) et d'utilisation éventuelle de la télédétection ou de photographies sont énoncés. Des réalisations de cartographie thématique après analyses statistiques sont prévues, voire d'Atlas du patrimoine archéologique (Marseille) mais ceci reste minoritaire par rapport à la production de plans.

L'analyse des démarches, des données et de l'environnement choisi, donne quelques indications sur les choix des collectivités :

– La plupart des collectivités, communautés urbaines ou districts qui se sont tournées vers les SIGU, ont une taille supérieure ou avoisinant les 100 000 habitants (ce qui n'empêche pas les petites communes de se lancer dans l'aventure). L'ancienneté du projet (années 1970) caractérise les collectivités importantes en nombre d'habitants et ayant une grande surface à gérer : Lyon, Lille, Marseille, Strasbourg, Grenoble..., ce sont elles, en général, qui élargissent le champ d'utilisation des SIGU vers des applications plus thématiques

– Les démarches de mise en place du projet ne sont pas très explicitées. Peu de communes font état d'une analyse d'opportunité ou de faisabilité. Par contre, il se dégage une réflexion pour l'analyse des besoins menée par un groupe d'individus ou un service. Quelques collectivités font état d'une démarche progressive (Grenoble, St Nazaire) permettant une évolution coordonnée du projet. Enfin quelques-unes notent une refonte du schéma directeur d'informatisation : Metz, Lyon, Montpellier, Strasbourg.

– La prééminence des données cadastrales, topographiques dans un système de référence unique, planimétriques (Lambert) et altimétriques, consolide la nécessité de disposer d'un réseau de

points d'appui de bonne qualité. L'intégration des données de réseaux et de voiries est requise dans tous les cas selon des approches diverses, en partenariat comme à Strasbourg et Dunkerque ou de manière isolée. Les données cadastrales, comme cela a été évoqué ci-dessus, sont l'objet de convention de partenariat avec le Direction Générale des Finances.

– On constate une relative variété dans les choix informatiques de ces collectivités, allant du micro-ordinateur sans précision de logiciel pour certains à des investissements plus conséquents liant logiciels et machines. Il ne faut pas oublier qu'étant donné l'investissement nécessaire, les choix de matériels et logiciels se font souvent sur la base d'une cohérence avec l'existant, même si les coûts à l'heure actuelle sont plus accessibles qu'il y a quelques années.

Un des problèmes que pose cette innovation concerne l'impact qu'elle peut avoir sur l'organisation interne des collectivités : impact sur les métiers et les relations entre services, mais aussi impact sur les individus, et leur évolution professionnelle. Ainsi faut-il prendre en considération les répercussions que le SIGU peut avoir sur l'emploi, dans nombre de cas, l'automatisation de la production de plans a amené à réduire le nombre de postes, et surtout à requalifier les profils et les statuts des agents concernés. On assiste à une mutation des emplois de même type, que lors de l'informatisation des collectivités, où celle-ci fait plus et mieux mais pas nécessairement plus vite et avec moins de personnel ! Les individus quant à eux doivent pouvoir accéder à des plans de formation qui leur permettent d'élargir leur champ de compétence, et ainsi de se positionner par rapport aux évolutions des tâches. Dans certaines études a été signalé l'effet négatif que peut avoir une impression de « robotisation » des tâches, ce qui induit souvent une déresponsabilisation, « la gestion d'une équipe est un élément crucial, il faut favoriser l'évolution des carrières et des salaires tout en évitant les travaux démotivants car trop répétitifs » (Gaubert, 1992).

Il s'agit là d'un point très important, car la pérennité d'un projet de Système d'Information Géographique Urbain est liée à la formation ou au moins la sensibilisation des personnels qui vont en assurer l'utilisation.

Le rôle des cadres voire des décideurs est à définir aussi, car la communication des informations passent par eux. Plus une certaine maîtrise au moins conceptuelle de l'outil sera acquise, plus les échanges seront facilités, et plus les attentes trouveront des réponses.

Or parmi les villes étudiées, quelques-unes seulement semblent avoir mis sur pied un comité de pilotage mêlant décideurs, administratifs et personnel technique épaulé parfois par des bureaux d'étude. Ceci est pourtant un moyen intéressant pour intégrer l'outil

à la structure même, pour appréhender les métiers de chacun et les interrelations existantes au sein de la collectivité et faire ressortir « les interdépendances cachées jusque là par un cloisonnement bien compris des services » (Rouet, 1992).

CONCLUSION

Si le SIGU « doit remplir une fonction totalement nouvelle » selon M. Visteaux (1987), « servir d'appui à l'activité de décision des administrations publiques » il est encore trop tôt pour considérer que c'est le cas dans toutes les villes françaises équipées.

Comme le soulignait J. M. Fournillier en 1989, il faut encore constater la relative jeunesse des Systèmes d'Information Géographique Urbains en France. Si certaines collectivités sont actuellement pionnières et détentrices d'une longue expérience, il n'en est pas moins vrai que la majorité d'entre elles est encore dans une phase de balbutiements ou de démarrage. Le Conseil National de l'Information Géographique (CNIG)¹ a entrepris, depuis 1993, la constitution d'une base de données sur les expériences de SIG en France, ceci devrait permettre de définir le paysage SIG sur le territoire et en fournir les caractéristiques. Les informations recueillies seront à la disposition de toute collectivité ayant besoin de renseignements.

Parler de « culture liée aux systèmes d'information spatialisée » est, à ce titre, encore totalement illusoire. L'introduction de nouveaux outils nécessite une remise en question des pratiques et une réflexion sur l'évolution des interventions de chaque utilisateur, encore faut-il que la formalisation de la demande soit elle aussi adaptée à ces nouveaux concepts.

1. Weber C (1993).

III

DE LA GESTION À L'ANALYSE DES VILLES : UN PANORAMA DES SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE URBAINS

Thierry JOLIVEAU

Les premières tentatives pour construire à l'aide de la technologie informatique des outils de connaissance sur les villes datent des années 70. Initialement réservés aux grandes agglomérations françaises, ces outils se sont diffusés depuis une décennie dans la plupart des villes. On a souvent tendance à rassembler sous une même étiquette, d'ailleurs fluctuante (banques de données urbaines, observatoires urbains, ...) des systèmes qui répondent en fait à des objectifs et offrent des fonctionnalités dissemblables. Trois grandes logiques nous semblent pouvoir sous-tendre la construction de Systèmes d'Information Géographique Urbain : l'administration des services urbains, la constitution d'observatoires urbains et l'analyse urbaine. Les outils produits dans ces trois logiques sont bien entendu complémentaires mais leur coexistence n'est pas toujours aisée. C'est pourquoi nous proposons, à l'attention des décideurs et des urbanistes confrontés au choix d'un système d'information pour leur ville, une réflexion sur les synergies, les contradictions et les divergences qui peuvent se nouer à l'occasion de projets aux logiques si diverses.

1. LES BANQUES DE DONNÉES URBAINES (BDU) : DES OUTILS ESSENTIELLEMENT ORIENTÉS VERS LA GESTION DES SERVICES URBAINS

A l'origine des premières réflexions françaises sur les BDU on trouve paradoxalement les services de l'Etat. A cause du coût important et de la difficulté à rassembler les divers opérateurs susceptibles d'y participer, les projets sont rares et longs à se concrétiser. La plupart achoppent d'ailleurs faute d'un acteur susceptible de coordonner l'ensemble des partenaires (Dupuy, 1992). Seules quelques grandes villes (Paris, Marseille, Lille, ...) se lancent dès cette époque dans des réalisations avec des réussites diverses. L'avènement de la décentralisation, qui donne aux maires un pouvoir important sur leur territoire, la baisse du coût des logiciels et des matériels ainsi que les innovations techniques changent progressivement les paramètres de la décision au cours des années quatre-vingts. Les villes moyennes et même petites s'intéressent alors à de tels systèmes et les projets anciens connaissent de nouveaux départs ou des réorientations importantes. Si chaque BDU a ses spécificités et son histoire particulière, irréductibles à une analyse d'ensemble, il nous semble possible de proposer une reconstruction simplifiée des logiques à l'œuvre dans la construction des Banques de Données Urbaines en France ¹.

Au départ, les BDU naissent dans les services techniques des villes confrontés à la mise à jour des plans à grande échelle nécessaires aux travaux à réaliser sur le terrain. La plupart du temps cohabitent des plans aux origines, aux échelles et aux niveaux d'actualisation divers, que les services reprennent et corrigent, agrandissent ou réduisent, en fonction des besoins. En constituant une BDU, l'objectif des responsables locaux est d'informatiser les tâches techniques répétitives de gestion et de manipulation des fonds de plans. On commence par réaliser un plan numérique à grande échelle, qu'il s'agisse d'un plan topométrique ou du plan cadastral numérisé. Celui-ci est de toute façon nécessaire car les limites des parcelles foncières sont utiles à la plupart des services. La BDU est donc souvent au départ un système de production de plans numériques, mis à jour et fournis à la

1. Cette analyse s'appuie sur la bibliographie disponible et une série d'entretiens avec des responsables des services techniques de deux BDU dans un état d'avancement très différents: celles de la Ville de Saint-Etienne et de la Communauté Urbaine de Lyon. Merci à M. Pijourlet et à Mme Fougère de la Courly, à M. Brugières et à ses collaborateurs de la ville de Saint-Etienne, d'avoir bien voulu répondre à nos questions. L'exposé présenté ici ne se veut pas une étude exhaustive, détaillée et fidèle de ces systèmes et n'engage que son auteur. Une présentation rapide de l'expérience de la Courly peut être trouvée dans Didier (1990).

demande sur support papier dans un mode de présentation formalisé.

La BDU a aussi pour objectif de constituer un système numérique de référence spatiale commun à tous les services. Il s'agit de créer et de tenir à jour un répertoire géographique de toutes les entités localisées utilisées par les différents services et auxquelles ceux-ci devront rattacher leurs propres informations. Ces entités de référence peuvent être les sections, parcelles et bâtiments cadastraux, les voies, les adresses postales, les bâtiments publics, etc. Si des informations localisées spécifiques à certains services sont à intégrer, elles doivent être positionnées en cohérence avec le système commun. Cette localisation peut être absolue – en coordonnées (x, y, z) – ou relatives – par mesures de distances à des références localisantes : on peut situer une bouche d'égout par ses distances à trois coins de bâtiments par exemple. La BDU n'est pas un système monolithique. Les applications spécifiques sont indépendantes et le plus souvent développées par chaque service, sous le contrôle du service en charge du noyau commun, qui vérifie que les croisements d'information restent possibles. Par exemple il peut être nécessaire de connaître le statut foncier de la parcelle jouxtant un tronçon du réseau d'assainissement sur lequel est programmée une intervention.

Les applications les plus courantes concernent la gestion des différents réseaux (voirie, eau, assainissement ou éclairage). Les services spécialisés intègrent alors les objets pertinents pour leurs travaux : réseaux et regards pour l'assainissement, câblages, candélabres, ampoules, etc., pour l'éclairage public. Les données associées sont le plus souvent liées à des opérations techniques : caractéristiques et état de fonctionnement, normes d'interventions... On développe souvent aussi des applications de gestion du droit des sols. Le plan numérique est alors utilisé pour l'instruction des permis de construire, en localisant ces derniers par l'intermédiaire de l'identifiant de la parcelle concernée ou en numérisant directement l'emprise du projet. Si le plan d'occupation des sols est numérisé, le système permet de connaître rapidement la réglementation qui s'applique à un permis de construire, les servitudes auxquelles il est soumis, etc. Les applications possibles sont innombrables : organisation des secours, gestion des plans de circulation ou de transports. Les données foncières sont aussi enrichies pour gérer le patrimoine de la collectivité ou suivre les mutations foncières, etc.

Les références localisantes de la BDU sont toujours décrites à très grande échelle et déterminent la précision de la localisation des données nécessaires à la gestion des services. Beaucoup d'applications s'appuient sur des plans topométriques exhaustifs à grande échelle au 1/200. D'autres se contentent comme plan de référence du cadastre au 1/500. La constitution du système de référence est

donc une tâche énorme et très coûteuse et les premières années les systèmes ne produisent guère d'application réellement opérationnelle. Les villes petites et moyennes hésitent souvent à la constitution de fonds de plan numériques aussi précis dont le maintien leur semble incompatible avec leur budget. Ainsi le SIG de Saint-Nazaire s'appuie sur des plans topométriques au 1/200 « allégés » et Fréjus (40 000 habitants) travaille – mis à part le cadastre – avec des fonds au 1/1000 (Didier et Bouveyron, 1993). Il y a plusieurs raisons à cette forte précision spatiale des BDU. D'abord c'est dans la gestion des plans à grande échelle que les gisements de productivité sont les plus importants. La nécessité de maintenir la cohérence des localisations va aussi dans le même sens. Pour éviter qu'un même objet ait deux descriptions géographiques différentes dans la base, on l'intégrera à la plus grande échelle. Ainsi la description spatiale d'un îlot se fera par la sélection une à une des limites des parcelles cadastrales qui le constituent. Cela permettra de conserver la cohérence des localisations et la superposition exacte des parcelles et des îlots. Même si un service donné a besoin d'une information à une échelle moyenne, il y aura toujours un autre service qui devra en disposer à plus grande échelle. Dans beaucoup de cas les responsables des systèmes doivent d'ailleurs brider les utilisateurs dans leurs applications et les empêcher de décrire leurs objets avec un niveau de détail et de précision toujours plus fin.

Les données dans les BDU sont donc essentiellement topographiques, foncières, techniques ou liées au droit des sols. Elles sont acquises et mises à jour dans le cadre des tâches répétitives de gestion. Les BDU ont essentiellement pour objectif de numériser et de mettre à jour l'information papier *déjà existante* nécessaire à l'administration des services urbains.

2. UNE ÉVOLUTION RÉCENTE DES BDU : LA CRÉATION D'OBSERVATOIRES THÉMATIQUES

La plupart des BDU intègrent à l'îlot des données issues des recensements de la population, telles que les caractéristiques socio-démographiques des individus ou les descriptifs des logements. Cette intégration se fait souvent dans un second temps ; c'est rarement la finalité première de la base. L'expérience parisienne constitue à cet égard une exception. Le Système d'Information sur les Parcelles de la Ville de Paris est très largement postérieur à la BDU constituée dès 1969 par îlot (Apur, 1991). Encore cette BDU est-elle spécifique puisqu'elle couvre la région urbaine de Paris et même la région Ile-de-France dans son ensemble. Ces données par îlots ne relèvent pas d'une application précise dans les BDU. Non

produites par les services techniques, elles ne sont pas utilisées dans la gestion quotidienne. Mises à jour selon une périodicité faible, elles apparaissent souvent comme un peu marginales dans le système. Elles trouvent leur utilité principalement dans le domaine de la programmation et de la planification. Elles offrent en effet une vision d'ensemble de l'espace urbain, une représentation générale des dynamiques démographiques, des profils sociaux et de l'état général des logements par quartier ou sous-secteurs. Elles manifestent la tendance des BDU à se tourner vers l'extérieur, à intégrer des données externes à la gestion au jour le jour des services techniques, dans une perspective de suivi de phénomènes qui interfèrent avec les tactiques ou les stratégies municipales.

Cette tendance est accentuée par la systématisation récente de nouvelles applications, significativement appelées des *observatoires*. A la Communauté Urbaine de Lyon fonctionne ainsi un *observatoire immobilier* explicitement défini, par opposition aux applications traditionnelles de la BDU, comme un outil de connaissance, avec une mission stratégique de définition et de mise en œuvre de politiques. Cet observatoire est né du constat d'erreurs, en période de ralentissement de l'activité, dans la programmation d'opérations d'urbanisme publique telles que les Zones d'Aménagement Concertées (ZAC). Ces erreurs s'expliquaient par une méconnaissance du marché immobilier et des programmes immobiliers privés en cours. L'objectif était donc de mieux intégrer l'activité privée en disposant d'une information sur les programmes commercialisés de logements et bureaux neufs. Une convention passée avec les associations de professionnels permet à la Communauté Urbaine de disposer des caractéristiques, des volumes et des prix des programmes commercialisés. Ces données, ainsi que celles issues d'autres sources externes, sont intégrées dans le système par l'intermédiaire des permis de construire. Aux permis concernant les logements ou les bureaux neufs on associe des informations de commercialisation gérées par l'observatoire. L'objectif est de disposer d'informations pertinentes et complètes pour élaborer une politique immobilière, mais aussi de réduire le budget consacré aux études, en les ciblant mieux et en facilitant l'évaluation des résultats et des propositions d'actions des bureaux d'études qui les conduisent. A Saint-Etienne, un observatoire immobilier du même type est en projet.

Les observatoires développés dans le cadre des BDU partagent les caractéristiques générales des autres applications. Les données de l'observatoire immobilier de la Communauté Urbaine de Lyon sont raccordées aux parcelles cadastrales. L'observation se fait au niveau le plus local – la visualisation des principaux programmes immobiliers d'un îlot donné – comme le plus global – la représentation de l'évolution du marché immobilier dans l'agglomération au

moyen d'une agrégation des programmes par quartier. Les problèmes conceptuels et juridiques posés par l'observatoire ne sont pas vraiment différents des applications internes. Ils sont simplement exacerbés par la nécessité d'intégrer les logiques de partenaires extérieurs. Ainsi les exigences de confidentialité sont-elles renforcées. L'évaluation de la validité et de la pertinence des données externes à intégrer est souvent difficile. Le projet d'observatoire d'écologie urbaine de la Communauté Urbaine de Lyon, en phase de définition conceptuelle, est un bon exemple des problèmes complexes qui se posent. Le développement d'un observatoire à partir d'une BDU oblige souvent à modifier certaines applications de gestion. Des catégories peu pertinentes pour l'instruction d'un permis de construire (comme le type de logements prévus) peut s'avérer indispensable à un observatoire immobilier. Les données associées à la maintenance d'un réseau d'assainissement doivent faire l'objet d'une nouvelle conceptualisation, voire d'une nouvelle description, pour permettre de mesurer des impacts potentiels sur l'environnement.

Les observatoires développés dans le cadre des BDU sont des outils de connaissance externe, qui doivent répondre à des objectifs dépassant la responsabilité propre du gestionnaire du territoire. Ils constituent une tentative de mobiliser *une information qui n'existe pas encore* dans le système d'information traditionnel du gestionnaire, et de la rendre compatible avec l'information interne. A ce titre, les observatoires sont des outils de prise en compte du contexte, de l'environnement de la gestion municipale. Ils constituent une tendance lourde des Systèmes d'Information Géographique Urbains. On assiste en effet à la multiplication des observatoires dans les domaines les plus divers : observatoires fonciers, de la santé, de l'environnement...

3. UNE PANOPLIE VARIÉE D'OUTILS DE CONNAISSANCE ET D'ANALYSES GLOBALES DE LA VILLE

Nombre de systèmes conçus ou réalisés depuis le milieu des années quatre-vingts se sont attelés à la production de nouvelles connaissances sur la ville. Alors que les BDU sont toujours mises en œuvre par les responsables des collectivités locales, des partenaires très variés portent ces systèmes : agences d'urbanisme ou structures ad hoc, associées parfois à des équipes d'universitaires, ce qui est une originalité par rapport aux BDU. Il existe de multiples exemples, dont certains sont exposés de manière approfondie dans cet ouvrage. Nous rendrons compte ici d'expériences exemplaires dans leurs différences mêmes.

Le système développé à l'Institut d'Aménagement et d'Urba-

nisme de la région Ile-de-France (Ballut et Lecoin, 1992) fournit une information inédite sur les dynamiques de transformation de l'usage du sol dans la région Ile-de-France. Le Mode d'Occupation du Sol (MOS) mis en place dès 1973 est un inventaire de l'occupation du sol fondé sur un découpage en zones homogènes d'occupation du sol obtenu après photo-interprétation et consultation de fichiers administratifs et reporté sur un fond au 1/5000. Mis à jour régulièrement (1982, 1987, 1990) avec une légende toujours plus précise (130 postes en 1990), c'est une source de connaissance systématique et régulière sur l'occupation du sol, complémentaire des recensements socio-économiques. Au départ système de cartographie des états et des évolutions de l'occupation du sol et outil de mesure de la consommation d'espace, le MOS trouve tout son intérêt dans les croisements avec d'autres données. Il permet par exemple de calculer précisément le nombre d'habitants concernés par un projet urbain en superposant le MOS aux données du recensement par îlot, et en affectant la population exclusivement aux zones bâties.

La base de données micro-géographique du Havre, telle que Lévêque (1990) la présente, constitue une expérience très complémentaire. Elle a aussi pour objectif de pallier les lacunes de la statistique urbaine en fournissant de manière régulière et spatialisée des informations sur la mobilité de la population, le mouvement naturel et l'évolution du parc de logements. La méthode consiste à produire des informations par îlots et quartiers en agrégeant les données issues de fichiers administratifs, grâce à une table de passage entre l'adresse et la façade de l'îlot. Ce système permet de produire des informations nouvelles et récentes sur les dynamiques en cours, de valider des hypothèses sur le développement urbain, de repérer des tendances passées, d'établir des projections à moyen terme en matière de fréquentation scolaire par exemple ou de simuler le marché du logement. Ce système a donné lieu à la production d'un atlas du Havre et de sa région (Vigouroux, 1994). Plusieurs autres systèmes ont été développés, du type atlas informatisé, qui prennent le plus souvent pour objet de référence l'îlot, auquel on rapporte directement des données d'origines diverses pour en faire une analyse transversale et spatialisée. Un des plus complets est certainement celui issu d'une recherche pilotée par l'ORSTOM à Quito, qui a abouti lui aussi à la production d'un atlas (Antier, 1993).

L'approche proposée pour Rouen par les géographes de l'université de cette ville (Lajoie, 1992) est encore différente. Un système fondé sur une partition de l'espace urbain en îlots ou quartiers possède en effet un défaut rédhibitoire. L'analyse spatiale risque d'être biaisée par les grandes hétérogénéités de forme et de taille des unités de référence. C'est pourquoi l'équipe propose un sys-

tème par carroyage de 10 000 cases de 250 mètres de côté auxquelles on rattache les différentes données, par attribution directe, désagrégation d'unités plus vastes (commune, îlots, ...), ou création d'une table de passage adresse/carroyage. Un tel système est ce qu'on peut imaginer de plus éloigné d'une BDU, car le gestionnaire perd avec le carroyage la représentation de ses objets habituels de gestion pour ne plus disposer que d'un damier régulier où des nuances de gris soulignent l'intensité d'un phénomène. Ce système offre en échange des capacités très poussées d'analyse spatiale de l'espace urbain et permet de jouer beaucoup plus facilement avec les changements d'échelle.

4. LE PARI FUTUR DES SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE URBAINS : CONCILIER LA GESTION ET L'ANALYSE

Au niveau conceptuel, on peut distinguer deux grandes familles de Systèmes d'Information Géographique Urbains (Joliveau, 1991). La première, tournée principalement vers l'administration des services urbains, mobilise des données à grande échelle décrivant des objets souvent concrets, selon des procédures dont la rationalité est essentiellement juridique, réglementaire ou technique. Les fonctions prioritaires de ces systèmes sont la saisie, le stockage et la restitution des données. La deuxième famille privilégie l'analyse de l'espace urbain et la production de nouvelles connaissances sur la ville. Les objets gérés sont plus abstraits, saisis à des échelles souvent plus petites et renvoient à des champs d'expertise plus large. Surtout, ils prennent sens dans leur disposition spatiale les uns relativement aux autres et non en fonction d'une procédure formalisée et routinière de gestion. Les outils nécessités par ces systèmes sont plus diversifiés ; ils intègrent des fonctions d'analyse spatiale et de modélisation ; ils doivent être couplés avec des outils statistiques et orientés vers la communication, de manière à jouer facilement avec la sémiologie graphique. Cette distinction reflète la différenciation fondamentale entre les catégories du *faire* et du *savoir*, entre la planification et la gestion, entre l'urbanisme prévisionnel et l'urbanisme opérationnel. Mais on peut penser que, dans le domaine des systèmes d'information, cette opposition, tout comme celle que font les anglo-saxons entre LIS (*Land Information Systems*) et GIS (*Geographical Information System*), est pour une large part historique et en voie de dépassement. En fait les frontières entre ces deux types de systèmes ne sont pas étanches. Un système de gestion ne peut fonctionner sans un système de pilotage, fondé sur une approche plus globale du réel. Un système de connaissance et d'analyse sans prise en compte des contraintes de gestion perd sa

crédibilité. Le développement des observatoires dans les BDU est un signe très clair de cette évolution. Le plus important est donc de penser l'articulation entre les deux fonctions, de comprendre comment des systèmes fondés sur des objectifs et des méthodologies différents peuvent dialoguer.

Les BDU constituent bien entendu une base précieuse pour développer des outils d'analyse. Mais on peut penser qu'il faudra encore du temps avant qu'elles puissent être utilisables dans une approche de prévision, de programmation, voire de planification. On peut penser aussi qu'il ne s'agira pas d'une évolution naturelle, mais d'un travail de reconfiguration et que leurs responsables se heurteront sur ce chemin à de nombreuses difficultés. Ainsi il n'est pas facile actuellement avec une BDU de produire des documents de synthèse à petite échelle. Combien d'utilisateurs se sont vus refuser par les administrateurs de la base des cartographies au 1/5000 parce que le phénomène, saisi sur des documents de référence au 1/500, n'était plus visualisable, à cause de points trop nombreux, de lignes au tracé trop complexe ou de polygones trop petits ! Certes des outils de généralisation existent, mais qui nécessitent du temps et des compétences souvent employés à des tâches prioritaires de gestion à grande échelle. De plus le changement d'échelle n'est pas une opération technique mais conceptuelle, qui demande une réflexion sur la validité des agrégations ou des algorithmes employés et une évaluation des résultats obtenus. Par ailleurs le volume des bases de données géographiques nécessite la mobilisation d'outils logiciels très puissants et fiables, mais peu conviviaux. Les accès aux données se font selon des formes fixées à priori ou dans le cadre d'applications routinières. Les interrogations spécifiques sont à réaliser par l'intermédiaire de requêtes dont seuls les spécialistes peuvent maîtriser la syntaxe. Il n'y a pas de place pour les interrogations occasionnelles et originales du thématicien. Le développement d'outils simples et conviviaux constitue bien le défi de demain des SIGU (Gaubert, 1993). Mais est-ce seulement une question d'outil ? Une BDU n'est pas ou n'est plus une collection de données la plus complète possible, dans laquelle les différents utilisateurs puisent indifféremment en fonction de leurs besoins. Les BDU sont des *systèmes d'information*, des ensembles complexes et organisés qui rassemblent non seulement des données mais aussi des procédures formalisées d'actualisation et d'interrogation, des outils informatiques souvent compliqués à mettre en œuvre, des règles d'organisation et de décision, des équipes d'individus concrets travaillant dans des structures institutionnelles bien déterminées. L'évolution dans les intitulés est d'ailleurs significative : le terme de BDU est de plus en plus abandonné au profit d'intitulés centrés sur la notion de système (Système d'information sur les Parcelles, Système Urbain de Référence, Système d'Infor-

mation Urbain, ...). Or dans ces systèmes complexes, l'intégration de nouvelles fonctions pose des problèmes multiples d'ordre politique, technique ou institutionnel. Le maintien de la cohérence de la base de données, les exigences de confidentialité, les rationalités propres aux diverses approches techniques de la ville, toujours plus spécialisées, rendent souvent difficiles les analyses transversales, qui constituent pourtant la raison d'être de tels systèmes.

L'intégration de systèmes fondés sur des rationalités différentes est donc problématique. Le risque existe de voir cohabiter deux systèmes autistes, occasionnant des gaspillages et des double-emplois. Comment articuler, comme c'est le cas à Saint-Etienne, une carte écologique numérique tirée de traitement d'images SPOT, dont la précision sera proche du 1/25000 et une BDU en démarrage au 1/500° ? Les outils d'analyse, déconnectés des impératifs de gestion quotidienne, risquent d'être les premiers sacrifiés en cas de remise en cause des crédits. Tout dépendra des arbitrages effectués au niveau politique entre les vieilles tendances antagonistes de la planification et de la gestion. La situation risque d'être encore plus difficile quand ce sont deux institutions différentes qui se partagent ces fonctions : les services techniques d'une ville et l'agence d'urbanisme d'une agglomération par exemple. Alors que les BDU sont innombrables, les systèmes d'information créés pour élaborer et suivre les schémas d'agglomérations des grandes villes françaises sont rares. Il est d'ailleurs significatif de constater que le système de l'IAURIF est un système régional.

Le problème se pose différemment pour les systèmes d'information à créer ex nihilo, comme c'est souvent le cas dans les villes des pays en voie de développement. Tout est bien entendu affaire de situation locale, et il est impossible de proposer une réponse globale. Mais ces villes partagent toutes – quoique à des degrés divers – les mêmes caractéristiques. Les problèmes urbains sont très importants, les moyens et la culture de gestion souvent faibles. Les plans de références sont inexistantes ou obsolètes, les bases de l'organisation foncière rarement constituées. Il existe de grands problèmes d'organisation et de stabilité des services urbains. Dans beaucoup de cas, le développement en priorité de systèmes du type BDU ne semble pas des plus adéquats. Est-il nécessaire de lever à grande échelle les réseaux urbains de la ville ancienne alors qu'on ne connaît même pas le nombre d'habitants d'un quartier récent de la périphérie ? Il peut être prioritaire de construire des outils légers d'analyse, mieux adaptés aux contraintes locales et qui permettront de planifier la gestion de l'ensemble de l'agglomération. On peut poser parallèlement les bases d'un système allégé utile pour l'administration des services urbains. On peut par exemple envisager, plutôt que la constitution d'un système foncier fondé sur un plan cadastral numérisé, de travailler avec des orthophotoplans, moins

coûteux et offrant l'avantage de donner à voir les objets urbains concrets à gérer. Il faudra, là encore plus qu'ailleurs, être bien conscient des besoins prioritaires des villes et choisir au départ la démarche adaptée. Il est toujours difficile – et coûteux – de changer d'orientation en cours de route.

Les Systèmes d'Information Géographique Urbains mobilisent des investissements colossaux. Mais ne sous-estimons pas d'autres enjeux qui sont d'un autre ordre. La structure d'un système d'information détermine le type des interrogations qu'on pourra lui poser, le mode de connaissance auquel il donnera accès. Celui-ci déterminera en retour pour une part les modes de la gestion future. Ces systèmes constitueront demain une des principales sources pour la compréhension des phénomènes urbains. Il serait dommageable que sous prétexte d'efficacité à court terme ils privilégient ce qui peut être géré aujourd'hui plutôt que ce qu'il est nécessaire de savoir pour mieux gérer demain.

IV

DU DIFFICILE AJUSTEMENT DES SYSTÈMES D'INFORMATION AUX BESOINS DES GESTIONNAIRES URBAINS

Michel PROUZET et André HERNANDEZ

L'information géographique localisée (c'est-à-dire celle susceptible d'être cartographiée) peut être générée et gérée selon des mécanismes les plus divers. Parmi ceux-ci, il y a les systèmes d'information. Il s'agit là de mécanismes (pas nécessairement informatisés) de collecte, de mise à jour et d'échanges de données géographiques. Ils visent à mettre à la disposition d'une pluralité d'utilisateurs, au meilleur coût, des données communes lesquelles, une fois affinées en cas de besoin par ces derniers, pourront se transformer en informations nécessaires au bon fonctionnement des activités de chacun¹. Pour les impératifs de la gestion urbaine, les données et les informations issues de chaque type de système d'informations peuvent être restituées aux échelles voulues (de la plus grande à la plus petite).

Ces mécanismes peuvent se révéler du plus grand intérêt pour

1. La distinction sémantique entre « données » et « informations » semble aujourd'hui acquise. En France, la Direction Générale des Impôts l'utilise couramment (cf. Dumont J.M., 1992. « les données cadastrales et leur diffusion », in *Revue des Sciences de l'Information géographique et de l'Analyse Spatiale*, vol. 2 - n° 1). Il en va de même de la doctrine (cf. Venard J.L., 1990. « Systèmes de gestion de données urbaines localisées, rapport pour le Ministère de la Coopération, Paris, AREA International). La distinction présente l'avantage d'évoquer les deux grandes étapes dans le traitement des « renseignements » nécessaires à l'accomplissement d'une fonction : d'une part le dégrossissage du renseignement puis son affinement pour l'adapter aux besoins.

l'accomplissement des quatre principales fonctions urbaines dans les pays en développement : la planification de l'espace, l'accroissement des ressources locales, la conservation immobilière et la gestion de la voirie et des réseaux divers (VRD). Quelques années après leur introduction de tels mécanismes dans les pays en développement, le temps est donc venu de dresser le bilan de leur efficacité. Auparavant, cela était sans doute prématuré, compte tenu du manque de recul. Mais désormais, grâce à la propagation des systèmes d'information dans ces pays et à la divulgation de leurs résultats, il est possible (c'est même un devoir !) d'évaluer leur performance ; qu'il s'agisse des systèmes d'information foncière (SIF), des systèmes d'information géographique (SIG), des systèmes d'information urbains (SIU) ou des systèmes d'informations techniques localisées (SITL)¹.

En l'occurrence, le bilan découlant de cette évaluation n'apparaît pas aussi séduisant que certains le décrivent ou le souhaiteraient : à l'exception des SIG qui concernent plus l'organisation de l'espace et l'environnement que la gestion urbaine stricto sensu, les services rendus par les systèmes d'information sont décevants.

Contrairement à l'idée même de système, chaque utilisateur potentiel de données a tendance à continuer, comme si de rien n'était, à se procurer ses propres données selon les méthodes traditionnelles du « chacun pour soi » et à ne s'engager qu'avec réticence dans une mécanique d'échange et de mise à jour de données théoriquement polyvalentes avec d'autres utilisateurs ; c'est-à-dire lorsqu'il lui est impossible de faire autrement.

Ces comportements vont bien à l'opposé de la notion de système d'informations, puisque les services utilisateurs ne sont guère intéressés à tirer profit de la banque de données à usage polyvalent que prétend leur offrir les systèmes d'information.

Alors, il est temps de le reconnaître : jusqu'à plus ample informé, ces systèmes n'ont pas encore vraiment réussi à procurer aux gestionnaires urbains des données correspondant exactement à leurs besoins ; donc transformables sans difficultés ni coûts excessifs en informations. Dans la pratique au contraire, les données produites n'intéressent le plus souvent qu'un seul groupe de gestionnaires urbains : en l'espèce celui ayant produit lui-même

1. Ces appellations sont des conventions de langage. On admettra que les SIF ont pour objet de donner des informations sur la parcelle et que leur restitution graphique s'effectue à grande échelle (1 : 500 au 1 : 2 000^e). Les SIG, ayant l'environnement et la planification stratégique pour finalité, se limitent aux petites échelles (au delà du 1 : 20 000^e en moyenne). Quant aux SIU, ils ont pour champ d'application la planification réglementaire et sont établis à des échelles intermédiaires (1 : 2 000 au 1 : 10 000^e). Enfin, les SITL requièrent une grande précision graphique (du 1 : 100 au 1 : 10 000^e), car ils concernent la gestion technique des infrastructures liées au génie urbain.

l'information. Il faut donc bien se l'avouer : dans les pays en développement (et peut-être ailleurs aussi ?) il y a bel et bien *crise des systèmes d'information*¹.

Ce bilan préoccupant ne doit pas conduire pour autant à rejeter la mécanique même des systèmes en question. Jusqu'à présent, celle-ci a sans doute produit un trop grand nombre de données mal dimensionnées ou « formatées » – c'est le cas de le dire, s'agissant de mécanismes souvent informatisés –, donc d'une rentabilité incertaine. Mais des améliorations sont encore possibles qui devraient permettre de redonner de la crédibilité à la notion de système d'information dans les pays en développement.

Encore faut-il au préalable prendre connaissance des insuffisances de la plupart des systèmes déjà expérimentés ou en cours et en comprendre les causes.

1. DU « FORMATAGE » IMPARFAIT DES DONNÉES

Le fait est désormais patent : quoiqu'en disent leurs promoteurs, les systèmes d'information ne véhiculent jamais qu'un petit nombre de données facilement exploitables et à peu de frais par tous les participants à un processus d'échanges. Aussi, lorsqu'elles ne sont pas produites par l'utilisateur lui-même, les données sont souvent soit sur-dimensionnées, soit sous-dimensionnées ; elles peuvent aussi cumuler ces deux inconvénients.

Il y a sur-dimensionnement, lorsque des gestionnaires n'utilisent qu'une partie des données mises à leur disposition par les systèmes. La surabondance est dès lors nuisible : non seulement elle est source de gaspillages (ce qui est préoccupant dans un contexte de pénurie), mais encore elle est facteur de complexité (surtout pour les indispensables mises à jour), ce qui tend à dissuader les participants d'en tirer réellement profit.

Cet aboutissement est fréquent : soucieux d'exhaustivité, les créateurs de systèmes ont fréquemment tendance à collecter et à faire circuler des données sans doute intéressantes à connaître, mais dont l'utilité réelle, pour la gestion urbaine n'est pas démontrée. Dans le débat permanent entre ce que les anglo-saxons intitulent « the nice to know vs. the need to know », cette situation occasionne des déperditions. Nombreux sont les exemples qui l'attestent, notamment dans les secteurs de l'urbanisme réglementaire et stratégique.

1. Voir notamment : Durand-Lasserve A., 1993. « Conditions de mise en place des systèmes d'information foncière dans les villes d'Afrique sub-saharienne francophone », in Programme de gestion urbaine, Banque Mondiale (Washington) – UNITED CENTER FOR HUMAN SETTLEMENTS (UNCHS – Habitat), 1992 « Guidelines for the Improvement of Land – Registration and Land – Information Systems in Developing Countries (with special reference to English-speaking countries in Eastern, Central and Southern Africa), Nairobi.

Avant de réaliser un document d'urbanisme, urbanistes et aménageurs ont tendance à déployer des efforts disproportionnés par rapport aux besoins pour avoir le plus grand nombre possible de données. La magie de l'informatique contribue de surcroît à rendre cette tentation presque irrésistible. Qu'il est enivrant de voir apparaître sur un écran un nombre toujours plus grand ou détaillé de thèmes géographiques avec lesquels il est tentant de jongler en les superposant, ou en les regroupant ou en les croisant¹ ! Comme la liste des objets géographiques est quasiment sans limite, la voie est alors ouverte à des banque de données « fourre-tout » dont l'utilité pratique est discutable eu égard aux besoins réels. Ce n'est pas en multipliant le nombre des données qu'on multipliera les chances d'intéresser les utilisateurs « extérieurs » ; au contraire, ces derniers, qui ne sont bien souvent à la recherche que d'une catégorie bien précise d'informations, risqueront d'être désorientés par l'avalanche de données. Au surplus, on peut légitimement s'interroger sur l'opportunité de cartographier certains thèmes pour lesquels une autre forme de représentation (tableaux, diagrammes) est possible.

C'est ainsi que les banques de données les plus affinées ou les meilleurs atlas (même infographiques) ne sont pas à l'abri de critiques, isolés qu'ils sont le plus souvent dans le milieu administratif au sein duquel ils devraient pourtant s'insérer. A quoi bon dès lors avoir une banque de données si les services destinataires en font peu de cas ou bien si l'administration censée devoir en tirer partie est peu performante ? La création d'une banque de données comme l'Atlas Infographique de Quito (AIQ) ne se justifiera rétroactivement que lorsque l'organisme équatorien, tenant lieu d'agence d'urbanisme d'agglomération, aura démontré qu'il utilise réellement et spontanément l'outil mis à sa disposition.

Confrontés, quoi qu'il en soit, aux besoins des aménageurs, les coûteux travaux de nature encyclopédique de ce type se révèlent souvent un luxe superflu eu égard aux nécessités de la gestion urbaine. On a l'impression qu'ils ont été établis pour répondre plus aux besoins de chercheurs en sciences humaines qu'à ceux des praticiens (à l'exception sans doute des auteurs de schémas d'organisation, mais l'utilité de ces derniers n'est-elle pas elle-même périodiquement remise en cause ?). Il est reproché à ces banques de données (surtout s'il s'agit d'atlas non suivis de mises à jour à

1. Dans leur dernier ouvrage, Michel Didier et Catherine Bouveyron le soulignent qui observent : « La liste des objets possibles est sans fin. Et chaque objet peut être caractérisé de multiples façons. Un arbre peut être un chêne, un orme etc. Si c'est un chêne, il peut être haut ou bas, jeune ou vieux, bien-portant ou malade (...) Tous les objets, caractères et événements peuvent donner lieu à des cartes utiles : carte des forêts, carte de la maladie de l'orme, carte des accidents de l'information, carte des zones inondables, carte des pannes... » (in Guide économique et méthodologique des SIG », 1993, Paris, Hermès, p. 19).

intervalles rapprochés) de ne pas apporter le renseignement à jour et comme taillé sur mesure. Tel est d'ailleurs le sort qui, dans les pays en développement, guette tous les travaux de mise en place d'observatoires (fonciers, ou de l'habitat, etc.). Ces derniers ont été conçus pour devancer les besoins en données des urbanistes. Mais en réalité, malgré la disponibilité de données recueillies avant le lancement de projets, les services utilisateurs éprouvent fréquemment le besoin de procéder, le moment venu, au lancement d'études ponctuelles complémentaires parce qu'ils omettent tout simplement de tirer profit des observatoires en question, ou bien parce que ceux-ci ne répondent pas à leur attente¹. Sur ce dernier point, la définition des besoins des gestionnaires en charge de l'aménagement urbain n'est jamais chose aisée. Selon les témoignages recueillis relatifs à l'AIQ, pas moins de quatre années de travail ont été nécessaires pour obtenir une amélioration progressive de la définition des besoins des différentes institutions partenaires de l'AIQ.

Ce qui vaut pour l'information nécessaire à l'activité des services de l'urbanisme s'applique aussi à l'information foncière destinée aux services de la fiscalité foncière ou immobilière. En l'espèce, le sur-dimensionnement résulte également d'une exhaustivité trop poussée : à la suite d'enquêtes de terrain à but fiscal, il n'est pas rare d'obtenir trop de données sur le bâti par rapport aux besoins réels des services fiscaux, alors que la seule donnée polyvalente réellement requise est un simple numéro de parcelle cadastrale².

A l'opposé de ces situations, les participants à des systèmes d'information peuvent avoir inversement à se plaindre du sous-dimensionnement des données. On se trouve ici dans le cas où des

1. L'histoire des services d'urbanisme dans telle ou telle ville ou tel ou tel pays démontre à l'envi que ce n'est pas l'existence d'un SIG ou d'un SIU (ou d'une banque de données) qui empêchent les services de l'urbanisme de lancer de nouvelles enquêtes pour répondre exactement aux besoins des projets en cours ; et cela alors même qu'il aurait été possible, à condition de se satisfaire peut-être de données plus sommaires, de tirer partie des renseignements déjà disponibles. Ainsi par exemple, l'agglomération sénégalaise de Pikine est amplement couverte par de nombreuses études de toutes sortes et relativement à jour. Cela n'a pas empêché les promoteurs de l'actuel projet sénégal-allemand de procéder à une nouvelle enquête de terrain, qui a mobilisé de nombreux « hommes-mois » en 1993 et 1994...

2. La situation est classique. Elle a été notamment rencontrée par les auteurs du présent article à Djakarta en 1989, dans le cadre du projet de la Banque Mondiale intitulé « *Tax Valuation Project* » (maître d'œuvre : ILIS – Pays-Bas). L'enquête fiscale réalisée alors sur les objets fiscaux a permis de saisir sur ordinateur des centaines de données relatives aux constructions de haut-de-gamme, y compris la photographie des bâtiments en question. En réalité, une telle précision était superflue puisque les bases d'impositions sont calculées à partir de quatre catégories seulement de constructions auxquelles sont attribuées des valeurs forfaitaires.

gestionnaires urbains ne peuvent obtenir, de la part des mécanismes d'échanges censés les aider, de données suffisamment précises correspondant à leurs besoins. Du fait de la rapidité des changements affectant les villes du Tiers Monde, les données et les informations se périment très rapidement. Qu'apparaissent des difficultés dans la saisie ou le levé des données, et c'est alors l'ensemble du système d'information qui sera faussé. Même dans des pays ayant un moindre rythme d'urbanisation, l'obsolescence rapide des banques de données est un grave handicap. C'est ainsi que l'actualisation du cadastre français est une lourde opération du fait de la survenance de deux types d'événements dont il est compliqué et coûteux de tenir compte : il s'agit des changements d'adresses et du levé topographique des constructions nouvelles.

En matière de connaissance des conditions juridiques du sol, les cas d'inadaptation des données aux besoins des gestionnaires urbains sont flagrants. En Afrique sub-saharienne, la clarification des situations juridiques coutumières est un véritable casse-tête informatique en raison du trop grand nombre de situations juridiques coutumières¹. S'il fallait informatiser le kaléidoscope des droits coutumiers, il faudrait collecter et saisir un nombre infini de renseignements écrits et surtout oraux, ce qui, de toute évidence introduirait une complication sans commune mesure avec les bénéfices attendus.

De son côté, l'immatriculation des titres fonciers exige, en matière de fourniture de données, une densité et une précision qui s'accommodent fort mal des SIF. Ces derniers ne fournissent jamais que des données sommaires, puisqu'ils visent à compenser le manque d'informations de détail sur les parcelles, par l'accroissement du nombre de parcelles répertoriées. Or c'est là où le bât blesse car la législation foncière est exigeante. Elle subordonne l'enregistrement des terrains à des conditions de précision topographique auxquelles les SIF ne peuvent – ni ne doivent – satisfaire. C'est pourquoi les cadastres simplifiés ont partout tant de mal à intéresser les services de la Conservation des titres fonciers. Ce ne sont jamais que des cadastres ... amputés qui ne présentent d'intérêt que pour les services fiscaux².

Les systèmes d'information sont ainsi nombreux qui prétendent fournir des données à usage polyvalent, mais qui n'intéressent en

1. Le fait a été souligné dans les deux rapports cités sous la note 2 ci-dessus.

2. Et encore : l'identification des objets fiscaux n'est pas la condition suffisante permettant d'assurer le recouvrement des taxes foncières. Encore faut-il qu'il y ait une forte volonté politique pour faire rentrer l'impôt, mais ceci est un autre problème. Pour revenir aux SIF qui ne sont en fait que de simples registres fiscaux, nombreux sont les témoignages qui ont souligné cet aboutissement. Voir par exemple sur le cadastre simplifié d'Issia (Côte d'Ivoire): Durand-Lasserve A., *op. cit.*, p. 87.

fait qu'une seule catégorie homogène d'utilisateurs. Six ans après le lancement du SIF de Semarang (Indonésie), il faut bien se rendre à l'évidence : démentant les espoirs placés en lui, ce « cadastre rustique » n'a pas pu intéresser, en dehors des services du fisc, les autres administrations qui lui avaient été officiellement associées : ni les responsables de la conservation foncière, ni les agents de la planification économique, ni ceux en charge de la délivrance des autorisations d'utilisation du sol¹. Pourtant, ce n'est pas faute pour ses promoteurs d'avoir tout essayé pour inciter les services municipaux, autres que fiscaux, à tirer le meilleur parti du système : incessantes réunions de coordination, envoi de cartes communes issues d'orthophotoplans, présence constante sur le terrain pour sensibiliser les services utilisateurs, etc. En dehors de l'administration fiscale, le SIF du type Semarang doit donc s'analyser comme un simple outil fiscal ; ni plus ni moins. Et c'est en partie le sous-dimensionnement des données véhiculées par lui dans les domaines autres que l'identification des objets fiscaux qui explique ce résultat.

Il arrive enfin que des systèmes d'information procurent des données à la fois sur- et sous-dimensionnées. Cela tient à ce que la polyvalence parfaite d'une donnée n'existe pas. En France, malgré une longue et bonne diffusion des données cadastrales en dehors des services du ministère des Finances, celle-ci doivent être « retravaillées » par les services autres que fiscaux pour donner naissance à des informations susceptibles d'être officialisées². Tel est le cas en matière de reconnaissance du statut juridique des biens immeubles. Il en va de même sous d'autres cieux : les données foncières portant sur les parcelles sont également difficiles à adapter aux besoins de chaque catégorie de services administratifs³.

Des exemples pourraient être trouvés dans d'autres compartiments de l'information géographique comme ceux liés au génie urbain, domaine d'élection des SITL. Ainsi en Bulgarie (mais est-ce un pays en développement ?), les services municipaux sont char-

1. Sur l'architecture du SIF « à la Semarang », cf. Prouzet M. et Hernandez A. 1989. Un cadastre rustique, le SIF du type Semarang. *Etudes Foncières* (Paris) n° 45.

2. On sait qu'en France la propriété des immeubles ne découle pas de leur inscription cadastrale, mais qu'elle résulte d'autres procédures de publicité foncière.

3. En Côte d'Ivoire par exemple, la Conservation des Hypothèques envoie aux services fonciers fiscaux du cadastre la copie de tous les actes notariés et de toutes les décisions administratives ou judiciaires. Or, alors même que des renseignements font défaut, seule une petite partie des données est exploitée : les radiations d'hypothèques comme les indications sur les droits de passage sur les parcelles sont des exemples de données inutilement transmises ; quant à la teneur des renseignements, elle est souvent inadaptée à la réalisation des tâches des agents des impôts (cas des actes notariés de vente, des jugements d'héritage etc.).

gés de mettre à jour les cartes à grande échelle (1 : 500^e) afin d'y représenter tous les réseaux. Leurs travaux devraient intéresser les agents aux prises avec les tâches de génie urbain. Las ! ou bien l'information cartographiée est trop complète ou sur-dimensionnée par rapport aux besoins engendrés par la mise en œuvre des travaux courants (elle est dès lors pratiquement impossible à tenir à jour), ou bien elle est insuffisante ou sous-dimensionnée pour les travaux d'envergure (dans ce cas il importe d'aller collecter ailleurs que dans le SITL diverses données utiles comme les diamètres des tuyaux, le nom des abonnés à tel ou tel service public marchand...).

En définitive, la cause est entendue : l'application polyvalente des données véhiculées par les systèmes d'information est bel et bien une gageure. Quelles sont les raisons de cette situation ?

2. TENTATIVE D'EXPLICATION DES DÉBOIRES

Les difficultés d'ajustement des données aux besoins sont imputables à la fois à la conception matérielle et organisationnelle des systèmes d'information et au contexte socio-culturel au sein desquels ces derniers sont appelés à s'insérer. Ce deuxième groupe de causes semble, de loin, le plus difficile à combattre : le fait est qu'il a trait à la dimension proprement humaine des systèmes d'information, et non plus simplement technologique.

Ce dernier aspect de la question fait régulièrement l'objet de publications destinées à prodiguer des conseils sur les voies et moyens d'améliorer la performance intrinsèque des systèmes d'information. Leur mérite est d'inviter à prendre conscience des limites de la technologie informatique. Il y a en effet des questions fondamentales auxquelles l'ordinateur ne peut répondre¹. Ainsi par exemple, comme un document de mauvaise qualité ne s'améliore pas du seul fait de sa numérisation, quelle doit être la précision des données ? Sachant en outre qu'il ne suffit pas de disposer d'une information précise et bien structurée, mais qu'il convient de la représenter avec le plus de lisibilité possible, quels sont les moyens en mesure de répondre à cette exigence ? Comme le savoir-faire de l'ingénieur ou du projeteur ne peut être remplacé par l'ordinateur, est-on sûr que le travail à la main ne se révélera pas plus efficace que celui confié à la machine ? Telles sont quelques-unes des ques-

1. Un ouvrage comme celui édité sous les auspices du UNCHS (Habitat) et mentionné ci-dessus présente ainsi le mérite d'offrir un panorama à peu près complet des questions à poser avant de s'engager dans le lancement d'un système d'information. Dans cet ordre d'idées, il convient aussi de citer la fameuse « *Check List* » cadastrale dressée par un orfèvre en matière de SIF : Holstein L. 1989. Urban Land Management Seminar. The World Bank/IFC/MIGA. Annapolis, Md, December 13-14.

tions de type organisationnel que l'on se pose de plus en plus fréquemment, parmi tant d'autres de même nature.

Dans le registre non plus de la technique mais de l'environnement humain, les obstacles à surmonter ont quelque peu tardé à être identifiés : ce n'est que plus tardivement que les observateurs se sont interrogés à leur sujet¹.

Au vu des projets de systèmes d'information expérimentés, on s'est aperçu que ceux-ci se heurtent à des difficultés pour s'insérer dans des administrations dont le cloisonnement est en général la marque distinctive. Cette situation, jointe au culte fréquent du secret, ne prédispose pas à la pratique des échanges². Un autre handicap fréquemment rencontré est le manque de définition administrative commune de certaines données-clés : le SIF de Semarang s'est heurté pour sa part à une difficulté née du fait que les trois principaux services utilisateurs potentiels du mécanisme ne donnaient pas du mot parcelle la même définition³. Ce point rejoint celui relatif au respect des règles juridiques en vigueur. Pour des raisons de simplification et parce que le polyvalence parfaite de données ne peut exister, les systèmes d'information sont souvent conduits à fournir des données qui, malheureusement, ne peuvent être prises en compte en droit par certaines catégories d'utilisateurs. Tel est notamment le cas en matière de conservation foncière, comme cela a été vu précédemment.

Confrontés à ces difficultés de toutes sortes, les responsables de systèmes d'information essayent bien de trouver des parades. C'est ainsi que des espoirs sont périodiquement placés dans la mise en place d'une coordination administrative plus poussée, pour activer les échanges de données entre les administrations concernées. Des rencontres de toutes sortes sont organisées, des comités mis sur pied. Mais jusqu'à présent, le poids des habitudes et surtout l'impossibilité de fait (surtout en matière de cadastre juridique) de modifier la loi pour la rapprocher des systèmes d'information ont

1. Voir par exemple : Durand-Lasserve A. 1991. Information foncière dans les PED - De la gestion technique à la gestion sociale. Etudes Foncières (Paris), n° 50, mars.

2. Même en France, pays dont les administrations passent pour ne pas pratiquer exagérément le culte du secret, certaines données ayant des liens avec la gestion urbaine ne peuvent être diffusées librement, et cela pour des raisons touchant au respect de la vie privée. Tel est notamment le cas des données cadastrales alphanumériques portant sur les propriétaires, les propriétés non bâties et les propriétés bâties. La diffusion des fichiers portant sur ces données est limitée à certains organismes sous contrôle public, sous réserve de la souscription d'un engagement comportant des obligations de discrétion et de sécurité.

3. Il semblerait que le manque de définition commune entre les administrations nationales soient chose courante dans de nombreux pays. En France, par exemple, n'y a-t-il pas plusieurs définitions légales de la notion de terrain à bâtir : fiscale, urbanistique, notariale, etc.?

eu raison de ces tentatives. La non prise en compte, précédemment soulignée, des cadastres simplifiés en apporte la preuve : à vouloir ignorer la loi, celle-ci se venge¹. Il est irréaliste en définitive de penser à vouloir réformer la législation en vigueur pour l'adapter à la logique des systèmes d'information : c'est l'inverse qu'il faut faire² !

En plus de ces défauts d'organisation qui commencent à demeurer à être bien connus, des facteurs humains interviennent. Ils contribuent également (sinon plus ?) à expliquer les défauts d'ajustement des systèmes d'information aux besoins des gestionnaires urbains. La mise en œuvre de ces mécanismes se heurte fréquemment à des résistances de la part de ceux qui ne jurent que par l'attachement aux usages – et aux privilèges – de leur profession. Ceci n'est pas une découverte mais peu nombreux sont encore ceux qui l'admettent ouvertement. Citons toutefois cette observation faite il n'y a pas très longtemps : « La mutation des supports et des vecteurs de l'information en matière de gestion urbaine risque de provoquer des mises en cause fondamentales de l'existence, de la justification ou des privilèges de certains. Actuellement, par exemple, la profession d'urbaniste repose sur une synthèse d'informations à partir de laquelle elle a en charge de proposer au politique des actions réglementaires, des projets etc. qui doivent être justifiés. Il est courant de dire que 80 % du temps d'une étude d'urbanisme, donc son coût, est consacré au recueil d'informations, à l'enquête. Quel sera le devenir de cette profession lorsque l'accès aux informations de base sera ouvert à tous, si elle n'a pas mis au point les processus lui permettant d'utiliser une connaissance plus complète, beaucoup plus fine, beaucoup plus fiable, dans sa spécialité ?³ »

1. Il en va de même en matière de fiscalité : à Brazzaville, le projet de RIGU (Registre Informatisé de Gestion Urbaine) a permis de collecter de 1989 à 1993 un certain nombre d'informations propres à asseoir un impôt foncier (précédemment peu rentable) sur des bases plus simples. Mais les procédés utilisés à cette fin n'étant pas conformes aux textes en vigueur, le RIGU n'a pu être appliqué. Par ailleurs une taxe d'habitation abrogeant les anciens textes a été proposée par le FMI. Mais les données saisies n'étaient pas adaptées aux nouveaux besoins. En conséquence, aucun impôt foncier n'est plus recouvré au Congo depuis plusieurs années... A Yamoussoukro, en Côte d'Ivoire, environ 200 cartes au 1 : 2 000^e ont été récemment produites dans un but essentiellement fiscal, mais les revenus provenant de la fiscalité foncière n'ont pas vraiment augmenté...

2. Une telle entreprise fait penser à un gag célèbre du non moins célèbre clown Grog. Celui-ci montrait un pianiste s'acharnant à vouloir rapprocher, sur le plateau d'une vaste scène de concert, un lourd piano à queue de son tabouret.

3. Verluise F. 1988. « De l'information urbaine séquestrée à l'information généralisée ». Actes du colloque de l'ISTED (Institut des Sciences et des Techniques de l'Équipement et de l'Environnement pour le Développement). Lyon 20-22 septembre, p. 379.

Dans le sillage de cette observation, certaines logiques professionnelles vont actuellement à l'encontre de l'idée même de système d'information : alors que ce type de mécanisme postule l'interdisciplinarité dans le traitement et la gestion des données, donc implicitement une certaine simplification de la collecte, chaque catégorie de producteurs de données aura tendance au contraire à vouloir privilégier son propre champ de travail, donc à estimer que les informations à créer doivent être précises et détaillées au sens de ses propres pratiques. Les diverses parties prenantes aux mécanismes d'échanges et d'utilisation des données (géomètres, urbanistes, experts fonciers, géographes, administrateurs, spécialistes de la conservation foncière, informaticiens, cartographes etc.) ont ainsi rarement l'occasion de confronter leurs pratiques. Les conditions de formation de ces acteurs et le poids des habitudes ne sont pas étrangères à cet état de fait. Dès lors, les pratiques des uns et des autres ont le plus grand mal à s'adapter à la logique, nécessairement interdisciplinaire voire communautariste, des systèmes d'information.

Prenons l'approche proprement géographique du fait urbain : un géographe formé selon les canons traditionnels de sa discipline se sentira déshonoré s'il ne sait pas tout sur la représentation spatiale d'un sujet quelconque et s'il ne peut goûter à l'ivresse de la numérisation de la cartographie thématique. Cette volonté de perfectionnisme est imputable aux écoles de géographies, celles-ci ayant par trop tendance à délaissé la recherche de la faisabilité financière et institutionnelle des décisions d'aménagement au profit de la seule collecte des données.

D'un autre côté le poids des habitudes acquises se fait également sentir dans le domaine de la topographie, et cela au point de bloquer les réformes en matière de cadastre juridique : à force de vouloir la perfection, le rythme des mesurages et de bornage des terrains est forcément limité, tout comme le nombre et la qualité des échanges de données avec d'autres utilisateurs potentiels¹. Mais qu'importe à la limite ?... En Côte d'Ivoire par exemple, la loi exige une précision de 5 cm sur les limites de parcelles urbaines pour le bornage. On comprend dans ces conditions que certaines catégories professionnelles, ayant la haute main sur les mesures de la précision, ne veuillent pas le perdre...

1. Il existe en général une disproportion flagrante, dans bien des villes de pays africains, entre l'importance des sommes versées à des cabinets de géomètres et la faiblesse des immatriculations et des bornages de parcelles. Il en va de même en matière de fiscalité foncière : dans la plupart des pays en développement, leur rendement est presque insignifiant en dépit de la disponibilité de plans cadastraux parfois précis du point de vue topographique et détaillés du point de vue des informations.

Et que penser enfin des producteurs de logiciels et d'ordinateur ? Ceux-ci se gardent bien (mais peut-on vraiment le leur reprocher ?) d'inciter leur clientèle à s'interroger sur l'adéquation de leur acquisition éventuelle à la nature des besoins des futurs utilisateurs. Dès lors, il ne faut pas trop s'étonner de la prolifération de systèmes d'information tendant à confondre la finalité (c'est à dire l'échange de données) avec l'outil (en d'autres termes l'ordinateur et son programme)¹.

Au vu de ces dysfonctionnements, on serait en droit de désespérer des systèmes d'information. Toutefois, faute de polyvalence parfaite des données (on a vu que celle-ci ne peut exister), ne peut-on espérer au moins une utilisation polyvalente de ces dernières par un nombre accru d'utilisateurs ? A cette question, il semble heureusement possible de répondre par l'affirmative. Mais il faut pour cela que des mesures radicales soient prises et que l'on cesse de succomber une fois pour toute aux sirènes de l'informatique ou des corporatismes !

3. AJUSTEMENT POSSIBLE DES SYSTÈMES D'INFORMATION AUX BESOINS

Au delà des améliorations techniques intrinsèques des systèmes d'information, lesquelles font périodiquement l'objet, comme on le sait, d'un grand nombre de travaux, le temps ne serait-il donc pas venu de se concentrer, plus que ce qui a été fait jusqu'à présent, sur l'analyse de l'environnement humain des systèmes d'information et sur les conditions extrinsèques de leur greffe au sein des administrations concernées ?

Il y a en effet peu d'espoir d'accroître vraiment « de l'intérieur » les performances des systèmes d'information. Cette approche rencontre forcément des limites. Le fait est que depuis le lancement des premiers systèmes d'information, les conditions de base font toujours défaut, qui pourraient conduire un jour à ce que tous les utilisateurs d'un système d'information en tirent tout le bénéfice attendu. Il est symptomatique de relever que la plupart des spécialistes des systèmes d'information renvoient toujours à *plus tard* la bonne marche de ces mécanismes, une fois qu'auront été levés les obstacles de toutes sortes à la bonne circulation et utilisation des données². Mais

1. C'est ce qui conduit un auteur comme Lynn Holstein à opposer les « *Users driven Land information Systems* » aux « *Suppliers driven land Information Systems* ». Cf. Holstein L. 1989, in *Urban Land Management Seminar, op. cit.* Et celui-ci d'ajouter que les projets cartographiques ont trop souvent malheureusement la même logique : « *Land information is being driven by the suppliers of maps and land information, rather than by users of maps and the demand agencies.* »

2. Voir en ce sens, à nouveau, une contribution déjà citée : Durand-Lasserre A., *op. cit.*, pp. 28-29.

cet avenir prometteur, vanté par des opérations-pilotes toujours recommencées, ne vient toujours pas, malgré des réformes introduites ici ou là... Aussi peut-on et doit-on se demander si des remèdes radicalement différents ne doivent pas être administrés qui viendraient s'ajouter à tous ceux visant à améliorer le fonctionnement intrinsèque des systèmes d'information. S'ils étaient mis en place, tout un ensemble d'effets favorables devraient indirectement en découler : les différentes corporations qui travaillaient auparavant avec leur propre logique seraient amenées à mieux s'adapter aux besoins des systèmes et les services en charge de la gestion urbaine seraient conduits à s'intéresser davantage aux données issues des systèmes d'information.

Trois réformes de fond devraient sans doute être ainsi envisagées pour cela. La première ne requiert pas de grands moyens. Mais c'est peut-être dans sa trop grande simplicité que réside sa plus grande difficulté de mise en œuvre. Cette réforme risque en effet de décevoir tous ceux qui ne jurent que par la modernité technologique. Elle consisterait à commencer à appliquer au domaine de la gestion de l'information géographique quelques principes d'action fort élémentaires. De même qu'on n'apprend pas à courir avant de savoir marcher, de même on ne devrait pas se lancer dans des mécanismes complexes d'informatisation de données avant d'être certain d'avoir songé à améliorer le fonctionnement des centres de documentation existants. Dans la plupart des pays en développement, ces derniers sont laissés en friche, alors même qu'ils pourraient constituer une mine de données précieuses sur l'information géographique localisée aux diverses échelles. Leur bon fonctionnement suppose simplement que soient revalorisés les métiers liés à la conservation et à la distribution de la documentation. En parallèle, tout programme d'informatisation des banques de données doit se faire prudemment, tant il est vrai que l'on n'est jamais à l'abri de difficultés matérielles de toutes sortes (panne de matériel, absence de pièce de rechange, manque de formation adaptée des agents etc.). Dans les pays en développement ce genre de dysfonctionnements a tôt fait de prendre l'allure de catastrophe. A Semarang, en Indonésie, les échanges de données entre utilisateurs potentiels fonctionnaient mieux, lorsqu'ils étaient effectués semi-manuellement (par voie de transfert manuel de disquettes d'un service à un autre), que lorsqu'il fut décidé de procéder à l'informatisation, aussi poussée que possible, des échanges en question.

D'un autre côté, on ne soulignera jamais assez l'importance de veiller à ne pas heurter de front les pratiques de collecte des données reposant sur des textes en vigueur. Encore une fois, c'est le système d'information qui doit s'adapter à la loi et non l'inverse. Si l'ordre juridique se prête mal à la mise en place de systèmes d'information, la première tâche consistera à essayer de le modifier. Ce

n'est qu'ensuite que l'on pourra penser à s'attacher à envisager la création de tel ou tel type de mécanisme. Cette précaution s'applique tout particulièrement aux systèmes d'information foncière.

Enfin, il faut réfléchir à introduire l'idée selon laquelle il convient de créer les conditions nécessaires à la création d'une véritable économie publique de l'information. Cette dernière a en effet un coût, une valeur vénale. Comme le souligne à juste titre Michel Didier, l'information géographique est, du point de vue juridique, un bien public et privé à la fois¹. Il s'ensuit que les administrations des pays en développement devraient être amenées à revoir leurs pratiques traditionnelles de mise à disposition gratuite des données dont elles sont à l'origine. D'ores et déjà cette mutation est en train de s'accomplir dans les pays développés où la commercialisation de certaines données ou informations publiques est maintenant envisagée². Dans les pays en développement, une évolution en ce sens aurait des effets bénéfiques certains. C'est ainsi qu'un service appelé à « acheter » lui-même, pour ainsi dire, les données produites par un système d'information, sera vraisemblablement plus intéressé à en tirer partie que si celles-ci lui parviennent gratuitement. Dès lors, on peut raisonnablement s'attendre à ce qu'il se comporte comme un participant motivé à l'échange des données, comme l'exemple de Maurice le démontre fort opportunément³.

CONCLUSION

En définitive, il devrait être entendu désormais qu'en matière de système d'information, le salut ne pourra venir que de la mise en œuvre de réformes radicales de cette nature. C'est en tout cas ce chantier qu'entendent ouvrir « l'Association pour le Développement de la Recherche en Gestion de l'Information Géographique dans les Pays en Développement » et tous ceux qui souhaitent se joindre à elle⁴.

1. Didier M, 1990. Unité et valeur de l'information géographique. Paris, *Economica*, p. 57 et s.

2. Cf. Maisl H. 1994. La diffusion des données publiques ou le service public face au marché de l'information. *Actualité Juridique Droit Administratif (AJDA)*. Paris, n° 5, pp. 355-363.

3. Dans ce pays, le bureau d'évaluation (*Valuation Office*) du Ministère des Finances réalise des enquêtes à la demande des municipalités pour la réévaluation des bases d'imposition et fait payer son travail au prix du marché. Chaque administration n'échange des données que sur une base contractuelle et financière. Nul doute qu'il y a un facteur qui devrait garantir le bon fonctionnement futur d'un SIF en cours de constitution.

4. L'adresse de cette association peut être demandée à F. Dureau ou C. Weber.

II

***LA MISE EN PLACE
D'UN SYSTÈME
D'INFORMATION URBAIN***

INTRODUCTION : LA MISE EN PLACE D'UN SYSTÈME D'INFORMATION URBAIN

Christiane WEBER

Cette deuxième partie s'articule autour des Systèmes d'Information Géographique au travers des aspects fondateurs, des expériences en grandeurs réelles et des évolutions tant conceptuelles que techniques.

De la mise en œuvre présentée au travers d'une grille de lecture technique, il convient de décortiquer les étapes nécessaires allant de l'analyse des besoins au démarrage du système en passant par la phase délicate de la détermination du produit qui sera retenu. Bien entendu, comme le soulignent P. Boursier et H. Pornon, l'évaluation des besoins reste une étape excessivement difficile car faite à un moment où les potentialités attendues reposent plus sur une connaissance des tâches actuelles et de leur réalisation que sur l'émergence de besoins nouveaux qui ne manqueront pas d'apparaître le moment venu.

Comment savoir ce que l'on voudra une fois l'outil disponible ? Mais aussi, a contrario, comment endiguer la tendance à la séduction liée au développement technique actuel ?

Retenir un produit dans ce cas, ne peut reposer comme le précise P. Boursier que sur une implication des « décideurs » au sein d'une cellule dédiée à ce projet. Savoir faire preuve de lucidité, dans le choix par rapport aux objectifs affichés, permet sans doute de mieux répondre à la demande et ce selon la gamme des possibilités du moment (financières, technologiques et moyens humains). Une mise en garde essentielle du même auteur concerne la nécessité de se garantir contre les risque « d'écroulement » du système et de s'attacher les compétences techniques qui en préserveront la viabilité tout au long du processus de constitution.

Parmi les pièges à éviter et les attitudes à prendre face à un projet de ce type, H. Pornon s'intéresse plus volontiers à ceux liés aux impacts humains et organisationnels d'une telle entreprise. « La révolution culturelle » évoquée peut paraître excessive, cependant la double orientation des systèmes d'information, verticale et horizontale, implique des effets difficilement discernables et contrôlables lors du démarrage. Les restructurations informatiques mais aussi organisationnelles comptent parmi les conséquences d'une telle « révolution ». Les effets « catalyseurs » qui estompent les « difficultés de communication, les habitudes d'autonomie » ou les effets « amplificateurs » de problèmes, ne sont pas à sous-estimer comme le démontre H. Pornon. La nécessité d'une réflexion profonde sur l'organisation et la continuité d'une négociation au sein de l'organisme est une constante dans le processus de réalisation. Cette persévérance est troublée par la nécessité d'identification et de gestion de temporalités variables induites par les systèmes d'information. Les cycles des données, du matériel, des logiciels sont importants et prévisibles. Mais ils se superposent à d'autres, moins aisément palpables, tels les cycles organisationnels ou culturels. D'après H. Pornon, cette préoccupation est d'autant plus vive qu'elle voit se chevaucher des finalités ayant des termes propres liés à la fois à la réalisation et aux attentes associées à celle-ci : long pour la vie d'un projet ; moyen pour des opérations spécifiques, court pour pouvoir « maintenir l'adhésion des décideurs et des utilisateurs » par des démonstrations « immédiates » d'application.

Ainsi, au fil de l'énoncé des pièges potentiels et des recommandations, est-il plus possible de décrypter les difficultés prévisibles, et « d'apprendre par l'échec ou tout au moins par l'erreur » afin d'anticiper quelques-uns des écueils probables. Bien entendu, il n'y a là rien d'exhaustif et une situation comparable à une autre pourrait être débloquée grâce à d'autres solutions. L'intérêt de ce type de mise en garde réside bien dans la présentation globale de ce qu'est un SIG et de ce que cela implique.

Cependant, il y a des réalisations qui perdurent et qui selon les objectifs poursuivis permettent de prendre connaissance de réalisations tout à fait intéressantes. Ainsi A. Ballut, dans la présentation de quinze ans d'expérience en Ile-de-France, offre la possibilité au lecteur de bien prendre en compte les dimensions de la mise en œuvre d'un Système d'Information Géographique à l'échelle régionale mené par l'IAURIF. La précision de cette présentation met en évidence la rigueur et la cohérence dont il faut faire preuve au démarrage d'un tel système.

« *Un SIG pour quoi faire ?* » Mettant ainsi l'accent sur la nécessité « d'objectifs politiques clairement définis » et non pas sur la quantité d'information potentiellement mobilisable, A. Ballut

place son article résolument du point de vue des utilisateurs. Il y incorpore des observations importantes quant à la finesse et la pérennité non pas des données elles-mêmes, mais des informations et des cadres sémantiques conceptuels qui y sont associés. En effet l'effort nécessaire à la définition de l'information, à sa formalisation tant du point de vue statistique (ordre de grandeur, caractéristiques de dispersion et de centralité) que du point de vue sémantique ne doit pas satisfaire un groupe, à un moment donné et sur un espace déterminé ; il doit assurer la même compréhension quelle que soit la variation spatio-temporelle et les types d'utilisateurs. Ceci est bien plus délicat, d'autant plus que les variations ne sont pas uniquement liées aux informations mais aussi aux sources de celles-ci¹. Les SIG par leur capacité d'intégration de données multi-sources nécessitent une attention toute particulière. La volonté de connaissance du territoire pousse souvent à vouloir *engranger* sans en tirer toutes les implications et tous les bénéfices possibles.

Cette volonté de mieux connaître l'espace, de forcer la stabilité de l'observation est aussi évoquée dans l'expérience de la ville du Havre. Dans la démarche d'Observatoire présentée par Levêque et Mallet, il faut souligner l'adaptation d'un outil et de ses fonctionnalités à des objectifs précisément identifiés : les problèmes liés à la population et à l'habitat. Il est intéressant de noter, là aussi, l'importance de l'analyse sémantique des informations recueillies et le désir d'enrichir le contenu d'une base informationnelle. Celle-ci est alimentée par des sources d'informations publiques, parfois restrictives et dont les données sont malheureusement rapidement obsolètes, comme le recensement de la population par exemple. La « prospection de nouvelles sources d'informations » est un élément important de la constitution des systèmes d'information, malgré les limitations légales qui peuvent exister. Les travaux sur Le Havre tendent à démontrer l'intérêt de l'utilisation d'un système d'information dédiée à une problématique finement ciblée, quand la volonté d'opérationnalité est prédominante.

Cette quête de l'information est tout aussi cruciale, dans un tout autre contexte, tel celui que présente J. Saint Vil. En effet, l'exemple du Guide Municipal de la Côte d'Ivoire permet de mesurer la distance qui existe entre des organisations municipales en France et en Afrique. Les problèmes méthodologiques rencontrés, même s'ils semblent être de même type, ne peuvent pas être résolus de la même manière. Ainsi il y a un réel écart entre les problèmes de toponymie, par exemple qu'il est encore possible de rencontrer sur le territoire français (liés à l'histoire des régions) et

1. Sous le vocable « sources d'informations », différents aspects entrent en ligne de compte : les organismes eux-mêmes et l'information créée en fonction de ses caractéristiques (accès, coûts, réglementation...).

ceux de la Côte d'Ivoire liés entre autre à des problèmes d'assise linguistique. Les problèmes d'acquisition de données ne se posent pas par rapport à un enrichissement informationnel, mais bien par rapport à une observation de base, primaire, tant alphanumérique que cartographique. La démarche, qui consiste avant toute chose à collationner l'existant et à s'assurer qu'il y a la possibilité de fournir une information « standard » pour toutes les municipalités, fait passer l'utilisateur au stade du producteur de données. Là encore, au-delà des problèmes pratiques, une rigueur de collecte et de validation est absolument nécessaire. Une différence cependant, les exigences envers l'information regroupée et diffusée ne peuvent pas être, dans ce contexte, du même ordre que dans les pays développés ; une règle est de mise, l'utilisation de la donnée en fonction des buts malgré des « défauts » jugés plus ou moins acceptables dans un contexte particulier.

L'exemple de Quito affiche lui aussi les mêmes préoccupations de rigueur de collecte, de vérification et d'actualisation des informations. Mais, B. Lortic précise un point important tant au niveau de la réalisation du projet dans les phases préliminaires, que dans l'optique d'utilisation actuelle du Système Urbain d'Information Municipal (SUIM). Le partenariat évoqué constitue une des constantes organisationnelles et institutionnelles de ce type de projet. « Les SIG ne vivent que s'ils sont utilisés » et ce par le maximum d'usagers. Les précisions apportées sur les relations contractuelles nécessaires qui unissent producteurs et utilisateurs de données participent de deux niveaux de réflexion : la transparence des relations selon des termes précis et la prise en compte de la valeur de l'information, bien de consommation particulier qui ne s'altère pas à l'usage ! L'exemple de Quito présente l'avantage aussi de mêler différentes applications du SIUM, applications de gestion (réglementation, réseaux, ressources) et programmes de recherche (analyse de risques sismiques, de la mobilité de la population et de la croissance urbaine). Les bases de la coopération qui ont porté ce projet y sont certainement pour beaucoup ; cette relative mixité des approches n'est pas réellement perceptible en France en tout cas au niveau urbain, où la dichotomie application de gestion et analyse semble persister.

L'article de R. de Maximy pose bien lui aussi ce problème de compétences nécessaires à la « bonne utilisation » d'un SIG, mais en des termes différents. Ce n'est pas tant le partenariat, que la synergie à mettre en œuvre qui est abordée. Celle-ci repose sur des complémentarités essentielles au déroulement du projet, car hors cet effort, les risques d'utilisation fallacieuse sont importants ; « de chef qualifié à gâte-sauce », la distance est faible si l'on considère les potentialités de tels systèmes mais elle est énorme si l'on prend en compte le bagage nécessaire en terme multidisciplinaire pour

pouvoir judicieusement l'utiliser. La délicate loi de l'échange et de l'humilité, dans un contexte où les cultures sociales, scientifiques et d'organisations sont différentes, se trouve souvent fortement ébranlée. L'aventure humaine d'une collaboration mise en avant dans cet article relègue les bienfaits de la technique derrière des réalités dont il n'est pas possible de se défaire, ici ou ailleurs : entre scientifiques de toutes disciplines, administratifs et politiques, producteurs et usagers...

Durée et cycles sont des éléments indissociables des systèmes d'information. La première, parce que rien ne peut être apprécié s'il n'y a pas un investissement temporel, aussi court soit-il, pour la réalisation du projet. Les seconds, car ils scandent la vie des systèmes dans un seul but, leur pérennité.

Cependant, celle-ci peut être compromise de bien des manières, et l'exemple présenté par D. Badariotti explicite bien un des écueils possibles mais aussi une des approches susceptibles de les éviter. En effet en ne considérant pas, dès le démarrage du projet, des possibilités permanentes d'adaptation répondant à des problèmes dans la structuration de la collecte des données, l'Observatoire des logements sociaux présenté s'est trouvé obsolète avant d'avoir fourni des informations en série. Cette inadaptation était inhérente non pas uniquement aux données recueillies mais bien au processus de collecte mis en œuvre. Les aménagements mis en place pour une deuxième mouture de l'Observatoire ont tiré parti des difficultés premières et ont su faciliter l'obtention de résultats par une meilleure adéquation entre les objectifs et les processus. Comme cela a déjà été signalé, le partenariat est un des points sensibles de tout projet d'intégration de données, d'autant plus que la bonne marche d'un projet ne repose pas uniquement sur la technique ou les informations à recueillir mais aussi sur la manière dont elles vont l'être et sur la façon dont elles seraient redistribuées. L'utilisation d'un système d'observation et d'information pour des éléments de la vie urbaine requiert avant tout la mise en place de processus d'ajustements dynamiques qui puissent s'adapter à l'évolution des informations mais aussi à celles des utilisateurs et de leur contexte.

Cette nécessaire adaptation, et cet éveil perpétuel qui est demandé aux instigateurs de systèmes d'information, se répercutent aussi du point de vue technique. Les avancées technologiques devraient sous peu permettre à un utilisateur « lambda » de procéder à des traitements sophistiqués sans avoir à maîtriser totalement la machine et son langage, les logiciels et leur syntaxe. Plusieurs niveaux de compétences pourront être déterminés, de l'informaticien au « manipulateur de souris » et ceci par le biais d'interfaces toujours plus performantes rendant le système quasi transparent. La convivialité et le maniement instinctif restent des buts de dévelop-

pements, tout comme l'est l'offre d'une multitude d'usages jusqu'alors séparés (multimédia : son, image animée, texte...) et ce avec des capacités de stockage et de diffusion totalement nouveau. Cette évolution devrait se faire aussi, comme l'annonce P. Boursier, au niveau des outils qui de la réalisation de cartes devraient nous mener à la simulation en trois dimensions et ainsi réaliser le rêve de beaucoup – « *Et si ... alors ?* »

LA DÉMARCHE

I

MISE EN ŒUVRE D'UN SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE ET CONSTITUTION D'UNE BANQUE DE DONNÉES URBAINES

Patrice BOURSIER

L'utilisation de Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) ainsi que la mise en œuvre de Banques de Données Urbaines (BDU) a commencé aux États-Unis, puis dans certains pays européens (surtout en Europe du nord), il y a une vingtaine d'années. En France, les premières expériences ont démarré plus tardivement, dans des grandes villes telles que Marseille ou Lille vers 1975, mais le marché n'a vraiment commencé à se développer que vers la fin des années 80.

La décision d'installer un SIG ou de créer une BDU est une décision importante, qui engage l'avenir d'une commune pour plusieurs années et qui nécessite des investissements parfois considérables (plusieurs millions, voire plusieurs dizaines de millions de francs pour une grande ville). Il faut donc avoir conscience de l'importance des problèmes à résoudre, se poser les bonnes questions, et y apporter des solutions appropriées.

On se demandera notamment : « *un SIG pourquoi, pour quoi faire ?* », c'est-à-dire dans quel but, avec quelle justification, pour traiter quels problèmes, répondre à quelles questions, avec quelle fréquence ?

On se demandera également : « *un SIG comment, dans quelles conditions ?* », c'est-à-dire avec quel outil, dans quel environnement logiciel et matériel, à partir de quelles données ?

Pour répondre à ces questions, il est nécessaire de travailler par étapes. Il faut donc procéder successivement à :

- (i) une analyse des besoins,
- (ii) la rédaction d'un cahier des charges,
- (iii) le choix d'un produit,
- (iv) l'installation et le démarrage du système.

Ces différentes phases sont étudiées et commentées dans cet article.

1. ANALYSE DES BESOINS

Un système d'information géographique est d'abord et avant toute chose un « système d'information ». Si ça n'est pas le cas, ce devrait l'être. Trop souvent, on a d'abord voulu construire un système de cartographie automatique pour des besoins spécifiques, en essayant ensuite de généraliser l'outil et de l'appliquer à la gestion du cadastre ou à la gestion des réseaux, par exemple. Le système d'information géographique d'une collectivité doit être pensé comme un *outil global de gestion* d'une part, et *d'aide à la décision* d'autre part. En tant que tel, il doit être intégré aux applications existantes, et ne pas être considéré comme un outil spécifique répondant à un besoin particulier.

L'analyse des besoins doit donc à la fois tenir compte de *l'existant* et des *besoins nouveaux*. Il faut recenser les projets en cours, ainsi que les activités courantes qui doivent être maintenues.

Les applications nouvelles doivent être définies avec beaucoup de soin, en établissant des *priorités* en fonction de leur importance, d'éventuels aspects organisationnels, du coût de mise en œuvre, des données qu'elles nécessitent et de leur disponibilité.

Il est toujours difficile d'apprécier les besoins réels des utilisateurs potentiels d'une application informatique, y compris pour les utilisateurs eux-mêmes. Il y a donc intérêt à utiliser des techniques de type *maquettage* (ou prototypage), qui permettent de mieux cerner les besoins et apportent la souplesse au développement des applications. Une mauvaise interface-utilisateur peut à elle seule suffire à décourager certains utilisateurs, alors qu'un bon outil peut susciter des vocations. Il n'est que de voir l'engouement pour des produits tels que le Système 7 d'Apple, Motif sur station de travail ou Windows 3 sur compatibles PC, ou encore de considérer le phénomène de mode suscité par l'approche orientée-objet.

Il est très important de prendre en compte *l'organisation des services et les liens éventuels* qui existent entre services ou avec des prestataires extérieurs. C'est le cas dans les collectivités avec les concessionnaires de réseaux, par exemple. L'impact du projet sur cette organisation doit être soigneusement évalué dès le départ,

avec la participation de tous, y compris les éventuels prestataires extérieurs.

Les *données* à prendre en compte sont généralement réparties entre les différents partenaires, et une collaboration est toujours nécessaire afin d'établir précisément qui gèrera quoi, à quelles conditions (éventuellement financières), et comment se feront les échanges.

Il faut également savoir où se feront les *traitements*, soit de façon centralisée au sein d'un service existant (informatique ou services techniques par exemple) ou d'un service créé pour la circonstance, soit directement et de manière décentralisée à l'intérieur des services concernés.

Ces problèmes sont essentiels car ils conditionnent *l'architecture matérielle* du système à mettre en place : système centralisé ou réparti ; architecture client-serveur ; micro-ordinateurs, stations de travail ou gros systèmes ; échanges de données directs par l'intermédiaire d'un réseau, ou indirects au moyen de supports de stockage amovibles.

Il est également important de considérer l'aspect *formation*. Il faut notamment décider « qui fera quoi », et par conséquent qui devra suivre quel type de formation, en fonction des applications prévues et des niveaux de compétences préalables. Il ne faut pas oublier à ce sujet les problèmes de disponibilité du personnel. L'organisation doit en effet continuer à fonctionner avec les méthodes « traditionnelles » pendant toute la phase préalable, puis pendant la phase de démarrage effectif du projet.

Il faut enfin, mais ce n'est pas le moins important, étudier *l'aspect financier* du projet, en évaluant les coûts et les recettes éventuelles occasionnées par le projet.

En résumé, il est donc important d'évaluer les besoins nouveaux, ainsi que ceux provenant de l'existant, et de confier cette tâche à un groupe ou à une *cellule de réflexion*, à même de discuter avec tous les partenaires et utilisateurs potentiels et de prendre des décisions globales.

Cette cellule doit réunir dès le départ l'ensemble des services internes et partenaires extérieurs, afin de déterminer :

- les objectifs du projet,
 - les applications envisagées, avec des priorités de réalisation,
 - les changements éventuels à apporter aux structures et aux modes de fonctionnement actuels,
 - les services producteurs d'informations,
 - les services utilisateurs potentiels,
 - les besoins en formation,
 - les investissements financiers nécessaires à la réalisation du projet,
- et de prendre les *décisions* qui en découlent :

- création d'une cellule spécialisée ou d'un service spécifiquement chargé de la rédaction du cahier des charges, du choix et de la mise en place du système,
- désignation d'un chef de projet, responsable de cette cellule de conduite du projet,
- réorganisation éventuelle des services et proposition de collaborations extérieures,
- choix de consultants ou de sous-traitants,
- embauche éventuelle de personnel, ou réaffectation des personnels existants.

Il est essentiel pour la réussite du projet que cette cellule de réflexion ait l'appui des élus, qu'elle obtienne la coopération et l'engagement de participation des différents partenaires, et qu'elle parvienne à motiver l'ensemble des personnels intéressés en les faisant participer d'une façon ou d'une autre à la vie du projet.

2. RÉDACTION DU CAHIER DES CHARGES

Comme pour tout système informatique, la mise en œuvre d'un SIG doit donner lieu à la rédaction d'un cahier des charges. Ce travail préalable a notamment pour objectifs :

- (i) de passer en revue et d'identifier de manière suffisamment précise :
 - les applications concernées,
 - les traitements envisagés ainsi que leur fréquence,
 - les types, nature, fréquence et volumes des sorties,
 - les fonctionnalités requises pour le système à mettre en place,
- (ii) de recenser les types de données à prendre en compte (feuilles cadastrales, plans de réseaux, levés terrain, photographies aériennes, données de recensements), de déterminer la façon de les intégrer à la BDU (origines, supports, modes de saisie), et d'évaluer les volumes d'informations à stocker,
- (iii) de définir l'environnement logiciel et matériel requis : architecture générale, unités centrales, postes de travail, périphériques graphiques, logiciels spécifiques.

