



Structuration, mise à jour et exploitation d'une base de données localisées au service d'un projet de géographie urbaine :

Approche environnementale des dynamiques urbaines à Addis-Abeba – Ethiopie

Olivier Laporte

Rapport de stage effectué de mai à septembre 2002 dans le cadre du DESS de Cartographie et SIG de l'École Nationale des Sciences Géographiques et de l'Université de Paris I

Maîtres de stage : Pierre Peltre, directeur de l'atelier de cartographie appliquée de l'IRD et Dominique Couret, chargée de recherche à l'UR Environnement Urbain.
Lieu du stage : Centre de recherche de l'IRD (Bondy, Seine-Saint-Denis-93)
Date de la soutenance : 12 septembre 2002.

Sommaire

I.	Présentation de l'institut d'accueil et du projet.....	3
1.	L'IRD (Institut de Recherche pour le Développement (ex-ORSTOM).....	3
2.	Le LCA (Laboratoire de Cartographie Appliquée, ex-LCA).....	3
3.	L'UR Environnement urbain	4
4.	Le projet « Approche environnementale des dynamiques urbaines à Addis-Abeba »	5
II.	Structuration, documentation et mise à jour de la base de données sur Addis-Abeba	6
1.	Enrichissement, mise à jour et « nettoyage » de la base de données existante	6
a.	Intégration des données administratives et « cadastrales » de l'enquête "City Survey"	6
b.	Mise en forme des données de l'enquête et intégration sous MS Access.	8
c.	Numérisation de nouvelles relations sous Savedit.....	8
d.	Géoréférencement et mosaïquage des photos aériennes sous Savamer	8
e.	Création d'une base de données de référence	9
2.	Documentation de la base de données	12
III.	Exemples d'exploitation de la base de données : analyse de la morphologie urbaine.....	14
1.	Analyse de l'occupation urbaine du sol.....	14
a.	Choix de l'espace de représentation	14
b.	Analyses	15
2.	Etude de l'évolution du couvert urbain par l'étude des images satellites.	15
a.	Exploitation des images SPOT panchromatiques	16
b.	Exploitation des Images SPOT XS	17
c.	Agrégation des indicateurs sur données Spot couleur au niveau des îlots.	18
d.	Classification du tissu urbain selon sa nature et son évolution.....	19
e.	Modélisation du tissu urbain	20
IV.	Conclusion	22
V.	Annexes.....	23

Remerciements

Je tiens à remercier Pierre Peltre et Michel Danard, directeur et directeur-adjoint du LCA, pour les excellentes conditions, notamment matérielles, dans lesquelles ce stage s'est déroulé ; Dominique Couret, de l'UR Environnement urbain, pour sa disponibilité et l'intérêt porté à mes travaux, et enfin Bernard Lortic, Yves Blanca, Eric Opigez, Elisabeth Habert, Catherine Valton, Sabine Tostain et Rainer Zaiss pour leurs conseils techniques et leur disponibilité.

I. Présentation de l'institut d'accueil et du projet

Les travaux effectués pendant ce stage ont été réalisés au Laboratoire de Cartographie appliquée du centre de recherche de l'IRD à Bondy, dans le cadre du projet : « Approche environnementale des dynamiques urbaines à Addis-Abeba » de l'Unité de recherche « Environnement Urbain » du Département « Sociétés et Santé ».

Présentons brièvement leurs activités respectives :

1. L'IRD (Institut de Recherche pour le Développement (ex-ORSTOM))

L'IRD est un établissement public à caractère scientifique et technologique, placé sous la tutelle des ministres chargés de la Recherche et de la Coopération.

Depuis cinquante cinq ans, l'IRD mène des recherches en Afrique, dans l'Océan Indien, en Amérique latine et dans le Pacifique, sur les milieux intertropicaux, où il conduit des recherches qui sont devenues des références internationales. Il dispose d'implantations dans 26 pays de la zone intertropicale. Il compte également cinq implantations en métropole et cinq dans les DOM-TOM. L'IRD remplit trois missions fondamentales : la recherche, l'expertise et la formation.

La structuration et les compétences des laboratoires de Bondy, dont fait partie le LCA, permettent une approche globale des questions d'environnement et de développement, notamment dans le domaine des sciences de la terre, des sciences du vivant, du développement urbain et des sciences sociales.