Le cahier des charges doit également exprimer un certain nombre de souhaits, de recommandations ou d'exigences quant aux *capacités du produit recherché* :

- le produit doit offrir des fonctionnalités particulières en matière de saisie des *données*, d'organisation logique (modèle conceptuel) et de stockage (structures de données, méthodes d'accès), de types de traitements et de possibilités de sorties ;
- *l'interface-utilisateur* doit être suffisamment puissante pour permettre d'exprimer des requêtes complexes, mais en même

temps la plus simple et la plus intuitive possible afin d'autoriser l'accès au plus grand nombre. Il peut être intéressant à ce sujet de disposer d'un langage de requêtes ou d'un générateur d'interfaces-utilisateurs ;

- il est souvent nécessaire que le produit permette d'effectuer des *développements complémentaires*, que ce soit à l'aide d'un langage de développement (par exemple AML¹ pour ARC/INFO ou SPACE pour APIC), d'un langage de quatrième génération (LAG), ou par l'intermédiaire d'un générateur d'applications ;
- il doit être « ouvert » et permettre *l'importation de données* en provenance d'autres SIG, de Systèmes de Gestion de Bases de Données (SGBD), de logiciels statistiques ou de tableurs, de logiciels de Cartographie Assistée par Ordinateur (CAO) ou de traitement d'images ;
- *l'architecture matérielle* doit également être évoquée, afin de déterminer si le produit est utilisable sur micro-ordinateurs, sur stations de travail ou sur minis et gros systèmes ; s'il fonctionne uniquement de manière centralisée ou bien s'il est possible de répartir données ou traitements sur plusieurs sites et de travailler en architecture client-serveur ;
- il faut aussi prendre en compte *l'architecture logicielle* du produit, en faisant la différence entre les produits développés entièrement de manière spécifique et ceux bâtis, autour de SGBD ou de logiciels de CAO standards du marché ;
- il faut également prendre des assurances quant à la *pérennité* du produit et des sociétés qui l'ont réalisé et qui le distribuent, en cherchant à connaître l'importance et l'assise financière de ces sociétés, le niveau de leur potentiel de développement ainsi que les efforts de recherche tendant à faire évoluer le produit ;
- un autre point important concerne *l'assistance technique* au démarrage et à l'installation, ainsi que la *maintenance* matérielle et logicielle du produit ;
- l'aspect *formation* ne doit pas être oublié, notamment les types de formations souhaitées, le niveau, le lieu et la durée de ces formations, l'organisation dans le temps (formation intensive ou répartie sur plusieurs semaines ou plusieurs mois).

Le travail de rédaction du cahier des charges est du ressort du groupe, cellule ou service chargé de mettre en œuvre le projet, en se fondant sur les recommandations établies par la cellule de réflexion. Il peut s'agir du service informatique ou d'un service

1. Pour plus de précision sur ces langages le lecteur peut se reporter aux divers ouvrages sur la question.

technique particulier, mais il est bon pour l'occasion de créer une structure indépendante, faisant éventuellement appel à des compétences extérieures, en collaboration ou en sous-traitance.

La responsabilité de cette *cellule de conduite du projet* doit de toute façon être confiée à une personne faisant partie de l'organisation initiale, et qui doit également participer à la cellule de réflexion évoquée précédemment.

3. CHOIX D'UN SIG

Le choix d'un SIG dépend de la nature et de la complexité des problèmes à résoudre. Il est en effet plus simple de choisir un produit de cartographie thématique et statistique sur micro-ordinateur pour définir des territoires de vente, que de choisir un SIG destiné à traiter des applications nombreuses et variées pour une grande ville. Le choix sera également plus facile dans le premier cas du fait du nombre réduit de produits susceptibles de satisfaire le besoin.

Nous nous attacherons donc plus particulièrement à traiter les cas difficiles, qui nécessitent à la fois réflexion et expertise. Dans ce cas, le choix d'un système se fera en deux temps :

- i) présélection sur dossier des candidatures en réponse à l'appel d'offres. A l'issue de cette première phase, ne resteront en lice que les produits possédant (au-moins sur le papier !) les fonctionnalités requises ;
- ii) sélection du meilleur parmi les produits présélectionnés, sur la base de tests permettant de vérifier s'ils ont bien les fonctionnalités annoncées, mais également d'évaluer avec quelle rapidité et avec quelle facilité de mise en œuvre.

Les outils susceptibles de répondre à la demande et de satisfaire les critères établis précédemment se répartissent en quatre catégories :

- i) les *SIG* proprement dits, systèmes complets, riches en fonctionnalités et opérant sur des matériels de gamme moyenne ou haute (stations de travail, minis et « mainframes »), pour des coûts moyens variant de 200 KF à 1 MF ;
- ii) les *SIG sur micro-ordinateurs*, moins performants et moins riches en fonctionnalités, opérant sur des matériels de type compatibles PC (386 minimum), pour des coûts moyens de l'ordre de 100 à 200 KF (logiciel et matériel) ;
- iii) les *logiciels de cartographie thématique et statistique*, qui permettent d'effectuer sur des matériels de type compatibles PC la saisie et la présentation cartographique de données statistiques, mais pas de gérer de gros volumes de données géographiques,

et qui ne nécessitent que des investissements relativement réduits (50 à 100 KF pour un système complet) ;

- iv) les *logiciels dédiés* à des applications spécifiques, tels que les logiciels de topographie développés le plus souvent à partir d'outils de CAO, et dont les fonctionnalités sont limitées.

Le travail de choix du SIG à partir des exigences du cahier des charges réclame des compétences multiples. Il doit être confié à des spécialistes à la fois dans le domaine de l'informatique et dans celui du traitement des données géographiques. Ces spécialistes peuvent être choisis localement lorsque les compétences existent, que ce soit au sein du service informatique ou des services techniques. Mais, comme pour la rédaction du cahier des charges, il est toujours utile et souvent nécessaire de faire également appel à des consultants extérieurs qui présentent justement l'avantage de ne pas faire partie de l'organisation et de n'avoir aucun intérêt particulier à défendre. Quoiqu'il en soit, la responsabilité du choix incombera au chef de projet, lui-même responsable de la cellule de conduite du projet.

4. INSTALLATION ET DÉMARRAGE

La mise en œuvre et l'utilisation d'un SIG dans un contexte urbain requièrent la constitution préalable d'une Banque de Données Géographiques (BDG) ou d'une Banque de Données Urbaines (BDU). Trop souvent négligée, ou insuffisamment étudiée, cette opération coûteuse à la fois en temps et en argent conditionne la réussite du projet.

Trop ambitieuse en volume ou en précision, elle rendra le cahier des charges rapidement obsolète au niveau des applications, du fait du retard apporté à leur démarrage. Elle risque également d'entraîner des mises à jour en chaîne.

Trop peu précise et insuffisamment riche, elle peut occasionner un désintérêt dû au manque de précision ou de richesse des données stockées.

Afin d'éviter ce type d'ennuis, il est donc nécessaire :

- (i) d'évaluer les temps et les coûts de constitution de la BDG ;
- (ii) de préparer avec attention la collecte et la saisie des données de tous types, mais plus encore des données de nature géographique (documents cartographiques, photographies aériennes) ;
- (iii) de définir un plan de charge et d'établir des priorités dans le démarrage des applications. Ce travail préparatoire permet d'organiser la saisie de façon à démarrer rapidement les applications peu exigeantes en matière de données numérisées.

Il est nécessaire, avant toute chose, de *recenser* d'une part *les sources* potentielles d'informations, qu'il s'agisse de cartes papier,

de données non-cartographiques (statistiques ou données de recensements par exemple), ou bien de photographies aériennes ou satellitaires ; d'autre part les données nécessaires pour chacune des applications prévues. Ceci doit permettre *d'établir des priorités* dans les travaux de saisie et dans la constitution de la banque de données, et de mettre au point des plannings de saisie.

Il faut également envisager la possibilité de *recupérer des données* déjà enregistrées sous forme numérique, et stockées dans des fichiers ou dans des bases de données sous différents formats. Il ne faut pas non plus oublier les nouvelles perspectives offertes par la mise sur le marché de données cartographiques numériques, principalement à l'initiative de l'Institut Géographique National en France.

Il faut enfin décider qui prendra en charge la saisie des informations. Cette opération est longue, fastidieuse et coûteuse, et il ne faut pas hésiter à confier tout ou partie de ce travail à des sous-traitants extérieurs qui ont à la fois l'habitude et l'expérience dans ce domaine.

Concernant la *réception du produit*, il est nécessaire de prévoir des tests, à la fois sur le matériel (dès son arrivée) et sur le logiciel, au fur et à mesure du démarrage des applications et en fonction des données disponibles. La recette doit donc se faire par étapes.

Il est en effet très difficile *d'évaluer* les capacités et les performances réelles d'un système informatique. Rien ne remplace l'expérience « en vraie grandeur », et celle-ci n'est possible que lorsqu'un volume suffisamment important de données est disponible. Un produit peut parfaitement fonctionner sur une petite banque de données, et « s'écrouler » lorsqu'on atteint un certain seuil ! La conformité au cahier des charges n'est donc pas suffisante, sauf si celui-ci prévoit explicitement ces différentes phases et cette montée en charge. Il est important de prendre des garanties à ce sujet, avec assistance technique et pénalités éventuelles.

II

LES PIÈGES A ÉVITER DANS LA MISE EN ŒUVRE D'UN SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

Henri PORNON

1. LE SIG, UN SYSTÈME D'INFORMATION

Le système d'information géographique d'un organisme, comme tout système d'information, ne doit pas être réduit à sa seule composante technique (matériels, logiciels, applications et données). La prise en compte des contraintes économiques, des individus qui vont le mettre en œuvre et du contexte organisationnel est un facteur déterminant de la réussite des projets. La démarche de mise en œuvre d'un SIG va donc nécessiter des réflexions et des choix à quatre niveaux : techniques, économiques, humains et organisationnels.

2. QUELS PROBLÈMES POSE LA MISE EN ŒUVRE D'UN SIG ?

Comme tous les grands projets informatiques, les projets de SIG comportent un certain nombre de pièges et de contraintes susceptibles de les conduire à l'échec plus facilement qu'à la réussite.

2.1. Aspects techniques

Il s'agit de technologies nouvelles, que l'organisation ne maîtrise en général pas encore au moment où elle doit prendre des

décisions. On va donc collecter des besoins auprès de futurs utilisateurs qui confondent souvent encore armoire à plans, CAO et SIG, puis choisir un outil sur la base de ces besoins pour comprendre une fois l'outil installé qu'il aurait été possible d'envisager d'autres utilisations. Il s'agit de technologies qui évoluent rapidement, au point que la première génération de matériels et logiciels n'a souvent pas le temps de devenir opérationnelle avant d'être obsolète, les cycles de vie des projets étant souvent très longs.

2.2. Aspects économiques

Les projets de SIG sont souvent des projets coûteux dont la rentabilité n'est pas immédiate et est difficilement mesurable *a priori* et *a posteriori*. Ils entrent en concurrence dans les organisations avec des projets dont l'impact (utilité ou rentabilité) sera plus facile à vérifier, et doivent donc être justifiés par un bon argumentaire économique.

2.3. Aspects humains et organisationnels

Qu'on le veuille ou non, le SIG aura un impact sur l'activité des hommes et le fonctionnement de l'organisation. Il est susceptible de changer la vie et les habitudes de travail de ses utilisateurs, d'interférer dans le fonctionnement des services et dans l'équilibre organisationnel, de bousculer les rapports de forces, les relations de pouvoir. C'est un outil horizontal qui traverse toutes les branches hiérarchiques et subdivisions de l'organisation. Sa réussite suppose une coopération minimale des services, ce qui peut constituer une révolution culturelle dans certaines organisations très « balkanisées ». C'est aussi un outil vertical qui intéresse tous les niveaux de la hiérarchie. C'est pour les décideurs, un outil d'aide à la décision, pour les ingénieurs, un outil de gestion et d'analyse, pour les dessinateurs, un outil de production de cartes, et pour les administratifs, un outil de consultation.

Une autre difficulté est liée à l'instabilité des organisations. Les changements fréquents de structure (réorganisation des services), de personnes (notamment de décideurs ou de responsables des projets), et plus généralement les événements qui affectent l'organisation (projets de services, démarches qualité, autres projets informatiques ou relatifs à des nouvelles technologies) sont des aspects avec lesquels le projet de SIG doit composer.

2.4. Aspects stratégiques

Les projets de SIG doivent être mis en œuvre avec des objectifs à long terme qui demandent un effort d'anticipation important aux décideurs. Outre les difficultés que peuvent avoir des décideurs à prendre des décisions dont les échéances dépassent le cadre de leurs mandats, les organisations ont de plus en plus de mal à prendre des décisions d'investissement à long terme dans un contexte économique très instable et mouvant, et dans un domaine technologique lui-même en perpétuelle évolution.

2.5. Aspects méthodologiques

Des difficultés constatées dans les paragraphes précédents découlent des contraintes méthodologiques. La première est qu'une organisation peut rarement espérer cerner tous ses besoins avant la mise en œuvre du SIG. D'une part les futurs utilisateurs ne connaissent pas suffisamment les possibilités de l'outil, d'autre part, sa mise en œuvre fait invariablement apparaître de nouveaux besoins. Il est donc souvent illusoire d'espérer spécifier tous les besoins en données et en applications avant la mise en œuvre.

Un certain nombre de SIG se rapprochent des systèmes informatiques de gestion par le fait qu'on peut espérer, en consacrant le temps nécessaire aux études préalables, pré définir le système, ses fonctionnalités, ses traitements à partir de procédures techniques ou administratives, et les données requises : c'est le cas des applications de gestion (réseaux, droit de l'urbanisme...). En revanche, pour certaines applications d'aide à la décision (aménagement du territoire, environnement...), on ne sait pas toujours à l'avance spécifier les données utiles ni les traitements prévisibles. Dans ce contexte, les méthodes informatiques traditionnelles ne sont pas toujours adaptées.

3. LES ASPECTS TECHNIQUES

3.1. L'outillage informatique

Pour bon nombre de futurs utilisateurs, le choix des outils est l'étape la plus importante de la démarche. Il existe aujourd'hui suffisamment d'expériences réussies avec des SIG de niveau très moyen, et inversement, de projets en échec avec des SIG très performants, pour qu'on puisse affirmer qu'il ne s'agit que d'une étape importante, mais pas fondamentale. La cohérence de plus en plus grande de l'offre et son évolution rapide conduisent également à

relativiser les aspects concernant l'outillage informatique. Cependant, même s'il ne faut pas se focaliser sur les outils dans la démarche de mise en œuvre d'un SIG, le problème de leur choix se pose toujours à un moment ou à un autre et ne doit pas être négligé. Il est, en effet, lourd de conséquences au plan opérationnel et financier. Le choix sera d'autant plus hasardeux qu'on aura négligé les étapes préalables. Il sera inversement facilité s'il découle d'une bonne analyse de l'existant et des besoins, d'une bonne formulation du projet et se fonde sur des objectifs et une stratégie de mise en œuvre.

Que va-t-on faire avec le SIG ? A quoi va-t-il être utilisé ? Quels outils matériels, périphériques et logiciels sont requis ? Quels concepts ? Quelles applications ?

Il est important de se poser ces questions dans les études préalables, mais on peut mettre en évidence quelques problèmes susceptibles d'être rencontrés à ce stade.

Le premier est qu'on n'aura jamais fait le tour des réponses à ces questions avant de faire les choix. On mettra en place une architecture informatique sans connaître la configuration finale et on choisira un logiciel sans avoir identifié tous les besoins. Dans la plupart des projets en effet, on ne peut pas identifier à l'avance tous les futurs utilisateurs ni toutes les applications qui seront mises en œuvre à partir du SIG. Il est même préférable de ne pas essayer de cerner la totalité des besoins, ce qui entraînerait l'organisme dans des études longues, coûteuses et démobilisantes, et n'éliminerait pas le risque de voir émerger de nouveaux besoins après quelques mois d'utilisation. Mieux vaut de ce point de vue, se concentrer sur l'évaluation des besoins de quelques services, motivés et susceptibles de servir de vitrine interne à l'organisation, et mettre en place une architecture et des outils évolutifs dans ces services, en prévoyant d'équiper ultérieurement les autres au rythme de leur sensibilisation et des ressources financières.

Le second est que la satisfaction d'un besoin peut être réalisée avec des outils de rapport qualité prix très variables, ou avec des architectures très différentes. Ainsi une agence d'urbanisme peut s'équiper de quelques licences de SIG bon marché sur PC (type MAPINFO, MACMAP ou GEOCONCEPT) pour réaliser des études et des cartes thématiques à l'îlot, ce qui lui coûtera en investissement quelques dizaines ou quelques centaines de milliers de francs, mais elle peut également investir dans une application plus ambitieuse, en numérisant la totalité du cadastre de son territoire, voire en faisant réaliser un plan photogrammétrique à moyenne échelle, et en s'équipant d'un SIG multipostes et multifonctions (type APIC ou ARC/INFO) sous UNIX installé dans plusieurs services, pour un budget de quelques millions de francs.

Ces solutions ne rendent pas le même service, mais correspon-

dent à des stratégies de mise en œuvre et à des objectifs différents. La première coûte moins cher, présente moins de risques d'échecs, mais offre un intérêt limité. Elle devra évoluer à court ou moyen terme. Elle permet toutefois de sensibiliser les individus et d'obtenir rapidement des résultats. La seconde est plus délicate à mettre en place, suppose un accompagnement humain plus consistant, permet d'aller plus loin sans changer d'outils, mais ne fournira des résultats qu'après un délai de montée en charge conséquent (numérisation du cadastre, installation des logiciels, prise en main des utilisateurs, développement d'applications...). L'Agence d'urbanisme ne pourra choisir entre ces deux options que si des objectifs ont été clairement définis, et si des études préalables ont mis en évidence les avantages et inconvénients respectifs des deux hypothèses dans le contexte de l'organisme.

Enfin le troisième point délicat est celui des applications. Les logiciels SIG sont le plus souvent des boîtes à outils de fonctionnalités pourvues d'une interface utilisateur standardisée que seuls des spécialistes de la géomatique peuvent manipuler. L'adaptation du logiciel aux métiers et au vocabulaire de l'organisme suppose en général le développement d'applications. La prise en compte de la multiplicité des métiers et des besoins correspondants et la spécification de leurs applications est une des difficultés couramment rencontrées dans les études préalables. Il faudrait en théorie avoir traité complètement cet aspect avant de faire un choix de système, mais il est rare qu'on puisse le faire. Les impératifs de mobilisation des personnes et les contraintes liées à leur manque de compétence initiale en géomatique conduisent à limiter la complétude des études préalables. Que l'on pense au grand nombre de domaines abordés dans les collectivités territoriales. On trouve cependant aujourd'hui de plus en plus d'applications standardisées sur le marché (patrimoine, droit de l'urbanisme, gestion de réseau, gestion des routes...).

Parmi les choix à effectuer au niveau de l'outillage informatique, on peut évoquer les aspects relatifs aux matériels (stations de travail sous UNIX ou compatibles PC sous MS-Windows), aux logiciels SIG de base (usine à gaz multipostes à quelques millions de Francs, qui satisfait (presque) tous ses besoins, ou petit logiciel « jetable » bon marché coûtant quelques dizaines de milliers de francs par licence et susceptible de résoudre très rapidement 30, 50 ou 70 % de ses besoins), à l'articulation entre noyau logiciel et applications (noyaux graphiques ouverts avec ou sans applications et/ou des logiciels applicatifs prêts à l'emploi, spécialisés, mais moins polyvalents), aux applications (sur mesure ou prêt à porter, solutions toutes faites ou solutions adaptables à son cas)...

On notera enfin que les architectures et les plates-formes informatiques choisies et mises en œuvre risquent de devenir rapide-

ment obsolètes. Ainsi, Rouet (1992) remarque que « vu l'évolution très rapide des prix et des technologies, il n'est pas possible de choisir en toute certitude le meilleur environnement technologique à moyen terme ». Il faut en tenir compte dans la formulation et la réalisation du projet.

3.2. Les données

Personne n'ignore aujourd'hui que les données sont l'aspect technique le plus délicat et représentent le principal coût de mise en œuvre (couramment de 60 à 80 % de l'investissement). Les logiciels et les équipements informatiques se renouvellent régulièrement, mais les données doivent pouvoir être maintenues car elles constituent la mémoire de l'organisation et du territoire et que le cycle de vie des éléments physiques (routes, cours d'eau, arbres, canalisations, constructions...) est beaucoup plus long que celui des machines informatiques. Quelques questions doivent être posées. Quelles données sont nécessaires ? Lesquelles sont disponibles ? Comment va-t-on réaliser la collecte et la saisie des données ?

Qu'il s'agisse de données de « fonds de plan » (données administratives telles que cadastre, données physiques telles que routes, cours d'eau...) ou de données métier (canalisation des réseaux, zonages environnementaux, captages et périmètres de protection...), l'intégration à la base de données SIG peut se faire de trois façons :

- la numérisation de plans et cartes existants (solution rapide, mais dans laquelle la qualité du résultat dépend de celle des données de base),
- l'achat d'une base de données externe (on devra alors vérifier qu'elle correspond à un nombre suffisant de besoins, et comparer son coût avec une solution sur mesure),
- la réalisation d'une saisie terrain par la méthode topographique (grandes échelles), photogrammétrique (moyennes échelles) par GPS ou par l'image satellite (petites échelles). Cette possibilité est la plus coûteuse, quelle que soit la méthode retenue, et doit donc être soigneusement justifiée techniquement et économiquement.

On rencontre les mêmes difficultés pour la définition des besoins en données que pour les aspects relatifs à l'outillage informatique. Les utilisateurs sont sollicités pour exprimer une demande à un stade où leur compréhension des SIG est souvent incomplète, voire partiellement erronée. Pour ceux dont la vision initiale du SIG est celle d'un outil d'archivage informatique de plans, la demande s'exprimera sous forme de plans, et aboutira à une numérisation de données faiblement structurées. Un piège dans lequel tombent de nombreuses organisations est la confusion entre préci-

sion et qualité (« Des données précises sont des données de bonne qualité »). Les caractéristiques géométriques des données (tracé routier) ont certes de l'importance, mais les aspects relatifs à la qualité sémantique (route nationale ou départementale) et à l'organisation (relation entre routes et carrefours) comptent autant pour celui qui est en charge de la gestion des routes d'un territoire.

La spécification des besoins en données n'est pas seulement un problème technique (quels objets, quelle géométrie, quels attributs, quelle représentation, quelles relations...). D'autres éléments doivent être pris en considération : le coût d'acquisition (plus les spécifications sont ambitieuses, plus les données sont chères, et la facture augmente en général de façon exponentielle), le mode de mise à jour (qui va mettre à jour les données, dans quelles conditions, les moyens sont-ils suffisants), le délai de constitution de la base de données (si le délai d'acquisition des données est trop long, on court le risque d'une démobilitation des utilisateurs qui n'attendront pas leurs données cinq ou dix ans). Il faut le plus souvent trouver un compromis entre ces exigences contradictoires, la priorité devant être donnée à la rapidité de mise en œuvre du système, même si la base de données n'a pas immédiatement toutes les qualités requises.

Un autre piège relatif aux données est la nécessité d'arbitrer entre des besoins différents suivant les services. Les uns peuvent se contenter de données peu précises, mais souhaitent en disposer rapidement et mettront l'accent sur l'information alphanumérique associée (exemple : îlots pour la représentation des données de recensement). Les autres accordent inversement une grande importance à la géométrie (les mêmes îlots, pour la définition des alignements et la délimitation domaine public/domaine privé). Pour certains, la bonne représentation d'une route est linéaire (définition d'itinéraires). Pour d'autres, il s'agit de celle de son emprise ...

Le choix des données doit donc être fait avec pragmatisme, en accord avec les objectifs et la stratégie de mise en œuvre, et avec le souci de concilier court terme (avoir des données exploitables rapidement) et long terme (objectif mémoire de l'organisation). Il doit s'opérer sur des critères d'utilité réelle (résultat) et non sur des considérations d'intérêt. Les données et la précision coûtent cher et peuvent être une source de gaspillage.

3.3. Synthèse des aspects techniques

Qu'il s'agisse des outils informatiques ou des données, les aspects évoqués dans les paragraphes précédents mettent en évidence que les choix doivent être faits en fonction de considérations stratégiques. Souhaite-t-on privilégier les objectifs à court terme ou

à long terme ? Préfère-t-on un service limité à coût réduit ou un service étendu à coût élevé ? Quelles évolutions sont prévisibles dans l'hypothèse du choix des différentes solutions ? Quel scénario préfère-t-on ? Quelles contraintes financières, humaines, organisationnelles et institutionnelles pèsent sur le choix ?

4. LES ASPECTS HUMAINS ET ORGANISATIONNELS

4.1. Les difficultés prévisibles

Dans la mise en œuvre d'un SIG, les problèmes les plus délicats sont liés aux aspects organisationnels et humains. Bon nombre de projets, bien préparés sur les plans techniques et économiques, connaissent des difficultés de cet ordre. L'intégration d'un SIG à une organisation nécessite un accompagnement du changement, des étapes de négociation avec les acteurs, auxquels seront demandés de la discipline, une bonne coopération et le respect de règles de fonctionnement, et parfois des adaptations dans l'organisation.

On a longtemps mis en œuvre dans les organisations des applications informatiques en les considérant sous le seul aspect des améliorations et des solutions techniques qu'elles proposaient, et en négligeant l'étape indispensable de leur appropriation par les individus et de leur insertion dans le fonctionnement de l'organisation. La mise en œuvre d'un SIG est susceptible de bouleverser les habitudes des individus, et les relations de pouvoir établies et donc de nécessiter un effort d'adaptation de ou à l'organisation. Il faut donc d'une part s'interroger sur la capacité des individus à s'approprier l'outil, ce qui nécessitera des actions de sensibilisation et de « vente » du projet en interne, d'autre part examiner les difficultés organisationnelles que peut générer l'introduction du SIG et prévoir les interventions appropriées (implication de décideurs, conduite du changement...).

Dans toutes les organisations, on rencontre des habitudes d'autonomie, des difficultés de communication, une redondance de moyens logistiques, notamment informatiques, des stratégies divergentes, des conflits de pouvoir, parfois des situations de blocage... Il ne faut pas attendre du SIG qu'il résolve ces problèmes et supprime les dysfonctionnements par sa seule présence. Il peut, à condition que l'aspect organisationnel soit pris en compte dès l'étude de faisabilité, servir de catalyseur pour le changement. Mais il peut aussi jouer le rôle de révélateur ou d'amplificateur des problèmes si sa mise en œuvre est faite sans mesures d'accompagnement au plan humain et organisationnel.

Une des sources de difficultés provient du fait que de nombreux services peuvent être concernés par un tel outil (urbanisme,

topographie, services gestionnaires de réseaux, informatique, services administratifs...), et que chacun des interlocuteurs a une vision différente de ce que doit être le SIG : l'urbaniste, mettra l'accent sur l'analyse et la cartographie thématique, le topographe sur l'archivage de données (fiabiles et précises), l'informaticien, sur l'administration d'une base de données cohérente, les gestionnaires sur la disponibilité d'applications métiers, et ces différentes visions aboutiront souvent à des spécifications très différentes pour les données ou la définition du bon outil logiciel. Dans un contexte de concurrence ou de conflit entre services, il sera alors facile aux uns de se prouver que les autres ne prennent pas la bonne direction et de mettre en œuvre un projet parallèle visant à maintenir une situation de pouvoir et d'autonomie acquise. On voit ainsi se multiplier les projets de SIG dans certaines grandes organisations (un projet par direction...).

4.2. Des solutions à ces problèmes ?

Il ne faudrait pas déduire de cette vision des organisations que la mise en œuvre d'un SIG est forcément vouée à l'échec. La plupart des organisations vivent, fonctionnent et jouent le rôle qui leur est assigné malgré ces dysfonctionnements. Il n'y a pas de recette miracle ni de solution générale à ce type de difficultés. On peut toutefois donner quelques conseils. Le premier est tout simplement de ne pas négliger ni sous-estimer ces aspects dans la conduite d'un projet et de ne pas attendre que les obstacles soient dressés pour chercher des solutions. Le second est que la direction doit être impliquée dans le projet dès les phases d'étude, ce qui a le plus souvent un effet moteur et mobilisateur, et permet d'obtenir plus rapidement les réponses aux questions organisationnelles. Au-delà de la prise de décision, son rôle est en effet de communiquer son intérêt pour le SIG et son intérêt à la mise en œuvre du projet. Le troisième est qu'il faut s'appuyer sur les équipes et les individus motivés pour mettre en œuvre des projets pilotes, ce qui aidera à surmonter les résistances, l'individualisme, la démotivation et les problèmes humains. Dans le cas général, il ne s'agit que d'un problème classique de « management » humain et organisationnel.

Dans les cas les plus difficiles, quand les dysfonctionnements sont trop importants, il faut faire appel aux outils organisationnels tels que projets d'entreprise (mairie), audits d'organisation ou autres moyens aptes à aider à recréer une dynamique et à débloquer et faire évoluer la situation.

4.3. Les problèmes organisationnels au quotidien

Après que l'analyse de l'existant ait mis en évidence les fonctions des individus, l'organisation réelle des services, les relations et les échanges entre acteurs, il faut prévoir une organisation des moyens et des tâches du SIG. Il faut donner la responsabilité du SIG à un service, affecter si nécessaire des individus à ce service, et définir les droits et devoirs des autres services (notamment pour ce qui concerne la mise à jour des données).

La responsabilité du SIG dans une collectivité peut être confiée au service informatique, à un service technique (urbanisme, réseau...), au service topographique ou à un service SIG créé pour l'occasion. Chacune de ces solutions présente des avantages et des inconvénients et le choix sera différent d'une organisation à l'autre en fonction du contexte local.

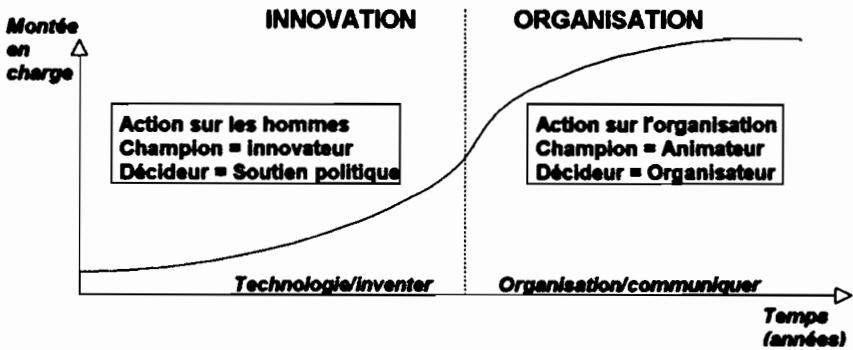
Tableau 1 – Analyse des modes d'utilisation

SERVICE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Informatique	Compétence technique, coordination, service non utilisateur donc « neutre »	Souvent débordé par l'informatique de gestion, parfois en situation de conflit permanent avec les utilisateurs
Service technique	Directement intéressé par le SIG pour ses besoins	Risque d'appropriation de l'outil au détriment des autres services
Topographie	Déjà prestataire des autres services et coordinateur dans l'organisation	Manque d'autorité et vision du SIG parfois limitée
Service SIG	Permet de réunir une équipe pluridisciplinaire	Changement dans l'organisation, quelle place dans l'organigramme ?

Il faut ensuite définir les modes d'utilisations du SIG. On préfère en général que chaque service ait la responsabilité de la mise à jour des données de son métier, et que le service en charge du SIG assure la maintenance des données générales communes à tous les services (fonds de plan cadastral, topographique ou photogrammétrique...). Il faut par ailleurs fixer les droits d'accès des utilisateurs aux différentes classes ou couches d'objets de la base de données.

Au-delà des problèmes techniques de fonctionnement au quotidien évoqués dans le paragraphe précédent (droit d'accès des utilisateurs, mise à jour et administration...), on constate que le bon

Les organisations et le processus d'innovation



fonctionnement d'un SIG nécessite une réflexion sur l'organisation. Pour que l'outil soit réellement coopératif, il ne suffit pas de définir des règles. Il faut également les faire appliquer, ce qui suppose un effort de négociation permanent. La mise en œuvre d'un SIG est souvent l'occasion, surtout si on n'a pas abordé cet aspect dans les études préalables, de découvrir les problèmes et les dysfonctionnements de l'organisme. Il peut même jouer un rôle de catalyseur. À l'inverse, s'il est bien introduit, il peut améliorer la coordination, la communication et la coopération entre les services, mais ceci est un travail de longue haleine.

5. QUELQUES QUESTIONS DE MÉTHODE

5.1. Les problèmes posés

La mise en œuvre d'un système d'information géographique comporte de nombreux pièges. Croire qu'on peut mettre en œuvre un SIG sans méthode en est un, même si on peut citer des cas d'organismes ayant fini par disposer d'un outil opérationnel en ayant suivi des trajectoires improvisées. L'absence de démarche organisée a dans ce cas souvent occasionné des retards, des dépassements de coûts et des difficultés organisationnelles conséquentes. Croire qu'il existe une bonne méthode susceptible de convenir à toutes les organisations est un autre piège. De nombreux itinéraires permettent d'aller vers le SIG opérationnel. Certains sont plus proches des utilisateurs : maquettage, prototypage, projets pilotes. D'autres sont plus proches des organisateurs et des informaticiens : études de fai-

sabilité, spécifications détaillées et méthodes de conduite de projet informatique traditionnelles.

Un autre problème important est la délimitation du projet de SIG et la prise en compte des besoins des utilisateurs : ceux-ci peuvent exprimer des besoins trop limités, correspondant à une vision de type « DAO » ou « armoire à plan électronique ». S'en tenir à ces besoins n'est pas souhaitable, car leur réévaluation se fera très rapidement dès la disponibilité d'un outil qui fera prendre conscience aux utilisateurs du potentiel réel des SIG. Inversement, ils espèrent parfois du SIG beaucoup plus que celui-ci peut donner, ou expriment plus simplement des besoins irréalistes : ainsi en est-il de ces projets de gestion de patrimoine dans lesquels on prévoit de gérer dans un espace tridimensionnel tout le mobilier (table, chaises, armoires...) et toutes les fournitures courantes d'un bâtiment (prises électriques, interrupteurs, poignées de portes et autres composants) et dont l'acquisition de la base de données initiale et la tenue à jour sont hors de portée de la plupart des organisations. La difficulté consiste également à trouver un juste milieu, entre besoins identifiés et besoins anticipés, de façon à ce que le SIG dispose d'une marge d'évolution. Elle consiste enfin à vérifier l'utilité réelle des demandes, et donc à valider la pertinence des besoins exprimés.

Beaucoup de projets dans lesquels cette hiérarchisation et cette validation des besoins n'ont pas été fait aboutissent à un cahier des charges incohérent, mouton à cinq pattes, véritable catalogue « à la Prévert » pour lequel le choix d'un fournisseur est difficile et la mise en œuvre aléatoire.

La démarche qui consiste à équiper les services progressivement et au coup par coup est d'un grand intérêt, notamment sur le plan économique, mais il est alors préférable qu'elle s'appuie sur une réflexion préalable globale et sur la définition d'un projet coordonné, de façon à éviter les gaspillages de ressources et les redondances (données, applications). Il n'est pas rare de voir dans les organisations, un service jouer le rôle de franc-tireur, et s'équiper avant les autres, en dehors de toute coordination. Cette manifestation d'indépendance vis-à-vis de l'organisation peut avoir des conséquences positives ou négatives. Si la démarche est coordonnée avec le projet organisationnel, elle peut permettre de sensibiliser les autres services au concept de SIG et de contribuer ainsi à l'avancement du projet global. Ceci suppose toutefois que l'outil acquis soit conçu comme un outil provisoire et que des dispositions soient prises pour pouvoir transférer les données dans le futur système. Dans le cas inverse, une telle démarche crée une difficulté supplémentaire et perturbe la mise en œuvre du projet général.

L'erreur qui consiste à se focaliser sur les outils (le choix du logiciel) a déjà été évoquée et est simplement rappelée ici. Outre la

relativité de cet aspect dans les chances de réussite d'un projet, il faut également mentionner que les choix ne se font pas de façon intrinsèque (le meilleur logiciel !), mais par référence à un projet, des objectifs, des contraintes et une situation organisationnelle.

La gestion du temps est un aspect capital de la mise en œuvre d'un SIG, d'autant que plusieurs cycles de longueurs différentes se superposent à un moment donné : cycle de vie des données, lié à celui du territoire (en général très long : 50 ans pour une canalisation, plusieurs siècles pour un cours d'eau), cycle de vie de l'organisation et de ses évolutions (également très lent, lié au rythme des évolutions culturelles, soit une génération humaine), cycle des structures organisationnelles et des affectations de personnes (souvent quelques années, parfois moins), cycle d'obsolescence de l'outillage informatique (actuellement : 2 à 3 ans). La mise en œuvre d'un SIG oblige donc à une certaine modestie (« sous le pont Mirabeau coule la Seine », avec ou sans SIG) et à une prise en compte des aspects temporels. Tous les projets comportent une dimension à long terme (constitution d'une mémoire de l'organisation pour le futur) mais doivent être opérationnels avant cette échéance, et produire des résultats partiels à court terme, en particulier pour maintenir l'adhésion des décideurs et des utilisateurs.

Un autre point délicat est la maîtrise de la montée en charge du projet, notamment l'installation progressive des équipements informatiques et l'acquisition des données. Cet aspect pose des problèmes techniques (quelles spécifications pour les données), économiques (quels moyens affectés chaque année), et organisationnels (qui va réaliser les contrôles de qualité avant incorporation dans la base).

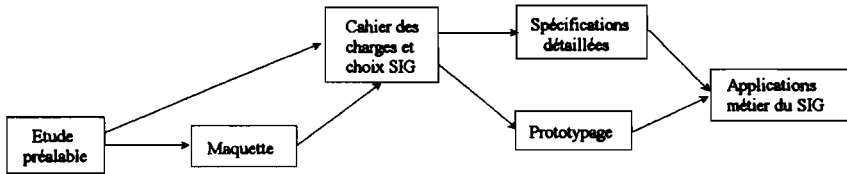
L'idéal est que la mise en œuvre du système d'information géographique s'appuie sur des fondations solides : réflexion d'ensemble, formalisée par une étude préalable abordant les aspects techniques, économiques, humains et organisationnels, définition et planification d'objectifs à court terme, moyen terme, et long terme et des moyens affectés à leur réalisation. La première difficulté consiste cependant à faire définir des objectifs par des décideurs peu sensibilisés à un tel outil.

Un grand nombre de méthodes peuvent être utilisées aux divers stades de mise en œuvre du projet. On peut les regrouper dans quelques catégories et donner quelques indications bibliographiques.

Plusieurs méthodes de conduite de projet proposent des enchaînements d'étapes pour la mise en œuvre du projet. Elles s'appuient en général sur le même schéma général en cinq phases proposé par (Bédard, 1993) : émergence (étude d'opportunité), définition (planification détaillée du projet), réalisation (description des modules, programmation), terminaison (implantation du projet, maintenance),

opération (maintenance). On pourra ainsi consulter par exemple (Bernard, 1991) ou (Pornon, 1992). Dans tous les cas, le projet est lancé à partir d'une étude préalable, (étude d'opportunité plus stratégique ou étude de faisabilité plus technique) qui est la base à partir de laquelle les autres étapes pourront être lancées. A ce stade, plusieurs itinéraires de mise en œuvre sont envisageables, comme le mettent en évidence Pantazis (1994) et le graphique suivant.

Quelques itinéraires envisageables



Le projet peut passer par les phases classiques d'élaboration de cahier des charges, de choix de logiciel, de spécifications détaillées et de développement « d'applications-métier ». C'est l'itinéraire traditionnel des informaticiens, qui apporte une grande rigueur méthodologique, mais ne prend pas toujours correctement en compte les besoins des utilisateurs, qui sont souvent mal définis au stade de l'élaboration des spécifications et qui évoluent avec la découverte de l'outil logiciel et de ses possibilités. Le prototypage est un autre itinéraire plus proche des utilisateurs, mais qui suppose de disposer d'ateliers de génie logiciel, et qui consiste à mettre au point les applications en associant les utilisateurs de façon plus interactive. On peut aussi avoir recours au maquettage à la suite de l'étude préalable, s'il s'avère nécessaire de sensibiliser des décideurs ou de futurs utilisateurs avant de passer aux étapes opérationnelles du projet. Le prototypage se réalise avec les outils du projet et conduit à des applications en vraie grandeur, alors que le maquettage fait appel à de petits logiciels bon marché sur lesquels on réalise des maquettes d'applications dont l'objectif est surtout d'être démonstratives.

Plusieurs méthodes sont ensuite utilisables à des stades particuliers : ainsi, pour l'évaluation économique des projets, on réalise souvent des études « coûts/avantages » (également appelées « coûts/bénéfices »), mais d'autres démarches sont possibles (analyse de la valeur par exemple). Toutes les méthodes d'analyse informatique peuvent être utilisées au stade des spécifications détaillées, pour la définition de la base de données et des applications. MERISE est la plus connue en France, mais d'autres utilisent SADT (Structured Analysis and Design Technique), HBDS (Hypergraph Based Data Structure), HOOD (Hierarchical Object Oriented Design) ou d'autres « méthodes-objet » ou non... Pour en savoir

plus sur ces diverses méthodes, on pourra consulter (Pierreval, 1990) ou (Aulent, 1990).

Le projet doit être porté par un technicien issu des rangs des utilisateurs, ayant une forte personnalité, une bonne connaissance de l'organisation, une culture informatique et un certain savoir-faire relationnel. Le rôle de ce « champion » du projet est capital dans un tel processus d'innovation. La direction informatique doit s'impliquer dans le projet pour faire prendre en considération les contraintes de cohérence informatique de l'organisation et apporter la compétence méthodologique dont elle dispose. Des représentants des services utilisateurs doivent également être associés aux différentes étapes du projet. C'est d'une part une façon de sensibiliser les futurs utilisateurs, d'autre part le moyen de vérifier que le projet est en prise avec la réalité. Enfin, un décideur (ou un groupe de décideurs) doit s'impliquer activement dans le projet, pour montrer l'intérêt que la direction porte au projet, pour faire prendre en compte par les utilisateurs les objectifs stratégiques de l'organisation, et pour résoudre les problèmes éventuels relevant de sa compétence (humains et organisationnels). On peut par ailleurs envisager d'associer un consultant externe à la réflexion préalable et à la mise en œuvre du projet.

***EXEMPLES DE SYSTÈMES
D'INFORMATION URBAINS***

II

UN SIG AU SERVICE D'UNE GRANDE RÉGION MÉTROPOLITAINE : L'EXEMPLE DE L'ILE-DE-FRANCE

André BALLUT-IAURIF

Une grande région métropolitaine comme l'Ile-de-France, doit, pour faire face à ses besoins de prévision ou de planification, disposer de données relatives à la population, au logement, et surtout à l'usage du sol, qui soient à la fois à jour, adaptées aux besoins et localisées géographiquement.

Les sources des informations collectables sont variées et l'intérêt d'un SIG est précisément de permettre une cohérence entre toutes ces données.

Ces différents points sont abordés à travers une expérience de près de quinze ans en Ile-de-France, d'un SIG basé géographiquement sur un inventaire des modes d'occupation du sol (MOS).

1. L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE COMME AIDE A LA DÉCISION

Une grande région métropolitaine comme l'Ile-de-France, doit faire face à des défis permanents, que ce soit pour la gestion de son territoire ou pour la prévision dans le temps de l'implantation d'équipements ou de zones de développement.

Le milieu urbain et péri-urbain est complexe, c'est un espace multifonctionnel utilisé pour des échanges économiques et sociaux, soumis à différents niveaux d'intervention.

L'inertie de l'urbanisation, comme celle des investissements des

grands services publics, impose des études prospectives particulièrement poussées faisant appel à des données nombreuses (les facteurs à prendre en compte sont de plus en plus nombreux) et de volumes considérables. Seuls les systèmes d'information géographique (SIG) permettent de répondre à ce besoin de prévision à terme, en produisant des éléments d'analyse ou de scénarios, en utilisant des données qui doivent être à la fois dynamiques et localisées.

Les décisions de planification régionale doivent donc s'appuyer sur un ensemble d'informations pertinentes qui, par conséquent, deviennent un élément primordial de l'aide à la décision, qu'il s'agisse de mesurer des quantités, des ordres de grandeur ou des tendances d'évolution.

En Ile-de-France, un SIG fonctionne depuis 1984, avec, comme base référentielle géographique, l'inventaire des modes d'occupation du sol (MOS). C'est cet aspect qui sera essentiellement développé ici, mais ce qui est valable pour les données sur l'usage du sol peut être étendu aux autres types de données.

1.1. Les types d'informations et leurs formes

Dans une grande région métropolitaine la première famille d'informations concerne la *population* et, en corollaire, le *logement*.

La deuxième famille dépend en quelque sorte de la première et concerne les données économiques : *types d'activités* et *emplois*.

Cette population exerce ses activités sur un territoire, ce qui se traduit par des *modes d'occupation du sol* différents, c'est la troisième famille de données.

A ces trois grandes familles peuvent s'ajouter des données relatives à l'aspect juridique ou réglementaire des choses.

Les deux premiers types d'informations se présentent généralement sous une forme alphanumérique et leur répartition peut se faire à travers un identifiant géographique (code de commune par exemple). Le troisième type, en revanche, ne peut être stocké que sous une forme graphique décrivant des zones. Le grand intérêt d'un SIG est précisément de permettre le passage d'une forme à une autre, en localisant, par exemple, des données alphanumériques sur un zonage géographique.

1.2. Les localisants géographiques

Le traitement des données dans le cadre d'un SIG impose que celles-ci soient référencées géographiquement, car les phénomènes observés ou prévus doivent pouvoir être localisés. La localisation

géographique des données est un problème délicat souvent hérité de situations antérieures et qui fait l'objet de compromis entre le possible et le souhaitable...

Unités administratives : Beaucoup d'informations sont connues par unités administratives (îlots, communes, départements...). Cette forme de localisation peut être suffisante pour certaines études économiques ou de cadrage, mais demande une redistribution plus fine, par l'intermédiaire d'un SIG, pour les analyses où la répartition spatiale est un critère important.

Adresses postales : De nombreux fichiers, administratifs ou autres, sont répertoriés à l'adresse postale. Localiser géographiquement ces informations est très coûteux mais s'avère cependant nécessaire lorsqu'il faut croiser ces informations avec d'autres informations spatiales. Une solution moyenne peut être de les localiser à l'îlot, à condition de disposer d'une table et d'une cartographie informatisée des contours d'îlots.

Coordonnées X Y : C'est bien le système de repérage qui offre le plus de souplesse d'utilisation et de possibilités. Malheureusement peu d'informations sont, d'origine, repérées sous cette forme. On distingue les objets ponctuels, repérés par une seule coordonnée X Y, les objets linéaires repérés par des segments et les objets surfaciques repérés par des contours. A cela il faut ajouter les données sous la forme raster qui permet de passer d'une ligne-colonne à un X Y.

1.3. Évolution de l'usage du sol

L'intérêt majeur de pouvoir disposer d'un inventaire des modes d'occupation du sol (MOS) à plusieurs dates est d'être en mesure de suivre et de mesurer l'évolution de l'usage du sol sur une période de temps. Cette évolution se fait sous plusieurs formes.

Accroissement : Cette forme est la plus simple à appréhender, c'est l'extension de la surface d'un type d'occupation du sol donné. Exemple : un nouveau lotissement de pavillons qui augmente la surface déjà existante d'habitat individuel est facilement repérable et quantifiable. Il faut noter que toute extension d'un type d'occupation du sol se fait au détriment d'un autre.

Mutation : C'est la modification de l'usage d'un type d'occupation du sol. Exemple : un espace industriel qui devient un espace d'habitat collectif discontinu, ou une terre labourée qui devient un lotissement pavillonnaire. Cette forme de transformation est aisément repérée lorsque la modification est physique, mais beaucoup

plus difficilement lorsqu'elle est fonctionnelle, par exemple lorsqu'un immeuble d'habitation est transformé en immeuble de bureaux sans modification extérieure.

Densification : Cette forme d'évolution est très difficile à repérer et à quantifier. En effet la densification d'un espace urbain peut avoir eu lieu entre deux dates sans qu'il y ait changement de nature de l'occupation du sol. Exemple : dans un lotissement pavillonnaire, de nouveaux pavillons sont construits sur des parcelles libres ou sur des parcelles divisées. Il y a densification mais l'espace reste identifié comme habitat individuel.

Extension « sournoise » : C'est la plus difficile à repérer et à mesurer. Il s'agit de ces quantités de petites parcelles de terrain qui sont grignotées par une légère extension de l'existant. Exemple : le passage de deux à trois voies d'une route, le doublement d'un poste de transformation électrique, la légère modification d'une bretelle d'accès autoroutière, etc.

2. L'EXEMPLE DE L'ILE-DE-FRANCE : UN SIG BASÉ SUR L'INVENTAIRE DES MODES D'OCCUPATION DU SOL (MOS)

Alors même que toutes les préoccupations d'aménagement et d'urbanisme ont nécessairement une assiette spatiale, que le sol-support constitue la matière première essentielle de toutes les formes d'organisation territoriale, on a longtemps été dépourvu de tout inventaire sur l'occupation du sol.

L'inventaire de l'occupation du sol permet d'en connaître les différents modes existants à un moment donné sur le territoire considéré, et, avec les mises à jours, leurs évolutions sur plusieurs périodes. Traduit sous forme à la fois cartographique et numérique, il permet des exploitations chiffrées et des croisements avec les données socio-économiques relatives au territoire concerné. De plus c'est le référentiel géographique de toutes les autres données socio-économiques car dans un SIG, une population, des logements, des emplois, ne peuvent être que rattachés à une entité géographique.

2.1. Les inventaires antérieurs

En 1964, l'IAURP¹ avait dressé une carte de l'occupation du sol couvrant l'agglomération de Paris, en distinguant 13 modes dif-

1. Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Parisienne.

férents. Établie à l'échelle du 1/20 000 et publiée au 1/50 000 elle avait à l'époque fourni une première image de l'usage du sol.

En 1973-74, l'IAURP a réalisé l'étude du mode d'occupation du sol (MOS), sur 7 000 km² soit les 7/12 de la région. Ce second inventaire s'est traduit par :

– La réalisation d'un *fichier informatisé* de l'occupation du sol en 19 postes.

– La publication d'un *Atlas* de cartes au 1/25 000.

– La publication dans le numéro 48-49 des Cahiers de l'IAURIF¹ de la méthode et de l'ensemble des résultats de l'étude.

L'ensemble de ces données a constitué pendant huit ans, un outil de travail d'une importance croissante car de plus en plus utilisé.

2.2. Un inventaire moderne : MOS 82

L'inventaire de l'occupation du sol réalisé en 1982, (puis ses mises à jour en 1987, 1990, et 1994), marque une étape importante dans la connaissance de l'usage du sol en Ile-de-France. Beaucoup plus détaillé que ses prédécesseurs (130 postes de légende contre 13 ou 19), plus étendu (il couvre l'ensemble de la Région), il a surtout fait l'objet d'une informatisation complète, d'abord avec le logiciel interne SEUIL puis avec le logiciel Arc/Info dans le cadre du SIGR (Système d'Information Géographique Régional). Les dates de 1982 et 1990 ont été choisies pour correspondre aux recensements généraux des populations.

2.3. La succession des tâches concrètes pour réaliser le MOS

- 0 - Commande d'une prise de vue aérienne à une échelle déterminée.
- 1 - Photo-interprétation des photos aériennes.
- 2 - Collecte et report des informations complémentaires (notamment concernant les équipements).
- 3 - Éventuellement, report de limites statistiques ou administratives.
- 4 - Élaboration du document minute de base à informatiser (dessin des contours des zones,).
- 5 - Numérisation des données.
- 6 - Dessin des plans de contrôle.
- 7 - Vérification par les collectivités locales.

1. En 1976 l'IAURP est devenu l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France (IAURIF).

- 8 - Numérisation des corrections et compléments.
- 9 - Intégration dans la base de données et réalisation des fichiers informatiques.
- 10 - Exploitation cartographique.
- 11 - Exploitation chiffrée statistique
- 12 - Exploitation, dans le cadre du Système d'Information Géographique Régional par croisement avec d'autres données.
- 13 - Interrogation sur zone d'étude particulière.

2.4. Le MOS référentiel des autres données

Au-delà de son rôle d'inventaire de l'occupation du sol, le MOS est un référentiel pour les autres données d'une base d'information de SIG. En effet, toute information relative aux activités humaines ne peut être référencée que sur un support territorial. Bien que limité par un cadre technique et financier fixé au départ, le MOS est actuellement le meilleur référentiel géographique en attendant la réalisation d'un référentiel officiel national.

3. LES SOURCES D'INFORMATIONS

Réaliser un inventaire de l'occupation du sol suppose l'accès à des sources d'informations aisément accessibles. En effet, sauf à vouloir faire un coûteux inventaire détaillé par enquête sur le terrain, il faut disposer d'informations facilement collectables et traitables qui soient à la fois exhaustives et homogènes. Deux types de données sont à prendre en considération : les images du sol, prises à distance (photos aériennes, données satellitaires), et les fichiers administratifs. D'autres types de données peuvent être envisagés mais ils sont, en général, tributaires de conditions locales particulières.

3.1. Photos aériennes

Les photos aériennes sont des outils très précieux pour l'étude d'un territoire. Elles sont exhaustives, répétitives, fiables, à condition de respecter les règles des techniques de photo-interprétation. Leur limite est fixée par l'observation exclusive des objets physiques.

La commande d'une couverture photographique aérienne en vue d'une analyse de l'usage du sol doit être faite en fonction de plusieurs critères :

Époque de l'année : l'hiver la végétation est dépourvue de feuilles et il est ainsi possible de mieux voir les bâtiments ou les chemins. En revanche les ombres portées sont beaucoup plus grandes et masquent une partie des détails. De plus, l'analyse de la végétation elle-même est impossible et l'atmosphère est souvent brumeuse.

L'été c'est l'inverse, les ombres sont limitées, les contrastes sont plus importants et la végétation couvre une partie des objets à observer, cependant, s'il y a des inconvénients, ceux-ci sont faibles au regard des avantages de cette époque de l'année. La meilleure période de prise de vues est donc comprise entre mai et septembre.

Émulsion : La question peut se poser du choix de l'émulsion des clichés, à savoir noir et blanc ou couleurs. L'expérience montre que des clichés aériens couleurs ne sont valables qu'à une échelle supérieure au 1/10 000. En deçà un voile de brume atténuée les couleurs, les contrastes sont très faibles et l'image est noyée dans des teintes gris-bleuté. A l'inverse, les clichés noir et blanc conservent toutes leurs qualités quelle que soit l'échelle car à la prise de vue il est fait usage, pour percer le voile atmosphérique, de filtres spéciaux qui ne peuvent être utilisés avec la couleur. Pour les échelles supérieures au 1/10 000 la question reste entière et est subordonnée au coût. L'apport de la couleur peut être intéressant pour repérer la nature des toits et tout ce qui concerne la végétation. Pour le MOS, le gain supposé de la couleur a été jugé trop faible au regard du coût.

Échelle : L'échelle des photos doit bien naturellement être liée au degré de finesse des détails que l'on souhaite repérer. En milieu rural on peut se satisfaire d'échelles comprises entre 1/20 000 et 1/50 000 suivant les types d'analyses souhaitées. En milieu urbain il est nécessaire de descendre à des échelles plus grandes afin d'identifier les objets et leurs fonctions (immeubles d'habitation, usines, équipements...). Ces échelles seront comprises entre 1/5 000 et 1/20 000. Il faut se rappeler que lorsqu'on passe du 1/20 000 au 1/10 000 on multiplie le nombre de clichés par quatre et le travail de photo-interprétation dans des proportions encore plus grandes. Un compromis est donc à trouver entre les coûts et la finesse de l'information souhaitée. Les MOS de 1982 et 1987 ont été réalisés avec des couvertures photographiques homogènes au 1/20 000, celui de 1990, avec des clichés au 1/30 000 sur les zones rurales et au 1/14 500 sur les zones urbaines.

L'observation stéréoscopique : L'analyse de l'occupation du sol à partir de photos aériennes ne doit être envisagée qu'en trois dimensions c'est-à-dire stéréoscopiquement. Une observation monoscopique (« plate ») n'offre à la vue que des taches de gris à partir des-

quelles l'observateur imagine des objets en faisant référence à sa mémoire, ce qui ouvre la voie à toutes les erreurs d'interprétation. En introduisant la troisième dimension dans l'analyse c'est-à-dire le volume, l'observateur examine des objets, dans leur forme complète. Il a ainsi tous les éléments pour une bonne identification.

3.2. Télédétection spatiale

La photographie aérienne enregistre l'information sous une forme analogique (le rayonnement réfléchi du sol est enregistré sur un support chimique). L'image satellitaire capte cette même information sous une forme numérique en découpant la scène observée par une grille dans laquelle chaque carré a une valeur radiométrique donnée pour chacun des canaux (portion de longueur d'onde) du capteur.

L'avantage est une plus grande fiabilité (stabilité du numérique), une grande surface de scène (60 x 60 km pour SPOT), une plus grande facilité pour les traitements de l'image et plusieurs scènes possibles dans l'année. En même temps on supporte la contrainte de lier la finesse géométrique, donc géographique, de l'information au pas de la grille (pour le Thematic Mapper de Landsat 30 m, et pour SPOT, 20 m en multispectral ou 10 m en panchromatique).

La télédétection n'a pas été utilisée pour les MOS 82, 87, 90 et 94, mais reste une source potentielle d'informations.

3.3. Fichiers administratifs

Les fichiers administratifs sont une source précieuse d'informations, particulièrement en ce qui concerne la fonction des bâtiments qui, souvent, ne peut être repérée par photo-interprétation. Cependant ces fichiers ne doivent être utilisés qu'avec beaucoup de prudence.

La fiabilité : La première question relative à un fichier concerne sa validité. Il faut noter qu'il existe deux types de fichiers : ceux qui sont le produit d'une gestion, comme le fichier des établissements scolaires du Ministère de l'Éducation Nationale (chaque établissement est répertorié avec ses effectifs, enseignants et élèves), et ceux qui sont le produit d'une simple enquête. Dans ce dernier cas il faut être très prudent et vérifier sa fiabilité.

La mise à jour : Certains fichiers sont tenus à jour périodiquement, chaque année, voire chaque semestre, et peuvent donc être en

parfaite cohérence avec les données MOS. D'autres sont le produit d'une seule enquête et ne sont plus actualisés. Aussi convient-il de vérifier si de tels fichiers apportent une information pertinente dans le cadre de l'inventaire MOS.

L'accessibilité aux fichiers : Certaines informations, sous forme de fichiers, seraient très précieuses pour la mise à jour du MOS mais elles ne sont pas (ou difficilement) accessibles. Ainsi, il y a à la DGI des fichiers sur les établissements qui pourraient renseigner sur la localisation des commerces, des bureaux ou sur la nature des activités secondaires. A l'EDF, le fichier sur les abonnés permettrait de suivre l'évolution de l'usage des bâtiments (lorsque dans un immeuble d'habitation 30 abonnements se transforment en un ou deux abonnements de plus grande puissance, il y a toutes les chances pour que l'immeuble ait été transformé en bureaux). D'autres « gisements » de même nature pourraient être trouvés. Il y a là des possibilités qui n'ont pas été suffisamment exploitées.

3.4. Bulletins municipaux

Aucune source d'information n'est à négliger. Les communes publient, au moins pour les plus importantes d'entre elles, un bulletin dans lequel le conseil municipal est tout fier de faire état de ses réalisations en matière d'équipements. On peut donc y trouver des renseignements sur ces équipements et parfois même un plan de localisation de ceux-ci.

3.5. Considérations générales sur la validité des données

Indépendamment des problèmes de fiabilité qui ont été évoqués plus haut, se pose celui de la cohérence de ces données. Les fichiers, sous quelle que forme qu'ils se présentent, ont été réalisés suivant une logique propre à l'organisme producteur. Par exemple, une enquête ouverte ne donnera pas les mêmes résultats qu'un inventaire prédéfini. Certains s'attachent à la fonctionnalité des objets, d'autres à leur nature physique. Tous les composants de l'espace humanisé ont deux aspects : l'un physique l'autre fonctionnel. Chaque organisme qui collecte des informations, a ses propres définitions et privilégie l'aspect en fonction de ses besoins. Lorsque l'on met en regard des informations issues d'organismes différents il faut être prudent et veiller soigneusement à leur cohérence.

4. LA LÉGENDE OU LA CODIFICATION DE L'INFORMATION

Dans le cas d'un inventaire de l'occupation du sol, une légende définit la représentation des objets du terrain et, par voie de conséquence, le cadre thématique de l'inventaire.

Une légende peut être « ouverte » ou « fermée ». La première reste ouverte, au fur et à mesure de l'avancement de l'étude, à l'apport de nouveaux postes dans la nomenclature. Cette méthode est incompatible avec l'homogénéité d'un inventaire de l'usage du sol. En effet, toute nouvelle interprétation supposerait que l'on recommence le travail déjà réalisé pour le passer au filtre des nouveaux critères. Le MOS a été fait avec une légende fermée définie avant le début de l'étude, qui a fait l'objet d'une large consultation auprès des services régionaux.

4.1. La finesse géographique

Cette finesse doit définir la plus petite unité de terrain qui peut être repérée et enregistrée. A quel niveau de détail de terrain doit-on s'arrêter ? à quelle échelle doit-on reporter les informations pour constituer le document de base ?

Dans le cas du MOS il s'agit d'un inventaire régional réalisé avec des moyens limités. Le MOS n'est pas un outil de gestion territoriale, le niveau de la parcelle cadastrale n'est donc pas indispensable (la gestion des parcelles cadastrales à un niveau régional serait d'un coût prohibitif). En revanche les études régionales imposent une bonne connaissance de l'usage du sol. La plus petite unité de terrain retenue doit donc être compatible avec les moyens de collecte et ne pas pénaliser les traitements ultérieurs en nécessitant des agrégations trop lourdes.

Pour fixer les idées prenons deux exemples dans l'habitat :

– Dans « l'Hausmannien », doit-on retenir le contour de chaque bâtiment en excluant des courettes de quelques mètres carrés ou doit-on englober l'ensemble en considérant que cette forme d'habitat est un tout indissociable ? C'est cette deuxième voie qui a été retenue.

– Dans l'habitat individuel le problème est encore plus délicat. Ce type d'habitat doit-il être limité à la maison elle-même ou doit-il prendre en compte une part du jardin et quelle part ? Dans le cas de maisons construites sur du parcellaire rural en lanière une partie du terrain se trouve très éloignée de la maison. Si l'on inclut la totalité du terrain on hypertrophie l'image, donc les surfaces du bâti et si l'on exclut le terrain on donne une image trop restrictive de cette forme d'habitat. Après concertation avec des spécialistes de ce type d'habitat la solution retenue est la suivante : l'habitat

individuel comprend la maison elle-même et les dix mètres de terrain autour. Le reste du terrain est classé en « jardin lié à l'habitat individuel ».

Plus généralement pour le MOS, la plus petite unité de terrain retenue est de 5 mm x 5 mm au 1/5 000 (échelle du document de base), soit 625 m² sur le terrain.

4. 2. La finesse thématique

Thématiquement il convient de définir les limites plancher de l'information à saisir. Par exemple, en milieu rural doit-on s'arrêter à « cultures intensives » et « grandes cultures » ou doit-on descendre au niveau des types de culture eux-mêmes ? En milieu urbain doit-on s'arrêter à « équipement local » ou doit-on identifier tous ces équipements jusqu'à l'abri-bus ? Là encore on se trouve obligé de faire un compromis entre les possibilités de collecte de l'information, la compatibilité avec un niveau régional d'inventaire, le souci de ne pas pénaliser les traitements ultérieurs et, bien entendu, les coûts. Toute information a un coût : un coût de saisie, un coût de stockage, un coût de traitement et d'exploitation. Une bonne règle d'évaluation consiste à faire passer toute décision sur ce sujet à travers le filtre « Quelles informations, pour quoi faire ? ».

Par ailleurs, il faut veiller à ne prévoir en légende que les informations collectables. Lors de la mise au point de la légende MOS, des utilisateurs potentiels avaient réclamé un poste concernant l'état ou l'âge des bâtiments. Cette information n'existant nulle part (sauf à enquêter sur le terrain, ce qui était exclu au niveau de l'Ile-de-France), ce poste n'a pas pu être retenu.

Un autre point important concerne la tentation de représenter des zones complexes en zones mixtes de type « habitat et tertiaire ». Des expériences passées ont montré que cette démarche était une impasse en ce sens qu'elle ferme la voie à toute comparaison ultérieure. L'information d'une zone composite ne peut être exploitée que si l'on connaît les pourcentages de ses différents composants, ce qui revient à isoler ces composants en éléments simples. Dans la légende MOS tous les postes sont élémentaires car il est préférable d'avoir des postes élémentaires, même avec un taux d'erreurs, que des postes mixtes.

Ainsi la légende en 130 postes du MOS est le résultat de compromis appuyés sur des avis d'experts. Elle répond au critère de maximiser la satisfaction des besoins et de minimiser systématiquement les coûts.

4.3. La pérennité de la légende

L'intérêt majeur des MOS étant de pouvoir les comparer entre eux et d'avoir ainsi une vision dynamique de l'usage du territoire, il convient de veiller à ce que tous les termes de comparabilité soient bien respectés, et plus particulièrement la légende. La comparaison de deux inventaires à deux dates différentes ne peut se faire qu'à partir d'une même légende. L'expérience a montré que la modification d'un seul poste de légende influe sur l'ensemble de l'interprétation de l'occupation du sol. La sous-décomposition d'un poste (que l'on pense pouvoir retrouver par agrégation), introduit un biais, le photo-interprète ne fait pas la même interprétation du terrain avec deux légendes différentes. La plus grande circonspection est donc de rigueur si l'on envisage de modifier la légende entre deux inventaires que l'on voudra comparer. C'est une démarche qu'il faut même éviter.

Lorsque la légende MOS en 130 postes a été mise au point en 1982, elle correspondait à une vision des besoins de cette époque. Depuis, certains postes de la légende se sont révélés peu utiles ou peu fiables, d'autres auraient pu être ajoutés. Néanmoins la légende a été conservée telle quelle, les petits inconvénients qu'elle pouvait générer étant négligeables eu égard aux avantages de sa parfaite comparabilité.

5. LE DOCUMENT DE BASE OU DOCUMENT MINUTE

Les informations étant identifiées il faut les reporter sur un document unique qui constitue le document de base ou document minute. C'est à cette étape qu'il faut vérifier la cohérence des données en fonction des différentes sources et leurs poids relatifs. Ce document est à la fois une synthèse des données et leur mise en forme avant la phase de numérisation. Ce travail doit être réalisé en suivant la légende, le terme de légende étant pris ici dans son sens le plus large c'est à dire à la fois nomenclature et codification.

5.1. La réalisation du document minute

L'information étant rassemblée, organisée et formatée, il faut alors reporter ces données sur un support matériel, un plan ou une carte suivant une codification, c'est-à-dire suivant la légende. Cette étape est importante car il faut, à un moment donné, visualiser et vérifier les informations venant à la fois de la photo-interprétation et de fichiers divers. Le choix de ce support papier conditionne la précision graphique et, indirectement, le volume du travail de numérisation.

La photo-interprétation : La photo-interprétation, technique en soi, fait appel à des clés d'identification qui permettent de repérer et d'identifier les différents « objets » qui occupent le terrain (végétation, bâtiments...), par une *observation stéréoscopique* des couples de photographies aériennes. Cette technique ne sera pas décrite ici.

Il est important que ce travail soit réalisé en interne et non par sous-traitance. En effet le photo-interprète se trouve confronté à tout instant à des identifications délicates et il est très utile de travailler dans un environnement où l'on dispose de nombreux documents d'archives permettant d'éclairer la décision du choix.

Le support cartographique : L'information, quelle que soit son origine, doit être reportée sur un support cartographique. Le MOS de 1982 et ses mises à jour (1987, 1990,...) ont été cartographiés sur le plan 1/5 000 régional. La région Ile-de-France est couverte par 875 coupures. Cette échelle est un bon compromis entre le nombre de plans pour couvrir le territoire régional et la précision maximale souhaitée. On peut considérer que le report manuel (dessin des contours de zones MOS) se fait avec une précision de 1 mm sur le papier ce qui au 1/5 000 représente 5 mètres sur le terrain. Cette précision est parfaitement compatible avec un inventaire de caractère régional.

Le report matériel de l'information : Le résultat de la photo-interprétation étant le produit informatif le plus important, c'est celui-ci qui est reporté en premier sur le document minute. Les autres informations, issues de fichiers, par exemple, sont ensuite reportées. Ainsi une école repérée à la photo-interprétation est ensuite renseignée à partir du fichier de l'Éducation Nationale par une lettre-code qui précise que c'est une école primaire ou secondaire, privée ou publique.

Dans le cas d'une mise à jour du MOS on procède un peu différemment. Le fond utilisé au 1/5 000 est la cartographie du MOS antérieur sur lequel on pose un calque. C'est sur ce calque que sont reportés les changements (et eux seuls) intervenus entre les deux dates. Ainsi il n'y a pas d'erreurs entre les deux inventaires et seules les zones ayant muté seront repérées et numérisées pour constituer le nouveau MOS.

5.2. La précision graphique du document minute

La précision graphique du document minute détermine la qualité géographique du MOS. L'échelle est un premier élément mais la précision des traits est également importante. Lorsqu'il y a des

limites courbes celles-ci sont décomposées à la digitalisation en une suite de segments droits. Un compromis est à trouver entre la précision recherchée et le nombre de points qui décomposent l'arc courbe. L'expérience montre que ce n'est pas au moment de la digitalisation qu'il faut se poser la question de la position de ces points intermédiaires, aussi sont-ils marqués sur le document minute, de même que tous les points des autres arcs. La clarté du document minute est fondamentale. On estime que la précision manuelle est de 1 mm (5 mètres terrain) et que le jeu du papier est du même ordre de grandeur.

6. LA NUMÉRISATION

6.1. Le mode de saisie

La numérisation d'un document, ou digitalisation, peut se faire, généralement, de deux manières différentes : sous forme vectorielle ou sous forme « raster ». La forme raster peut sembler séduisante par son côté « automatique » mais le travail en aval pour bien fermer les polygones, identifier les zones, placer les points labels et créer la topologie, réduit considérablement cet avantage.

D'une manière plus générale le débat, sur les avantages respectifs de la vectorisation ou de la scannerisation, n'est pas clos.

Pour le MOS c'est la forme vectorielle, mieux adaptée aux exploitations ultérieures, qui a été retenue. Cette numérisation, phase de travail systématique, donc relativement simple, peut être réalisée soit en interne soit par sous-traitance.

6.2. Le calage géographique

Le terme de calage géographique doit être abordé suivant deux angles. Il désigne en premier lieu le référentiel de projection et donc le système de coordonnées dans lequel le document sera saisi (projection Lambert I). Il désigne également les éléments géométriques sur lesquels s'appuieront les polygones des contours MOS (le plan 1/5 000).

Si le fichier MOS était un fichier isolé, indépendant, seul le premier sens du terme serait à prendre en compte, le MOS devrait être saisi en Lambert I. Mais le MOS est destiné à être intégré dans un SIG (le SIGR), et à avoir une double fonction. D'une part c'est le fichier décrivant l'occupation du sol à une certaine date, mais, d'autre part c'est, par défaut, le référentiel géographique des autres données.

Par exemple, un segment, ou un arc, qui serait en même temps axe de voirie dans un fichier et limite de bois dans un autre, devrait avoir strictement les mêmes coordonnées dans les deux fichiers. Cette contrainte est sensible à la saisie des mises à jour MOS.

7. L'EXPLOITATION

Numérisé et intégré dans la base de données du SIGR le MOS peut être exploité soit directement sous forme cartographique, pour visualisation (aspect qualitatif), soit sous forme de tableaux chiffrés, pour mesurer (aspect quantitatif). Il peut également être exploité par des traitements en étant croisé avec d'autres données.

7.1. Cartographie

Le MOS peut être cartographié de différentes manières pour représenter l'usage du sol. La plus complète consiste à cartographier les 130 postes de la légende de base, mais la lecture de la carte est malaisée. En général on procède par agrégation des postes de légende. Des agrégations standard sont proposées, qui sont le résultat d'une longue pratique : 47 postes, 21 postes ou 11 postes. Chacune d'elles correspond à un niveau d'analyse et à une échelle de carte, cette échelle pouvant varier du 1/5 000 au 1/650 000, (l'Ile-de-France en format A4). Bien évidemment d'autres combinaisons de postes de légende sont possibles.

La représentation cartographique de l'occupation du sol ne pouvant être strictement la même à toutes les échelles, une agrégation et simplification des données s'imposent. Si la légende en 130 postes peut se concevoir pour une représentation au 1/5 000, cela n'a plus de sens au 1/100 000. Il convient donc d'ajuster le niveau de l'information au niveau de l'échelle. Cet ajustement se fait de deux manières complémentaires : par agrégation des postes de la légende et par simplification des contours des zones MOS.

La *première manière* se conçoit aisément. On peut, par exemple, représenter de manière détaillée, les différents types d'écoles au 1/5 000 (maternelles, primaires ou secondaires... publiques, privées...), mais cela n'aurait aucun sens au 1/100 000. On procède donc à un regroupement des postes de la légende et, au 1/100 000, toutes les écoles sont représentées par un seul poste : « établissements d'enseignement ». C'est la simplification thématique, l'information est décrite de manière plus globale. Si les agrégations de poste peuvent simplifier la légende, elles ne simplifient pas la représentation graphique de l'usage du sol. Au 1/5 000 les

écoles sont représentées par des couleurs différentes et au 1/100 000 par une même couleur mais il y a toujours, sur la carte, le même nombre de petits polygones identifiant les écoles (sauf dans le cas rare où deux écoles différentes adjacentes se trouvent fusionnées). S'il s'agit de bois, les contours de ceux-ci sont toujours autant détaillés.

La *deuxième manière* consiste à procéder à une simplification des contours de zones et dans certains cas à une suppression des zones inférieures à x hectares. C'est ce qui a été fait pour le MOS, du 1/5 000 au 1/50 000 les informations sont cartographiées avec tous leurs détails (issus de la numérisation au 1/5 000), mais aux échelles inférieures c'est un fichier « MOS simplifié » qui est utilisé, dans lequel les contours ont été généralisés et les très petites zones supprimées (< 1 ha en milieu urbain et < 2 ha en milieu rural). C'est la simplification géométrique.

7.2. Tableaux chiffrés

L'intérêt majeur de pouvoir disposer de MOS à plusieurs dates est d'être en mesure de suivre et de quantifier l'évolution de l'usage du sol sur une période de temps (actuellement de 1982 à 1994).

Des bilans chiffrés, par unité territoriale, peuvent être obtenus, ainsi que des bilans d'évolution entre les différentes dates de MOS. Pour un territoire, commune, ensemble de communes ou zone quelconque, il est possible de connaître la situation à une date, l'évolution entre deux dates et même d'analyser les mouvements de disparition ou de création pour un poste de légende donné.

7.3. Les traitements avec d'autres données

En dehors des exploitations spécifiquement MOS d'autres exploitations peuvent être faites par croisement avec d'autres données. Ainsi le MOS croisé avec des chiffres de population permet d'obtenir des densités à l'hectare. Ces nouvelles données, croisées par exemple avec des contours de zones de bruit, permettent de localiser et de quantifier la population concernée par ce bruit.

Le croisement des données MOS avec d'autres données pose toutefois un certain nombre de problèmes liés à la définition. D'une manière générale des données qui ont été recueillies selon des méthodes et des critères différents doivent être mises en regard avec beaucoup de précautions et si l'on trouve des différences entre elles il faut, avant toute autre considération, se préoccuper de leur comparabilité.

Chaque thématicien a sa vision de l'usage du sol, ainsi, pour les urbanistes, les surfaces boisées incluent les peupleraies (ce sont des arbres), alors que pour les agronomes ces mêmes peupleraies sont des cultures, donc des terres agricoles. Les bilans statistiques, pour une même aire géographique peuvent donc être différents en fonction des définitions.

8. MISES A JOUR

L'intérêt majeur des inventaires MOS est de permettre une analyse dynamique de l'usage du sol. Il est possible non seulement de connaître les bilans entre deux dates, et ainsi de savoir quels sont les types d'occupation du sol en augmentation ou en diminution, mais également, par l'intermédiaire d'une matrice à deux entrées, l'affectation nouvelle de terrains (qui ont disparu dans un MOS donné) ou bien l'origine de terrains nouveaux dans ce même MOS. Encore faut-il que la comparabilité entre les inventaires soit totale.

8.1. Problèmes de cohérence entre deux dates

Pour que deux inventaires, à deux dates différentes, soient comparés, il faut que le travail de collecte et celui de traitement de l'information soient identiques. En fait, l'expérience a montré qu'il était très difficile, voire impossible, de comparer deux inventaires réalisés indépendamment l'un de l'autre. C'est la difficulté que doit affronter l'INSEE pour ses recensements périodiques de la population, qui doit, de ce fait, procéder à d'importantes corrections des biais. Afin de limiter ces problèmes, les différents MOS n'ont pas été réalisés indépendamment l'un de l'autre. Le MOS de 1982 (le premier dans sa forme « moderne »), sert de référence et le MOS de 1987 a été réalisé en enregistrant les différences 1982-87, pour constituer le MOS de 87. Le MOS de 1987 sert à son tour de référence pour réaliser le MOS de 1990 et ainsi de suite. De cette manière on enregistre que les différences et la cohérence de la base de données reste totale.

Bien entendu cela suppose également que le travail soit fait suivant les mêmes critères de précision et, rigoureusement, dans le même calage géographique. Il faut veiller également à ce que les photo-interprètes aient bien la même vision du terrain.

8.2. Importance de la légende fixe

La pérennité de la légende est importante pour comparer deux inventaires. En effet, la modification d'un seul poste peut entraîner

une différence d'interprétation des photos aériennes et ainsi créer un biais systématique. En théorie il serait possible de décomposer un ou plusieurs postes et de les agréger ensuite pour comparer les données avec celles de MOS antérieurs. En pratique l'opération est délicate car l'expérience a montré que l'interprétation du terrain est directement liée aux détails de la légende et une catégorie d'objets n'est pas vue de la même manière si elle est définie par un ou deux postes.

8.3. Importance de la cohérence des sources entre deux inventaires

Dans toute la mesure du possible il faut que la cohérence des données aux dates différentes soit bonne. Les photos aériennes doivent permettre d'extraire le même niveau d'information (problème d'échelle) et les fichiers administratifs doivent être de même qualité, ni plus ni moins.

CONCLUSION

De cette expérience de MOS qui s'étend aujourd'hui sur plus d'une vingtaine d'années, et qui a été riche en péripéties, il paraît utile de tirer quelques enseignements généraux.

La première tâche d'un responsable qui envisage de monter un SIG doit être de définir clairement l'objectif de celui-ci (gestion, analyse, planification, prospective,...) et d'en cerner les fonctions et le rôle pour une période d'environ dix ans. Il lui faut ensuite adapter les moyens budgétaires possibles à cet objectif, ou mettre en adéquation les objectifs et le budget, car le financement détermine très directement la configuration de l'outil. En effet, très vite ce budget limitera le nombre de thèmes possibles et, comme la précision a un coût, obligera à définir le niveau de détail thématique et géographique qu'il faut retenir.

Dans tous les cas il faut envisager de collecter, traiter et stocker, exclusivement que les informations utiles. Toute information inutile, même si elle est intellectuellement séduisante, ne peut être qu'un « boulet » coûteux. Il serait illusoire de penser qu'une pléthore d'informations permettrait de mieux analyser ou gérer un territoire. Cela ne ferait que créer du « bruit » au détriment des informations utiles. Ce n'est pas la quantité d'information qui aide à la définition d'une politique mais en revanche c'est un objectif politique clairement défini qui permet de déterminer les informations qu'il faut utiliser. Il en est de même pour la précision, toute finesse superflue est très coûteuse. Il faudra donc définir précisément le

niveau de précision utile pour les traitements et les résultats envisagés.

Il convient de rester modeste dans les ambitions et de faire monter lentement l'outil en puissance. En contrepartie il faut être très sévère sur les critères qualitatifs, les seuls qui permettent de garantir une bonne cohérence des données entre elles. rien n'est plus pernicieux que l'introduction dans un SIG de quelques données floues ou peu fiables.

Trop souvent, lors de la mise en œuvre d'un SIG, on sous estime l'importance du calage géographique des données entre elles sur un même référentiel. ce calage est pourtant la condition « *sine qua non* » du bon fonctionnement du SIG.

Le rôle positif, pour l'analyse ou la gestion du territoire, d'un SIG est encore aujourd'hui mal compris des décideurs politiques, aussi, est-il souhaitable d'élaborer celui-ci avec beaucoup de rigueur. Il ne faut jamais perdre de vue que l'important n'est pas l'outil en soit mais les informations qu'il traite.

III

SYSTÈME D'INFORMATION SOCIO-ÉCONOMIQUE URBAIN : L'EXEMPLE DE LA VILLE DU HAVRE

Laurent LEVEQUE et Pascal MALLET

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Au regard de la multiplicité, de la complexité des phénomènes qui s'y opèrent, la ville reste un territoire à découvrir. L'acuité des problèmes et des enjeux urbains a conduit les collectivités à se doter d'une palette d'outils d'aide à la décision en matière sociale et économique. Conjointement, décentralisation et avènement de la micro-informatique ont présidé dans les années 80 à la démocratisation des systèmes d'informations urbaines dans les collectivités. Créé en 1985, l'Observatoire Population & Habitat, en est la parfaite illustration. Dans une logique d'observation, de diagnostic et de prospective, il assiste la Ville du Havre dans la définition des politiques d'aménagements, d'équipements, de services et de l'habitat.

Les problématiques urbaines de la « ville-agglomération » qu'est le Havre ont porté cette dernière décennie sur :

- les conséquences de l'émigration périurbaine,
- l'extension des aires de déplacements quotidiens,
- la transformation des quartiers d'habitat social qui ont vu les locataires solvables partir vers l'accession à la propriété,
- la mutation du parc immobilier ancien,
- l'adaptation des équipements publics.

Pour mener à bien ses missions, l'Observatoire Population & Habitat, a élaboré progressivement son propre système d'information. Ce développement personnalisé d'ingénierie socio-économique rend compte de l'absence sur le marché de dispositifs « clefs

en main » regroupant données et fonctionnalités capables de satisfaire l'ensemble de nos besoins notamment d'un point de vue qualitatif :

- des données, en temps quasi réel compte tenu de la rapide obsolescence de l'information,
- des fonctionnalités.

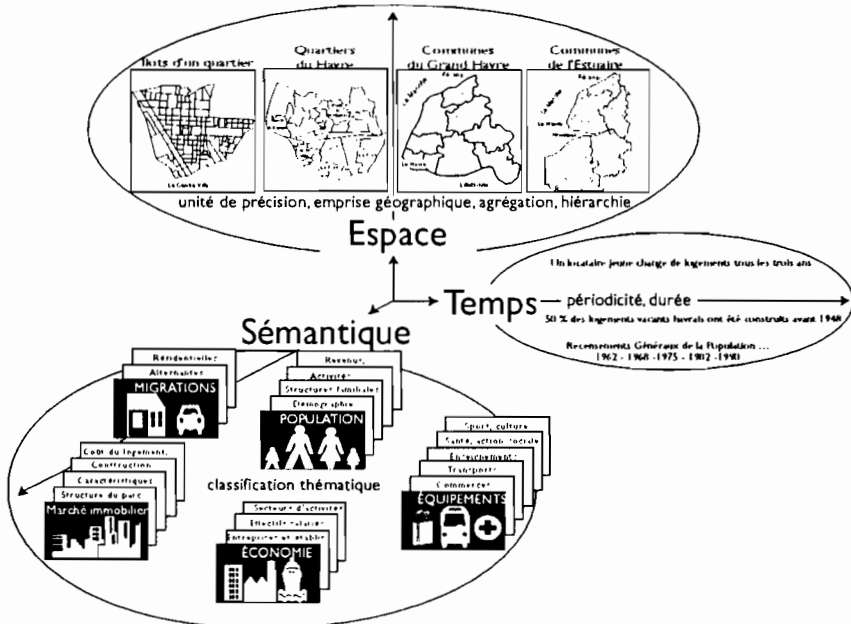
2. DONNÉES DE L'OBSERVATOIRE POPULATION & HABITAT

Les aspects qualitatifs déterminent l'essentiel des possibilités d'un système d'information. Nous définissons la qualité des informations au regard d'une double exigence : la variété du contenu et le caractère opérationnel.

2.1. Les exigences de variété du contenu informationnel

Elles se formalisent aisément dans un référentiel à trois dimensions : Sémantique-Espace-Temps (S.E.T., cf. fig. 1).

LES TROIS DIMENSIONS DE L'INFORMATION : S.E.T.



2.1.1. La Sémantique

Elle concerne les aspects descriptifs de l'information que l'on classe par thèmes et sous-thèmes, en qualifiant et quantifiant les entités géographiques (généralement un géocode alphanumérique, la commune : nom ; n° INSEE¹ de commune, le code îlot, et ses attributs, nombre d'habitants, population active,...). Compte tenu de la transversalité des questions posées, l'Observatoire Population & Habitat, a constitué et met à jour une base de données multi-thématiques et multi-sources. Il exploite l'essentiel des productions des grands fournisseurs d'informations socio-économiques localisées (INSEE, DGI,...). Cependant, afin de compenser les lacunes du dispositif institutionnel de collecte d'information dans le domaine démographique, social et sur le parc de logements, l'Observatoire Population & Habitat s'emploie à exploiter les « gisements d'information » qui existent dans différentes administrations et services locaux, avec entre autres :

- sur la mobilité de la population : le service des eaux (ouverture & fermeture de compteurs d'eau des abonnés : déménagement - emménagement), les permis de construire (achèvement de travaux), des enquêtes auprès des ménages mobiles ;
- sur le mouvement naturel : les naissances, les décès (état-civil) ;
- sur le parc de logements : le fichier de la Taxe Locale d'Habitation, le fichier des permis de construire, le fichier du parc HLM ;
- sur le marché immobilier : les transactions des logements de plus de 10 ans (déclarations d'intention d'aliéner).

Parallèlement, des gains qualitatifs sont obtenus grâce à l'exploitation de plusieurs sources d'informations sur un même thème. Prenons l'exemple de la vacance des logements :

La vacance est un indicateur essentiel (effectif, nature, durée) en matière de logement puisqu'il nous renseigne sur la fluidité du marché du logement (vacance de rotation entre deux occupants, de courte durée), les transformations de biens en cours ou en instance (amélioration de l'habitat : rénovation ; opérations d'urbanisme : attente de démolition,...), la dévalorisation du parc (inadéquation entre l'offre et la demande : problème de confort, de localisation, ...).

Au sens du recensement de 1990, est considéré comme vacant tout logement qui n'est ni résidence principale, ni résidence secondaire, ni logement occasionnel, sans distinction de nature ni de durée de la vacance.

Dans le souci d'enrichir le contenu du thème « vacance », l'Observatoire Population & Habitat exploite certaines informations

1. INSEE : Institut National de la Statistique et des Études Économiques.
DGI : Direction Générale des Impôts.

de gestion du service des eaux de la Ville du Havre. Au sens de ce service, un logement vacant est un logement où existe encore un compteur d'eau, celui-ci étant inactif (pas d'occupant du logement).

Alors que le RGP¹ 1990 de l'INSEE comptabilise près de 6 900 logements vacants, soit près de 8 % de l'ensemble du parc, le service des eaux en enregistre 2 500 en 1993 soit une différence significative d'environ 4 400 logements. Les différences de dates entre les sources n'expliquant que très partiellement cet écart, l'hétérogénéité des chiffres devient une source d'information : elle indique que de nombreux logements désaffectés, voués à la démolition ou à une réhabilitation ont été considérés comme vacants par l'agent recenseur de l'INSEE alors que le service des eaux n'y recense plus aucun compteur d'eau ; ce qui signifie que 4 400 logements sont sortis du parc. La détection de ce phénomène nous a conduit à mener des études plus ciblées sur ces logements afin de connaître précisément quelles étaient leurs caractéristiques : l'essentiel était de petite taille (2,57 pièces), ancien (50% construits avant 1948), en particulier dans les quartiers anciens (en ville basse : Danton et Sainte-Marie, cf. fig. 2).

Le cœur de notre système d'information, SGDE² développé en Pascal pour l'Observatoire Population & Habitat par Preston Akiri (sur compatible PC), intègre l'ensemble des informations descriptives de structure alphanumérique. SGDE permet l'acquisition, la gestion des données et de l'ensemble des tables de correspondances, les extractions, les tris croisés et les agrégations. Une adaptation progressive de SGBDR standards, notamment Paradox (Borland) offrant une interface « Homme-Machine » graphique est en cours. Elle correspond à des besoins complémentaires et aux phases d'équipements de l'Observatoire Population & Habitat. Nous développerons l'exposé des fonctionnalités dans la troisième partie.

Cet ensemble d'informations est lié aux données de structure graphique (fonds de carte en mode vecteur) grâce à des géocodes alphanumériques (généralement le code îlot ou le code commune...)

2.1.2. L'Espace

Il concerne l'ensemble des informations sur la localisation (unité de précision, exactitude positionnelle : géométrie; ou relative : topologie), l'emprise spatiale (continue ou non) et la forme des entités géographiques (implantation ponctuelle, linéaire, zonale). Suivant la problématique choisie, ces caractéristiques peuvent varier : une étude de desserte des usagers par le réseau de

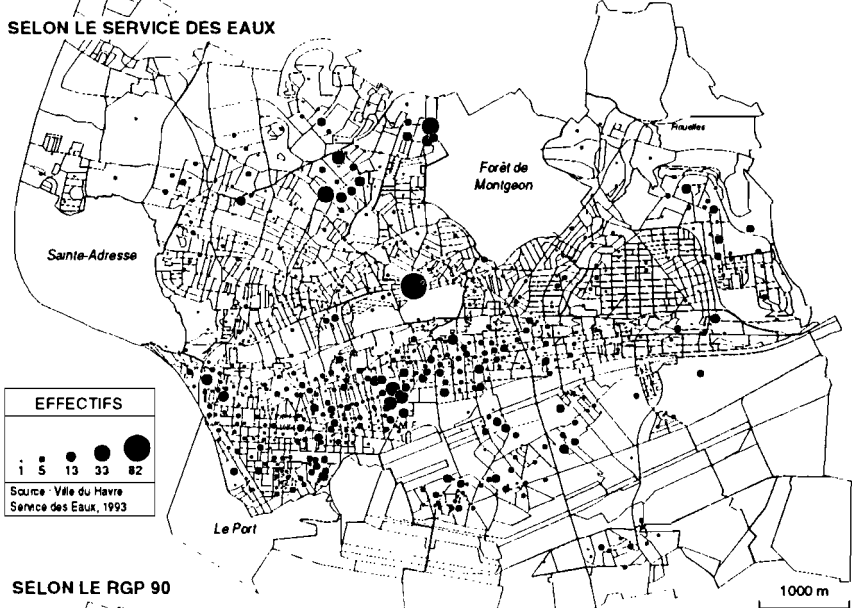
1. RGP : Recensement Général de la Population.

2. SGBDR : Système de Gestion de Base de Données Relationnelle.

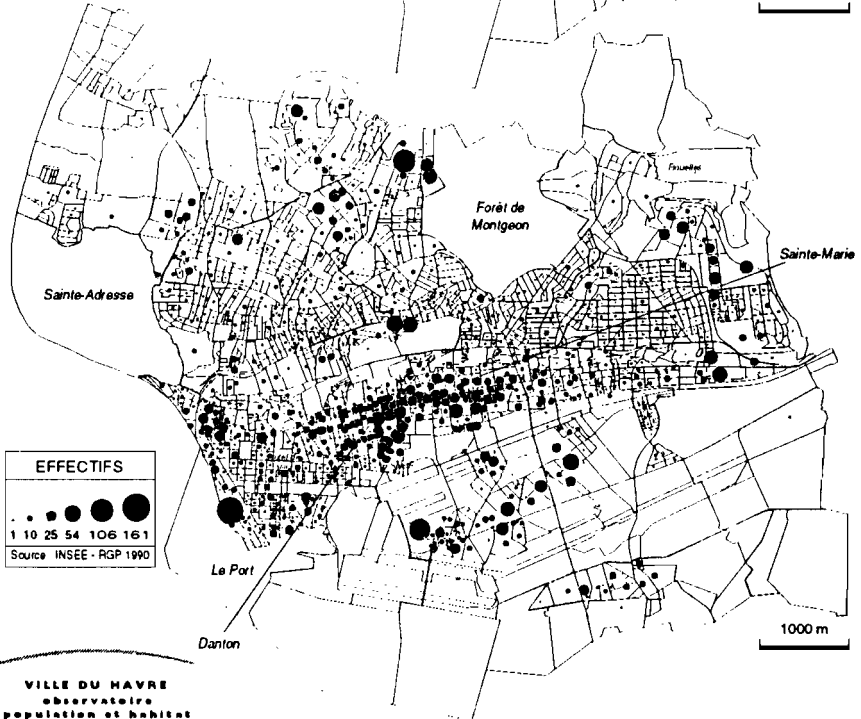
SGDE : Système de Gestion de Données d'Enquêtes.

DEUX SOURCES D'INFORMATION SUR LES LOGEMENTS VACANTS AU HAVRE

SELON LE SERVICE DES EAUX



SELON LE RGP 90



transport en commun a nécessité une approche relativement précise, d'ordre décimétrique compte tenu de la nécessaire précision des données graphiques (réseaux) et des requêtes spatiales (rayon de desserte de 400 mètres domicile-station) exécutées sur un Système d'Informations Géographiques (ArcInfo,...). Parallèlement, la cartographie automatique de la répartition de la population par commune peut s'effectuer, sans de telles contraintes avec des systèmes plus souples à mettre en œuvre : cartes choroplèthes,... avec Edicart de l'Université de Rouen, ou Macmap de Klick Développement,... Ces informations sont de structure graphique (en mode vecteur).

La prégnance de la notion de « multi-échelles » dans nos travaux nécessite la prise en compte d'entités géographiques (administratives ou non) de tailles variables : de l'îlot au canton en passant par le quartier, la paroisse, le secteur social ou tout espace défini par un ou plusieurs attributs communs.

Par exemple, les 80 % des migrations résidentielles sur le bassin d'Habitat du Havre (macro-analyse) se mesurent aussi sur des distances inter-îlots (micro-analyse, un ménage sur cinq déménage à l'intérieur de son quartier), inter-quartiers (la majorité des échanges dans le Havre s'effectue dans les trois quartiers les plus proches en distance).

Parallèlement à l'utilisation d'informations géographiques déjà interprétées, à composantes « sémantiques-alphanumériques » et « spatiales-graphiques » (mode vecteur), nous disposons d'informations graphiques en mode image (raster ou matriciel) : l'orthophotographie numérique de la ville du Havre, qui permet d'affiner notablement les connaissances sur l'occupation du sol, et de localiser certaines données en mode vecteur (saisie d'un réseau de stations de mesures des polluants atmosphériques...).

2.1.3. Le Temps

Il traite à la fois de la périodicité (discontinuité censitaire : le mois, l'année, la tranche quinquennale...), et de la durée d'observation. Tout aussi important que l'espace, la qualité de ce référent conditionne la détection et la lisibilité des phénomènes. Les périodes de recensement de l'INSEE ne correspondent pas forcément aux ruptures dans les processus de peuplement et dans les modes d'urbanisation, qui deviennent alors invisibles : un locataire jeune change, en moyenne, de logement tous les trois ans. Constituer cette mémoire au plus près des dynamiques du système urbain, c'est produire des séries chronologiques et autoriser les études diachroniques et synchroniques utiles dans la définition de politiques de l'habitat.

2.2. Les exigences à caractère opérationnel : une question de délai

En matière d'actions de programmation d'équipements, d'aménagements ou de logements, les données « vieillissent vite ». L'objectif est alors de réduire au maximum le temps qui sépare la mobilisation de l'information, son traitement, de l'aide à la décision par la recherche idéale d'un système d'information en « quasi temps réel ». De ce point de vue, les recensements de la population ne répondent pas, loin s'en faut, à ce besoin lorsque l'on songe que près de 10 % de la population havraise change de résidence chaque année. Cette capacité de rapidité de réaction, nous l'améliorons en prospectant continuellement de nouveaux gisements d'information et d'autre part en développant de nouvelles fonctionnalités en adéquation avec nos besoins.

3. FONCTIONNALITÉS DU SYSTÈME D'INFORMATION DE L'OBSERVATOIRE POPULATION & HABITAT

L'originalité du système repose sur la variété des possibilités d'acquisition et la production de données localisées. Les trois phases restantes : Traitement – Représentation – Valorisation (cf. fig. 3) peuvent profiter alors d'une base de données intra-urbaines répondant aux exigences exprimées dans la partie 2.

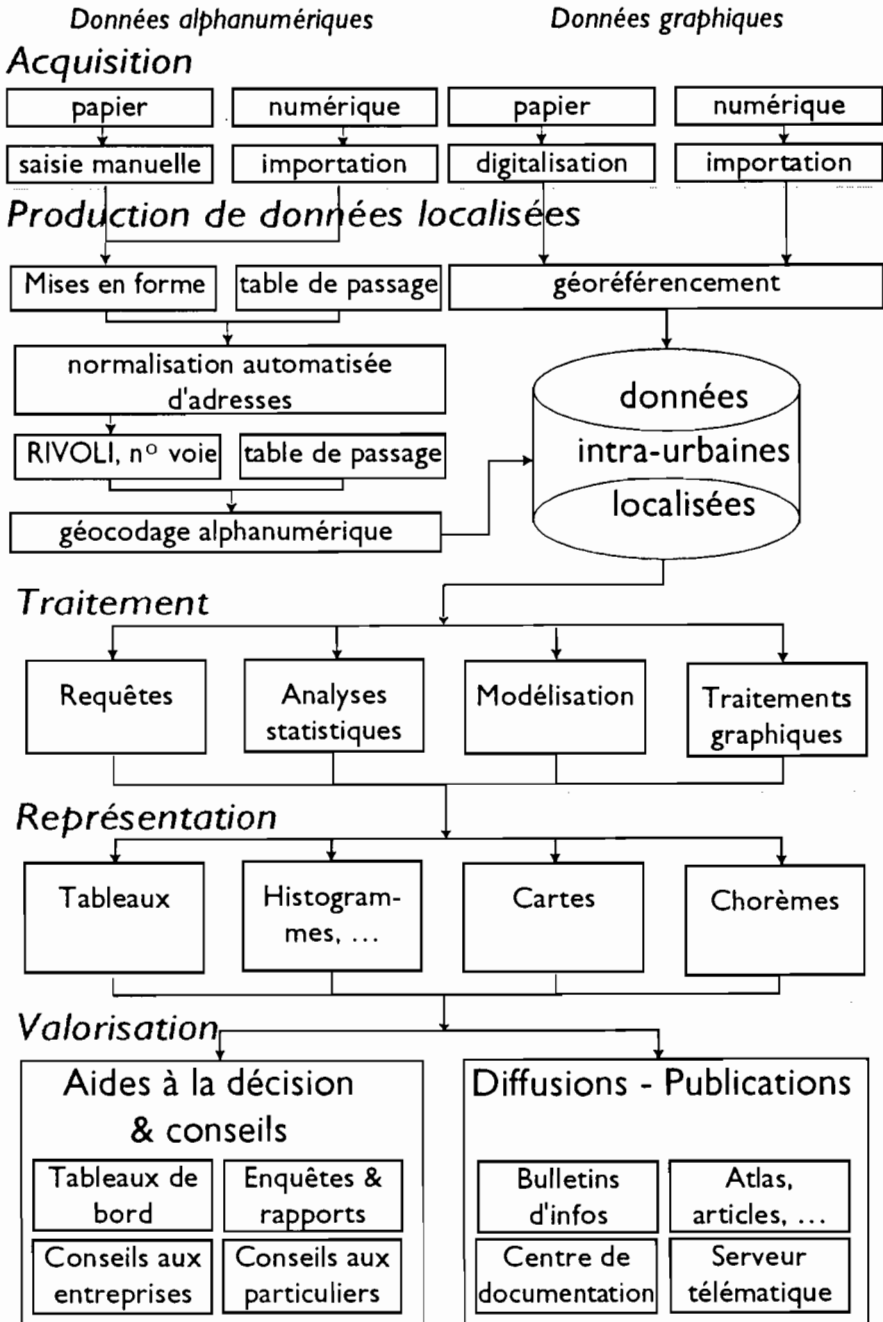
3.1. Acquisition et importation des données

L'expert intervient dès le premier stade de traitement. L'utilisateur final est aussi celui qui détermine quelles informations sont à acquérir, il prospecte les gisements disponibles. Parallèlement, un dialogue permanent entre « l'informaticien et le thématicien » préside à la satisfaction des besoins.

Acquérir de l'information est une action complexe qui doit résoudre la distance entre le concept utilisé par le thématicien (par exemple : les « jeunes ménages au Havre »), sa traduction physique sous une forme tangible telle qu'une base de données (à n champs : les effectifs, les revenus moyens, les types de logements...), via la phase d'exploitation des informations de bases.

Lorsque les besoins en données sont spécifiés, on aboutit souvent à trouver l'information disponible, mais sa forme varie. En conséquence, nous élaborons progressivement un système d'acquisition aussi ouvert que possible.

CHAÎNE DE TRAITEMENTS D'INFORMATION DE L'OPH



3.1.1. Des fonctions « loin de la machine » : pour l'acquisition des données papiers

La notion « loin de la machine » permet d'insister sur le maillon « homme » qui se place en premier interprète dans le traitement de l'information. Qu'il s'agisse de formulaires d'enquêtes ou de documents de gestion des services, de tableaux, de plans ou cartes, il s'agit de les interpréter puis de les saisir ou de les digitaliser. Nos opérations de saisie s'effectuent sur des outils standards (tableur, SGBDR, SIG¹), mais c'est grâce à SGDE que nous acquérons de la manière la plus intéressante les informations alphanumériques. En effet SGDE assure l'acquisition et la normalisation des données en vue du géocodage (cf. ci-après la production de données géocodées).

3.1.2. Des fonctions « proches de la machine » : pour l'importation des données numériques

Elles concernent le réseau connecté avec le site informatique lourd de la ville du Havre permettant le transfert des données alphanumériques & graphiques stockées par les différents services (mobilité résidentielle, enseignement...) : fichiers textes avec séparateurs de champs... ; couches ArcInfo des îlots, des réseaux, portion de l'orthophotographie numérique stockée sur le Système d'Information Géographique central (centre de ressources orientées BDU² des réseaux, du cadastre, de la signalisation...) et nos réseaux locaux de micro-informatique compatible PC (ethernet) et Apple Macintosh connectés entre eux.

Notre dispositif d'acquisition accepte de nombreux supports (disquette, disques durs externes, CD ROM) mais surtout accepte de multiples formats d'échanges (DBase, Excel, texte tabulé, ..., DXF, ArcInfo, etc.).

Une fois effectuée, l'acquisition de ces informations sous la forme de données numériques de base, notre travail consiste à résoudre une équation paradoxale : conserver leur variété et limiter leur hétérogénéité en vue de traitements croisés de données, tout en respectant les principes de loi « Informatique et Liberté » (anonymat...).

3.2. Production de données localisées

Nous présenterons uniquement celle des données alphanumériques compte tenu de la spécificité de notre approche intra-urbaine. Notons simplement que nous utilisons un outil de carto-

1. SIG : Système d'Information Géographique.

2. BDU : Base de Données Urbaines.

graphie automatique « Edicart » et deux Systèmes d'Informations Géographiques : Macmap et ArcInfo.

Afin d'exploiter les innombrables sources d'informations socio-économiques, le référencement géographique le plus usité est l'adresse. De fait SGDE a été conçu autour de ce concept.

3.2.1. Normalisation de l'adresse

« En effet, ..., celle-ci constitue un moyen d'identification empirique de l'espace, particulièrement détaillé, et compris à peu près par tout le monde. Celle-ci constitue donc a priori une géoréférence presque idéale. » (Rouet, 1991). La norme que SGDE utilise, est la suivante : code RIVOLI (Répertoire Informatisé des VOies et LLeux-dit) ; n° dans la voie. « Le code RIVOLI constitue une véritable norme nationale. L'extension de ce répertoire aux voies rurales est en cours. » (Rouet P., 1991).

Cette norme n'est pas utilisée par tous les gestionnaires d'informations. Nombreux sont les fichiers, pourtant très intéressants, dont la seule géoréférence est une adresse rédigée en clair : par exemple 25, rue Anatole France. On passait à côté de gisements très riches sous prétexte qu'ils ne sont pas exploitables directement. Pour pallier ce manque, SGDE a été doté d'un module qui transforme les noms de voies en clair en codes RIVOLI de façon automatique que ce soit lors de saisie manuelle, ou lors de traitements de fichiers bruts numériques.

Une adresse se compose généralement d'un nom de voie, d'un type de voie et d'un numéro dans la voie. SGDE permet de mettre en forme les fichiers bruts par reconnaissance de ces trois éléments au travers de leurs différentes formes, par exemple : A. France ou Anatole France ou France Anatole ; rue ou R ; et leurs positions relatives, par exemple : n° ; type de voie ; nom de voie, ou bien nom de voie ; n° ; type de voie ; etc. »

Ensuite « ce module utilise une table de correspondance « noms de voie/code RIVOLI » précédemment constituée, transformée et indexée au format du logiciel SGDE pour convertir les noms de voies écrits en clair dans un fichier ASCII, en code RIVOLI ». Akiri , 1994).

3.2.2. De l'adresse à l'îlot

On observe que les données alphanumériques proviennent de sources ayant leurs propres besoins de géocodification (secteurs de gestion, bureau de vote, parc HLM...). Dans un souci de cohérence et d'unité, il est indispensable de disposer pour l'ensemble des données de géocodes de référence. De ce fait nous géocodons généralement nos données à l'îlot. Cela nous permet ensuite d'effectuer diverses agrégations. Nous utilisons une table de passage qui per-

met de géocoder chaque enregistrement de base de données. À partir du n° de voie et du code RIVOLI, une fonction (disponible sur SGDE et sur un module que l'on a développé sous Paradox) nous renvoie le code alphanumérique « îlot » correspondant (une façade d'îlot est associée à au moins un code RIVOLI, et ses limites déterminent les n° de voie extrêmes). Parallèlement au géocodage îlot-quartier, nous pouvons utiliser d'autres entités et notamment ceux des immeubles du parc HLM, des cantons, des secteurs scolaires, de carroyages...

3.2.3. ERREURS ET MISES À JOUR DE NOTRE TABLE DE CORRESPONDANCE « NOMS DE VOIE / CODE RIVOLI »

Les erreurs détectées dans le processus sont dues à plusieurs causes. On peut trouver des adresses complètement fausses, inexploitable, des adresses ambiguës pouvant correspondre à plusieurs codes, mais « la plupart proviennent de changements dans les dénominations ou la numérotation des voies. Elles traduisent ainsi les modifications du tissu urbain : nouvelles constructions de logements, démolitions, travaux de voiries etc. » (Lévêque, 1990). Ces anomalies sont enregistrées et constituent une des sources d'informations de notre dispositif de mise à jour de la table de correspondance des adresses.

3.3. Traitements de l'information

Le processus de traitement est défini en fonction de la problématique (les besoins en logements par exemple, (OPH¹, 1993) et les hypothèses sous-jacentes (niveaux d'agrégation géographiques pertinents, les mécanismes socio-économiques interdépendants, les évolutions migratoires...). Nous disposons de quatre sous-modules fonctionnels :

3.3.1. Module de requêtes

La base de données alimente l'ensemble des modules de traitements et celui des requêtes est généralement le premier employé. Devant la masse d'informations disponibles, même structurées, il faut pouvoir poser des questions ponctuelles ou extraire des données précises. En paraphrasant M. Didier, notre système d'information localisée « est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir extraire commodément des synthèses utiles à la décision » (Didier, 1990).

1. OPH : Observatoire Population & Habitat.

La requête porte sur la composante alphanumérique (attributs textuels, numériques ou combinés), tâche dévolue aux fonctionnalités de SGBDR, reliée ou non directement à des requêtes graphiques confiées aux SIG. Les conditions de sélection, d'extraction et d'agrégation, traduisant la question posée au système sont exprimées sous forme de valeur d'un ou plusieurs champs (exemple : les îlots accueillant plus de 500 personnes) et/ou sur une ou plusieurs emprises géographiques existantes ou générées automatiquement :

- zones tampons : les îlots à moins de 400 mètres d'un réseau de transport en commun),
- zones d'intersections : génération de surfaces polygonales d'intersections entre la couche « îlot » et la couche « carroyage » en vue de construire la table de répartition de population recensée à l'îlot.

3.3.2. Module d'analyse statistique

Il permet la description et la comparaison quantitative et qualitative (population, structure du parc de logement...), l'échantillonnage (sondage...), les relations (ordre, causalités...), l'analyse multi-variée, etc.

3.3.3. Module de modélisation

« Deux voies de recherches ont été explorées jusqu'alors avec un modèle de projection démographique destiné notamment aux prévisions de fréquentation scolaire et un modèle de simulation du marché du logement, basé sur les chaînes de vacances de logement (ndl : basé sur les processus markoviens), mis au point respectivement par L. Lévêque et P. Akiri. » (Lévêque, 1990). Le développement de nouveaux modèles appliqués au Havre est à l'étude, notamment dans le domaine de la localisation optimale d'équipements et de services urbains (Landa, Mallet, 1989), en s'inspirant des travaux de recherches opérationnelles de l'équipe d'H. Béguin de l'Université de Louvain.

3.3.4. Module de traitement graphique

Son intérêt n'est plus à démontrer bien qu'encore trop peu connu. Fortement imprégné des travaux de sémiologie graphique (Bertin, 1973), il doit permettre de créer et de manipuler les matrices ordonnables, les collections de cartes, de courbes, les collections de tableaux et les tableaux semi-permutables. Cependant il existe peu de logiciels spécialisés sur le marché. Nous utilisons essentiellement un module de Macmap. Pour de courts travaux et la finition de documents, nous employons l'outil de conception graphique Illustrator qui dispose de nombreuses fonctionnalités de création et de manipulation d'objets graphiques.

CONCLUSION

Au carrefour de l'ingénierie des sciences géographiques, de l'informatique, et des sciences sociales, le système d'information de l'Observatoire Population & Habitat est au service d'une équipe pluridisciplinaire composé de géographes, de démographe et de sociologues.

Le système a acquis une certaine maturité sans pour autant se figer. La ville évolue et les problématiques aussi ; la vague d'exurbanisation de ces vingt dernières années, par exemple, tend à refluer alors que se renforce la solidarité sociale spécifique à l'espace urbain ainsi que l'on observe le regain d'intérêt de « vivre en ville » en profitant de sa centralité.

Les progrès à effectuer nous semblent résider tout particulièrement dans la prospection de nouvelles sources informations. L'exploitation des gisements d'information nous semble être un des axes porteurs, qu'il s'agisse des aspects sociaux, de l'immobilier, ou des activités économiques locales... On n'ignorera pas cependant une limitation importante à ces développements émanant des règles édictées par la CNIL¹. Qu'elles concernent les seuils de population de 2 000 habitants, qu'elles portent sur l'interdiction de croiser certaines données ou bien encore qu'elles prohibent les « détournements » de finalités (les fichiers de gestion mis à disposition en vue d'étude), les expressions de cette loi, au regard de soucis légitimes en matière de respects des libertés individuelles, restreignent considérablement l'usage des possibilités pourtant très riches des systèmes d'information.

Une de nos priorités est aussi la mise à disposition d'outils fiables et conviviaux, plus souples, accessibles à des non informaticiens. Nous développons de plus en plus de modules disposant d'une interface Homme-Machine graphique (souris, icône,...) : par exemple l'adressage automatique (Paradox – Windows), des applications SIG sont à l'étude (ArcInfo – OpenWindows), etc.

Enfin les efforts vont dans le sens d'une meilleure valorisation et diffusion des connaissances et des résultats des travaux. L'aide à la décision repose sur un travail de fond important (gestion de base de données, recherche opérationnelle,...) qui se doit de déboucher sur la production de documents clairs (tableaux de bords, rapport, bulletin d'information, etc.), pertinents, au vu des prises de décision par les acteurs locaux.

1. CNIL : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés.

IV

DE L'ATLAS INFORMATISÉ AU SYSTÈME URBAIN D'INFORMATION MÉTROPOLITAIN DE QUITO

Compilation : Bernard LORTIC

« La ville de Quito, capitale de l'Équateur, est confrontée depuis vingt ans à des problèmes de croissance et de développement rapide – un taux de croissance supérieur à 4 % –, des contraintes physiques omniprésentes à une altitude de 2 800 mètres, des risques volcaniques importants. Environ la moitié de la population quiténienne doit affronter quotidiennement des problèmes : accès difficile aux équipements et services de base, mauvais fonctionnement du système de transport privé, pollution du centre. La structure urbaine évolue rapidement vers un espace aux caractéristiques métropolitaines : 100 000 hectares, 1,5 million d'habitants. Face à ces problèmes, la Mairie de Quito a mis en place un certain nombre d'outils au service de l'étude et de la planification de la ville. Le projet Système d'Information Urbain est l'un de ces outils.

Une première phase a associé la Mairie, l'Institut Géographique Militaire, l'Institut Panaméricain de Géographie et d'Histoire, et l'ORSTOM. Nous avons alors mis en place un SIG comprenant de nombreuses informations, (...), (qui a permis) d'élaborer un diagnostic de la situation urbaine à la fin des années 80, d'étudier les problèmes prioritaires, de mettre au point une technologie nouvelle dans le domaine des SIG urbains et de l'apport de la télédétection spatiale. (...) La seconde phase du projet privilégie l'as-

pect opérationnel du système, installé directement à la Mairie de Quito¹. »

Dans cet article, le lecteur trouvera la description de chacune des deux phases du projet, Atlas Informatisé de Quito (AIQ) et Système Urbain d'Information Métropolitain (SUIM), telles qu'elles sont décrites par les équipes responsables de leur mise en œuvre.

1. L'ATLAS INFORMATISÉ DE QUITO : BREF HISTORIQUE D'UN PROGRAMME DE RECHERCHE-ACTION²

1.1 Période de contact et de doutes (1984/1985)

C'est en 1984 que germe l'idée de constituer une base de données urbaines à Quito et de mettre au point, à moyen terme, une cellule institutionnelle permettant l'actualisation périodique des données intégrées à la base. Dans le même temps, l'ORSTOM programme le développement d'un SIG.

Cette année-là est consacrée à nouer des relations étroites entre les quatre institutions intéressées par ce programme alliant recherche fondamentale et recherche appliquée – IGM, IPGH, IMQ³ et ORSTOM – et à préparer les termes de référence du programme Atlas Informatisé de Quito (AIQ).

Cette première phase est mise à profit pour affiner le projet et définir le cahier des charges. En effet, si la rigueur est l'exigence première de toute méthodologie qui se veut scientifique, elle peut s'améliorer par approximation successives lors d'une recherche approfondie. Cependant, autant l'esprit s'accommode de cette démarche prudente, et parallèle en quelque sorte, autant l'informatisation et le recours à l'infographie rendent d'entrée de jeu indispensable l'accès à des données fiables et exhaustives – or, la base cadastrale, première base de données consultée, est inutilisable en 1985 en raison de son hétérogénéité et de son imprécision – et l'achat d'un équipement informatique suffisamment performant, donc relativement coûteux.

A la fin de l'année 1985, tous les problèmes matériel et tech-

1. Extrait de : Souris M., Lortic B., Vega J., 1992. Le système urbain d'information de la ville de Quito. Sistema Terra, n° 1, pp. 31-33.

2. Extrait du chapitre « De la base de données à l'Atlas Infographique de Quito ; genèse et gestion d'un outil scientifique et de planification urbaine » rédigé par l'équipe de l'Atlas.

In : Collectif, 1992. Atlas infographique de Quito ; socio-dynamique de l'espace et politique urbaine. Quito, IGM, IPGH, ORSTOM, 41 planches bilingues.

3. IGM Instituto Geografico Militar, IPGH Instituto Panamericano de Geografia e Historia, IMQ Ilustre Municipio de Quito.

niques semblent résolus. L'IGM signe un accord avec l'Institut National de la Statistique et des Recensements (INEC), obtenant, en échange de cartes et de photographies aériennes, les bandes magnétiques permettant de disposer des données censitaires de 1982 à l'échelle de l'îlot (unité de base retenue pour cette étude). Les trois institutions équatoriennes s'engageaient à fournir la logistique et le personnel nécessaires au bon déroulement du projet ; enfin un accord provisoire était signé.

1.2. Mise en route partielle du programme AIQ (1986)

Pour des raisons économiques :

– L'IMQ se sépare une première fois du programme en Juin 1986, retirant ainsi son appui logistique, technique et financier ; il devient alors difficile d'entreprendre la réalisation d'un outil de gestion urbaine alors que le principal bénéficiaire du programme – qui à terme doit permettre l'actualisation des données en vue de faciliter la planification et la gestion urbaines – est défaillant ;

– l'IGM n'a pas encore fait l'acquisition du matériel informatique indispensable à la réalisation de l'AIQ.

Il est donc difficile, bien que la problématique scientifique générale soit établie, de l'asseoir sur des bases concrètes puisque le programme initialement prévu risque d'être profondément révisé (objectifs, méthodologie...), voire d'avorter, si la garantie institutionnelle n'est pas assurée et si l'équipement informatique n'est pas mis à disposition.

1.3. Réelle mise en route du programme AIQ (1987)

Puisque la situation semble bloquée, du moins à court terme, la direction de l'ORSTOM envisage de se retirer de l'AIQ qui tente de fonctionner dans le cadre d'un accord provisoire vieux de 18 mois et sans équipement informatique.

Toutefois, deux éléments vont permettre la mise en route du programme et la signature de l'accord spécifique de coopération. D'une part, à la faveur des élections, les nouvelles autorités municipales renouent les liens avec les trois partenaires et se déclarent prêtes à participer au programme et à mettre à sa disposition les moyens nécessaires à sa réalisation. D'autre part, en raison de cet intérêt des praticiens et des problèmes économiques que traverse le pays – ceux-ci sont aggravés par un violent séisme en mars 1987 –, l'ORSTOM achète à la fin de la même année l'équipement informatique d'une importance correspondant aux besoins de la recherche projetée et l'affecte au programme AIQ.

Les objectifs, les modalités, l'organigramme, les responsabilités de chacune des institutions et les termes de référence scientifiques et techniques sont définis précisément. Enfin, l'IMQ insiste pour que l'accord, pas encore officialisé, soit signé entre les quatre partenaires, afin de permettre la mobilisation du personnel et des crédits nécessaire au fonctionnement de la cellule AIQ. L'accord spécifique de coopération, approuvé par le Conseil National de Développement (CONADE) en juillet, est légalisé le 15 octobre ; le programme AIQ est prévu sur une durée de trois ans.

1.4. Difficultés inhérentes à la réalisation d'un programme d'envergure (1988/1990)

Pour de nombreuses raisons, tant d'ordre technique qu'institutionnel ou matériel, le chronogramme prévu en 1987 n'a pu être respecté dans son ensemble, malgré l'affectation au programme en 1988, de l'ingénieur informaticien qui a conçu le système SAVANE et d'un chercheur senior spécialiste de l'analyse urbaine, des travaux de terrain et de la réflexion sur l'espace des grandes villes.

L'équipement informatique a été opérationnel à partir de mars 1988. A commencé alors la digitalisation des îlots de Quito, fond de plan indispensable à l'intégration et à l'analyse des données traitées à l'échelle du pâté de maisons. La digitalisation des 120 feuilles au 1/2 000 a pris six mois, les techniciens de l'IGM étant déjà bien formés aux techniques informatiques de saisies de données graphiques.

Parallèlement, entre 1986 et 1989, le programme Télédétection pour l'observation des population urbaines, symbiotique à l'AIQ, a été mené à bien (collecte des données, mise au point de la méthodologie, publications, organisation d'un séminaire atelier...).

En Octobre 1990, la situation était la suivante : la base de données urbaines était créée, le logiciel SAVANE achevé – il était donc possible d'envisager le transfert technologique et la mise en route de la phase destinée à l'actualisation des données : observatoire urbain – mais l'Atlas infographique de Quito n'était pas encore terminé alors que l'accord institutionnel stipulait son achèvement et sa publication. Cet atlas n'avait d'ailleurs qu'une fonction de recueil de cartes, ce fut aussi un ouvrage exposant une méthodologie pour la conception et l'interprétation de cartes thématiques.

1.5. Achèvement de l'Atlas infographique de Quito (1991/1992)

Il fut donc nécessaire de signer un avenant d'une année à l'accord spécifique de coopération afin de terminer dans de bonnes conditions la réalisation de l'Atlas infographique de Quito.

L'IMQ, dont les priorités concernant l'Observatoire Urbain de Quito (OUQ) qui deviendra le Système Urbain d'information (SUI) en 1991, créa officiellement la cellule OUQ en octobre 1990. La mise en place de cette structure s'inscrivait dans la logique de l'AIQ (déjà en 1988, le suivi et l'actualisation des données de l'AIQ étaient évoqués) mais plusieurs difficultés surgirent.

En raison des échéances et de l'urgence de mettre en place un système opérationnel d'actualisation des données, l'IMQ déjà n'envisage plus de participer à la rédaction et à la publication de l'Atlas infographique de Quito. L'avenant à l'accord inter institutionnel est donc signé par l'IGM, l'IPGH et l'ORSTOM qui prennent en charge l'ensemble des travaux de conception, de rédaction et de publication de l'atlas proprement-dit. Parallèlement à la poursuite de la recherche entreprise, l'ORSTOM et l'IMQ établissent, en juillet 1991, un accord spécifique de coopération, relatif au SUI, suite logique de nos travaux.

Il était certain qu'il serait difficile, techniquement et institutionnellement, de mener à bien l'achèvement d'un programme d'envergure comme l'AIQ et la mise en route d'un projet tel que le SUI. Toutefois, la volonté de tous a permis que ce travail de synthèse soit enfin publié et que le bilan de ce programme soit établi au cours du séminaire organisé à l'IGM du 6 au 11 avril 1992.

2. LE SYSTÈME URBAIN D'INFORMATION MÉTROPOLITAIN DE QUITO (SUIM)¹

Le Système Urbain d'Information Métropolitain de Quito (SUIM) est un système informatique de stockage, traitement et gestion de l'information urbaine qui, à l'aide du programme SAVANE, gère une base de données localisées. Ce potentiel important de gestion de l'information constitue un instrument efficace d'aide à la planification, à l'administration et à la gestion du District Métropolitain de Quito (DMQ). Le SUIM est géré par la Direction de la Planification avec la collaboration de l'ORSTOM depuis octobre 1991.

2.1. Les objectifs du SUIM

Les objectifs du SUIM sont :

– Réaliser, coordonner et optimiser l'information urbaine pour répondre aux nécessités de la planification du District Métropolitain de Quito ;

1. Extrait de : Collectif , 1994. El sistema Urbano de Información Metropolitana. Soporte a la planificación y gestión urbana. Quito, Dirección de la planificación del Municipio de Quito – ORSTOM, 12 pages.

Traduction : Bernard Lortic et Françoise Dureau.

- Développer de nouvelles méthodes d'actualisation et de traitement de l'information cartographique, sociale et urbaine ;
- Fournir aux différents services et entreprises municipales, aux institutions publiques et privées un service d'information urbain rapide, fiable et actualisé.

2.2. La configuration informatique et les logiciels utilisés

La configuration informatique et le fonctionnement du système sont structurés autour de :

- deux stations de travail SPARC, avec écran couleur haute définition ;
- un poste de digitalisation composé d'une table à digitaliser grand format et un micro-ordinateur PC ;
- et des périphériques de sortie : une imprimante laser noir et blanc, un système de copie d'écran couleur, et un traceur à plume A0.

Le logiciel utilisé par le SUIM est le système d'information géographique SAVANE développé par l'ORSTOM qui couvre toutes les phases nécessaires à l'implantation et à la gestion de la base de données, sous système UNIX. Le système permet l'informatisation graphique (digitalisation), le traitement relationnel des données localisées et de nombreuses possibilités de traitement et représentation graphique.

Pour les images satellitaires et la télédétection, on dispose du logiciel PLANETE, développé par l'ORSTOM ; les résultats des traitements d'image peuvent être intégrés dans la base de données gérée par SAVANE comme autant de variables supplémentaires.

Les analyses statistiques sont effectuées sous le logiciel SAS, au moyen d'une interface transparente pour l'utilisateur qui peut utiliser depuis SAVANE la bibliothèque statistique SAS (marque déposée SAS Institute).

2.3. La base de données du SUIM

• Une structure relationnelle

Pour le fonctionnement du système et pour répondre aux demandes des utilisateurs, a été constituée une base de données relationnelle dans laquelle la localisation est l'attribut commun des objets qui la composent, lesquels conservent leur localisation par coordonnées géographiques. La base de données du SUIM est structurée à partir de données intégrées sous forme de polygones, segments et points ainsi que de statistiques en mode alphanumé-

rique ; grâce au système de gestion relationnelle du logiciel SAVANE, celles-ci peuvent être comparées, superposées et combinées. Ainsi, il est possible d'élaborer des cartes et les analyses statistiques correspondantes. Les résultats cartographiques peuvent être restitués dans un système de coordonnées planes quelconque; en l'occurrence, le SUIM a adopté la projection UTM, système utilisé en Équateur.

• ***Comment est créée la BDU ?***

La Base de Données Urbaine (DBU) du SUIM repose sur la réalisation de cinq activités fondamentales : le recueil, la préparation, l'informatisation, l'intégration et l'actualisation de l'information.

Le recueil de l'information est réalisé en fonction des besoins des utilisateurs, à travers l'identification des sources, la sélection et le recueil de l'information graphique, statistique et satellitaire.

La préparation de l'information inclue : l'élaboration de cartes de base selon les unités spatiales de gestion de l'information (définies ci-après), l'élaboration de la cartographie thématique et la codification de tous les attributs spatiaux et statistiques qui constituent la base de données.

L'informatisation de la base de données consiste à saisir la cartographie thématique et les données statistiques codées.

L'intégration de la base de données correspond au processus de confrontation entre les données graphiques et alphanumériques dans le cadre de la structure relationnelle de la BDU, mais aussi à leur validation, opération nécessaire pour garantir le niveau de fiabilité des données intégrées.

L'actualisation de l'information permet de maintenir à jour, de façon permanente, l'information cartographique et statistique.

• ***Les unités spatiales de gestion de l'information***

Afin de satisfaire les demandes des utilisateurs, l'information de la base de données du SUIM est gérée à partir de trois unités spatiales de base :

– les secteurs et zones de recensement : correspondant à des unités homogènes en termes de population, elles permettent de réaliser des lectures agrégées (d'îlots ou parcelles) de la ville, notamment dans les espaces suburbains ;

– les îlots : l'îlot constitue l'unité spatiale de base pour le traitement exhaustif dans les parties de la ville où existent la cartographie et l'information de base ;

– les parcelles : la parcelle est l'unité minimale de compilation de l'information, où seront réalisées des applications de détail, comme le cadastre ou les inventaires. Actuellement, seul le centre historique bénéficie de ce type d'information.

• *Le contenu thématique de la BDU*

Pour satisfaire aux objectifs du SUIM, outil d'aide à la planification et au contrôle du District Métropolitain de Quito, a été créée la base de données multithématique, constituée des informations suivantes :

- données physiques : informations sur les caractéristiques du sol, ses aptitudes et ses contraintes, la géologie, la géomorphologie, la physiographie, le drainage, la topographie, les risques naturels, la végétation, les aptitudes et le climat ;
- données sur l'usage et l'occupation du sol : informations sur l'usage du sol, la hauteur du bâti, la forme d'occupation, l'aptitude à l'urbanisation, et la réglementation urbaine ;
- données socio-économiques provenant des Recensements Généraux de la Population et des Logements de 1982 et 1990, d'enquêtes socio-économiques et d'informations élaborées par les utilisateurs eux-mêmes ;
- données sur les équipements, les services et les infrastructures : éducation, santé, loisirs, services, police, industrie, commerce, eau potable, égouts, électricité, téléphone et ordures ;
- fichiers des points cotés et des courbes de niveau du District Métropolitain, à partir desquels sont élaborées les perspectives tridimensionnelles du terrain ;
- données multitemporelles des images des satellites SPOT et Landsat de 1986, 1987, 1990 et 1992.

2.4. L'utilisation du SUIM

• *L'accès à l'information*

Le SUIM offre ses services aux utilisateurs impliqués dans la planification et l'agencement du territoire, ainsi qu'aux chercheurs : ministères, institutions autonomes, entreprises publiques et privées, universités, médias et le public en général.

Les utilisateurs qui fournissent des données au SUIM conservent sur celles-ci leur droit de propriété intellectuelle et acquièrent le droit d'utilisation du SUIM pour le développement de leurs applications.

Aux utilisateurs non fournisseurs d'information, sont appliqués les tarifs établis pour l'information imprimée ou magnétique.

• *Services offerts par le SIUM*

Le SUIM offre à ces utilisateurs les services suivants :

- Analyse, traitement et restitution graphique et statistique d'informations de synthèse sous forme de listings et de cartes, comme aides à la prise de décision ;

- Création de situations hypothétiques par application de modèles de simulation ;
- Traitement de l'information altimétrique pour créer des modèles numériques de terrain ;
- Suivi de l'usage du sol et de l'environnement d'après des images satellaires et des photographies aériennes (télé-détection) ;
- Consultation du catalogue/dictionnaire, qui contient une description complète des données disponibles dans le système urbain d'information, indiquant les sources, la localisation et les dates, selon une structure standardisée ;
- Consultation et distribution de données et résultats aux utilisateurs, par un réseau local et/ou des supports standards : disquettes, bandes magnétiques ou courrier électronique ;
- Formation et assistance aux utilisateurs engagés dans le développement de systèmes d'information semblables.

• ***Vers le système d'information multiusagers pour Quito***

Le volume des demandes en informations localisées rend nécessaire une meilleure coordination entre les différentes institutions produisant et utilisant de l'information sur le territoire métropolitain, afin d'améliorer et faciliter la production, l'utilisation et l'échange de données.

Pour cela il est nécessaire :

- de réaliser et utiliser une cartographie numérique unique du territoire métropolitain ;
- d'homogénéiser les unités territoriales utilisées pour la collecte et l'enregistrement de l'information ;
- d'établir une réglementation régissant la production et l'échange d'information entre les institutions productrices et utilisatrices.

2.5. Les applications et programmes de recherche du SUIM

Les avantages du SUIM apparaissent très clairement, lorsque l'on considère le développement d'applications pour la planification et la gestion métropolitaine, les programmes de recherche et le système de consultation. Parmi ceux-ci, nous mentionnerons les suivants :

- Caractérisation et localisation des populations en fonction de leur conditions de vie et du niveau de satisfaction de leur besoins de base, afin de satisfaire leurs demandes à travers des processus stratégiques, participatifs et communautaires.
- Identification des principales tendances en matière de mobilité, croissance et localisation de la population au sein du District.

- Évaluation des conséquences que les phénomènes sismiques pourraient entraîner sur les biens et sur les personnes, d'après des informations sur la structure du bâti, le type de sol et le type de secousses.
- Développement d'une méthode de suivi permanent de l'évolution spatiale de la ville et des zones suburbaines, basée sur le traitement d'images satellite.
- Évaluation et contrôle de la gestion urbaine, à partir du recueil et de l'analyse des rapports concernant la réglementation urbaine, les lotissements approuvés, la voirie, l'agrément des plans et des permis de construire.
- Gestion et modélisation du trafic, des transports et conception du système de voirie, à partir de l'inventaire du type de revêtement, de l'état, des dimensions, du sens de circulation des voies, ainsi que des caractéristiques suivantes : trottoirs, parterres, chaussées, drainage, signalisation, flux et lignes de transport.
- Analyse des principales composantes de l'économie municipale, afin d'optimiser le recouvrement des impôts et d'orienter les investissements municipaux dans les différentes zones du territoire métropolitain.
- Inventaire physique et socio-économique des zones historiques.
- Stratification du District en fonction des caractéristiques socio-économiques de la population et des logements ; identification des organisations sociales qui fondent l'action communautaire.
- Zonification de l'environnement, qui donne lieu à des informations bioécologiques pouvant être mises en relation avec les réglementations.
- Actualisation du fond cartographique d'après les photographies aériennes et des mesures effectuées par GPS (*Global Positioning System*).

V

LA GÉOGRAPHIE FACE AUX SIG

René DE MAXIMY

1. LA RECHERCHE ESCLAVE DU SIG

1.1. Stratégie pour une analyse socio-géographique

La mise en œuvre et la réalisation de l'atlas infographique de Quito (AIQ, pour la suite du propos) me sont l'occasion d'établir la double appartenance de la recherche que nous avons conduite de 1987 à 1992. Cette démarche est nécessaire pour réduire une confusion évidente et réductrice à l'extrême qui occulte une dimension primordiale de l'intérêt de notre entreprise. Certes, il y a eu « amélioration des outils de connaissance pour la gestion urbaine », mais il y a eu aussi, et surtout, mise au point et expression privilégiée d'une méthode d'analyse spatiale génératrice de problématiques urbaines habituellement oubliées.

Or cette dimension a été sciemment occultée pour deux raisons :

– parce que, s'il est malaisé d'adapter un outil, ici un programme, et de l'améliorer, ça l'est bien davantage de mettre en évidence les forces sociales qui façonnent des entités socio-spatiales dont on ne peut espérer saisir les effets que par ce qui en transparaît dans le paysage construit et par la pratique des citoyens réduite à une observation élémentaire fondée sur un choix de points de vue arbitrairement sélectifs ;

– parce que la mode des SIG est génératrice de moyens de recherche, tandis que l'analyse socio-spatiale n'a jamais eu cette mode, donc n'a jamais généré de tels moyens.

En effet, depuis des années déjà, informatique et SIG sont des objets susceptibles de produire des décisions institutionnelles mobi-

lisatrices de capitaux affectés à des recherches. C'est pourquoi, durant toute la durée du projet AIQ nous avons laissé filer le discours technologique et nourricier. Nous savions que la mise au point des logiciels SAVANE et PLANETE n'était somme toute que secondaire pour la connaissance de la question urbaine. Ils se seraient, de toute façon, développés si leur application avait servi d'autres produits, une approche de la ville uniquement démographique ou économique, par exemple. Mais, s'il n'y avait eu la mise au point d'un SIG, jamais nous n'aurions eu une telle occasion de tenter une approche géographique aussi approfondie portant sur l'espace d'une grande ville et sur son fonctionnement. Quoique cette approche reste à l'évidence très limitée et très superficielle. Notamment, tout le social et le politique de la ville sont sous-jacents à l'étude faite, mais demeurent ignorés. Il faudra bien cependant qu'un jour on les considère avec rigueur.

1.2. Le SIG et son usage : un exemple didactique

Pour faire comprendre le poids et le rôle que l'on peut attendre du regard du géographe dans la qualité de connaissances que l'on peut avoir d'une ville, je vais utiliser un exemple métaphorique tout à fait simple. Supposons un appareil de haute technologie mis au point pour préparer une cuisine de qualité. Cet appareil peut recevoir en des compartiments parfaitement adaptés et bien individualisés, des denrées alimentaires, chacune localisée en son alvéole spécifique. Ces aliments sont consommables sans autres préparations, mais gagneraient à être mieux apprêtés et harmonieusement mariés. Justement, l'intérêt d'user de cette machine est de pouvoir, à la demande, choisir dans les denrées stockées, autant de produits que l'on voudra, chacun quantifié selon la décision du préparateur utilisateur de l'appareil et mis en présence des autres choisis. Cette combinaison alimentaire peut se faire en subissant une préparation modulable où éléments et ingrédients liquides ou solides, gazeux ou volatils, peuvent être conditionnés séparément ou en association. Puis, l'opération faite, les plats peuvent être servis.

Merveilleuse machine, épargnant bien du temps et du travail à une armée de marmitons, au point, peut-être, de supprimer le métier de gâte-sauce ou de tourne-broche.

Donnons à manipuler cet appareil à un véritable artiste de la technologie, mais n'ayant aucune connaissance, ni aucune intuition en matière culinaire au point de ne pas hésiter à proposer une boisson sucrée et gazeuse avec un camembert fait à cœur, et de plus les malaxant en une sorte de pâte inattendue avant de les servir. Il en résultera une « chose » indubitablement, mais qui l'appréciera ?

Or, avec les ordinateurs, les SIG et les banques de données

qu'ils utilisent nous sommes en possession de la merveilleuse machine et des ingrédients, mais encore faut-il savoir ce que sont exactement les données qui constituent la base de l'information. Il ne suffit pas d'en avoir analysé la teneur, données sur l'âge, le sexe et l'activité par exemple, et la fiabilité, représentativité statistique du sondage ayant permis l'acquisition de ces données, mais encore faut-il connaître bien les règles démographiques qui seules permettent d'interpréter certains ratios comme, par exemple, celui de la fécondité où l'âge et les réalités sociétales de la population féminine considérée jouent un rôle déterminant. Cela établi, reste à savoir pourquoi cette information complexe est recherchée, quel usage on peut en faire et quelles répercussions proches ou lointaines elle peut avoir sur la gestion d'une ville. C'est là qu'interviennent les spécialistes de la ville qui savent bien que ce n'est que la mise en commun d'un travail collectif, où chacun apporte son savoir et nourrit sa réflexion, à travers le prisme de sa spécialité, du savoir de tous, qui leur permet d'élaborer une politique urbaine acceptable de l'espace et de la société qui en use. Car l'urbaniste est un être mythique polycéphale souvent incomplètement développé, il n'est pas rare qu'il lui manque une ou plusieurs têtes : souvent dans les pays relativement sous-scolarisés un géographe ou un sociologue, espèce dont la rentabilité sociale n'est généralement décelable par les politiques, maîtres des décisions, qu'à termes, ou bien encore un spécialiste de l'économie des nuisances et de la pollution, mutant non encore stabilisé et pour cela difficile à rencontrer. Or, l'utilisateur du SIG dont la logique voudrait qu'il sache imaginer, interpréter des cartes thématiques complexes et diversifiées, est l'une de ces têtes constitutives du mythe de l'urbaniste. C'est un spécialiste des analyses spatiales, en même temps urbaines, urbanistiques (i.e.. ayant une portée opérationnelle), géographiques et sociales, qui ne peut être ignorer lors de la mise en condition des données introduites en BDU. Car ne pas savoir, à la sortie sur écran ou sur papier, présenter l'intérêt des résultats localisés et spatialisés obtenus (chiffres, graphes, images) en les commentant pour leurs utilisateurs potentiels les comprennent mieux, c'est faire de la bouillie de camembert pour un liquide gazeux et sucré.

2. L'OUTIL DE LA RECHERCHE ET LE CHERCHEUR

2.1. Les logiques et les contraintes

Le programme AIQ s'est trouvé confronté à des difficultés dues, non aux logiciels ou à l'ordinateur (il y en eût, elles furent surmontées), mais à l'ignorance de l'analyse socio-spatiale que des

géographes peuvent faire. Le premier obstacle fut d'ailleurs les géographes de l'équipe eux-mêmes qui durent s'astreindre à considérer d'une manière plus aigüe et plus localisée qu'ils n'en avaient l'habitude, la dimension sociale et politique, donc culturelle finalement, de l'espace. Cet obstacle s'est compliqué de l'obligation de soumission. Obligation pour les géographes de se soumettre aux contraintes logiques limitatives des processus combinés par les logiciens et suivis par les programmes conduisant l'ordinateur. Obligation pour les logiciens de se soumettre à la démarche heuristique, moins étroitement balisée, des concepteurs de la recherche socio-spatiale (la ville espace sociale) entreprise. Il a bien fallu, sans se renier, s'adapter réciproquement aux limites et options formulées de part et d'autre.

Or, il faut bien comprendre les deux approches :

- le concepteur du logiciel établit un programme très performant mais, c'est la loi du genre, en décomposant la chaîne des emboîtements logiques. La capacité opérationnelle ainsi développée, dans le cadre de ses lois organisationnelles, est quasi illimitée. Son auteur dira alors : « Pourquoi ne faire que quelques cartes, s'astreindre à des analyses restreintes très sectorialisées, ne produire que peu d'images, alors que le programme est conçu pour en faire des centaines, sans réelles limites combinatoires d'attributs ? »

- le concepteur des images souhaitées pour l'analyse socio-spatiale à mener et les synthèses géographiques, ou autres, à en tirer répondra : « Pourquoi élaborer cent images, si les deux ou trois que je conçois, dans la mesure où elles peuvent être réalisées par le programme fourni, me suffisent pour mon analyse et la formulation de nouvelles questions. qui me feront à nouveau rechercher deux ou trois images, et non cent, répondant à ces nouvelles interrogations et en générant d'autres à leur tour ? » Car le chercheur en sciences sociales s'il procède, comme l'ordinateur, par une succession d'emboîtements logiques, ce qui reste à démontrer et me paraît plus que douteux, a un cerveau qui économise absolument les étapes, ses capacités analogiques, inductives et déductives, s'exerçant dans l'instant. Ce que sait parfaitement le logicien qui utilise de la même manière son cerveau pour choisir ses options d'emboîtements logiques.

2.2. Transmission des connaissances, incompréhension culturelle : une longue marche

Pour répondre à ces « pourquoi » et s'entendre sur les « comment », le dialogue était nécessaire. Il fut bénéfique aux deux démarches, ce qui amena une double mise au point, celle d'un logiciel répondant aux interrogations faites, après quelques accommo-

dements, par les géographes, celle d'une méthodologie que le logiciel permit de formuler avec une rigueur initialement incertaine.

Mais ces étapes indispensables n'ont pas tout résolu. Les sciences sociales s'appliquent à un milieu changeant, façonné et refaçonné sans cesse par des acteurs souvent insaisissables et fréquemment versatiles. C'est dire que leur objet est soumis à une multitude de combinaisons s'agençant dans la modification permanente des éléments qui les fondent et les maintiennent en des équilibres jamais définitifs. En effet, les acteurs qui les gouvernent et les animent ne sont pas réductibles à des formules et des codes. Aussi, pour qu'une méthodologie génératrice de problématiques et susceptible d'en mieux éclairer à chaque étape les questionnements, serve la société qui investit dans son élaboration, il est nécessaire qu'elle soit immédiatement utilisée. C'est là que sont les risques de grippage, de déviance, de contresens tels que la recherche engagée s'en trouvera inutilisable. A Quito nous n'avons pas pu forcer cet obstacle conjoncturel. Pour que le bénéfice opérationnel de notre recherche soit réel, il faudra attendre le jour où l'un des utilisateurs du système urbain d'information mis en place au sein de la Direction de la Planification de la Municipalité de Quito, se rendra compte par lui-même de ce que peut apporter de novateur l'analyse de la ville faite selon une approche géographique telle que nous la concevions lors de la confection de l'AIQ, ou que la conçoit un Jacques Lévy étudiant ce que signifie la notion d'espace légitime.

En effet l'analyse de cartes thématiques, le maniement d'un corpus de cartes, atlas imprimé ou virtuel, fixé ou changeant et produit à la demande, s'apprend. Elle procède d'une éducation qui ne s'improvise pas. Celle-ci s'appuie sur une culture, un apprentissage social et scolaire de l'observation, de l'analyse, de la dialectique et du jeu créatif. C'est dire qu'elle se construit sur une longue durée, à l'échelle humaine, aussi longue que l'est la scolarité. La formation spécifique du géographe se fonde sur cette culture. La pratique consolide cette formation, lui assure une souplesse dialectique indispensable à la mise en œuvre de l'analyse socio-spatiale conduite par des géographes. Or, en Equateur on n'enseigne pas vraiment la géographie, c'est-à-dire l'art de décrire la terre, le paysage en ses éléments, ses articulations et ses harmonies, afin d'en tirer un enseignement, notamment social, pertinent. Evidemment, en ce qui concerne la ville, les architectes par exemple, les sociologues ou les économistes, etc. font aussi des analyses socio-spatiales pertinentes, mais la dimension géographique, telle que la conçoit l'école française, en est totalement absente bien qu'elle soit mieux qu'aucune adaptée à l'outil cartographique qui est son médiateur de recherche et de réflexion privilégié, son descripteur-décrypteur de paysage. Et pour bien aménager un espace, surtout s'il est profondément socialisé, l'intelligence du paysage est incontournable.

C'est cette dimension géographique qui n'a pu être transmise aux premiers bénéficiaires de l'AIQ. Averti de ce risque j'avais, dès le départ, envisagé que l'AIQ ne serait qu'une première étape, indispensable mais tout à fait insuffisante, de l'observation géographique de Quito. Je considérais que la capitale équatorienne devait être un laboratoire pour mettre au point l'analyse urbaine à usage urbanistique, telle que peuvent la construire des géographes. Cette recherche-action reste à faire.

CONCLUSION

En conclusion je ne peux que partager le point de vue épistémologique de Jacques Lévy en ce qui concerne une certaine géographie dont l'AIQ, s'il n'est pris que pour lui-même et non comme une partie, spectaculaire, d'un ensemble de réflexions et de connaissances qui le transcendent, serait un exemple : « L'espace est une dimension de l'être social qu'on ne peut éliminer, sinon par commodité technique provisoire. Cela signifie qu'une des pratiques traditionnelles de la géographie —projeter sur un fond de carte telle ou telle activité humaine— vaut d'être remise en question. Bien sûr il peut être utile de se livrer à cet exercice pour avoir une idée de la distribution d'un phénomène sur une aire donnée. Ce peut être alors le point de départ d'une recherche : comment expliquer cette distribution¹ ? »

En cette occurrence les SIG sont les bienvenus, mais ils ne sont que serviteurs de la recherche, au moins en sciences sociales et singulièrement en géographie, il est temps qu'on les remette – dans notre société consommation – à leur vraie place.

1. Jacques Lévy, 1994. Citation tirée de la page 5 de l'ouvrage.

VI

LE GUIDE MUNICIPAL DE LA CÔTE D'IVOIRE UN SYSTÈME D'INFORMATION URBAIN APPLICABLE À TOUTE L'AFRIQUE

Jean SAINT-VIL

Le Guide Municipal de la Côte d'Ivoire¹ est le nom sous lequel est baptisée la banque de données urbaines et municipales ivoiriennes éditée pour la première fois en 1986, puis en 1989, en 1991 et en 1992 par la Direction et Contrôle des Grands Travaux à Abidjan. Plus de 500 exemplaires de ce document ont été diffusés en Côte d'Ivoire et auprès d'organismes internationaux depuis la première édition. La quatrième édition que nous présentons dans les pages qui suivent est une édition revue, corrigée et presque entièrement informatisée.

Le « Guide » est en même temps un document plus riche qu'à l'origine et plus convivial avec une présentation de qualité nettement meilleure qu'auparavant. Son objectif est multiple. La finalité première reste l'alimentation en données urbaines et municipales de l'administration ivoirienne, des communes, des bailleurs de fonds internationaux s'occupant du développement urbain et municipal. Néanmoins, il peut également aider les chercheurs, les enseignants, les experts et les autres catégories de personnes intéressées par le phénomène urbain et la décentralisation en Côte d'Ivoire.

1. Saint Vil J., 1992. Le Guide Municipal de la Côte d'Ivoire, Abijan, Direction et Contrôle des Grands Travaux, 559 p.

1. STRUCTURE DE LA BASE DE DONNÉES

1. 1. L'organisation informatique du Guide

1. 1. 1. *Le logiciel utilisé*

La base de données urbaines et municipales de la Direction et Contrôle des Grands Travaux est une base de données électronique de type relationnel utilisant désormais le logiciel 4^e dimension fonctionnant sur les ordinateurs Macintosh.

La base de données (Figure 1) comprend 70 fiches et 325 rubriques occupant un espace disque de 8,5 mégabits. Chaque fichier comprend 136 fiches auxquelles il faut ajouter 1 200 fiches concernant les localités rattachées à chaque commune, ce qui correspond à un total de 10 720 fiches entrées dans la base de données. Celle-ci peut être enrichie considérablement puisque le logiciel permet de gérer jusqu'à une centaine de fiches et 51 000 rubriques.

Les rubriques sont présentées sous deux formes : tantôt sous leur nom complet quand celui-ci est court : nom, niveau, année, montant par exemple ; tantôt sous forme abrégée, quand la désignation des éléments qui les constituent est très longue. Par exemple : TotAbonnés CLieu, TotAdjointsMai, LongResMTBTKM, respectivement pour total des abonnés au chef-lieu, total des adjoints au Maire, longueur du réseau Moyenne Tension et Basse Tension en Km, etc.

Le fichier-mère de la base de données est le fichier Communes qui est relié par l'intermédiaire de sa rubrique Code à la rubrique Code Commune de la quasi totalité des autres fichiers.

A l'intérieur du même fichier-mère, une autre rubrique intitulée Code Département est reliée à trois autres fichiers : le fichier Département, le fichier Sous-Préfecture et le fichier Recensement.

Enfin, un fichier indépendant appelé Totaux comprend des rubriques qui sont entrées dans le machine sous forme de formules permettant d'effectuer des additions.

1. 1. 2. *Le Journal de la base*

Pour faciliter le suivi de l'exploitation de la base, une sorte de Guide du Guide a été établi pour chaque fichier : il est intitulé « Journal de la Base » dans le jargon des Système de Gestion de Base de Données (SGBD). On y trouve une série d'informations portant sur l'origine des données intitulée information sur la nature des différentes enquêtes (Figure 2), l'organisme qui a fourni les renseignements, la date de leur collecte, le nombre de fiches confectionnées, le mot fiche étant pris dans le sens où il est employé dans le logiciel, c'est à dire enregistrement. L'ensemble

constitue un volume de 200 pages qui doit en principe être mis à jour périodiquement, au fur et à mesure de la création et de la modification des fichiers et des rubriques. Les informations sur les rubriques correspondent au contenu des rubriques tel que nous l'avons expliqué plus haut.

1. 1. 3. Les fiches synoptiques du Guide

Les informations chiffrées ou non présentées dans le Guide ont été regroupées sous forme de fiches conçues suivant le langage de programmation du logiciel. Il s'agit de fiches synoptiques contenant des éléments divers de la connaissance de chaque commune : superficie de la commune et de son chef-lieu, volume des populations urbaine, rurale et communale de chaque collectivité locale, montant du budget et ses composantes, nom des maires, références des cartes et photographies aériennes concernant la commune, données se rapportant à l'administration communale, etc (voir fiche de la commune d'Abengourou, Tableau 1).

1.1.3.1. La conception de la fiche

Avant d'être saisie, la fiche est confectionnée manuellement. Elle est reliée à la base de données proprement dite par un programme qui permet de faire passer les données dans les formats de sortie, c'est à dire de remplir les différentes cases des fiches relatives à chaque commune. Toute modification de la fiche au niveau d'une rubrique ou de la mise en page entraîne une retouche partielle de la programmation, ce qui rend le système assez lourd. Cela fait partie des contraintes des SGBD, mais avec un avantage certain : l'économie des duplications de fiches, que se soit pour la visualisation à l'écran, ou pour l'impression des données se rapportant à chaque entité communale.

L'espace disque de l'ordinateur n'est occupé que par la masse de données, c'est-à-dire par tout ce qui concerne les fichiers de base, le nombre de caractères pris par le programme et les informations entrant dans le Journal de la base.

1. 1. 3. 2. La structure des fiches

Les 136 fiches du Guide sont inscrites avec un code simple allant de 01 à 136. Les onze premières fiches se rapportent aux communes de l'agglomération d'Abidjan dont les dix premières sont présentées suivant l'ordre alphabétique, mais la onzième correspond à la ville d'Abidjan, à prendre au sens d'institution communale, qui apparaît comme une synthèse des dix collectivités qui constituent l'agglomération de même nom. Suivent les 125 communes de l'Intérieur codées 12 à 136 et présentées toutes dans l'ordre alphabétique, allant de d'Abengourou à Zuénoula. Chaque fiche est organisée en dix paragraphes numérotés dont les

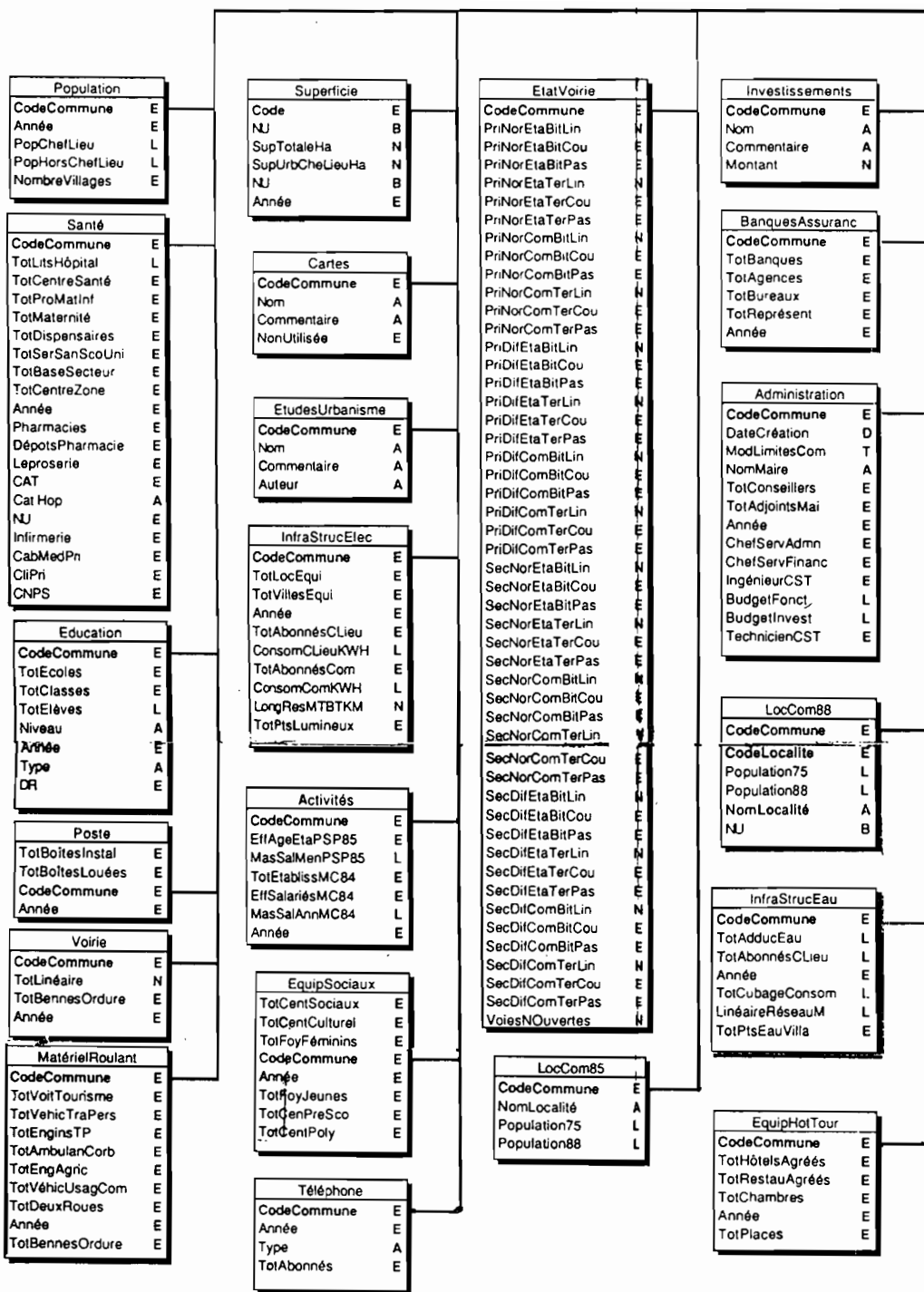


Figure 1 – Structure de la base de données du Guide Municipal

Communes	
Code	E
Nom	A
CodeDépartement	E
CodeSousPréfec	E
NU1	E
NU2	E
NU3	E
NU4	E
ChefLieu	B

TotauxCom	
CodeCommune	E
TotL8575	L
TotL8588	L
TotL8875	L
TotL8888	L

InformationsFic	
NomFichier	A
NatureEnquêtes	T
Rubriques	T
NU3	E

Départements	
Code	E
Nom	A
Surface	N

SousPréfectures	
Code	E
Nom	A
Préfecture	B
PopulationTot	N
PopulationCom	N
CodeDép	E
Surface	N

Export	
CodeCommune	E
NomCommune	A
Population88C85	L
TotEcoPri88	E
TotClaPri88	E
TotElePri88	L
TotEcoSec88	E
TotClaSec88	E
TotEleSec88	L
TotLitsHôpital	L
Pharmacies	E
TotPMI	E
TotMaternité	E
TotDisp	E
TotSSSU	E
TotBaseSecteur	E
TotCentreZone	E
TotDepPharmacie	E
Leq	E
CAT	E
Inf	E
CMP	E
ClIP	E
CNPS	E

Recensement88	
CodeDépartement	E
CodeSousPréfect	E
CodeCommune	E
CodeLocalité	E
NomLocalité	A
PopNoyau	L
PopCampements	L
NbCampements	E
Hommes	L
Femmes	L

Totaux	
PTN	N
PTC	N
PTNC	N
PTH	N
PTF	N
PCN	N
PCC	N
PCNC	N
PCH	N
PCF	N
PCLN	N
PCLC	N
PCLNC	N
PCLH	N
PCLF	N
Année	E

Nom Fichier	<p>Éducation <i>Information sur la nature des différentes enquêtes</i></p> <p>Infrastructures et fréquentation scolaire</p> <p>✓ Première collecte Source : – Ministère de l'Enseignement primaire (disparu en 1990) – Ministère de l'Éducation Nationale Date des documents saisis – année 1985-1986 pour le primaire – année 1984-1985 pour le secondaire – année 1984-1985 pour le technique Quantité : 375 fiches (trois communes)</p> <p>✓ Deuxième collecte Source : – Ministère de l'Enseignement primaire (disparu en 1990) – Ministère de l'Éducation Nationale – Ministère de l'Enseignement Technique et de la Formation professionnelle Date des documents saisis – année 1988-1989 Date de collecte : 1991 Quantité : 750 fiches (six communes)</p> <p><i>Information sur les rubriques</i> CodeCommune : Code de la commune sur laquelle porte l'information des rubriques. Voir Fichier Communes. TotÉcoles : Total des Écoles TotClasses : Total des Classes TotÉlèves : Total des Élèves</p> <p>Niveau : – « P1 » Primaire – « S1 » Secondaire – « T1 » Technique</p> <p>Année : année de la collecte</p> <p>Type : – « PU » Public (deuxième collecte)</p>
--------------------	--

Figure 2 – Extrait du journal de la Base (Fichier Éducation)

titres sont écrits dans le sens vertical. Cette disposition permet de gagner de la place, car les données ne s'étendent que sur une partie des lignes. Grâce à cette disposition, chaque page contient 35 lignes de données au lieu de 25 dans les éditions antérieures, le nombre de caractères par fiche passant de 3 700 à 6 000 entre l'édition de 1986 et celle de 1992. Chaque paragraphe est divisé en rubriques également numérotées quand leur taille est importante, mais présentées dans le sens horizontal. Ces rubriques sont détaillées en sous-rubriques et la présentation des détails peut être poussée à des niveaux nettement plus bas, soit sur le plan chronologique comme dans la rubrique Population, soit sur celui des calculs comme dans la rubrique Montant du budget.

Le premier paragraphe intitulé Données de base comprend quatre rubriques qui se rapportent à la superficie, à la population, à la densité démographique de la ville principale et de la commune ainsi qu'à la fonction administrative du chef-lieu.

Quant au paragraphe Administration communale, il comprend sept rubriques allant de la date de création des communes à la composition de son budget et de son personnel.

Le troisième paragraphe intitulé Cartes présente les documents cartographiques se rapportant à la commune : cartes topographiques, photographies aériennes, plan cadastral, plan foncier, etc.

Le quatrième paragraphe Études d'urbanisme liste les différentes catégories d'études relatives à l'aménagement du chef-lieu et de la commune : plans d'urbanisme, diagnostics d'urbanisme, programmes d'actions concertées, etc.

Le cinquième paragraphe, intitulé Investissements majeurs dresse la liste des ressources publiques qui ont été injectées pour le développement urbain ainsi que l'origine des fonds et la période où ils ont été dépensés.

Le sixième paragraphe, Ressources humaines, regroupe les données relatives à l'éducation et à la santé dans les communes, mais sous forme détaillée (par niveau d'enseignement et par ordre d'enseignement dans le premier cas et par formation sanitaire dans le second cas).

Le septième paragraphe, Voirie et réseaux divers, est l'un des paragraphes les plus étoffés avec quatre rubriques éclatées en 30 sous-rubriques qui permettent de connaître de manière détaillée les caractéristiques des équipements urbains.

Le huitième paragraphe, intitulé Activités, n'a qu'une valeur indicative, car il présente les données incomplètes et dépassées remontant aux années 1984 et 1985.

Le neuvième paragraphe consacré aux Équipements divers regroupe les équipements sociaux, hôteliers et touristiques, les banques et les assurances, l'équipement postal plus le matériel des communes.

Tableau 1 : Fiche 12 – Commune d'Abengourou													
4 – ÉTUDES D'URBANISME	Autre étude Plan d'urbanisme directeur		Socio éco 87 1979	BTU SCET BCET									
	5 – INVESTISSEMENTS MAJEURS		Année	Montant (millions FCFA)									
USAID		Suspendu	139										
Programme CCCE		1990	117										
	Fête de l'Indépendance	1968	ND										
6 – RESSOURCES HUMAINES	1. ENSEIGNEMENT (Commune) 1988-1989												
		Écoles		Classes	Élèves	Élèves/Classe							
		Public	Privé	Total	Public	Privé	Total	Public	Privé	Total			
	Pri	27	9	36	164	55	219	7 170	2 482	9 652	43	45	44
	Sec	2	3	5	68	36	104	4 556	1 704	6 260	67	47	60
	Tec	3	1	4	?	?		296	149	445			
	2. SANTÉ (Commune) 1990												
	Hôpital	CHR	Dispensaires		2	PMI	1	Maternités	0				
	Lits d'hôpital	181	SSSU		1	Bases/secteur	1	Centres/zone	0				
	Pharmacies	3	Dépôts de pharmacie	0	Léproseries	0	CAT	1					
Infirmieries	ND	Cabinets médicaux privés	1	Cliniques privées	1	CNPS	0						
7 – VOIRIE ET RÉSEAUX DIVERS	1. ADDUCTION D'EAU (1990)												
	Mode d'alimentation	Eau de surface		Linéaire par habitant (m/hab)	2 435								
	Capacité de traitement (m ³ /j)	ND		Cubage total consommé (m ³)	696 784								
	Capacité de stockage (m ³)	ND		Consommation unitaire (m ³ /abo)	268								
	Nombre d'abonnés au chef-lieu	2 599		Nombre de points d'eau villageois	3								
	Nombre de localités équipées	3		Valeur de la consommation (F CFA)	ND								
	Linéaire du réseau (m)	143 650		Valeur consommation/abonné (F/abo)	ND								
	2. ÉLECTRICITÉ (1988-1989)												
	Abonnés dans la commune	5 035		Consommation de la commune (kWh)	5 647 149								
	Nombre de villages équipés	1		Longueur du réseau MT + BT (en km)	234,6								
	Nombre de points lumineux	2 129		Consommation par abonné (kWh)	1 121								
	3. VOIRIE (1990)												
	Linéaire de voirie total (km)	78,3		Linéaire de voirie (m par hab)	1,3								
	Linéaire de voirie terre (km)	57,9		Linéaire de voirie terre (m) par hab	0,9								
	Linéaire de voirie bitumée (km)	20,4		Linéaire de voirie bitumée (m) par hab	0,3								
	Voies non ouvertes (km)	34,2		Voies non ouvertes (m) par hab	0,5								
	4. TÉLÉPHONE (1990)												
	Type de réseau	Automatique		Nombre d'abonnés	666								
	Capacité du réseau	1 000		Année d'installation	1982								

Fiche 12 – Commune d'Abengourou			
8 – ACTIVITÉS	1. Secteur public (dans la Sous-Préfecture) en 1985		
	Effectif des agents de l'État		1 298
	Masse salariale annuelle des agents de l'État (FCFA)	225 665 934	F
	2. Secteur moderne (privé et semi-public) dans la commune en 1984		
	Effectif des établissements	59	Effectif des salariés
			1 002
	Masse salariale annuelle		706 725 000
		F	
9 – AUTRES ÉQUIPEMENTS	1. ÉQUIPEMENTS SOCIAUX		
	Centres sociaux	1	Centres culturels
			ND
	IDEF	1	Foyers de jeunes
			0
	Centres préscolaires	1	Centres polyvalents
			0
	2. ÉQUIPEMENT HÔTELIER ET TOURISTIQUE		
	Nombre d'hôtels agréés	2	Nombre de chambres
			33
	Nombre de restaurants agréés	ND	Nombre de places
			ND
	3. BANQUES ET ASSURANCES		
	BANQUES : Agences	5	Bureaux
			0
ASSURANCES : Agences	2	Représentations	
		2	
4. MATÉRIEL ROULANT DE LA COMMUNE			
Voitures de tourisme	4	Véhicules de transport du personnel	
		1	
Engins TP	1	Ambulances-Corbillards	
		0	
Engins agricoles	0	Véhicules à usage commercial	
		0	
Deux-roues	10	Bennes à ordures	
		15	
Bateaux	0		
		0	
5. ÉQUIPEMENT POSTAL (1988)			
Nombre de boîtes installées	1 830	Nombre de boîtes louées	
		1 017	
10 – LOCALITÉS RATTACHÉES À LA COMMUNE (Population en 1988)	1. ABOIDJIKRO	31	2. ADAOU
			2 311
	3. ADONIKRO	468	4. ADOU KOFFIKRO
			998
	5. AKOUAKRO	371	6. ANUANUA
			79
	7. COMOEKRO	214	8. KOUAME BOUAKRO
			109
	9. KOUASSI-BENIEKRO	563	10. TOUZOUKRO
			308

Enfin, le dixième paragraphe est une liste des localités rattachées aux communes. Tantôt elle est vide si la commune est urbaine à 100 %, tantôt elle génère une page supplémentaire si le nombre de localités dépasse la quarantaine comme dans le cas de Bouaké ou de Sinématiali.

2. PROBLÈMES MÉTHODOLOGIQUES

2. 1. Recueil des données

Le travail de révision du Guide Municipal a été un travail d'équipe qui a mobilisé 25 hommes-mois, pour des tâches différentes mais complémentaires : un gestionnaire de bases de données ayant une formation de géographe, un architecte, deux informaticiens, deux techniciens supérieurs, deux dessinateurs et un opérateur de saisie.

L'un des grands inconvénients dus à l'étalement du travail a été l'obligation de reprendre l'écriture des noms de localités sur les cartes des communes qui ont été confectionnées dès 1987 alors que l'orthographe que nous avons adoptée correspond à celle que la Direction Statistique a utilisé pour le Recensement Général de la Population et de l'Habitat en 1988.

La collecte des données a représenté un travail considérable du fait de la remise à jour de la majorité des rubriques. La première phase de la révision a commencé par le recueil des observations portées par les maires sur la première édition du document. Ainsi, de nombreuses erreurs et des fautes diverses ont pu être corrigées.

Les visites dans les ministères et les établissements publics et parapublics nous ont permis de nous procurer les informations « faciles ». Encore que de nombreuses relances ont été nécessaires pour obtenir des données. Parfois, l'exploitation a été longue, car il a fallu dans certains cas procéder à un dépouillement systématique des informations ; par exemple, pour les données se rapportant à la scolarisation où les fiches de rentrée de l'enseignement primaire portent sur les localités que nous avons dû regrouper pour reconstituer l'échelle communale.

Dans d'autres cas, il a fallu fabriquer l'information à partir surtout de documents cartographiques et d'enquêtes spécifiques. Ainsi, ont été calculées par voie informatique les superficies urbanisées saisies d'après les photographies aériennes, les superficies loties appréhendées à partir des plans d'urbanisme et de lotissement, enfin les caractéristiques de voirie¹.

1. Les données relatives à la voirie sont issues d'une enquête qui a été organisée par le DCGTX sur la quasi totalité du territoire en 1990-1991.

Cette collecte par fabrication n'a jamais été exhaustive, car le balayage complet du territoire n'a pu être réalisé. Par ailleurs, la couverture aérienne des villes reste un phénomène ponctuel lié à l'existence de demandes spécifiques : villes financées dans le cadre d'un projet de développement urbain ou d'une autre opération de développement.

En tout état de cause, l'échelle des informations n'a pu être homogénéisée. Tantôt, les données sont livrées à l'échelle de la ville ; tantôt et plus fréquemment elles se rapportent à l'échelle des communes. Ainsi se justifie pleinement le titre Guide Municipal.

L'hétérogénéité des données transparaît dans la présentation des fiches synoptiques des communes de l'agglomération d'Abidjan et de celles de l'Intérieur. En effet, les informations relatives aux premières ne sont pas toujours disponibles notamment celles qui concernent l'alimentation en eau potable, l'électricité, le téléphone. Aussi, les fiches des communes d'Abidjan sont elles moins étoffées que celles de l'intérieur.

Malgré notre souci d'exhaustivité, il n'a pas été possible de remplir toutes les rubriques du Guide en raison du poids des données manquantes surtout pour le paragraphe Voirie et réseaux divers. Aussi, ne disposons-nous pas à la fin de la révision chiffrée de la capacité de traitement et de stockage en eau potable pour certaines localités assez importantes comme Abengourou.

Il s'avère nécessaire de poursuivre l'effort de recherche de données pour pouvoir remplir à court terme toutes les rubriques. Il faut souligner que les données manquantes ont été bien différenciées par rapport aux données nulles et sont désignées par une abréviation (« ND » – déterminé).

2. 2. Les contraintes de la réalisation du GUIDE

La réalisation du Guide a été soumise à un certain nombre de contraintes liées au retard de la cartographie nationale, aux ambiguïtés de la toponymie et aux distorsions de toutes sortes qui affectent les textes juridiques et les documents graphiques définissant le ressort territorial des communes, etc.

2. 2. 1. Les problèmes de cartographie

De nombreux problèmes liés à la situation de la cartographie nationale ont joué sur la composition des cartes des communes. Le retard de plus en plus important des travaux de mise à jour des cartes de l'Institut Géographique de Côte d'Ivoire explique en partie le fait qu'il n'a pas été possible de localiser un pourcentage non négligeable de villages rattachés aux communes : 15 à 20 %.

Même les tentatives de complètement auprès de la section de cartographie de la Direction de la Statistique qui a réalisé le Recensement des Sites Habités dans le cadre de la préparation du recensement Général de la Population et de l'Habitat de 1988, n'ont pas permis de résoudre tous les problèmes.

La plupart des cartes des espaces communaux ont été réalisées au 1/100 000. Néanmoins pour exprimer des situations particulières nous avons dû faire des entorses à la règle. Ainsi, pour les plus grandes communes, celles de Bouaké, de Yamoussoukro et de San Pedro, nous nous sommes contentés d'une échelle plus petite : 1/200 000 dans les deux premiers cas, de 1/150 000 dans le troisième.

De même, en ce qui concerne l'agglomération d'Abidjan, des échelles différentes ont dû être adoptées en raison des disparités existant entre les tailles des communes. L'adoption du 1/200 000 s'imposait certes pour la carte de l'agglomération d'Abidjan, mais la variabilité des échelles des cartes dépendait de la taille des communes. Pour les plus grandes comme Cocody, Port Bouët et Yopougon, une échelle moyenne convenait (entre 1/50 000 et 1/75 000), cependant pour le Plateau, l'échelle qui s'imposait est le 1/20 000 car à une échelle inférieure, cette commune apparaîtrait à des dimensions ridicules ne fournissant aucun renseignement précis.

Il faut signaler une autre particularité liée à la cartographie d'Abidjan. Il n'était pas logique de positionner chacune des dix communes de l'agglomération sur le carton qui sert à localiser les différentes villes du pays. C'est pourquoi, pour les communes de ladite agglomération, deux cartons supplémentaires accompagnent le croquis principal. Le premier localise la commune par rapport au pays, le second situe celle-ci au sein de l'agglomération.

2. 2. 2. Les ambiguïtés de la toponymie

Les problèmes de transcription des noms de lieux se sont ajoutés à nos difficultés d'analyse des localités quand il fallait calculer le taux d'accroissement des populations urbaines et rurales à l'intérieur des espaces communaux. Quand un G ou un K précède un B ou un P, la correspondance est facile, ces deux lettres se prononçant généralement de manière peu distincte comme dans les noms de Gbagba ou Bagba.

Dans certains cas, il fallait utiliser davantage d'imagination pour déceler la correspondance entre deux noms évoquant la même localité. Ainsi dans la commune de Botro, le même village apparaît sous les noms de Diédou-Ahouzé et de Liédou-Ahounzé suivant qu'il figure dans la liste de la Direction de la Statistique ou sur les listes électorales réalisées par les sous-préfets.

2. 2. 3. Les distorsions entre les listes des localités rattachées aux communes

Un autre problème à signaler est celui des distorsions entre les listes officielles des localités rattachées aux communes. Les listes présentées par les sous-préfets en 1985 lors de la création des nouvelles communes ne se superposent pas dans 15 à 20 % des cas à celles qui ont été prises en compte par la Direction de la Statistique. L'évolution de l'urbanisation peut être l'une des explications. Ainsi, la ville actuelle de Botro regroupe une série de localités qui étaient distinctes du noyau urbain en 1985.

L'une des conséquences principales de ces distorsions est la différence des comptes de population que l'on obtient suivant les listes de localités considérées. Par exemple, la commune de Diawala compte 6 024 habitants en 1988 d'après l'option de la Direction de la Statistique et 8 057 habitants selon la liste émanant de la sous-préfecture ; le différentiel porte essentiellement sur le village de Lofélé qui regroupe plus de 2 000 habitants.

2. 2. 4. Les distorsions d'ordre juridique et cartographique

L'un des problèmes majeurs de la cartographie est celui du tracé des limites de communes. Le nœud gordien reste lié aux multiples erreurs de tracé des limites issues du décret 85-1.114 qui fixe le ressort territorial des nouvelles communes.

En outre, les antinomies existant entre les textes qui définissent les limites et les cartes des communes n'ont pas été résolues. Il en résulte entre autres des imprécisions qui se manifestent par la localisation des villages rattachés aux communes en dehors des limites matérialisées sur les cartes.

Ces distorsions peuvent être à l'avenir à l'origine de conflits frontaliers entre les collectivités locales contiguës ou de l'invalidation des opérations électorales si des ressortissants de villages ne faisant pas partie officiellement d'une commune ont pris part aux élections municipales.

La question majeure, que nous ne laisserons pas sans réponse, est celle de la fiabilité des données du Guide. Nous estimons la marge d'erreur à moins de 10 %, les données les moins sûres étant celles se rapportant à l'électricité.

3. LES APPLICATIONS ET LES EXTENSIONS POSSIBLES DU GUIDE MUNICIPAL

3. 1 Les applications à envisager

Dans une période qualifiée de « retour de l'urbain » par les experts des organismes internationaux et où tous les bailleurs de fonds s'engagent de plus en plus dans le financement des projets de développement relatifs aux villes et aux communes, il est souhaitable que tous les Etats africains disposent d'une banque de données similaire au Guide Municipal.