Site Internet : de l'Institut (rue Lafayette, Paris) : <http://www.ird.fr>

du Centre de recherche de Bondy : <http://www.bondy.ird.fr>

2. Le LCA (Laboratoire de Cartographie Appliquée, ex-LCA)

Le laboratoire de cartographie appliquée constitue la base du Secteur de l'information géographique de la DIC (Délégation à l'information et à la communication). Issu du service cartographique de l'ORSTOM, ses missions ont été élargies en 1995 à l'ensemble du domaine de la cartographie numérique au service de la recherche pour le développement, dans le but de créer une plate-forme de capitalisation de l'information et des savoir-faire en matière de cartographie moderne, alliant capacité d'édition, d'appui à la recherche et de formation. Le laboratoire joue ainsi le rôle d'un centre de ressources de l'Institut en matière d'information géographique selon trois lignes directrices principales :

- ✓ publier des cartes thématiques et atlas de qualité en intégrant une large palette de moyens de production numériques, en développant notamment une capacité de réalisation multimédia (utilisation de Adobe Acrobat & PDF Maker, Adobe SVG Builder, JAVA script) pour diffuser des produits cartographiques sur CD-Rom et sur Internet ;
- ✓ organiser au sein de l'Institut un lieu d'appui à la recherche à compétences multiples dans le domaine des bases de données géoréférencées sous SIG, capable d'accueillir à la fois des chercheurs et des doctorants, et permettant d'offrir une capacité de formation spécialisée à l'usage des chercheurs et des partenaires de l'Institut ;

- ✓ renforcer la capitalisation de l'information géographique en modernisant une cartothèque importante, et en développant la capacité de diffusion des réalisations de l'Institut en matière d'information géographique.

Le laboratoire comprend actuellement une quinzaine de techniciens, chercheurs et ingénieurs spécialisés. Il dispose de cinq stations de travail sous Windows NT, de deux SparcStation Sun et d'une dizaine de Macintosh, ainsi qu'un traceur A0 et deux scanners, dont un de format A0 ; les principaux logiciels utilisés incluent Microstation et Adobe Illustrator pour les éditeurs graphiques, ArcInfo, ArcView, MapInfo et [Savane](#) dans le domaine des SIG, Adobe Photoshop, ER Mapper et Microstation Descartes pour l'imagerie Raster.

La mise en œuvre des orientations prises il y a six ans est maintenant bien établie. La capacité de réaliser des cartes à partir de bases de données géoréférencées sous SIG ou en cartographie statistique a été développée. Un important effort a été réalisé pour développer des compétences très diversifiées en matière de transformation des formats de fichiers. Les travaux édités ces dernières années concernent les thèmes de l'environnement, des ressources naturelles et diverses questions sociales, tels des recueils de cartes, d'atlas, ainsi que de produits cartographiques multimédia, notamment sous forme de serveurs Web ou de produits sur CD-Rom. Il possède également une cartothèque de plus de 15 000 références à la disposition de la communauté scientifique, des étudiants et du public, et qui peut être consultée en ligne.

Site Internet : <http://www.bondy.ird.fr/carto>

3. L'UR Environnement urbain

Le projet scientifique de l'Unité de recherche en Environnement urbain peut se synthétiser par les points suivants (voir le [Rapport d'activité 2001](#), UR-IRD29, Dominique Couret) :

Les objectifs de l'UR sont les suivants :

- ✓ Contribuer à la conceptualisation de l'environnement urbain
- ✓ Identifier les nouvelles pratiques et Politiques, les modes de gestion induits par les préoccupations environnementales.
- ✓ Formaliser et confronter les méthodes et les objets d'analyse de la recherche sur l'environnement urbain.
- ✓ Apporter des connaissances utiles aux décideurs et contribuer à définir ce que pourrait être une gestion environnementale de la ville.

Ces recherches s'articulent selon trois axes scientifiques :

- ✓ L'analyse de la transformation urbaine.
- ✓ L'analyse des processus de valorisation et de conservation du patrimoine urbain .
- ✓ L'analyse des risques en milieu urbain (risques naturels, sanitaire, sociaux).

Depuis sa création, les principaux programmes portent sur les thèmes suivants :

- ✓ La problématique urbaine dans le développement de l'île de la Réunion
- ✓ Système environnemental du bassin Lerma Chapala et zone métropolitaine de Guadalajara (Mexique).
- ✓ Réfugiés et environnement (Ouganda).
- ✓ Gestion environnementale comparée de trois villes du Centre Ouest brésilien (Brasilia, Goiânia et Palmas).