En effet, en Côte d'Ivoire, le GUIDE est indispensable non seulement pour la connaissance comparée des villes en vue de l'élaboration d'indicateurs de développement urbain, mais est également utilisé comme référence de base pour le choix objectif des villes à équiper par les bailleurs de fonds ; le principe étant de sélectionner les villes qui présentent des retards en matière d'infrastructures et d'équipements.

L'élaboration de Guides Municipaux permettrait de réaliser le même type de prestation au bénéfice d'autres pays. Cependant la teneur des Guides serait différente d'un pays à l'autre en fonction de la quantité et de la fiabilité des données disponibles.

Compte tenu du poids du passé colonial sur les structures administratives des états, il faudrait recommander quatre groupes de Guides municipaux :

- un pour les pays francophones,
- un pour les pays anglophones,
- un pour les pays lusophones,
- un pour les pays hispanophones.

Néanmoins, les documents ne se ressembleraient pas totalement à l'intérieur de chaque groupe du fait de la personnalité de chaque Etat ainsi que du niveau d'organisation statistique dans chacun d'entre eux.

En tout état de cause, un travail d'homogénéisation préalable doit être réalisé pour rapprocher la structure des différentes banques de données urbaines et municipales, l'enjeu majeur étant de disposer d'une banque de données à l'échelle sous-régionale ou continentale. Ceci permettrait de disposer d'un volume significatif d'indicateurs de développement urbain.

En dehors de ces dernières contraintes, la mise en place de Guides Municipaux en Afrique est en principe d'une réalisation facile, car la plupart des pays comptent moins d'une centaine de communes. Ainsi, la Guinée n'en possède que 38 contre 45 en Mauritanie, 19 au Mali et 18 au Niger. Tandis que le Nigéria et le

Maroc constituent des cas exceptionnels avec respectivement 889 et 859 communes ¹.

3. 2. Les extensions possibles du GUIDE MUNICIPAL

Chaque Guide pourrait être le point de départ des banques de données sur de plus grands espaces comme les sous-préfectures, les départements, les régions. Ainsi, les banques de données urbaines et municipales pourraient être le noyau de systèmes d'information relatifs à l'aménagement du territoire dans les différents Etats concernés. Ils pourraient être élaborés en conformité avec les principes de la Comptabilité Nationale et permettraient d'accélérer l'édition des comptes des nations.

Enfin, on pourrait envisager à terme d'autres sous-produits de ces banques de données : des monographies départementales et régionales, des atlas régionaux. Il en résulterait des progrès considérables de la recherche géographique et macro-économique dans les pays concernés.

4. CONCLUSION

Mis au point en Côte d'Ivoire depuis 1986 où il constitue un outil de gestion du développement des villes et des communes, le Guide Municipal de la Côte d'Ivoire est un véritable système d'information géographique au double sens traditionnel et moderne du terme. En effet, il a pour finalité première d'alimenter en données les différentes catégories d'utilisateurs et d'intervenants qui gèrent les espaces municipaux tout en utilisant les techniques les plus poussées de l'informatique en particulier les systèmes de gestion de base de données.

Du fait de la grande variabilité de la croissance des agglomérations et de la communalisation accélérée de l'Afrique, il est indispensable que tous les Etats de ce continent possèdent un système d'information urbain de ce genre. C'est pourquoi nous appelons l'attention des gouvernements et des bailleurs de fonds internationaux sur l'intérêt que représentent les Guides municipaux pour la gestion des villes et des communes. En outre, ces documents faciles à produire puisqu'ils demandent en moyenne six à douze mois de préparation pourraient devenir à terme les noyaux de banques de données d'aménagement du territoire destinés à devenir des outils fondamentaux de la prospective et du développement

1. Voir Jean Saint-Vil, *Décentralisation et développement en Afrique : l'exemple des communes de Côte d'Ivoire*. (à paraître)

économique de l'Afrique. Toutefois, pour que ces banques de données restent valides, elles doivent être révisées périodiquement : tous les trois ans au moins, bien que l'on sache que les révisions ne peuvent être que partielles en raison de leur dépendance envers la production émanant des grandes structures étatiques et para-étatiques.

***L'ÉVOLUTION
DES SYSTÈMES D'INFORMATION
URBAINS***

VII

PÉRENNITÉ DES OUTILS D'OBSERVATION URBAINE

Dominique BADARIOTTI

Dans cet article nous nous interrogeons sur la pérennité des outils d'observation de la ville. Qui dit pérennité, pense adaptation à l'évolution urbaine et, in fine, adaptation aux besoins des utilisateurs. C'est donc sous cet angle que nous avons décidé d'aborder le problème de l'évolution des outils d'observation.

Nous présentons ici une expérience menée à Strasbourg, et qui est en cours de recalibrage suite à un constat d'insuffisance effectué par les utilisateurs. Il s'agit de la mise en place et de l'exploitation d'un observatoire des demandes de logements sociaux, dont le but est de mieux caractériser la demande d'ensemble de logements auprès des gestionnaires publics, afin d'en tirer connaissance pour orienter leur politique de développement.

Avant d'aborder les problèmes directement liés à la pérennité de cet outil d'observation, il convient de rappeler ses conditions d'apparition. Dans un second temps nous présenterons la mise en place de l'observatoire, ainsi que les premières évolutions de celui-ci, basées sur un diagnostic qui se révélera être incomplet. En dernier lieu, nous chercherons à déterminer les raisons des déconvenues de ce premier diagnostic.

En conclusion, nous nous interrogerons sur les raisons profondes des insuffisances de l'observatoire et sur la pertinence des évolutions.

1. LE CONTEXTE D'APPARITION DE L'OUTIL D'OBSERVATION DE LA DEMANDE DE LOGEMENTS SOCIAUX

L'outil d'observation que nous présentons ici n'est pas né dans un contexte d'observation ou d'interrogation scientifique sur la ville. Il s'agissait au contraire de répondre le plus rapidement possible à un dysfonctionnement majeur dont on ne connaissait pas bien tous les aspects. Avant de présenter ce dysfonctionnement, il nous semble important de rappeler le contexte dans lequel ce problème est apparu.

Depuis une quinzaine d'années, le glissement d'une crise quantitative du logement à une crise qualitative s'est imposé à la plupart des agglomérations. Cette évolution nationale a été pour la première fois mise en évidence localement par le Dossier Habitat de l'Agence d'Urbanisme en 1979. Elle a été interprétée comme étant le passage d'une demande de logement, qui nécessite une réponse quantitative, à une demande d'habitat, qui réclame une prise en compte qualitative.

Les causes de cette crise sont bien connues. Le nombre de ménages de petite taille (1 à 2 personnes) augmente considérablement, alors que l'existant a été construit essentiellement pour accueillir des familles de taille moyenne ; parallèlement les désirs d'habiter en terme de confort, d'équipement du logement et de situation géographique ont considérablement évolués ces trente dernières années.

Le mouvement est d'importance : deux chiffres suffisent à traduire cette réalité, de 1975 à 1982, la population a cru de 2,5 %, alors que le nombre de ménages a augmenté de 13 % ! Il est pourtant difficile d'appréhender objectivement les causes de l'évolution des désirs d'habiter, bien que les raisons de l'évolution de la taille des ménages soient bien connues. Les trois causes principales du changement de la taille des ménages sont :

- la décohabitation familiale, qui augmente sans cesse depuis une quinzaine d'années ;
- l'explosion des célibataires, qui sont de plus en plus nombreux pour des raisons diverses (rupture de couples, mariages plus tardif, ...)
- la croissance du nombre de familles monoparentales, qui évolue constamment à la hausse.

Cette transformation de la société se répercute fatalement sur les grands logeurs que sont les organismes de logement social. Pour eux le problème se pose alors selon les termes suivants : « comment avoir la meilleure adéquation quantitative et qualitative possible entre l'offre et la demande ? ». Adéquation quantitative

pour faire face au nombre de demandeurs, sans cesse croissant, et adéquation qualitative pour tenir compte de la taille des ménages et de leurs désirs d'habiter.

A Strasbourg, l'imposant parc social¹ que gèrent les bailleurs sociaux est directement confronté à ces évolutions de la demande et doit donc s'y adapter. Le rôle que doivent dès lors jouer les investisseurs publics pour assurer un développement correct de la ville, devient déterminant. Compte tenu de son importance numérique et fonctionnelle, les tensions au sein du parc de logements locatifs sociaux risquent en effet de compromettre le développement harmonieux de toute l'agglomération. Le fait que la production de logements locatifs privés diminue depuis quelques années, et que nul ne saurait se substituer aux organismes HLM pour garantir à tous l'accès à un logement adapté, renforce le rôle central de ces organismes.

Malheureusement, le nombre élevé de logeurs sociaux, une spécificité strasbourgeoise, handicape toute action globale sur l'ensemble du patrimoine social : plus de 25 organismes gèrent en effet les quelques 42 000 logements sociaux strasbourgeois, ce qui rend évidemment difficile la connaissance précise de la demande sociale d'ensemble. La solution à ce problème exigeait en premier lieu une connaissance des phénomènes dont personne ne disposait : la nécessité de mettre en place un outil d'observation nouveau, permettant de mieux saisir la demande de logements sociaux dans l'agglomération de Strasbourg, s'est donc imposée.

2. MISE EN PLACE ET PREMIÈRES ÉVOLUTIONS DE L'OUTIL D'OBSERVATION

L'acuité du contexte, l'ampleur du problème, permet de passer de la prise de conscience politique à la prise de décision : la mise en place rapide d'un observatoire de la demande de logements sociaux. Mais à ce stade, aucun problème technique n'est réellement résolu : il faut en l'occurrence donner une forme physique à cet observatoire.

Le recueil auprès de chaque organisme des informations qu'il gère n'est pas envisageable, du fait de l'émiettement des gestionnaires à Strasbourg. Le grand nombre d'organismes présents pose

1. La Communauté Urbaine de Strasbourg (C.U.S.) compte en 1990 environ 450 000 habitants, pour 170 000 ménages. Ceux-ci se répartissent le parc de logements en 54 000 propriétaires et 116 000 locataires, dont 42 000 sont logés par des organismes de logement social. Le parc public, qui regroupe actuellement 23 % du parc total d'habitation et plus d'un tiers des logements locatifs, pèse donc lourdement sur le marché du logement strasbourgeois : ce poids y est notamment plus lourd que dans d'autres agglomérations de taille comparable.

tout un ensemble de problèmes, dont deux difficultés plus importantes que les autres émergent :

- du point de vue politique, aucun organisme ne peut seul prendre la maîtrise d'ouvrage, ou la maîtrise d'œuvre, de l'observatoire ;

- du point de vue technique, les informations recueillies par chaque organisme ne sont pas les mêmes, et il est impossible d'éliminer les inscriptions multiples (fort nombreuses) tant que toutes les demandes ne font pas l'objet d'une mise en commun.

Par ailleurs les collectivités locales, communes et communauté urbaine sont aussi interpellées par ce problème, compte tenu de l'importance quantitative et structurelle du patrimoine des bailleurs sociaux. Finalement, l'ensemble des protagonistes ont mandaté l'Agence d'Urbanisme pour trouver une solution à cette crise d'observation par carence. Pour résoudre ce problème, celle-ci a proposé de mettre en place un observatoire de la demande de logements sociaux sous la forme d'un fichier commun des demandes de logements sociaux. Ce fichier doit centraliser les demandes afin d'en extraire les doubles demandes, et produire des statistiques essentielles à l'orientation des politiques de construction des organismes.

Une analyse des informations disponibles auprès des bailleurs sociaux a permis de mettre en évidence la forte disparité des informations sur les demandeurs recueillies par chaque organisme. Mais au delà de cette disparité, on retrouvait malgré tout des points de convergence : par exemple, les bordereaux des trois principaux organismes gérant plus de 60 % du parc étaient identiques à 90 %.

Aussi, il a été proposé de regrouper les demandes de ces trois organismes, puis, après une saisie sur support informatique, d'en tirer des exploitations permettant d'appréhender qualitativement l'état de la demande, tout en éliminant les doubles comptes. On pouvait ainsi rapidement et à moindres frais obtenir une image de ce que représentait la demande strasbourgeoise en logements.

Mais rapidement cette démarche a montré ses limites :

- les bordereaux, bien que très ressemblants n'étaient pas identiques, d'où des problèmes de codification lourds à gérer, beaucoup de rejets et finalement une interrogation sur la fiabilité des résultats ;

- le coût de la manipulation s'est révélé plus élevé que prévu initialement, notamment à cause de la lourdeur de la chaîne de traitement ;

- les attributions n'étaient pas prises en compte, donc on ne pouvait pas mesurer la demande satisfaite ni, a contrario, la demande insatisfaite ;

- seuls trois organismes sur plus de 20 participaient à la démarche, amenuisant encore l'impact réel des informations du fichier.

Cette première démarche, inadaptée, fut abandonnée en 1985, nécessitant implicitement une première adaptation de l'outil d'observation, afin de pouvoir en assurer la pérennité.

3. DE L'APPROCHE MÉCANISTE À L'APPROCHE SYSTÉMISTE

Les échecs en matière d'observation ou de gestion de la ville sont souvent douloureux. C'est un élément extérieur qui a donné aux partenaires réunis lors de la première démarche le courage de réactiver l'observatoire de la demande de logements sociaux : il s'agit de l'adoption du Programme Local de l'Habitat (PLH) par la Communauté Urbaine de Strasbourg en 1987.

Le PLH de la CUS est caractérisé par une implication forte de la collectivité dans la problématique de l'habitat, mesurable par la création d'un budget propre à la mise en œuvre des objectifs du PLH d'un montant minimum de 2 MF par an. La démarche d'observation n'est pas en reste dans ce contexte, puisque la collectivité décide de se doter d'un outil d'observation chargé de suivre les principales évolutions dans ce domaine. Un de ses objectifs en matière de logement social est d'ailleurs de diversifier le parc de logements pour mieux répondre à la demande. La réalisation de cet objectif nécessitait de reconstituer l'observatoire de la demande de logements sociaux, en essayant d'améliorer sa fiabilité et sa portée.

On a donc tenté de s'inspirer des erreurs passées pour mettre en place la démarche suivante s'appuyant fortement sur la technologie informatique et sa diffusion :

- analyse de tous les bordereaux de demande de logement de tous les organismes ;
- calage des informations à recueillir sur celles déjà mémorisées par les plus gros organismes afin de récupérer une information homogène ;
- équipement par la collectivité, des 10 plus importants organismes en micro-ordinateurs et d'un logiciel de saisie, afin de collecter une information plus fiable, et de faire assurer la saisie par les organismes eux-mêmes ;
- transmission sur support informatique pour mise en commun et exploitation.

Cette démarche a abouti aujourd'hui et ses résultats sont encourageants. Plusieurs années de séries statistiques homogènes sont disponibles à l'heure actuelle, autorisant un éclairage diachronique de l'évolution de la demande de logements sociaux hors doubles demandes.

Néanmoins, des insatisfactions par rapport à ce nouvel outil apparaissent déjà. On critique le temps de réponse du système d'in-

formation (environ un an), la parfaite homogénéité des informations calibrées et saisies par dix organismes différents, la non participation de certains organismes au système, la rigidité du cadre de collecte, ... Tous ces éléments mis sur la sellette actuellement étaient pourtant acceptables et acceptés il y a moins de trois ans !

La fréquence des imperfections relevées a poussé l'Agence d'Urbanisme à reconsidérer une seconde fois les outils d'observation mis en place. Jusqu'à présent l'Agence les avait abordés de façon *mécaniste*, mettant au point des outils parfois très perfectionnées chargés de fournir mécaniquement des informations sur un thème donné, mais incapables de s'adapter aux modifications de leur milieu d'observation.

Jusqu'à présent, les diagnostics d'insuffisance ont porté uniquement sur la technologie mise en œuvre, et la solution à ces problèmes semblait résider dans une amélioration de la technologie. Nous en sommes, dans notre exemple, au seuil de la deuxième amélioration technologique et nous pressentons pourtant que nous n'apporterons pas une solution finale à ces problèmes d'adaptation, en continuant à les aborder sous le même angle.

Le problème de l'outil ne serait-il pas au fonds un problème de type d'approche ? Ne faudrait-il pas substituer aux *conceptions mécaniques* appliquées jusqu'à présent à la formalisation de notre outil d'information, des *conceptions systémiques* ?

Lors de nos premières démarches, une phase supplémentaire avait en fait été oubliée qui explique en partie l'obsolescence rapide de notre outil : il s'agit de son *évaluation permanente*, et de la mise en place corrélative de boucles de rétroaction permettant de corriger, sans modifier l'ensemble de l'architecture, une des étapes précédentes. L'importance du caractère dynamique des outils d'information est ainsi soulignée. Quand on observe un objet en mouvement, il est indispensable de pouvoir le suivre dans ses fluctuations ; pour ce faire, il faut aussi pouvoir facilement remettre en cause la démarche d'observation adoptée à l'origine : l'étude d'un objet dynamique suppose donc une observation dynamique.

« Observer de façon dynamique un objet en perpétuel mouvement » : c'est en ces termes que se définit finalement notre problème. Nous nous retrouvons donc de fait dans une situation bien connue par ailleurs et que l'approche systémiste permet de résoudre de façon satisfaisante. De fait, quoi de plus naturel que d'utiliser un *système d'observation*, pour observer cet autre système qu'est le système urbain ? Par système d'observation, nous entendons une organisation de l'observation dans le cadre d'une structure capable de remettre en cause de façon perpétuelle (dans le cadre de boucles de rétro-action) les fondements sur laquelle elle est assise (démarche adoptée, type d'information collectée et analysée, ...).

Ce concept de système d'observation mériterait bien sûr d'être

approfondi. Nous ne pouvons le faire dans le cadre de cet article ; nous dirons donc simplement qu'un système d'observation pourrait (et devrait), d'un point de vue opérationnel, être monté comme un système d'information, à partir, des mêmes outils (MERISE par exemple). Cela signifie qu'il faudrait *conceptualiser l'organisation de l'observation* afin de garantir sa pérennité ; cette conceptualisation devant se traduire par la mise en place d'une structure d'information souple, capable de s'adapter aux changements urbains et aux aléas de l'information disponible sans pour autant remettre en cause la démarche entreprise.

4. CONCLUSION

L'étude de ce cas-type nous permet de voir comment, face à un problème urbain, on a mis en place un outil d'observation permanent dont le rôle essentiel était de fournir des mesures. Les *conditions de l'apparition* d'un outil d'observation étaient les suivantes dans notre première démarche :

- identification d'un problème urbain et d'une carence informative face à ce problème ;
- définition des objectifs de l'outil d'observation, et de son contenu ;
- mise en place de l'outil.

Nous remarquons aussi l'importance d'une *volonté politique d'observation*, sans laquelle rien ne serait possible, compte tenu du nombre de partenaires appelés à collaborer à ce genre d'outil. Seule la volonté politique est en mesure de donner sa réelle dimension à un outil d'observation de ce type, en définissant les objectifs, et en mettant à la disposition des techniciens les moyens humains et matériels nécessaires à la réalisation de ces objectifs.

L'évolution de notre démarche d'observation nous a amené à porter des diagnostics successifs sur les insuffisances de notre outil. Ces diagnostics, ainsi que les correctifs successifs apportés, ont reposé jusqu'à présent sur une conception purement mécaniste qui nous a fait rechercher une amélioration uniquement technologique à nos problèmes. A un problème technologique nous répondions par la technologie, et lui substituions ainsi un autre problème technologique, sans le savoir, menant ainsi l'évolution de l'observatoire à l'impasse.

Face à l'insuccès des correctifs mécanistes apportés, nous avons été contraints de modifier notre vision des choses. En effet nous pensons aujourd'hui que le cœur du problème se trouve dans la conception même des démarches d'observation, et non dans la technologie mise en oeuvre. Notre problème n'est pas un problème

d'outil technique, mais un problème de paradigme. La solution se trouve alors dans la modification de la démarche d'observation qui doit pouvoir individualiser des éléments, entre la collecte des informations et la publication des résultats, interagissant entre eux comme autant de sous-systèmes, et sur lesquels il est facile d'agir sans bouleverser l'ensemble du système.

Cette nouvelle démarche systémique d'observation devra se servir de la technologie, mais ce n'est plus elle qui sera au cœur du schéma : nous changeons ainsi de paradigme, et passons d'une conception mécaniste de l'observation à une conception systémiste. Ainsi, notre expérience nous a amené à penser qu'il faut finalement substituer au concept « d'outil » d'information, de connotation trop mécaniste, le concept de « système » d'information, bien plus adapté au monde actuel et à la nécessité de la durée.

Le nouveau concept de « système d'observation » permet de veiller à l'adéquation entre la conception de l'observatoire et la nature de l'objet géographique étudié. *Le problème principal de l'observation et de son évolution, outre sa précision et sa fiabilité, se trouve dans son adaptabilité aux changements du milieu.* Cette adaptabilité n'est possible que lorsqu'il y a adéquation entre la conception de l'outil d'observation et la conception de l'objet observé. Nous pensons dès lors que seuls des *systèmes d'observation* permettront de répondre correctement dans le temps aux besoins des utilisateurs en observation urbaine.

VIII

SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE : LES BESOINS, L'OFFRE ACTUELLE ET LES PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION

Patrice BOURSIER

Le terme *système d'information géographique* (SIG) est utilisé dans différents contextes, pour désigner à la fois des outils, des applications et des systèmes d'information proprement dits.

Afin de ne pas ajouter à la confusion, nous utiliserons dans la suite de cet article le sigle SIG pour désigner uniquement les systèmes d'information intégrant des données géographiques. Dans les autres cas, nous parlerons *d'applications SIG* et *d'outils SIG*.

Nous commencerons par un examen rapide des besoins, à la fois en termes d'applications, d'utilisateurs et de données. Nous ferons ensuite un rappel historique général de l'évolution des besoins et des outils SIG, avant de synthétiser l'offre actuelle en trois catégories de produits. Nous terminerons en recensant d'une part les insuffisances des outils et des solutions actuellement disponibles sur le marché, d'autre part les perspectives d'évolution liées aux travaux de recherche en cours.

1. LES BESOINS

En matière de cartographie numérique et d'applications SIG, les besoins sont principalement de trois types :

- gestion des données urbaines,

- aide à la décision,
- communication et présentations cartographiques.

D'autres domaines d'application sont concernés, mais de façon plus inégale. Nous pensons en particulier au domaine des transports, pour lequel un certain nombre d'applications existent, mais dont les besoins sont encore mal définis.

1.1. Gestion des données urbaines

Les applications de gestion des données urbaines sont destinées à la gestion du cadastre, des réseaux, du patrimoine et du mobilier urbain, entre autres. Elles sont maintenant bien identifiées, et les produits du marché répondent en général assez bien à cette catégorie de besoins.

Les utilisateurs de ce type d'applications sont essentiellement les services techniques des collectivités locales.

Les données sont principalement des données cartographiques à grande échelle, stockées sous forme de Banques de Données Urbaines (BDU).

Les traitements sont quotidiens. Ils consistent en applications dédiées qui correspondent à des besoins spécifiques, et en requêtes qui nécessitent l'utilisation d'un langage à la fois souple et puissant de type SQL¹ étendu.

1.2. Aide à la décision

L'aide à la décision concerne principalement l'aménagement urbain ou péri-urbain, ainsi que les applications liées à la gestion des ressources naturelles et à la protection de l'environnement. Ce type de besoin est à la fois plus complexe et moins bien identifié que le précédent. Les produits proposés sur le marché ne répondent souvent que partiellement et imparfaitement à ces besoins.

Les utilisateurs sont des décideurs qui souhaitent avoir une information claire, pas nécessairement très détaillée, mais rapidement et à l'aide d'un outil souple et puissant.

Les données manipulées sont très diverses, à la fois multi-sources, multi-médias et multi-échelles. La précision n'est pas nécessaire, mais des outils d'acquisition rapide sont indispensables, logiciels ou matériels.

Les traitements se présentent généralement sous la forme de projets qui s'échelonnent sur plusieurs jours, voire plusieurs

1. Structured Query Language, langage de requêtes standard pour les bases de données relationnelles.

semaines ou plusieurs mois. Des traitements avancés tels que simulations et visualisations en 3 dimensions sont souvent requis.

1.3. Présentation et communication

La cartographie numérique touche également les applications de communication et de présentation assistée par ordinateur (PréAO). La cartographie thématique est le plus souvent utilisée pour ce type d'applications. De nombreuses entreprises utilisent également des représentations de type « tableaux de bord » pour présenter et mettre en valeur leurs activités, leur champ d'action ou leurs résultats.

Les utilisateurs sont aussi bien des entreprises privées que des collectivités locales ou territoriales. Ce type de cartographie simple a tendance à se développer, dans la mesure où il permet à une collectivité de présenter son action de manière claire et efficace, et à peu de frais.

Les données utilisées pour cette catégorie d'applications sont généralement des données cartographiques, à petite ou moyenne échelle. La précision n'est pas nécessaire.

Les traitements sont simples, consistant essentiellement en « habillages » de cartes et en superpositions thématiques.

2. HISTORIQUE DE L'ÉVOLUTION DES BESOINS ET DES OUTILS

On peut distinguer trois générations de produits et d'outils qui correspondent à des besoins en constante évolution :

- (i) les produits de cartographie automatique, dont l'objectif était d'une part de numériser des cartes, et d'autre part de tracer des cartes numérisées.

Les outils utilisés pour développer ces produits se limitaient à des langages de programmation, le plus connu et le plus utilisé dans ce domaine étant le langage FORTRAN.

- (ii) les produits de gestion du territoire ajoutent aux fonctionnalités précédentes la possibilité de gérer des données cartographiques et de visualiser ces données en deux dimensions (2D).

Des systèmes de gestion de bases de données (SGBD) ont été et sont encore utilisés pour développer des produits de ce type, ainsi que dans certains cas des outils originellement destinés à la conception assistée par ordinateur (CAO).

- (iii) les produits de gestion et d'analyse de l'espace constituent la dernière génération, actuellement en cours de développement. Ils doivent permettre d'observer, d'analyser, de simuler et de visualiser en trois dimensions (3D). Ils requièrent des fonctionnalités puissantes et l'utilisation de données multi-sources et multi-échelles (cartographie scannée ou digitalisée, imagerie satellitaire, photographies aériennes, données localisées diverses).

3. L'OFFRE ACTUELLE

Nous distinguerons ici trois catégories de produits :

- (i) les outils SIG fonctionnant sur stations de travail, mini et gros systèmes,
- (ii) les outils SIG fonctionnant sur micro-ordinateurs,
- (iii) les logiciels de présentation et de cartographie thématique et statistique.

3.1. Outils SIG sur stations de travail

Nous ne considérons dans cette première catégorie que les produits fonctionnant sur stations de travail, mini et gros systèmes, et disposant de fonctionnalités complètes et caractéristiques des outils SIG.

De tels outils sont puissants mais également complexes à manipuler, et sauf pour des applications développées de manière spécifique, ils requièrent l'intervention d'un informaticien, ne serait-ce que pour l'installation et la maintenance logicielle du produit.

Lorsque des outils de développement existent, ils ne sont accessibles qu'à des personnels formés. Il faut rappeler à ce sujet que, contrairement à ce que beaucoup pensent, le langage de requêtes SQL n'est pas un langage facile à utiliser. Il s'agit sûrement du plus accessible des langages informatiques actuels, mais il reste néanmoins un langage informatique qui implique de connaître la structure et les principes d'une base de données relationnelle !

Les produits appartenant à cette catégorie se situent en moyenne dans une fourchette de 200 à 500 KF pour une configuration moyenne opérationnelle sur station de travail. Des configurations haut-de-gamme peuvent atteindre plusieurs millions de francs.

3.2. Outils SIG sur micro-ordinateurs

Les outils SIG sur micro-ordinateurs ne possèdent pas les fonctionnalités des outils fonctionnant sur stations de travail. Ils ne per-

mettent que d'effectuer des traitements limités sur de petites quantités de données, pour des applications de présentation-communication, et dans certains cas pour de petites applications de gestion urbaine.

Nous n'incluons pas dans cette catégorie les produits fonctionnant sur des micros « haut-de-gamme », assimilables à des stations de travail dès lors qu'ils sont capables de supporter un système d'exploitation tel que Unix ou OS/2.

Le prix de ces produits se situe entre 50 et 200 KF, suivant le nombre et la puissance des fonctionnalités offertes.

3.3. Logiciels de présentation et de cartographie thématique et statistique

Ces produits sont naturellement dédiés aux applications de communication et de présentation cartographique. Ils ne disposent que des fonctionnalités correspondant à ces applications, et leur utilisation est la plus simple possible, devant être accessible à des non-informaticiens.

Ils fonctionnent sur micro-ordinateurs, même bas de gamme. Ils ne nécessitent pas des puissances de traitement importantes et ne doivent pas gérer de grosses quantités de données.

Le prix de ces produits est souvent inférieur à 50 KF.

4. INSUFFISANCES ET PROBLÈMES

En considérant plus particulièrement les outils SIG fonctionnant sur stations de travail, mini et gros systèmes, nous noterons les points suivants :

- (i) la saisie des données cartographiques constitue encore une opération longue et coûteuse, ou imprécise. La numérisation sur table (ou « digitalisation ») est la méthode la plus fréquemment employée, mais on assiste maintenant à l'apparition de produits nouveaux qui sont évoqués dans la section suivante,
- (ii) l'utilisation des outils SIG reste complexe, malgré les efforts développés par les constructeurs dans le domaine des interfaces-utilisateurs,
- (iii) le développement d'applications n'est pas très facile, du fait du manque d'outils à la fois puissants, adaptables à différents domaines et simples à utiliser,
- (iv) les outils actuellement proposés sur le marché sont souvent caractérisés par un manque de fonctionnalités d'analyse spatiale,

- (v) ils offrent peu de moyens pour contrôler la validité et la fiabilité des données et des résultats.

5. PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION

Les perspectives d'évolution concernent de nombreux aspects. Nous n'en aborderons ici qu'un nombre limité ayant trait à :

- la saisie des données,
- la gestion des données,
- les interfaces-utilisateurs,
- les possibilités offertes au niveau des traitements,

5.1. Saisie des données

Dans les années à venir, la saisie des données sera plus rapide, et facilitée par différents moyens :

- la vectorisation automatique de documents scannés,
- la disponibilité de données numériques sur disque optique compact (ou CD-ROM),
- l'analyse automatique d'imagerie satellitaire,
- l'acquisition de données à l'aide de systèmes GPS¹.

On peut remarquer que la plupart de ces moyens sont d'ores-et-déjà disponibles, mais leur utilisation devrait se généraliser et être mieux intégrée dans les produits de type SIG sur stations.

5.2. Gestion des données

La gestion des données devrait bénéficier de l'arrivée sur le marché de nouveaux produits, et notamment d'une nouvelle génération de SGBD « orientés-objets ».

Ces nouveaux outils devraient permettre de gérer efficacement des données qu'on pourrait qualifier de « multi-SME », c'est-à-dire multi-sources, multimédias et multi-échelles. Ils devraient également permettre de mieux gérer la cohérence des données géographiques, et d'effectuer des contrôles sur la validité et sur la précision des données.

1. Global Positioning System, système de positionnement par satellites.

5.3. Interfaces-utilisateurs

Les interfaces-utilisateurs devraient également bénéficier de la mode orientée-objet. De nombreux produits offrent déjà des interfaces graphiques avec menus déroulants, icônes et souris, mais on peut s'attendre à ce que ce phénomène se généralise.

On devrait aussi voir apparaître des interfaces de plus en plus intuitives, s'inspirant des techniques hypertexte et hypermédia.

5.4. Traitements

En matière de traitements, la prochaine génération d'outils SIG devrait offrir des fonctionnalités d'analyse spatiale beaucoup plus développées que ne le permettent les produits actuels, avec notamment des possibilités de gestion de projets, de simulations ou de visualisations en 3D.

III

***LA PRODUCTION
DE L'INFORMATION***

INTRODUCTION

Françoise DUREAU

« Il est courant de dire que 80 % du temps d'une étude d'urbanisme, donc son coût, est consacré au recueil d'informations, à l'enquête » affirment M. Prouzet et A. Hernandez... « Personne n'ignore aujourd'hui que les données sont l'aspect technique le plus délicat et représentent le principal coût de mise en œuvre (couramment de 60 à 80 % de l'investissement) » d'un SIG, renchérit H. Pornon. Il semble donc qu'après une décennie focalisée sur l'aspect informatique des systèmes d'information urbains, la cause commence à être entendue : la question de la mobilisation de l'information doit être au centre des réflexions lors de la conception d'un système d'information urbain.

Recensements de la population et des logements, fichiers administratifs, enquêtes, photographies aériennes constituent les principales sources d'informations mobilisables pour les Systèmes d'Information Urbains (SIU). Dans la plupart des pays, instituts géographiques nationaux et instituts statistiques nationaux, parfois réunis au sein du même organisme comme au Mexique, ont pour fonction de mettre à disposition des utilisateurs publics et privés l'information géographique et statistique de base.

Pour l'intégration de l'information dans un SIU, la saisie de données existantes ou l'achat de bases de données externes sont les deux pratiques les plus répandues dans les pays développés : l'information y est abondante et souvent de bonne qualité. Il faut toutefois reconnaître que certains systèmes nationaux de statistique, et c'est le cas tout particulièrement du système français, demeurent toujours fortement marqués par une tradition de statistique macro-économique destinée à fournir au gouvernement les données de cadrage nécessaires pour la définition des politiques sectorielles et nationales : comme le montre J.P. Blandinières sur le cas français, méthodes de production statistique et nomenclatures, héritées de l'après-guerre et figées dans leur conception initiale, devraient être

repensées dans la perspective de la mise en place d'une véritable « statistique urbaine », qui satisfasse les besoins croissants des collectivités locales comme du secteur privé.

Dans les pays en développement, le manque de moyens financiers, humains et techniques tend à réduire de façon drastique l'information de base disponible pour un système d'information urbain : que l'on considère sa couverture géographique, sa périodicité, sa précision ou sa qualité, l'information disponible est largement déficiente, tout particulièrement en Afrique. Les lacunes de l'information disponible dans les villes du Tiers-Monde ont suscité le développement de nouvelles méthodes de production d'information : l'identification de besoins d'information non satisfaits a conduit les praticiens de la gestion urbaine et chercheurs travaillant dans ces régions du monde à rechercher des solutions originales, adaptées aux contextes locaux. C'est ainsi que l'imagerie satellitaire commence à participer selon des formes variées à la production des connaissances sur les villes des pays en développement : l'étendue des objectifs de la télédétection urbaine y 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.

Dans ce chapitre consacré à la mobilisation de l'information à intégrer dans un SIU, l'accent sera délibérément mis sur la télédétection spatiale, dernière-née dans le panorama des sources de données : l'exposé de six applications menées dans des pays en développement, et de deux expériences d'application en Europe montre comment la télédétection urbaine, même si elle est encore largement inexploitée, peut constituer une source d'information utile pour la gestion urbaine. Toutefois, avant de pénétrer dans le vif du sujet, il est suggéré 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 l'introduction de F. Dureau lui fourniront le bagage suffisant pour aborder les textes de ce chapitre¹.

1. Nécessairement bref, cet exposé introductif ne prétend pas se substituer aux ouvrages de base de la télédétection spatiale, dont les références sont citées dans la bibliographie de cet ouvrage.

1. L'IMAGE SATELLITE, SOURCE D'INFORMATION SUR L'OCCUPATION DU SOL URBAIN

1. 1. L'élargissement progressif du domaine d'application de l'imagerie satellitaire en ville

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 constitutifs : 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. Comme en témoigne le Tableau 1¹, l'ensemble des applications relèvent de *quatre objectifs* :

- l'identification de la *limite de la zone urbanisée*,
- la cartographie des *modes d'occupation du sol*,
- l'identification des *changements entre 2 dates*,
- l'inventaire des *espaces verts*.

S'inspirant directement de l'expérience acquise hors du milieu urbain, les méthodes de classification selon l'utilisation du sol mises en œuvre faisaient alors largement appel aux traitements numériques, le concept de « signature spectrale » (c'est-à-dire la reconnaissance d'objets à partir de leurs valeurs spectrales dans les différents canaux) étant au centre des méthodes employées.

Ces tentatives de classification des différents types d'occupation du sol en milieu urbain ont clairement montré *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 les premières conclusions sur les données radiométriques à utiliser et les méthodes de traitement à mettre en œuvre, 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 *biophysique* et les typologies usuelles en urbanisme, de nature essentiellement *fonctionnelle*.

1. Les Tableaux 1 et 2 reposent sur une analyse de la bibliographie française et anglo-saxonne sur les applications de la télédétection spatiale en milieu urbain. Initée en 1985 par A. Michel, cette analyse a été achevée par C. Jacqueminet en 1991. Une centaine de textes ont fait l'objet d'une analyse systématique. Sans prétendre à l'exhaustivité, cette recherche permet néanmoins de mettre en évidence les principaux domaines et sites d'application, ainsi que les méthodes développées.

Tableau 1 – Principaux domaines d'application de la télédétection en milieu urbain

Domaine d'application	Date	Image utilisée	Méthode utilisée			Lieu d'application
			Interp. visuelle	Traite. numér.		
Limite urbaine	Depuis 1979	MSS	3	1	3	Afrique, Amérique latine,
	Depuis 1987	TM	2	1	2	Amérique du Nord,
	Depuis 1987	SPOT	7	3	6	Europe
Végétation	1980-1984	MSS	5	2	5	Australie, Europe
	1989	TM	1	0	1	
	1984-1989	SPOT ¹	3	0	3	
Modes occupation du sol	1978-1985	MSS	26	8	21	Afrique, Amérique latine,
	Depuis 1984	TM	15	6	17	Amérique du Nord, Asie,
	Depuis 1983	SPOT	25	15	19	Europe
Changements entre 2 dates	Depuis 1980	MSS	10	8	7	Afrique, Amérique latine,
	Depuis 1987	TM	6	3	5	Amérique du Nord, Asie,
	Depuis 1987	SPOT	12	7	9	Europe
Population	1973-1987	MSS	4	?	?	Afrique, Amérique latine,
	1987-1989	TM	2	2	2	Amérique du Nord, Asie,
	Depuis 1987	SPOT	8	7	8	Europe
Extraction de réseaux, grands bâtiments	1981	MSS	2	0	2	Afrique, Amérique latine,
	1987	TM	1	0	1	Asie, Europe
	1985-1989	SPOT	3	3	2	
Aptitude à l'urbanisation	Depuis 1985	SPOT	2	2	0	Afrique, Amérique latine
Environnement	Depuis 1989	SPOT	3	0	3	Amérique latine, Europe

Les chiffres apparaissant dans le tableau correspondent à des nombres d'applications : par type d'image utilisée, et par méthode d'analyse. Une application reposant sur deux types d'image est comptabilisée pour chacun de ces deux types d'image. De même, une application reposant sur une interprétation visuelle et un traitement numérique est comptabilisée dans chacun des types d'analyse d'image.

1. Avant 1986, il s'agissait de travaux sur simulations SPOT.

Disponibles à partir du milieu des années quatre-vingt, les images Thematic Mapper (TM) et SPOT marquent le démarrage effectif des applications de la télédétection au milieu urbain : la résolution de SPOT, comprise entre 10 et 20 mètres, permet, comme le note J. Flouriot « de différencier les quartiers urbains, d'apprécier les densités de construction et de retracer les réseaux de voirie primaire et secondaire ». Avec l'apparition des satellites à haute résolution, l'imagerie MSS est rapidement abandonnée, n'étant plus utilisée qu'à des fins d'étude diachronique (Tableau 1).

Les images *TM* (30 mètres) sont principalement utilisées dans une perspective de *classification de l'occupation du sol* et de *mise en évidence des changements entre 2 dates* : à elles seules, ces deux applications représentent 80 % des cas analysés (Tableau 1). Les objectifs assignés à l'exploitation des images *TM* 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 plus satisfaisants.

La meilleure résolution de *SPOT* élargit le champ d'application des images satellite. Aux objectifs déjà visés avec les images *TM*, s'ajoutent des utilisations nouvelles : l'information apportée par *SPOT* sur la voirie fait de ce type d'image un outil intéressant pour produire rapidement des *fonds de plan*, mettre en évidence les *réseaux de voirie*, inventorier certains objets urbains tels que les *grands bâtiments*, étudier les *structures urbaines*, *l'aptitude à l'urbanisation*, ou *l'optimisation des réseaux de drainage*. La possibilité d'obtention de couples stéréoscopiques d'images *SPOT* permet d'obtenir une information sur le relief ; elle devrait également pouvoir informer sur la hauteur des bâtiments.

Néanmoins, même si la résolution de *SPOT* permet de s'approcher du niveau de précision que requiert la pratique de l'urbanisme, demeure toujours entier le problème de *l'incompatibilité des nomenclatures urbaines* en vigueur, par rapport à l'information de nature biophysique fournie par les images ; l'article de M. Lenco illustre cette question, à propos d'une analyse d'image menée dans le cadre de la nomenclature européenne Corine – Land Cover. Nombre d'auteurs s'accordent à souligner la nécessité d'élaborer de nouvelles taxinomies à partir desquelles on pourrait définir des unités urbaines en adéquation avec l'information spectrale contenue dans les images satellite.

1.2. L'évolution des méthodes et des approches

Outre l'élargissement du champ d'application des images satellitaires avec SPOT, se dessine très nettement une évolution sur le plan des méthodes : à l'approche essentiellement numérique pratiquée aux débuts de la télédétection urbaine, au début des années quatre-vingt, se substitue progressivement une approche analogique, ou, surtout, une approche mixte, combinant des phases de traitements numériques destinés au calcul d'indice ou à l'amélioration d'image et des phases d'analyse visuelle. Les techniques de photo-interprétation, bien maîtrisées par de nombreux urbanistes, ont trouvé dans les images SPOT un champ d'application renouvelé, offrant des résultats intéressants sans nécessité de formation lourde à une nouvelle technique. C'est ce type d'approche qu'appliquent J. Flouriot, M. Lenco et I. Nascimento à des images SPOT P+ XS, partant comme M. Lenco du constat que « les classifications dirigées ne peuvent donner seules une classification de l'occupation du sol très détaillée sur le milieu urbain ». A l'image de l'IAURIF¹, de nombreux instituts privilégient en effet « l'interprétation visuelle de compositions colorées aux contrastes optimisés selon le thème étudié », qui « s'avère plus souple et plus riche que l'interprétation assistée par ordinateur, aucun logiciel ne pouvant rivaliser avec les capacités d'analyse et de synthèse du tandem œil/cerveau » (Delavigne et Thibault, 1990 : 5).

Enfin, autre évolution à souligner : appréhendée dans un premier temps de façon isolée, la télédétection spatiale est maintenant de plus en plus perçue comme une composante d'une *approche « multisource » des réalités urbaines*, telle que celle pratiquée dans tous les articles présentés dans ce chapitre. Comme le souligne Paulsson, « *satellite remote sensing, however, should never be evaluated and applied in isolation, without comparison to other mapping techniques and sources of information* » (1992 : vi).

Durant de trop longues années, des espoirs inconsidérés ont été mis dans cette nouvelle source d'information supposée satisfaire seule tous les besoins. L'examen attentif de la bibliographie produite au cours des années quatre-vingt montre que rares sont les cas d'application de la télédétection reposant sur une analyse préalable de l'information nécessaire et de l'identification de celle jugée utile mais non disponible à partir des sources existantes et qu'il faut donc rechercher sur l'image satellite, telle que le font C. Petropoulou et C. Weber. Comme le démontre B. Lortic, à la traditionnelle question « Que faire par télédétection », devrait être systématiquement substituée la question « comment la télédétection peut-elle permettre d'obtenir l'information manquante ». Ce développement des sys-

1. Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France.

tèmes d'information géographique, outils d'intégration des données géoréférencées, tend à faire évoluer positivement cette attitude. Outre le fait qu'ils imposent, de fait, une certaine prise de conscience du contexte d'information existant, ils facilitent l'extraction de l'information contenue dans l'image satellite : l'utilisation de données exogènes apparaît de plus en plus clairement comme un élément clef pour tirer un meilleur parti des données satellitaires.

De la même manière que l'utilisation des SIG favorise la prise en considération des informations disponibles, est reconnue de plus en plus clairement l'importance de la connaissance du terrain : « *reference data and the analyst's experience and familiarity with the area are the most important factors that translate remote sensing images into a meaningful management tool* » (Paulsson, 1992 : 36). Pour l'étude des villes du Zaïre présentée par J. Flouriot, la participation de correspondants locaux ayant une bonne connaissance du milieu a sans aucun doute été déterminante ; de même, C. Petropoulou et C. Weber notent que « le travail de vérification sur le terrain (...) est nécessaire et ceci de manière itérative, si possible, afin de conserver un lien avec la réalité étudiée tout au long du cheminement méthodologique ».

L'historique rapide de la télédétection urbaine que nous venons de dresser le suggère, et le tableau 1 le montre de façon encore plus évidente : jusqu'à maintenant, la plupart des applications utilisent l'image pour produire une information localisée relative à l'aspect *physique* de la ville. Établir 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. Ainsi, les applications présentées dans la première partie de ce chapitre par J. Flouriot, M. Lenco, C. Petropoulou et Weber montrent bien l'apport de la télédétection à la connaissance de « l'état du milieu » et au suivi de « la dynamique des espaces observés », selon les termes de J. Flouriot.

2. LA TÉLÉDÉTECTION, UN ÉLÉMENT ESSENTIEL DANS LE PROCESSUS DE PRODUCTION DE L'INFORMATION SOCIO-ÉCONOMIQUE URBAINE

Gérer une ville, comprendre son fonctionnement et la production de l'espace urbain, autant d'opérations qui ne peuvent se satis-

faire 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. Le Tableau 2 présente les principales expériences relevant de cette démarche, encore trop rarement pratiquée.

2.1. La production d'une information nouvelle

Les images-satellite peuvent être exploitées pour produire une information intermédiaire, qui constitue une étape dans un processus de production de connaissances mettant en œuvre 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, une information démographique ou socio-économique.

La mise au point de telles méthodes de production d'une information démographique ou socio-économique a directement bénéficié de l'expérience acquise depuis les années cinquante sur photographies aériennes, d'abord dans les pays développés (principalement les USA) ; à partir des années soixante, ces méthodes ont trouvé un champ d'application privilégié dans les villes des pays en développement où les urbanistes, confrontés aux manques de données démographiques actualisées dans des villes à croissance rapide, les ont appliqués avec succès¹.

Une première famille de méthodes repose sur la *relation entre superficie de la tache urbaine et population totale d'une ville* : le développement de ces méthodes est directement lié à l'engouement, depuis la fin des années cinquante, des géographes américains pour la modélisation. Tout à fait logiquement, vu le type d'information apportée par les images MSS, ce sont ces *méthodes globales* qui ont été appliquées sur les seules images satellite disponibles jusqu'au milieu des années quatre-vingt (Tableau 2). Les estimations de population basées sur la superficie des villes sont toutes fondées sur l'application des modèles mathématiques reliant

1. Voir à ce propos : Vernière, 1978 et IAURIF-ROC-SIDAU-SEE, 1983.

Tableau 2 – Utilisation de l'imagerie satellitaire pour la production ou l'amélioration de l'information socio-économique urbaine

Date	Capteur	Lieu	Méthode	Auteur	Institution
1968	Radar	USA		Sabol	–
1969	Geminis	USA		Wellar	–
1973	MSS	Niger et Burkina		Reining	–
1974	MSS	Japon		Murai	–
1975	Simu. I-R	USA	Méthode globale d'estimation de la population totale	Ogrosky	Univ. of Washington
1977	MSS	Chine		Lo et Welch	Univ. Hong Kong
1984	Radar SIR	Chine		Lo	Univ. Georgia
1987	SPOT	Belgique	Détermination des caractéristiques socio-économiques des quartiers, à partir d'un indice de verdurisation	De Keers-Maecker	Univ. Cathol. de Louvain-la-Neuve
1987	Radar SIR	Espagne	Méthode globale d'estimation de la population totale	Melia et Sobrino	Universidad de Valencia
1987	SPOT	Équateur	Production d'info. socio-démographiques par enquête par sondage aréolaire sur image satellite	Dureau et al.	ORSTOM-Municipio de Quito
1987	MSS et TM	Nigeria	Méthode semi-globale d'estimation de population par type de quartier	ADENIYI	Univ. of Lagos
1988	SPOT	France	Reventilation géographique des données du recensement	Weber et Hirsch	CNRS – Univ. Strasbourg
1989	SPOT	Brésil	–	Cardieri et Nascimento	IAURIF et EMLASA
1989	TM et SPOT	Côte d'Ivoire	Mise à jour d'une BDU utilisable comme base de sondage aréolaire pour une enquête socio-démographique	Boulogne, Armand et al.	IAURIF, ICEA, IGN
1992	SPOT	Cameroun	Production d'info. sur le secteur informel par enquête par sondage aréolaire sur image satellite	Roubeau et Cogneau (collab. Lortic et Dureau)	ORSTOM-DIAL
1992	SPOT	France	Redistribution géographique des info. de 2 recensements	Weber et Hirsch	CNRS – Univ. Strasbourg
1993	SPOT	Turquie	Méthode semi-globale d'estimation de consommation d'eau par district	Vallon et Coiron	SOGREAH
1993	SPOT	Burkina Faso	Méthode semi-globale d'estimation de la population des quartiers	Desprats et Dutartre	BRGM
1993	SPOT	Colombie	Production d'info. sur la mobilité spatiale des populations par enquête par sondage aréolaire sur image satellite	Dureau, Florez, Hoyos (collab. : Lortic, Barbary)	ORSTOM-Universidad de los Andes

superficie et population : si Lo et Welch, travaillant sur des images MSS, obtiennent de bons résultats sur les grandes villes chinoises, il faut cependant reconnaître que la plupart des estimations de population réalisées avec cette méthode appliquée aux photographies aériennes sont toujours demeurées relativement imprécises.

Il est apparu rapidement que l'amélioration de la précision passait par la prise en compte des différenciations internes à la ville : d'où le développement d'une seconde famille de méthodes, *semi-globales*, où les *estimations des effectifs de population* se font par types de quartier, définis selon des critères morphologiques. Les photographies aériennes, ou les images satellites, sont alors utilisées pour déterminer la superficie occupée par chaque type de quartier. Connaissant, par un recensement antérieur ou des observations de terrain, la densité de population par type de quartier, on en déduit l'effectif total de population pour la ville. La méthode d'estimation de la population proposée par J.F. Desprats et Ph. Dutartre s'inscrit dans cette démarche : à partir d'une image SPOT, complétée par des informations issues de photographies aériennes et d'une enquête sociologique, il leur a ainsi été possible d'estimer rapidement la population des quartiers périphériques de Ouagadougou (Burkina Faso), information nécessaire afin de programmer les aménagements pour l'alimentation en eau potable.

Enfin, partant de l'hypothèse qu'il existe des relations entre les caractéristiques morphologiques du milieu urbain et les caractéristiques démographiques et socio-économiques des habitants, une troisième méthode consiste à exploiter l'information exhaustive fournie par les images satellite pour recueillir rapidement, par sondage, des données relatives aux populations urbaines. L'idée centrale est d'utiliser l'image satellite comme base de sondage et d'exploiter l'information sur la morphologie urbaine fournie par l'image pour stratifier un plan de *sondage aréolaire* permettant de sélectionner un échantillon pour une *enquête à objectifs démographiques ou socio-économiques*. La méthode mise au point par une équipe de l'ORSTOM⁵, exposée dans cet ouvrage par F. Dureau, a déjà été appliquée avec succès dans des contextes urbains variés (Quito, Yaoundé, Bogota), où elle a permis de produire des informations actualisées sur les populations urbaines, leurs formes de mobilité spatiale, mais aussi leur insertion sur les marchés du logement et du travail.

1. Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération.

2.2. L'amélioration d'une information existante

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 spatialement 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.

L'image-satellite peut également se révéler essentielle pour résoudre le problème de l'incompatibilité des découpages géographiques, obstacle fréquent dès que l'on envisage de combiner des informations d'origines diverses (chaque organisme diffuseur d'information ayant souvent son propre découpage spatial, correspondant à ses besoins spécifiques), ou des informations d'un même organisme à des dates différentes. Ainsi, C. Weber montre comment l'utilisation d'une image SPOT de Strasbourg a permis d'améliorer l'information censitaire et de réaliser une analyse démographique diachronique en dépit des différences que présentent les référentiels spatiaux des recensements de 1982 et 1990.

Comme le souligne notre recherche bibliographique (Tableau 2), l'utilisation de l'imagerie satellitaire pour améliorer une information socio-économique existante n'est encore que trop rarement menée ; mais la multiplication des bases de données urbaines intégrant des images satellite, tout particulièrement des images SPOT, devrait certainement donner lieu à de nombreux développements en ce sens au cours des prochaines années.

CONCLUSION

L'ensemble des articles présentés dans ce chapitre le démontrent : même si l'on ne sait encore extraire qu'une faible proportion des informations contenues dans des images-satellite SPOT et TM, la télédétection spatiale peut déjà contribuer à améliorer largement les connaissances sur les villes, tout particulièrement dans le contexte d'information déficiente qui caractérise nombre de villes des pays en développement.

Au-delà des conclusions sur le type d'information qui peut être extrait à l'heure actuelle des images-satellite, se dégagent d'autres enseignements, qu'il est important de souligner ici. Nous en retiendrons deux, qui devraient constituer les fondements d'une « philosophie » de l'utilisation de la télédétection en ville.

L'imagerie satellitaire, comme toute autre source de donnée, ne saurait être évaluée ni utilisée indépendamment du contexte d'information existant. L'expérience acquise depuis une dizaine d'années montre clairement que les développements pertinents et opérationnels en télédétection ont été obtenus lorsqu'était précisément identifiée l'information à rechercher sur l'image. De plus, il apparaît que les apports les plus significatifs en terme d'information apportée par la télédétection correspondent le plus souvent aux applications où l'image est utilisée pour fournir une information intermédiaire, nécessaire dans le processus de production d'une information, et non disponible avec les sources de données disponibles. Le développement des Systèmes d'Information Urbains devraient favoriser cette approche combinatoire de l'information urbaine, indispensable pour tirer le meilleur parti de l'imagerie satellitaire, à travers une meilleure définition de l'information utile à rechercher sur l'image, et une plus grande efficacité des méthodes d'extraction de l'information contenue dans l'image.

La sophistication des traitements n'est pas forcément garante de meilleurs résultats : pour la mise en évidence des modes d'occupation du sol et de la voirie, l'analyse visuelle de simples compositions colorées SPOT P+XS ou d'images améliorées reste, pour beaucoup d'auteurs, la solution la plus efficace. Comme le souligne J. Flouriot et comme j'ai pu le constater à de nombreuses reprises avec des urbanistes rompus aux techniques de photo-interprétation en Afrique comme en Amérique Latine, l'interprétation d'imagesatellite ne nécessite qu'un temps très bref d'adaptation. J. Paulsson, après une révision attentive des expériences en télédétection urbaine, conclue dans le même sens : « *satellite remote sensing applications should not necessarily be considered « high-tech » tools requiring heavy investments in training and equipment* » (1992 : vii). Si la recherche sur l'outil lui-même nécessite l'intervention de spécialistes de la télédétection urbaine, l'utilisation des images ne devrait plus rester entre leurs seules mains : les urbanistes et autres professionnels travaillant sur les villes peuvent déjà tirer un grand parti des documents standards tels que ceux diffusés par SPOT Image, sans investissement lourd en termes de formation.

C'est donc bien en termes de décloisonnement qu'il faut envisager le futur de la télédétection appliquée au milieu urbain : décloisonnement thématique (au delà de l'information sur l'occupation du sol, l'imagerie satellitaire pouvant jouer un rôle essentiel pour la production de l'information socio-économique), mais aussi

décloisonnement professionnel (au-delà du cercle des spécialistes de l'outil, en direction des professionnels des questions urbaines). Tel est la leçon qui se dégage de ce chapitre présentant quelques expériences d'utilisation des images-satellite dans des contextes urbains et institutionnels contrastés en Afrique, en Amérique Latine et en Europe.

LA TÉLÉDÉTECTION SPATIALE

I

INTRODUCTION À LA TÉLÉDÉTECTION SPATIALE

Françoise DUREAU

Le terme « télédétection » désigne « l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. » (Paul, 1982 : 123). Dans ce vaste ensemble, la télédétection spatiale correspond aux techniques d'observation de la terre à partir de satellites, qui utilisent les propriétés du rayonnement électromagnétique.

Plus de vingt 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 du globe, pour envoyer des images toujours plus précises de la surface 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 particuliers d'acquisition de l'information, basés sur l'utilisation du rayonnement électromagnétique dans certaines longueurs d'onde.

C'est donc par la physique que nous débiterons notre introduction à la télédétection spatiale, passage délicat mais nécessaire pour aborder l'acquisition et la transmission des données satellitaires, puis les principes généraux de l'exploitation des images satellite.

1. LES PRINCIPES PHYSIQUES

Tous les systèmes d'acquisition en télédétection reposent sur la mesure des rayonnements électromagnétiques émis ou réfléchis par la surface terrestre.

Tout corps terrestre émet de l'énergie sous forme électromagnétique : les caractéristiques spectrales de cette émission varient en fonction de la température de ce corps, mais son maximum se situe toujours dans le domaine de l'infrarouge thermique.

Le rayonnement solaire (ou rayonnement artificiel) qui atteint un objet de la surface terrestre subit 3 phénomènes, dont la part respective varie selon la longueur d'onde et selon les caractéristiques géométriques et physiques de cet objet : l'absorption, la diffusion (réflexion dans toutes les directions) et la réflexion spéculaire (réflexion selon une seule direction déterminée par l'angle d'incidence). En dehors du domaine urbain, où l'on trouve de nombreux toits en pente, il est rarement observé de phénomène de réflexion spéculaire. Il s'agit le plus souvent de réflexion diffuse du rayonnement incident par la surface terrestre.

En raison de l'opacité totale de l'atmosphère pour certaines longueurs d'onde et de la diffusion importante des rayons ultraviolets par l'atmosphère, le rayonnement émis et réfléchi par la surface terrestre ne peut pas être observé dans sa totalité à partir d'un capteur embarqué sur un satellite situé à 900 km de la terre. L'atmosphère n'est « transparente » que pour certaines longueurs d'onde : ce n'est donc que dans ces parties du spectre, appelées « fenêtres atmosphériques », que peut être réalisée l'observation de la terre depuis un satellite.

A l'heure actuelle, l'interprétation d'une image satellite est principalement fondée sur l'hypothèse qu'il est possible de reconnaître un certain nombre d'éléments présents à la surface de la terre à partir des valeurs de luminance de ces objets dans les différentes fenêtres du spectre électromagnétique.

2. L'ACQUISITION DES DONNÉES

Un système d'acquisition des données se définit par deux éléments :

- le *capteur*, c'est-à-dire l'appareil qui reçoit et mesure le rayonnement issu des objets au sol : émulsion photographique, radiomètre ou système électronique avec antenne tel que le radar ;
- le *vecteur*, c'est-à-dire le véhicule sur lequel est embarqué le capteur pour réaliser l'observation : ballon, avion, satellite.

Capteurs et vecteurs permettent de distinguer différents systèmes d'acquisition en télédétection ; les trois plus connus sont :

- émulsion photographique + avion → photographies aériennes ;
- radiomètre + satellite → images satellite ;
- radar + avion ou satellite → images radar.

Les deux premiers systèmes sont « passifs », c'est-à-dire qu'ils sont seulement récepteurs et mesurent l'énergie naturelle émise ou réfléchi par la surface terrestre, tandis que le système radar est un système « actif » à la fois émetteur et récepteur, qui émet un rayonnement vers la zone observée et en mesure le rayonnement réfléchi.

2.1. Capteurs : les radiomètres

Un capteur se compose de trois éléments : le dispositif de collecte, le dispositif de détection et celui d'enregistrement. L'énergie électromagnétique reçue par l'optique est envoyée sur le détecteur et transformée en un signal électrique amplifié.

L'observation se fait par détection de lignes successives de la surface terrestre ; la largeur des lignes est de 60 km pour SPOT et 185 km pour Landsat. La détection de chaque ligne se fait soit par un système de miroir oscillant (système de balayage utilisé sur Landsat), ou par le système à barrettes (utilisé sur SPOT).

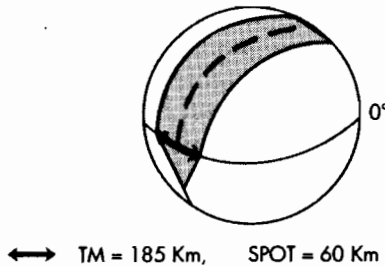


Figure 1

Les capteurs embarqués sur les satellites mesurent la *luminance* spectrale au sein d'une surface au sol de taille fixe : à cette unité de surface correspond une unité élémentaire de l'image appelée pixel. La luminance est mesurée à l'intérieur de plusieurs bandes du spectre visible ou infrarouge, dont les bornes varient selon le capteur ; ces bornes sont choisies pour mieux discriminer les objets tout en minimisant l'absorption due à l'atmosphère terrestre, et éviter la redondance de l'information.

Deux paramètres fondamentaux caractérisent donc les capteurs :

- la *résolution spatiale*, définie par la taille de la surface élémentaire au sol (pixel) pour laquelle on dispose de la mesure de luminance :

SPOT :

panchromatique : 10 x 10 m, soit 100 m²

multispectral : 20 x 20 m, soit 400 m²

Landsat Thematic Mapper (TM) :

infrarouge thermique : 120 x 120 m, soit 1440 m²

autres canaux : 30 x 30 m, soit 900 m².

– la *résolution spectrale*, définie par le nombre et les caractéristiques des fenêtres à l'intérieur desquelles les mesures sont effectuées ; pour chaque pixel, il y a donc autant de mesures que de bandes spectrales :

SPOT :

mode panchromatique : 1 bande

mode multispectral : 3 bandes (XS1, XS2, XS3)

Landsat Thematic Mapper (TM) :

mode multispectral : 7 bandes (TM1 à TM7)

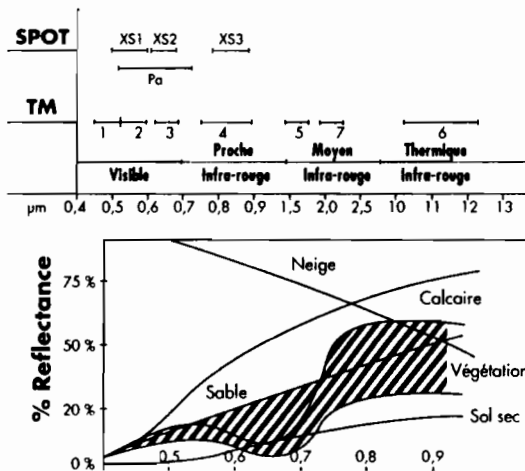


Figure 2

2.2. Vecteurs : les satellites

Deux grandes familles de satellites peuvent être distinguées selon les caractéristiques de l'orbite suivie :

– les *satellites géostationnaires* (ou géosynchrones) : le satellite se trouve toujours au dessus du même point du globe terrestre. Pour remplir cette condition, leur altitude est nécessairement voisine de 36 000 km : leur résolution spatiale est donc faible, mais leur champ d'observation est particulièrement vaste. Cinq satellites suffisent à couvrir la quasi-totalité du globe. Les images recueillies par ce type de satellite sont essentiellement utilisées en météorologie ;

– les *satellites à défilement* : un satellite héliosynchrone se

déplace par rapport à la surface terrestre et repasse toujours à la même heure solaire locale au-dessus d'un point donné du globe. Ces satellites sont à une altitude comprise entre 700 et 900 km ; leur résolution atteint maintenant 30 mètres (TM) à 10 mètres (SPOT).

2.3. La couverture du globe terrestre

La couverture quasi-totale du globe terrestre par les satellite à défilement est obtenue par la juxtaposition des bandes de surfaces terrestre observées par le satellite.

La largeur de la bande observable et la durée nécessaire au satellite pour parcourir une orbite complète déterminent le nombre de jours utiles pour qu'il réalise la couverture de l'ensemble du globe terrestre :

Landsat Thematic Mapper (TM)

- Une orbite en 103 mn, soit 14 tours de la terre en une journée
- Bande observée = 92,5 km de part et d'autre de sa trace au sol
- Ensemble du globe couvert en 18 jours

SPOT

- Une orbite en 101 mn, soit 14 tours de la terre en une journée
- Bande observée = 60 km de part et d'autre de sa trace au sol
- Ensemble du globe couvert en 26 jours.

Le schéma de couverture du globe décrit ci-dessus ne tient compte que des observations réalisées sur une bande située à la verticale du satellite. Si tous les Landsat sans exception ne peuvent fonctionner que de cette façon, il n'en est pas de même pour SPOT. En effet, grâce à un miroir orientable, l'axe de visée peut être décalé de +/- 27° par rapport à la verticale. Ce système permet d'observer dans une bande de +/- 475 km de part et d'autre de la trace au sol du satellite, au lieu des seuls 117 km observables à la verticale.

Deux propriétés découlent de la possibilité de visée latérale de SPOT :

- une plus grande fréquence d'observation d'une zone donnée : pendant une période de 26 jours, SPOT peut observer une même zone 7 fois (à l'Équateur) ou 11 fois (à 45° de latitude) ;
- l'obtention de couples stéréoscopiques permettant d'appréhender le relief.

3. TRANSMISSION ET DIFFUSION DES DONNÉES

3.1. La transmission au sol

Les capteurs embarqués sur les satellites mesurent une grandeur physique appelée *luminance spectrale*. Après avoir été codées entre 0 et 255, ces informations sont transmises au sol, où elles sont reçues par des stations de réception et stockées sur support magnétique sous forme d'image matricielle.

La transmission peut être :

– instantanée, lorsque le satellite se trouve à l'intérieur du cercle de visibilité d'une station de réception (environ 2.600 km de rayon) ;

– en différé, quand il se trouve à l'extérieur de ce cercle. Dans ce cas, les données doivent être stockées en mémoire dans l'attente du survol d'une station : ce système suppose une grande capacité de stockage et un fonctionnement sans arrêt du dispositif d'enregistrement si l'on veut éviter l'absence d'image sur certaines régions du globe.

3.2. Les pré-traitements

Les images reçues par les stations ne sont pas directement utilisables ; avant d'être diffusées, elles font l'objet de corrections géométriques et radiométriques.

Les *corrections radiométriques* sont fondées sur le réétalonnage du radiomètre, qui permet une égalisation relative des mesures de ses détecteurs.

Les *corrections géométriques* sont destinées à corriger les effets du mouvement secondaire du satellite dans les trois dimensions (lacet, roulis, tangage).

En cas de relief important, avec les corrections géométriques standard tels que celles dont font l'objet les images SPOT de niveau 1B, les images obtenues ne sont pas superposables à une carte ; ce résultat ne peut être obtenu que par un traitement particulier nécessitant une information sur le relief de la zone (carte topographique, ou Modèle Numérique de Terrain, c'est-à-dire un fichier donnant l'altitude de tous les points du terrain selon un maillage régulier). Les images SPOT de niveau 2 intègrent ce type de corrections géométriques.

3.3. Les produits diffusés

Les résultats sont commercialisés :

- soit sur support photographique (film, ou tirage papier),
- soit sur support magnétique (bande magnétique ou disquette).

Pour SPOT comme pour TM, il est possible de choisir parmi les niveaux de pré-traitements selon le degré de précision géométrique désiré.

Les images couvrent une zone correspondant à une scène, soit :

- 185 x 170 km pour Thematic Mapper et,
- 60 x 60 km pour SPOT.

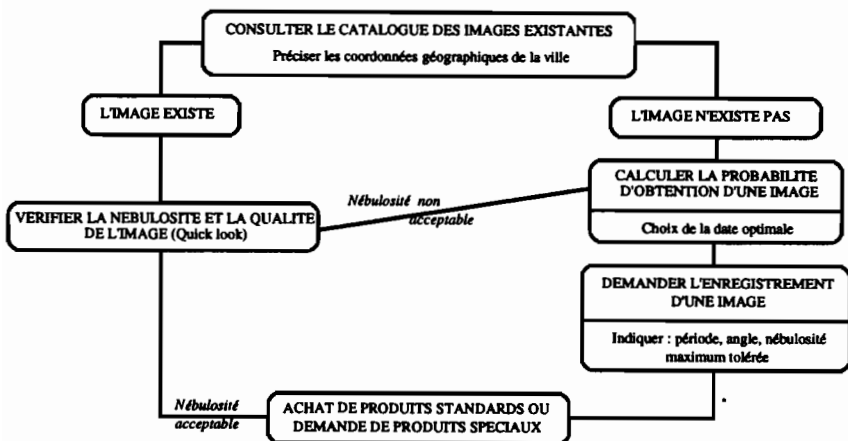
Dans le cas d'études ponctuelles, on peut acquérir 1/4 de scène seulement (soit 30 x 30 km pour SPOT, et 90 x 90 km pour TM), ou un extrait d'image SPOT de 10 x 10 km.

3.4. Modalités d'acquisition des images

Les satellites SPOT et Landsat TM n'enregistrent pas de façon continue : l'enregistrement est programmé par les sociétés exploitant les satellites en fonction des commandes et de leurs propres impératifs. Il existe donc, pour SPOT comme pour TM, un catalogue des images enregistrées, avec leurs caractéristiques : date d'enregistrement, pourcentage de nuages sur l'image, qualité de l'image, angle de visée pour SPOT.

Si l'on souhaite acquérir une image sur une zone donnée, la démarche à suivre est la suivante :

En annexe, le lecteur trouvera les coordonnées des principaux distributeurs des images SPOT et TM.



3.5. Le coût d'acquisition des images

Sans entrer dans le détail des prix des différents produits vendus par les distributeurs d'images satellite, il est néanmoins intéressant de donner un ordre de grandeur des coûts d'acquisition des images standard SPOT et TM sous forme numérique, en supposant que l'image existe déjà au catalogue¹ :

- SPOT : panchromatique : 15 900 FF,
multispectral (3 canaux): 12 300 FF
combinaison P + XS : 30 100 FF
- TM : multispectral (7 canaux) : 35 000 FF.

Si l'on considère le prix des données satellitaires par km², il apparaît donc que les données SPOT P ou XS sont environ 4 fois plus chères (respectivement 4 et 3 FF/km²) que les données TM (1 FF/km²). Outre les considérations de coût, le choix entre les deux types d'image, SPOT et TM, doit prendre en compte deux autres éléments étroitement liés entre eux : le contexte local d'informations et le type d'information recherché sur l'image. L'élément décisif réside dans la résolution spatiale différente des deux capteurs : 30 mètres pour TM, et 10 ou 20 mètres pour SPOT, comme nous l'avons vu précédemment.

Comment se positionnent, en termes de coût, les images satellites par rapport aux photographies aériennes ? Étant donné la variabilité des coûts de production des photographies aériennes selon le type de photographie et le pays, il est relativement délicat de répondre de manière précise à cette question ; de plus, une évaluation économique de la télédétection spatiale devrait prendre en compte non seulement le prix de vente des images, le coût de leur traitement et le nombre d'utilisateurs, mais aussi la probabilité d'obtention d'une image, très variable selon la nébulosité du site. En première approximation, il est possible d'affirmer que des photographies aériennes sont toujours sensiblement (en France, environ 10 fois) plus chères que des images satellite. La seule exception à cette règle réside dans des photographies prises avec un appareil photographique standard depuis un avion de tourisme, beaucoup plus économiques qu'une image satellite.

4. TRAITEMENTS ET INTERPRÉTATION DES DONNÉES

L'information contenue dans les images satellite ne correspond pas à la vision directe des objets occupant la surface terrestre telle que

1. Coûts d'acquisition en 1993, en Colombie.

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.

Les documents satellitaires peuvent se présenter, nous l'avons vu, sous forme d'image sur support photographique ou sous forme numérique sur support magnétique. Cette double présentation des données implique des traitements techniquement différents (dans le 1^{er} cas, traitements photochimiques, dans le 2^e cas, traitements numériques), mais qui fondamentalement répondent aux mêmes objectifs :

- description statistique de l'image ;
- sélection de l'information ;
- classification de l'information ;
- création d'une nouvelle information adaptée au thème étudié ;
- amélioration d'image.

La description statistique de l'image consiste à décrire les séries statistiques constituées par les valeurs radiométriques des pixels, considérés soit canal par canal (statistique unidimensionnelle), soit sur différents canaux pris simultanément (statistique multidimensionnelle). Ces calculs préliminaires (histogramme, mode, moyenne, variance, corrélation,... etc.) permettent de voir « quel canal est le plus pertinent par rapport au thème étudié », de sélectionner ainsi les canaux à utiliser pour l'étude et de déterminer les traitements à réaliser pour optimiser les conditions d'interprétation.

Les techniques de sélection de l'information visent à éliminer une partie de l'image, sélectionnée d'après :

- un critère spatial : délimitation d'une zone géographique à exclure de la suite des traitements,
- ou
- un critère spectral : élimination des pixels ayant des valeurs radiométriques données.

Les méthodes de classification constituent un moyen de synthétiser l'information en rassemblant par classes les pixels aux valeurs radiométriques les plus proches. Ces classifications peuvent être basées sur les valeurs radiométriques dans un seul canal, ou sur une combinaison des valeurs prises dans différents canaux.

Ces classifications peuvent être :

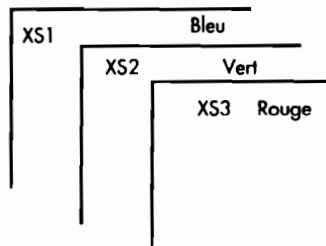
- totalement *automatiques* : dans ce cas, on applique des techniques de partitionnement direct, sans contraintes, sans hypothèses préalables ;
- *supervisées* : l'utilisateur garde un contrôle sur la classification en imposant des vérités terrain (données ponctuelles recueillies par observations directes au sol ou issues d'une source considérée comme absolument fiable), ou des contraintes telles que des seuils de classification.

En milieu urbain, les classifications intègrent de plus en plus souvent des indicateurs de texture ; et, avec le développement des S.I.G., se multiplient depuis une dizaine d'années les techniques de classifications d'image intégrant des données exogènes.

La création d'une nouvelle information

Il peut être très efficace de créer des « néo-canaux », en affectant à chaque pixel de l'image une valeur résultant d'une combinaison de ses valeurs dans deux ou plusieurs canaux. Cette combinaison peut être réalisée selon différents procédés :

– *combinaison colorée* : une couleur primaire est affectée à chacun des trois canaux (par exemple pour SPOT, XS1 : bleu, XS2 vert, XS3 : rouge) ; puis, les trois canaux sont superposés afin d'obtenir une représentation en couleur qui allie les propriétés discriminantes de chacun d'eux. Pour SPOT, un tel traitement fera apparaître la végétation en rouge, couleur affectée au canal XS3, dans lequel la végétation possède une valeur de luminance forte. Ce type de traitement, très souvent employé, conduit à une analyse visuelle de l'image selon des procédés voisins de ceux pratiqués en photo-interprétation ;



– *calcul d'indices*, combinant mathématiquement les valeurs radiométriques prises dans plusieurs canaux. Les plus courants sont les indices de végétation et les indices de brillance.

En amélioration d'image, deux grands objectifs sont visés :

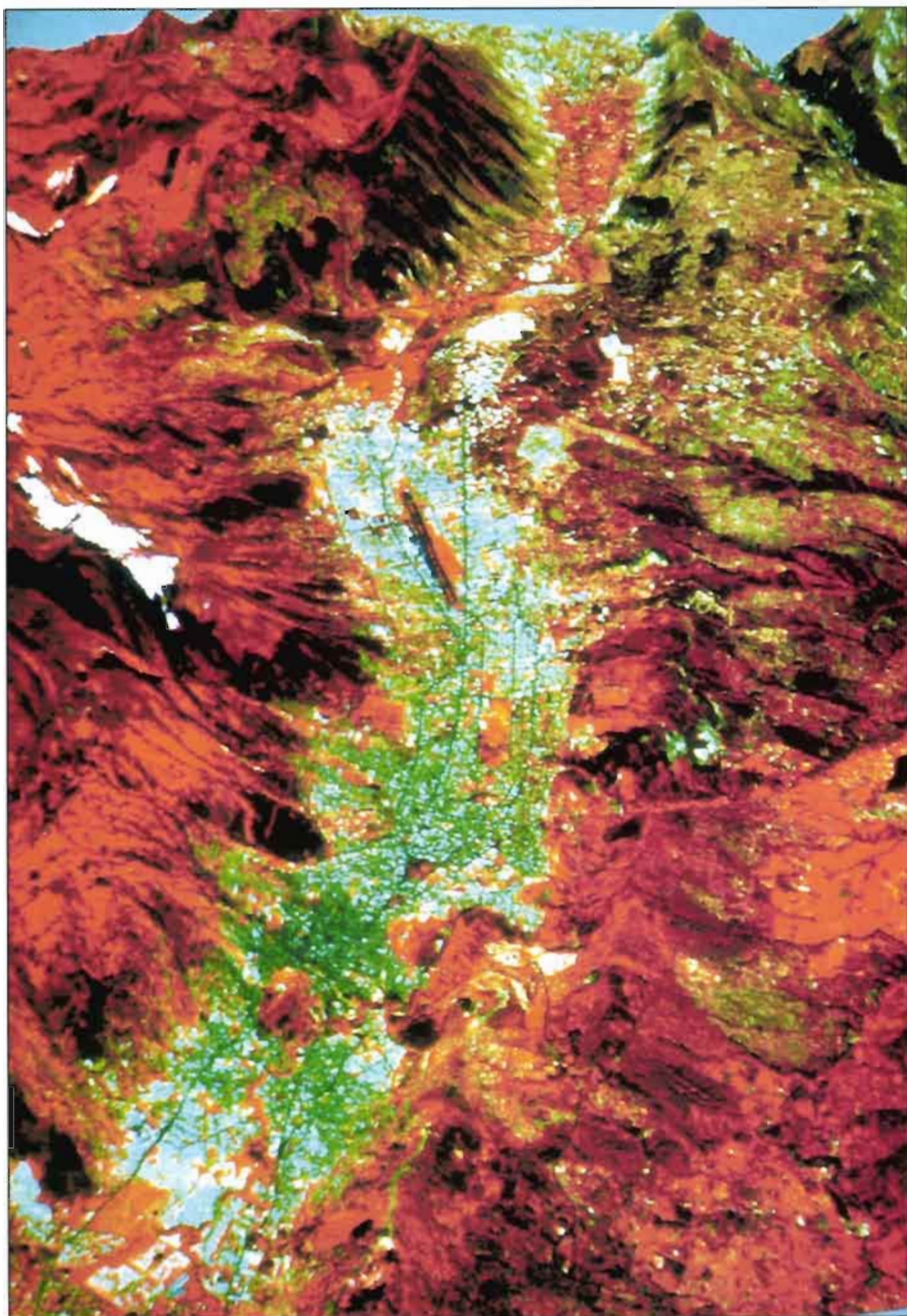
- augmentation des contrastes locaux ou généraux, et
- amélioration de la résolution ou de l'acuité.

Toujours dans le but d'améliorer la lisibilité de l'image, des techniques de gradients (filtres) peuvent permettre de dégager les contours et les éléments linéaires de l'image.

Pour les applications nécessitant une haute résolution spatiale comme c'est le cas en milieu urbain, une solution très intéressante consiste à combiner les données multispectrales de SPOT ou de TM avec le canal panchromatique de SPOT. Cette solution, appelée

couramment « P+XS », permet de bénéficier tant de la résolution à 10 mètres du canal panchromatique que de la richesse thématique de l'information multispectrale.

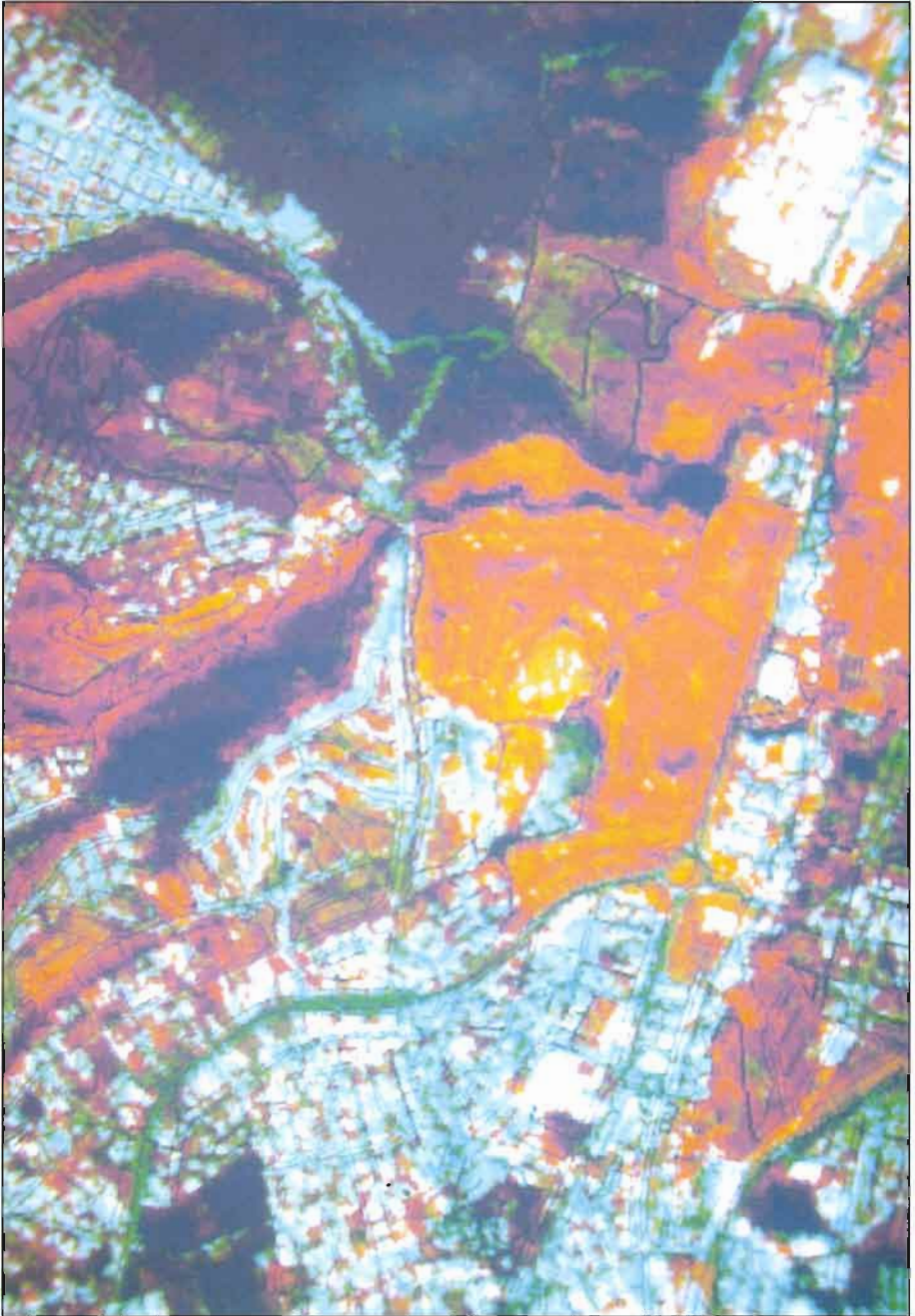
Toutes ces techniques de traitement d'image sont étroitement liées : le passage de l'une à l'autre est incessant au cours de l'analyse d'une image satellite. L'introduction de vérités-terrain, indispensable, oriente les traitements.



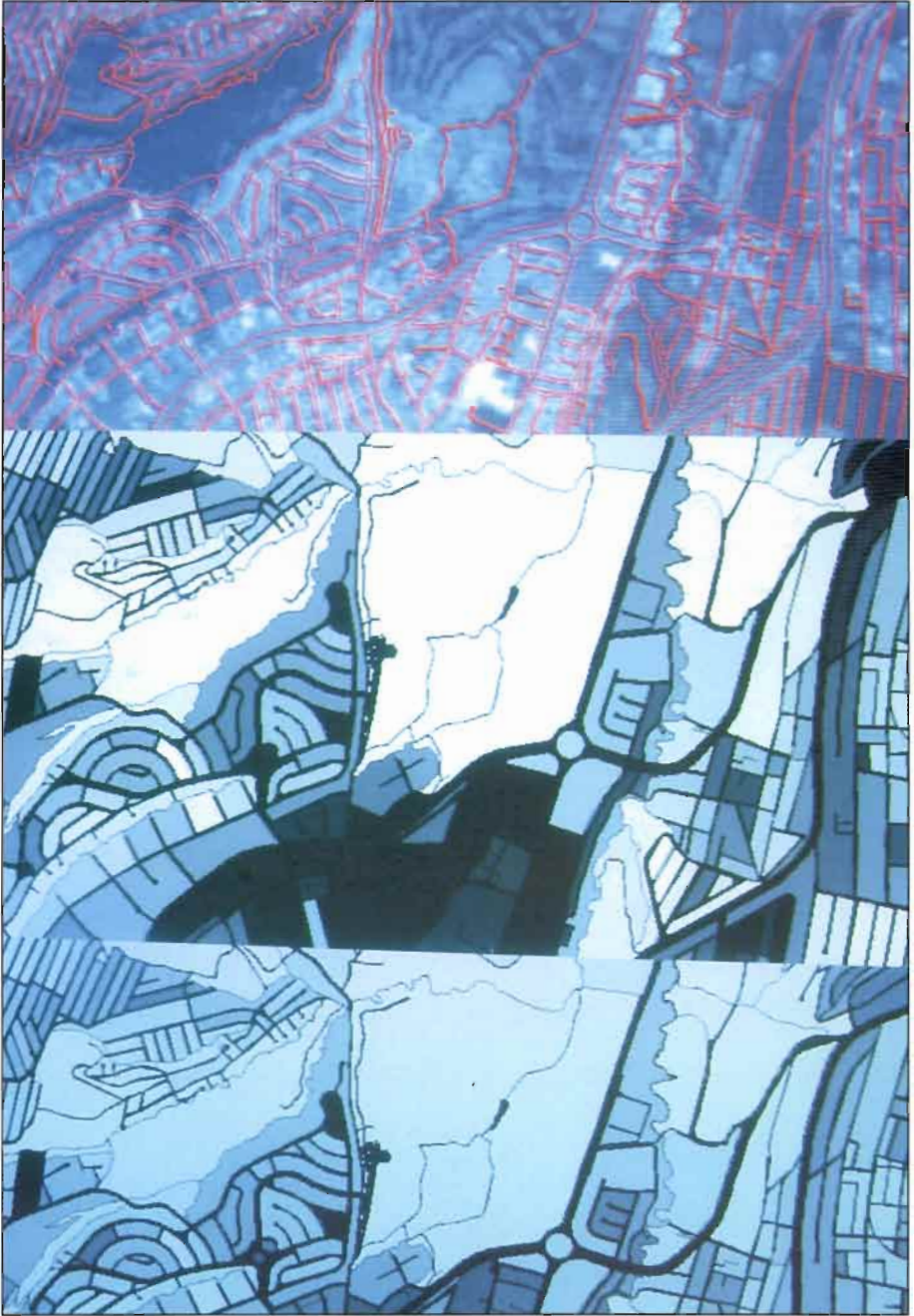
Quito, Composition colorée SPOT 3 juin 1986 640/350

Vue en perspective

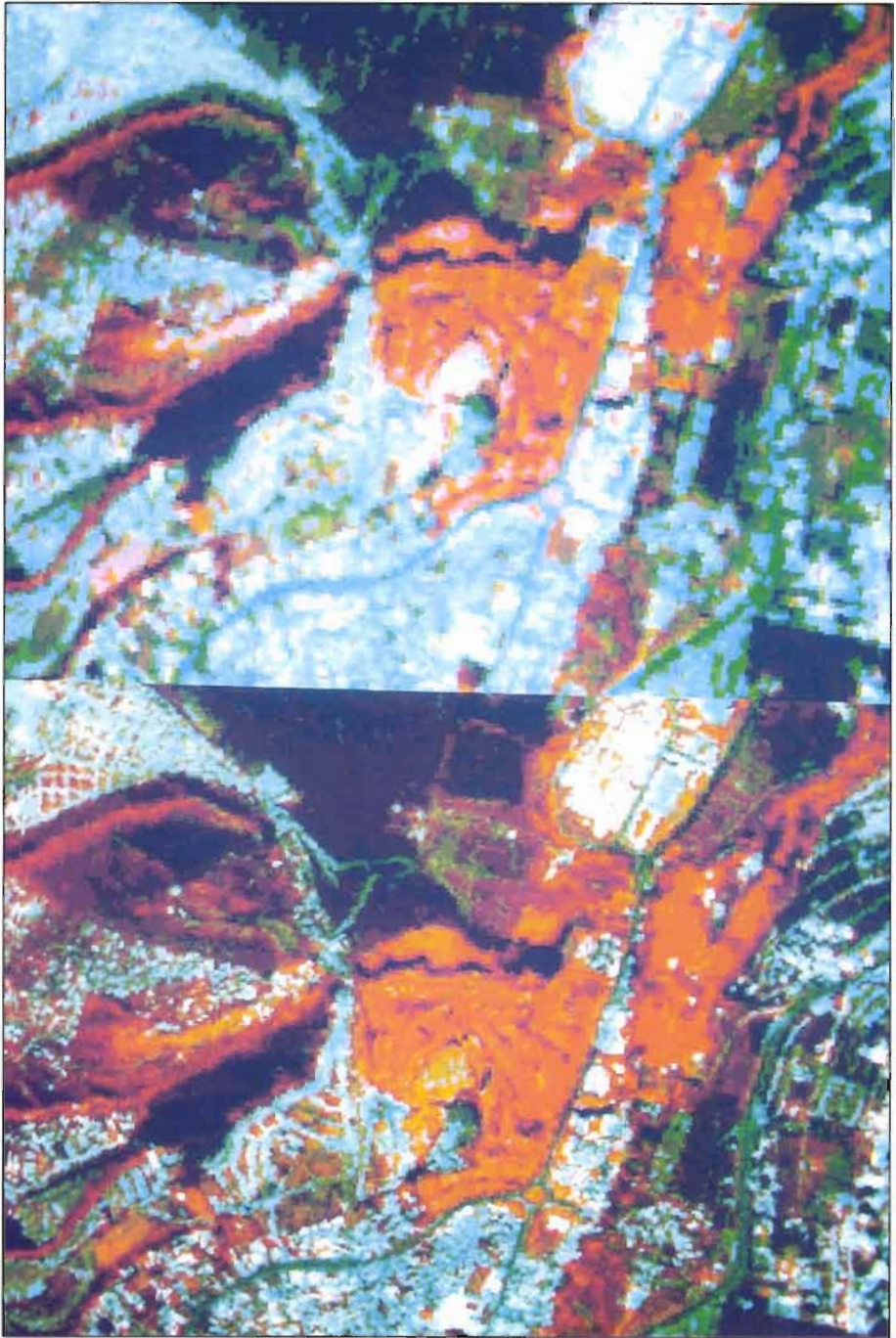
© CNES (1986) - Distribution SPOT-IMAGE



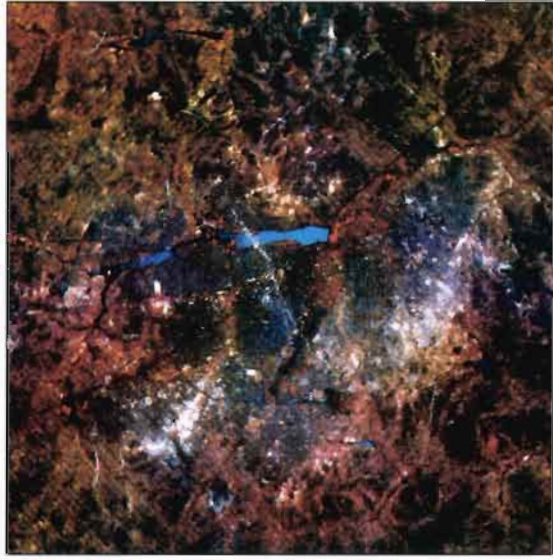
Quito, Composition colorée SPOT 3 juin 1986 640/350
Superposition de la cartographie des îlots
© CNES (1986) - Distribution SPOT-IMAGE



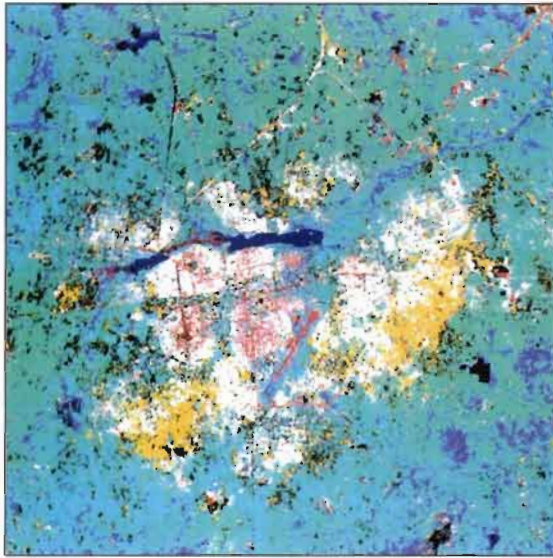
Quito, Canal Panchromatique SPOT 3 juin 1986 640/350
Densité du bâti d'après SPOT
Densité de population (recensement par district, 1990)
Vue en perspective
© CNES (1986) - Distribution SPOT-IMAGE



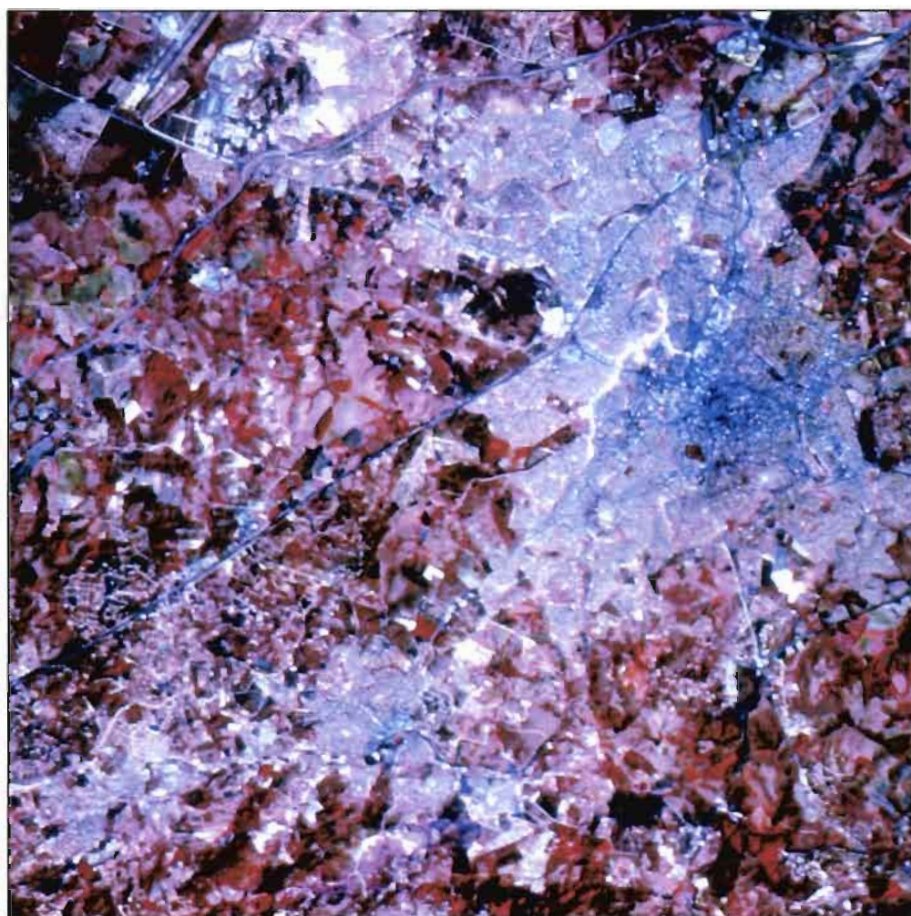
Quito, Composition colorée SPOT 1986 (XS1-XS2-XS3)
Composition colorée SPOT 1986 (P+XS)
© CNES (1986) - Distribution SPOT-IMAGE



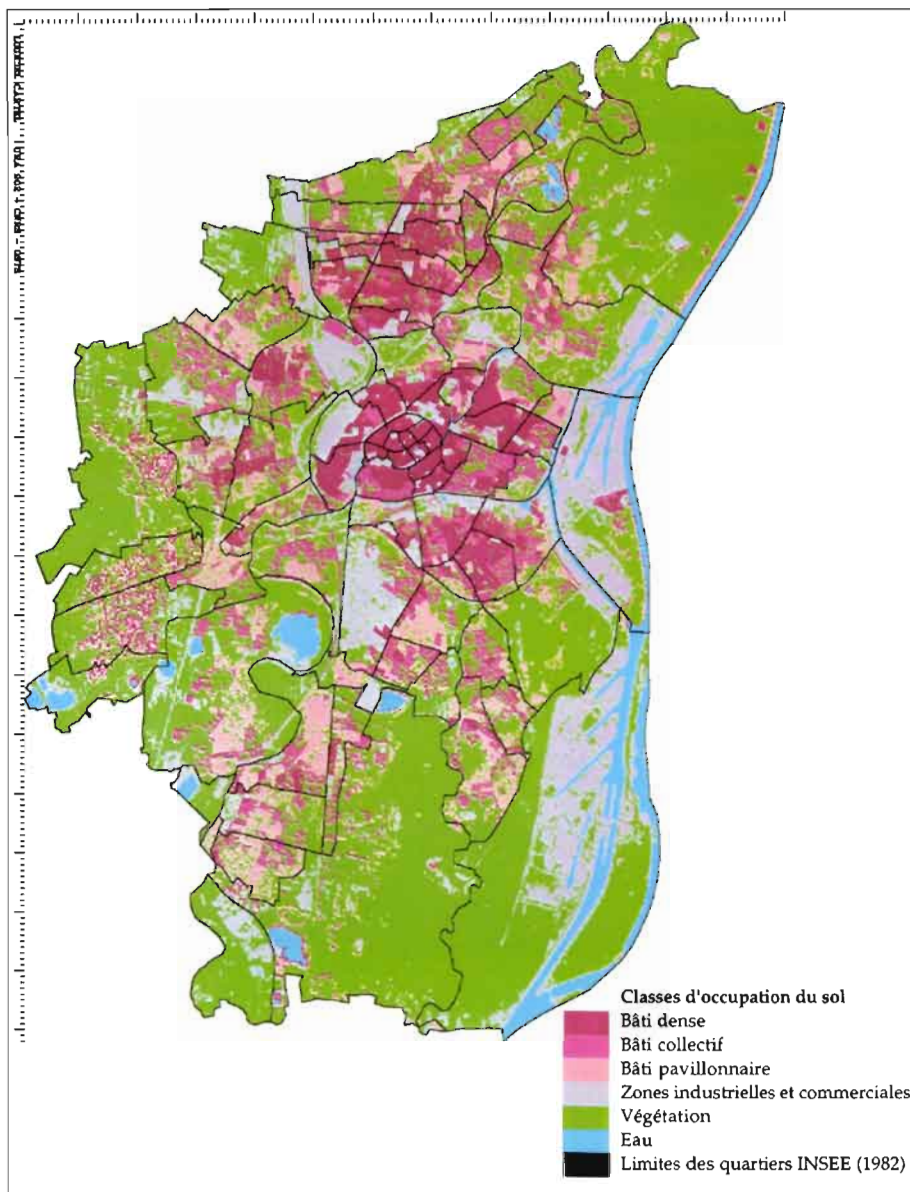
Ouagadougou : composition colorée
de la scène SPOT 54-325, subverticale, du 17/09/1992
© CNES (1992) - Distribution SPOT-IMAGE



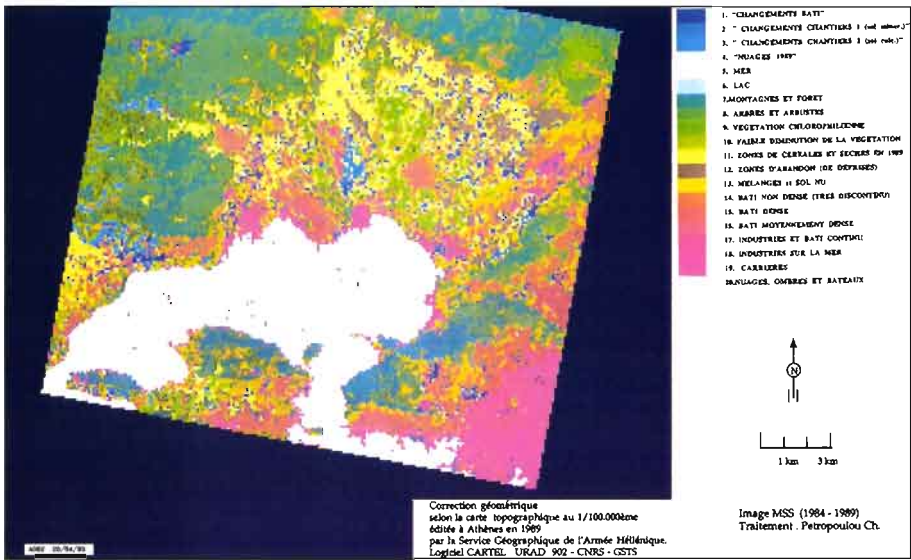
Classification
de la scène SPOT 54-325, subverticale, du 17/09/1992
Blanc : Zones urbaines
Jaune : Surfaces latéritiques
Verdâtre : Végétation
Rouge : Surfaces goudronnées ou cimentées
Bleu : Eau et marécages
© CNES (1992) - Distribution SPOT-IMAGE



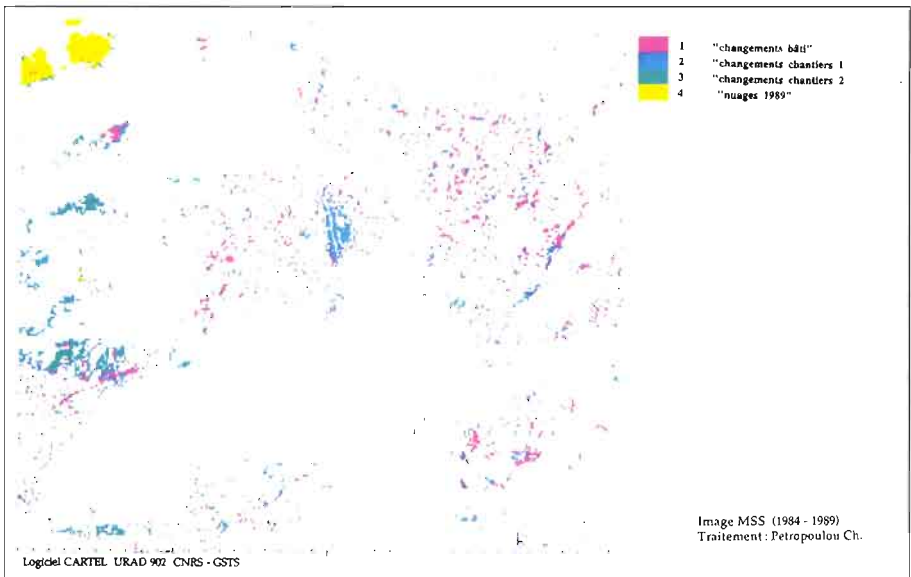
SPOT P+XS - Campinas - S. Paulo
© CNES (1988) - Distribution SPOT-IMAGE



Strasbourg : fusion de classifications
 (zonale et pseudo-continue) Image SPOT
 Auteur : Christiane Weber et Jacky Hirsch - URA 902 CNRS
 © CNES (1990) - Distribution SPOT-IMAGE



Mutations urbaines à Thriassio 1984-1989



Types de changements urbains 1984-1989

II

FAUT-IL POSER LA QUESTION : QUE FAIRE PAR TÉLÉDÉTECTION ?

Bernard LORTIC

Depuis une vingtaine d'années, il est habituel de décrire la télédétection comme un outil présentant de nombreux avantages. L'exhaustivité, la répétitivité et le caractère numérique des données sont le plus souvent cités. La recherche d'informations est un travail aléatoire et difficile : les cartes de base ne sont pas toujours à la disposition du public et les travaux sur l'occupation du sol non publiés. Il peut donc paraître plus simple d'acquérir une image, dont l'achat est relativement simple, pour extraire toutes les informations potentiellement utiles. Nombres d'auteurs ont tendance à oublier les autres sources de données pour ne répondre qu'à la question « Jusqu'où peut on aller uniquement avec des images satellitaires ? » ceci souvent sans se préoccuper de l'inventaire des informations disponibles localement.

Sans prétendre à l'exhaustivité, nous tenterons d'identifier à quels types de questions répondent les images satellitaires, puis quels sont les moyens utilisés pour fournir les réponses.

Les bases de données urbaines changeront-elle les buts et les méthodes de travail en favorisant l'accès aux informations par leur rassemblement en un même lieu et donc en permettant une meilleure identification des informations manquantes à recueillir à partir des images ?

Nous n'envisageons ici que les images provenant des systèmes Landsat MS, Thematic Mapper et SPOT, d'autres données n'étant à l'heure actuelle que peu utilisés, comme celles provenant du satellite SOYOUZ¹.

1. Distributeur : Russian Company SOJUZKARTA 45, Volgogradskij Pr. MOWSKA.

1. LES QUESTIONS POSÉES

1.1. La recherche d'informations urbaines

Historiquement, la télédétection a permis l'extraction d'information directement élaborée à partir de la donnée image. L'extraction de la limite urbaine, par exemple, consiste à interpréter directement la donnée pour obtenir une information thématique. On passe, au concept abstrait de « limite urbaine », soit par le traitement d'image, soit encore plus fréquemment par la photo-interprétation des valeurs colorées ou de gris de l'image.

De la même façon, la nomenclature obtenue par extraction à partir d'image de l'information thématique « occupation du sol » peut comporter une quinzaine ou une trentaine de classes.

La recherche directe d'objets est la première approche utilisée selon deux démarches.

Une démarche unitaire qui consiste à faire correspondre à un pixel isolé, un objet simple. Bien rares cependant, sont les objets utiles obtenus directement. Ceux qui sont directement accessibles sont les plans d'eau identifiables, quelle que soit leur taille. L'arbre est aussi un objet que l'on peut identifier et positionner correctement. L'extension des collections d'arbres peut être mesurée. Il est déjà plus difficile d'évaluer correctement l'extension des pelouses, car dans de nombreux cas les confusions avec la végétation naturelle sont nombreuses.

Un autre objet important en milieu urbain, l'immeuble bâti quelle que soit sa taille, de la cabane de jardin au complexe commercial, n'est jusqu'à ce jour saisi qu'avec d'importantes confusions. Il n'est guère possible de différencier sur une seule image, une construction basse d'un chantier. En zone sèche sahélienne, les confusions se multiplient et le travail par identification « pixel-objet » demande sans cesse un élargissement de la définition de l'objet, et souvent pour finir seules trois classes sont retenues : eau, végétation et non végétal !

La pratique fait intervenir, généralement une démarche plus globale car, en zone urbaine, l'objet recherché est plutôt une collection d'objets. La taxinomie d'une cartographie d'occupation du sol comporte par exemple la modalité « zone commerciale ». Les espaces appartenant à cette catégorie correspondent nécessairement à une association d'éléments : zones de vente bâties, aires de stationnement, zones de stockage, voire de loisirs ; les surfaces liées à l'accès sont en général très importantes. La modalité « espace résidentiel » est aussi typiquement une association d'objets et son identification provient d'une démarche encore peu modélisable sans taux d'erreurs fort. Pour l'approche et l'identifica-

tion de ces « objets », l'étude des associations de caractères (taille, hauteur, ancienneté, densité de bâti ; largeur et densité des réseaux ; nature de la végétation présente, etc.) est la seule voie possible.

Mais plutôt que d'approcher la richesse de la nomenclature employée par les urbanistes des différents pays (de 40 à plus de 100 postes de nomenclature de nature souvent très fonctionnelle) les catégories retenues se limitent à une quinzaine de classes. En effet, comment peut-on penser séparer les parcs en deux catégories, l'une ouverte au public, l'autre non, comme cela se pratique pour des cartographies de mode d'occupation du sol ?

Mais l'objet ou le phénomène recherché dépend avant tout des questions posées. Les sources de paludisme, comme les pneus abandonnés, ne seront pas considérés comme « plans d'eau » par les services de distribution d'eau potable et ce que cherchera le service des égouts dans un complexe commercial est la surface imperméabilisée ! Ainsi dans une perspective d'aménagement, la cartographie cherche à traduire l'aptitude à l'urbanisation d'un espace en fonction de contraintes existantes. L'espace sera donc découpé en grandes catégories : zones industrielles, zones résidentielles, réseaux de transport, zones ferroviaires, portuaires, zones agricoles ou forestières à protéger, zones inondables ou en pente, etc.

Avec la possibilité actuelle d'utiliser des images prises à plusieurs années d'intervalle, les questions peuvent porter maintenant sur la cartographie de phénomènes spatialisés, soit par une analyse ponctuelle comme pour la croissance ou la densification du bâti, soit par une analyse globale comme les inondations ou le changement d'affectation du sol. En principe, la télédétection satellitaire est adaptée à cette utilisation car elle permet de pouvoir comparer simplement un état à deux dates différentes (Champaud, 1993).

1.2 La recherche indirecte d'une information

En fait la connaissance d'une ville passe d'abord par une vision au sol du paysage. Chacun établit une typologie de la ville en fonction de ses propres visions de l'architecture ou de données socio-économiques. La localisation des observations n'est pas primordiale pour identifier les types de fonctionnement. La recherche d'information directement sur l'image semble donc une voie bien décevante. Aussi plutôt que de suivre la démarche encore trop courante de recherche sur l'image des éléments connus avec une conclusion évidente : « je ne vois pas ce que je connais, en particulier tout ce qui concerne la population ou les données foncières », on peut se poser la question « comment l'image peut-elle me permettre d'améliorer ma connaissance de la ville sur des phénomènes non directement visibles puisqu'ils n'ont pas de traduction physique directe ? »

Par une démarche indirecte, la télédétection permet de mieux rechercher ce type d'information. Une démarche des plus fructueuses est d'utiliser l'image comme une base de données exhaustive sur laquelle va s'effectuer la recherche d'information. Donnons deux exemples de ce type de démarche :

– Pour mettre en œuvre une enquête socio-économique, on peut utiliser une image satellitaire à haute résolution spatiale sur laquelle chacun des îlots bâti peut être identifié, comme unité potentielle de sondage ; puis stratifier ces unités pour améliorer la précision des résultats en effectuant une cartographie simple de l'espace d'après un phénomène purement physique qui soit assez bien corrélé avec les informations désirées. Cela suppose que l'on admette que l'aspect physique de la ville traduit en grande partie la composition socio-économique de sa population (Dureau *et al.*, 1989)

– L'autre exemple tient compte de la spécificité de la croissance urbaine qui ne se présente pas comme un front mais comme un semis de chantiers imparfaitement connus des municipalités. Celles-ci utilisent des enquêteurs pour compléter les données en leur possession ; mais il est très important de savoir où envoyer ces personnes. La télédétection permet de savoir où il y a des constructions de ce genre, ce qui est plus simple que d'identifier quel type de construction s'érige à cet endroit.

Les images satellitaires peuvent aussi permettre de transformer une donnée au départ peu exploitable, en une forme plus utile. Lorsque des données censitaires sont fournies sous un découpage grossier, comme c'est le cas à Quito pour la partie extérieure aux limites administratives de la ville, les données ne sont plus vraiment comparables en terme de densité. Une simple ré-affectation des données de population sur un découpage plus fin (de forme maillée par exemple) de l'espace d'après la densité de construction obtenues par des images à haute résolution spatiale permet d'effectuer des comparaisons plus conformes à la réalité du peuplement (Weber, 1989). Il faut souligner que l'usage des données satellitaires n'a d'intérêt que si les informations concernant l'occupation du sol ne sont pas disponibles.

1. 3 La transmission de l'information

Actuellement, une des utilisations les plus fréquentes de l'imagerie est bien la transmission d'une information au travers de belles images. Le caractère synthétique de l'image, au travers d'une composition colorée, qu'elle soit en perspective ou à plat, permet d'illustrer un discours de façon plus nouvelle que par la présentation de cartes. Une composition colorée en perspective montrera

bien les différents éléments constituant le paysage. Point n'est besoin de connaissances particulières en photo-interprétation pour voir comment se répartissent les zones agricoles, la végétation naturelle ou les zones urbanisées par rapport à la topographie (Image 1, © CNES (1986) – Distribution SPOT-IMAGE).

Mais cela permet d'illustrer un type de discours et non la totalité des discours possibles. Une telle image, si elle introduit la répartition de la population devra nécessairement être complétée par une série de cartes spécifiques.

La communication, c'est aussi transmettre de façon précise, les lieux où se passent des phénomènes détectables sur les images. Dans une municipalité par exemple, la connaissance globale de l'extension urbaine existe. Nul besoin d'images aux services de planification, pour savoir que l'on construit des opérations spécifiques. L'intérêt des images sera de pouvoir donner une vision actualisée de l'état de la construction dans ces quartiers, mais aussi une série de lieux précis où apparaissent des opérations d'urbanisation de fait dont les caractéristiques sont inconnues. Les enquêteurs ont besoin d'adresse pour aller relever les informations indispensables (responsables du lotissement, types d'infrastructures existantes ou prévues, situations administratives ou foncières,...) et pour pouvoir les intégrer dans la base de données comportant les noms des voies existantes, à une échelle du 1/10000^e (Image 2, © CNES (1986) – Distribution SPOT-IMAGE).

Malgré, ou plutôt à cause, du caractère globalisant des images, il paraît essentiel de poser le plus clairement possible la question : quelle information cherche-t-on à recueillir ou à transmettre ? Lorsque la télédétection est utilisée comme unique source d'information, on risque de satisfaire un besoin de type « grand public » par extraction et présentation d'images et de cartes qui n'apportent que peu d'éléments nouveaux par rapport à la connaissance de leur ville qu'ont les gestionnaires. La nature des données spatialisées à produire à partir d'images dépend donc des objectifs poursuivis et de l'état des connaissances. Ainsi lorsque la connaissance de la ville n'est pas traduite en cartes, les images permettent de réaliser rapidement une cartographie de base en une quinzaine de postes de nomenclature, ou une vingtaine, si l'on dispose d'une image de fusion multispectrale et panchromatique (P+XS). Lorsqu'existe une carte d'occupation du sol, les questions portent surtout sur les types et les vitesses d'évolution du bâti : en combien d'années passe-t-on de l'habitat rural (dispersé) à l'urbain considéré dense ?

2. QUELS MOYENS UTILISER ?

2.1 Les méthodes numériques

Puisque les données sont constituées par une suite de nombres, quoi de plus facile que d'effectuer la statistique et la cartographie de façon numérique.

Une classification selon un indice de bâti, va se réaliser simplement par sa création par exemple correspondant à l'inverse de l'indice normalisé de végétation (pour SPOT).

$$\text{NDVI} = 128 * \frac{(\text{XS3} - \text{XS2})}{(\text{XS3} + \text{XS2})} \quad (1)$$

La collecte, au sol, de la densité de la végétation pour quelques zones permet de déterminer une droite ou une droite de régression entre la densité de végétation « mesurée » et la moyenne du NDVI pour des zones identiques de l'image. L'indice peut s'exprimer en pourcentage d'occupation que l'on peut classer et cartographier aisément¹.

L'intérêt de la méthode numérique n'est peut être pas tant dans la précision, que dans la répliquabilité et la rapidité de l'opération. On peut ainsi transmettre facilement des résultats qui seront comparables d'une date à l'autre, encore que le résultat peut être grandement influencé par les conditions de prise de vue.

Les classifications multivariées permettant d'agglomérer les pixels autour de centres de classes s'effectuent désormais en quelques minutes. Les critères de différenciation peuvent être facilement construits : NDVI, variance locale, etc. L'identification de critères plus performants peut être effectuée par analyse factorielle. Bien souvent on peut imposer dans l'algorithme un modèle pour chacune des classes désirées. Mais la construction de la taxinomie n'est pas forcément beaucoup plus aisée et ce type de méthode peut aboutir à des milliers de classifications différentes. De plus les critères sont difficilement applicables d'un site à l'autre. Au delà du problème de taxinomie, se pose celui de l'objet que l'on classe. Jusqu'aux années 90, les classifications retenaient comme individus les pixels, donc des surfaces déterminées arbitrairement par les constructeurs de capteurs. Puis les méthodes zonales ont permis d'obtenir des classes de « zones d'égale apparence ». Le difficile travail de détermination des zones est effectué directement par le logiciel en quelques minutes selon la machine. L'utilisation des Systèmes d'Information Géographique (SIG) offre maintenant la

1. La corrélation entre l'indice de bâti et la végétation n'est pas utilisable avec la même réussite sur toutes les villes.

possibilité de classer des zones préalablement définies. Au lieu de considérer la suite de pixels, les zones sont considérées une par une : par exemple, pour chaque îlot, il est possible d'interpréter la zone en examinant des indices globaux spécifiques.

2. 2 La photo-interprétation

Elle reste apparemment la méthode la plus employée, celle qui donne de la façon la plus rapide, le plus grand nombre de renseignements. Certaines questions peuvent trouver leur réponse par simple lecture globale des documents, principalement les compositions colorées. Ainsi le relief, que l'on perçoit bien sur les images explique l'aspect étiré de la ville de Quito. A l'inverse, l'absence de reliefs importants a permis à la ville de Santiago de se développer sans contraintes physiques majeures, selon une disposition plus ou moins concentrique. Si l'on perçoit bien le gradient pluviométrique important qui va à Quito de moins de 700 mm au nord à 1200 mm au Sud, une interprétation de la répartition des différents quartiers ne pourra se faire qu'après une analyse, par une lecture-identification ponctuelle d'un certain nombre d'objets : golfs, jardins ou parcs, stades, piscines, voiries diverses, bâtiments de type pavillonnaire ou immeubles de grande hauteur, zone industrielle ou commerciale.

Cette lecture ponctuelle sera nettement plus efficace avec des documents de résolution et de couleur améliorées. On aura intérêt à utiliser une image P+XS décorrélée et filtrée comme en témoignent les images de la ville de Quito. (Image 3, © CNES (1986) – Distribution SPOT-IMAGE)

On peut alors tenter le découpage de l'espace en classes fonctionnelles préétablies. Mais dans de nombreux cas les ambiguïtés seront difficiles à lever : espace agricole ou parc ? parc privé ou ouvert au public ?

2. 2. 1 Les méthodes de classification visuelle

Il est relativement facile d'effectuer un zonage en 3 ou 4 classes de densité de végétation par zone, sur une image de l'indice de végétation. Les étapes nécessaires à la classification multivariée peuvent être décrites ainsi :

- a) détermination visuelle de zones d'égale apparence ;
- b) identification des critères de différenciation. Ceux-ci peuvent être de type couleur dominante, association de couleurs ou type de structure ;
- c) construction de la taxinomie ;
- d) identification d'un « archétype » de chacune des classes identifiées et affectation de chacune des zones isolées à une classe ;



Si l'on peut croire qu'avec une telle méthode la classification dégage d'elle-même de l'image, on ne voit guère en fait, que « ce que l'on y recherche ». Cette pratique permet cependant de mieux analyser l'image par un aller-retour constant de la connaissance du terrain à sa traduction sur l'image.

2.2.2 La photo-interprétation assistée

La pratique la plus courante reste la photo-interprétation. Elle consiste souvent à reconnaître sur l'image satellitaire des entités spatiales connues. Si l'identification d'un objet n'est souvent pas possible, la délimitation d'un objet connu est plus facile sur

l'image que par un travail au sol. C'est la connaissance du terrain qui est, et doit être, la base de la construction de la taxinomie et le but affiché du travail. La première aide est la connaissance de la ville et des problèmes qui s'y posent. Pourquoi alors ne pas se donner tous les moyens d'assistance disponibles ? Les photographies aériennes, même anciennes, permettent une interprétation plus aisée de la situation à la date de l'image car il est alors possible d'analyser l'espace en terme de changements. L'état de la voirie, aussi, même très longtemps avant la date des images à analyser, renseigne sur le type de bâti qui s'est développé depuis. De même, la somme de deux images panchromatiques de SPOT apporte des précisions supplémentaires.

La photo-interprétation assistée par ordinateur va dans le sens de cette démarche en fournissant des indices (texture, végétation) ou la spatialisation de classes aisément isolables. La fusion de toutes les données disponibles dans un SIG est encore peut-être un luxe inaccessible, il est pourtant certain que la vision simultanée, soit par alternance, soit par superposition de données cartographiques et de photographies aériennes, facilite grandement l'identification des objets sur les images satellitaires. Mais aura-t-on souvent besoin de ce supplément de précision ?

La photo-interprétation bute pour le moment sur la disponibilité des images. Les compositions colorées de SPOT-Image restent coûteuses, surtout s'il s'agit de traitement d'amélioration du type P+XS ou d'une mise en perspective. Enfin, la restitution sur film photographique de données améliorées n'est pas encore une pratique très accessible à tous les utilisateurs.

3. L'INTÉRÊT D'UN SIG

3 1. Le problème de la maîtrise de la géométrie

Avec l'utilisation des systèmes d'information géographique se sont développées les méthodes de recalage d'images.

Deux types de transformation géométrique ont été développés.

La mise en conformité de l'image à la géométrie des données de la base s'effectue par sa déformation prenant en compte la position et l'attitude du satellite et les données d'altitude du terrain provenant d'un modèle numérique des élévations, et d'après des points de contrôle plus ou moins nombreux.

Se sont aussi développées les méthodes de corrélation automatique d'images qui permettent d'en superposer précisément deux dont la géométrie était différente. Ces méthodes permettent de produire des résultats P+XS à partir d'images de dates différentes. Ces

mêmes méthodes de corrélation d'images permettent de créer des modèles numériques d'altitude. Encore coûteux s'ils sont sous-traités, ces traitements sont appelés à faire parti très prochainement de tout logiciel de traitement.

Certes, il est illusoire de penser établir une cartographie au 1/10 000^e avec une donnée composée de pixels de 20 mètres, mais ces données peuvent être corrélées efficacement avec une cartographie plus précise ; cela permet d'en signaler les erreurs ou les manques. La cartographie des îlots est réalisée à une échelle bien plus précise que le 1/50 000^e considéré comme satisfaisant pour SPOT. Or, si l'on veut comparer les données, il est nécessaire de pouvoir le faire sans trop d'erreurs géographiques. La précision d'un recalage géométrique ne doit donc pas s'apprécier uniquement en fonction de la production cartographique qu'il est possible de faire.

En fait, le problème de la maîtrise géométrique dépend là aussi du contexte local. En l'absence de cartographie rien n'interdit de construire une base de données sur une référence fautive comme une image satellitaire peu rectifiée par exemple ; les techniques actuelles permettant de reprendre par la suite non seulement la géométrie des images mais aussi celles de la cartographie. Les techniques de positionnement par Global Positioning System (GPS) semblent pouvoir simplifier et accélérer le travail. De même que les extractions thématiques sont plus complexes lorsqu'il existe déjà une base constituée, ne serait-ce qu'à cause des différentes nomenclatures ; de même la rectification géométrique ou plutôt la superposition sur la cartographie existante est plus difficile car il faut alors s'adapter à une géométrie toujours entachée d'erreurs de provenances diverses.

L'utilisation de la télédétection sera donc plus simple et permettra de répondre à des questions plus nombreuses lorsque la base de données sera uniquement constituée d'images satellitaires.

3.2 L'apport des informations issues de la télédétection à une base de données

L'utilisation de données de télédétection pour alimenter un SIG devient fréquente. L'exemple des travaux de l'IAURIF décrit par I. Nascimento (1992) montre qu'une base de données peut être constituée essentiellement d'images. Des cinq thèmes et donc données de base : réseaux routier et hydrographique, pente et altitude, occupation du sol, servant à établir la carte d'aptitude à l'urbanisation, seules les deux premières ne sont pas issues d'images. Il est clair qu'elles auraient pu l'être si les données cartographiques n'avaient pas été disponibles.

A Quito, en présence d'une base déjà constituée, les données multidates permettent de répondre à des questions précises. Ainsi la connaissance d'un phénomène comme la déforestation ne devait pas uniquement servir à évaluer la quantité de bois de chauffage produite, mais bien les risques accrus de glissement de terrain. Le SIG permet de rechercher et de cartographier les zones de déforestation par rapport au type de propriété foncière. De même ce n'est pas tant la quantité totale de nouvelles constructions que recherchent les services municipaux, que la répartition de celles-là. Le SIG permet de les situer par rapport à la réglementation et à toutes les opérations déclarées. Le SIG fournit aux enquêteurs une cartographie des constructions uniquement situées sur des lieux sans déclaration, ni approbation. L'intérêt d'une carte de densité du bâti est aussi de pouvoir la comparer à un phénomène qui ne lui est qu'imparfaitement corrélé, comme la densité de population, afin de pouvoir approcher une donnée telle que le bâti non résidentiel. (Images 4 et 5, © CNES (1986) – Distribution SPOT-IMAGE)

Le problème d'une base déjà constituée est que les comparaisons diachroniques sont souvent difficiles. Par exemple, la comparaison de deux cartes d'occupation du sol effectuée à dix années d'intervalles, pose le problème de différence de taxinomique et de la modification du mode d'occupation ainsi que celui de la précision des découpages spatiaux. En ce qui concerne la précision, il apparaît que l'image découpe l'espace en éléments suffisamment fins pour être un point de passage lors de la transformation des entités spatiales de travail. Pour pallier le problème de différence de taxinomie, le SIG permet de conserver non seulement l'information que constitue une carte d'occupation du sol, mais aussi les données de base que sont les images satellitaires, la spécificité des images étant qu'elles constituent des sources de données facilement comparables dans le temps.

On peut regretter, cependant que les bases de données des grandes métropoles mondiales ne puissent pas toutes intégrer des images datant d'une dizaine d'années, le coût des images ayant été jugé prohibitif ; cela aurait permis aujourd'hui d'effectuer un travail rapide et précis d'extraction d'information sur la modification physique des espaces urbains.

3.3 L'apport des données d'un SIG à l'analyse d'image

Donnons quelques exemples de l'aide que peut fournir un SIG à l'analyse d'image. Il est souvent difficile d'obtenir un échantillon de zones d'entraînement sur une image. Si l'on choisit un pixel, on ne peut connaître son emplacement exact, si l'on choisit une petite matrice, le problème reste identique d'autant que les limites per-

mettant de positionner n'obéissent pas à des critères clairement définis. Le SIG va permettre d'obtenir simplement un échantillon de zones bien identifiables à la fois sur le terrain et sur l'image. De nombreuses méthodes sont possibles, depuis le simple tirage systématique par coordonnées géographiques jusqu'au tirage d'un nombre déterminé de zones par classes de nomenclature désirées.

La détermination de l'échantillon est facilitée, mais aussi l'enquête au sol. S'il existe une cartographie dans la base de données, par exemple pour un enquête sur la densité de la végétation, la surface à prendre en compte sur l'image et le terrain est immédiatement déterminée. Si les conditions imposent de travailler sur un groupe de pixels, l'utilisation couplée d'un SIG et d'un GPS permet un positionnement rapide. Les opérations de recherche d'une relation entre les valeurs mesurées au sol et sur l'image sont simples puisque qu'après introduction des données recueillies au sol dans la base de données, le système calcule la corrélation de manière automatique. On peut ainsi calculer des corrélations multiples ou des régressions de type :

$$\text{Densité de bâti} = a \text{ NDVI} + b \text{ Age de l'urbanisation} + c \quad (2)$$

Si la base de données comprend une cartographie d'occupation du sol ancienne, celle-ci apporte des informations dites exogènes et l'utilisation des images satellitaires pour évaluer les changements d'occupation du sol devient plus aisée. Cela peut se faire selon une comparaison entre images ou entre les données de la base et les caractéristiques de l'image. Dans les deux cas, on peut effectuer un travail par règles de décision. Le fait d'utiliser les données cartographiques anciennes entraîne de ne changer la nomenclature que si celle-ci est remise en cause.

L'utilisation d'un SIG pose toute la question du contexte de l'utilisation de l'image. A quoi sert en effet de vouloir extraire le réseau de voirie d'une image quand il est déjà présent dans la base de données, quelquefois même de manière anticipée sur la réalité ; d'autant que nous savons très bien que le résultat sera moins juste et moins précis que les travaux des géomètres ou des équipes de cartographes qui ont effectué le travail.

4. CONCLUSION

Si la question principale est « comment la télédétection peut-elle permettre d'obtenir l'information manquante ? », il est clair que l'utilisation de l'imagerie va dépendre de l'état de la base de données.

Lors de la constitution d'une base de données, en l'absence d'une cartographie topographique de base, la primauté de l'image

est évidente. Une image SPOT panchromatique bien positionnée à l'aide de quelques points levés au GPS peut constituer une bonne référence géographique sur laquelle on pourra reporter un grand nombre de limites censitaires ou administratives. L'imagerie peut être utilisée comme référence géographique pour entamer la construction d'une base inexistante.

S'il existe déjà une cartographie nationale au 1/50 000^e ce ne seront pas les altitudes, déjà connues, qu'il faut rechercher à partir des images mais une cartographie d'occupation du sol succincte.

Si ce travail a déjà été effectué auparavant sur photographies aériennes pourquoi chercher à établir une cartographie nouvelle pour laquelle les problèmes de compatibilité taxinomique se poseront ? Les différences d'images permettront d'effectuer le suivi de l'occupation du sol, même si les écueils, que constituent les variations saisonnières et les différences de position du soleil, sont encore mal décrits.

Ainsi à la question « que puis-je faire avec des images satellitaires » il vaut mieux toujours substituer « quelles sont les données manquantes » de façon à déterminer les moyens qui seront nécessaires pour répondre aux questions qui se posent ou qui se poseront.

III

ZAÏRE : ÉTUDES URBAINES

Jean FLOURIOT

La mise en service de SPOT, grâce à la haute résolution de ce satellite a ouvert un nouveau champ d'investigation à la télédétection : le milieu urbain et son environnement. La combinaison des images panchromatique et multispectrale (P+XS) permet des restitutions visuelles allant jusqu'à l'échelle du 1 : 20 000, échelle bien adaptée pour l'analyse typologique des grandes villes. L'information ainsi obtenue permet de différencier les quartiers urbains, d'apprécier les densités de construction et de retracer les réseaux de voirie primaire et secondaire. Mais on peut aussi travailler de façon très efficace avec des produits plus simples et moins coûteux tels les tirages papier standards distribués par Spot-image.

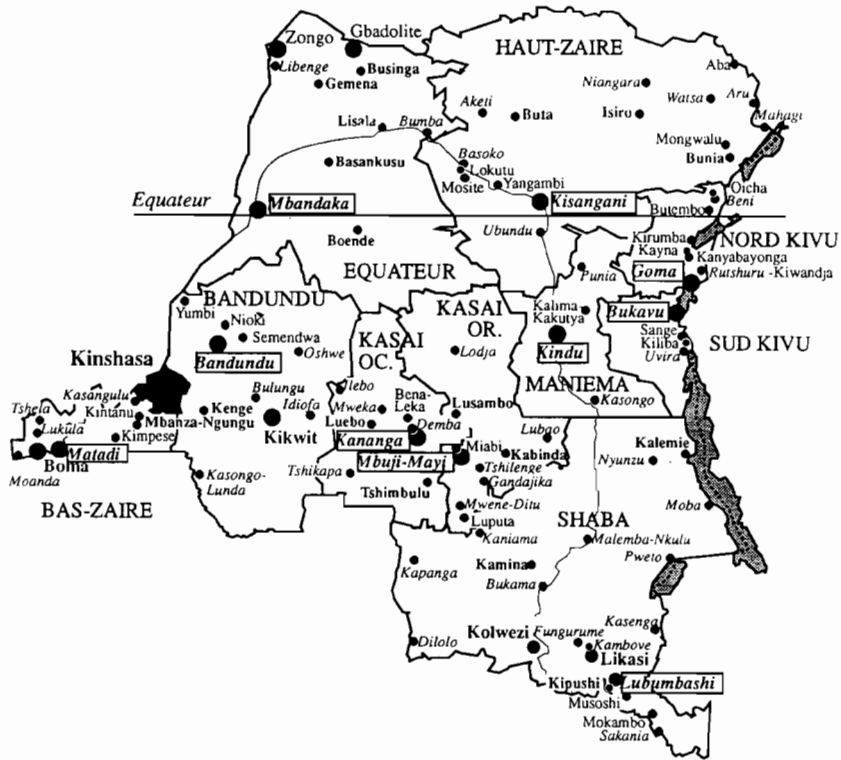
La répétitivité des observations assure un suivi en « temps réel » de la croissance des espaces urbanisés, tout particulièrement dans les pays où il est actuellement difficile d'utiliser les méthodes classiques de la cartographie. Ainsi, au Zaïre, le Bureau d'Etudes d'Aménagement et d'Urbanisme (BEAU) avait mis en route, avec l'aide de la Coopération française et de l'Agence de Coopération Culturelle et Technique (ACCT), un programme systématique couvrant les 15 plus grandes villes du pays. Ce programme a été interrompu en 1991 mais l'expérience acquise sur 5 villes est tout à fait utilisable sur d'autres sites similaires.

1. LES VILLES DU ZAÏRE

Le Zaïre est le plus vaste pays d'Afrique centrale (2,5 M km²). Sa population est d'environ 40 millions d'habitants, inégalement répartis sur l'ensemble du pays. La population urbaine est de près de 10 millions de personnes dont 4 dans la capitale, Kinshasa.

quinze autres villes ont plus de 100 000 habitants. Ce sont elles, et la capitale, qui ont fait l'objet du programme projeté. Les dernières couvertures aériennes remontent à 1970 pour les villes de l'intérieur. A Kinshasa, on disposait de photographies plus récentes (1987).

Le Zaïre a connu une croissance urbaine très rapide jusqu'au début des années 80. Le taux annuel de croissance de Kinshasa a été supérieur à 10 % par an pendant plus de 20 ans. Actuellement, en raison des difficultés économiques et politiques, la croissance de la population urbaine s'est beaucoup ralentie. Elle reste cependant



Légende			
BAS-ZAIRE	Région	<u>Matadi</u>	Chef lieu de région
● Boma	Ville	Mbanza-Ngungu	Chef lieu de sous-région
● Moanda	Cité *	Moanda	Chef lieu de zone rurale **

0 300 600 km

* En majorité, les cités ont été créées par les ordonnances n° 87.231 à 87.238 du 29/6/1987
 ** Les chefs lieux de zone rurale qui ne sont pas des cités ne sont pas représentés.



Figure 1 – Zaïre : carte administrative des centres urbains

d'environ 5 % par an dans la capitale. Elle est probablement supérieure à Mbuji-Mayi, ville de l'intérieur, centre de l'exploitation du diamant, qui atteint 800 000 habitants ; c'est sans doute maintenant la deuxième ville du pays. Les observations partielles dont on disposait laissaient supposer des transformations importantes des espaces périurbains des villes de l'intérieur mais il n'était pas possible d'en prendre la véritable dimension en l'absence d'une vision d'ensemble. C'est ici qu'est intervenue l'imagerie satellitaire.

2. PEPS¹ 118 : LUBUMBASHI

Le premier essai a été tenté dès le lancement de SPOT 1 dont l'un des programmes de probation concernait Lubumbashi, la principale ville de l'ensemble cuprifère du Shaba, au Sud-Est du pays.

Lubumbashi a fait l'objet, en 1986, à l'initiative du BEAU, d'un sondage démographique par le Département de Géographie de l'Université en vue de préciser les conséquences des énormes difficultés de cette région de plus en plus enclavée au cœur du continent. En même temps, on observait un développement de l'agriculture périphérique, la Gécamine (société minière d'état) n'arrivant plus à assurer l'approvisionnement des populations comme elle l'avait fait à des périodes plus fastes des cours du cuivre.

L'image utilisée était un tirage standard, de niveau 1B, aux échelles du

1 : 100 000 et 1 : 50 000, centrée sur la ville. Le travail d'interprétation a été effectué visuellement par J.C. Bruneau².

Deux cartes ont été établies : l'une, au 1 : 100 000 de la ville et de son environnement, l'autre au 1 : 50 000 de la typologie des quartiers urbains. Des mesures de surface ont été faites par des moyens manuels simples. Il faut préciser que le travail cartographique a été lui aussi effectué avec des moyens matériels très réduits (ceux qui étaient disponibles sur place) : papier calque, crayons de couleurs et feutres...

Le résultat de ce travail s'est révélé exceptionnellement encourageant. Il était tout à fait possible d'interpréter avec très peu d'erreurs l'image en fausses couleurs pour un bon connaisseur du terrain et de déterminer les différents modes d'occupations des espaces urbains et périurbains.

La cartographie confirmait le développement de l'agriculture périurbaine et permettait d'en estimer les surfaces : plusieurs milliers d'hectares, s'étendant jusqu'à une dizaine de kilomètres de la

1. Programme d'Évaluation Préliminaire de SPOT.

2. Professeur de Géographie à l'Université qui terminait alors une thèse sur le développement de la ville après y avoir séjourné depuis près de 10 ans.



1. Habitat ancien dense.- 2. l habitat ancien peu dense.- 3. l habitat récent dense.- 4. Habitat récent peu dense.- 5. Zone d'industries.- 6. Espace vert urbain.- 7. Alignement de collines (crêtes appalachiennes).- 8. Zone inondable (fond de vallée, "dembu").- 9. Espace boisé résiduel ou plantation dans la clairière urbaine.- 10. Traces de cultures (surtout extensives).- 11. Brûlis de saison sèche.- 12. Village ou élément urbanisé en rase campagne.- 13. Limite approximative de la zone polluée par les fumées industrielles.- 14. Route principale.- 15. Route, piste.- 16. Voie ferrée.- 17. Couloir de ligne à haute tension.- 18. Terril.

Figure 2 – Structure de l'espace urbain de Lubumbashi (1986)
 Extrait de :
Bruneau J.C., Flouriot J., 1991. Télédétection et urbanisation au Zaïre. Bordeaux, CEGET, Espaces tropicaux n° 4 : Urbanisation et développement dans les pays tropicaux, Venetier P. (ed. scient.).

ville. La comparaison avec des photos aériennes anciennes apportait aussi une information précise sur la déforestation (l'environnement naturel de la ville est une forêt claire) confirmant des études sur la consommation énergétique du bois et du charbon de bois par la population. L'analyse typologique de l'habitat donnait une information suffisante pour déterminer une demi-douzaine de types et quantifier leur extension. Ici encore la comparaison avec des photos anciennes permettait des précisions quantitatives sur l'agrandissement de la ville.

Cette première expérience montrait tout l'intérêt de ce nouveau mode d'information et sa capacité d'utilisation dans des conditions assez frustes.

3. UN PROGRAMME D'ENSEMBLE

Le programme qui est alors établi concerne les villes de plus de 100 000 habitants (15) dont plusieurs n'avaient pas été observées depuis plus de 20 ans.

Pour l'obtention des images, on a préféré rechercher dans le catalogue des images existantes plutôt que de les commander spécialement. A cela, deux raisons : d'une part le prix moins élevé et, d'autre part, le fait qu'en zone équatoriale, il serait peut-être très long d'obtenir des images « à la demande » ayant les qualités requises d'absence de couverture nuageuse. On a pu ainsi obtenir très rapidement la couverture des sites de Kinshasa, Mbuji-Mayi, Kananga, Kisangani, Mbandaka, et un peu plus tard Bukavu et une deuxième couverture de Lubumbashi datée de 1987 pour essayer de relever les zones d'extension urbaine. Les images ont été exploitées en 1990-91 ; elles s'échelonnaient de 1986 à 1989.

C'est toujours le tirage standard sur papier fourni par Spot-Image qui a été le support d'étude. On ne disposait pas sur place d'installations informatiques permettant d'exploiter toute la richesse de l'analyse numérique et l'on souhaitait surtout s'appuyer sur les images pour faire un travail de terrain.

Dans chaque ville étudiée, le BEAU s'est mis en rapport avec un organisme de formation supérieure ayant une section de géographie ou de sciences de la terre pour se trouver des correspondants locaux ayant déjà des notions de photo-interprétation, le sens de l'espace et une bonne connaissance du milieu. Ces correspondants locaux, souvent très isolés, ont été particulièrement intéressés par l'accès qui leur était ainsi offert à un moyen prestigieux et très moderne d'appréhension de l'espace et leur motivation pour participer à ce travail a été très forte. L'objectif était à chaque fois de cartographier la ville dans son environnement à l'échelle du 1 : 100 000 et la typologie des quartiers au 1 : 50 000.

Les villes zairoises se prêtent bien à l'utilisation des images satellitaires car elles sont pour la plupart très étendues, ne comportant pratiquement pas de constructions en hauteur. Les parcelles d'habitat sont de grande dimension (3 à 500 m²). Lors de leur première occupation les parcelles sont totalement débroussaillées, ce qui permet de bien reconnaître, sur les périphéries urbaines, les extensions en cours : sols nus à formes géométriques. La végétation se développe avec le temps, végétation différente de la végétation environnante : on ne laisse se développer dans la parcelle que des arbres fruitiers. La densité de la végétation intra-urbaine est grossièrement proportionnelle à l'ancienneté de l'occupation et l'on peut donc en déduire l'âge relatif des quartiers.

Les villes se sont, le plus souvent, développées, initialement, sur terrains plats (plaine, plateau, vallée) mais se sont ensuite étendues sur des zones de pentes où l'occupation humaine a déclenché de très importants phénomènes érosifs. Les ravins et les « cirques » sont bien identifiés et, ici encore, la couverture végétale apporte des indications sur leur ancienneté et leur « activité ». A cet égard, l'image de Kananga est particulièrement intéressante. La ville s'allonge sur une crête plate, d'orientation Ouest-Est, rongée au Nord et au Sud par des ravinements qui se sont déclenchés lorsque l'habitat, non contrôlé, a commencé à s'installer sur les pentes. Les « cirques » des têtes de ravins sont parfaitement identifiés et l'on repère très bien les points les plus fragiles où le risque est grand de voir se rejoindre les ravins progressant au Nord et au Sud.

Certaines villes sont bâties en bordure de cours d'eau importants : Kisangani, au bord du fleuve Zaïre, Mbuji-Mayi, en bordure de la rivière du même nom. Les variations de coloration des eaux sont aussi des indicateurs intéressants sur l'hydrologie. Sur l'image de Kisangani, le fleuve apparaît vert clair alors que ses affluents sont de couleur noire. Ces colorations différentes permettent de constater que le mélange des eaux ne se fait qu'après un parcours parallèle assez long. Sur la rivière Mbuji-Mayi on observe très bien le point de rejet des eaux de drainage des carrières d'exploitation du diamant à cause de leur couleur blanchâtre et ici encore on peut constater qu'il faut plusieurs kilomètres pour que le mélange se fasse et que la couleur de l'eau redevienne homogène.

Les extensions urbaines des 20 dernières années se sont faites de façon illégale, sans contrôle mais pas dans le désordre : les avenues existantes ont été prolongées et l'occupation du terrain a laissé place à des espaces libres pour de futures voies. On reconnaît facilement au moins les axes les plus importants, la structure de l'agglomération.

Les constructions sont initialement de petite dimension, croissant avec le temps, et couvertes en tôles qui ont une forte réflectance et se repèrent donc bien. A l'intérieur des îlots, les bâtiments

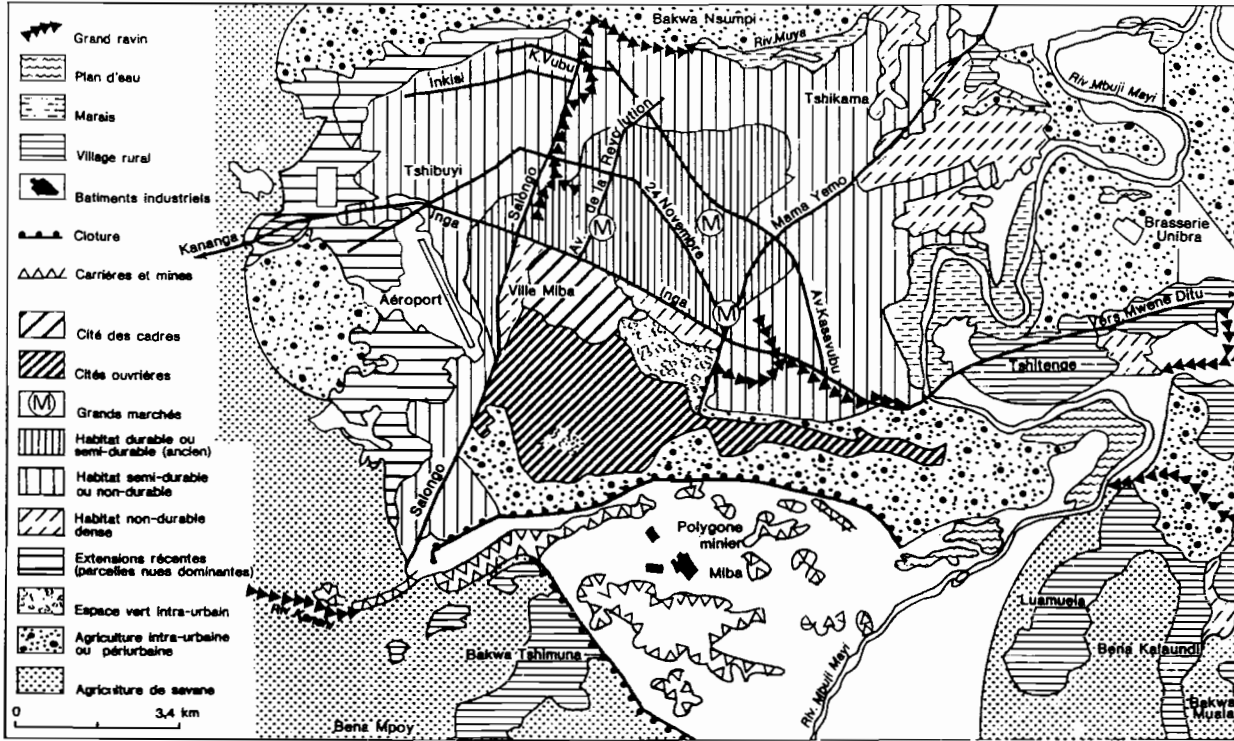


Figure 3 – Mbuji-Mayi :

interprétation visuelle de l'image SPOT du 21 mars 1987

Extrait de :

BRUNEAU J.C., FLOURIOT J., 1991. Télédétection et urbanisation au Zaïre.

Bordeaux, CEGET, Espaces tropicaux n° 4 : Urbanisation et développement dans les pays tropicaux, VENETIER P. (ed. scient.).

© CNES (1987) – Distribution SPOT.IMAGE

exceptionnels sont bien localisés et identifiés par les connaisseurs du terrain. Certains équipements sont aussi bien reconnaissables, les grands marchés, où l'accumulation des débris végétaux et le piétinement donnent au sol une couleur particulière, très sombre, qui ressort sur les images.

Le développement urbain ne concerne pas seulement la ville proprement dite. Au fur et à mesure que celle-ci grandit, les relations de la population avec l'environnement rural se modifient.

La concentration de la population urbaine exige une concentration parallèle des approvisionnements. La ville devient un marché et cette activité tout à fait fondamentale apparaît très bien dans l'espace urbain comme on l'a vu plus haut. L'importance des activités commerciales ne doit cependant pas masquer le maintien et le développement des activités de production agricole. Lorsque le développement industriel est peu important et que les revenus sont faibles, la production agricole familiale, soit dans les interstices du tissu urbain, soit dans les espaces ruraux périurbains, est un élément important du revenu. Cependant la valeur relative de cette activité dépend beaucoup de la dimension de la ville, de l'accessibilité du milieu rural et de la valeur agronomique de celui-ci : l'agriculture périurbaine très importante à Lubumbashi est presque inexistante à Kinshasa. On a évoqué aussi plus haut le bois de feu et le charbon de bois qui fournissent l'essentiel de l'énergie domestique. Tous ces phénomènes sont bien « lisibles » sur l'image satellitaire.

Ainsi, après un temps, en général très bref, d'adaptation à la coloration inhabituelle des images, nos interlocuteurs locaux établissent en peu de temps, une interprétation de l'image que l'on s'emploie ensuite à vérifier et compléter sur le terrain.

Dans le cadre de ces travaux de reconnaissance, l'image n'est évidemment pas l'unique source d'information utilisée. On consulte les documents anciens (cartes, photos aériennes) et les divers plans partiels qui ont pu être dressés à l'occasion de travaux ou de lotissements. Parallèlement d'autres sources de renseignements sont utilisées pour préciser les caractéristiques démographiques des populations urbaines et leurs activités ; une enquête est aussi menée sur l'approvisionnement vivrier de la ville. Celle-ci demande réalisé par les chercheurs locaux, un travail plus approfondi, dont les résultats sont récupérés à l'occasion d'un autre passage sur le site.

Le BEAU souhaitait publier ces études sous forme de brochures d'une vingtaine de pages comportant 2 cartes en couleur de format A3 (en position centrale et à la fin, en dépliant) de la typologie des quartiers et de l'environnement urbain. Une seule de ces brochures, sur Kisangani, a pu être publiée. Deux autres (Mbuji-Mayi et Kananga) ont été préparées. Une planche sur Lubumbashi et son environnement a été publiée avec le concours de l'IGNI.

Une carte à l'échelle du 1 : 200 000 (à partir de 4 images) a été également établie sur l'environnement végétal de Kinshasa. Malheureusement la plupart des documents originaux ont disparu lors des pillages dont a été victime le BEAU en janvier 1993.

4. LES ENSEIGNEMENTS DE CE TRAVAIL

La télédétection satellitaire permet des investigations localisées, quantitatives et qualitatives, au sein des grands organismes urbains et dans leur environnement :

- dans la ville :
 - reconnaissance de sa structure par la mise en évidence du réseau de voirie,
 - reconnaissance des espaces libres, végétalisés ou non, et de la densité végétale des quartiers,
 - caractérisation des quartiers et détermination de la densité du bâti,
 - reconnaissance des phénomènes érosifs.
- sur la frange urbaine :
 - reconnaissance des zones d'extension récente de l'urbanisation,
 - reconnaissance des zones d'agriculture périurbaines,
 - reconnaissance des différents types végétaux naturels de l'environnement,
 - reconnaissance des infrastructures de communication interurbaines et des divers accès au milieu périurbain.
- dans l'environnement rural :
 - localisation des implantations villageoises,
 - reconnaissance des types d'espaces cultivés ou utilisés,
 - reconnaissance des ensembles végétaux naturels,
 - reconnaissance des dégradations subies par la végétation naturelle du fait de la proximité urbaine.

Tous ces éléments sont en général aisément repérables et quantifiables, soit par interprétation visuelle, soit par analyse numérique (quand on en a les moyens), soit par combinaison des deux types d'investigation à des échelles comprises entre 1 : 100 000 et 1 : 25 000.

Au-delà de cette reconnaissance de l'état du milieu, la télédétection satellitaire apporte la capacité de suivre la dynamique des espaces observés. La répétitivité des observations permet l'obtention d'images dont la comparaison est la source de cette information sur les transformations du milieu. Il n'est pas nécessaire de disposer d'un très grand nombre d'images à échéances rapprochées. Malgré la rapidité de l'évolution démographique, les modifications de l'espace s'étalent dans le temps et il suffit de comparer des images à intervalle de une ou deux années.

L'opérationnalité de la télédétection spatiale dans la gestion et l'aménagement des espaces urbains est en grande partie conditionnée par la médiatisation de l'information. Celle-ci reste inutile si elle n'est pas accessible sous une forme familière au décideur et au gestionnaire. Aussi est-on amené à porter une attention particulière à l'élaboration et à la production de documents, cartes et images, établis à partir de l'imagerie satellitaire. Ces documents doivent pouvoir prendre toutes les formes couramment utilisées dans les documents d'études :

- cartes polychromes, légendées et titrées,
- cartes monochromes, légendées et titrées,
- images polychromes, légendées et titrées,
- diapositives,
- bandes vidéo.

Lorsque ces documents nécessitent de nombreuses reproductions, ils doivent être établis dans les formats standards les plus courants. Ils doivent pouvoir également se combiner avec d'autres documents graphiques ou cartographiques souvent nécessaires à leur compréhension et dont la combinaison est multiplicatrice d'informations. Il faut donc porter une attention particulière à l'appareillage périphérique et concevoir de véritables systèmes de production, de traitement et de stockage de l'information. La télédétection prend alors place dans un véritable système d'information géographique.

IV

LES CARTES D'APTITUDE À L'URBANISATION EXTRAITES DE L'IMAGERIE SPOT

Iuli NACIMENTO

1. PRÉSENTATION

L'élaboration de la méthode d'analyse automatique des données pour des images SPOT a été développée dans le cadre de la coopération technique entre l'IAURIF¹, l'EMPLASA², le CNES³ et MCS⁴.

L'objectif de cette étude était d'intégrer les données satellitaires dans un Système d'Information Géographique (SIG). Rappelons qu'un SIG est une base de données géoréférencées informatisée dont les modules du système permettent de collecter, d'archiver, de gérer, de mettre à jour et de croiser des informations de sources diverses. Cet outil permet actuellement d'entreprendre un certain nombre de croisements et de calculs pour réaliser des estimations concernant le contrôle de la pollution d'un bassin versant, de vérifier l'adéquation d'un usage du sol, de déterminer des zones à environnement fragiles, ... etc.

Il existe plusieurs types de SIG. Ici il s'agit d'informations produites pour l'environnement et l'aménagement de l'espace

1. Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France : prestataire de service.

2. Entreprise Métropolitaine de Planification de Sao Paulo : prestataire de service.

3. Centre National d'Etudes Spatiales : maître d'ouvrage.

4. Matra Cap Systèmes : corrections géométriques et validation de la méthode.

régional qui correspondent à des échelles allant du 1/25 000^e au 1/100 000^e. Les banques de données urbaines (BDU) stockent des informations plus fines mais thématiquement limitées, correspondant à des échelles allant du 1/1 000 au 1/5 000^e. Le Système d'Information Parcellaire (SIP) de la ville de Paris et le Système d'Information Technique pour l'urbanisme de la ville de Toulouse sont deux autres exemples de SIG.

La zone d'étude (Campinas) couvre une superficie de 1 600 km² et est située à 97 km au nord-ouest de la Région Métropolitaine de Sao Paulo (RMSP), avec une population d'environ 700 000 habitants.

A partir de 1990, la constitution brésilienne a imposé à toutes agglomérations urbaines de plus de 20 000 habitants la réalisation d'un Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme. Campinas étant proposée pour faire partie de la RMSP en tant que pôle régional devrait se doter d'un Schéma Directeur.

L'EMPLASA a suggéré que la méthode présentée ci-après soit développée sur la région de Campinas. En effet, les décideurs locaux manquent d'informations récentes pour tracer les grandes orientations d'occupation et d'utilisation de l'espace de cette ville.

Avec environ 15 millions d'habitants, la RMSP est l'une de toutes premières métropoles mondiales. Son extension s'est poursuivie à un rythme élevé, évalué par l'EMPLASA entre la période de 1974 et 1987 à 3 500 hectares par an.

Pour planifier une telle croissance, il faut disposer d'informations sur l'espace, à la fois à jour et exhaustives, et d'outils permettant de les exploiter rapidement. C'est dans cette optique qu'a été développée la méthode d'élaboration de cartes d'aptitude à l'urbanisation résidentielle et industrielle à partir de l'imagerie SPOT.

Ces cartes d'aptitude constituent des outils fort appréciés des aménageurs. Jusqu'à une date récente, ce type de document était produit manuellement. Grâce à l'essor de l'informatique, il devient possible de les réaliser automatiquement en effectuant des croisements multiples intégrant des données issues de satellite et d'autres sources d'informations avec les statistiques de surface pour les différents types d'occupation et d'utilisation du sol.

2. MÉTHODE

Le développement de la méthode a comporté trois étapes :

a) *Le choix des données :*

La zone d'étude est couverte par la scène SPOT 715 - 396. Trois enregistrements ont été acquis dans le cadre du programme SPOT - Aval du CNES :

- deux enregistrements panchromatiques stéréoscopiques effectués à des dates rapprochées (6 août 1986 – 5° gauche, 7 septembre 1986 – 24° droite) ;
- un enregistrement multispectral effectué à une date plus récente et à la même période des enregistrements panchromatiques (24 août 1988 – 2° droite).

Les traitements géométriques ont été réalisés dans le système de projection UTM, fuseau 23 et couvrent une zone de 40 km × 40 km dont le coin nord-ouest a pour coordonnées : x : 260 km et y : 7 420 km.

b) Préparation des données :

- élaboration d'un modèle numérique de terrain (M.N.T.) à partir de deux images panchromatiques SPOT, une verticale et une oblique ;
- production d'une image SPOT P + XS de niveau 3 de façon à obtenir le relief (SPOT-Panchromatique verticale et SPOT - XS verticale) ; (©. CNES (1988) – Distribution SPOT-IMAGE)
- numérisation du réseau hydrographique et du réseau routier à partir de documents cartographiques existants à l'échelle du 1/50 000.

c) Production des informations thématiques :

- interprétation visuelle de la composition colorée SPOT P + XS et vérification de terrain ;
- élaboration d'une carte de pentes à partir d'un MNT ;
- production d'une carte des zones à risque d'inondation (à partir du réseau hydrographique et du MNT et d'une carte de proximité du réseau routier).

d) Croisement des informations thématiques :

Le croisement des informations a été réalisé en utilisant des fonctionnalités d'un SIG maillé qui a permis d'élaborer les deux cartes d'aptitude : résidentielle et industrielle.

2.1. Le modèle numérique de terrain (MNT)

L'élaboration du MNT a été réalisée en six étapes :

- 1 – Localisation des points d'appui sur les deux images panchromatiques et sur des cartes au 1/10 000 couvrant la municipalité de Campinas et élaborées à partir d'une couverture aérienne datant de 1978 ;
- 2 – Rectification des deux images SPOT en projection équipolaire ;
- 3 – Corrélation entre les images et les points d'appui ;

- 4 – Calcul d'un fichier d'altitude (coordonnées en X, Y, Z) ;
- 5 – Production du MNT au pas de 40 m ;
- 6 – Interpolation bilinéaire au pas de 10 m.

Il aurait été possible d'élaborer un MNT à partir des documents cartographiques existants, mais l'objet de l'étude étant de développer une méthodologie applicable à des zones non cartographiées, il a été choisi de produire le MNT à partir des données SPOT panchromatiques et stéréoscopiques.

2.2. L'intégration des images panchromatiques et multispectrales

Plusieurs étapes ont précédé la réalisation de l'image sur papier à l'échelle du 1/50 000 :

- a) Correction géométrique de l'image panchromatique du 6 août 1986 au niveau 3 en utilisant le M.N.T. déjà produit ;
- b) Localisation des points d'appui sur l'image multispectrale et sur l'image panchromatique ;
- c) Correction géométrique de l'image multispectrale sur l'image panchromatique de niveau 3 ;
- d) Fusion des images P + XS :

$$P + XS1 = 1/2 P + 1/2 XS1$$

$$P + XS2 = 1/2 P + 1/2 XS2$$

$$P + XS3 = XS3$$

– amélioration des contours par filtrage 3 x 3, qui permet le lissage de l'image :

-0,1	-0,1	-0,1
-0,1	+1,8	-0,1
-0,1	-0,1	-0,1

– restitution de l'image P + XS (composition colorée 3, 2, 1) sur film à l'échelle du 1/200 000 :

$$\text{Bleu} = P + XS1$$

$$\text{Vert} = P + XS2$$

$$\text{Rouge} = P + XS3$$

– Tirage sur papier à l'échelle du 1/50 000.

3. LA CARTE D'OCCUPATION DU SOL ET LE REGROUPEMENT DES INFORMATIONS PRODUITES

Ce document a été élaboré à partir de l'interprétation visuelle de l'image sur papier à l'échelle du 1/50 000 et validé par des vérifications de terrain. La légende de la carte d'occupation et d'utilisation du sol résultante comprend six grandes classes (espace urbain, espace agricole, végétation, eau, autres modes d'occupation, éléments linéaires, et vingt postes de légende – (Cf. tableau 1).

Tableau 1 – L'occupation du sol

Classes Postes de légende	Aptitude à l'urbanisation
1. URBAIN	
1.1. Zone urbaine consolidée	Hors sujet
1.2. Lotissement peu dense	Apte
1.3. Lotissement inoccupé	Apte
1.4. Zone d'habitat pavillonnaire	Moyennement apte
1.5. Equipement urbain	Hors sujet
1.6. Zone d'activités industrielles	Hors sujet
1.7. Zone activités aéroportuaires	Voir tableau 2 « Paramétrage »
2. AGRICOLE	
2.1. Zone d'activités agricoles	Moyennement apte
2.2. Plantations arborées	Moyennement apte
2.3. Exploitation agricole	Moyennement apte
3. VÉGÉTATION	
3.1. Végétation naturelle dense	A préserver
3.2. Forêt galerie	A préserver
3.3. Végétation herbacée	Apte
3.4. Végétation en zone urbaine	Hors sujet
4. EAU	
4.1. Fleuve, rivière	A préserver
4.2. Plan d'eau	A préserver
5. AUTRES OCCUPATIONS	
5.1. Carrières	Hors sujet
5.2. Sol nu	Apte
6. ÉLÉMENTS LINÉAIRES	
6.1. Réseau routier	Voir tableau 2
6.2. Réseau ferroviaire	Voir tableau 2

Légende de la carte d'occupation du sol urbain**1 – URBAIN***1.1 – Zone urbaine consolidée :*

Habitat urbain dense et consolidé essentiellement représenté par le phénomène de conurbation : Campinas – Valinhos et Vinhedo.

1.2 – *Lotissement peu dense :*

Il s'agit de terrains viabilisés avec peu d'habitations.

1.3 – *Lotissement inoccupé :*

Il s'agit de terrains viabilisés sans aucune construction.

1.4 – *Zone d'habitat pavillonnaire :*

Il s'agit le plus souvent de « châteaux » construites sur de grandes parcelles (> 500 m²) comprenant des aires de loisirs (piscine, terrain de football, etc) et/ou des jardins, vergers, potagers, etc. Elles peuvent être utilisées comme résidence principale ou secondaire.

1.5 – *Équipement urbain :*

Ce sont les aires utilisées pour les services : club, université, parc...

1.6 – *Zone d'activité industrielle :*

Zone d'implantation d'industries, essentiellement des industries de pointe (informatique, pharmaceutique ...).

1.7 – *Zone d'activité aéroportuaire :*

Emprise de l'aéroport et des secteurs d'activités connexes.

2 – AGRICOLE

2.1 – *Zone d'activité agricole :*

Il s'agit de zones utilisées pour l'agriculture, les cultures annuelles (coton, riz, pomme de terre, arachide, oignon, haricot, manioc, soja, maïs), les cultures pérennes (arboriculture fruitière, café, thé) et les cultures semi-pérennes (canne à sucre).

2.3 – *Reboisement :*

Formations arborées organisées et homogènes (plantations d'eucalyptus, pins).

2.3 – *Fermes avicoles :*

Propriétés rurales essentiellement avicoles (élevages de volailles et production de viande et d'œufs).

3 – VÉGÉTATION

3.1 – *Végétation naturelle :*

Il s'agit d'une formation arborée constituée par des espèces supérieures à 5 mètres, parfois inférieures comme c'est le cas de formations secondaires non complètement développées comme les « capoeirões » où les houppiers se touchent (dans les types les plus denses), ou qui présentent une couverture végétale d'au moins 40 % (dans des types plus ouverts).

3.2 – Forêt galerie :

Végétation naturelle de forêt dense bénéficiant d'un milieu humide de bord de fleuve.

3.3 – Végétation herbacée :

Végétation caractérisée par une couverture herbacée (à base surtout de graminées) sans arbre.

3.4 – Végétation en zone urbaine :

Végétation plantée en milieu urbain (parcs, jardins, etc.).

4 – EAU

4.1 – Fleuves, rivières :

Réseau hydrographique.

4.2 – Plan d'eau

5 – AUTRES OCCUPATIONS

Carrières et sol nu : zone d'extraction de matériaux ou zone soumise à des mouvements de terrain.

6 – ÉLÉMENTS LINÉAIRES

6.1 – Réseau routier

6.2 – Réseau ferroviaire

Pour le croisement des informations nécessaires à la réalisation des cartes d'aptitude à l'urbanisation, les postes de la légende ont été rassemblés en quatre grandes catégories : (a) les zones hors sujet, (b) les zones interdites, (c) les zones aptes et (d) les zones moyennement aptes à l'urbanisation. Ces classes ont été définies après analyse de documents.

a) Les zones hors sujet correspondent à tout espace urbain consolidé, les carrières puisqu'il s'agit d'une activité économique et la végétation en zone urbaine (parcs, jardins publics) ;

b) Les zones interdites à l'urbanisation sont celles à préserver, c'est-à-dire, la végétation naturelle dense, les forêts galeries et les plans d'eau ;

c) Les zones aptes à l'urbanisation sont celles présentant une végétation herbacée ; les lotissements possédant une trame de voirie mais totalement inoccupés ; les lotissements qui ont une densité d'occupation du sol assez faible et des sols nus ;

d) Les zones moyennement aptes à l'urbanisation sont celles occupées par l'habitat pavillonnaire, qui sont en réalité en bonne partie des résidences secondaires pouvant être densifiées et les

zones d'activités agricoles qui, selon la volonté politique pour les grandes orientations d'aménagement, peuvent éventuellement être utilisées pour l'urbanisation.

4. LE CROISEMENT DES INFORMATIONS THÉMATIQUES

L'aptitude à l'urbanisation a été déterminée dans deux cas : l'utilisation de l'espace pour la construction d'habitat et la création de zones d'activités industrielles.

Les critères pris en compte sont, en plus de l'occupation du sol, la proximité du réseau routier, les nuisances causées par l'aéroport, les zones à risques d'inondation et la pente.

Pour l'habitat une trop grande proximité au réseau routier n'est pas conseillée, vu les nuisances entraînées ; par contre, si les zones résidentielles se trouvent trop éloignées, il faut prévoir la création d'une liaison routière avec le réseau principal. Pour l'activité industrielle il est souhaitable qu'elle soit proche du réseau routier existant.

Les nuisances causées par l'activité aéroportuaire déterminent une zone où la construction d'habitat est interdite (distance aux avions inférieure à 500 m). Certains types d'activités industrielles peuvent y être installées.

Les zones à risque d'inondation ont été obtenues d'après le MNT et le réseau hydrographique, extrait de documents cartographiques existants. En fonction du risque d'inondation, l'urbanisation est interdite, déconseillée ou possible. Un modèle de risque d'inondation simplifié a été développé pour l'étude.

En ce qui concerne les pentes, le critère utilisé par la Mairie de Campinas a été retenu : pour l'industrie la pente doit être inférieure à 15 %, pour l'habitat la déclivité peut être supérieure à ce seuil. La carte de déclivité a été produite d'après le MNT.

La plus ou moins grande aptitude à l'urbanisation est obtenue par le croisement de ces informations et le paramétrage effectué sur une notation allant de 0 à 10 pour chaque plan d'information. Il en résulte une notation allant de 15 à 20 sur le plan de synthèse (Cf. Figure 1 : Schéma de production des cartes d'aptitude à l'urbanisation et Tableau 2 de paramétrage). Le paramétrage définit enfin le code des classes des couleurs (Tableau 3).

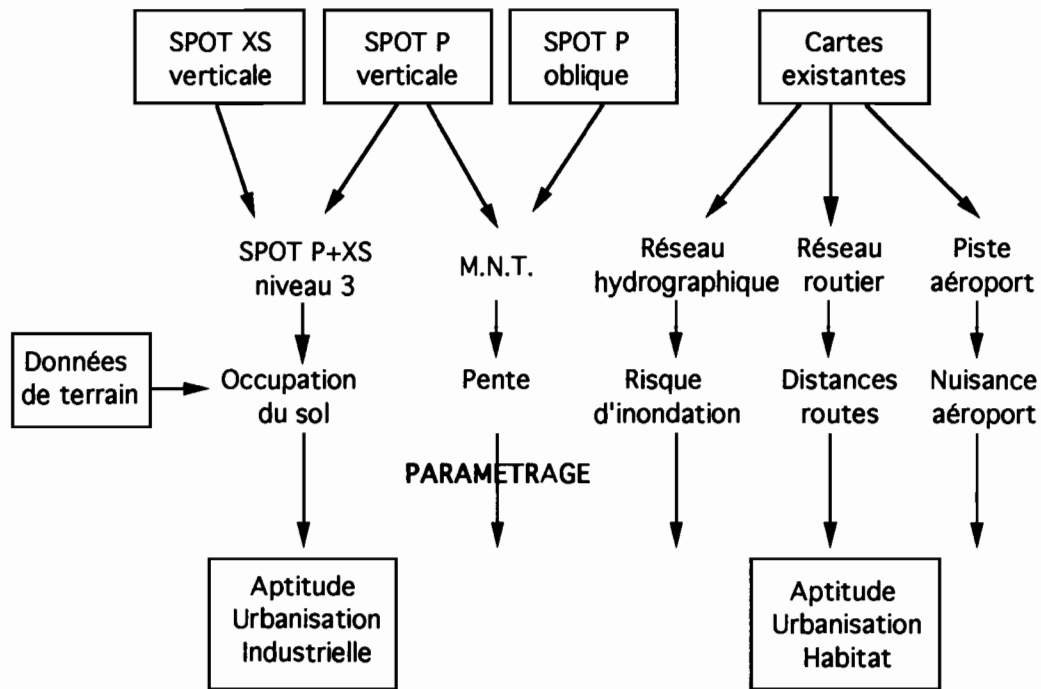


Figure 1 – Schéma de production des cartes d'aptitude à l'urbanisation

Tableau 2 – Paramétrage

		Urbanisation Habitat	Urbanisation Industri.
<i>Nuisance aéroport</i>	0 à 500 m + 500 m	Interdit 10	0 10
<i>Occupation du sol</i>			
A préserver (végétation naturelle, etc.)		Interdit	Interdit
Apte (lotissement peu dense, végétation herbacée)		10	10
Moyennement apte (activité agricole, etc.)		5	5
<i>Distance routes</i>	0 à 200 m 200 à 500 m + 500 m	0 10 5	10 5 0
<i>Zones inondables</i>	0 à 200 m 200 à 500 m + 500 m	Interdit 0 10	Interdit 0 10
<i>Pente</i>	0 à 15 % + 15 %	10 0	10 Interdit

Tableau 3 – Définition du code des classes des couleurs

		Résidentiel (%)	Industriel (%)	
Hors sujet	Blanc	27,8	27,8	
Interdit	Rouge	6,6	11,3	
15 à 25	Moins apte	Rouge clair	0,8	1,1
30		Orange	5,4	1,0
35		Jaune	8,7	29,2
40		Vert jaune	33,01	14,0
45		Vert clair	13,6	11,2
50	Plus apte	Vert	4,0	4,4
TOTAL		100	100	
SURFACE TOTALE		400 km ²		

Les cartes d'aptitude à l'urbanisation indiquent les zones favorables à la création de l'habitat et à l'installation des activités industrielles. Par ailleurs, les zones agricoles ont été considérées comme étant moyennement aptes bien qu'elles possèdent déjà une vocation. Cette vocation peut cependant être modifiée en fonction de la pression exercée par l'expansion urbaine.

5. CONCLUSION

Aujourd'hui l'imagerie satellitaire, complétée par des relevés de terrain légers, s'avère être un puissant instrument d'aide aux aménageurs et aux décideurs responsables d'organiser l'espace.

La maîtrise de cet outil permet le croisement de données de sources diverses et l'élaboration de cartographies multicritères pour caractériser l'espace du point de vue de son environnement urbain, rural et naturel.

Ces cartographies multicritères sont d'un grand secours aux décideurs, dès qu'il s'agit d'arbitrer sur l'aménagement d'une zone déterminée et d'urbaniser vers les zones aptes (les cartes de zones à environnement fragiles pour Brasilia). Ces mêmes outils peuvent être utilisés pour contrôler la mise en œuvre des mesures proposées, par exemple, vérifier l'adéquation d'usage d'un zonage municipal (les cartes des zones à risque d'érosion et vérification de l'adéquation du zonage municipal pour Rio de Janeiro).

Il est à signaler qu'une cartographie à l'échelle du 1/50 000, compatible avec les données SPOT, se prête à des études régionales ; elle est, à ce moment là, un élément indicatif pour une définition des zones à urbaniser ou à préserver.

V

ÉTUDE DES ÉCOSYSTÈMES URBAINS DES GRANDES AGGLOMÉRATIONS DE PLUS DE 100 000 HABITANTS PAR TÉLÉDÉTECTION AU 1/25 000

Michel LENCO

Le Ministère de l'environnement développe depuis quatre ans l'étude de l'écologie urbaine au moyen d'une politique de plans municipaux et de chartes d'environnement basée sur le partenariat. Parallèlement à ces plans et chartes, et en prolongement de travaux prometteurs effectués sur la région parisienne, une étude expérimentale par télédétection des écosystèmes urbains des grandes agglomérations a été lancée par le Ministère de l'environnement avec la participation financière du CNES, du Ministère de l'équipement, de l'Union européenne (DGXI, Eurostat) et d'une dizaine d'agglomérations pilotes : Montbéliard, Le Havre, Nancy, Nantes, Limoges, Bordeaux¹, Mulhouse, Dunkerque, Saint-Étienne, Nîmes². La télédétection apporte en effet des informations intéressantes sur l'association « bâtiments + végétation + voirie » selon l'importance relative de chaque composante, sur l'ancienneté et la nature des matériaux de construction, sur la forme et la hauteur des bâtiments. Elle contribue ainsi à décrire les différentes unités paysagères et les écosystèmes urbains non disponibles par ailleurs.

1. Opération lancée par EUROSTAT et l'INSEE.

2. Certaines agglomérations sont constituées en communauté urbaine ou district ou bien encore en syndicat de communes, d'autres non.

Les projets de développement de la connaissance de l'environnement urbain en Europe occidentale et orientale d'une part et, la méthode d'analyse par télédétection des grandes agglomérations au 1/25 000 et par unités de plus de 1 ha, étant semblable à celle de l'opération européenne Corine-Land Cover au 1/100 000 (par unités de plus de 25 ha) d'autre part, ont rendu possible la mise au point d'une classification spécifique des écosystèmes urbains détaillée à cinq niveaux, compatible avec la nomenclature Corine qui n'en comporte que 3. Ceci explique la participation de l'Union Européenne et du CNES à l'entreprise.

Le Ministère de l'Équipement s'est intéressé à l'expérience surtout pour l'aspect gestion de l'occupation du sol des grandes villes dans des SIG intégrant les données utilisées habituellement par les urbanistes. De leur côté, les agglomérations pilotes, déjà sensibilisées aux problèmes d'environnement, attendaient de cette étude l'obtention d'informations détaillées et actualisées sur l'occupation du sol avec introduction de préoccupations environnementales en rapprochant ces résultats d'autres renseignements localisés disponibles dans des SIG, en cours de fonctionnement ou en cours de constitution, afin de parvenir à une gestion automatisée au 1/25 000 de l'ensemble du territoire et des écosystèmes urbains de chaque agglomération. Le système mis en place doit en particulier servir à calculer des indicateurs d'environnement, de densité et de proximité, et contribuer à analyser les paysages, ainsi qu'à suivre l'exécution des plans et projets et à préparer aussi des scénarios d'aménagement.