- ✓ Approche environnementale des dynamiques urbaines à Addis-Abeba (Ethiopie).
- ✓ SIG et risques à Quito (Equateur).
- ✓ Sauvegarde du patrimoine dans les villes de Méditerranée du Sud (Le Caire, Alep, Beyrouth).

Site Internet: <http://www.bondy.ird.fr/envisud/envurb2.htm>

4 .Le projet « Approche environnementale des dynamiques urbaines à Addis-Abeba »

La ville d'Addis-Abeba et la façon dont s'élabore sa croissance posent des problèmes de gestion spécifique, en *relation* tout à la fois avec son site particulier, l'histoire de son peuplement, des politiques et des gestions urbaines successives. Ainsi, tous les ingrédients des problèmes économiques et d'infrastructures propres aux métropoles des pays en voie de développement s'y trouvent rassemblés : un taux de chômage de 40%, un niveau de revenu inférieur à 40 € mensuel pour 50% des citoyens, 60% seulement de l'eau potable nécessaire est fournie et seulement 3.7% du réseau nécessaire pour l'évacuation des eaux usées est disponible. Ces quelques chiffres laissent envisager l'ampleur des difficultés de la vie urbaine pour la majorité des habitants d'Addis-Abeba et l'incroyable et impossible effort tous azimuts que demanderait aux gestionnaires de la ville, la prise en charge d'une mise à niveau des différents équipements urbains. Face à une telle situation, tout est urgence...

L'objet du projet "Approche environnementale des dynamiques urbaines à Addis-Abeba (Ethiopie)" est d'utiliser les méthodes et concepts exploratoires de l'approche environnementale pour aboutir à une nouvelle connaissance croisée des dynamiques principales de croissance / évolution, conservation / transmission et dégradation / destruction qui accompagne le phénomène urbain. L'objectif final est la mise au point de méthodes et la production de connaissances spécifiques utiles aux décideurs pour concevoir une gestion environnementale de la ville d'Addis-Abeba dans une perspective de développement durable. Il s'agit aussi de proposer une hiérarchisation des urgences et, par là, aider à la définition de priorités réelles et des formes d'investissement public.

La base de données localisées a d'abord été mise en place par Paul Tapsoba, étudiant burkinabé du DESS durant l'été 2000.

L'objectif était de déterminer avec quels documents il était possible de mettre en place un SIG utilisable pour des études de géographie urbaine, puis de les intégrer. La base était orientée à un échelle régionale (1 : 25 000 à 1 : 50 000 environ).

Au fur et à mesure, l'arrivée de données très précises (MNT à 1m, couches vectorielles « cadastrales » avec statistiques de recensement par foyer) a réorienté le SIG vers les (très) grandes échelles. Il s'agit d'un fait plutôt rare pour un projet de recherche et une réflexion de géographie humaine où l'on part habituellement de l'individu pour mener une étude plus générale sur les interactions qu'il entretient avec son environnement au sens large.

Ce rapport insiste sur les méthodes et réflexions "nouvelles" par rapport aux habitudes de travail de l'Unité de Recherche, et ne constitue pas un compte rendu de l'ensemble des opérations effectuées.

Les objectifs de ce stage étaient d'une part d'arriver à une base de donnée complétée, rendue robuste et bien documentée, et d'autre part de parvenir à une série d'analyses pertinentes sur l'état et

l'évolution de la morphologie urbaine de la ville. Nous présenterons les procédures mises en œuvres en deux parties :

II. Structuration, documentation et mise à jour de la base de données sur Addis-Abeba

1. Enrichissement, mise à jour et « nettoyage » de la base de données existante

Les objectifs de cette phase sont les suivants : Objectifs de cette phase :

Parvenir à une base propre tant au niveau de sa géométrie (géoréférencement, cohérence des couches) que de ses métadonnées (dictionnaire précis des éléments de la base) adaptée aux analyses à mener.

La base doit être installée sous le Système d'Information Géographique Savane ®, ArcView ® et Microsoft Access ® étant utilisés pour le traitement des données attributaires « cadastrales ».

Le SIG Savane est composé de 4 modules destinés à construire et à administrer la base de données. Ce logiciel a été conçu pour saisir, traiter et analyser des données géographiques d'origines diverses, organisées suivant le modèle relationnel étendu à la localisation : l'ensemble de l'information est géré en une base de données unique.