1. OBJECTIFS

Les buts recherchés sont les suivants :

- établir une méthodologie robuste en examinant des agglomérations d'importance et de caractéristiques différentes, ainsi que de niveau d'équipement variable en SIG ;

- mettre au point un outil pour connaître l'état et les modifications des écosystèmes urbains au 1/25 000 afin de suivre les changements à un rythme triennal ou quinquennal des grandes unités urbaines en vue d'aider :

- à la prise de décision pour la gestion et l'élaboration des scénarios relatifs à l'occupation du sol et aux unités paysagères avec la prise en compte de préoccupations d'environnement pour améliorer le cadre de vie (POS, SDAU)¹ ;

1. POS : Plan d'Occupation des Sols.

SDAU : Schéma Directeur d'Aménagement Urbain.

- à la sensibilisation des responsables locaux au moyen d'images et de résultats cartographiques intégrés dans un SIG avec d'autres informations exogènes ;

- faire des recommandations pour entraîner les 50 autres grandes agglomérations françaises dépassant 100 000 habitants à utiliser la télédétection dans leur SIG, où les résultats numérisés issus des données-satellites pourront être fusionnés avec d'autres informations géocodées : recensement de la population et des logements par îlot (Dureau, 1989), équipements et services, réseaux linéaires, limites administratives, documents d'urbanisme, cadastre, établissements industriels classés, etc., pour déboucher sur un système d'indicateurs d'environnement d'accès, de proximité et de densité, qui apporteront des renseignements par îlot, quartier, commune, sur les grandes concentrations urbaines qui posent des problèmes d'environnement spécifiques.

Il est prévu aussi d'étendre l'opération dans le cadre de l'Union Européenne (Geoimage, 1993) aux autres pays membres, aux pays de l'Est et à ceux du bassin méditerranéen (IAURIF, 1989, 1990, 1991, 1992).

2. DESCRIPTION DE L'EXPÉRIMENTATION

Les dix agglomérations pilotes (Tableau 1) ont été choisies en fonction de la diversité des sites géographiques et en équipements SIG parmi les agglomérations ayant souscrit ou devant signer un plan ou une charte d'environnement et intéressées, en outre, par l'usage de la télédétection spatiale dans un SIG.

Dans le but d'établir une méthodologie solide en vue de présenter des recommandations pour étendre les travaux de télédétection à d'autres grandes unités urbaines et d'évaluer assez précisément les coûts, différents types de données satellites, associées ou non à un modèle numérique de terrain (MNT) selon le cas, ont été utilisées et soumises volontairement à des méthodes et ateliers de traitement différents². Les opérations les plus réussies sont celles qui se sont déroulées en collaboration très étroite avec les responsables des services techniques locaux. Un suivi de l'utilisation des résultats dans les SIG est par ailleurs assuré a posteriori.

Dès les premières agglomérations examinées, deux faits marquants ont ressorti :

- les données Landsat TM et/ou SPOT-XS seules sont insuffisantes pour fournir des résultats cartographiques sur le milieu urbanisé à l'échelle du 1/25 000 qui intéresse les services techniques des agglomérations pour gérer l'ensemble des territoires de leur

² Les ateliers étaient localisés en général à proximité des agglomérations.

Tableau 1 – Agglomérations retenues dans l'étude expérimentale par télédétection au 1/25 000 des écosystèmes urbains des grandes agglomérations de plus de 100 000 habitants

Agglomérations	Données utilisées	Particularités du site et de l'étude
Montbéliard	Landsat TM et SPOT - XS	Agglomération industrielle subissant d'importantes mutations. Conflit de zone d'influence avec l'agglomération voisine de Belfort. Étude d'évolution dans le temps et des phénomènes thermiques. Projets de développement.
Nancy	Landsat TM et SPOT - XS + P	Évaluation de l'apport des différents types de données. Développement des prétraitements d'amélioration et fusion d'images.
Le Havre	SPOT - XS et P	Agglomération portuaire en estuaire comportant des zones humides. Traitements sur petit équipement Multiscopie d'un CETE ; utilisation de la classification supervisée en 2 temps. Étude d'évolution dans le temps.
Limoges	SPOT - XS + P et MNT	Agglomération étendue ayant un dénivelé notable et recouvrant des milieux naturels importants.-
Nantes	SPOT - XS et P	Utilisation des résultats par la préparation du SDAU. Agglomération étendue en estuaire venant de se constituer et comprenant des milieux naturels importants (zones humides notamment). Traitements mixtes, partie en classification dirigée, partie en PIAO selon les zones.
Mulhouse	SPOT - XS + P et MNT, Landsat TM	Agglomération non constituée dans un cadre juridique. Zone frontalière. Agglomération disposant d'un SIG très perfectionné.
Dunkerque	SPOT - XS + P	Port de mer très important. Agglomération étendue située en zone frontalière et incluant des milieux naturels variés (zones humides et dunes notamment). Agglomération ayant un SIG perfectionné.
Saint-Étienne	SPOT - XS + P et MNT, Landsat TM	Agglomération non constituée dans un cadre juridique. Contact de zone d'influence avec l'agglomération voisine de Lyon. Étude des aspects paysagers en 3D sur cette agglomération située en milieu accidenté à végétation préservée.
Bordeaux	SPOT - XS et P	Agglomération portuaire en estuaire très étendue. Essais de nomenclature EUROSTAT (UE) et étude des limites d'urbanisation par analyse morphologique. Fichier cadastral numérisé.
Nîmes	SPOT - XS + P	Agglomération de caractère méditerranéen à proximité de la mer. (En préparation).

ressort ; les données fusionnées SPOT-XS + P sont celles qui apportent le meilleur tronc d'informations de base pour l'étude des écosystèmes urbains au 1/25.000, le complément Landsat TM permet d'améliorer la connaissance thématique de l'occupation du sol de certaines zones (voir chapitre 3 ci-après) ;

– les classifications dirigées (ou supervisées) ne peuvent donner seules une classification de l'occupation du sol très détaillée sur le milieu urbain avec une fiabilité suffisante et sans rubrique indéterminée, difficilement gérable dans un SIG (cf. étude sur Le Havre). Le raccord des classifications dirigées avec la nomenclature européenne Corine-Land cover est quasi impossible du fait que la méthode utilisée pour parvenir à cette dernière, repose sur une conception différente d'analyse d'image : celle de photo-interprétation d'image assistée par ordinateur (PIAO). L'interprétation d'image améliorée assistée par ordinateur avec l'appui d'informations exogènes paraît être la méthode la plus adéquate pour réaliser correctement une classification par zones de 1 ha ou plus très fiable comprenant 50 à 55 rubriques.

3. EXEMPLE DES TRAVAUX EFFECTUÉS SUR LE DISTRICT DE NANCY (UNISFERE, 1992 ET LENCO, 1993 A ET B)

L'opération a été exécutée à partir de deux scènes SPOT-XS et P enregistrées simultanément le 19 Juillet 1990 avec des angles de visée importants de l'ordre de 16° et avec une résolution au sol de 20 et 10 m respectivement, et d'un quart de scène Landsat TM du 15 Juillet 1990 ayant une limite de résolution au sol de 30 m. et fournissant des informations supplémentaires, notamment dans les bandes spectrales TM1 (bleu) et TM5 (infrarouge moyen).

3.1. Corrections géométriques

Les images ont été acquises au niveau brut de façon à conserver une qualité radiométrique optimale pour réaliser le plus de traitements possibles simultanément. Le système de référence utilisé a été la projection conique Lambert II retenue par la banque de données urbaines nancéienne. Les variations d'altitude de l'agglomération, relativement plate bien que recouvrant 19 communes, passent de 200 m au niveau de la Meurthe à 340 m au coteau de Haye et restent faibles. Pour cette raison, il a été décidé de ne pas utiliser de MNT ni de procéder à une orthorectification des images SPOT. Un modèle orbitographique affiné par points de contrôle a été employé pour les images SPOT. La correction géométrique a donc été réalisée avec une modification du niveau de référence afin de

minimiser l'erreur de parallaxe des angles de prise de vues. Le niveau de la Meurthe à Nancy a été choisi comme référence afin de garantir la qualité des fusions entre images et entre images et données géocodées à surimposer sur l'unité urbaine (limites communales, réseaux, etc.). L'image TM a été corrigée par modèle de régression sur les images SPOT restaurées en vue de rechercher une meilleure qualité de fusion.

Les données sur le district ont été rééchantillonnées par restauration pour chaque scène, avec une taille de pixels en sortie fixée à 7,5 x 7,5 m. Cette technique permet de diminuer la taille des pixels en minimisant l'effet de zoom dû au suréchantillonnage. L'image obtenue gagne nettement en qualité par rapport aux résultats de convolutions (contours, objets linéaires, texture).

3.2. Traitements radiométriques : amélioration d'image

Ils ont consisté dans un premier temps à améliorer la précision des images par mélange des données les plus précises spatialement (SPOT-P) et des données les plus riches thématiquement (SPOT-XS ou Landsat TM). La technique utilisée pour fusionner les données panchromatiques avec les données multispectrales consiste en un transfert de données entre les deux référentiels de représentation des couleurs disponibles dans la station de traitement d'image :

- le référentiel de synthèse, RVB (rouge, vert et bleu),
- le référentiel numérique en intensité – teinte – saturation (IHS en anglo-américain) qui code les couleurs au niveau de l'ordinateur.

Le panchromatique est le canal le mieux corrélé avec l'intensité (gamme de gris), c'est pourquoi les valeurs panchromatiques sont recalées par rapport à l'histogramme de répartition des valeurs de l'intensité. Le référentiel « intensité, teinte, saturation » devient alors « panchromatique, teinte, saturation », où la teinte et la saturation décrivent les valeurs radiométriques des canaux XS1, XS2, et XS3. Les 4 canaux XS3, XS2, XS1 et P se trouvent ainsi réunis dans un référentiel à trois dimensions seulement.

En repassant au référentiel RVB on récupère l'information colorée visualisable sous forme de trois néocanaux PXS3, PXS2, PXS1, dont une partie de l'information multispectrale a été éliminée par la substitution du panchromatique à l'intensité. Les néocanaux produits sont considérablement améliorés : le flou dû au suréchantillonnage des données disparaît. Le même raisonnement vaut pour les bandes spectrales de Landsat TM et il devient légitime d'utiliser les données XS ou TM à 10 x 10 ou 7,5 x 7,5 m. Trois transformations itératives ont été réalisées sur les ensembles XS3, XS2, XS1 – TM3, TM2, TM1 – TM4, TM5, TM3.

Ces travaux ont permis d'une part d'affiner la résolution radio-

métrique et géométrique des images multispectrales et, d'autre part, d'évaluer l'apport respectif de SPOT XS + P et Landsat TM pour l'étude des écosystèmes urbains.

Une amélioration des contrastes globale sur l'ensemble du district, et une accentuation des contours ont été effectuées également. Des traitements particuliers ont été utilisés lors de l'interprétation visuelle assistée par ordinateur : renforcement des contrastes locaux, indice de végétation normalisé, analyse en composantes principales, seuillages, ratios de bandes spectrales, filtres¹. On notera à ce propos que l'apport d'informations dû à l'usage de filtres apparaît faible.

3.3. Restitution d'image

L'interprétation des données étant faite partiellement de façon visuelle, l'image numérique a été restituée au 1/25 000 sur papier. Le choix de la composition colorée optimale a été effectué après une série de tests sur écran. L'image XS3 - P-XS2, qui est la plus fine sur le plan géométrique et spatial, a servi de base à l'interprétation et à la présentation des travaux ; elle est aussi la plus riche en informations sur le noyau urbain central. La composition XS3-TM5-P a été consultée systématiquement au moment de l'interprétation (sur écran ou sous forme de photographies d'écran) car elle est très intéressante pour l'étude des zones naturelles ou complexes. La composition habituelle XS3-XS2-XS1 a également été examinée.

3.4. Interprétation visuelle assistée par ordinateur

La nomenclature établie sur les écosystèmes urbains tient compte des possibilités offertes par l'imagerie satellitaire et des besoins des représentants du district. Un ensemble de 50 catégories a été retenu. Cette nomenclature est raccordée à la classification générale européenne d'usage du sol Corine-Land Cover à trois niveaux et quarante quatre classes qui a l'avantage de présenter des niveaux thématiques hiérarchisés partant d'une conception globale et permettant, par affinements successifs, l'étude de thèmes particuliers et détaillés à des niveaux 4 et 5 (sur les zones urbanisées notamment, dans le cas de Nancy). Cette cohérence permet des comparaisons dans le temps et dans l'espace.

La complexité de la nomenclature, faisant appel à des critères d'aspect et de fonction, interdit pratiquement l'emploi unique et

1. Les traitements numériques apportent un complément thématique essentiel sur certains points, les types d'habitat pavillonnaire par exemple.

généralisé de méthodes purement automatiques. La méthode d'interprétation visuelle d'image assistée par ordinateur semble s'imposer :

– avec les cartes et documents divers disponibles localement venant en appui ;

– avec l'examen d'un échantillon de photos aériennes verticales extrait de la dernière couverture disponible (prise deux ans avant l'enregistrement des images dans le cas de Nancy) pour : appuyer l'interprétation, lever les cas douteux, et contrôler *a posteriori* par sondage l'exactitude des résultats obtenus.

Le zonage des écosystèmes urbains, avec un seuil minimum de 1 ha compte tenu de l'échelle de travail, repose sur des raisonnements multicritères de couleur, texture, structure, forme ; il a été effectué à 95 % sur la base des données satellites (XS + P essentiellement) et à 5% avec l'appoint de photos aériennes. Les affectations thématiques des zones élémentaires ont été faites à 80% à partir des images satellites (dont 15 % grâce à l'apport de l'image Landsat TM), à 15 % avec l'appui de photos aériennes et à 5% avec l'aide de la documentation générale exogène ou de passages sur le terrain. Il est bien clair que certains espaces urbains spécialisés comme les lieux scolaires, les parcs et châteaux, les campings boisés, les petites emprises industrielles et commerciales imbriquées dans les zones d'habitat, ne peuvent être repérés qu'avec l'appoint de sources exogènes. Seuls les axes majeurs des réseaux ont été pris en compte, car au 1/25 000 la représentation des réseaux (connus par ailleurs) ne peut être que symbolique, leur largeur ne représentant pas le plus souvent un nombre entier de pixels et l'erreur de superficie cartographiée pouvant être importante. La cartographie obtenue a été contrôlée par sondage (grille de points et transects placés sur l'interprétation cartographiée) sur photos aériennes et/ou sur le terrain et s'avère fiable à 97%.

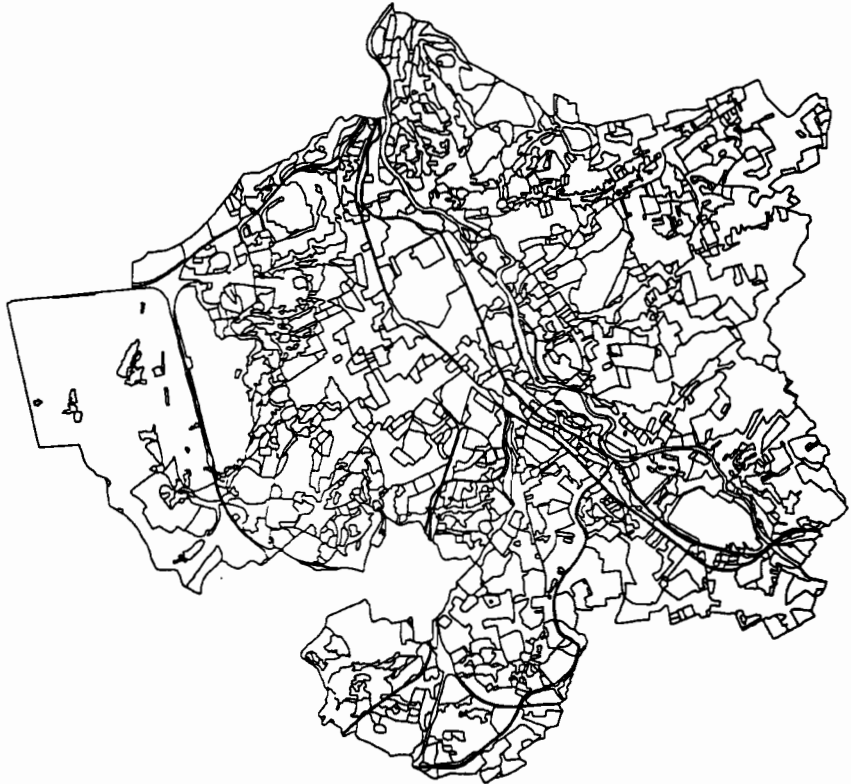
Les résultats ont ensuite été numérisés (Carte 1) ainsi que les limites des communes de l'agglomération afin :

– de disposer d'une statistique des superficies par catégorie d'écosystème par commune et pour l'agglomération (Tableau 2) ;

– d'avoir une représentation numérique thématique superposable aux images et intégrable dans le SIG nancéien par la suite.

Carte 1 – District de l'agglomération nancéienne :
découpage thématique, usage du sol

District de l'Agglomération Nancéienne



Découpage thématique - usage du sol
échelle : 1/100.000

Tableau 2 – Surface des écosystèmes urbains du District de l'agglomération

	Surface (ha)
1. TERRITOIRES ARTIFICIALISÉS	
1.1. Zones urbanisées	3 671,58
1.1.1. Tissu urbain continu	
1.1.1.1. Tissu type centre ville	
1.1.1.1.1. Noyau très dense	182,64
1.1.1.1.2. Faubourg dense	266,58
1.1.1.2. Type centre bourg	106,58
1.1.2. Tissu urbain discontinu	
1.1.2.1. Bâti à recouvrement moyennement dense	
1.1.2.1.1. Habitat linéaire bas avec jardins en îlots	353,98
1.1.2.1.2. Habitat linéaire bas en rues	195,13
1.1.2.1.3. Habitat mixte diffus en îlots	294,32
1.1.2.2. Habitat pavillonnaire	
1.1.2.2.1. Forte densité de construit	246,64
1.1.2.2.2. Moyenne densité de construit	595,93
1.1.2.2.3. Faible densité de construit	340,28
1.1.2.3. Habitat collectif	
1.1.2.3.1. Grandes barres et tours (collectif haut)	193,34
1.1.2.3.2. Petits bâtiments	234,41
1.1.3. Espaces urbains spécialisés (hors 1.1.1.)	
1.1.3.1. Cimetières	63,44
1.1.3.2. Emprises militaires (casernes)	95,78
1.1.3.3. Emprises scolaires et universitaires	292,70
1.1.3.4. Emprises hospitalières	71,74
1.1.3.5. Autres (services publics ...)	109,06
1.1.3.6. Hippodrome	29,07
1.2. Emprises industrielles, commerciales, activités de services et de réseau de communication	1 094,27
1.2.1. Emprises industrielles, services et commerciales	
1.2.1.1. Emprises industrielles (dont entrepôts et stockage)	500,65
1.2.1.2. Zones commerciales (sens large)	157,77
1.2.1.3. Parcs technologiques, aires d'activités de service	38,91
1.2.1.4. Zones de mutation	25,54
1.2.2. Réseaux de communication	
1.2.2.1. Réseau routier principal et espaces associés	124,98
1.2.2.2. Réseau ferré et espaces associés	86,21
1.2.4. Aéroport - Aérodrome	
1.2.4.1. Aéroport	93,78
1.2.4.2. Aérodrome	66,43

de Nancy obtenue par télédétection spatiale au 1/25.000 (1990)

	Surface (ha)
1.3. Mines, décharges et chantiers	379,29
1.3.1. Extraction de matériaux	
1.3.1.1. Extraction active et espaces associés	
1.3.1.1.1. Gravières et sablières actives	39,35
1.3.1.1.2. Carrières actives	7,68
1.3.1.2. Zones d'extraction en mutation	27,54
1.3.3. Chantiers	107,37
1.3.4. Emprises de traitement de l'eau	
1.3.4.1. Stations d'épuration	12,20
1.3.4.2. Décanteurs	138,70
1.3.5. Dépôts, remblais et décharges	46,45
1.4. Espaces verts artificialisés non agricoles	507,70
1.4.1. Espaces vert urbains	226,05
1.4.2. Equipements sportifs et de loisirs	218,22
1.4.3. Châteaux et espaces associés	58,84
1.4.4. Campings	4,59
1.5. Espaces non affectés en milieu bâti (friches)	13,72
2. TERRITOIRES AGRICOLES	
2.1. Terres arables	1 744,87
2.1.1. Terres arables hors périmètre d'irrigation	1 744,87
2.2. Cultures permanentes	725,73
2.2.2. Vergers et petits fruits, maraîchages	725,73
2.3. Prairies 1 993,32	
2.3.1. Prairies	1 993,32
3. FORETS ET MILIEUX SEMI-NATURELS	
3.1. Forêts	2 864,44
3.1.1. Forêts de feuillus	2 661,75
3.1.2. Forêts de conifères	198,33
3.1.3. Forêts mélangées	36,36
3.2. Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée	576,27
3.2.1. Pelouse et pâturages	122,41
3.2.2. Landes et broussailles	277,48
3.2.4. Forêts et végétation arbustive en mutation	176,38
5. SURFACES EN EAU	
5.1. Eaux continentales	241,73
5.1.1. Cours et voies d'eau	
5.1.1.1. Cours d'eau	138,30
5.1.1.2. Voies d'eau (canaux)	73,00
5.1.2. Plans d'eau	30,43
TOTAL	13 844,92

Il existe des écarts résiduels avec les superficies des communes de l'agglomération connues par ailleurs. Ces écarts, atteignant 0,5 % sur l'ensemble de l'agglomération, proviennent de deux causes principales : l'erreur de parallaxe résiduelle et l'imprécision de tracé des contours communaux dans les travaux télédétection. Pour la 1ère cause on constate que les écarts des communes situées au centre du district sont tout à fait négligeables, tandis que ceux des communes périphériques sont un peu plus importants, surtout si l'altitude s'éloigne du niveau de référence utilisé pour le modèle de correction orbitographique. La seconde cause s'explique par la représentation vectorielle des contours communaux qui laisse toujours une petite marge d'erreur pouvant atteindre un total non négligeable en cas de contours très indentés. Parmi les autres causes possibles d'erreur, on peut évoquer les erreurs résiduelles des corrections géométriques ainsi que le tracé un peu schématique des limites communales sur la carte IGN au 1/25 000.

3.5. Confrontation avec les résultats obtenus sur les autres villes, prolongements

Les travaux réalisés sur les autres agglomérations, notamment sur Montbéliard, Limoges, et Mulhouse, montrent la pertinence de la nomenclature des écosystèmes établie sur Nancy. Les modifications existant entre les agglomérations, en dehors de celles dues aux particularités des milieux et des sites rencontrés, sont minimales et donnent à penser qu'une nomenclature générale de synthèse pourra être proposée après avoir terminé l'étude des dix agglomérations pilotes et recueillera un large consensus. La fiabilité des résultats obtenus se trouve également confirmée aux niveaux évoqués. La mise à jour des résultats numérisés s'avère assez aisée et peut être exécutée à des coûts sensiblement inférieurs à ceux de l'opération initiale qui sont de l'ordre de 180 000 FTTC (sans usage de MNT) pour un délai de réalisation de 3 mois environ¹.

Nancy, comme certaines autres agglomérations, envisage de procéder à partir des données satellites à une analyse morphologique pour repérer les limites des zones urbanisées en continu (délimitation de l'agglomération urbaine proprement dite). Nancy a aussi utilisé le canal infrarouge thermique TM6 de Landsat TM pour localiser les zones d'activités (trafic automobile, lieux de consommation d'énergie) afin de mieux déterminer les écosystèmes des zones obtenues par segmentation et pour repérer les microclimats urbains,

1. Le total comprend l'achat des 3 images brutes, les prétraitements et traitements, la restitution d'image, l'interprétation assistée par ordinateur et sa digitalisation mise sur disquette, le contrôle et la validation, la rédaction du rapport d'étude illustré par des diapositives.

notamment par rapport à l'influence modératrice des surfaces en eau et espaces végétalisés en milieu urbanisé sur l'air ambiant.

Les résultats numériques obtenus sur les écosystèmes urbains de Nancy ont été utilisés par le district dans son SIG pour être croisés de manière satisfaisante avec la base régionale comprenant 800 variables par commune, notamment avec le recensement de la population et des logements par îlot, avec les équipements existants, avec les réseaux (y compris voirie et trafic associé); avec le fichier SIRENE des établissements industriels et commerciaux, avec les fichiers de l'Agence Régionale de l'Eau, avec les fichiers des ZNIEFF (zones naturelles d'intérêt écologique, floristique et faunistique), avec le cadastre (travail en préparation), etc.

4. CONCLUSION

La télédétection spatiale s'avère être l'une des rares sources d'information opérationnelle permettant d'appréhender et d'analyser en 50 à 55 classes avec une bonne fiabilité un espace étendu d'un seul bloc et de façon homogène pour une prise en compte globale au 1/25 000 des écosystèmes des grandes agglomérations. Le fait que quelques thèmes soient reconnus grâce à l'apport d'informations exogènes ne retire rien à cet avantage.

La dimension des agglomérations de 100 000 habitants et plus fait que la télédétection spatiale apparaît intéressante à l'échelle du 1/25 000 et est directement utilisable par les aménageurs et environnementalistes pour gérer des ensembles urbains de cette taille, figurant sur une seule scène le plus souvent, en attendant SPOT-5 qui permettra d'atteindre le 1/10 000 après l'an 2000. D'autre part, il est rentable, à ce niveau d'importance en superficie et en population, d'acquérir et d'utiliser à plein temps un SIG où la télédétection fournit l'information sur l'occupation du sol, qui peut être actualisée régulièrement, et dont les résultats peuvent être fusionnés avec d'autres informations exogènes géocodées pour prendre en compte l'environnement urbain et suivre une série d'indicateurs d'environnement par îlot, quartier et commune.

L'approche d'interprétation visuelle assistée par ordinateur d'images SPOT-XS + P semble devoir être retenue comme démarche principale. Cependant les traitements numériques permettent un premier dégrossissage et apportent un complément thématique sur certains points. Le travail en concertation fréquente avec les utilisateurs locaux s'avère indispensable.

La base d'imagerie et la cartographie établie lors d'une première investigation constituent un investissement pour l'étude ultérieure des évolutions sur SIG réalisée à un coût nettement plus faible à partir d'images semblables.

VI

ÉTUDE DIACHRONIQUE D'UNE RÉGION PÉRIURBAINE À PARTIR DE DONNEES SATELLITAIRES : LE CAS DE LA PLAINE D'ELEUSIS

Christiane WEBER et Chrissanthy PETROPOULOU

L'évolution des zones périurbaines, notamment industrielles constitue à l'heure actuelle un sujet d'étude des plus intéressants pour les Métropoles contemporaines. De plus, selon le système de production des pays concernés, cette évolution est associée à des processus de constitution de nouvelles zones d'habitat, plus ou moins défavorisées établies sans règles d'urbanisation et peuplées d'habitants à faibles revenus.

L'extension des grandes métropoles au-delà des limites de leur propre territoire, pose des problèmes tant socio-économiques qu'écologiques. Ce mouvement centrifuge dont bénéficient ou pâtissent les communes environnantes, a manifestement des conséquences sur leur organisation économique, sociale et spatiale.

Dans le cas où la ville qui se développe sur les assises territoriales alentours et est aussi la capitale d'un pays, on assiste bien souvent à un métropolisation accrue. Processus par lequel la ville englobe petit à petit les bans communaux annexes et leurs activités, y déverse ses trop-pleins de population et d'activités, crée des sous ensembles urbains plus ou moins bien structurés, plus ou moins interdépendants, et phagocyte lentement son environnement.

Ce processus peut prendre des proportions gigantesques, faisant perdre au système urbain toute unité voire tout équilibre de développement. Des poches résiduelles d'activités ou d'habitat

croissent selon des logiques différentes, en accord ou en contradiction avec les choix, locaux ou émanants d'autres niveaux de décision. Ceci entraîne, dans certains cas, une juxtaposition de fonctions qui peuvent sembler incompatibles ou tout au moins préjudiciables pour l'une ou l'autre. Un des meilleurs exemples est illustré par l'imbrication d'activités industrielle de production hautement polluante à proximité des lieux d'habitat, comme c'est le cas en Grèce aux abords d'Athènes.

L'industrialisation tardive de la Grèce, a entraîné la concomitance de plusieurs schémas de développement en Attique : le développement industriel proche des débouchés portuaires et des sphères du pouvoir et la métropolisation de la capitale depuis les années 1950. Ce double schéma a induit des modifications importantes :

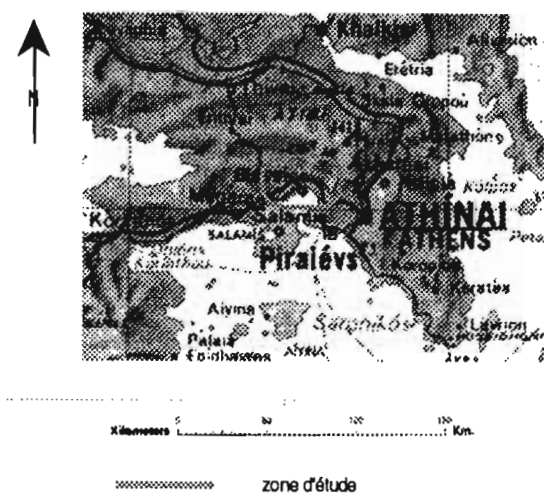
- du contexte social et économique : fluctuations du niveau de vie et des répartitions d'activités dans les régions industrielles, notamment d'industrie lourde ;

- de l'environnement et des écosystèmes en présence : dégradations des paysages et du fonctionnements des systèmes de production, et conséquences sur la qualité de vie et des écosystèmes urbains.

La compréhension de tels processus doit faciliter la prévision et la maîtrise de ces situations. Les enjeux tant sociaux qu'écologiques dans un tel contexte impliquent une attention soutenue dans le cadre du développement de telles zones périurbaines. La plaine d'Eleusis (Thriassio) et son évolution constitue un cas d'étude particulièrement intéressant dans le cadre des villes méditerranéennes ayant eu un développement différent de celles des pays d'industrialisation ancienne, bien que les tendances économiques (prépondérance du tertiaire) et démographiques (accroissement modéré de la population en Attique) soient semblables.

1. ELEUSIS ET LA PLAINE DU THRIASSIO

Située à l'Ouest d'Athènes (Figure 1), la plaine de Thriassio constitue une partie de la zone périurbaine d'Athènes. Si elle est connue par son histoire ancienne, elle l'est aussi, malheureusement, par ces records d'industrialisation et de pollution industrielle (Sfyroeras B., 1985). Pôle essentiel du développement de l'industrie lourde hellène après la deuxième guerre mondiale, Eleusis ne s'est jamais développée indépendamment d'Athènes. Son histoire et son paysage sont marqués par les décisions politiques des gouvernements successifs et celles des entreprises multinationales installées sur son territoire. A proximité d'Athènes, Thriassio se développe avec et pour Athènes. Elle se caractérise aussi par une forte



Extrait de la carte d'ATTIKI (ATTIQUE)
 source : Atlas International
 RAND Mc NALLY & COMPANY, Chicago 1980

concentration ouvrière (environ 80% de la population active de Thriassio) renforcée par la présence d'un grand nombre de salariés résidant à Athènes et au Pirée (60% des salariés des établissements industriels de Thriassio en 1981).

Les conséquences spatiales de cette industrialisation sont multiples : constructions de quartiers spontanés à proximité des industries et édification d'industries sans référence aux décisions récentes de protection de l'environnement et de la qualité de vie. Cette juxtaposition n'est pas sans provoquer de graves problèmes de santé publique. Devant ces problèmes et ayant à faire face à des mouvements locaux de contestation, le gouvernement hellène, renouvelé en 1981, met en place en 1984 les premières réglementations sur les « zones industrielles » et inclue la région thriassienne dans le « Schéma Directeur d'Athènes » défini en 1985, ceci en conformité avec les orientations préconisées par les instances européennes.

Les plans d'aménagement de la région thriassienne prévoyaient à cette date, une stabilisation de la population pour la décennie suivante (1980/90), facilitant une organisation plus harmonieuse du territoire. Ces prévisions sont contestées par les chiffres actuels de l'évolution démographique et industrielle qui dénotent une progression constante de la population et du nombre des entreprises.

La population de Thriassio s'accroît :

Malgré les prévisions optimistes, le recensement de 1991, montre qu'Athènes continue à déverser une partie de sa population

sur les régions environnantes. Dans l'intervalle intercensitaire 1971-1991, la diminution de la population à l'intérieur de la région d'Athènes se conjugue avec l'accroissement continu de celles des villes périphériques. La saturation d'Athènes induit un accroissement de la population de ses zones périurbaines. Située en zone périurbaine, la région thriassienne n'échappe pas au mouvement et s'accroît à des rythmes équivalents à ceux de sa période la plus active de développement (1951-1971). Malgré une stabilisation apparente à l'échelle de l'Attique, une telle observation indique des changements importants à l'échelle infra-régionale aux alentours de la capitale grecque.

Le nombre des établissements industriels installés dans le territoire de Thriassio s'accroît lui aussi :

L'analyse des recensements industriels, sur une période de vingt ans, montre que depuis les années 1984-1989 l'augmentation du nombre des établissements industriels s'accompagne d'une diminution du nombre des salariés, contrairement aux décennies précédentes (1969-1979) durant lesquelles l'accroissement du nombre des établissements industriels allait de pair avec celui du nombre des salariés.

Cette croissance industrielle aux alentours d'Athènes (Agelidi K., 1989, Komninos N. 1989), depuis les années 1970 est contredite par les tendances actuelles de fermeture d'établissements. Ceci tend à démontrer une restructuration profonde du tissu industriel en Grèce qui se caractérise par des réorientations de production pour plusieurs industries et par la fermeture de celles orientées dans une production plus traditionnelle (Christopoulos C., 1991). Un trait marquant de cette réorganisation réside dans l'augmentation des petites entreprises la diminution des grandes dans la plaine de Thriassio.

L'évolution de la plaine du Thriassio durant ces dernières années s'articule sur des mutations urbaines prégnantes au niveau du paysage, tant pour le bâti résidentiel que pour les installations industrielles. L'extension d'Athènes engendre des changements qu'il serait intéressant de pouvoir analyser, afin d'en inférer les conséquences potentielles au niveau social, économique et environnemental. La mesure des impacts écologiques et socio-économiques nécessite une étude diachronique sur l'ensemble du territoire concerné qui puisse tenir compte des différents facteurs (historiques, sociologiques, écologiques, géographiques, ...). Cependant un premier point peut être acquis au travers de l'analyse des mutations paysagères des modes d'occupation du sol. L'analyse de l'évolution des schémas spatiaux des quatre communes thriassiennes devrait permettre la compréhension de l'organisation spatiale de ces communes entre elles et vis à vis d'Athènes. Elle

devrait faciliter l'interprétation des logiques de développement mis en œuvre et des dysfonctionnements aux différents échelons de décision, du local au national.

Un des inconvénients majeurs dans le cadre d'une telle étude, réside dans la difficulté éprouvée à rassembler des informations fiables sur l'espace étudié et ce pour une période relativement longue. Le choix de telles informations est régi par un modèle d'optimisation sous contrainte qui restreint le champ des possibles en posant des conditions plus ou moins restrictives à l'emploi d'informations provenant de sources différentes : accessibilité et acquisition, date de la dernière mise à jour, couverture spatiale, complétude des informations (cache sur zones stratégiques), précision géométrique, qualité sémantique, pérennité de l'information et sa répétitivité.

L'absence de données de cartographie thématique et la non mise à jour de documents topographiques sur la région d'étude, ainsi que les difficultés posées par la comparaison de documents à différentes échelles, a conduit à utiliser des données satellitaires, données permettant de remplir plusieurs conditions parmi celles citées : l'étendue spatiale, la répétitivité, la complétude et la qualité associée au type de système et de capteur choisi.

2. L'APPORT DE LA TÉLÉDÉTECTION AUX ÉTUDES URBAINES DIACHRONIQUES

Les images satellitaires permettent d'accéder à une vision particulière de la surface terrestre. Cette vision macroscopique, semble être adaptée à la détection de grandes étendues, par exemple l'étendue des métropoles contemporaines, elle est complémentaire des informations obtenues à partir de photographies aériennes.

La répétitivité permet de comparer différents stades d'évolution d'une région au cours du temps, et d'élaborer des analyses diachroniques à l'aide de traitements numériques.

La richesse spectrale (visible, proche infra rouge, rouge etc.) par rapport aux capacités oculaires de l'œil humain (visible) permet l'identification et l'interprétation de paysages parfois complexes (par exemple les villes) et en facilite la cartographie. La prise en compte d'objets spatiaux différents (la végétation, le bâti, les eaux vives, ...) permet de définir des schémas de co-évolution et d'isoler éventuellement des phénomènes particuliers. L'intérêt d'une telle information réside dans l'acquisition des connaissances biophysiques qu'elle procure, et dans la possibilité offerte d'y associer par le biais de nomenclatures des renseignements fonctionnels.

A cet effet, des données exogènes (limites administratives, données de toponymie, données statistiques, ...) sont requises et intégrées graphiquement ou numériquement.

Une perception synthétique de l'évolution des espaces urbains est possible à l'aide de données de télédétection. Cet outil a cependant des limites d'utilisation qu'il faut pouvoir maîtriser :

- la résolution spatiale des capteurs et les conditions climatiques lors des prises de vue,
- la composition du signal par rapport aux objets surtout en milieu hétérogène (notion de mixel),
- l'inconstance du signal par rapport aux objets et réciproquement.

Il est clair que le travail de vérification sur le terrain pour réaliser ce genre d'étude est nécessaire et ceci de manière itérative, si possible, afin de conserver un lien avec la réalité étudiée tout au long du cheminement méthodologique.

2.1. Données et méthodologie

Les données utilisées pour effectuer cette étude, sont :

- deux images MSS (8-5-1984 et 30-5-1989) des satellites Landsat 4 et 5 : le choix des données MSS, est en partie dû au coût, inférieur à ceux des autres images SPOT(HRV) ou Landsat (TM). La possibilité de généraliser les résultats obtenus à étendue plus vaste que celle de la région d'Athènes, a renforcé ce choix, malgré la faiblesse de la résolution spatiale par rapport au sujet d'étude ;

- des données cartographiques : cartes topographiques au 50 000^e et au 100 000^e mises à jour en 1976 ; carte géologique au 50.000^eème produite en 1980 ; plan du Schéma Directeur d'Athènes au 125 000^e publié à Athènes en 1985 ; plans urbains d'Eleusis, Aspropyrgos au 5.000^eème mis à jour en 1991 ; plan d'aménagement des activités industrielles dans le département d'Attique, au 100 000^e édité en 1990. Ce dernier plan a été mis en place à partir du décret 84/84 qui définit les activités et les zones industrielles en Grèce ;

- des photographies aériennes : 1945 et 1960 au 42 000^e environ, 1979 au 15 000^e et au 30 000^e pour 1987 ;

- des données statistiques d'origines institutionnelles diverses et

- des photographies de terrain de la région.

Le cheminement méthodologique a été en partie induit par l'éloignement de la région d'étude et les différences de conditions de prise de vue, constatées pendant les traitements et vérifiées par la suite grâce à des données climatologiques.

Certaines méthodes de détection des changements urbains n'ont pu donner lieu à des résultats satisfaisants : analyse de différence radiométrique entre les indices de brillance de deux images

multispectrales ou entre les premiers facteurs d'une analyse en composantes principales (ACP) ; comparaison des compositions colorées de deux images traitées séparément à l'aide d'une ACP ; classification discriminante appliquée sur l'ensemble de deux images. En effet ces méthodes sont fortement tributaires des conditions de similarités environnementales et climatologiques nécessaires à l'extraction de changements d'état d'occupation du sol. Dans le cas contraire, les résultats incluent des changements qui ne permettent pas de dissocier de réelles mutations d'état d'artefacts, voire des changements d'état entre eux.

2.2. Cheminement méthodologique

2.2.1. L'extraction des zones de changements d'état

Les facteurs de changements de brillance et de végétation d'une analyse en composantes principales regroupant tous les canaux, a permis le repérage des zones d'augmentation de brillance, correspondant éventuellement à des zones de changements urbains (Figure 2). Afin de minimiser les risques d'une mauvaise interprétation des résultats liée aux artefacts inhérents aux différences de conditions de prise de vue, une correction d'image selon un « modèle de régression » a été menée (Figure 3). Ce contrôle a montré que les artefacts, n'ont pas influé sur la détection des changements.

La mise en évidence des zones de changements urbains et l'élimination des artefacts, ont été réalisées à l'aide d'une analyse par hyper-boîtes (Figure 4).

2.2.2. L'identification des zones

Les résultats représentés en sous forme binaire ont été confrontés à des documents exogènes (cartes topographiques et géologiques) et des relevés de contrôles de terrain. Ceux-ci ont confirmé les zones observées comme étant des zones de « changements urbains », mais ont aussi montré qu'elles incluent également des changements liés à de nouvelles constructions de bâti, et des zones caractérisées par des travaux d'infrastructures et des chantiers.

L'identification des différents types de changements urbains a été mise en évidence à l'aide d'une analyse discriminante pas à pas, appliquée sur « l'image masquée de changements urbains ». Les résultats (Figure 5) soulignent la difficulté intrinsèque liée à la discrimination et à l'identification de zones hétérogènes, là où la construction de nouveaux bâtiments se mêle aux chantiers urbains. Une résolution spatiale supérieure à celle du capteur MSS pourrait certainement améliorer cette discrimination.

$$\mathbf{X}(1989) = \mathbf{X}^T = \mathbf{a}_i + \mathbf{b}_i \mathbf{X}(1984)$$

Ce modèle est appliqué sur les échantillons d'entraînement pour chaque couple de canaux d'observation :

Les fonctions de régression \mathbf{a} et \mathbf{b} , étant définies, nous les appliquons sur l'ensemble des canaux de l'image de 1984 :

$$C_{i(89)}^{(\text{théorique})} = C_{i(84)}^{(\text{conditions 89})}$$

$$C_{i(84)}^{(\text{conditions 89})} = \mathbf{a}_i + \mathbf{b}_i C_{i(84)}$$

où C_i est le canal de chaque image ($i = 1, 2, 3, 4$).

Sources : Royal 1980 et Petropoulou 1993.

Figure 2 – Modèle de régression

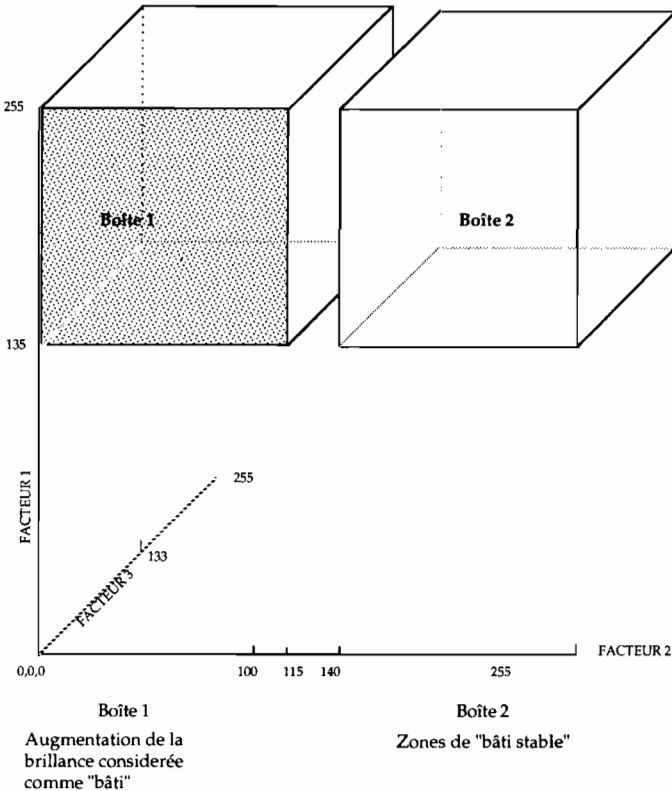


Figure 4 – Hyperboites

2.2.3. La localisation et la quantification des changements

Le repérage et la quantification des changements par rapport aux types d'occupation du sol ont été effectués à l'aide d'une superposition de l'image masquée de changements urbains sur une image des types d'occupation du sol de la région, obtenue par analyse discriminante et après correction géométrique selon une carte topographique au 1/100 000^e. Un contrôle de terrain sur des zones jugées représentatives, a servi à la validation des résultats.

La quantification des changements urbains et de zones de diminution de la végétation sur l'ensemble de la région selon les données de 1989, montre que les mutations urbaines correspondent à 21% des zones construites et aménagées de 1984. La végétation a, quant à elle, diminué de 33% sur l'ensemble de la végétation de 1984 (Figure 6).

	Mutation urbaines (ha)	Zones urbaines 1984 (ha)	% sur zones urbaines 1984
	(classes 1+2+3)	(classes 14+15+...+19)	(1+2+3/14+15+...+19)
Image corrigée 1/100 000	1 784	8 607	21%
	Diminution de la végétation (ha)	Végétation 1984 (ha)	% sur zones de végétation 1984
	(classes 10+11+12)	(classes 7+8+...+12)	(10+11+12/7+8+...+12)
Image corrigée 1/100 000	5 971	18 300	33%

Sources : Petropoulou 1993.

Figure 6 – Mutations urbaines et diminution de la végétation dans la plaine thiassienne

3. COMPARAISON ENTRE LES RÉSULTATS OBSERVÉS ET LES ORIENTATIONS DU SCHEMA DIRECTEUR D'ATHÈNES

Une superposition des plans indiquant les limites des zones industrielles, d'habitat et de loisirs issus du « schéma directeur » et des résultats, montre que les zones de nouvelles constructions et de travaux d'aménagement, apparues entre 1984 et 1989, sont en dehors des délimitations du schéma directeur et donc hors des dispositions du décret 84/84. Ces nouvelles constructions, hors schéma, couvrent environ 100 ha : 70 ha dans les zones industrielles, 20 ha dans les zones d'habitat et 10 ha dans les zones des

carrières de Kithéron. La superficie totale des travaux d'aménagement s'élève à 147 ha.

Une première vérification sur place révèle que :

- des chantiers en cours de construction pour de nouvelles entreprises dont l'identité n'est pas connue, sont situés en dehors de « zones industrielles » planifiées, dans la plaine Thriassienne et particulièrement au Nord et Nord-Est d'Athènes ;

- certaines habitations collectives et certaines industries nouvelles ont été construites en dehors des délimitations de zones d'habitat et d'industrie ;

- l'extension des carrières a dépassé les limites définies par le décret 84/84 ;

- en revanche les zones définies comme « zones de plaisance et de loisir » par le schéma directeur, restent inchangées malgré la présence d'industries. Certaines industries, installées à l'intérieur de ces zones, n'ont pas pris les dispositions demandées pour la protection de l'environnement et continuent à rejeter des déchets polluants. De petites entreprises potentiellement polluantes s'installent encore dans cette région, contrairement aux orientations du schéma directeur.

La construction hors des délimitations légales de nouvelles industries et d'habitations, montre que les logiques d'implantation industrielle notamment n'ont pas changé malgré le décret 84/84 et les orientations du Schéma Directeur. L'absence de législation contraignante envers les implantations industrielles à proximité des zones d'habitat entraîne des situations sensibles qu'il y a lieu d'étudier.

4. ANALYSES DES MUTATIONS URBAINES

Afin de mieux appréhender les résultats de cette étude des mutations urbaines à Thriassio, quatre types de mutation caractéristiques ont été plus spécifiquement détaillés. Leur analyse permet d'avoir une compréhension globale des processus d'évolution des écosystèmes de la plaine de Thriassio (anthropiques et naturels) et d'identifier les liens structuraux et spatiaux qui lient les communes du Thriassio à Athènes.

4.1. Diminution de la végétation aux alentours de la plaine thriassienne

Les changements dans la première zone d'étude, montrent, une diminution importante de la végétation et une transformation des quelques zones d'oliviers, de pins et d'arbustes de la forêt de Man-

dra, en carrières et en chantiers. De l'autre côté de la plaine thriassienne, au Nord Est de Aspropyrgos, la décharge d'Athènes a provoqué une diminution importante de la végétation environnante. La décision gouvernementale qui a permis la mise en place, dans cette zone, de nouvelles carrières et d'une nouvelle « décharge » entraînera de lourdes conséquences pour la vie des habitants.

4.2. Mutations essentiellement urbaines (habitat et industries)

Le deuxième type de mutation englobe de nouvelles zones d'habitat (de tous types) et des installations industrielles, construits aux limites des zones urbanisées. Le résultat de ces mutations crée un lien entre deux villes de Mandra et d'Eleusis, leur donnant l'aspect de deux villes contiguës (Abatjoglou, 1993).

La saturation des centres des communes thriassiennes, entre 1984 et 1989, a incité les nouveaux habitants à s'installer en périphérie. Les habitations, caractéristiques de ces zones, sont de type familial et « polycatikia »¹. Les habitations de ce type, nouveau pour la région Thriassienne, correspondent à la période 1984-1989. Leur apparition dans les vieux quartiers spontanés coïncide avec l'intégration de ceux-ci dans les plans urbains et dénote un processus actuel d'urbanisation (Philipidis, 1990). Contrairement aux processus de la période précédente, caractérisée par une dévalorisation des quartiers du centre des agglomérations, ainsi que par la construction de quartiers spontanés aux alentours de ces industries, il s'agit là d'un processus de reconquête de l'espace intra-urbain sous une forme particulière.

L'apparition de nouvelles industries, dans la même zone, peut être considérée comme le résultat de la saturation du golfe d'Eleusis et des orientations politiques qui ont été prises. Un déplacement vers le Nord des nouvelles installations industrielles est géographiquement évident et prédéfini par le schéma directeur. Cependant, on observe plusieurs nouvelles constructions industrielles hors des limites institutionnelles.

4.3. La « dépréciation des terres agricoles » (plaine d'Aspropyrgos) et l'augmentation de petits établissements industriels.

Parmi les résultats de l'étude, on note la transformation d'une importante superficie de terres de cultures céréalières soit en

1. Polycatikia » – habitat collectif reposant sur un échange immobilier entre le propriétaire et une agence immobilière. Celle-ci s'engage à lui céder un ou plusieurs appartement(s) dans le nouvel immeuble.

friches, soit en nouvelles zones de construction. Cette constatation sur l'évolution de la situation entre 1984 et 1989, peut également souligner l'évolution agricole de la plaine Thriassienne, qui fût d'abord zone de culture, puis laissée en friche et ensuite transformée en zone d'implantation de diverses entreprises d'industries et de commerce.

La majorité des zones de nouvelles constructions, éparpillées sur l'ensemble de la plaine thriassienne correspond à de petites entreprises, dont le nombre augmente (dépôts industriels, industries de produits métalliques, industries de bois, autres manufactures et entreprises commerciales). L'augmentation de ces petites entreprises, et leurs relations éventuelles avec les plus grandes industries, est semble-t-il une conséquence de la restructuration industrielle dans la région thriassienne. L'augmentation de la puissance des industries de dérivés du pétrole et des plastiques et de grandes industries polyvalentes installées autour de la zone côtière du golfe d'Eleusis, ainsi que la reconversion d'industries de production alimentaire ou d'habillement en entreprises commerciales, s'accompagnent de la fermeture de moyennes et grandes entreprises et par conséquent d'une diminution du nombre des salariés dans l'ensemble de la région thriassienne. Il faut souligner que, pour la première fois dans cette région, le nombre de salariés à Thriassio diminue entraînant bien entendu des problèmes sociaux importants. La privatisation des grandes entreprises a certainement accentué la situation depuis 1989.

4.4. L'attraction d'Athènes sur Thriassio (zone périurbaine d'Athènes)

L'analyse des processus de mutations de la plaine thriassienne et de croissance urbaine d'Athènes et du Pirée, indique une tendance au rapprochement spatial de ces systèmes urbains. Les montagnes qui séparent le bassin athénien et la plaine thriassienne (montagne Aigaleo) jouent encore le rôle de barrières. Toutefois l'urbanisation tend à les intégrer. La puissance d'Athènes plus que la ville de Mégara, qui est pourtant plus proche d'Eleusis, attire la région thriassienne.

Depuis le début de l'ère industrielle, le développement de la région thriassienne dépend de celui d'Athènes alors que leur relation spatiale se limite encore à la route nationale. L'effet aujourd'hui observé d'une croissance urbaine de part et d'autre de la montagne d'Egaleo, peut être considéré comme un indice du processus d'urbanisation des zones périurbaines d'Athènes sur les territoires des villes qui l'entourent.

Si la « région d'Athènes », saturée, a déjà inclu les communes

de Thriassio dans son aire d'influence, alors l'accroissement urbain de ces communes est dû à l'expansion de la région d'Athènes plus qu'à un mouvement propre, ce que tend à démontrer la pression foncière à l'intérieur de ces communes.

CONCLUSION

Le cheminement méthodologique présenté ci-dessus a permis, à travers la mise en évidence des mutations du sol, d'identifier l'évolution des schémas spatiaux des quatre communes de Thriassio. Cette étude montre la possibilité de localiser les zones de mutation à l'aide d'images satellitaires. La distinction entre les types de mutations peut être faite, malgré les difficultés posées par les différences de conditions environnementales et saisonnières.

Cependant, cette analyse précise bien, parmi les limites d'utilisation de l'imagerie satellitaire, liée à l'adéquation de la résolution spatiale du capteur choisi par rapport au sujet d'étude et aux objets étudiés. La détection des types de changements des espaces bâtis est directement liée à la résolution spatiale du capteur utilisé. Le petit nombre de changements pendant la courte période analysée (1984-1989) et la dispersion des mutations dans la plaine a mis en avant d'une part, le rythme des évolutions propre aux processus d'urbanisation et d'autre part les caractéristiques de celui-ci. Il est nécessaire de bien cerner le modèle d'optimisation sous contrainte lié aux images, ce qui selon la zone géographique n'est certes pas toujours facile. Au sein d'une problématique de suivi urbain, la détection des zones des changements urbains (même à l'aide de données MSS) présente un intérêt indéniable, notamment dans le cadre de détermination des zones périurbaines d'une grande capitale et malgré les limites de l'imagerie,

A l'aide d'une classification globale des types d'occupation du sol, il est possible de localiser les zones des changements observés dans leur milieu, de les quantifier par rapport aux zones urbaines et rurales stables et de les mettre en relation avec les zones de diminution de la végétation et plus particulièrement celles de déprises agricoles.

La confrontation des résultats obtenus avec les orientations du schéma directeur d'Athènes souligne les faits suivants :

- une extension des zones de bâti de Thriassio vers Athènes et réciproquement (notamment d'habitat collectif et des petites entreprises),
- un abandon important des zones agricoles cultivables,
- des cas de non-prise en compte des directives d'aménagement.

Les processus d'urbanisation et leurs impacts socio-écono-

miques et écologiques mis en évidence dans la cas de la plaine d'Eleusis, ne peuvent pas être comparés directement à ceux que connaissent certaines métropoles des pays en développement. Cependant à l'échelle de la Grèce ils constituent un phénomène important qui mérite d'être suivi. L'augmentation de la pollution industrielle (SELER, 1992) fait croire à une continuité de la dégradation de l'environnement, lié à un accroissement des difficultés économiques et sociales de la région thriassienne. Est-ce une tendance d'avenir ? Peut-on parler d'un processus de constitution de zones défavorisées équivalentes à ce qui se passe dans d'autres grandes villes du monde aux caractéristiques similaires ?

***L'INFORMATION
ÉCONOMIQUE ET SOCIALE***

VII

IMAGES SATELLITE ET DÉMOGRAPHIE : PRÉSENTATION D'UNE NOUVELLE MÉTHODE DE PRODUCTION D'INFORMATION SUR LES POPULATIONS CITADINES

Françoise DUREAU

Dans les pays en développement, modalités de l'urbanisation et déficiences de l'information cartographique de base se conjuguent pour rendre les populations citadines particulièrement difficiles à observer. Dans ce contexte, les techniques traditionnelles de la collecte démographique, recensements exhaustifs et enquêtes par sondage sur liste se révèlent peu efficaces et ne satisfont pas correctement les besoins de la recherche ni de la gestion urbaine en matière d'observation *suivie* et *spatialisée* des populations citadines.

C'est pourquoi, depuis les années cinquante, ont été développées des méthodes de collecte de données démographiques adaptées aux spécificités des villes des pays en développement : démonstration a été faite que l'on peut utiliser avec profit l'information exhaustive sur la morphologie urbaine pour recueillir rapidement, par sondage, des données relatives aux citadins. Depuis le milieu des années quatre-vingt, la télédétection spatiale, assurant une observation continue et relativement précise de l'occupation du sol, constitue une nouvelle source de données particulièrement intéressante. Dans le cadre d'un programme de recherche initié en

1985, une équipe pluridisciplinaire de l'ORSTOM¹ a développé une méthode de collecte de données démographiques en milieu urbain intégrant l'information sur la morphologie urbaine apportée par les satellites à haute résolution. L'idée centrale de la méthode est d'*utiliser l'image satellite comme base de sondage* et d'exploiter l'information sur la morphologie urbaine fournie par l'image pour *stratifier un plan de sondage aréolaire* permettant de sélectionner un échantillon pour une enquête à objectifs démographiques ou socio-économiques.

1. L'OBSERVATION SUIVIE ET SPATIALISÉE DES POPULATIONS URBAINES : UN BESOIN NON SATISFAIT PAR LES TECHNIQUES TRADITIONNELLES DE LA COLLECTE DÉMOGRAPHIQUE

Pour produire des informations sur les populations, le démographe dispose de deux techniques de collecte des données : le recensement, exhaustif, et l'enquête par sondage, où n'est observé qu'un échantillon de la population.

Les *recensements* exigent des moyens techniques, financiers et humains considérables qui interdisent une périodicité inférieure à une dizaine d'années et conduisent à une réduction importante de l'information recueillie lors de chaque opération de collecte.

De plus, le temps nécessaire à leur exploitation rend souvent les résultats caducs dès leur parution pour des villes dont le taux de croissance annuel peut dépasser 10 %. L'absence de cartographie de base dans nombre de villes, principalement dans les zones d'extension récente, et les problèmes de suivi de la masse d'enquêteurs que réclame ce type d'opération ont des répercussions importantes sur la qualité des résultats.

Enfin, l'ampleur des moyens à mettre en œuvre pour un recensement conduit à une sous-exploitation des données recueillies exhaustivement. Pour alléger l'exploitation de l'information collectée, on ne réalise souvent qu'une exploitation par sondage des questionnaires, ou d'une partie seulement des variables du questionnaire, et ne sont publiés que les résultats globaux sur l'ensemble de la ville : la principale qualité des recensements, l'exhaustivité, qui permet théoriquement d'obtenir des résultats pour tout type de découpage géographique, est remise en cause par une exploitation partielle de l'information recueillie.

Basées sur l'observation de la seule fraction de la population

1. L'équipe de recherche était composée de : Barbary O. (statisticien), Dureau F. (géographe-démographe, responsable du programme de recherche), Lortic B. (télé-détection), Michel A. (urbaniste spécialisé en télé-détection).

composant l'échantillon, les *enquêtes par sondage* présentent comme intérêt de réduire les moyens financiers et humains à mobiliser, et d'assurer une meilleure qualité de la collecte, par des enquêteurs moins nombreux et mieux encadrés, recueillant des informations plus riches que celles autorisées dans le cadre d'un recensement.

Mais, dans de nombreuses villes des pays en développement, un facteur essentiel fait défaut pour procéder à la sélection de l'échantillon à enquêter : une base de sondage complète à jour. Cette information n'est quasiment jamais disponible dans les villes du Tiers-Monde où les documents cartographiques sont rares et anciens. L'actualisation par de nouveaux relevés de terrain d'une base cartographique vieillie est souvent problématique dans un tissu urbain affecté de modifications rapides. Trop souvent, l'attention portée à l'actualisation de la cartographie reste très en dessous de celle réclamée par ces travaux et entraîne des biais importants.

D'autre part, les plans de sondage classiques interdisent généralement toute spatialisation des résultats : ils ne permettent pas de connaître les différences internes à la ville en matière de densité de population, ou de composition démographique ou socio-économique. C'est pourtant un élément essentiel de connaissance tant pour les gestionnaires de la ville que pour les chercheurs.

2. UTILISER LA MORPHOLOGIE URBAINE POUR PRODUIRE DES INFORMATIONS SUR LES POPULATIONS CITADINES

Viser une amélioration des recensements exhaustifs offre peu d'intérêt, puisque ceux-ci demeureront toujours trop longs à mettre en œuvre et à exploiter ; il apparaît certain que seul un système basé sur la technique des sondages peut remplir les conditions de souplesse et de rapidité nécessaires dans les villes à croissance démographique rapide.

Dans ce cadre, une meilleure connaissance de l'espace intra-urbain peut être un élément fondamental d'amélioration des techniques d'enquête par sondage. D'une part, une bonne connaissance cartographique permet de disposer d'une base de sondage de qualité, composée d'îlots¹ précisément identifiés ; d'autre part, une bonne connaissance de la morphologie urbaine permet de stratifier la ville, donc d'améliorer la précision du sondage, et d'obtenir des résultats selon un découpage spatial significatif de la ville enquêtée.

1. Dans l'ensemble du texte, les termes « îlot » et « pâté de maison » sont employés indifféremment : ils désignent une portion d'espace, généralement un polygone, délimitée par la voirie ou des frontières naturelles telles que cours d'eau ou ravins.

C'est ce type de raisonnement qu'a mené Vernière, puis les différents bureaux d'étude qui ont appliqué les méthodes de production de données démographiques à partir de photographies aériennes : dans le cas des pays africains disposant de couvertures aériennes mais manquant de données démographiques, ces méthodes ont trouvé un champ d'application privilégié.

En effet, depuis les années trente, des chercheurs étudiant le milieu urbain se sont intéressés aux relations entre les caractéristiques morphologiques des résidences et les caractéristiques démographiques et socio-économiques des habitants : les travaux des américains tels que Kenzie (1934) ou Park (1937) ont reçu un écho certain en France, où se sont développées à partir des années cinquante des études sur le même thème (Chombart de Lauwe, 1952).

La mise en évidence des relations entre la morphologie urbaine et les caractéristiques de la population citadine établies par ces travaux ont été à l'origine du développement de méthodes d'estimation de population à partir de l'information sur l'occupation du sol apportée par les photographies aériennes.

Ainsi, depuis trente ans environ, ont été accumulées de nombreuses expériences d'utilisation de la morphologie urbaine pour la production rapide de données démographiques. Les niveaux d'utilisation de l'information morphologique sont variés : depuis les méthodes les plus globales, ne retenant de la morphologie urbaine que la surface urbanisée, aux méthodes détaillées reposant sur des comptages de logements, en passant par les méthodes semi-globales, basées sur les typologies de quartiers. Ces méthodes, pour la plupart mises au point par des scientifiques travaillant sur des villes de pays développés, ont trouvé depuis la fin des années soixante un écho certain parmi les urbanistes opérant dans des villes des pays en développement, où elles ont aussi fait la preuve de leur efficacité.

A partir du milieu des années quatre-vingt, tandis que le recours aux photographies aériennes sur les centres urbains des pays en développement devient de plus en plus problématique, la mise en service des satellite SPOT et TM permet d'envisager le développement de méthodes d'observation démographique intégrant les données morphologiques observables sur image satellite. L'idée centrale reste la même que pour les photographies aériennes : utiliser l'information exhaustive sur la morphologie urbaine apportée par les images satellite pour recueillir rapidement, par sondage, les données relatives aux populations urbaines.

3. LA CONCEPTION GÉNÉRALE DU PROGRAMME DE RECHERCHE ORSTOM : UN DOUBLE SOUCI D'OPÉRATIONNALITÉ ET DE VALIDATION DE LA MÉTHODE

Au moment du démarrage de notre programme, en 1985, l'introduction de la télédétection spatiale dans un système de production de données démographiques constituait un champ nouveau de recherches. Quant aux sondages aréolaires, l'expérience demeurait limitée, surtout en démographie où l'habitude est toujours de tirer des échantillons de ménages ou d'individus sur liste. Ainsi, la réalisation de l'objectif du programme ne pouvait s'appuyer que sur un acquis méthodologique relativement limité dans chacun des deux grands domaines auquel il a trait (l'interprétation des images satellite à haute résolution en milieu urbain et les sondages spatiaux en démographie urbaine) et nécessitait des travaux approfondis dans ces deux directions de recherche.

Étant donné l'objectif du projet, proposer une méthode *opérationnelle* pour produire rapidement de l'information démographique en ville, et son caractère tout à fait exploratoire, un double souci a guidé la conception du programme :

- d'une part, tester la validité des méthodes mises au point au fur et à mesure de l'avancement des travaux ;
- d'autre part, proposer des solutions adaptées au contexte matériel, financier et humain des villes des pays en développement.

C'est en fonction de ces deux paramètres qu'ont été déterminés les sites de travail, les différentes phases du programme et les plans d'expérience sur chacun de ces sites. Afin de disposer de références fiables, nous avons choisi de travailler d'abord sur une ville française, *Marseille*, disposant à une même date d'une image TM, d'un recensement récent et d'une couverture aérienne à grande échelle : l'intégration de l'ensemble de ces informations dans un système d'information géographique nous a placés dans une situation d'expérimentation quasi-idéale. Après cette première phase de développement méthodologique sur la ville de Marseille, nous avons travaillé sur la ville de *Quito* (EQUATEUR), qui disposait d'images satellite SPOT et LANDSAT TM. Deux objectifs étaient assignés à cette seconde phase de la recherche, dans une ville d'un pays en développement : compléter et vérifier les résultats obtenus sur Marseille afin d'aboutir à une définition complète de la méthode, et réaliser une première application afin de tester son efficacité en termes de rapidité, coût et précision.

4. DESCRIPTION DE LA MÉTHODE DE SONDAGE ARÉOLAIRE SUR IMAGE SATELLITE

Les travaux menés sur les sites de Marseille et Quito ont conduit à un certain nombre de résultats, concernant les méthodes d'analyse des images SPOT ou TM en milieu urbain et les sondages aréolaires à objectif démographique en ville ; c'est l'utilisation cohérente de l'ensemble de ces résultats qui a permis de définir l'ensemble de la chaîne d'opérations nécessaire à la mise en œuvre d'un sondage probabiliste à partir d'image satellite pour la production rapide de données démographiques en milieu urbain.

4.1. Description générale

Prenant en considération les contraintes d'application de la méthode dans des villes des pays en développement, les conséquences de l'utilisation d'une image satellite comme base de sondage et les résultats des expérimentations préliminaires sur les villes de Marseille et Quito, nous avons abouti à la définition d'un plan de sondage aréolaire sur image satellite adapté à notre objectif : la production rapide de données démographiques en ville. Le tableau 1 en précise les principales caractéristiques.

Tableau 1 – *Caractéristiques du plan de sondage*

Structure générale	Sondage aéroilaire stratifié à deux degrés Unités primaires = îlots Unités secondaires = ménages
Base de sondage	Ensemble de l'aire urbaine, dont sont exclues les zones non bâties
Stratification	Stratification à partir de la classification de l'image satellite selon la densité du bâti.
Sélection des îlots (premier degré)	Sondage spatial systématique à l'aide d'une grille de points superposée à l'image satellite, le placement initial de la grille sur l'image étant aléatoire. Taux respectant la règle d'allocation aux strates choisie : proportionnelle ou optimale. Probabilité de sélection proportionnelle à la surface des îlots.
Sélection des ménages (deuxième degré)	Tirage équiprobable systématique sur liste des ménages de chaque îlot de l'échantillon. Taux variable selon le nombre de ménages de l'îlot.

La méthode de sondage développée consiste en un *sondage aréolaire à 2 degrés*. Au 1^{er} degré, les aires sélectionnées sont des *îlots*. Au 2^e degré, les unités enquêtées sont des *ménages*.

Comme le montre le Tableau 1, l'image satellite sert :

– à la *définition* de la base de sondage : la limite urbaine est tracée sur l'image, à partir de l'information fournie par celle-ci ;

– à la *stratification* de la base de sondage : une technique efficace et adaptée au savoir-faire en télédétection urbaine est la stratification sur le critère de densité du bâti ;

– à la *sélection d'un échantillon d'îlots* géographiquement répartis sur l'ensemble de la ville : en procédant à un tirage systématique par grille, on assure une bonne répartition géographique des îlots de l'échantillon sur l'ensemble de la ville.

4.2. Les étapes de sa mise en œuvre

Pour mettre en œuvre le plan de sondage décrit ci-dessus, un certain nombre d'opérations doivent être réalisées ; la figure 1 résume l'enchaînement de ces différentes étapes. Les paragraphes suivants sont consacrés à une brève description de chacune des principales étapes.

4.2.1. La délimitation de la base de sondage sur image satellite

Délimiter la base de sondage consiste à tracer la limite urbaine sur l'image satellite. Étant donné le type d'information fournie par les images satellites, il est bien évident qu'on ne peut extraire de celles-ci que des limites traduisant un phénomène physique ; une solution intéressante est de définir la ville comme une zone continue d'espace bâti.

Si l'on retient cette définition, deux techniques différentes peuvent être mises en œuvre, selon le type d'image dont on dispose :

– si l'on ne dispose que du film de l'image panchromatique SPOT : le tracé est réalisé sur un tirage photographique de cette image à une échelle comprise entre le 1/30 000 et le 1/15 000, en utilisant les teintes de gris de l'image, l'agencement général, la structure et la texture qui renseignent sur le degré de végétation ou de minéralisation (construction) et le type de tissu urbain ; la limite est tracée là où se termine une zone continue d'espace bâti, en s'efforçant de suivre une limite (naturelle ou artificielle) visible sur l'image et sur le terrain.

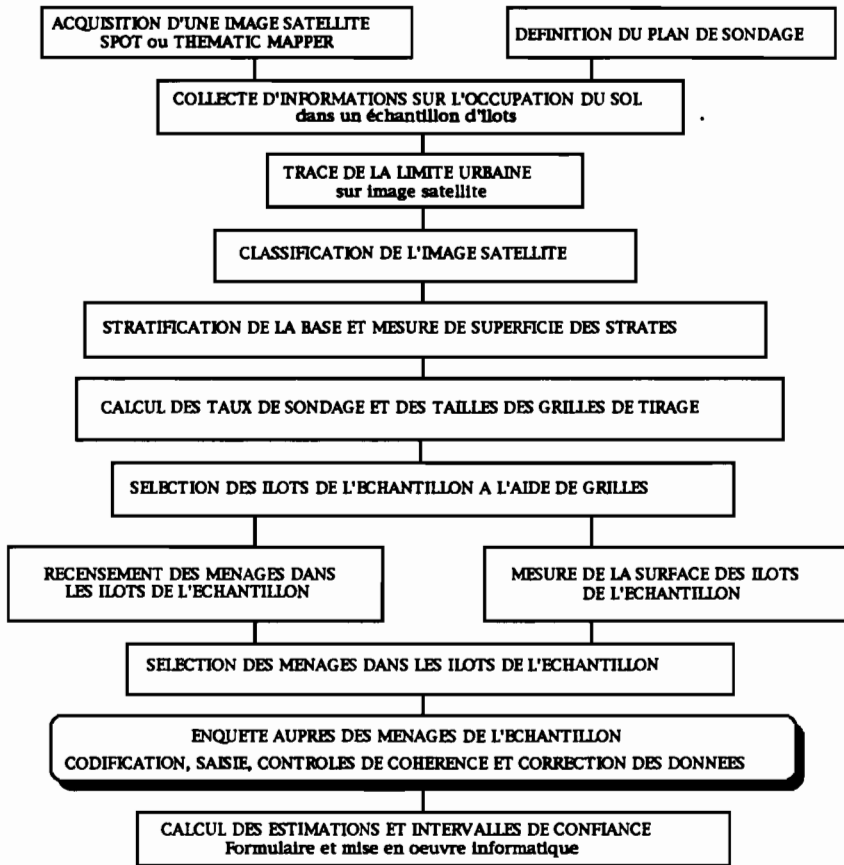


Figure 1 – *Les différentes étapes de la mise en œuvre de la méthode*

– si l'on dispose, en plus, d'une bande magnétique SPOT XS ou TM : il est possible de réaliser un traitement numérique simple pour aider à la détermination de la limite urbaine, qui sera établie, comme précédemment, sur un tirage à grande échelle du canal pan-chromatique. L'objet de ce traitement est de classer l'image selon l'indice de végétation et le degré d'hétérogénéité des valeurs radiométriques ; faisant l'hypothèse que la zone urbaine correspond à un espace à dominante minérale et fortement hétérogène, on peut ainsi isoler, numériquement, la zone urbanisée.

Dans le cas où la base de sondage doit nécessairement correspondre à des limites administratives, le travail de délimitation de la base de sondage consiste uniquement à reporter le tracé de ces limites, connues par un document cartographique quelconque, sur l'image satellite.

4.2.2. La stratification de la base d'après l'information fournie par l'image satellite

Parmi les stratifications actuellement réalisables à partir d'image satellite, la plus efficace pour une enquête socio-démographique est une stratification selon la *densité du bâti*. Cette classification est basée sur une classification *supervisée* de l'image satellite, c'est à dire initialisée sur une information précise collectée, au sol, dans un certain nombre d'îlots.

Cette classification est basée sur la recherche de la meilleure régression entre la densité du bâti observée sur le terrain dans une centaine d'îlots et l'indice de végétation calculé sur l'image SPOT ; les coefficients de la régression sont ensuite appliqués à l'ensemble de l'image. Après avoir seuillée l'image en 3 à 6 classes, on dispose donc d'une classification de la zone urbanisée en fonction de 3 à 6 niveaux de densité du bâti.

Une fois en possession de cette classification, il s'agit d'élaborer la stratification proprement dite, c'est-à-dire de délimiter des zones le plus homogènes possibles au regard de ce critère de densité du bâti. Le zonage est effectué sur un tirage à grande échelle du canal panchromatique, en s'efforçant de suivre des frontières, naturelles ou artificielles, afin de ne pas couper les pâtés de maisons, qui constitueront l'unité de base de l'échantillon au premier degré.

Enfin, la mesure de superficie des strates étant une information nécessaire pour le calcul des estimateurs, on mesure les zones ainsi délimitées.

4.2.3. La sélection de l'échantillon d'îlots

Le premier travail consiste à déterminer le nombre total de pâtés de maisons à enquêter et leur répartition dans les strates ; ce calcul nécessite de connaître la surface totale de chaque strate (mesurée sur image satellite), et la surface moyenne des pâtés de maisons de la strate (connue d'après les relevés de terrain). Le tirage de l'échantillon de pâtés de maisons s'effectue ensuite indépendamment dans chaque strate à l'aide d'une grille placée sur l'image satellite, la maille de la grille étant calculée pour respecter le taux prévu : pour obtenir la surface de la maille de la grille de tirage dans chaque strate, il suffit de diviser la surface totale de la strate mesurée sur l'image par le nombre d'îlots à sélectionner, d'où l'on déduit la taille de la maille.

Après s'être assuré d'avoir dans chaque strate le nombre de points de sondage voulu, l'étape suivante consiste à identifier sur l'image les îlots correspondant aux points de la grille. Lorsque le type de quartier, et donc le degré de lisibilité de la voirie sur l'image rendent impossible une identification directe des îlots sur

l'image, ce travail est réalisé, avec le superviseur chargé de la zone, directement sur le terrain.

4.2.4. Le recensement des ménages et la mesure des surfaces des îlots de l'échantillon

Le recensement des ménages qui occupent les pâtés de maisons sert à sélectionner l'échantillon de ménages à enquêter et à estimer les totaux, moyennes et quotients au sein des unités primaires, c'est-à-dire les pâtés de maisons.

Ce travail de recensement des ménages dans chaque îlot de l'échantillon est confié aux superviseurs, qui établissent, sur une fiche prévue à cet effet, un schéma simplifié du pâté de maisons sur lequel figurent : les renseignements nécessaires à l'identification du pâté de maisons par l'enquêteur (noms des rues bordant l'îlot, éléments naturels servant de limites, etc.), le dessin de l'ensemble des bâtiments de l'îlot, le nombre de ménages dans chacun des bâtiments, la numérotation des ménages de 1 à N, par ordre croissant en suivant le tour de l'îlot.

Après le recensement des ménages, le superviseur effectue la mesure de la surface de l'îlot : cette mesure est indispensable pour pratiquer les estimations des totaux, moyennes et quotients au niveau de la base entière, de chacune des strates ou d'un éventuel autre découpage de la ville.

À l'aide d'un décamètre, d'un clinomètre et d'une boussole¹, le superviseur établit avec le maximum de précision possible un croquis mentionnant les angles et les longueurs de chaque segment droit délimitant l'îlot ainsi que leur pente. La surface est ensuite calculée, informatiquement ou manuellement, à partir du schéma et des mesures effectuées par le superviseur.

4.2.5. La sélection des ménages à enquêter

La détermination du nombre de ménages à enquêter dans chaque îlot résulte d'un compromis entre deux objectifs contradictoires :

- assurer, par un petit nombre d'enquêtes dans chaque îlot, la dispersion géographique maximale de l'échantillon au premier degré, ce qui assure une meilleure précision des estimations globales ;
- conserver dans chaque îlot un nombre suffisant de ménages enquêtés pour produire des estimations fiables dans chaque îlot.

Le premier objectif étant généralement prioritaire, on adopte la stratégie suivante de sélection des ménages : on enquête un petit

1. Ou d'un GPS (Global Positioning System), si l'on peut disposer de ce système.

nombre constant de ménages (n_1 , de l'ordre de 5 ou 10) dans tous les îlots contenant au moins n_1 ménages, et on enquête tous les ménages dans les îlots contenant moins de n_1 ménages.

Dans les îlots comptant moins de n_1 ménages, l'enquête est exhaustive : l'enquêteur enquête tous les ménages identifiés sur le schéma d'îlot réalisé par le superviseur. Si l'îlot compte plus de n_1 ménages, le superviseur procède à un tirage systématique sur la liste des ménages de l'îlot numérotés de 1 à N ; il établit ainsi la liste des n_1 ménages à enquêter. L'enquêteur doit enquêter tous les ménages de la liste.

4.2.6. La production des résultats : estimations et intervalles de confiance

La dernière étape consiste à estimer les résultats démographiques au niveau de la population entière à partir des informations collectées sur l'échantillon de ménages. Pour cela, on applique un formulaire d'estimation correspondant à la structure de sondage suivante :

- premier degré : sondage aléatoire stratifié avec probabilités de sélection proportionnelles aux surfaces des îlots ;
- second degré : sondage aléatoire équiprobable : recensement dans les unités comptant moins de n_1 ménages, n_1 ménages enquêtés dans les autres îlots.

Le calcul des estimations des statistiques recherchées et l'évaluation des erreurs d'échantillonnage qui leur sont associées sont réalisées informatiquement, à l'aide de programmes chaînant des commandes d'un logiciel approprié (par exemple, sur micro-ordinateur : SPSS, SAS, Dbase) pour appliquer le formulaire de calcul des estimateurs et de leur variance.

5. ÉVALUATION DE LA MÉTHODE EN TERMES DE PRÉCISION

La méthode que nous avons développée vient d'être décrite pas à pas dans le chapitre précédent ; pour conclure sur son intérêt, il importe maintenant d'apporter des éléments d'information sur les niveaux de précision obtenus.

Trois démarches ont été mises en œuvre pour permettre une bonne connaissance de la précision de la méthode, élément indispensable pour la mise au point et l'évaluation de celle-ci :

- calcul des variances des estimateurs selon différents plans de sondage à partir des expériences menées sur Marseille et Quito ;
- évaluation séparée de la précision des techniques correspondant à chacune des étapes de la sélection de l'échantillon et d'inférence ;

– estimations des variances des estimateurs calculés à partir des données collectées lors de la première application de la méthode (enquête Migrations, décembre 1987, Quito), et comparaison avec les variances obtenues avec des plans de sondage classiques

Il serait trop long de rappeler ici tous les résultats relatifs à la précision de la méthode, consignés, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, dans nos différents rapports intermédiaires. Nous insisterons sur trois d'entre eux, fondamentaux, qui soulignent l'intérêt de pratiquer un sondage par grille sur une image satellite classée selon la densité du bâti, pour réaliser une enquête démographique en milieu urbain :

1. Parmi les stratifications actuellement réalisables sur image satellite, la plus efficace est une stratification en six niveaux de densité du bâti, dont le premier niveau permet d'isoler les espaces non construits, à exclusion de la base. Pour l'estimation des effectifs, le gain que permet la stratification selon la densité du bâti se situe autour de 30 à 40 % de la variance de l'estimateur.

2. Le caractère systématique du sondage aréolaire (réalisé à l'aide d'une grille plaquée sur l'image satellite), en assurant une bonne répartition géographique de l'échantillon, améliore la précision des estimations : on évalue ce gain à 20 ou 30 % de la variance du sondage strictement aléatoire au même taux.

3. Si l'on considère l'effet cumulé du tirage systématique et de la stratification, l'allocation aux strates étant optimale, le gain global de précision se situe, selon l'indicateur démographique considéré, entre 60 et 80 % de la variance d'un tirage aléatoire non stratifié.

La mesure de la précision des différentes étapes de la sélection de l'échantillon sur une image SPOT ou TM a permis de sélectionner les techniques les plus performantes pour chacune des étapes, autorisant ainsi une mise en œuvre correcte du plan de sondage.

Les coefficients de variation des estimateurs issus de l'enquête Migrations confirment la performance du plan de sondage à partir d'image SPOT adopté pour cette enquête. Pour un échantillon d'environ 3 000 ménages, à Quito, les coefficients de variation d'une série d'indicateurs démographiques sont compris entre 1 et 5 %.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les travaux effectués depuis 1985 sur Marseille et Quito ont vérifié l'hypothèse de base du programme de recherche : la prise en compte de la morphologie urbaine telle qu'elle peut être extraite d'une image satellite SPOT ou TM permet de définir un plan de sondage rigoureux et performant. Ces travaux sont à l'origine de

Tableau 2 – *Modes d'évaluation des différentes étapes du plan de sondage*

ÉTAPE	MODE D'ÉVALUATION
Détermination de la limite urbaine sur image SPOT	Comparaison avec la limite déterminée par analyse visuelle de la couverture photographique de Quito de novembre 1987 (1/40 000)
Classification en 6 niveaux de densité du bâti sur image SPOT	Comparaison avec la densité observée sur le terrain en novembre 1986 (199 îlots de Quito)
Classification en 6 niveaux de densité du bâti sur image TM	Comparaison avec la densité observée sur la couverture photo de Marseille d'août 1983 (1/ 23 000), et vérifications terrain dans 80 îlots
Mesure de surface des îlots	Comparaison, sur un échantillon de 90 îlots des mesures faites sur le terrain, sur un tirage au 1/15 000 du canal panchromatique SPOT, ou informatiquement par comptage des pixels, avec les mesures obtenues par planimétrie sur les plans au 1/2 000 de l'Institut Géographique Militaire de Quito.

résultats de portée générale, en sondage aréolaire, télédétection urbaine et système d'information géographique, résultats utilisés pour établir la chaîne complète de notre méthode de production de données démographiques intégrant la télédétection spatiale.

La première application de cette méthode, à Quito en décembre 1987, a confirmé l'intérêt de la méthode et permis d'évaluer les coûts de mise en œuvre de la méthode, et la précision des résultats : dans une ville ne disposant d'aucune base de sondage classique, nous avons pu sélectionner de façon rigoureuse, à partir d'une image satellite SPOT, un échantillon pour une enquête démographique.

La méthodologie que nous avons développée peut apporter dès maintenant des éléments de réponse aux problèmes posés par l'observation des populations des villes des pays en développement : en suivant les étapes décrites dans cet article, cette technique de production de données démographiques peut être appliquée dans d'autres villes. Les stages de formation que nous avons organisés nous ont donné l'occasion de vérifier l'opérationnalité de la méthode dans des contextes urbains variés : Cali (Colombie), Casablanca (Maroc), Ibadan (Nigeria), Santiago du Chili. De plus, une

collaboration avec les économistes de l'ORSTOM, en 1992, a permis de procéder à une application complète de la méthode de sondage pour une enquête sur le secteur informel à Yaoundé (Cameroun). Enfin, dans le cadre d'un programme de recherche en coopération avec l'Université des Andes de Bogota, nous avons procédé en 1993 à une autre application complète de la technique de sondage pour sélectionner l'échantillon d'une enquête sur les formes de mobilité spatiale des populations de Bogota et son aire métropolitaine (Dureau, 1994).

Avec cette méthode, il est possible de mettre en œuvre rapidement une enquête par sondage dans une ville ne disposant d'aucune base de sondage classique, permettant de produire rapidement des informations socio-démographiques *quantifiées* et *spatialisées*. Sélectionner l'échantillon d'une enquête socio-démographique sur image satellite privilégie aussi la mise en évidence des *différences internes à la ville* et l'analyse de la *dynamique des sous-populations citadines*. Par ailleurs, l'allégement de l'échantillon enquêté grâce au gain de précision apporté par le plan de sondage autorise, pour un même coût global, une *observation plus fouillée* que par les méthodes traditionnelles de sondage. Ainsi, au delà de la satisfaction des besoins d'informations de base actualisées et localisées, cette méthode participe à la production de connaissances sur les formes et les mécanismes de l'urbanisation dans les pays en développement. L'ensemble des tâches pouvant être réalisées sur une configuration micro-informatique standard, les sites potentiels d'application de la méthode sont très nombreux : les facteurs limitants n'ont trait qu'à la taille de la ville et à la nébulosité qui y règne.

Si la méthode développée est opérationnelle et peut d'ores et déjà être utilisée en appliquant le schéma décrit sommairement ici, elle est aussi, bien évidemment, perfectible. Continuer d'accumuler des expériences d'application de notre méthode dans des contextes urbains différents, intégrer les innovations que connaîtra la télédétection urbaine, notamment celles relatives à la hauteur et à l'agencement des bâtiments, contribueront à améliorer la solution actuellement proposée.

VIII

ESTIMATION DE LA POPULATION DES QUARTIERS PÉRIPHÉRIQUES DE OUAGADOUGOU PAR TÉLÉDÉTECTION

Jean-François DESPRATS et Philippe DUTARTRE

Les grandes villes des pays en voie de développement doivent faire face à une augmentation rapide de leur population, due à une croissance naturelle élevée et à un exode rural intense. La connaissance de la répartition et du nombre des habitants est une nécessité dans la perspective d'aménagements tels que l'alimentation en eau potable. La télédétection satellitaire, associée à la photographie aérienne permet d'obtenir une information objective et récente sur le nombre d'habitations par quartier, et sur le nombre d'habitants (en utilisant pour cela les résultats d'une enquête sociologique réalisée dans les différents quartiers périphériques de Ouagadougou). L'étude suivante aboutit à une estimation globale de 430 000 habitants pour les 13 quartiers périphériques de la capitale burkinabé.

1. INTRODUCTION

La croissance naturelle conjuguée à l'exode rural conduisent les villes des pays en voie de développement à voir leurs populations augmenter inexorablement et de façon incontrôlée. Il est nécessaire cependant, pour des raisons de supervision, d'aménagement et d'hygiène, de suivre au mieux ces croissances urbaines. Les méthodes classiques utilisées par les urbanistes, qu'il s'agisse de levés cartographiques, même appuyés sur des photographies

aériennes, ou de recensements démographiques sont peu efficaces pour une mise en œuvre très coûteuse et délicate.

La télédétection satellitaire peut permettre de faire un point à un moment donné sur les évolutions récentes de l'urbanisation. Cette étude basée sur l'imagerie spatiale SPOT vise à estimer par télédétection la part réellement urbanisée des différents quartiers périphériques de Ouagadougou (Burkina Faso), et ce afin d'adapter les apports en eau aux besoins existants.

2. CHOIX DE LA TÉLÉDÉTECTION

Le caractère multispectral des données satellitaires revêt un intérêt majeur pour de nombreuses applications thématiques : la végétation, les sols, et bien d'autres objets peuvent être classés en fonction de leurs réflectances (principe des classifications supervisées). En milieu urbain, l'information spatiale, contrairement à l'information spectrale est fondamentale. D'autre part, il n'existe pas de relation bi-univoque entre propriétés spectrales et nature des objets : une maison de terre peut avoir la même réflectance que le sol nu avoisinant. La distinction ne peut donc se faire sur la base du seul critère spectral.

Une faible taille des objets par rapport à la taille des pixels et une forte hétérogénéité spectrale caractérisent le milieu urbain. Il en découle que, en zone urbaine, la plupart des pixels intègrent les réflectances de divers objets.

Les données satellitaires nécessaires aux travaux appliqués à l'urbanisme doivent être un compromis entre une bonne résolution spatiale et une bonne résolution spectrale.

3. DONNÉES UTILISÉES ET MÉTHODOLOGIE

3.1 Données satellitaires

L'étude est réalisée à partir de la scène SPOT XS du 17 septembre 1992, référencée par un K/J de 54/325 (Figure hors-texte). La visée de cette scène est subverticale (2,3°). La date de prise de vue correspond à la fin de la saison des pluies. La résolution spatiale de SPOT XS est de 20 mètres ; l'unité élémentaire vue par le capteur est donc un élément de 400 m² minimum. Autrement dit, l'identification des bâtiments reste encore hors de portée ; l'objectif sera donc de déterminer la proportion globale du bâti ou de la végétation dans les îlots urbains.

La scène SPOT est corrigée géométriquement par rapport à une

carte urbaine au 1/25 000 de la ville de Ouagadougou ; cette carte géoréférencée en UTM a été dressée pour les besoins du projet. L'erreur quadratique moyenne de cette correction est de 1,275 pixel, soit 25 mètres.

3.2. Photos aériennes

Un jeu de photographies aériennes couleur acquises à partir d'un avion d'aéro-club et prêtées par Y. Baudot (Université de Louvain – Belgique) permet de passer de la perception des îlots urbains à celle des bâtiments. Ces données aériennes qui couvrent Ouagadougou et sa périphérie constituent par ailleurs des éléments objectifs d'appréciation de la densité urbaine par quartier ainsi que des résultats cartographiques et quantitatifs obtenus par l'exploitation de l'imagerie spatiale.

L'étude est réalisée sur les quartiers périphériques de Ouagadougou. A partir de l'hypothèse considérant un quartier comme une unité homogène d'un point de vue système d'habitat, une seule photo aérienne est nécessaire pour un quartier donné. La densité d'habitations obtenue à partir de la photo permet alors d'extrapoler à la totalité du quartier. L'habitat des quartiers périphériques est constitué de concessions souvent closes contenant une maison ou deux.

3.3. Méthodologie

La méthodologie résumée sur l'organigramme suivant (Figure 1) s'appuie sur une utilisation combinée des deux types disponibles de données aérospatiales. Elle intègre des procédures de traitement d'image (données satellitaires), de l'interprétation visuelle (données satellitaires, photographies aériennes), des calculs statistiques, et des exploitations de données cartographiques (contours de quartiers...) réalisées à l'aide d'un Système d'Information Géographique.

Les résultats statistiques obtenus par quartier portent sur :

- le pourcentage de surfaces construites (SC)
- le pourcentage de surfaces latéritiques (SL)

L'estimation du nombre d'habitations par quartier fait appel aux trois sources d'informations disponibles.

1. La carte au 1/25 000 de Ouagadougou permet le calcul après digitalisation (Arc-Info) de la surface de chaque quartier considéré (SQi) (Figure 2).

2. Les photographies aériennes permettent par simple comptage l'estimation de la densité d'habitations exprimée en nombre par hectare (DHi) pour chaque quartier. Les habitations sont essentielle-

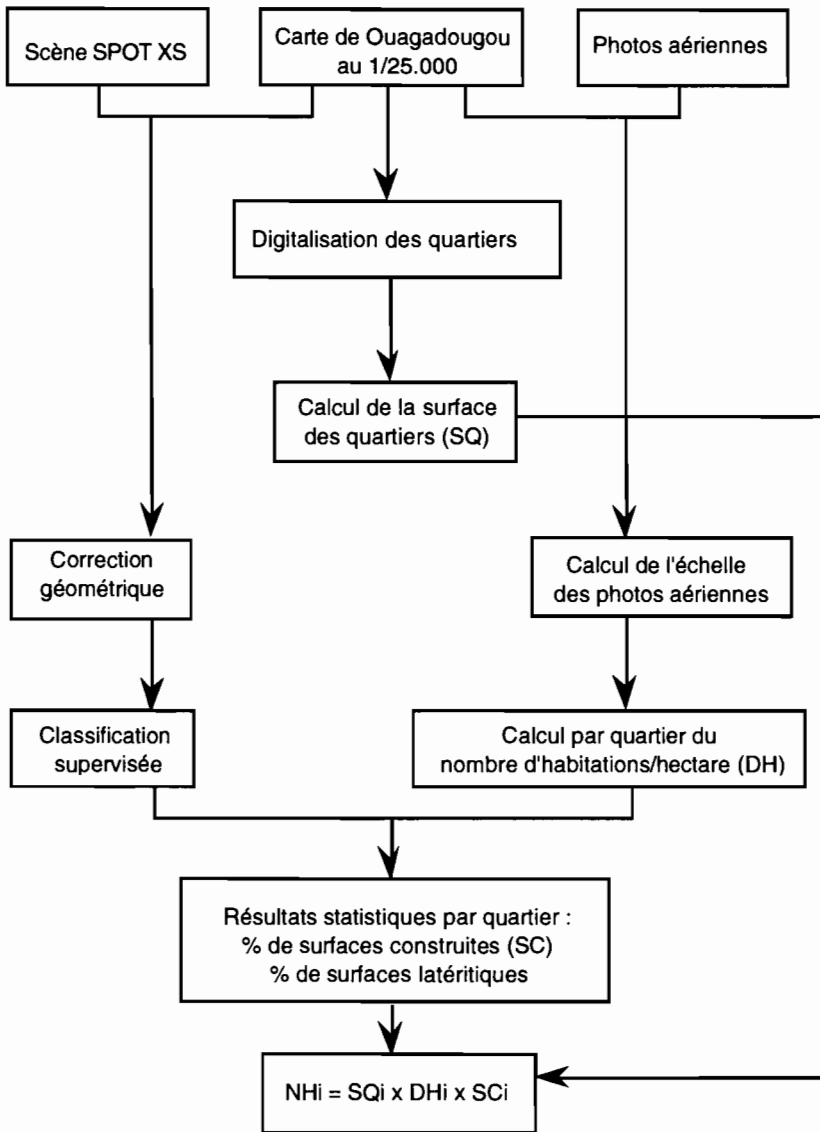


Figure 1 – Méthodologie

ment recouvertes de matériaux très réfléchissants (tôles) les rendant aisément identifiables. L'échelle de la photographie aérienne est calculée après recalage sur la carte de Ouagadougou. Le comptage du nombre d'habitations pour une surface alors connue permet de déduire la densité d'habitations pour le quartier donné.

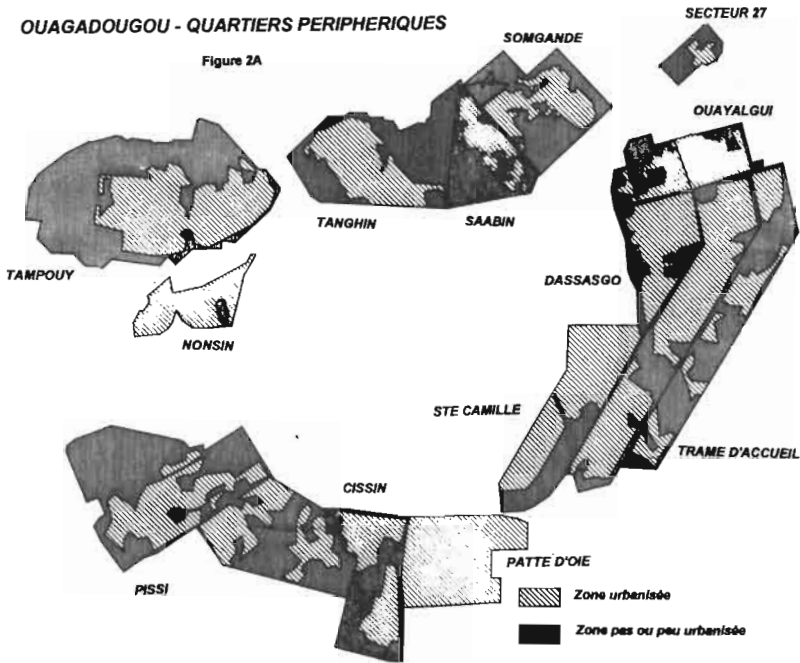


Figure 2 – Ouagadougou. Quartiers périphériques

La totalité des constructions sont prises en compte dans ce calcul. La prise en compte constructions non habitées est jugée négligeable d'après l'enquête sur le terrain.

3. L'imagerie satellitaire apporte sur une zone donnée (la totalité d'un quartier ou son sous-ensemble urbanisé) l'expression en pourcentage de la proportion des surfaces construites (SC_i).

Le nombre d'habitations est exprimé globalement par quartier.

$$NH_i = SQ_i \times DH_i \times SC_i$$

NH_i = Nombre d'Habitations dans le quartier i

SQ_i = Surface en hectares du quartier i

DH_i = Densité d'Habitations par hectare du quartier i

SC_i = Pourcentage de Surfaces construites dans le quartier i

4. CLASSIFICATION DE L'IMAGERIE SATELLITAIRE

Par interprétation de l'image SPOT à l'écran, sept classes radiométriquement distinctes sont sélectionnées. Ces différences radiométriques correspondent à des objets différents : les toitures des habitations (1), la végétation (3), les sols nus latéritiques (5),

les routes goudronnées (4), les surfaces cimentées (6) (piste de l'aéroport) et les surfaces en eau (2) ou marécageuses (7). Les zones industrielles, reconnaissables par leur structure sont identifiées puis séparées des surfaces construites habitables. On les exclut donc de la surface proprement dite des quartiers périphériques habités.

Les confusions qui ressortent de cette classification sont limitées. La proportion de pixels entraînés dans une classe et qui se retrouvent effectivement dans cette classe est de 87,3 %. L'utilisation d'un filtre (occupation du sol majoritaire) permet d'éliminer les confusions restantes.

La classification de l'image (Figure hors-texte) révèle dans les quartiers périphériques les proportions suivantes :

- habitat : 8,58 % (en blanc sur la Figure hors-texte)
- eau : 0,59 % (en bleu)
- végétation : 69,45 % (en verdâtre)
- surfaces goudronnées : 1,95 % (en rouge)
- surfaces cimentées : 0,31 % (en rouge)
- surfaces latéritiques : 5,18 % (en jaune)
- surfaces marécageuses : 7,72 % (en bleu clair)
- rejet : 5,7 % (en noir)

La végétation est prépondérante, car l'image classée englobe Ouagadougou et ses proches environs, à la fin de la saison des pluies, soit en période d'intense activité chlorophyllienne de la brousse.

5. RÉSULTATS

5.1. Relation entre la densité d'habitations et la proportion de surfaces construites

La régression entre la densité d'habitations calculée à partir des photos aériennes, et la proportion de surfaces construites dans les Surfaces construites des différents quartiers montre qu'il n'existe aucune corrélation entre ces deux données, ce qui confirme la nécessité de l'utilisation d'au moins une photo aérienne par quartier pour passer du stade « îlot urbain » de SPOT au stade « habitations ».

L'image SPOT montre l'hétérogénéité des quartiers quant aux surfaces bâties. Certaines parties sont totalement urbanisées, d'autres pas encore. Cependant, les zones urbanisées d'un même quartier le sont de façon homogène. La densité d'habitations obtenue à partir d'une photo aérienne pourra donc être appliquée à la totalité des surfaces construites du quartier. En effet, une photo

aérienne sur une partie urbanisée est considérée comme représentative de la totalité des surfaces urbanisées du quartier. L'imagerie satellitaire ainsi qu'une photo par quartier sont donc d'intérêt complémentaire et dans l'étude présentée ici non dissociables.

Tableau 1 – Résultats obtenus par l'approche globale

Quartier i	Télé-détection	Photos	Carte	Enquête	Résultats	
	Sci % Surfaces construites	DHi Habitations ha	SQi Surface en Ha	Habitants/habitation	NHi Habitations	Habitants
SECTEUR 27	7,85	28,3	78,8	7,0	175	1 225
SOMGANDE	18,18	17,6	419,6	6,1	1 342	8 186
SAABIN	25,25	33,6	278,6	6,1	2 363	14 414
TANGHIN	30,51	40,0	575,6	9,0	7 025	63 225
TAMPOUY	19,99	22,8	1 096,5	7,0	4 998	34 986
OUAYALGUI	32,34	20,6	314,8	7,0	2 097	14 679
TRAME	35,46	27,0	1 191,4	7,1	11 407	80 990
DASSASGO	47,26	20,6	304,7	7,1	2 996	21 059
NONSIN	35,55	45,0	187,2	8,9	2 995	26 655
CAMILLE	42,49	27,0	471,3	7,1	5 407	38 390
PISSI	18,63	37,1	1 211,9	7,8	8 376	65 333
CISSIN	27,19	31,0	377,6	7,8	3 183	24 827
PATTE D'OIE	36,87	31,0	400,0	7,8	4 572	35 662
TOTAL			6 908,0			429 631

Le nombre total estimé d'habitations est de 57 000, soit une estimation en habitants de 430 000. La surface totale des quartiers étudiés est de 6 908 hectares.

L'enquête par sondage a été réalisée au moment de l'étude afin de tenir compte des différences sociologiques existant entre les différents quartiers ; ces différences se traduisent par un nombre d'habitants très différent entre les quartiers résidentiels et les quartiers populaires.

Une projection du dernier recensement démographique tenant compte de la croissance démographique d'une part et de l'exode rural d'autre part donne une population de 390 000 habitants. L'ordre de grandeur est donc comparable.

6. DISCUSSION

Les résultats présentés dans le chapitre précédent sont obtenus après utilisation de plusieurs données. Chacune d'entre elles peut introduire des erreurs.

6.1. Erreurs

Si l'erreur commise sur l'exploitation de la carte au 1/25 000 de Ouagadougou à l'aide du SIG peut être considérée comme tout à fait négligeable, il en est probablement pas de même quant à celles apportées par l'utilisation de l'imagerie satellitaire et des photographies aériennes.

L'erreur commise sur la classification de l'image SPOT est appréciable à partir du pourcentage de pixels rejetés, ajouté à celui des pixels mal classés, minimisé par filtrage. En revanche, les pixels « bien classés » sont représentatifs d'un type d'objet sur le sol (îlots, surface latéritiques...). Les travaux de terrain effectués confirment cette hypothèse pour la plupart des quartiers.

L'erreur commise lors du comptage d'habitats sur photographies aériennes pour l'évaluation de la densité d'habitat à l'hectare est négligeable. En revanche, la seule photographie aérienne disponible par quartier doit être considérée comme représentative de toute la zone d'habitat du même quartier, ce qui est parfois discutable après contrôle sur le terrain.

6.2. Perspectives

La méthodologie présentée ici conduit à des résultats dont la qualité est intéressante en particulier en matière de coût et de rapidité d'exécution. Elle montre l'intérêt d'une approche combinant l'imagerie spatiale et les photographies aériennes.

L'étude a bénéficié d'une couverture de photographies aériennes réalisée par Y. Baudot (Université de Louvain – Belgique). Disponibles avant l'étude, elles n'ont pas été acquises spécifiquement en fonction de résultats apportés par la classification. La démarche pourrait donc être optimisée par un survol et une prise de vues de secteurs représentatifs des quartiers, après leur reconnaissance préliminaire à partir des données spatiales.

7. CONCLUSION

La rapidité de la croissance d'une capitale comme Ouagadougou rend nécessaire de faire un point précis sur la réalisation des aména-

gements tels que ceux imposés par l'alimentation en eau potable. La technique communément employée est le recensement, onéreux et délicat à mettre en œuvre. La résolution des satellites actuels comme SPOT ne permet pas d'utiliser la télédétection seule pour faire un état des lieux. Cependant, la télédétection permet d'obtenir une information objective et récente qui, combinée à un nombre limité de photographies aériennes (une quinzaine sur Ouagadougou), amène par quartier à une estimation du nombre d'habitations et d'habitants.

IX

DES CHIFFRES ET DES IMAGES

Christiane WEBER

Prendre la ville comme sujet d'étude, nécessite souvent de l'analyser en fonction de diverses caractéristiques spatiales et informationnelles. Celles-ci fournies par les organismes diffuseurs de l'information – l'INSEE pour les données socio-économiques, la Direction Générale des Impôts pour des données sur les impôts... –, sont souvent contraintes par des découpages spatiaux fixés et donc des niveaux d'organisation¹ de l'information, issus d'une mesure ou d'une inférence.

Dans le cadre d'étude de comparabilité temporelle et spatiale urbaine, ce constat, implique une réflexion approfondie sur les informations recueillies en fonction des découpages disponibles. Les évolutions de cette information, par exemple les définitions des indicateurs socio-économiques, ou les groupes d'information correspondent souvent aux pôles d'intérêt du moment². Les changements de découpages spatiaux auxquels se rattachent les informations (modification par redécoupage ou fusion d'entités spatiales antérieures et création de nouvelles entités) sont souvent inévitables, ne serait-ce que par la dynamique d'extension des systèmes urbains.

1. Par niveaux d'organisation, il faut considérer que l'information peut être fournie ou collectée à un niveau spécifique d'organisation : atomique, par exemple l'ilot INSEE ou plus macroscopique comme le quartier INSEE.

Ces niveaux ne sont pas forcément des éléments hiérarchiquement emboîtables. L'information peut très bien ne pas être totalement identique d'un niveau à l'autre, parce que collectée et traitée selon des objectifs différents.

2. Entre deux recensements il y a souvent des fluctuations entre les définitions des variables statistiques et l'éventail des groupes de variables, comme les catégories socio-professionnelles par exemple.

Cette évolution cependant pose quelques problèmes lorsqu'il n'y a plus adéquation entre les informations et les découpages associés d'une date à l'autre. En ce qui concerne l'information, il est très difficile de corriger son contenu, les fluctuations de définitions ne pouvant guère être rattrapées, par contre pour les découpages spatiaux, des méthodes liées à l'interpolation aréales sont envisageables. Une application sur les données de recensement INSEE est présentée, proposant une parade possible au problème des découpages incompatibles, en utilisant les données satellitaires¹.

1. STRUCTURE SPATIALE ET NIVEAUX D'ORGANISATION

Parler de structure spatiale, revient à définir des arrangements spécifiques qui caractérisent l'espace soit par leur aspect, par exemple la morphologie des quartiers ou des zones, soit par leur valeur et les groupes statistiques qui les individualisent. L'information, dont est issue la donnée en tant que forme canonique essentielle, peut être mesurée ou inférée. Elle est résumée selon son niveau de mesure (nominal, ordinal, d'intervalle ou de rapport) par des indicateurs de centralité et de dispersion, ce qui implique certaines catégories de traitements. Elle a en plus une histoire, c'est à dire un contexte dans lequel elle a été élaborée. Ce contexte est primordial si la comparabilité est étudiée car il précise les règles de mise en place du processus de création de l'information (enquête, sondage, mesure), des pré-traitement opérés (rapport, indices, ...) et le degré de fiabilité accordée à cette information, selon les tests statistiques et les seuils de confiance considérés. Cette histoire de l'information est très souvent absente malheureusement. Il faut cependant être attentif à ce point, car une méconnaissance des conditions d'obtention de l'information peut entraîner une mauvaise utilisation.

L'espace considéré a lui aussi des particularités. Si dans la réalité il est continu, dans la majorité des études urbaines il apparaît de manière discontinue, caractérisé par des découpages spatiaux multiples. Très souvent les entités spatiales utilisées correspondent à des emboîtements, hiérarchiques ou non (îlot - quartier - commune - département - ...). Ceci implique deux notions importantes d'une part celle d'échelle liée au nombre décroissant d'unités et d'autre part celle d'agrégation liée à la forme et à l'arrangement des unités. Ce dernier point est important lorsque les partitions issues d'agrégations ne sont pas hiérarchiques et donc peuvent cou-

1. Une version en anglais de cette application a été publiée dans « *Changements d'Échelle dans les modèles de l'environnement et de la Télédétection* » GSTS-CNRS, 1993, et en français dans les publications d'EGIS 1994.

vrir de multiples propositions. Bien entendu le cas d'une situation non-hiérarchique est de loin le plus délicat à traiter. Un bon résumé de ces problèmes peut être trouvé dans Fortheringham et Wong (1991).

Ces deux rappels sont d'autant plus importants dans le cadre des Systèmes d'Information Géographique où la fonction d'intégration de données provenant de sources diverses, est souvent la plus prisée. Il faut rappeler à ce titre que la méthode d'intégration de données, fondée sur « *l'overlay* », ou superposition est une interpolation aréale. Les valeurs sont estimées selon la surface de recouvrement des zones. Or ceci peut conduire à des erreurs importantes puisque les hypothèses sous-jacentes sont celles de l'homogénéité de l'espace et de la continuité du phénomène analysé ; malheureusement celle-ci est rare dans le monde réel (Lam, 1983). Il est possible d'entrevoir, surtout en milieu urbain, les erreurs potentielles liées à cette pratique. Un des points essentiels, comme l'a rappelé Tobler en 1979 est de conserver l'intégrité des valeurs (constance des sommes).

Les méthodes d'inférence utilisées pour pallier ce problème, font appel à l'interpolation spatiale à partir de points (Martin 1989, Flowerdew et Green 1989), ou à partir de zones « cibles », pouvant faire apparaître ou non une restriction spatiale, identifiée par numérisation d'un autre document (Martin et Backen 1991, Goodchild 1993) ou issue de traitements d'image satellitaire (Weber et Hirsch, 1990, 1991). Ces dernières ont l'avantage de prendre en considération l'hétérogénéité de l'espace et donc d'intégrer les valeurs provenant de source diverses selon des schémas de répartition plus réalistes que par une simple superposition avec pondération aréale.

Dans tous les cas de figure, l'interpolation aréale selon des surfaces tente de définir une inférence de valeurs entre des zones « sources » (de départ) et des zones « cibles » (d'arrivée). Celle-ci peut se faire selon une estimation liée à une loi de Poisson (Flowerdew 1989), selon une zone de référence (Goodchild 1993) qui agit de façon à restreindre la surface prise en compte pour l'interpolation des valeurs ou selon une zone de référence et un modèle de répartition du phénomène analysé (Weber *et al.*, 1993).

Dans le cas présent, cette méthode a été appliquée afin de pallier les restrictions de diffusion des données INSEE pour le recensement de 1990. En effet, suite à une décision de la Commission Nationale Informatique et Liberté (CNIL) de 1989, il a été convenu qu'aucune information en deçà d'un dénombrement de 5 000 personnes dans les communes urbaines ne serait diffusé. Une redéfinition des quartiers statistiques a donc été nécessaire et l'information à l'îlot n'est donc plus accessible. Le découpage des quartiers statistiques ayant changé entre 1982 et 1990 (passant de 81 quartiers à 48), il devient dès lors impossible d'avoir une vision intra-urbaine continue d'un recensement à l'autre.

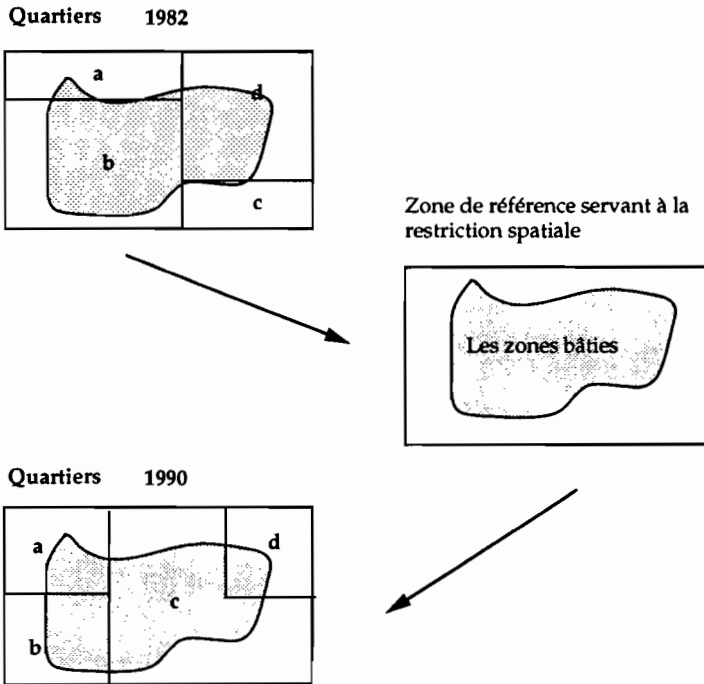


Figure 1 – Interpolation aréale

2. L'IMAGE, UNE INFORMATION SUR UNE PARTITION PHYSIQUE DE L'ESPACE

L'appui de l'image dans une démarche méthodologique ne peut être profitable sans une connaissance à la fois des caractéristiques du paysage et des typologies d'occupation ou d'utilisation du sol pressenties.

Cette connaissance préalable est absolument nécessaire, elle se constitue notamment par l'apport fourni par d'autres sources d'information (cartes, schémas, voire descriptions littéraires, ou photographie aériennes...). C'est ce qui permet d'appréhender à la fois la réalité du terrain en fonction des règles d'interprétation et de communication et la représentation physique de celle-ci. « L'enregistrement photographique (et satellitaire Ndl) est d'une partialité constante, mettant en évidence des apparences de ce qui est visible sur la surface terrestre » (Clos Arceduc, 1987). Les informations satellitaires tout comme celles issues de photographies aériennes font partie de celles qui sont les plus directement compréhensibles

(bien entendu selon les traitements) contrairement aux cartes par exemple, car celles-ci font appel à un effort de conceptualisation plus important, la sémantique des objets se décryptant au travers de la légende.

La première opération repose sur la constitution d'une relation de l'apparence à la nature réelle. Il s'agit de passer d'une représentation de la réalité correspondant à des caractéristiques de réflectance, à une interprétation de cette réalité.

Pour y aboutir, il est nécessaire de pouvoir isoler et identifier des objets spatiaux au sein de l'image selon des attributs de forme, de taille, de couleur et d'aspect de surface ainsi que les relations qui existent entre eux. Interpréter l'image revient à introduire le raisonnement pour parvenir à l'explication des structures présentes. Deux éléments fondamentaux doivent être considérés : l'échelle d'apparition des phénomènes et la résolution de l'image.

Il convient donc dans toute approche introduisant l'imagerie satellitaire, de tirer parti des propriétés spatiales et spectrales de l'image, en n'omettant pas d'y associer un « répertoire » des associations nécessaires à l'identification des objets en présence.

Dans le cas de l'étude présentée, une typologie en groupes homogènes a été recherchée afin de déterminer une nomenclature prenant en compte différents types de bâti urbain. Cette qualification des surfaces permet de caractériser différents types d'habitat et par voie de conséquence les caractéristiques de répartition de population associée. En effet il semble probable que les zones d'habitat pavillonnaire soit moins peuplées que celles de grands ensembles ou de bâti de centre urbain. Ces aspects peuvent être évalués en utilisant les surfaces de bâti mises en évidence dans un modèle de répartition, créant ainsi un lien entre population et type de bâti. Les zones ainsi définies, peuvent ensuite être utilisées dans l'interpolation spatiale en tant que zone de référence agissant en terme de restriction spatiale. Le lien entre le bâti ou les types de bâti et la répartition de la population permet d'envisager l'interpolation spatiale selon une répartition soit uniforme, quel que soit le type de bâti, soit modulée en fonction des différents types de bâti. Les valeurs obtenues suivent une transformation à deux niveaux : la valeur associée au référentiel spatial « source » (correspondant à la population par quartier INSEE en 1990 en l'occurrence) est désagrégée selon un modèle de répartition puis elle est interpolée en tenant compte d'une restriction spatiale, pour enfin être réagrégée selon un référentiel « cible » (correspondant aux quartiers INSEE de 1982), ce qui facilite les comparaisons intra-urbaines.

3. D'UN RÉFÉRENTIEL SPATIAL À L'AUTRE

Pour pouvoir ainsi passer d'un référentiel à l'autre, plusieurs étapes méthodologiques se sont succédées : les traitements d'image afin d'individualiser les zones de bâti, la superposition des données spatiales correspondant aux découpages INSEE des recensements de 1982 et 1990, la mise au point du modèle de répartition de la population de 1990 en fonction du bâti ou des types de bâti, la désagrégation des valeurs par interpolation avec restriction spatiale, puis l'agrégation selon un autre référentiel et la validation des résultats.

Les données utilisées sont de deux types :

– *Informations satellitaires* :

Données SPOT2 HVR1 multispectrales, du 17/09/90,
KJ 51/252, angle 12,5°W, 11,6° ;

– *Informations socio-économiques* :

Données des recensements INSEE de 1982 et 1990 sur l'aire urbaine de Strasbourg associées à leurs référentiels spatiaux.

Afin de réaliser l'analyse de comparaison entre les deux dates de recensement, un résultat de classification d'image est nécessaire. Celui-ci doit servir de base à la constitution du modèle de répartition. L'hétérogénéité du milieu urbain et les caractéristiques des dimensions du bâti résidentiel notamment en Europe, nécessitent de trouver une approche qui tienne compte à la fois de la précision géographique permettant les superpositions de fonds de plan et d'une segmentation d'image diminuant les faiblesses dues à l'hétérogénéité du paysage urbain.

L'approche zonale, en matière de classification supervisée (*Stepwise discriminant analysis*, BMDP) semble être un moyen intéressant pour ce faire (Michel, 1990, Weber et Hirsch, 1991), cependant la fusion d'une image classée zonale et d'une image classée « pixel » c'est à dire selon une organisation pseudo-continue (Weber *et al.*, 1993, 1994) permet d'améliorer encore les résultats. Cette fusion consiste à conserver les classes de bâti dominant obtenues selon la classification zonale et à en affecter les pixels de bâti localisés selon l'organisation pseudo-continue (Figure 2). Les tableaux 1 et 2 présentent les matrices de confusion selon les résultats zonaux et selon l'organisation pseudo-continue. Ces résultats sont suffisamment proches pour que la perte d'information introduite par la fusion soit considérée comme négligeable.

La superposition de l'image classée avec les référentiels cartographiques a été obtenue par correction géométrique au premier degré.

Le modèle de répartition de la population de 1990 et des différents types d'habitat correspond à une régression multiple de forme

Tableau 1 – Classification – procédure pseudo-continue

	1	2	3	4	5	6	Somme
1. Surface de bâti dense	221	16	7	10	1	2	257
2. Surface de bâti collectif	2	20	5	12	0	0	39
3. Surface de bâti pavillonnaire	8	3	90	0	10	0	111
4. Surface minérale	0	8	0	285	0	0	293
5. Surface de végétation	0	6	0	0	545	0	551
6. Surface en eau	2	0	0	0	0	70	72
Somme des pixels	233	53	102	307	556	72	1 323

Diagonale de la classification : ratio, $Dn/\sum n = 96/117 = 93 \%$.

Tableau 2 – Classification – procédure zonale

	1	2	3	4	5	6	Somme
1. Surface de bâti dense	38	0	3	1	0	1	43
2. Surface de bâti collectif	0	2	0	0	0	0	0
3. Surface de bâti pavillonnaire	3	0	15	3	0	1	22
4. Surface minérale	0	0	3	20	0	0	23
5. Surface de végétation	3	0	2	0	14	1	20
6. Surface en eau	0	0	0	0	0	7	7
Somme des pixels	44	2	23	24	14	10	117

Diagonale de la classification : ratio, $Dn/\sum n = 96/117 = 82 \%$.

$$y' = A1 B1 + A2 B2 + A3 B3 \quad (1)$$

ce qui correspond à

$$y' = 1,35 * B1 + 1,29 * B2 + .015 * B3 \quad (2)$$

$$R^2 = .586$$

où

B1 correspond au bâti dense,

B2 aux ensembles collectifs,

B3 au bâti pavillonnaire.

Le modèle ajusté selon un ratio proportionnel à la population réelle (Weber et Hirsch, 1994) appelé coefficient de correction « Cj » (j étant l'unité spatiale prise en compte), permet de diminuer les sous-estimations liées notamment à l'habitat collectif où la population est toujours délicate à estimer, et les surestimations liées aux pixels mal classés (problème de couverture de toits notamment).

Le tableau 3 présente les résultats de cette interpolation, pour laquelle les résidus sont relativement faibles (la majorité sont en effet inférieurs à 20). Les sommes totales sont similaires (362 410 contre 362 232), le RMSE¹ est égal à 39. Les unités 2 et 5 présentent des aberrations car l'une est une enclave de l'autre, seul un chiffre de population ayant été fourni sans connaître la répartition réelle de la population, la conservation du dénombrement global a été favorisée. Un bon compromis s'avère dans ce cas délicat.

Une « image de l'intensité d'occupation de l'habitat » est obtenue par le produit du coefficient de correction « C_j » et le coefficient du type d'habitat « A_i ». Le plan d'intensité d'occupation de l'habitat correspond à la désagrégation de l'information initiale, il peut donc servir de clé à la répartition de la population. La phase d'agrégation, dont le but est de reconstituer l'information initiale (population) en fonction du référentiel de 1982 peut donc être entreprise.

4. LA VALIDATION DES RÉSULTATS

4.1. Validation statistique

Avant de comparer les évolutions de population par quartier, deux vérifications ont été faites sur des unités invariantes entre les deux recensements de 1982 et 1990 :

– d'une part pour comparer les résultats méthodologiques obtenus avant (1) et après correction (2) avec ceux issus d'une manipulation de superposition usuelle (*overlay*) en fonction des zones d'habitat uniquement (3) (Tableau 4a). Les résultats sur le référentiel initial confortent notre approche de restriction à l'habitat de la surface à interpoler ;

– d'autre part, pour comparer les résultats après le changement d'échelle d'analyse, c'est à dire après agrégation, en additionnant les valeurs correspondant aux unités spatiales de 1982 composant au plus près l'unité initiale de 1990 (les quartiers de 1990 étant plus importants que ceux de 1982). Les résultats sont là aussi intéressants, il semble que l'interpolation aréale complexe en fonction des catégories de bâti permettent une meilleure conservation des valeurs lors de l'agrégation selon un référentiel différent (Tableau 4b).

Il est possible de constater que pour les unités comparables les résultats sont tout à faits satisfaisants et qu'il est envisageable de considérer la méthode d'interpolation aréale sous restriction spatiale comme susceptible d'être utilisée dans ce cas de figure.

1. Root Mean Square Error (erreur quadratique moyenne).

Tableau 3 – Résultats du modèle d'interpolation aréale

Unités spatiales 1990	Population observée	Population estimée	Résidus
1	12 843	12 824	19
2	4 527	4 336	191
3	10 571	10 555	16
4	6 171	6 165	6
5	4 528	4 714	- 186
6	7 271	7 267	4
7	5 094	5 094	0
8	0	0	0
9	5 699	5 697	2
10	5 377	5 377	0
11	5 366	5 363	3
12	6 536	6 533	3
13	13 336	13 332	4
14	8 329	8 322	7
15	7 467	7 463	4
16	15 381	15 379	2
17	5 574	5 572	2
18	5 255	5 253	2
19	5 619	5 613	6
20	11 164	11 162	2
21	5 532	5 331	1
22	6 488	6 481	7
23	7 809	7 804	5
24	4 779	4 776	3
25	9 039	9 034	5
26	7 433	7 430	3
27	5 333	5 331	2
28	8 256	8 259	- 3
29	10 559	10 557	2
30	13 225	13 220	5
31	8 958	8 957	1
32	11 080	11 070	10
33	10 341	10 334	7
34	5 144	5 140	4
35	6 796	6 793	3
36	14 264	14 254	10
37	6 198	6 196	2
38	4 982	4 977	5
39	10 202	10 197	5
40	5 316	5 316	0
41	7 172	7 171	1
42	6 206	6 205	1
43	5 679	5 678	1
44	7 322	7 317	5
45	7 281	7 281	0
46	5 939	5 939	0
47	8 142	8 132	10
48	6 838	6 831	7
Moyenne	7 550,4	7 546,5	

Tableau 4-a – Tests de comparaison sur les unités spatiales de 1990

Unités spatiales N°/ref. 90	Population observée	Population 2 estimée après correction	Population 3 estimée en fonction du bâti
1	12 843	12 824	12 740
3	10 571	10 555	10 474
7	5 094	5 094	5 085
13	13 336	13 332	13 333
14	8 329	8 322	8 235
18	5 255	5 253	5 216
24	4 779	4 776	4 747
27	5 333	5 331	5 312
29	10 551	10 557	10 525
30	13 225	13 220	13 199
36	14 264	14 254	14 258
37	6 198	6 196	6 154
39	10 202	10 197	10 054

Tableau 4-b – Tests de comparaison selon les unités spatiales de 1982 INSEE

Unités spatiales N°/ref. 82	Unités spatiales N°/ref. 90	Population estimée après correction	Population estimée en fonction du bâti	Superposition simple
26/29	1	12 709	12 946	12 899
73	3	10 555	10 600	10 635
28	7	5 094	4 655	4 809
32	13	13 332	13 802	13 354
6/7/27	14	8 321	8 335	6 808
72	18	5 253	5 527	5 464
45/48/49	24	4 791	4 884	5 326
2/3/8/9/14	27	5 026	4 998	3 672
17/18/19	29	10 603	10 578	10 419
20/21	30	12 974	12 976	12 978
41/46	36	13 853	13 861	13 737
55	37	6 196	6 318	6 090
74	39	10 197	10 326	10 261

4.2. Validation et comparaison spatiale

Afin d'avoir un aperçu des évolutions démographiques sur Strasbourg et sa proche couronne, les comparaisons entre les deux

recensements peuvent être faites. Les premiers résultats sont cohérents avec les tendances de développement de la population en 1990. On remarque notamment la poussée des quartiers ouest de la ville, par densification du tissu urbain ou mutation des espaces laissés libres comme les entrepôts, les arrière-cours. Les zones de grands ensembles à l'ouest ou au sud-est correspondent aux politiques d'accès au logement entreprises depuis quelques années. La réhabilitation de bâtiments notamment des logements sociaux favorise l'accroissement de population dans ces quartiers. Les quartiers du Nord sont en pleine essor résidentiel, les petits collectifs et l'habitat individuel se diffusent dans un tissu attractif lié à la proximité de la forêt de la Roberstau et au cachet traditionnel des bâtiments (ancienne fermes, maisons de maraîchers). Les zones périphériques sud semblent aussi en forte croissance de population, cependant la circonspection est de mise car les franges urbaines de ce type à forte présence végétale avec parfois des sols nus sont souvent des lieux où les résultats de traitements d'images sont moyennement satisfaisants. (Figures 3a et b)

CONCLUSION

L'imagerie satellitaire peut dans bien des cas répondre à des objectifs ayant trait à l'estimation de population (Dureau *et al.* 1989), tout comme la photographie aérienne (Lo 1990, Collins et El Beik 1971). La possibilité de distinguer plusieurs types d'habitat introduit une notion de répartition de la population beaucoup plus proche de la réalité. L'hypothèse de répartition uniforme sur un espace homogène ne correspond pas, de prime abord, à une solution raisonnable dans le cas d'étude urbaine.

L'approche méthodologique présentée a permis de pallier la limitation d'accès aux données du recensement de 1990 due à l'application de la loi sur la liberté de l'individu face à l'informatique. Plusieurs conclusions sont à tirer de cette étude :

– d'une part il est intéressant d'utiliser les apports complémentaires de deux méthodes de traitements d'images (discrète zonale et pseudo-continue) pour s'assurer de l'homogénéité thématique des résultats ; elles mettent en évidence les structures intra-urbaines caractérisant les différents quartiers et la précision géométrique de leur localisation ;

– d'autre part la stabilité des résultats obtenus après agrégation et changement de référentiel d'analyse, d'après les unités spatiales témoins, ouvre des perspectives de maîtrise de l'information au cours d'un processus « agrégation/désagrégation » tout à fait intéressant. Ceci nécessite néanmoins l'élaboration d'un cheminement de validation cartographique et statistique à développer.

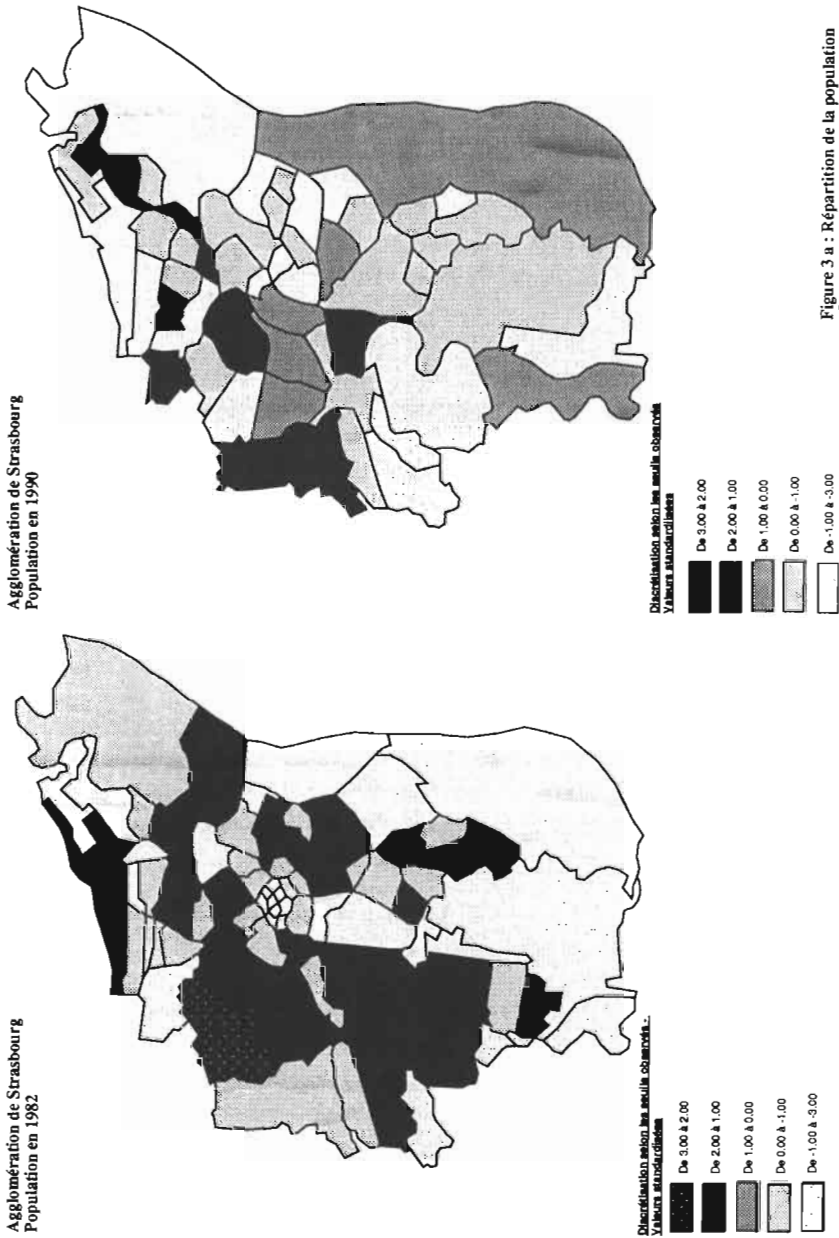


Figure 3 a : Répartition de la population
(C. Weber 1994)

Bien entendu une des limites fondamentales reste dans ce contexte l'impossibilité de valider exactement les résultats obtenus ; cependant le gain apporté par la continuité des informations correspondant à une connaissance spatiale antérieure reste un acquis important dans toute analyse du système urbain.

X

L'AVÈNEMENT DE LA VILLE ET LE RENOUVEAU STATISTIQUE

Jean-Paul BLANDINIÈRES

Le développement de l'appareil statistique français est étroitement associé à la pratique de la planification. Cette dernière est née de l'effort de reconstruction de l'après guerre et elle lui survivra presque un demi-siècle. Elle va modeler la culture statistique de notre pays en privilégiant les travaux macro-économiques qui fournissent des données de cadrages pour les politiques sectorielles et nationales. Considérée comme le fleuron de notre système statistique, la comptabilité nationale, surdimensionnée et sous utilisée, mais jamais remise en cause, témoigne de cette influence. Pourtant depuis dix ans les choses ont bien changé. Les dispositifs sophistiqués de projections macro-économiques de moyen terme n'ont pas passé l'épreuve des crises structurelles, l'un après l'autre ils ont été abandonnés, tout comme la planification d'ailleurs. La tentative de reconversion de la comptabilité nationale en outil d'information sur l'environnement se dissout dans un débat hermétique sur la valorisation du patrimoine naturel, sans toutefois réussir à nous convaincre que l'on peut se passer de la dimension spatiale, lorsqu'on dresse l'inventaire de nos écosystèmes, ou lorsqu'on évalue les effets de la pollution industrielle. L'évidente importance du thème de l'innovation technologique fait émerger des approches statistiques nouvelles, mettant en œuvre des traitements de données micro-économiques. Enfin une catégorie fait irruption dans l'approche statistique de l'économie et du social, celle de la *ville*.

Occultée par l'utilisation traditionnelle du concept *urbain*, la *ville* ne constituait pas une catégorie prise au sérieux par les statisticiens. Cependant il devint peu à peu impossible de maintenir la symétrie entre un espace rural vidé de sa substance et un espace

urbain qui concentre la majeure partie des forces productives et des problèmes sociaux. La ville acquit d'abord une notoriété sociologique, puis politique, elle obtint son ministère. Malgré les pesanteurs et les inerties, la *statistique urbaine* émerge d'un ensemble de travaux liés à la fois au monde de la recherche, de la gestion publique, mais aussi de la gestion privée. Toutefois la statistique officielle conserve une attitude très timorée, elle ne semble pas avoir perçu la nécessité d'une force de coordination assurant la cohérence des *systèmes d'information sur la ville*. Il est pourtant clair que l'édification d'une *statistique urbaine* permettrait de valoriser un acquis qui est aujourd'hui pétrifié dans une statistique macro-économique vieillissante, tout en favorisant de nouveaux développements correspondant au vaste champ des possibilités qu'offre maintenant l'informatique visuelle.

Si l'on doutait encore de l'avènement d'une *statistique de la ville*, il suffirait de considérer l'offre logicielle en matière d'informatique visuelle pour se convaincre du contraire. Les outils informatiques pour le traitement géographique abondent, la scannérisation et la numérisation sont à la portée de tous, seules les données statistiques posent problèmes. N'ayant pas été conçues pour ce type d'utilisation, leur géocodage est difficile et coûteux. Pire encore, leurs concepteurs, étrangers à ces innovations, ont du mal à comprendre l'utilisation qui en est faite, alors qu'ils auraient tout à gagner d'une intégration de ces nouvelles technologies dans les processus de production.

1. ASSEOIR LE RENOUVEAU STATISTIQUE SUR L'EXISTANT

Le savoir-faire lié au développement de l'activité statistique s'est concentré dans deux domaines particuliers, celui des *outils statistiques* et celui des *méthodes*. En matière d'outils, la France a su développer à la fois des opérations traditionnelles, comme les *recensements*, et des instruments innovants comme les *répertoires statistiques*, basés sur une coopération interadministrative destinée à améliorer la qualité des prestations du service public. Les méthodes ont mis l'accent sur la clarté conceptuelle et l'universalité des classifications, favorisant ainsi la constitution d'un véritable *système statistique* articulé et cohérent.

1.1. Les instruments

L'universalité des instruments de base en fait des outils indispensables à la production et à la gestion de l'information sur la ville. Deux grands dispositifs de l'appareil statistique sont particu-

lièrement adaptés aux nécessités nouvelles: les recensements de la population et les répertoires d'entreprises et d'établissements.

Les recensements de la population constituent le lien privilégié entre le système statistique et les communes. Non seulement en raison de la nature de l'information qu'ils collectent, mais aussi parce que leur mise en œuvre induit une coopération avec les municipalités, ouvrant ainsi des canaux de communication aptes à capter les nécessités locales en matière d'information. Ces opérations font maintenant l'objet de travaux connexes, particulièrement orientés vers une approche de la morphologie urbaine. Le plus connu est sans doute la constitution d'une table de passage des adresses aux îlots, REPLIC, qui est aujourd'hui couplée avec une numérisation de la cartographie infra-communale. On dispose ainsi d'une description de la population résidente et de son habitat, au niveau le plus fin, mobilisable dans une logique de SIG. Les inventaires d'équipements communaux et urbains, enregistrant l'offre de services, sont des compléments judicieux aux sources démographiques.

Les répertoires d'entreprises et d'établissement se présentent comme une interface entre le tissu économique et le tissu urbain. SIRENE permet une localisation « à l'adresse » des établissements et de leurs principales caractéristiques, offrant ainsi la possibilité d'une caractérisation de l'utilisation économique de l'espace urbain.

1.2. Les méthodes

La méthodologie statistique est basée sur la clarté et la précision conceptuelle, ainsi que sur la normalisation, démarches qui associent communication et comparabilité.

L'approche propre à la statistique, qui consiste à classer les objets et leurs caractéristiques, suivant des critères prédéterminés et en relation avec des nomenclatures préexistantes, s'oppose à l'approche géographique, basée sur une description ouverte, moins adaptée à une problématique de gestion publique ou d'étude de marché. Son introduction dans les techniques d'analyse de l'espace urbain constitue véritablement l'avènement d'une statistique de la ville.

La normalisation, quant à elle, est à l'origine de la constitution des systèmes d'information qui optimisent l'utilisation des gisements primitifs de données, dans la perspective d'une finalité multiple. La normalisation, qui universalise les méthodes de production et d'analyse, consacre l'émergence d'une véritable culture statistique. En dépit d'un certain nombre d'efforts fédérateurs, la production et l'utilisation de l'information sur la ville constituent, en

France, un secteur largement balkanisé. Il est le reflet d'une absence de coordination entre les diverses initiatives.

Le moment semble venu de rassembler les expériences existantes et de leur donner un écho nouveau, basé sur une décantation des méthodes qui devrait dégager l'universalité des principales démarches et en particulier de celles qui contribuent à *l'analyse du tissu urbain*.

2. L'EXPÉRIENCE EN MATIÈRE DE SYSTÈMES D'INFORMATION SUR LA VILLE

L'évolution des systèmes d'information sur la ville est fortement marquée par le développement de l'outil informatique. En effet, l'apparition de progiciels permettant une gestion visuelle des données, puis leur adaptation au monde de la micro-informatique, ont eu un effet décisif sur le développement des systèmes d'information urbains.

2.1. Les banques de données urbaines lourdes

Les premières expériences furent fortement marquées par la culture « grosse informatique centralisée », en effet, elles consistaient souvent à loger sur un site unique, un ensemble de couches d'information, à partir du niveau le plus fin, généralement celui des données cadastrales, dans une logique de zones et de réseaux, le tout ayant une finalité de gestion publique. Chaque utilisateur disposant d'un accès sélectif aux couches, suivant ses besoins.

Cette façon de procéder présente une série d'inconvénients. Parmi les plus saillants on peut citer : délais de constitution de l'ensemble des couches souvent aggravés par la numérisation de la cartographie ; faible implication des utilisateurs dans le projet qui, en raison de sa taille, leur reste souvent étranger ; manque de ciblage de la base de données qui prétend satisfaire un vaste champ d'applications.

Il faut toutefois reconnaître que ces tentatives ont eu la vertu de développer une culture de la *gestion visuelle des données*. Cette dernière a été favorable à une évolution des techniques et des outils et a permis l'émergence des *SIG légers*.

2.2. L'avènement des SIG légers

Ce sont les applications relevant du *géo-marketing* qui ont donné un élan nouveau aux systèmes d'information urbains. Desti-

nées à optimiser les organisations commerciales de réseau par une meilleure connaissance des zones de chalandises, ces études sont nées de la problématique d'amélioration des services bancaires et concerne aujourd'hui un grand nombre de secteurs : la grande distribution, les assurances, la restauration rapide, les loisirs, l'affichage publicitaire, la presse quotidienne régionale, le commerce des biens durables de consommation grand public, etc. Ces études reposent toutes sur la constitution de bases de données légères et ciblées, gérées sur des sites microinformatiques et sous Windows ou UNIX.

Ces développements ont mis en évidence la possibilité de mettre à disposition d'utilisateurs individuels un ensemble de données parfaitement ciblées et gérées dans une logique de SIG, sans avoir besoin de moyens informatiques lourds ou de projets de longue haleine. Ils constituent un tournant important dans l'évolution des systèmes d'information urbains.

2.3. Une prospective de l'évolution des systèmes d'information urbains

Bien que majoritairement cantonnés au domaine du géomarketing, les SIG légers peuvent, dans un futur proche, s'étendre à d'autres domaines, par exemple celui des *études d'impacts*. On disposera bientôt de produits informatifs de cadrage sur la population, les activités économiques et les équipements urbains¹, ils pourraient inclure dans un développement complémentaire des données d'environnement.

L'extension de l'utilisation des SIG, au-delà du champ des travaux d'étude, en les appliquant par exemple aux problématiques de gestion, reste encore incertaine. Toutefois la vulgarisation du repérage par satellite pourrait entraîner un ensemble de développements dans ce domaine.

L'ensemble de ces applications devrait avoir des conséquences en matière de gestion publique. En effet il est maintenant possible de se passer des bases de données locales centralisées à préention exhaustive, et de les remplacer par des systèmes d'informations légers dédiés à chaque utilisation. Ils sont considérablement moins coûteux et leur développement peu être pris en charge directement par les utilisateurs.

Il faut donc s'attendre à l'émergence d'une demande de données sur la ville plus complexe quant à la nature de l'information et plus exigeante en matière de cohérence. Seul un système statistique urbain pourra la satisfaire pleinement.

1. L'INSEE commercialisera dès septembre 1994, la gamme de produits IRIS spécialement conçue pour les études de *géomarketing*.

3. L'ÉDIFICATION D'UN SYSTÈME STATISTIQUE URBAIN

Le concept de *tissu urbain* constitue l'épine dorsale de tout système d'information sur la ville, il se présente comme l'ensemble des « *objets urbains* », bâtiments, parcelles, voirie, etc. Chacun de ces objets peut être mis en relation avec un groupe de caractéristiques liées à leur structure. L'ensemble des valeurs de ces caractéristiques définit un état du tissu urbain ou « *morphologie urbaine* ».

L'hypothèse forte de l'approche statistique de la ville est que la *morphologie urbaine* est liée à d'autres phénomènes tels que : les caractéristiques socio-économiques des populations, l'utilisation économique du sol, les pressions sur les capacités des services publics, les agressions faites à l'environnement, etc.

3.1. Pour une approche statistique du tissu urbain

Le tissu urbain constitue l'axe autour duquel s'articulent tous les domaines qui, dans une ville, sont susceptibles d'être l'objet d'études statistiques. C'est pour cela que la mise au point de techniques statistiques pour son observation et son analyse apparaît comme inévitable.

3.1.1. Nature d'une approche statistique du tissu urbain

L'originalité d'une approche statistique du tissu urbain, allant de pair avec une approche géographique, réside dans la définition et la classification des concepts qui sous-tendent une description de la morphologie urbaine. Elle est basée à la fois sur les caractéristiques physiques des objets urbains et sur leur destination ou fonctionnalité. Ainsi un énorme travail reste à faire dans le domaine des nomenclatures associées aux objets urbains, semblable à celui qui a été réalisé, dans le cadre de la statistique économique, sur les unités productives.

3.1.2. Techniques d'appréhension de la morphologie urbaine

Une fois répertoriés les concepts et les variables qui participent de l'analyse du tissu urbain, la détermination de la morphologie urbaine peut se faire par des observations directes de type enquête ou même recensement, c'est-à-dire en utilisant des méthodes que domine pleinement la statistique traditionnelle. Mais on peut aussi avoir recours à la photo-interprétation d'images aériennes ou satellitaires. Dans ce dernier cas le traitement des données numériques est largement inspiré des modèles mathématiques de la statistique théorique.

3.2. Synthèses thématiques sur le tissu urbain

L'étude du tissu urbain et de sa morphologie obéit à une finalité thématique qui prend la forme de représentations synthétiques dont les plus courantes sont les stratifications et les découpages de l'espace urbain en zones homogènes suivant un sous-ensemble de critères retenus en fonction du thème abordé. Là encore, il sera fait appel aux méthodes mathématiques de classification et d'analyse des données.

Le but de ces synthèses est double, fournir des représentations spatiales thématiques : utilisation du sol, carte d'offre et de demande de services publics, de pollution urbaine, de catégorisation de zones de chalandises, etc. Mais elles peuvent aussi servir de cadre à la production rapide d'information ou à la mise au point d'une stratégie de communication commerciale, car elles fournissent une optimisation de l'espace urbain permettant un meilleur ciblage. Dans ce dernier cas, on aura au préalable isolé les concepts associés au tissu urbain qui ont la meilleure corrélation avec les thèmes envisagés. La stratification permet alors d'optimiser les sondages aréolaires, ou d'isoler les zones cibles de l'action de communication.

Il est désormais clair que l'édification d'une statistique urbaine s'inspirera largement de toutes les méthodes mises au point dans le cadre de la statistique économique et sociale, aussi bien dans le domaine de la mathématique, (analyse des données, théorie des sondages, économétrie, etc.), que de la pratique (classifications, nomenclatures, organisation de la collecte des données, etc.). Il est un point cependant sur lequel statistiques urbaines et statistiques économiques divergent : la nature des systèmes d'information qu'elles nourrissent.

4. LES SYSTÈMES D'INFORMATION URBAINS

Les systèmes d'informations urbains constituent la finalité de l'action statistique dans le cadre de l'observation des villes. Bien que leur démarche générale rappelle celle des systèmes d'information macro-économiques, c'est-à-dire rassembler dans un même cadre un ensemble de données éparses pour les mettre à la disposition des décideurs, ils possèdent toutefois de nombreux points de divergences.

4.1. Les systèmes d'information urbains offrent une large palette d'applications

Alors que les systèmes d'information macro-économiques sont presque exclusivement destinés à la prise de décisions dans le cadre de la politique économique, les systèmes d'information urbains déclinent une gamme importante d'utilisation. Tous les aspects de la gestion locale, allant du social à l'environnement, en passant par le foncier, la gestion des réseaux, les services publics et bien d'autres domaines, peuvent être l'objet de développement sur la base de SIG. A ces applications il faut rajouter toutes celles liées au geo-marketing, qui bien entendu relèvent de la gestion privée. Cet éclectisme dans les possibilités offertes par les systèmes d'informations urbains révèle leurs deux principales caractéristiques : l'ouverture et la plasticité.

4.2. Les systèmes d'information urbains sont avant tout ouverts et plastiques

La statistique socio-économique traditionnelle nous a habitués à une finalité définie en terme de *modèles*. Le plus célèbre est sans doute celui de la comptabilité nationale. Ces *modèles* sont porteurs de certaines caractéristiques que la pratique tend à faire perdre de vue.

La prétention de globalité du *modèle* contraint l'utilisateur à manipuler des variables macro-économiques obtenues par sommation sur les individus ou unités élémentaires d'observation, lesquelles ne sont plus accessibles au niveau du produit final.

Le *modèle* s'appuie sur une vision doctrinaire de la réalité observée, présupposant ainsi des lois ou « comportements », ce qui réduit le champ qui pourrait être laissé à l'induction.

Toute modification, même marginale, du *modèle* est un processus complexe qui se met généralement en œuvre uniquement lors des opérations lourdes de changement de base.

L'utilisation de l'information transmise par le *modèle* est donc limitée, contrainte par un cadre rigide. Toute tentative d'application du *modèle* hors du champ initialement prévu implique un apport de données exogènes qui entrent généralement en conflit avec celles qu'il contient déjà. En effets ces dernières sont généralement ajustées sur la base « d'arbitrages » qui assurent une cohérence interne, mais qui interdisent toute intégration d'éléments nouveaux.

En matière de systèmes d'informations urbains, il en va tout autrement, le développement doit s'opérer hors de toute logique de modèle comptable rigide. Au contraire il donne priorité à l'intégration d'informations extérieures au système. Il faut donc concevoir

une architecture modulaire, pourvue d'interfaces capables de compatibiliser des éléments nouveaux donc non-prédéfinis.

En second lieu le système doit pouvoir évoluer vers des applications nouvelles. Cette plasticité se manifeste dans la diversité des supports, formes, modes de captation et de restitution de l'information. Ceci est rendu possible par l'immersion dans un environnement informatique qui cesse de n'être qu'un démultiplicateur de capacité de calcul pour devenir une véritable culture de travail.

4.3. Une armature conceptuelle et normative forte et transparente

La plasticité et l'ouverture du système vont de pair avec une armature conceptuelle et normative forte. En effet, c'est parce qu'il est capable d'identifier les concepts, de les classer, de les codifier, que le système peut communiquer avec des sources d'information exogènes, intégrer des données nouvelles sans perdre sa cohésion. C'est en raison de sa transparence conceptuelle qu'il peut être mis à profit par des utilisateurs poursuivant des finalités différentes.

Pour atteindre ces deux objectifs qui peuvent apparaître antinomiques, ouverture et plasticité d'une part, cadre conceptuel et normatif d'autre part, il convient de respecter un certain nombre de principes parmi lesquels :

- pour chaque concept répertorié le système doit être capable d'assimiler toute information s'y rapportant ;
- à partir d'un niveau géographique élémentaire, le choix des stratégies d'agrégation est laissé à l'utilisateur ;
- le système doit se prêter à toute forme d'analyse des données existantes ;
- le système contient un modèle de méta-information qui en assure la transparence et qui permet de documenter dynamiquement tout type de restitution.

CONCLUSION

En France et dans le monde, le devenir des sociétés est totalement conditionné au phénomène urbain, ce phénomène vient de recevoir une reconnaissance officielle de l'OCDE¹. Il est donc temps de faire sortir de la clandestinité une discipline qui s'est imposée malgré l'immobilisme de « l'establishment statistique », la statistique urbaine.

1. *Cities and the New Global Economy, OECD-Australia Conference, 20-23 novembre 1994.*

La statistique macro-économique traditionnelle devient de plus en plus insuffisante à rendre compte de l'évolution d'une économie dans laquelle la concurrence pour la captation des investissements s'exerce plus entre des villes qu'entre des nations, qui s'intègrent au sein d'unions douanières. Le secteur privé ne s'y est pas trompé. Les efforts qu'il développe pour mieux connaître les marchés et optimiser ses positions prennent appui sur des systèmes d'informations urbains.

ANNEXES

1. Logiciels

Les tableaux présentés ci-après sont issus d'une recherche d'information menée par F. Pelletier (ORSTOM) entre 1989 et 1991.

Dans le domaine des *Systèmes d'Information Géographique*, l'information est basée sur :

- des informations fournies par Patrice Boursier (Université d'Orsay) et Salwa Fathallah (Institut Français d'Urbanisme);
- le livre de H. Pornon, « Systèmes et Logiciels – Cartographie assistée par ordinateur » ;
- le document « Mise en œuvre de systèmes urbains », publié par le STU en 1989 ;
- la participation à des colloques ;
- des démonstrations de logiciels.

La recherche des logiciels de *téledétection* s'est faite à partir des informations contenues dans le « Guide de la téledétection » de 1989. Après vérifications, cette liste s'est révélée ne plus correspondre aux offres actuelles du marché. La collaboration de Monsieur Darteyre (GDTA) a permis la mise à jour de la liste initiale.

La recherche d'information a permis d'identifier et recueillir l'information relative à 13 systèmes de traitement d'image et 44 systèmes d'information géographique. Il est possible que quelques logiciels aient échappé à notre recherche. D'autre part, l'information relative à certains logiciels est demeurée incomplète, en dépit de nos demandes de renseignements auprès des distributeurs.

Pour de plus amples informations sur chacun des logiciels répertoriés, le lecteur pourra se reporter au Document n° 2 du réseau ADOC, réalisé par F. Pelletier, « Outils de traitement des données urbaines. Logiciels », dont sont issus les tableaux présentés ci-après. Dans cette publication, chaque logiciel fait l'objet d'une fiche, présentant les principales caractéristiques du logiciel : noms du logiciel, du distributeur et de l'auteur ; état et coût ; structure du fichier et rubriques possibles ; environnement matériel et logiciel ; utilisateurs et sources de l'information.

Nom Logiciel	Unité centrale			Orientation					Modules d'application						
	Gros système	Mini /station	Micro	Traitement image	SIG/SIU	Cartographie	Gestion interne	Modélisation	Calcul topo.	MNT	Voirie réseaux	Irrigation drainage	Carto. thématique	Statistiques	Planif. urbaine
VISILOG	•	•	•	•											
MAGELLAN		•		•	•					•			•		
MULTIMAGE		•		•											
OCAPI		•		•											
PLANETES		•		•											
TRIDYN		•	•	•											
VINCI		•	•	•											
BIGMAGE			•	•											
DIDACTIM			•	•											
ERDAS			•	•											
MULTISCOPE			•	•											
PC IMAGE			•	•											
TIMOR			•	•											
APIC	•	•			•				•	•	•		•	•	•
ARC INFO	•	•	•		•				•	•	•	•	•	•	•
AUTOCAD	•	•	•			•			•	•	•	•	•		
CARINE 2	•	•			•				•						
DEMETER	•	•			•				•	•	•	•	•	•	•
DOGS	•	•				•			•	•	•	•	•	•	•
GEOGRAPH	•	•	•		•	•			•	•	•	•	•		
GPG	•	•	•			•			•	•	•	•	•		•
STRINGS	•	•	•			•			•	•	•	•	•	•	•
XGEO	•	•			•	•						•	•		
ACDS		•			•	•					•		•		•
ARGIS 4GE		•			•										
ASCODES		•				•						•	•		
CADDS		•	•			•			•	•	•	•	•		
DIGICAD		•	•		•		•		•	•	•	•	•		•
DIGITOP		•	•			•			•		•	•	•		
ESPACE		•	•		•				•			•	•		

Nom Logiciel	Unité centrale			Orientation Modules d'application											
	Gros système	Mini /station	Micro	Traitement image	SIG/SIU	Cartographie	Gestion interne	Modélisation	Calcul topo.	MNT	Voirie réseaux	Irrigation drainage	Carto. thématique	Statistiques	Planif. urbaine
GEOCITY		•			•				•				•		
IMAP		•				•							•		
INFOCAM		•				•			•	•			•		
MARICA		•			•										
MICROSTATION		•	•		•	•			•	•	•	•			
MIKE 11			•					•			•				
PICCOLO		•	•				•	•			•				
PREFIX		•	•		•						•		•		
SAVANE		•			•				•				•		
SEUIL		•			•								•		•
SICAD		•	•			•							•		
SPANS		•	•		•										
STAR		•				•			•	•	•		•		•
SYNERGIS		•			•										
SYSTEME 9		•			•				•	•	•		•		•
TIM		•	•		•					•					
CARTO 2D			•			•							•	•	
EDICART			•			•							•		
GPMC			•			•									
MACMAP			•			•					•		•	•	•
MOUSE			•					•			•				
RESOCAD			•					•			•				
RICARDO			•			•							•	•	
THEMAP			•		•	•							•	•	
URBACAD			•				•								•
VIACAD			•				•				•				

SOCIETE DISTRIBUTRICE	LOGICIEL
AEsImage	DIDACTIM
ARGO INFOGRAPHIE	CARTO 2D
Association des Géographes de Haute-Normandie	EDICART
AUTOMATISME ET AVENIR INFORMATIQUE E	BIGMAGE MARICA MULTIMAGE SYNERGIS MULTISCOPE RICARDO GEOCITY PREFIX DEMETER ERDAS ARC/INFO APIC Atlas Permanent Informatique Communal OCAPI GEOGRAPH SEUIL Système d'Exploitation pour l'Urbanisme d'Informations Localisées CARINE 2 GPMC Graphique pour Petites et Moyennes Communes TRYDIN VINCI MICROSTATION/TIGRIS IMAP Intergraph Map Modeling System ASCODES MACMAP MAGELLAN VISILOG DIGICAD/INFOCAD PLANESTES SAVANE TIMOR DOGS CADD5 SYSTEME 9 MIKE 11 MOUSE PICCOLO RESOCAD URBACAD VIACAD THEMAP AUTOCAD SICAD Slemens Computer Aided Design TIM Territoire en Image DIGITOP X-GEO STAR CARTOGRAPHIE CX PCIMAGE ARGIS 4GE ESPACE STRINGS ACDS GPG Graphic Program Generator SPANS INFOCAM
BRGM	
CAP SESA REGIONS	
CERMA	
CLEMESY	
COFET	
DATA-CONSULTANT	
DIGITAL DESIGN	
ESRI FRANCE	
EURECART	
FLEXIMAGE	
GEOMESURE SA	
IAURIF	
ICOREM	
INFORGA	
INFOROP	
INTERGRAPH	
JS-INFO	
KLIK DEVELOPPEMENT	
MS2i	
NOESIS	
ON-X (GDI)	
ORSTOM	
PAFEC	
PRIME FRANCE	
SAFEGE	
SCE-SNEDA	
SETAM	
SIEMENS	
SIGEF	
SIRAP	
SPACIA	
STAR INFORMATIC	
TGM-IMAGES	
UNISYS	
URBICA SA	
URBIMAP	
WILD LEITZ FRANCE	

2. Institutions

1. DISTRIBUTION DE SIG OU DE LOGICIELS DE TRAITEMENT D'IMAGE

AEsImage

Miniparc - Innopole Voie 2
BP 302
31328 Labège Cedex
FRANCE

ARGO INFOGRAPHIE

177a, rue du Général-Gouraud
67210 Obernai
FRANCE

Association des Géographes de Haute Normandie

Université de Rouen
Institut de Géographie
BP 32
76130 Mont Saint-Aignan
FRANCE

Automatisme et Avenir Informatiques

6, rue de Champoreux
BP 63
91540 Menecy
FRANCE

BRGM

Bureau de Recherches Géologiques
et Minières
Avenue de Concy
BP 6009
45060 Orléans Cedex
FRANCE

CAP SESA RÉGIONS

8, rue Mesple
BP 1155
31036 Toulouse Cedex
FRANCE

CERMA

École d'Architecture de Nantes
Centre de Recherches
Méthologiques
d'Architecture et d'Aménagement
rue Massenet
44300 Nantes
FRANCE

CLEMESSY

18, rue de Thann
BP 2499
68057 Mulhouse Cedex
FRANCE

COFET INFORMATIQUE

CP 3004, Atlanpole,
Site de la Chantrerie
44087 Nantes Cedex 03
FRANCE

DATA CONSULTANT

19, rue Albert-Chabanon
13006 Marseille
FRANCE

DMS

Digital Matrix Service Inc
3191 Coral Way, suite 900
33145 Miami, Florida
USA

ESRI

Environmental Systems Research
Institute
20, rue du Château
75640 Paris Cedex 16
FRANCE

EURECART

9-15, avenue Paul-Doumer
92500 Rueil-Malmaison
FRANCE

FLEXIMAGE

43, rue de la Brèche-aux-loups
75012 Paris
FRANCE

GEOMESURE

73, avenue Carnot
BP 33
94234 Cachan Cedex
FRANCE

GM-IMAGES

12, boulevard Montfleury
06400 Cannes
FRANCE

IAURIF

Institut d'Aménagement et
d'Urbanisme de la Région
d'Ile de France
251, rue de Vaugirard
75740 Paris Cedex 15
FRANCE

ICOREM

117, avenue de Luminy
13900 Marseille
FRANCE

INFORGA

157, cours Berriat
38000 Grenoble
FRANCE

INFOROP

6, rue Amédée-Bollée
92508 Rueil Malmaison Cedex
FRANCE

INTERGRAPH

101, rue des Solets, Silic 578
94653 Rungis Cedex
FRANCE

JS-INFO

8, rue de la Maison-Rouge
Parc de Lognes
77185 Lognes
FRANCE

KLIK DÉVELOPPEMENT

6, rue Jean-Pierre-Timbaud
78180 Montigny-le-Bretonneux
FRANCE

MS2i

38, boulevard Paul-Cézanne
BP 235
78052 St-Quentin-en-Yvelines
Cedex
FRANCE

NOESIS

5 bis, rue du Petit-Robinson
78750 Jouy-en-Josas
FRANCE

ON-X (GDI)

15, quai de Dion-Bouton
92800 Puteaux
FRANCE

ORSTOM

Institut français de recherche
scientifique pour le développement
en coopération
70-74, route d'Aulnay
93143 Bondy
FRANCE

PAFEC

45 bis, route des Gardes
92195 Meudon
FRANCE

PRIME WILD GIS A.G.

Hohlstrasse, 192
8040 Munich
SUISSE

PRIME-COMPUTERVISION

1 bis, rue du Petit-Clamart
78140 Vélizy-Villacoublay
FRANCE

SAFEGE

Société Anonyme Française
d'Études et de Gestion
76-78, rue des Suisses
BP 727
92007 Nanterre Cedex
FRANCE

SCE-SNEDA

6, boulevard des Patureaux
44470 Sainte-Luce-sur-Loire
FRANCE

SETAM

2, rue du square Jean-Gilbert
Cressely
78470 St Rémy-les-Chevreuses
FRANCE

SIEMENS

39-47, boulevard d'Ornano
93527 St-Denis Cedex 2
FRANCE

SIGEF

Société Informatique
des Géomètres-Experts Fonciers
4-6, rue de Borromée
75015 Paris
FRANCE

2. FORMATION-RECHERCHE**EARSEL**

Association Européenne
de Laboratoires de Télédétection
BP 209
92108 Boulogne
FRANCE

CERCG

Centre d'Études et de Réalisation
Cartographiques
191, rue Saint-Jacques
75005 Paris
FRANCE

SIRAP

57, rue Berthelot
26000 Valence
FRANCE

SPACIA

5, rue des Colonnes-du-Temple
75012 Paris
FRANCE

STAR INFORMATIC

100, avenue du Président-Kennedy
75016 Paris
FRANCE

UNISYS FRANCE

Boulevard de l'Oise
95015 Cergy-Pontoise Cedex
FRANCE

URBICA

Les Mercuriales
93176 Bagnolet Cedex
FRANCE

URBIMAP

Strategy Center
21, avenue Saint-Fiacre
78100 Saint-Germain-en-Laye
FRANCE

Wild Leitz France

86, avenue du 18-juin-1940
92506 Rueil-Malmaison Cedex
FRANCE

CNES

Centre National d'Études Spatiales
2, place Maurice-Quentin
75039 Paris Cedex 1
FRANCE

CNFPT

Centre National de la Fonction
Publique Territoriale
3, ville Thoréton
75738 Paris Cedex 15
FRANCE

CNRS

Centre National de la Recherche
Scientifique
Centre de documentation
26, rue Boyer
75020 Paris
FRANCE

École d'Architecture de Nantes

Centre de Recherches
Méthologiques d'Architecture
et d'Aménagement
CERMA
rue Massenet
44300 Nantes
FRANCE

**École d'Architecture de Saint
Étienne**

1, rue Buisson
42000 Saint-Étienne
FRANCE

EHESS

École des Hautes Études
en Sciences Sociales
2, rue de la charité
13002 Marseille
FRANCE

EHESS-CAMS

École des Hautes Études en
Sciences Sociales
Centre d'Analyse et
de Mathématiques Sociales
54, boulevard Raspail
75006 Paris
FRANCE

**École Nationale Supérieure des
Mines de Paris**

Centre de Télédétection et
d'Analyse des Milieux Naturels
60, boulevard Saint-Michel
75272 Paris Cedex 06
FRANCE

ENSG

École nationale des sciences
géographiques
2, avenue Pasteur
BP 68 - 94160 Saint Mandé
FRANCE

ESTEC

European Space Research and
Technology Center
Keplerlaan 1
2200 Ag Noordwisk
PAYS-BAS

GDTA

Groupement pour le
Développement de la Télédétection
Aérospatiale
18, avenue Édouard-Belin
31055 Toulouse Cedex
FRANCE

GSTS de Strasbourg

Groupement Scientifique
Télédétection Spatiale
Pôle Innovation Ilkirch
Boulevard S.-Brandt
67400 Illkirch G.
FRANCE

GSTS de Toulouse

Groupement Scientifique
Télédétection Spatiale
39, allée Jules-Guesde
31400 Toulouse -FRANCE

IMAGEO

191, rue Saint-Jacques
75005 Paris
FRANCE

IFU

Institut Français d'Urbanisme
41, rue Albert-Einstein,
Cité Descartes, Champs-sur-Marne
77436 Marne-La-Vallée Cedex 02
FRANCE

ORSTOM

Institut français de recherche
scientifique pour
le développement en coopération
70-74, route d'Aulnay
93143 Bondy
FRANCE

INRIA

Institut National de Recherche en
Informatique et en Automatique
Domaine de Voluceau-
Rocquencourt-BP 105
78153 Le Chesnay Cedex
FRANCE

INSA

Institut National des Sciences
Appliquées
Laboratoire Informatique
20, avenue Albert-Einstein
69621 Villeurbanne Cedex
FRANCE

**Institut National des
Télécommunications**

9, rue Charles-Fourier
91000 Evry
FRANCE

ITC

International Institute for Aerial
Survey and Earth Sciences
boulevard 1945
Enschede
PAYS-BAS

**3. CENTRES
DE DOCUMENTATION****INTERURBA**

Université Paris I
162, rue Saint-Charles
75740 Paris Cedex 15
FRANCE

**Laboratoire de Micro-
Informatique**

Université de Rouen
Institut de Géographie
BP 32
76130 Mont Saint-Aignan
FRANCE

Maison de la géographie

17, rue Abbé-de-l'Épée
34000 Montpellier
FRANCE

SURFACES

Université de l'État de Liège
Département de Géographie
Place du XX-Août, 7, Bât. A1
B 4000 Liège
BELGIQUE

ULP

Université Louis Pasteur
Institut de géographie de
Strasbourg
Unité associée 902 CNRS
12, rue Goethe
67000 Strasbourg
FRANCE

UTC

Université de Technologie de Com-
piègne
BP 649 - 60206 Compiègne
FRANCE

Université de Paris-Sud

Laboratoire de recherche en
informatique
91405 Orsay
FRANCE

Villes en développement

Arche de la Défense
92055 Paris-La Défense Cedex4
FRANCE

4. MINISTÈRES

CERTU

Centre d'Études sur les Réseaux,
les Transports, l'Urbanisme et les
Constructions Publiques
Ministère de l'Équipement
9, rue Juliette-Récamier
69456 Lyon
FRANCE

Ministère de l'Environnement

Délégation à la Qualité de la Vie
14, boulevard du général-Leclerc
92524 Neuilly sur Seine
FRANCE

Ministère de la Coopération

Cellule Télédétection
20, rue Monsieur
75700 Paris
FRANCE

Ministère de la Coopération

Bureau du Développement Urbain
DEV/SCT/IUR
1 bis, avenue de Villars
75007 Paris
FRANCE

Ministère de la Recherche

Département Sciences de l'Univers
Cellule de Télédétection
1, rue Descartes
75231 Paris Cedex 05
FRANCE

Ministère de l'Éducation Nationale de la Recherche et des Sports

Bureau des Innovations
Pédagogiques et
des Technologies nouvelles
Cellule Télédétection
107, rue de Grenelle
75700 Paris

Ministère des Affaires Étrangères

Direction de la Coopération
Scientifique et Technique
du Développement
MAE/DCSTD
34, rue de la Pérouse
75775 Paris Cedex 16
FRANCE

5. COLLECTIVITÉS LOCALES

APUR

Atelier Parisien d'Urbanisme
9, rue Agrippa-d'Aubigné
75004 Paris
FRANCE

Communauté Urbaine de Lille

1, rue du Ballon
BP 749 - 59034 Lille Cedex
FRANCE

Communauté Urbaine de Lyon- Courly

20, rue du Lac
BP 103 - 69003 Lyon
FRANCE

Communauté Urbaine de Strasbourg

1, place de l'Étoile
BP 1049 - 1050 F
67000 Strasbourg
FRANCE

DCGTX-AUA

Agence d'Urbanisme d'Abidjan
BP 945 - Abidjan 04
COTE D'IVOIRE

IAURIF

Institut d'Aménagement et
d'Urbanisme de la Région
d'Ile de France
251, rue de Vaugirard
75740 Paris Cedex 15
FRANCE

Mairie de Toulouse
Cellule Télédétection
DTMG SIT
25, rue Valade - 35000 Toulouse
FRANCE

Mairie du Havre
Observatoire Population-Habitat
138, Bd de Strasbourg
76 600 Le Havre
FRANCE

6. ASSOCIATIONS, ORG. REPRÉSENTATIFS

AFIGEO
Asso. Française du Forum Internat.
de l'Instrumentation et
de l'Information Géographique
140, boulevard de Grenelle
75700 Paris
FRANCE

AIVF
Association des Ingénieurs des
Villes de France
Groupe sur les SIU
20, rue du Lac
BP 3103 - 69399 Lyon Cedex 03
FRANCE

**Association pour le
Développement de la Recherche
en Gestion de l'Information
Géographique dans les Pays
en Développement**
74, rue Vaneau
75007 Paris
FRANCE

CNIG
Centre National de l'Information
Géographique
140, rue de Grenelle
75700 Paris
FRANCE

**Comité Français de
Cartographie**
39 ter, rue Gay-Lussac
75005 Paris
FRANCE

SFPT
Société Française de
Photogrammétrie et
de Télédétection
2, avenue Pasteur
94160 Saint Mandé
FRANCE

7. PRESTATIONS DE SERVICE

**BCEOM, Société Française
d'Ingénierie**
15, square Hymans
75741 Paris Cedex 15
FRANCE

IGN Espace
Immeuble le Zodiac
Parc technologique du canal
1, chemin Palays
31 400 Toulouse
FRANCE

IFI
IGN France International
39 ter, rue Gay-Lussac
75005 Paris
FRANCE

ICEA
Ingénieurs Conseil et Économistes
Associés
113, rue Anatole-France
92300 Levallois
FRANCE

SERTIT

Service Régional de Traitement
d'Image et de Télédétection
Bld S.-Brandt
67400 Illkirch G.
FRANCE

SCOT CONSEIL

Services de Consultance
en Observation de la Terre
18, avenue Édouard-Belin
310055 Toulouse
FRANCE

SIAGE

Société d'Informatique et d'Aide
à la Gestion
1425, avenue Louis-Ravas
34080 Montpellier
FRANCE

SEP

Société Européenne de Propulsion
24, rue Salomon-de Rothschild
92150 Suresnes
FRANCE

SOGREAH

Société Grenobloise d'Études
et d'Applications Hydrauliques
6, rue de Lorraine
38130 Echirolles
FRANCE

SPOT IMAGE

rue des Satellites
31030 Toulouse
FRANCE

US Geological Service

Eros Data Center
57198 Sioux Falls
South Dakota
USA

3. Principales revues

TÉLÉDÉTECTION

Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie et Télédétection
SFPT, 2, avenue Pasteur, 94160 Saint-Mandé, France

Bulletin de l'ITC
PO Box 6, Enschede, Pays-Bas

GEOCARTO International
GPO Box 4122, Hong Kong

International journal of remote sensing
Taylor & Francis, 4 John Street, London, WC 1 N ZET, UK

Photogrammetric engineering and remote sensing
American Society for Photogrammetry and Remote Sensing,
5410 Grosvenor Lane, Suite 210, Bethesda, MD 20814-2160, USA

Photo-interprétation
Editions Technip, 17, rue Ginoux, Paris, France

Remote sensing of environment
Elsevier Publishing Compagny Amsterdam,
P.O. Box 330, Amsterdam, Pays-Bas

Sistema Terra. Remote sensing and the earth
Gius. Laterza e Figli - Uff. Stampa,
Piazza Umberto 54, 70121 Bari, Italie

TRAITEMENT INFORMATIQUE DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

Bulletin du Comité Français de Cartographie
138 bis, rue de Grenelle, 75700 Paris, France

Geo Info Systems
859 Willamette St., PO Box 10460, Eugene, Oregon,
97440 - 2460, USA

GIS Europe

Longman geoInformation, 307 Cambridge Science Parl,
Milton Road, Cambridge CB4 4ZD, UK

GIS World

2629 Redwing Road, Suite 280, Fort Collins, CO, USA 80526

International Journal of Geographical Information Systems

Taylor & Francis, 4 John Street, London, WC 1 N ZET, UK

Mappemonde

Maison de la Géographie,
1, rue l'Abbé-de l'Épée, 34000 Montpellier, France

Revue des sciences de l'information géographique et de l'analyse spatiale

Editions HERMES, 34, rue Eugène-Flachat, 75017 Paris, France

URISA Journal

900 Second Street, N.E., Washington, DC 20002, USA

**TÉLÉDÉTECTION ET TRAITEMENT INFORMATIQUE
DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE****SIG et Télédétection**

SCOT Conseil, Parc Technologique du Canal, 1, rue Hermès,
31526 Ramonville Cedex, France

4. Principaux colloques

NOM	LIEU	RYTHME
AGI	Angleterre	Annuel
AM/FM	Variable	Annuel
CARTAO	Paris	Annuel
Conférence Cartographique Internationale	Variable	Annuel
Congrès de l'IGU	Variable	
Congrès de l'ISPRS	Variable	
COSPAR	Variable	
EGIS	Variable	Annuel
ERIM	Variable	Annuel
EUROCATO	Variable	Annuel
FI3G	Paris	Annuel
Journées informatique et collectivités locales	Paris	Annuel
MARI	Paris	Annuel
MICAD	Paris	Annuel
SIG-GIS	Paris	Annuel
Symposium EARSeL	Variable	Annuel
UDMS (Urban Data Management Symposium)	Variable	Bi-annuel
URISA Annual conference	Variable	Annuel

BIBLIOGRAPHIE

1. Urbanisme et informatique

Collectif

Guide des réalisations informatiques dans les collectivités territoriales.

Paris, La lettre informatique et collectivités locales, 41 p.

Collectif

Les systèmes d'information géographique dans les collectivités territoriales en 1993.

Paris, Éd. EuroVista, 3 tomes.

BOURSIER P., TAUFOR P.-A., 1994 (2^e édition)

La technologie multimédia.

Paris, Hermès, 256 p.

CHOLVY B., 1988

Quelques réflexions au sujet de l'informatisation des petites et moyennes collectivités locales.

in : Géomètre, n° 6. Paris, pp. 60-64.

COMMISSARIAT GÉNÉRAL DU PLAN

D'ÉQUIPEMENTS ET DE LA PRODUCTIVITÉ, 1985

En quoi l'habitat, l'urbanisme et les transports d'après l'an 2000 seront-ils modifiés par les nouvelles technologies ? Rapport n° 4.

in : Prospective 2005. Colloque national du 27-28 novembre 1985.

Paris, CNRS, pp. 178-201.

CONSEIL NATIONAL DES SERVICES

PUBLICS DÉPARTEMENTAUX ET COMMUNAUX, 1986

Urbanisme et informatique.

Paris, DGCL, 43 p.

CREPIF, 1983

L'informatique et la ville. Table ronde tenue le 1^{er} juin 1983, La Sorbonne.

in : Cahiers du Centre de Recherche sur Paris et l'Île-de-France.

Paris, CREPIF, pp. 119-227.

DECAILLOT P., 1986

Panorama des applications de l'informatique à l'urbanisme.

in : Géomètre, n° 6. pp. 32-34.

DELOBEL C., LÉCLUSE C., RICHARD P., 1992

Bases de données : des systèmes relationnels aux systèmes à objets.

Paris, Inter-Éditions, 464 p.

LA DOCUMENTATION FRANÇAISE, 1989

Catalogue des progiciels destinés aux communes.

Paris, Ministère de l'Intérieur, 463 p.