SAVATECA est le module d'administration et de gestion de la base de données. Il gère la configuration du système global et l'ensemble de l'organisation de la base. Il permet de créer une base de données et d'intégrer des données graphiques et descriptives dans un système géoréférencé.

SAVAMER est le module de géoréférencement d'images. Il permet une mise en conformité géographique des images raster et leur intégration dans une *relation* de type image, en trois étapes : géoréférencement, rééchantillonnage, intégration par mosaïquage.

SAVEDIT est le module de digitalisation des documents graphiques. Il permet la saisie vectorielle sur écran à partir d'un fond scanné et géoréférencé ainsi que la saisie et la modification de la topologie. Il autorise l'importation de documents provenant d'autres logiciels et il intègre une fonction de transformation de référentiel géographique.

SAVANE est le module d'exploitation et de cartographie. C'est le principal module du système. De nombreux traitements de données peuvent être effectués facilement, orientés vers l'analyse spatiale : sélections, croisements, mises en relation, regroupements ; masques et tampons graphiques ; jointures et agrégation de données géographiques d'origines diverses ; requêtes et calculs sur les attributs, discrétisations etc ... ainsi que la possibilité de faire de la cartographie d'édition (représentations graphiques des résultats des requêtes, impression via Adobe PDF d'excellente qualité).

Site Internet : <http://www.bondy.ird.fr/carto/logchar/savane.html>

Les différentes tâches mises en œuvre pour nettoyer, compléter et finaliser la base de données localisées d'Addis-Abeba se répartissent dans les activités suivantes :

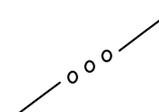
a. Intégration des données administratives et « cadastrales » de l'enquête "City Survey".

Le bureau des Informations Géographiques de l'Addis-Abeba City Government a fourni dans le cadre de la convention de travail une importante série de fichiers de grande précision.

Ces fichiers comprennent une base altimétrique à 1m de pas vertical, une série de données topographiques et hydrographiques, ainsi que les limites administratives d'un plan de l'espace

urbain à trois échelles : îlot, parcelle, bâtiment. Des données attributaires concernant les résultats d'une enquête auprès des foyers accompagnent ces données au bâtiment.

Une partie de ces informations, au format dessin Autocad .dwg, avait déjà été intégrée. Les données hydrographiques se présentaient comme dessins en pointillés sous Autocad, leur import dans Savane via Arcview donnait un fichier trop volumineux pour être intégré facilement. En effet, l'export du .dwg vers Arcview comprenait la géométrie des pointillés en ronds avec plusieurs dizaines de points par rond ! (ci-contre). Il a fallu sous Arcview supprimer tous ces ronds (codés en polygones) par requête sur leur longueur, toutes identiques, la valeur très faible de leur longueur ne permettant pas d'ambiguïté avec les autres arcs. Le fichier Arcview est passé de 700 à 17 Mo. Il est intégré dans la *relation urbanstreams_2* en une seule feuille.



Les données géométriques « cadastrales »¹ ont ensuite été intégrées sous Savane. Elles ont en outre permis la création d'un fond administratif de la zone urbaine par agrégation.

Le découpage par niveau d'échelles se décompose de la sorte : la zone urbaine d'Addis-Abeba se divise en 5 Zones, comprenant au total 28 Woredas, décomposés en 304 Kebeles, eux-mêmes découpés en 4356 Ilots ou Blocks, chaque niveau formant jusqu'à cette échelle une partition de la zone urbaine. A l'intérieur de chaque îlot, 192051 Parcelles au total renferment 593526 Bâtiments ou Buildings.

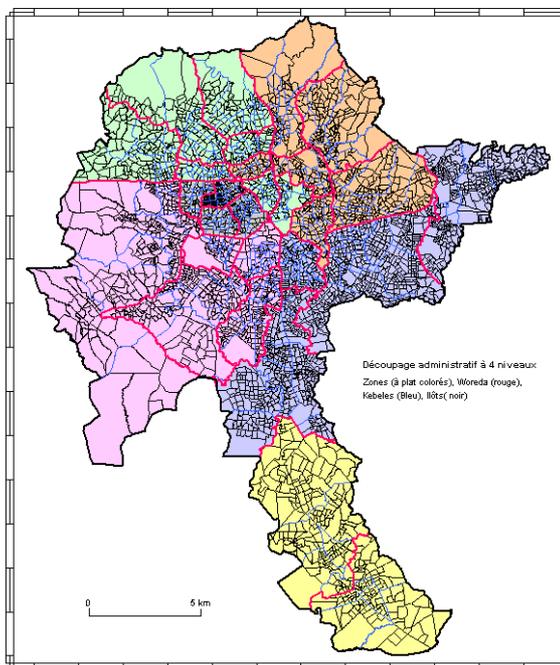
Les données « cadastrales » ne fournissent les données qu'au niveau de la partition en blocks, il faut donc construire l'information d'échelle plus globale à partir des valeurs attributaires.

Les données d'îlots (*blocks*), de parcelles (*parcels*) et de bâtiments (*buildings*) étaient disponibles au format Arc/Info, réparties par Woreda puis par Kebele.

L'import de l'ensemble des îlots en un seul fichier Arcview (voir procédure en annexe 1) a permis ensuite par agrégation selon la valeur des attribut Kebele, Woreda et Zone, de créer les couches vectorielles administratives à ces niveaux.

Seulement la qualité géométrique des données du fichier des îlots était approximative, deux entités voisines n'avaient pas nécessairement les mêmes points en commun, aussi a-t-il fallu supprimer bon nombre de ces imperfections (glissées entre 4356 polygones !) afin que le fichier obtenu par agrégation (voir procédure en annexe), Kebele.shp, soit sans zones interstitielles parasites. L'agrégation au niveau Woreda, Zone et Contour de Zone Urbaine se fait ensuite simplement et proprement.

La couverture de la zone urbaine en îlots permet d'avoir un niveau d'analyse très fin pour des analyses thématiques mais donne aussi, comme nous le verrons, des informations sur la morphologie urbaine de l'agglomération à travers la forme, la densité et la superficie des îlots.



¹ Le mot « cadastral(e) » sera par simplicité abusivement utilisé pour désigner tout ou partie des données géométriques fournies par l'Addis-Abeba City Government et incluant îlots, parcelles et bâtiments.

Les données concernant les bâtiments et les parcelles cadastrales ont été importées puis agrégées en un seul fichier sous Arcview, qui a été importé par feuilles sous Savane, ce fichier comportant un trop grand nombre d'entités pour être intégré en une seule "feuille" dans le modèle de données de Savane.

b. Mise en forme des données de l'enquête et intégration sous MS Access.

Les résultats de l'enquête "porte à porte" de l'enquête "City Survey" de 1996 sont fournis en deux tables DBase (format .dbf). L'une, *resident.dbf* (environ 409000 enregistrements) fournit des statistiques par foyer voire par membre de la famille, essentiellement des caractéristiques sociales et sanitaires. L'autre, *main.dbf* (environ 358000 enregistrements) décrit les caractéristiques générales, sanitaires et foncières des habitations.

Le travail de mise en forme des données a permis de constituer une base de données sous Microsoft Access 2002 issue des tables précitées nettoyées de leurs données inutilisables et partiellement corrigées des enregistrements aberrants (défauts de formatage : 02 écrit au lieu de 2, 2/_3 au lieu de 2/3 etc.) qui biaisent les résultats des requêtes.

Les requêtes (cf. annexe 4) ont été réalisées pour créer un certains nombres d'indicateurs d'utilisation postérieure mais aussi pour tester la complétude des données et donc leur utilisation potentielle pour des analyses futures. Il apparaît qu'un certain nombre de données manque, notamment l'intégralité de 224 sur les 4356 îlots que contient la municipalité, soit 5% en nombre, 11,8% en superficie, mais sûrement beaucoup moins en population (que l'on ne peut évaluer, car ces îlots n'ont précisément pas de données attributaires). En effet ces données manquantes coïncident avec des régions marginales, riches en espaces verts ou en institutions.

c. Numérisation de nouvelles relations sous Savedit

L'essentiel des *relations* à intégrer dans la base l'étaient déjà au début du travail. Certaines cependant ont dû être modifiées ou créées. Le contour approximatif de l'espace habité en 1886 ainsi que la localisation des centres de vie « Safar » ont été numérisés sous Savedit à partir du scan déjà intégré du plan ancien appelé « Plan de la reine Taitu ».