- ENVAR, 1986
Actes des journées « Nouvelles technologies et urbanisme ». Lille, 5-7 mars 1986.
 Lille, Université des sciences et des techniques de Lille, ENVAR, 243 p.
- MARCHAND B., 1986
Urbanisme et technologies nouvelles. Informatique – Communication. (résumés de mémoires de DESS).
 Marne-la-Vallée, Institut Français d'Urbanisme, 50 p.
- SIDAU, 1985
Informatisation de la gestion urbaine dans les collectivités locales.
 Paris, MULT, DUP, STU, 94 p.
- SIDAU, 1985
Problématique. Services à attendre d'une informatisation.
 Saint-Mandé, SIDAU, 44 p.
- STU, 1988
Gestion de la ville et nouvelles technologies (guide).
 Paris, STU, 27 p.
- STU, 1988
La productivité urbaine (guide).
 Paris, STU, 23 p.

2. Traitement informatique de l'information géographique

- ARONOFF S., 1989
Geographic Information Systems : aménagement perspective.
 Ottawa, WDL Publications, 294 p.
- BERNARD M., BERNADAC R., 1991
Mise en oeuvre des systèmes d'information géographique : éléments de méthode.
 in : *Revue des Sciences de l'information Géographique et de l'Analyse Spatiale*, Vol. 1, n° 2, pp. 139-151.
- BERTIN J., 1973
Sémiologie graphique
 Paris, Gauthier-Villars, Mouton & Cie, École Pratique des Hautes Études, 2^e édition.
- BIRP, WCGA, HERMÈS, 1991
SIG-GIS CARTAO 91. Actes de la 2^e conférence et exposition européennes sur la cartographie assistée par ordinateur et les systèmes d'informations géographiques. 28-31 mai 1991, Paris.
 Paris, Hermès, 445 p.
- BOULOGNE P., 1988
Système d'exploitation pour l'urbanisme d'informations localisées. Présentation générale de la version SEUIL PC/AT.
 in : *Colloque international. Gestion urbaine et développement.* Lyon, 20-22 septembre 1988. Paris, ISTED, pp. 299-304.

- CAUVIN C. et REYMOND H., 1986
Nouvelles méthodes en cartographie.
Montpellier, Maison de la Géographie, collection Reclus modes d'emploi, 54 p.
- CAUVIN C., REYMOND H., SERRADJ A., 1987
Discretisation et représentation cartographique.
Montpellier, Maison de la géographie, collection Reclus modes d'emploi, 116 p.
- CHARRE J., MIELLET P., WANIEZ P., 1991
Pratique de l'analyse des systèmes d'information géographique raster.
Montpellier, GIP RECLUS, collection Reclus modes d'emploi n° 18, 50 p.
- CHEYLAN J.P., 1989
Chiffres et cartes : une union réfléchie (guide).
Paris, STU, 56 p.
- CHOLVY B., 1989
Quelques règles pour l'implantation d'un SIG (Système d'Information Géographique).
in : Géomètre n° 10. Paris, pp. 55-64.
- CLOS ARDECUC A., 1987
L'interprétation des photographies aériennes.
Paris, IGN, p 36.
- Club AMI, 1986
Les logiciels de gestion du droit des sols.
Aix, Bulletin de liaison de l'association AMI (Aménagement et micro-informatique) n° 5, 24 p.
- Club AMI, 1987
Les logiciels de cartographie thématique.
Aix, Bulletin de liaison de l'Association AMI (Aménagement et micro-informatique) n° 7, 24 p.
- CNIG, 1989
Les SIG (Systèmes d'Informations géographiques), Actes du Séminaire CNIG-AFI3G.
Paris, Conseil National de l'Information Géographique, 255 p.
- COUTROT B. et JAQUI P., 1993
Le géomarketing et la banque
Banque Stratégie, 6 p.
- DANGERMOND J., 1982
Les systèmes d'informations géographiques. Classification des éléments des logiciels utilisés habituellement dans les systèmes d'informations géographiques.
in : Bulletin du CFC, n° 96. France, Comité Français de Cartographie, pp. 7-22.
- DANGERMOND J., 1989
Geographic Information System technology and development planning.

- Communication à la Conférence Internationale : Geographic Information Systems applications for urban and regional planning, Ciloto, Indonésie, 3-6 octobre 1989. 45 p.
- DANGERMOND J. et SMITH L.K., 1989
Creating GIS's that work for users in the 1990s : lessons of twenty years' experience.
 Communication à la Conférence Internationale : Geographic Information Systems applications for urban and regional planning, Ciloto, Indonésie, 3-6 octobre 1989. 42 p.
- DELAUNAY D., GODARD H.R., DE MAXIMY R., SOURIS M., 1990
Les systèmes d'information géographique. ORSTOM Actualités, n° 30.
 Paris, ORSTOM, 5 p.
- DELCROIX E., WANIEZ P., PELLETIER F., CORRE M., 1988
Dossier cartomatique.
 in : ICONES, n° 14. Lille, DYNAMOTS, pp. 52-61.
- DIDIER M., 1990
Utilité et valeur de l'information géographique.
 Paris, ECONOMICA, 255 p.
- DIDIER M., BOUYEYRON C., 1993
Guide économique et méthodologique des SIG.
 Paris, Hermès, 330 p.
- ECOBICHON C., 1993
L'information géographique.
 Paris, Hermès, 119 p.
- FAIVRE D'ARCIER B. et ROUTHIER J.L., 1989
EDIPLAN : un module d'interrogation sur base cartographique appliqué à la gestion d'un réseau de voirie.
 Colloque SIGEO, Université de Rouen, 6-7 octobre 1989. Rouen, Université de Rouen, 9 p.
- FLOWERDEW R. et M. GREEN, 1989
Statistical methods for inference between incompatible zonal systems.
 in : Accuracy of Spatial Databases. Eds M. Goodchild, S. Gopal (Taylor and Francis, London), pp. 239-248.
- FOTHERINGHAM A.S. et D.W.S. WONG, 1991
The modifiable areal unit problem in multivariate statistical analysis.
 Environment and Planning A, 23, pp. 1025-1044.
- GARRIGA MIRALLES A. et ALIART LLUGANY J., 1987
System of digital cartography for city councils.
 in : Actes du colloque « Urban data management symposium ». Blois, 21-28 mai 1987. France, UDMS, pp. 383-392.
- GOODCHILD M.F., ANSELIN L., DEICHMANN, 1993
A framework for the areal interpolation of socioeconomic data.
 Environment and Planning A, 25, pp. 383-398.
- GRELOT J.P., 1985
Information géographique et cartographie numérique.
 in : Bulletin du Comité Français de Cartographie, n° 1. Paris, CFC, pp. 41-45.

- HERMÈS, 1990
Guide de la cartographie 1990. Revue Internationale de CFAO et D'INFOGRAPHIE.
PARIS, Hermès, 45 p.
- IGN, 1984
Actes du Colloque National sur l'Instrumentation Géographique.
Saint-Mandé, IGN.
- IGN, 1987
Actes du colloque FI3G. Forum international de l'instrumentation et de l'information géographiques, Lyon, 10-13 juin 1987.
Saint-Mandé, IGN, 609 p.
- LAJOIE G., 1992
Le carroyage des informations urbaines.
Rouen, Publications de l'Université de Rouen, 238 p.
- LAM NINA S.N., 1983
Spatial Interpolation Methods : A Review.
The American Cartographer, 10, 2, pp. 129-149.
- LARDON S., 1989
Espace et temps dans les SIG. Quels outils pour raisonner les processus spatiaux ? Colloque SIGEO 89, Université de Rouen, 6-7 octobre 1989.
Rouen, Université de Rouen, 17 p.
- LAURINI R. et MILLERET-RAFFORT F., 1989
L'ingénierie des connaissances spatiales.
Paris, Hermès, Collection Technologies de pointe, n° 30, 63 p.
- LAURINI R. et MILLERET-RAFFORT F., 1993
Les bases de données en géomatique.
Paris, Hermès, Collection Géomatique, 340 p.
- LAURINI R. et THOMPSON D., 1994
Fundamentals of spatial information systems, (3rd ed.).
Londres, Academic Press, The APIC Series, n° 37, 680 p.
- LECLERE J.-P., 1993
Les SIG et le droit.
Paris, Hermès, 184 p.
- LEVY J., 1994
L'espace légitime. Sur la dimension géographique de la fonction politique.
in : Presses de la Fondation Nationale des Sciences Politiques, Paris, 442 p.
- MAGUIRE D.J., GOODCHILD M.F., RHIND D.W., 1992
Geographical Information Systems.
Volume 1 : Principes, Longman, Londres, 662 p.
- MAGUIRE D.J., GOODCHILD M.F., RHIND D.W., 1992
Geographical Information Systems.
Volume 2 : Applications, Longman, Londres, 454 p.
- MAINGUENAUD M., 1989
Un langage visuel pour l'interrogation de réseaux : application

- aux bases de données géographiques. Thèse de Doctorat en informatique.*
Paris, Université Paris VI, 289 p.
- MAISL H., 1994
La diffusion des données publiques ou le service public face au marché de l'information. Actualité Juridique Droit Administratif (AJDA).
Paris, n° 5, pp. 355-363.
- MANGIN A., 1988
Enquête sur les systèmes d'information géographique.
Toulouse, SCOT, 100 p.
- MARTIN D., 1989
Mapping population data centroid locations.
Trans. Int. Br. Geographer, NS, 14, pp. 90-97.
- MARTIN D., 1991
Geographic Information Systems and their socioeconomic applications.
Routledge Geography, Environment and Planning Series, Ed. by Neil WRIGLEY, 182 p.
- MARTIN D. et I. BRACKEN, 1991
Techniques for modelling population-related raster databases.
Environment and Planning A, 23, pp. 1069-1075.
- MULLON C., BOURSIER P., 1992
Éléments pour une analyse critique des systèmes d'information géographique.
in : Revue des Sciences de l'information Géographique et de l'Analyse Spatiale, Vol. 2, n° 2, pp. 151-172.
- MYERS D., juin 1993
How to use local census data.
American Demographics, 2 p.
- ORSTOM, 1986
Traitement des données localisées, l'infographie à l'ORSTOM.
Paris, ORSTOM, collection Colloques et Séminaires, 303 p.
- ORSTOM, 1989
SEMINFOR 3 : troisième séminaire informatique de l'ORSTOM.
« Systèmes d'information pour l'environnement ». Bondy, 26-28 septembre 1989.
Bondy, ORSTOM, 100 p.
- PELLETIER F., 1988
Outils de traitement des données urbaines. Logiciels.
Paris, ORSTOM, Document de travail du réseau ADOC n° 2, 90 p.
- PIRON M., 1992
Analyse statistique d'un système d'échelles.
Paris, ORSTOM, Document de travail du réseau ADOC n° 4.
- PORNON H., 1989
Systèmes et logiciels. Cartographie assistée par ordinateur.
Paris, Hermès, 100 p.

- PORNON H., 1989
La cartographie assistée par ordinateur.
Paris, Hermès, Collection Technologies de pointe, n° 1, 63 p.
- PORNON H., 1990
Systèmes d'information géographique, des concepts aux réalisations.
Paris, Hermès, 108 p.
- PORNON H., 1991
Les SIG.
Paris, Hermès, 158 p.
- PORNON H., 1992
Les SIG : technologies et mise en oeuvre.
Paris, Hermès, 175 p.
- PORNON H., 1994
Observatoire géomatique.
Macon, IETI.
- RIMBERT S., 1990
Cartographies.
Paris, Hermès, 172 p.
- ROUET P., 1991.
Les données dans les systèmes d'information géographique.
Paris, Hermès, 278 p.
- ROUET P., 1992
Les difficultés de mise en oeuvre des systèmes d'information urbains à caractère géographique.
in : Revue des Sciences de l'Information Géographique et de l'Analyse Spatiale, Vol. 2, n° 2, pp. 173-185.
- RUSSEL C. juin 1984
The business of demographics.
Population Bulletin, 37 p.
- SHEPHERD J. et GREEN N., 1987
UAGIS, a geographical information system in action.
in : Colloque « Urban data management symposium ». Blois, 21-28 mai 1987. France, UDMS, pp. 317-329.
- SOURIS M., 1986
Systèmes d'information géographiques et bases de données.
in : Traitement des données localisées. L'infographie à l'ORSTOM.
Paris, ORSTOM, Collection Colloques et séminaires, pp. 29-87.
- SOURIS M., 1987
A geografic information system with relational architecture : principles and exemple of use of the TIGER system.
Communication à la Primera Conferencia Latinoamericana sobre informatica en geografia, San José, Costa Rica, 5-9 octobre 1987.
Paris, ORSTOM, 20 p.
- SOURIS M., 1989
L'atlas de Quito: méthodes informatiques.
Colloque SEMINFOR 3 : systèmes d'information pour l'environnement.
ORSTOM, Bondy, 26-28 septembre 1989. Bondy, ORSTOM, 6 p.

- STU, 1988
Urbanisme et dessin : l'offre logicielle (guide).
 Paris, STU, 77 p.
- TANIC E., 1986
Urban planning and artificial intelligence. The URBYS system.
 in : Computers, Environment, and Urban Systems, Vol. 10, n° 3-4.
 pp. 135-146.
- UNCHS, 1987
UDMS : Urban Data Management Software.
 UNCHS (Habitat) Technical notes, n° 14 Nairobi, UNCHS, 8 p.
- VIGOUROUX M., 1994
Des atlas pour des demandes sociales dans les années 1990.
 Montpellier. GIP Reclus, *Mappemonde/1*, pp. 40-42.
- WANIEZ P., 1986
Les données et le territoire. Initiation au traitement informatique des données spatialisées.
 Paris, ORSTOM, RECLUS, 120 p.
- WANIEZ P., 1989
Cartographie sur Macintosh.
 Paris, Eyrolles, 142 p.
- WANIEZ P., 1990
Système d'information géographique. Initiation pratique sur Macintosh.
 Paris, Eyrolles, 151 p.
- WEBER C., 1991
Les systèmes d'information géographique : une mode ou un nouveau concept pour l'aménagement de l'espace ?
 in : Revue des Sciences de l'Information Géographique et de l'Analyse Spatiale, Vol. 1, n° 1, pp. 11-21.

3. Systèmes d'information urbains

3.1. GÉNÉRALITÉS

- ACSGC, 1987
Actes du colloque : La géomatique appliquée à la gestion municipale, Montréal, 4-6 novembre 1987.
 Montréal, Association Canadienne des Sciences Géodésiques et Cartographiques, 644 p.
- AKIRI P., 1994
 Module de conversion « Spécial Adresses », Notice d'utilisation du logiciel SGDE™. Darnétal.
- BALLUT A., 1989
L'infographie au service de l'aménagement territorial dans les régions urbanisées.
 in : Conférence internationale et exposition sur l'informatique gra-

- phique pour la défense, l'administration et les grands projets. Paris, 13-16 juin 1989. Paris.
- BENICHOU M., BILLOT P., CURIONI M., 1986**
Les banques de données urbaines.
in : États des lieux. Thèmes émergents, III. Milieux et réseaux urbains. Paris, CNRS, pp. 305-323.
- BINET C., 1988**
La mise en oeuvre des systèmes d'informations urbaines : problèmes et perspectives.
in : Colloque international. Gestion urbaine et développement. Lyon, 20-22 septembre 1988. Paris, ISTED, pp. 279-283.
- BOURSIER P., 1988**
Analyse des applications, traitements et requêtes pour la gestion des données urbaines.
in : Colloque international. Gestion urbaine et développement. Lyon, 20-22 septembre 1988. Paris, ISTED, pp. 317-322.
- BOURSIER P., 1988**
Problèmes posés par le choix et la mise en oeuvre d'un système d'information urbain.
in : Colloque international. Gestion urbaine et développement. Lyon, 20-22 septembre 1988. Paris, ISTED, pp. 311-315.
- BOURSIER P., 1989**
Modélisation et simulation géographique pour les applications de type planification-aménagement.
Colloque SIGEO 89, Université de Rouen, 6-7 octobre 1989. Rouen, Université de Rouen, 9 p.
- CARTWRIGHT T.J., 1987**
Information systems for planning in developing countries.
in : Habitat International. Grande-Bretagne, Ed. Pergamon Journals, pp. 191-205.
- CFPC, 1986**
Gestion des données urbaines par informatique graphique. Actes du colloque de Dijon, 25-27 novembre 1986.
Paris, CFPC, 259 p.
- CFPC, AIVF, 1987**
Rencontre nationale : « Mise en place d'un système informatique pour la gestion des données urbaines localisées », Lyon, 25-27 mars 1987.
Lyon, CFPC, Délégation Régionale, 70 p.
- CHEVALLIER F., 1989**
Systèmes d'information géographiques : application à une étude prospective au niveau mondial.
Colloque SIGEO, Université de Rouen, 6-7 octobre 1989. Rouen, Université de Rouen, 5 p.
- CHRÉTIEN J.P. et FAURE G., 1989**
Mise en oeuvre de systèmes d'information urbains.
Paris, STU, 134 p.

- COMITÉ CENTRAL DES TRAVAUX GÉOGRAPHIQUES, 1985
Les banques de données urbaines. Rapport du groupe de travail « banques de données urbaines », mars-décembre 1984.
 Paris, Comité Central des Travaux Géographiques, 61 p.
- COWDEN R.W., 1990
How a GIS can increase a municipality's chances of funding infrastructure management and maintenance projects.
 in : URISA Proceedings, Chp. I, pp. 276-288.
- DUMONT J.-M., 1992
Les données cadastrales et leur diffusion.
 in : Revue des Sciences de l'Information Géographique et de l'Analyse Spatiale, Vol. 2, n° 1.
- DUPUY G., 1992
L'informatisation des villes.
 PUF, n° 2701, 127 p.
- ÉCOBICHON et Saint RIQUIER, 1993
Coopération Franco-Québécoise sur les technologies de l'information : atelier géomatique, Synthèse et communications.
 CNIG, 288 p.
- DURAND-LASSERVE A., 1991
Information foncière dans les PED. De la gestion technique à la gestion sociale. Études Foncières.
 Paris, n° 50, mars.
- DURAND-LASSERVE A. et FATHALLAH S., 1991
Les besoins en systèmes d'information foncière dans les villes des pays en développement et l'offre française. Rapport de fin d'étude.
 Paris, Plan Urbain, 195 p.
- DUREAU F., 1989-1990
Lettres d'Information du réseau ADOC, n°1, 2, 3, 4 et 5.
- DUREAU F., 1990
Action concertée du MRT Gestion urbaine dans les pays en développement. Réseau Amélioration Des Outils de Connaissance. Rapport de première phase.
 Paris, ORSTOM, 170 p.
- DUREAU F., 1990
Outils de production, gestion et analyse de l'information urbaine. Bibliographie.
 Paris, ORSTOM, Document de travail du réseau ADOC, n° 1, 79 p.
- DUREAU F., 1992
Action concertée du MRT Gestion urbaine dans les pays en développement. Réseau Amélioration Des Outils de Connaissance. Rapport final.
 Paris, ORSTOM, 180 p.
- FAUDRY D., JEANNERET J., MONNIER E., 1988
Évaluation d'un système d'information urbaine innovant.
 in : Colloque international. Gestion urbaine et développement. Lyon, 20-22 septembre 1988. Paris, ISTED, pp. 335-342.

- FOURNILLIERS J.-M., 1988
Dossier : les banques de données urbaines.
in : Génie Urbain/Aménagement et Territoire, n° 4. France, pp. 7-45.
- GEWALLI L.E., 1987
Statistical data banks for regional planning.
in : Colloque « Urban data management symposium ». Blois,
21-28 mai 1987. France, UDMS, pp. 330-335.
- GILLET Y., 1989
Informations géographiques : des inventaires aux systèmes ?
Paris, STU, 35 p.
- GUÉRIN-CAZORLA I. et SAUNIER P., 1989
L'informatique comme outil de gestion urbaine.
in : Colloque « Urban data management symposium ». Blois,
21-28 mai 1989. France, UDMS, pp. 15-21.
- HOLSTEIN L., 1989
*« Check List » cadastrale dressée par un orfèvre en matière de SIF :
Urban Land Management Seminar. The World Bank-IFC-MIGA.*
Annapolis, Md, December, 13-14 .
- HOLSTEIN L., 1990
*Land information management : issues and opportunities in deve-
loping countries. Inter-regional seminar on land information
management and the developing world, Adelaide, South Austria,
4-11 February 1990.*
South Australian Institute of Technology, 19 p.
- HUXHOLD W., 1991
An introduction to Urban geographic Information Systems.
New York, Oxford University Press, 337 p.
- ISTED, 1988
*Colloque international. Gestion urbaine et développement, Vol. 2,
Lyon, 20-22 septembre 1988.*
Paris, ISTD, 613 p.
- JOLIVEAU T., 1991
Bases de données, observatoires et systèmes d'information urbain
Lettre d'information du Réseau ADÔC, n° 5, mai 1991.
- LANDA P., MALLET P., 1989
Optimisation de la localisation des équipements urbains.
Cahiers Géographique de Rouen, n° 31, pp. 37-50.
- LAURINI R., 1987
*Actes du colloque Urban Data Management Symposium. Blois,
21-28 mai 1987. France.*
Paris, UDMS, 445 p.
- LECLERC G. et GRAVEL L., 1987
SIURS et génie urbain : vers un concept d'organisation.
in : Colloque « Urban data management symposium ». Blois,
21-28 mai 1987. France, UDMS, pp. 247-263.

- LEVAN S., 1987
Les systèmes d'information urbains. L'apport des bases de données dans la gestion des phénomènes urbains.
 in : Revue d'Informatique Administrative, n° 3. Aix-en-Provence, Association pour la promotion de l'informatique, de la bureautique, pp. 20-24.
- LEVESQUE L., 1990
Présentation d'une base de données microgéographique pour l'aménagement.
 Revue « Géomètre ». Paris.
- MORAIS ARNAUD A., 1987
Intégration des systèmes d'information locaux dans un système national d'information géographique.
 in : Colloque « Urban data management symposium ». Blois, 21-28 mai 1987. France, UDMS, pp. 371-382.
- MORAIS ARNAUD A., 1989
Urban data management coming of age. Proceedings 13th Urban Data Management Symposium, Lisbonne, 29 mai-2 juin 1989.
 Lisbonne, MORAI ARANUD ed., 368 p.
- PROUZET M., 1989
 Réflexions cursives au sujet du montage de projets-cadastres dans les pays en développement à partir d'exemples choisis. Communication aux journées internationales de Lille de la Fédération Mondiale des Cités Unies, 6-10 novembre 1989, 11 p.
- RASMUSSEN J., 1991
14th Urban Data Management Symposium. UDMS'91 in Odense, Denmark 29-31 May 1991.
 Odense, 705 p.
- SIPAUD M. et VERNIER J., 1986
L'informatique communale : banques de données informatisées.
 in : Géomètre, n° 5. France, pp. 55-58.
- STU, 1986
Rencontres Diagonales : « Voyons la ville : systèmes d'informations localisées », Nantes, 9 décembre 1986.
 Paris, STU, 42 p.
- STU, 1987
Banques de données urbaines. Études, expériences et développements récents.
 Paris, STU, 58 p.
- STU, 1989
Guide d'expertise pour la mise en oeuvre des systèmes d'informations urbains.
 Paris, STU, 32 p.
- VENARD J.L., 1989
Micro-ordinateurs et stratégies spatiales urbaines.
 Communication à la réunion ADP de septembre 1989. Paris, ADP, 7 p.
- VENARD J.-L., 1990
Systèmes de gestion de données urbaines localisées.
 Paris, AREA International, 34 p.

VERLUISE F., 1988

« *De l'information urbaine séquestrée à l'information généralisée.* »
Actes du colloque de l'ISTED (Institut des Sciences et des Techniques de l'Équipement et de l'Environnement pour le Développement). Lyon, 20-22 septembre, p. 379.

WEBER C., 1993

New technologies and urban systems in developing countries : potential and pitfalls.
in : GISDECO'93 Proceedings, Geographisch Institut, Utrecht, NR 53-2, pp. 33-47.

3. 2. AFRIQUE

AUA, 1985-91

Abidjan information, n° 3 à 10.
Abidjan, Agence d'Urbanisme d'Abidjan.

AUA, 1989

Observatoire de l'Atelier d'Urbanisme d'Abidjan. Banques de données sur les infrastructures de l'agglomération. Voirie, eau potable, transports communs.
Abidjan, DCGTX, AUA, 22 p.

AUA, 1990

Atlas de l'occupation du sol d'Abidjan.
Abidjan, DCGTX, AUA, 68 p.

DREYER N., 1991

Conditions nécessaires à la réalisation d'un système d'informations urbaines à Dakar (Sénégal). Document de travail du réseau ADOC n° 3.
Bondy, ORSTOM, 181 p.

DURAND-LASSERVE A., 1993

« *Conditions de mise en place des systèmes d'information foncière dans les villes d'Afrique sub-saharienne francophone.* »
in : Programme de gestion urbaine, Banque Mondiale (Washington) – United Center for Human Settlements (UNCHS-Habitat), 1992
« *Guidelines for the Improvement of Land, Registration and Land, Information Systems in Developing Countries* » (with special reference to English-speaking countries in Eastern, Central and Southern Africa), Nairobi

GROUPE HUIT, 1990

Méthodologie d'enquête et d'exploitation d'un fichier simplifié de parcelles à N'DJAMENA.
Paris, 157 p.

PROUZET M., 1986

Comment concevoir une banque de données foncières ? Le cas du Cameroun.
in : Études foncières, n° 32. France, ADEF, pp. 40-47.

PROUZET M., 1989

Réflexions cursives au sujet du montage de projets « cadastres » dans les pays en développement à partir d'exemples choisis. Communication aux journées internationales de Lille, 6-10 novembre 1989. 11 p.

PROUZET M., 1993

« *Guinée-Bissao : à qui profite le cadastre ?* »
Études Foncières, Paris, n° 61 de décembre.

3.3. AMÉRIQUE DU NORD

FINKLE R.W. JOFFE B.A. et LOCKFELD F.M., 1991

Mapping cost savings for a multiparticipant AM/GIS.
in : *Geo Info Systems*, Nov-Dec 1990, pp. 50-55.

LEPRETRE D., 1986

Systèmes d'informations localisées : le cas de Montréal.
Paris, STU, 56 p.

MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES

Système d'information urbaine à référence spatiale (SIURS).
Québec, 75.

3.4. AMÉRIQUE LATINE

Collectif, 1991

Atlas del centro historico.
Quito, Ilustre Municipio de Quito, Dirección de Planificación, ORSTOM. Quito, IMQ, 85 p.

Collectif, 1992

Atlas del distrito metropolitano.
Quito, Ilustre Municipio de Quito, Dirección de Planificación, ORSTOM. Quito, IMQ, 163 p.

Collectif, 1992

Atlas infographique de Quito ; socio-dynamique de l'espace et politique urbaine.
Quito, IGM, IPGH, ORSTOM, 41 planches bilingues.

Collectif, 1994

El sistema Urbano de Información Metropolitana. Soporte a la planificación y gestion urbana.
Quito, Dirección de Planificación del Municipio de Quito, ORSTOM, 12 p.

ANTIER G., 1993.

Un atlas informatique à Quito.
Paris. IAURIF. *Les cahiers de l'IAURIF*, n° 104-105, p. 117.

GODARD H. et SOURIS M., 1988

L'Atlas Informatisé de Quito (AIQ) : un outil au service de la gestion et de la planification urbaine.

- in : Colloque international. Gestion urbaine et développement. Lyon, 20-22 septembre 1988. Paris, ISTD, pp. 343-348.
- GODARD H.R., MAXIMA R. (de), SOURIS M., 1993
L'atlas infographique de Quito. ORSTOM Actualités, n° 39. Paris
Paris, ORSTOM, 7 p.
- IGM, IMQ, IPGH, ORSTOM, 1987
Bulletin de l'atlas informatisé de Quito, n° 1 à 6.
Quito, IGM, IMQ, IPGH, ORSTOM, 53 p.
- MAXIMIR (de), 1992
Atlas infographique de Quito, 41 planches et leur commentaire bilingue (espagnol, français).
Sous la direction scientifique de IGM, IPGH, IMQ, ORSTOM, éditeurs. Quito, décembre.
- PROUZET M. ET HERNANDEZ A, 1989
« *Un cadastre rustique, le Système d'information foncière de Semarang (Indonésie).* »
Études Foncières, Paris, n° 45.
- SANIN ANGEL H., 1988
Sistema de información para el desarrollo local.
in : *Democracia Local, n° 20. Colombie, pp. 6-11.*
- SOURIS M., LORTIC B., VEGA J., 1992
Le système urbain d'information de la ville de Quito.
in : *Sistema Terra, Vol. 1, n° 1, pp. 31-33.*
- TISEYRA M.L., 1983
Planificación, informática y microcomputadoras.
in : *Habitat News, Vol. 5, n° 3. pp. 32-34.*

3.5. ASIE

- GAR-ON YEH A., 1989
Geographic Information System for urban planning in Hong Kong.
Communication à la Conférence Internationale : Geographic Information Systems applications for urban and regional planning, Ciloto, Indonésie, 3-6 octobre 1989. 22 p.
- PROUZET M. et HERNANDEZ A., 1989
Un cadastre rustique : le système d'informations foncières du type Semarang (Indonésie).
in : *Études foncières, n° 45. Paris, ADEF, pp. 33-38.*

3.5. EUROPE SAUF FRANCE

- BLOMBERQ L., 1987
Automated cartography for coordinate-based census data in Finland.
in : Colloque « Urban data management symposium ». Blois, 21-28 mai 1987. France, UDMS, pp. 347-357.

CHEVALLIER F., 1989

Systèmes d'information techniques pour les services municipaux.

Colloque SIGEO, Université de Rouen, 6-7 octobre 1989. Rouen, Université de Rouen, 15 p.

LAAKSO S., 1987

The urban data base and statistical data bases as parts of the information management system of the city of Helsinki.

in : Colloque « Urban data management symposium ». Blois, 21-28 mai 1987. France, UDMS, pp. 337-345.

LEARY M. et RODRIGUEZ-BACHILLER A., 1987

Expert systems in British development control.

in : Colloque « Urban data management symposium ». Blois, 21-28 novembre 1987. France, UDMS, pp. 219-232.

SUNDSTROM B., 1987

EDP support to community planning in Sweden.

in : Colloque « Urban data management symposium ». Blois, 21-28 mai 1989. France, UDMS, pp. 23-32.

SVARTHOLM J., 1987

Expert business consultation for Helsinki.

in : Colloque « Urban data management symposium ». Blois, 21-28 mai 1987. France, UDMS, pp. 179-189.

TAMMEKANN P., 1987

The urban land management system in Finland.

in : Colloque « Urban data management symposium ». Blois, 21-28 mai 1987. France, UDMS, pp. 310-316.

3.6. FRANCE

AGENCE D'URBANISME DE LA RÉGION DU HAVRE, 1987

Étude méthodologique pour la redéfinition du contenu d'un observatoire foncier dans l'agglomération du Havre.

Paris, Collection Réseau des observatoires fonciers, 123 p.

APUR, 1991

Banque de données urbaines, système d'information sur les parcelles : documentation technique.

Paris, Atelier Parisien d'Urbanisme, 26 p.

BARBOYON M., 1988.

Le système urbain de références.

in : Colloque international. Gestion urbaine et développement. Lyon, 20-22 septembre 1988. Paris, ISTED, pp. 259-264.

BRAUN R., 1987

Création et applications d'une base de données cartographiques.

in : Colloque « Urban data management symposium ». Blois, 21-28 mai 1987. France, UDMS, pp. 233-241.

CHAILLOU F. et GROLEAU D., 1988

Ajustement et développement d'un système de gestion et de traitement graphique des données urbaines. Ville de Saint Herblain (44). Rapport d'expérimentation.
Nantes, UPAN, 31 p.

CHAILLOU F., GROLEAU D., DELETTRE S., 1989

Ajustement d'un système de traitement de données urbaines et de cartographie thématique à usage des villes moyennes. Rapport final d'expérimentation.
Nantes, EAN, 38 p.

CNFPT, 1988

L'information localisée dans les villes françaises. Situation en 1988.
Lyon, AIVF, CNFPT, 202 p.

CNFPT, 1990

Banques de données urbaines. Numérisation des plans cadastraux. Rencontre Nationale Lyon, 23-25 janvier 1990.
Lyon, CNFPT-IVF, 161 p.

COMMUNAUTÉ URBAINE DE LYON, 1987

Système urbain de références.
in : Colloque « Urban data management symposium ». Blois, 21-28 mai 1987. France, UDMS, pp. 359-369.

COMMUNAUTÉ URBAINE DE STRASBOURG, 1989

La banque de données urbaines.
Colloque SIGEO, Université de Rouen, 6-7 octobre 1989. Rouen, Université de Rouen, 19 p.

COURET D., 1986

Trois exemples d'informatisation de données urbaines.
in : Traitement des données localisées, l'infographie à l'ORSTOM. Paris, ORSTOM, Collection Colloques et Séminaires, pp. 95-114.

ECOLE D'ARCHITECTURE DE NANTES, 1989

Ajustement d'un système de traitement de données urbaines et de cartographie thématique à usage des villes moyennes.
Nantes, EAN, 38 p.

FAUDRY D., JEANNERET J., MONNIER E., 1988

Évaluation d'un système d'information urbaine innovant.
in : Colloque international. Gestion urbaine et développement. Lyon, 20-22 septembre 1988. Paris, ISTED, pp. 335-342.

FOURNILLIER J.-M., 1989

Problématique des villes françaises en termes de banque de données urbaines (BDU).
IMAGICA-Carthographie numérique et urbaine.

GAUBERT J., 1993

Le SIG de la ville de Marseille : plus de 15 ans de fonctionnement opérationnel.
Montpellier. GIP Reclus. Mappemonde, 4, pp. 42-43.

- HABY C., 1989
Le projet de banque de données urbaines dans le département du Haut-Rhin.
Communication aux 5^e Journées Informatique et collectivités locales. Paris, 10 p.
- KELLER DE SCHLEITHEIM L., 1987
Exploitation d'une banque de données localisées: une expérience de douze années en ville nouvelle.
in : Actes du colloque FI3G. Forum international de l'instrumentation et de l'information géographiques, Lyon, 10-13 juin 1987. Paris, Ministère de l'Équipement, pp. 314-317.
- LÉVEQUE L., 1989
Constitution d'une base de données micro-géographique pour l'aménagement.
Colloque SIGEO, Université de Rouen, 6-7 octobre 1989. Rouen, Université de Rouen, 11 p.
- LÉVEQUE L., 1990
Présentation d'une base de données micro-géographique pour l'aménagement.
Géomètre, janvier, 1990.
- MAIRIE DE PARIS, 1988
Le système d'information sur les parcelles.
Paris, DCL-DAU-APUR, 14 p.
- MAIRIE DU HAVRE, 1989
Découper l'espace de la commune.
Le Havre, Bulletin d'information sur la conjoncture démographique et sociale havraise n° 15, 4 p.
- MARCHAND B., 1989
L'implantation d'un système informatisé géographique à Ivry-sur-Seine : l'atlas permanent informatique communal de SIDAU-POLILOG.
Paris, Plan Urbain, 32 p.
- MASALA B., 1987
Établissement d'une banque de données urbaines à l'aide du logiciel DEMETER-PH.
in : Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie et de Télé-détection, n° 108. France, SFPT, pp. 25-32.
- MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT, DU LOGEMENT,
DES TRANSPORTS ET DE L'AMÉNAGEMENT, 1987
Équipement des villes moyennes en systèmes d'information urbains, rapport de synthèse.
Paris, MELATT, STU, 15 p.
- MUNICIPALITÉ DE LILLE., 1989
La communauté urbaine de Lille.
Direction de l'informatique et des données urbaines. Lille, Communauté urbaine de Lille, 24 p.
- MUNICIPALITÉ DE MULHOUSE, 1987
Banque de données cartographiques. Cahier des clauses particulières.
Mulhouse, Ville de Mulhouse, 83 p.

- MUNICIPALITÉ DE STRASBOURG, 1988
Banque de données urbaines. Conception du niveau macroscopique.
Strasbourg, Municipalité de Strasbourg, 13 p.
- OPH, 1993
Les besoins en logements au Havre en l'an 2000.
Observatoire Population & Habitat, Ville du Havre, document prévisionnel.
- PIJOURLET P., 1989
Lyon : le système urbaine de référence.
IMAGICA, Cartographie numérique et urbaine.
- ROUET P., 1992
Les écueils susceptibles d'être rencontrés. Lettre d'Information.
Réseau ADOC, n° 9, novembre, 11 p.
- SALGE F., 1989
Le système d'informations géographiques nationales de l'Institut Géographique National : objectifs et solutions.
in : Conférence internationale et exposition sur l'informatique graphique pour la défense, l'administration et les grands projets. Actes du colloque, Paris, 13-16 mai 1989. Paris.
- SITIZPL DE TOULOUSE, 1991
SIGET : Système d'Informations Géographiques Toulousain.
Toulouse, Mairie de Toulouse, 64 p.
- STU, 1985
Exemple d'assistance technique à la maîtrise d'ouvrage pour le montage d'un système d'information urbain. Le cas de la ville de Quimper (juillet 1981-décembre 1984).
Paris, STU, 78 p.
- STU, 1989
Informations Géographiques : des inventaires aux systèmes.
Paris, STU, 37 p.
- VISTEAUX M., 1987
Bilan du Colloque de Dijon.
Ingénieurs des Villes de France, 2, pp. 27-30.
- VIDAILHET M., 1988
Outils informatiques conçus pour l'aménagement : application à la réalisation d'une ZAC.
in : Colloque international. Gestion urbaine et développement. Lyon, 20-22 septembre 1988. Paris, ISTD, pp. 381-386.
- WEBER C., 1993
A french national GIS Observatory, an information system for the French GIS community.
in : GIS 1994 European Yearbook, Miles Arnold Ltd, Oxfordshire, pp. 174-176.

4. Méthodes de production rapide d'information socio-économique

4.1. N'UTILISANT PAS LA TÉLÉDÉTECTION SPATIALE

BALLUT A. et LECOIN J.-P., 1992

« *Modes d'Occupation des Sols* », la naissance d'un outil.

Paris, IAURIF. *Les Cahiers de l'IAURIF*, n° 101, juillet 1992, pp. 23-33.

BOULOGNE P., 1988

URBANA : méthode de production de données urbaines localisées.

in : Colloque international. Gestion urbaine et développement. Lyon, 20-22 septembre 1988. Paris, ISTED, pp. 305-315.

BOULOGNE P. et VERGES F., 1987

Expérimentation du système de données urbaines localisées URBANA à Bouaké (Côte d'Ivoire).

in : Actes du colloque FI3G. Forum international de l'instrumentation et de l'information géographiques, Lyon, 10-13 juin 1987. Paris, Ministère de l'Équipement, pp. 145-152.

COLLINS W.G. et EL BEIK A.H., 1971

Population census with the aid of aerial photographs : an experiment in the City of Leeds.

in : Photogrammetric Record 7, n° 37. pp. 16-26.

HSU S.Y., 1971

Population estimation.

in : Photogrammetric engineering and remote sensing, Vol. 37, n° 5. USA, American Society of Photogrammetry, pp. 449-454.

IAURIF, ICEA, ENSTP, 1987

Expérimentation d'une méthode simplifiée de recueil de données urbaines à Bouaké. Côte d'Ivoire. Première phase (rapport de synthèse).

Paris, IAURIF, 78 p.

ADOC : 1031

IAURIF, ICEA, Plan urbain, 1989

Expérimentation d'une méthode simplifiée de recueil de données urbaines à Bouaké. Côte d'Ivoire. Deuxième phase : analyse comparative des informations extraites des photographies aériennes et des images satellitaires.

Paris, IAURIF, 37 p.

POLLE V.F.L., 1984

Population estimation from aerial photos for non-homogeneous urban residential areas. Cases studies from Teheran and Colombo.

in : ITC Journal, n° 2. Pays Bas, ITC, pp. 116-122.

VERNIÈRE M., 1978

Méthode d'analyse quantitative de la croissance urbaine dans l'espace et dans le temps. Exemple d'une banlieue de Dakar (Sénégal).

in : Photo-interprétation, n° 1, Fasc. 4-5a. Paris, Éd. Technip, pp. 34-55.

WATKINS J.F., 1984

The effect of residential structure variation on dwelling unit enumeration from aerial photographs.

in : Photogrammetric engineering and remote sensing, Vol. 50, n° 11. USA, American society of photogrammetry, pp. 1599-1607.

WATKINS J.F., 1985

Small area population estimates using aerial photography.

in : Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 51, n° 2. USA, American Society of Photogrammetry, pp. 1933-1935.

4.2. UTILISANT LA TÉLÉDÉTECTION SPATIALE

ADENIYI P.O., 1987

Using remotely sensed data for census surveys and population estimation in developing countries : examples from Nigeria.

in : Geogarto International, n° 4, pp. 11-31.

ADENIYI P.O., 1988

Remote sensing : a new remedy for data base creation for census surveys.

Communication à l'Atelier sur la cartographie de recensement, Lagos, 7-9 septembre 1988. Lagos, University of Lagos, 23 p.

BARBARY O., 1988

Sondages aréolaires pour l'estimation de données démographiques en milieu urbain. Essai de définition d'une méthode de collecte intégrant l'information satellitaire, application aux villes des pays en développement.

Paris, EHESS, Thèse de doctorat , 641 p.

BARBARY O., DUREAU F., 1991

L'enquête par sondage sur image satellite : une solution pour améliorer l'observation des populations citadines.

Actes des Journées d'étude « La qualité de l'information dans les enquêtes », Telecom Paris, ASU, CNRS, Paris, 13-14 juin 1991. Paris, Éditions DUNOD, pp. 365-397.

BRUGIONI D.A., 1983

The Census : It can be done more accurately with space-age technology.

in : Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 49, n° 9. USA, American Society of Photogrammetry, pp. 1337-1339.

CARDIERI L. et NASCIMENTO I., 1989

Évaluation de l'occupation et de l'utilisation du sol de la région métropolitaine de Sao Paulo par télédétection : méthode d'estimation et projection des populations à partir d'une image SPOT.

Paris, IAURIF, EMPLASA, MS2I.

DE KEERSMAECKER M.L., 1987

Étude par télédétection des quartiers résidentiels en milieu urbain : la détermination de leurs caractéristiques socio-économiques.

- in : Actes du colloque FI3G. Forum international de l'instrumentation et de l'information géographiques, Lyon, 10-13 juin 1987. Paris, Ministère de l'Équipement, pp. 517-528.
- DE KEERSMAECKER M.L., 1989
Potentialités de la télédétection satellitaire pour l'étude de la structure interne des villes. Application au cas de Bruxelles.
 Thèse de Doctorat en Sciences, Université de Louvain la Neuve, 479 p.
- DELAVIGNE R., THIBAUT C., 1990
Télédétection pratique à l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région d'Ile-de-France : développement original d'un savoir-faire dans les domaines de l'environnement et de l'urbanisme. Communication au Colloque « Enseignements et applications », CNES, NASA-ISY, Deauville, février 1990, 6 p.
- DESPRATS J.F. et DUTARTRE P., 1993
Estimation de la population des quartiers périphériques de Ouagadougou par télédétection.
 Paris, BRGM, 20 p.
- DUREAU F., et al., 1989
Sondages aéroliers sur image satellite pour les enquêtes socio-démographiques en milieu urbain.
 Paris, ORSTOM, Collection Didactiques, 40 p.
- DUREAU F., 1990
Utiliser la télédétection spatiale pour observer les populations citadines.
 in : Villes et citadins du tiers monde, n° 4. Bondy, Orstom, pp. 23-68.
- DUREAU F., 1992
Équateur : une démographie satellitaire.
 Editori Laterza, Sistema Terra n° 1, pp. 26-30.
- DUREAU F., 1994
Le programme CEDE-ORSTOM sur « Les formes de mobilité spatiale des populations de Bogota (Colombie) et leur impact sur la dynamique de l'aire métropolitaine ».
 Présentation du système d'enquête. Communication au Séminaire Analyse comparée des processus d'insertion urbaine, CERPOD-IFAN-ORSTOM-CEPED-Université de Montréal, Bamako, Mali, 25-28 octobre 1994, 31 p.
- DUREAU F. et BARBARY O., 1991
L'enquête par sondage sur image satellite : une solution pour améliorer l'observation des populations citadines.
 in : STATECO, n° 67. Paris, INSEE, pp. 63-100.
- DUREAU F., BARBARY O., LORTIC B., MICHEL A., 1988
Utiliser la télédétection spatiale pour produire rapidement des données démographiques en ville. L'exemple de Quito (Équateur).
 Communication au colloque de Gestion urbaine et développement ISTED, Lyon (France), 20-22 septembre 1988. Lyon, 6 p.
- DUREAU F., BARBARY O., LORTIC B., MICHEL A., 1989
Une nouvelle méthode de collecte d'information sur les populations

- urbaines : l'enquête démographique par sondage aréolaire sur image satellite.*
Communication au XXI^e congrès général de l'Union Internationale pour l'Étude Scientifique de la Population, New Dehli (Inde), 20-27 septembre 1989, 17 p.
- DUREAU F., BARBARY O., MICHEL A., LORTIC B., 1989
Sondages aréolaires sur image satellite pour des enquêtes socio-démographiques en milieu urbain. Manuel de formation. (3 versions : français, anglais, espagnol).
Paris, ORSTOM, 38 p.
- DUREAU F. et VALLEJO R., 1990
Quito (Ecuador) : encuesta demográfica por muestreo de áreas sobre imagen satélite.
Communication au Colloque CNES, Spot outil de développement, Paris, 26-29 juin 1990.
Toulouse, CNES-CEPADUES Éditions, pp. 231-254.
- IAURIF, ROC, SIDAU, SEE, 1983
Les données urbaines. Système permanent de production rapide et économique. Recherche et synthèse.
Paris, 82 p.
- LO C.P., 1984
Chinese settlement pattern analysis using SIR-A data.
in : International journal of remote sensing, Vol. 5, n° 2. USA, p. 959.
- LO C.P. et WELCH R., 1977
Chinese urban population estimates.
in : Annals of the Association for American Geographers, Vol. 67. USA, Association of American geographers, pp. 246-253.
- LO C.P., 1986
Accuracy of population estimation from medium-scale aerial photography.
in : Photogrammetric engineering and remote sensing, Vol. 52, n° 12. USA, American society of photogrammetry, pp. 1859-1869.
- MELIA J. et SOBRINO J.A., 1987
A study on the utilization of SIR-A data for population estimation in the eastern part of Spain.
in : Geocarto International, n° 4. pp. 33-37.
- MICHEL A., 1988
Stratification de l'espace urbain à partir d'images satellite pour réaliser un sondage à objectif démographique. Mise au point et évaluation des méthodes d'analyse des images SPOT et LANDSAT TM en milieu urbain.
Paris, EHESS, Thèse de doctorat, 369 p.
- MICHEL A., DUREAU F., LORTIC B., SOURIS M., 1987
Mise au point des méthodes d'analyse des images satellites à haute résolution et évaluation des informations fournies par ces images. 1 : Étude statistique du descripteur « densité du bâti ». Présentation des classifications. 2 : mise en évidence des réseaux routiers sur une

- image SPOT panchromatique. Étude de faisabilité sur Quito (Équateur).*
in : Télédétection et urbanisme. Paris, Service Technique de l'Urbanisme.
- MICHEL A., EBERHARD J.M., LORTIC B., DUREAU F., 1987
L'utilisation de la télédétection pour l'observation des populations urbaines. Une recherche en cours à Quito (Équateur).
in : SPOT 1. Utilisation des images, bilan, résultats. Paris, novembre 1987. Paris, CNES, pp. 505-514.
- MICHEL A., LORTIC B., DUREAU F., BARBARY O., 1988
Une nouvelle méthode de collecte de données démographiques à partir d'images SPOT.
in : SPOT, instrument de gestion et de décision. Paris, CNES-SPOT IMAGE, pp. 26.
- MORROW JONES H.A. et WATKINS J.F., 1984
Remote sensing technology and the US Census.
in : Photogrammetric engineering and Remote Sensing, Vol. 50, n° 2. USA, American Society of Photogrammetry, pp. 229-232.
- OGROSKY C.E., 1986
Population estimates from satellite imagerie.
in : Photogrammetric engineering and remote sensing, Vol. XLI, n° 6. pp. 707-712.
- PIERRE G., PEDRON C., 1989
Contribution of remote sensing data in GIS applications for urban planning.
Communication présentée à la conférence internationale « GIS applications for urban plannings », 3-6 octobre 1989, Ciloto, Indonésie.
- TENEDORIO J. et HAOUES S., 1991
Vers une méthode de détection du changement d'occupation du sol en milieu urbain à l'aide de l'imagerie satellitaire.
Bondy, École spéciale des Travaux Publics de Paris, GDTA.
- VALLON I., COIRON B., MOINET C., 1993
Les images SPOT pour l'évaluation de la consommation d'eau des métropoles.
in : SPOT Magazine, n° 20, pp. 20-22.
- WEBER C. et HIRSCH J., 1990
Estimation of variables with remote sensing information in a Geographical Information System.
Eds EGIS'90, 2, pp. 1140-1154.
- WEBER C. et HIRSCH J., 1994
Comment obtenir des données comparables lorsque les règles de recensement changent ?
in : Actes du colloque EGIS/MARI, Mars-Avril 1994, pp. 604-611.
- WEBER C., HIRSCH J., SERRADJ A., 1993
Complex area-based interpolation : a modelling approach for surface models of population.
in : Acte des réunions Changements d'échelles dans les modèles de l'environnement et de la télédétection du GSTS. Éditions CNRS, pp. 155-167.

- WEBER C., HIRSCH J., SERRADJ A., 1993
Répartition de la population et structure spatiale de référence.
in : Mappemonde, Vol. 4, pp. 46-47.

5. Télédétection spatiale en milieu urbain

5.1. GÉNÉRALITÉS

- ARMAND M., 1986
Images satellitaires et planification des villes du Tiers-Monde.
in : Mondes en développement, Tome 14, n° 56. Paris-Bruxelles,
pp. 197-222.
- CETE Normandie-Centre, 1992 et 1993
Étude de l'agglomération du Havre par télédétection.
Rouen, CNES-STU-ministère de l'Environnement-CETE de Rouen,
51 p. et 30 p.
- CHAMPAUD J., CHAUME R., CHEREL J.-P., BARRET E., ATKINSON
A., MUSCAT G., 1993
Croissance Urbaine, Environnement et imagerie satellitaire.
Convention CEE-ORSTOM, n° 946, 1990 – 24. Paris et Londres,
ORSTOM-ERL, 301 p.
- CNES, 1987
SPOT 1. Utilisation des images, bilan, résultats.
Paris, novembre 1987. Paris, CNES, 697 p.
- CNES-ADEUS, 1992
Ville de Strasbourg : urbanisation, évolution.
Strasbourg, CNES-ADEUS, ministère de l'Équipement, 13 p.
- CNES, ESA, NASA, 1990
*Report of the Deauville Conference on Education and Applications.
A planning meeting for the International Space Year 1992. Deauville,
France, 12-15 February 1990.*
ESA, 72 p.
- CNES, STU, 1987
Urbanisme et télédétection satellitaire.
Paris, CNES-STU, 75 p.
- CNRS, 1982
Journées de télédétection en milieu urbain, Paris, 6-7 mai 1982.
Paris, Centre d'Études et de Réalisations Cartographiques Géogra-
phiques, 141 p.
- CTHS, 1988
*Télédétection. Actes du 113^e Congrès National des Sociétés Savantes.
Strasbourg 1988.*
Paris, Éditions du CTHS, 189 p.
- CTHS, 1990
*115^e Congrès National des Sociétés Savantes. L'image et la science.
Avignon, 9-15 avril 1990. Ordre du jour et résumés.*
Paris, CTHS, 338 p.

- DE KEERSMAECKER M.L. et LAMBIN E., 1987
Réflexions sur l'utilisation à des fins thématiques de l'imagerie satellitaire.
 in : International Journal of Remote Sensing, Vol. 8, n° 9. USA, pp. 1277-1287.
- DELAVIGNE R. CAUCHETIER B., *et al.*, 1991
Télédétection et schéma directeur, le SDAU d'Arcachon.
 Paris, CNES-STU-IAURIF, 87 p.
 et
L'utilisation des images SPOT à l'application de la loi littoral, l'exemple du Bassin d'Arcachon.
 Paris, ministère de l'Environnement-IAURIF, 26 p.
- DELAVIGNE R., THIBAUT C., 1986
 Paris, Cahiers de l'IAURIF, n° 79, 14 p.
- DELAVIGNE R., THIBAUT C., Lenco M., MARIETTE V., 1986
Using of Landsat TM data to study and manage the urban environment of the big cities : Paris région.
 Nairobi ERIM symposium, Ann Arbor, 8 p.
- DUREAU F., 1990
L'observation de la terre par télédétection spatiale : principes généraux.
 in : Villes et citadins du tiers-monde, n° 4. Bondy, ORSTOM, pp. 13-21.
- DUREAU F., 1992
Maîtrise de l'information satellitaire et amélioration des outils de la connaissance urbaine dans les PVD.
 Toulouse, SIG et Télédétection n° 3, p. 9.
- EHLERS M., JADKOWSKI M.A., HOWARD R.R., BROSTUEN D.E., 1990
Application of SPOT data for regional growth analysis and regional planning.
 in : Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 56 (2), pp. 175-180.
- ENVAR, 1986
Télédétection et urbanisme.
 in : Actes des journées nouvelles technologies et urbanisme. Lille, 5-7 mars 1986. Lille, Université des sciences et des techniques de Lille, ENVAR, pp. 203-232.
- GÉOIMAGE, 1993
Télédétection et statistiques urbaines, projet Bordeaux. Journées de présentation à Paris par Eurostat.
 Luxembourg, 23 p.
- IGAC, SELPER, SCF, 1987
Actes du « II Simposio latinoamericano sobre sensores remotos ». Bogota, Colombie, 16-20 novembre 1987.
 Bogota, IGAC, SELPER, SCF, 145 p.

- IGN, 1987
Actes du colloque FI3G. Forum international de l'instrumentation et de l'information géographiques, Lyon, 10-13 juin 1987.
Saint-Mandé, IGN, 609 p.
- ISTED, 1988
Colloque international. Gestion urbaine et développement, vol. 2. Lyon, 20-22 septembre 1988.
Paris, ISTD, 613 p.
- ISTED, 1988
Le savoir-faire français en matière de télédétection satellitaire appliquée à l'aménagement.
Paris, ISTD, 88 p.
- LENCO M., 1993
Étude des écosystèmes urbains des grandes agglomérations par télédétection au 1/25 000. Journées d'étude ville et statistique du CNIS.
Paris, INSEE, 5 p.
- LENCO M., TOURNEUX F., 1993
Remote sensing from space at 1/25 000 scale to study and watch the urban ecosystems in the built up areas above 100 000 inhab.
Vienna ERIM symposium, Ann Arbor, 5 p.
et
1993. *Écosystèmes urbains dans les grandes agglomérations.*
Paris, REED Environnement, 3 p.
- LO C.P. et SHIPMAN R.L., 1990
A GIS approach to Land-Use change Dynamics Detection.
Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 56, 11, pp. 1483-1491.
- LORTIC B. et LORTIC M.C., 1990
L'imagerie radar.
in : *Villes et citadins du tiers-monde*, n° 4. Bondy, ORSTOM, pp. 83-96.
- MICHEL A. et DUREAU F., 1990
Teledeteccion aérea y espacial en medio urbano y observación demográfica. Avance de la investigación a través de la literatura francesa e inglesa.
in : *Revista SELPER*, Vol. 6, n° 4. Santiago du Chili, SELPER, pp. 36-47.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, STU, RÉGION FRANCHE-COMTÉ, 1989
Étude par télédétection des écosystèmes urbains des agglomérations moyennes de Belfort et Montbéliard.
Paris, 12 p.
- ORSTOM, 1989
Journées télédétection. Images satellites et milieux terrestres en régions arides et tropicales. Bondy, 14-17 novembre 1988.
Bondy, Éditions de l'ORSTOM, collection Colloques et séminaires, 330 p.

- ORSTOM, 1990
Villes et citadins du Tiers Monde, n° 4. Dossier sur la télédétection urbaine à l'ORSTOM.
 Bondy, ORSTOM, 136 p.
- PAUL S., 1982
Dictionnaire de télédétection aérospatiale. Airbone and spaceborne remote sensing dictionary.
 Paris, Masson, 236 p.
- RIMBERT S., 1992
Villes et télédétection : un état de la question.
 in : Sistema terra, Vol. 1, n° 1, pp. 9-11.
- SFERES, 1986
Analyse du tissu urbain de Paris et des départements de la petite couronne par télédétection.
 Montrouge, ministère de l'Environnement-IAURIF, 26 p.
- STU, CNES, 1989
Télédétection satellitaire en urbanisme et aménagement.
 Paris, STU, 63 p.
- UNISFERE, 1992
Étude des grandes agglomérations de plus de 100 000 habitants par télédétection, application au district de Nancy.
 Besançon, ministère de l'Environnement-CNES, 51 p.
- VERCLER, 1994
Étude par télédétection des écosystèmes de l'agglomération de Limoges.
 Paris, ministère de l'Environnement-SIEPAL, 78 p.

5.2. AFRIQUE

- ADENIYI P.O., 1986
Applications of remote sensing techniques in Nigeria.
 in : Nigeria society of remote sensing publication n° 2. Lagos, University of Lagos, Department of geography.
- BAUDOT Y., WILMET J., 1992.
Quantification de la croissance urbaine au moyen des satellites à haute résolution : applications à Lubumbashi, Marrakech et Ouagadougou.
 MARISY 92, Évaluation des ressources naturelles par télédétection spatiale, Maroc, 7-9 octobre 1992, pp. 270-292.
- DAGORNE A., MAHROUR M., 1987
Analyse diachronique de l'urbanisation ou l'apport des images satellitaires. Application à l'agglomération algéroise.
 in : Analyse spatiale quantitative et appliquée, n° 23. Nice, Laboratoire d'analyse spatiale R. Blanchard, pp. 43-55.
- GNAGO M., 1992
Approvisionnement en eau des grosses agglomérations rurales au Bénin.

- Table ronde sur l'eau et la santé dans les quartiers urbains défavorisés, 1992, Sophia Antipolis.
- HAMZA A., 1985
Remote sensing for developing countries. A case study of Tunisia.
in : International Journal of Remote Sensing, Vol. 7, n° 2. USA, pp. 283-286.
- HARRIS R., 1988
Satellite remote sensing of the contemporary arab city.
in : Landscap Research, Vol. 13, n° 2. Grande-Bretagne, pp. 12-18.
- OLORUNFEMI J.F., 1987
Identification and measurement of the areal extent of settlements from Landsat. An exploration into the Nigerian case.
in : International Journal of Remote Sensing, Vol. 8, n° 12. USA, pp. 1839-1843.
- SERRADJ A., 1985
Traitements d'images satellitaires d'Alger et de Strasbourg.
Strasbourg, Université, Thèse de géographie, 195 p.
- SOUODOPLATOFF S., 1985
Apport de la simulation de SPOT aux études urbaines : Niamey (Niger).
in : Expériences de simulation du satellite SPOT en Afrique de l'Ouest. Paris, GDTA, pp. 153-168.
- SOYER J., WILMET J., 1987
Analyse spectrale des données SPOT relatives à un environnement urbain tropical (Lubumbashi, Shaba, Zaïre).
in : Photo-Interprétation, n° 4. France, Éd. Technip, pp. 45-49.

5.3. AMÉRIQUE DU NORD

- COLWELL R.N., POULTON C.E., 1985
SPOT simulation for urban monitoring: a comparison with Landsat 4 TM and MSS imagery and with high altitude color infra red photography.
in : Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 51, n° 8. USA, American Society of Photogrammetry, pp. 1093-1101.
- FORSTER B.C., 1984
Combining ancillary and spectral data for urban applications.
in : Actes du 25^e congrès de la Société Internationale de Photogrammétrie et de Télédétection, Rio de Janeiro, Tome A7, Vol XXV, Commission VII. Rio de Janeiro.
- GONG P. et HOWARTH P.J., 1990.
The use of structural information for improving land-cover classification accuracies at the rural-urban fringes.
in : Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 56, n° 1, pp. 67-73.

HOWARTH P.J., MARTIN L.R.G., HOLDER G.H., JOHNSON D.D., WANG J., 1987.

SPOT imagery for detecting residential expansion on the rural-urban fringe of Toronto, Canada.

in : SPOT 1. Utilisation des images, bilan, résultats. Paris, novembre 1987. Paris, CNES, pp. 491-498.

MARTIN L.R.G., 1986.

Change detection in the urban fringe employing LANDSAT satellite imagery.

in : Plan Canada, Vol. 26, n° 7. Waterloo, Ontario, University of Waterloo, School of urban and regional planning.

MARTIN L.R.G., 1989.

Accuracy assessment of Landsat-based visual change detection applied to the urban fringe.

in : Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 55, n° 2, pp. 209-215.

MARTIN L.R.G. et HOWARTH P.J., 1989.

Change detection accuracy assessment using SPOT multispectral imagery of the rural-urban fringe.

in : Remote sensing of environment, n° 30, pp. 55-66.

MOLLER-JENSEN L., 1990.

Knowledge-based classification of an urban area using texture and context information in Landsat TM imagery.

in : Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 56, n° 6, pp. 899-904.

QUATTROCHI D.A., 1985.

Analysis of Landsat 4 Thematic Mapper data for classification of the Mobile, Alabama metropolitan area.

in : Proceeding of the Seventeenth International Symposium on Remote Sensing of Environment, Anne Harbor, Michigan, may 9-13 1985. pp. 1393-1402.

5.4. AMÉRIQUE LATINE

AGUGLINO R., MAZZOCATO M., TORRUSIO S. et RIVIERA PINARES A., 1989.

Utilización de imágenes Landsat en la determinación de densidad poblacional en el conurbano bonaerense.

Buenos Aires, CAPDIS, 8 p.

BA M., NASCIMENTO I., SOARES L., 1989

L'occupation du sol de l'axe Gama-Luziania par télédétection satellitaire. Informations pour la planification urbaine et régionale du District Fédéral et de l'Entorno.

Paris, IAURIF-CODEPLAN, 27 p.

DUCHEMIN J.P. et LORTIC B., 1990

La transformation rapide des espaces urbains : identification et suivi cartographique sur images SPOT, Quito et Marne-La-Vallée.

in : Villes et citadins du tiers-monde, n° 4. Bondy, ORSTOM, pp. 57-68.

- EBERHARD J.M., 1987
Téledétection urbaine : éléments de caractérisation géographique des quartiers de Quito à l'aide d'une image SPOT.
Paris, EHESS, mémoire de DEA, 98 p.
- EBERHARD M., 1988
Caractérisation des quartiers périphériques de Mexico sur image SPOT : analyse comparée de la texture sur les données multibandes.
in : Actes des journées de téledétection de l'ORSTOM, Bondy, 14-17 novembre 1988. Bondy, Éditions de l'ORSTOM, collection Colloques et séminaires, pp. 179-192.
- GAMBA A. et POITEVIN J., 1990
La téledétection satellitaire au service d'un observatoire urbain de l'aire métropolitaine de Buenos Aires (Argentine).
Paris, IAURIF, 240 p. + 15 p. + 61 p. + ann.
- GUIDONE G., H.SANTOS L., LE SAUX A., NASCIMENTO L., IAURIF., 1990
La téledétection satellitaire, un outil prospectif pour l'aménagement urbain de la baie de Sepetiba . Rio De Janeiro.
Rio De Janeiro, IAURIF, 1990 p.
- IAURIF et CODEPLAN, 1991
Caractérisation de l'environnement. Partie centrale du bassin versant de la rivière Sao Bartolomeu. Informations pour la planification urbaine et régionale du District Fédéral et de l'Entorno – Brasilia.
Paris, IAURIF-CODEPLAN, 21 p.
- IAURIF-EMPLASA, 1991
Les cartes d'aptitude à l'urbanisation.
Campinas-Sao Paulo.
- MASURE P. et SCANVIC J.Y., 1991
Risques naturels en milieu urbain : cartographie par téledétection de la sensibilité des sols aux mouvements de terrain. L'exemple de La Paz-Bolivie.
Communication au Colloque CNES, Spot outil de développement, Paris, 26-29 juin 1990.
Toulouse, CNES-CEPADUES Éditions, pp. 207-214.
- MINISTERIO A., SOARES L., LESENS J.M., NASCIMENTO I., 1989
Vol. 3. Informations pour la planification urbaine et régionale du district fédéral et Entorno.
Paris, IAURIF, CODEPLAN, ministère des Affaires Étrangères, MS2I, 42 p.
- NASCIMENTO I., 1992
Information pour la planification urbaine et régionale du District Fédéral et de l'Entorno. Rapport de synthèse (1987-1992).
Paris, IAURIF, 27 p.
- NASCIMENTO I. et DE CARVALHO V., 1988
Vol. 1. Informations pour la planification urbaine et régionale du district fédéral et de l'Entorno : les images satellite au service de l'aménagement régional de Brasilia.
Paris, IAURIF, CODEPLAN, SEP-DTI, 31 p.

- NASCIMENTO I., LESENS J.M., DE CARCALHO V., 1988
Vol. 2. La situation des informations pour la planification urbaine et régionale du district fédéral et de l'Entorno.
 Paris, IAURIF, CODEPLAN, SEP-DTI, 38 p.
- NASCIMENTO I., CARDIERI F.L. et KIENTZ B., 1991
Carte de densité d'utilisation du sol urbain. Région métropolitaine de Sao Paulo.
 Paris, IAURIF, 4 p.
- NEVES DE OLIVEIRA M., 1986
Visual aerial texture discrimination for delineating homogeneous residential sectors : an instrument for urban planners.
 in : Actes du symposium de la commission VII ISPRS.
- PAHN C. et POITEVIN J., 1988
Les espaces ouverts de l'aire métropolitaine de Buenos Aires (AMBA) : inventaire par télédétection satellitaire. Présentation des travaux effectués.
 Paris, IAURIF, CONAMBA, SFERES, 12 p.

5.5. ASIE

- BERTAUD M.A., 1989
The use of satellite images for urban planning. A case study from Karachi, Pakistan.
 New York, Banque Mondiale, 72 p.
- DONTREE S., 1990
Analyse des processus d'urbanisation dans la zone d'estuaire du fleuve Bang Pa Kong à partir de données satellitaires. Mémoire présenté pour l'obtention du DESS de Télédétection, Méthodes et Applications.
 Toulouse, GDTA – École Nationale des Sciences Géographiques, 36 p.
- DURAND LASSERVE A., RUANGSIRI P., CHANLIKIT D., 1982
Urban settlement and delineation of land use categories in Bangkok metropolitan area, land cover inventory and land use changes using Landsat data.
 Bangkok, 13 p.
- GODIN L., 1991
SPOT et les scénarios de développement urbain de Shanghai.
 Communication au Colloque CNES, SPOT outil de développement, Paris, 26-29 juin 1990.
 Toulouse, CNES-CEPADUES Éditions, pp. 221-229.
- GUPTA D.M. and MUNSHI M.K., 1985
Urban change and land use mapping of Dehli.
 in : International journal of remote sensing, Vol. 6, n° 3-4. USA, pp. 529-534.
- RAGHAVSAM Y., BALJI K., GAUTAM N.C., RAO D.P., 1992
Madras : fighting the pressure of environmental resources.
 in : Sistema Terra, Vol. 1, n° 1, pp. 20-25.

- SOMBAT M. et VAN DER ZEE D., 1987
The monitoring of Bangkok's rural urban fringe : the possibilities and limitations of remote sensing as a tool for planning.
 in : *Ecologia*, Vol. 6, n° 1.
- VICENTE-JOSE M. C., 1990
Approche des dégradations urbaines à partir d'images satellitaires. Le cas du secteur Est de Manille Métropolitaine.
 Paris, GDTA, 66 p.
- 5.6. EUROPE SAUF FRANCE**
- BUCHAN G.M. et Al., 1986
Remote sensing in land-use planning : an application in west central Scotland using Spot-simulation data.
 in : *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 7, n° 6. pp. 1041-1050.
- NADASDI I., BAUDOT Y., DONNAY J.P., 1988
Une carte-pilote de l'affectation des sols à Liège et des produits dérivés issus des traitements satellitaires SPOT.
 Belgique, Université de Liège, 10 p.
- NADASDI I., BAUDOT Y., DONNAY J.P., HOUSSEIER P., 1987
Occupation du sol et écologie urbaine par télédétection satellitaire SPOT. Le cas de Liège.
 in : *Actes du Colloque international sur la valorisation du satellite SPOT.* Budapest, Association hongroise des géomètres et cartographes, pp. 74-89.
- NADASDI I., BAUDOT Y., DONNAY J.P., HOUSSEIER P., 1987
Un classement supervisé de l'utilisation du sol et son exploitation dans l'agglomération liégeoise à partir d'une scène SPOT.
 in : *Télédétection satellitaire et espaces urbains. Notes de recherches de la Société Géographique*, n° 9. Liège, pp. 33-51.
- PETROPOULOU C., 1993
 « *Étude diachronique des mutations urbaines à Thriassio (plaine d'Eleusis).* »
 Mémoire de DEA, UFR de Géographie, ULP Strasbourg, 197 p.
- QUARMBY N.A. et CUSHNIE J.L., 1989
Monitoring urban land cover changes at the urban fringe from SPOT HRV imagery in south-east England.
 in : *International journal of remote sensing*, Vol. 10, n° 6. USA, pp. 953-963.
- QUARMBY N.A., TOWNSHEND J.R.G., CUSHNIE J.L., 1987
Monitoring urban land cover changes at the urban fringe from spot HRV imagery in south-east England.
 in : *SPOT 1. Utilisation des images, bilan, résultats.* Paris, novembre 1987. Paris, CNES, pp. 575-582.
- WILMET J. et DE KEERSMAECKER M.L., 1985
La télédétection satellitaire ; occupation du sol en milieu urbain : Etterbeek.
 in : *Métropolis*, n° 70-71.

5.7. FRANCE

- ARMAND M. et HERNANDEZ M., 1987
Vers une identification automatique des tissus urbains.
in : Bulletin SFPT n° 106. Paris, SFPT, pp. 5-22.
- ATLAN I. et RENAUDOT C., 1987
L'indice de végétation par satellite, indicateur de l'environnement urbain. Première exploitation d'images SPOT pour l'étude de la végétation urbaine.
Paris, IAURIF, PARIS VII, UNISPHERE, 54 p.
- BA M. et THIBAUT C., 1990
Suivi de l'occupation du sol des schémas directeurs de Seine-et-Marne par satellite.
Paris, IAURIF, 48 p.
- BA M., CAUCHETIER B., ROSSI S., COUR P., TOURNEUX F., 1990
Evaluation de l'usage du sol dans le secteur du bassin d'Arcachon par téledétection.
Paris, IAURIF, 87 p.
- BALLUT A., 1979
Les limites de la téledétection en milieu urbain.
Paris, EHESS, Thèse de 3^e cycle.
- BALLUT A. et NGUYEN P.T., 1985
Simulation SPOT à Paris ; mutations du tissu urbain.
in : Métropolis, n° 70-71. Paris.
- BALLUT A., LECUP J., LENCO M., 1985
Traitement en classification supervisée de l'occupation de l'espace de l'image en Ile-de-France du 23/3/1973 sur station précablée active, utilisation d'image satellite pour décrire l'état et le suivi de l'occupation du sol et de la végétation en Ile de France.
in : Paris, IAURIF, pp. 22-52.
- BOQUET E., 1987
Utilisation d'images SPOT pour l'analyse du milieu urbain. Amélioration d'images classées (SPOT) par intégration d'informations texturales.
in : Actes du colloque FI3G. Forum international de l'instrumentation et de l'information géographiques, Lyon, 10-13 juin 1987. Paris, IGN, pp. 229-244.
- BOQUET E. et SEYLER F., 1988
Méthode de suivi de l'évolution de l'urbanisation en Ile-de-France de 1974 à 1987.
in : Colloque international. Gestion urbaine et développement. Lyon, 20-22 septembre 1988. Paris, ISTED, pp. 285-299.
- BROUNHONESQUE M. et HADDAD Y., 1988
Le plan vert par satellite : mesures de biovolumes et indices de végétation.
Paris, IAURIF, Paris VII, UNISPHERE, 85 p.

- CANTAT O., 1987
Télétection spatiale et micro-climats : le cas de la région d'Ile-de-France.
Paris, IAURIF, SFERES, 190 p.
- DEDIEU J.P., VANDEPUTTE F., BALLUT A., KIENTZ B., 1985
Méthodologie d'étude sur l'évolution de l'occupation du sol en région Ile-de-France à partir d'images des satellites Landsat entre mars 1973 et mars 1983.
Paris, IAURIF.
- DELAVIGNE R., THIBAUT C., LENCO M., MARIETTE V., 1986
Using of Landsat TM to study and manage the urban environment of the big cities : Paris Region.
in : Colloque de Nairobi sur la télétection, pp. 1363-1370.
- GUILLARD H. et THIBAUT C., 1986
Mesurer la végétation urbaine par télétection : du satellite au terrain.
Paris, IAURIF, SFERES, 91 p.
- HIRSCH J., SERRADJ A., RIMBERT S., 1988
La télétection, un outil supplémentaire au service des études urbaines : une application sur Strasbourg.
in : Les Cahiers de l'Urbanisme n° 4. Revue de l'administration wallonne de l'aménagement du territoire. France.
- LIMA ROSARIO DA TRIDALE F., 1985
Étude par télétection de l'organisation de l'espace dans la commune de Carbonne.
Paris, Paris VI, DESS, 37 p.
- NASCIMENTO I. et THIBAUT C., 1987
Observer l'espace urbain par satellites : l'exemple de l'agglomération parisienne.
Paris, IAURIF, ministère de l'environnement, SFERES, 76 p.
- PEDRON C., 1986
Adaptation des données numériques SPOT 1 au milieu urbain.
Colloque SPOT 1 premiers résultats en vol. Toulouse.
- PEDRON C., 1987
Bilan intermédiaire des travaux conduits dans le cadre de la convention d'étude LERTS/CNES.
Toulouse, Mairie de Toulouse, 49 p.
- PEDRON C., 1989
L'apport des images du satellite SPOT à la cartographie de la pollution atmosphérique en site urbain.
Toulouse, Service informatique de la ville de Toulouse, 5 p.
- RIMBERT S. et SCHNEIDER C., 1988
Classification intra-urbaine et intersatellitaire sur Strasbourg.
in : Actes du 113^e Congrès National des Sociétés Savantes. Strasbourg 1988. Télétection. Paris, Éditions du CTHS, pp. 139-144.

- THIBAUT C. et POITEVIN J., 1986
Un nouveau regard sur l'environnement.
 Paris, IAURIF, Cahier de l'IAURIF, n° 79.
- THOMOPOULOS E., 1988
La reconnaissance automatique des zones urbaines dans les images satellitaires de haute résolution spatiale.
 in : Actes du 113^e Congrès National des Sociétés Savantes, Strasbourg 1988. Télédétection. Paris, CHTS, pp. 89-107.
- WEBER C. et HIRSCH J., 1989
Some urban measurements from SPOT data : urban life quality indexes.
 Communication au 6^e colloque européen de géographie théorique et quantitative. Chantilly, 5-9 septembre 1989. Strasbourg, URA D 902 CNRS/GSTS, 11 p.
- WEBER C., HIRSCH J., 1991
Zoning classification for urban modelling : tests on SPOT images. Communication présentée au colloque EGIS'91, Bruxelles, 2-5 Avril 1991.
 Strasbourg, URA 902 CNRS/GSTS, Institut de Géographie, 8 p.
- WEBER C., HIRSCH J., DIEBOLD, 1991
Mutations urbaines : analyse des changements à partir de deux images SPOT.
 in : photo-Interprétation, 90 – 6/4, pp. 39-44.
- WEBER C., HIRSCH J., SERRADJ A., 1991
Classification pixels et classification par zones : tests sur image SPOT en milieu urbain.
 in : Caractérisation et suivi des milieux terrestres en régions arides et tropicales. Deuxième journées de télédétection, Bondy, 4 au 6 décembre 1990.
 Paris, ORSTOM, collection colloques et séminaires, pp. 231-238.
- YANG L.S., FUEKI T., HONG J.K., SHIBANO K. , 1985
Analysis of urban spatial structure of Marseille by Landsat Thematic Mapper.
 Japon, Université de Nihon et centre IBM, 9 p.

5.8. MOYEN-ORIENT

- CAMPAGNE P. et LE MEN H., 1986
Caractérisation et quantification de l'évolution de l'agglomération du Caire par traitement d'images Landsat MSS et TM.
 Paris, Banque Mondiale, IGN.
- CHARAFFEDINE W., BOUSTANY S., THIBAUT C., 1989
Projet Liban. Cadrage régional de Beyrouth. Mise au point d'une méthode d'analyse par télédétection. Première phase. 1 : rapport technique. 2 : cahier de démonstration.
 Paris, IAURIF, CDR, DGU, MAE, Caisse Centrale de Coopération Économique, UNISFERE, 145 p.
- CHARAF-EDDINE W., BOUSTANY S., THIBAUT C., 1990
Cadrage régional de Beyrouth. Mise au point d'une méthode d'ana-

lyse par télédétection. (1) Rapport technique. (2) Cahier de démonstration.
Paris, MAE, CDR, DGU, IAURIF, 192 p.

6. Intégration des données de télédétection dans un système d'information urbain

ALLOUCHE B. et FOUCHEYRAND G., 1988

La télédétection et les banques de données. L'extraction de la voirie sur image satellite comme outil d'analyse de la densité urbaine.
Saint-Étienne, École d'architecture, 43 p.

ARMAND M. et CAMPAGNE P., 1988

Aide à la mise à jour d'une base de données urbaines à partir des images du satellite SPOT.
Paris, IGN, 20 p.

ARMAND M. et CAMPAGNE P., 1989

Mise à jour d'une base de données urbaines à partir d'images satellitaires : le cas de Bouaké (RCI).
in : Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie et Télédétection, n° 116. Paris, SFPT, pp. 5-17.

BOQUET E., 1987

Exemples d'utilisation d'images satellite comme source d'informations géographiques.
Communication au colloque FI3G. Lyon, 10-13 juin 1987.
in : Actes du colloque. Paris, IGN, pp. 539-551.

DENEGRE J., 1987

Apport de SPOT aux systèmes d'informations géographiques.
in : Actes du Colloque « SPOT 1. Utilisation des images, bilan résultats ». Paris, 23-27 novembre 1987. Paris, CNES.

DUREAU F., 1986

A propos du traitement informatique des données localisées. Une expérience en cours : télédétection et observation des populations urbaines.
in : L'infographie à l'ORSTOM. Paris, ORSTOM, Collection Colloques et séminaires, pp. 263-286.

DUREAU F., LORTIC B., MICHEL A., SOURIS M., 1987

Télédétection et système d'information géographique.
Communication au Forum International de l'Instrumentation et de l'Information géographiques, Lyon (France), 10-13 juin 1987. Lyon, 15 p.

DUREAU F., LORTIC B., MICHEL A., SOURIS M., 1987

Informatique, télédétection et observation des populations urbaines. Une recherche en cours à Quito (Équateur).
Communication à la Primera Conferencia Latinoamericana sobre informática en geografía, San José, Costa Rica, 5-9 octobre 1987. Quito (Équateur), 29 p.

- MEAILLE R. et WALD L., 1990.
Using geographical information system and satellite imagery within a numerical simulation of regional urban growth.
 in : International Journal of GIS, Vol. 4, n° 4, pp. 445-456.
- PAULSSON B., 1992.
Urban applications of satellite remote sensing and GIS analysis.
 Washington, The World Bank, 60 p.
- PEDRON C., 1988.
Intégration des données SPOT dans une banque de données urbaines : la localisation des chantiers.
 in : Photo-interprétation, n° 2. Paris, Technip, pp. 47-52.
- PEDRON C., CUSSOL J., TOURNET J., LEPRIEUR C., 1987.
Intégration des données SPOT à un système d'informations géocodées.
 in : SPOT 1. Utilisation des images, bilan, résultats. Paris, novembre 1987. Paris, CNES, pp. 515-530.
- PERRIN L., 1990
The Development of Urban Fringe Settlements in Sub-Saharan Africa : A GIS Model of Informal Urbanization Based on Remotely Sensed Data.
 Cambridge, Harvard University, 231 p.
- WEBER C. et HIRSCH J., 1988.
Combinatoire des données multi-sources : la télédétection et le système urbain.
 in : Actes du 113^e congrès des sociétés savantes. Volume télédétection. Paris, pp. 161-176.
- WEBER C. et HIRSCH J., 1989.
Intégration de données multisources : les problèmes de désagrégation et agrégation de données dans une approche de Système d'Information Géographique. Fiabilité et utilisation optimum des informations.
 Colloque SIGEO, Université de Rouen, 6-7 octobre 1989. Rouen, Université de Rouen, 15 p.

7. Bibliographie générale

- AGELIDI K., 1989.
in BURGEL G. et als : Villes en parallèle.
 Athènes. Éd. Exantas, pp. 165-180.
- CHRISTOPOULOS C., 1991.
Tendance de l'évolution du capital en Grèce.
 Athènes. Éd. KME-Nouvelles Époque, 205 p.
- KOMNINOS N., 1989.
Crise, restructuration métropolitaine et nouvel urbanisme.
 Athènes. Éd. Synchrona Thémata, 3 vol.

- LEODIDOU L., 1989.
Villes de silence.
Athènes. Éd. ETVA, 385 p.
- PHILIPIDIS D., 1990.
Pour la ville hellène.
Éd. Themelio, 307 p.
- SFYROERAS B., 1985.
Histoire d'Eleusis.
Athènes. Éd. Mairie d'Eleusis, 300 p.
- SELER, ABATJOGLOU, 1993.
La pollution industrielle à Thriassio.
Eleusis. Éd SELER, 10 p.


TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos, <i>Françoise DUREAU et Christiane WEBER</i>	V
Les auteurs.....	XV
Première partie : LES SYSTÈMES D'INFORMATION URBAINS : OBJECTIFS, DÉFINITIONS.....	1
Introduction, <i>Christiane WEBER</i>	3
Urbanisme et urbanisation dans les pays en développement. Banques de données urbaines, <i>Alain SINOU</i>	7
De la banque de données urbaines au système d'information géographique urbain, <i>Christiane WEBER</i>	15
De la gestion à l'analyse des villes : un panorama des Sys- tèmes d'Information Géographique Urbains, <i>Thierry JOLI- VEAU</i>	29
Du difficile ajustement des systèmes d'information aux besoins des gestionnaires urbains, <i>Michel PROUZET et André HERNANDEZ</i>	41
Deuxième partie : LA MISE EN PLACE D'UN SYSTÈ- ME D'INFORMATION URBAIN	55
Introduction, <i>Christiane WEBER</i>	57
2.1. LA DÉMARCHE	63
Mise en oeuvre d'un Système d'Information Géographique et constitution d'une Banque de Données Urbaine, <i>Patrice BOURSIER</i>	65
Les pièges à éviter dans la mise en oeuvre d'un Système d'In- formation Géographique, <i>Henri PORNON</i>	73

2.2. EXEMPLES DE SYSTÈMES D'INFORMATION URBAINS	89
Un S.I.G au service d'une grande région métropolitaine : l'exemple de l'Ile-de-France, <i>André BALLUT</i>	91
Système d'information socio-économique urbain : l'exemple de la ville du Havre, <i>Laurent LÉVÉQUE et Pascal MALLET</i>	111
De l'Atlas informatisé au système urbain d'information métropolitain de Quito (SUIM), <i>Bernard LORTIC</i>	125
La géographie face aux SIG, <i>René de MAXIMY</i>	135
Le guide municipal de la Côte d'Ivoire : un système d'information urbain applicable à toute l'Afrique, <i>Jean SAINT-VIL</i>	141
 2.3. L'ÉVOLUTION DES SYSTÈMES D'INFORMATION URBAINS	 157
Pérennité des outils d'observation urbaine, <i>Dominique BADARIOTTI</i>	159
SIG : les besoins, l'offre actuelle et les perspectives d'évolution, <i>Patrice BOURSIER</i>	167
 Troisième partie : PRODUCTION DE L'INFORMATION ..	 175
Introduction, <i>Françoise DUREAU</i>	177
 3.1. LA TÉLÉDÉTECTION SPATIALE	 191
Introduction à la télédétection spatiale, <i>Françoise DUREAU</i> ...	193
Faut-il poser la question : que faire par télédétection ?, <i>Bernard LORTIC</i>	205
Zaire : études urbaines, <i>Jean FLOURIOT</i>	219
Les cartes d'aptitude à l'urbanisation extraites de l'imagerie SPOT, <i>Iuli NASCIMENTO</i>	229
Études des écosystèmes urbains des grande agglomérations de plus de 100 000 habitants par télédétection au 1/25 000, <i>Michel LENCO</i>	241
Étude diachronique d'une région périurbaine à partir de données satellitaires : le cas de la plaine d'Eleusis (Grèce), <i>Christiane WEBER et Chrissanthy PETROPOULOU</i>	255

3.2. L'INFORMATION SOCIALE ET ÉCONOMIQUE	269
Images satellite et démographie. Présentation d'une nouvelle méthode de production d'informations sur les populations citadines, <i>Françoise DUREAU</i>	271
Estimation de la population des quartiers périphériques de Ouagadougou par télédétection, <i>Jean-François DESPRATS et Philippe DUTARTRE</i>	285
Des chiffres et des images, <i>Christiane WEBER</i>	295
L'avènement de la ville et le renouveau statistique, <i>Jean-Paul BLANDINIÈRES</i>	307
ANNEXES	317
1. Logiciels	319
2. Institutions	323
3. Principales revues.....	331
4. Principaux colloques	333
INDICATIONS BIBLIOGRAPHIQUES	335
1. Urbanisme et informatique.....	337
2. Traitement informatique de l'information géographique	338
3. Systèmes d'information urbains.....	344
4. Méthodes de production rapide d'information socio-économique	356
5. Télédétection spatiale en milieu urbain	361
6. Intégration des données de télédétection dans un système d'information urbain	373



Achevé d'imprimer par  Corlet, Imprimeur, S.A.
14110 Condé-sur-Noireau (France)
N° d'Imprimeur : 9706/271 - Dépôt légal : septembre 1995
Composition-mise en pages : Reprotyp - 14110 Condé-sur-Noireau
Imprimé en C.E.E.

Un des phénomènes majeurs de cette fin du XX^e siècle est sans aucun doute la rapidité du processus d'urbanisation à l'échelle planétaire. Dès aujourd'hui, la majorité de la population urbaine du Monde vit dans les pays en développement. Comment gérer ces villes, sans exclure une partie des citadins parce qu'illégaux et/ou insolvables ? Dans le contexte actuel de crise de la ville, de ses paradigmes comme de ses modes de gestion et de planification, la télédétection et les systèmes d'information peuvent contribuer largement à la définition d'une nouvelle lecture de la ville, permettant un diagnostic pertinent des dynamiques spatiales et sociales des cités du tiers monde comme des pays industrialisés.

Ce livre aborde les problèmes conceptuels, humains et organisationnels que soulève l'emploi de ces nouveaux outils de production, gestion et analyse de l'information urbaine, à partir d'expériences menées en Afrique, en Amérique Latine et en Europe. Il est le fruit d'une dynamique de communication et de réflexion poursuivie au cours de quatre années à travers un réseau transgressant les coupures traditionnelles entre la Recherche et l'Opérationnel, la France et les pays en développement.

Sous la direction de Françoise Dureau et Christiane Weber, cet ouvrage rassemble des contributions de: Dominique Badariotti, André Ballut, Jean-Paul Blandinières, Patrice Boursier, Jean-François Desprats, Philippe Dutartre, Françoise Dureau, Jean Flouriot, André Hernandez, Thierry Joliveau, Michel Lenco, Laurent Lévêque, Bernard Lortic, Pascal Mallet, René de Maximy, Iuli Nascimento, Chryssanti Petropoulou, Henri Pornon, Michel Prouzet, Jean Saint-Vil, Alain Sinou, Christiane Weber.



ISBN 2-7178-28

200 F

anthropos