d. Géoréférencement et mosaïquage des photos aériennes sous Savamer

La base de données devait être nourrie d'une série temporelle de 4 années de photographies aériennes, leur géoréférencement restant à établir, soit près de 60 images à recaler. Le problème s'est posé d'intégrer l'ensemble de ces images en une ou plusieurs *relations* étant données leurs échelles différentes, l'utilisation d'une photographie aérienne au 50000^{ème} ne répondant pas aux mêmes besoins que celles au 10000^{ème}. Il est donc apparu cohérent de séparer les clichés au échelles 9-10000^{ème} (1984 et 1994) de celles d'échelle plus globale (1: 50000^{ème}). Il s'agit de l'un des problèmes qui apparaissent lors de la gestion d'une base de données "multi échelles", puisque la base **addis** intègre aussi bien des données d'extrême précision (cadastre : contours des bâtiments, résolution 1m à plus) que des données régionales ou de faible précision (réseau hydrographique depuis la carte topographique, limites des bassins versants).

Dans toute analyse basée sur l'étude des *relations*, il faut prendre garde à l'échelle de validité des données que l'on utilise.

Le caractère particulier de cette phase de recalage incite à quelques remarques sur le géoréférencement d'une série de photographies aériennes à grande échelle (1:10000) sur un fichier vecteur des parcelles et bâtiments type « cadastre».

Le choix des points d'appui doit se faire avec la plus grande prudence. Les fichiers vecteurs ne donnent que des contours au sol de bâtiments et de limites de parcelles, parfois identifiables aussi sur les photos aériennes lorsqu'ils suivent une route étroite ou un muret par exemple. On doit donc se limiter à ces types d'objets.

La plus grande attention doit être apportée au choix des points d'appui à partir de coins de bâtiments. En effet, selon l'orientation de la caméra par rapport au bâtiment ou au coin de muret, la trace au sol du coin bâtiment sera masquée par le bâtiment lui-même, par son ombre ou celle d'un autre. De même, le coin du toit visible sur la photo ne pourra être cliqué pour désigner l'emplacement du point d'appui, car il ne saurait être nécessairement à la verticale du coin du mur au sol.

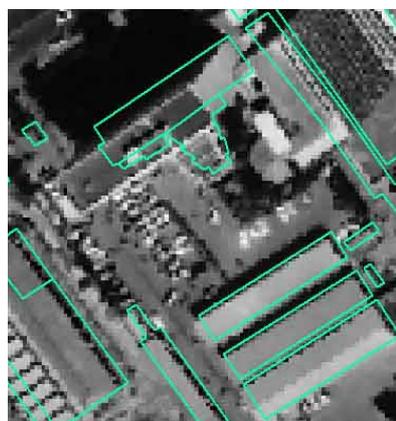
Il s'agit donc de trouver des coins de bâtiments visibles du fait de la non verticalité de la prise de vue ailleurs que dans le prolongement de l'axe de la caméra de l'avion, le plus souvent sur le bord de l'image.

L'attention doit donc être portée sur la position par rapport au sol du point de calage sur la photo. Un point choisi au coin du toit peut être décalé de plusieurs mètres par rapport à la base du bâtiment surtout dans le cas d'immeubles de plusieurs étages.

Sur l'imagette ci-contre, on croit que le bâtiment en haut est mal calé mais en fait sa base, à l'ombre, est bien replacée par rapport au contour vecteur, c'est son sommet éclairé qui est décalé du fait de la parallaxe par rapport au centre de prise de vue. Les entrepôts peu élevés du bas de l'image sont eux bien « situés » en dessous de leur squelette cadastral.



Point d'appui intéressant au pied d'un bâtiment



Ombre portée d'un immeuble et d'un hangar

e. Création d'une base de données de référence

La base de données sur Addis-Abeba sera utilisée par des géographes français mais aussi éthiopiens, la langue d'échange étant l'anglais. Il est donc apparu nécessaire d'angliciser au moins le nom des *relations* géographiques sous *Savateca* afin de rendre plus parlant leur apparition dans une communication de travail. Le dictionnaire des métadonnées restera en revanche en français pour le moment.

Certaines *relations* ont été fusionnées ou supprimées, d'autres archivées du fait de leur probabilité d'utilisation très faible.

Voici l'état de la base après ces travaux d'intégration, de nettoyage et de complèment :

Nom de la relation	Description sommaire
n°001 contourstopo_50	<i>Courbes de niveau d'équidistance 50 m numérisées par P. Tapsoba sur la mosaïque des cartes topo au 1 : 50 000 d'Addis-Abeba</i>
n°002 altitudepoint_50	Points cotés saisis sur la mosaïque de cartes topographiques au 1 : 50 000
n°003 census_PHCC	Unités du recensement 1994 d'Addis-Abeba associées à des données descriptives du recensement 1994 et 1984
n°004 settlement_1987	Limites de l'espace urbain numérisé sur image SPOT de 1987
n°005 settlement_1965	Limites de l'espace urbain numérisé sur la mosaïque de photos aériennes de 1965.
n°006 lakestopo_50	Principaux lacs présents dans les environs d'Addis-Abeba.
n°007 hydrotopo_50	Courbes de niveau d'équidistance 50m numérisées par P. Tapsoba sur la mosaïque des cartes topo au 1 :50 000 d'Addis-Abeba
n°008 Landysurvey	Echantillon premier de points terrain pour détermination des types de paysage (A. Landy, 2001)
n°009 Landycollect	Echantillon réel de points terrain pour détermination des types de paysage (A. Landy, 2001)
n°010 fuelWoodparcel25	Zones d'exploitation de la forêt par la Compagnie Fuel Wood
n°011 hydrotopomin_50	Réseau hydrographique numérisée sur un scan des cartes topographiques au 50 000ème et allégé sur la région d'Addis Abeba
n°012 parks_25	Parcs et jardins numérisés par Aurélie Landy sur la Green Official Map
n°013 couret_region_AA	Limites de la région administrative d'Addis-Abeba et découpage de la zone environnante en utilisant les grands axes routiers (D. Couret).
n°014 settlement_1997	Limites de l'espace urbain numérisé sur image panchromatique SPOT de 1997
n°015 soilzones_50	Limites des zones pédologique sur le centre de l'agglomération d'Addis-Abeba
n°016 geolzones_50	Limites des zones géologiques sur le centre de l'agglomération d'Addis-Abeba
n°017 hydrocity_2	Portion de réseau hydrographique numérisée sur le MNT à 5m
n°018 catchment_level2	Niveau 2 de la hiérarchie de Schumm des bassins versants numérisés par Pierre De Champs.
n°019 catchment_level3	Niveau 3 de la hiérarchie de Schumm des bassins versants numérisés par Pierre De Champs
n°020 catchment_level4	Niveau 4 de la hiérarchie de Schumm des bassins versants numérisés par Pierre De Champs
n°021 catchment_level5	Niveau 5 de la hiérarchie de Schumm des bassins versants numérisés par Pierre De Champs
n°022 catchment_level6	Niveau 6 de la hiérarchie de Schumm des bassins versants numérisés par Pierre De Champs
n°023 wwbuildings_2	Bâtiments issus du fichier urbain de base (type cadastre) fournie par le <i>City Government</i> , sur zones d'enquête (<i>Working Windows</i>)

n°024 wwblocks_2	Ilôts issus du fichier urbain de base (type cadastre) fournie par le <i>City Government</i> , sur zones d'enquête (<i>Working Windows</i>)
n°025 wwparcels_2	Parcelles issues du fichier urbains de base (type cadastre) fournie par le <i>City Government</i> , sur zones d'enquête (<i>Working Windows</i>)
n°026 blocks_city_surv	Couverture complète des îlots urbains de la région d'Addis-Abeba)
n°027 settlement_1886	Espace bâti approximatif en 1886, numérisé sur le plan ancien Taitu's land use map
n°028 kebele_city_surv	Contours administratifs au niveau Kebeles sur l'agglomération urbaine
n°029 woreda_city_surv	Contours administratifs au niveau Woredas sur l'agglomération urbaine
n°030 spot_10m	Mosaïques d'images SPOT de différents canaux et années
n°031 city_survey	Limite administrative de l'enquête de 1997 sur l'agglomération urbaine
n°032 zone_city_surv	Contours administratifs au niveau Zones sur l'agglomération urbaine
n°033 catchment_map	Scan de la carte des bassins versants dessinée par Pierre De Champs
n°034 touristmap_25	Scan de la carte touristique d'Addis-Abeba
n°035 topomap_50	Scan et mosaïque de quatre cartes topographiques papier (Addis NW 82, Addis NE 82, Addis SW 73, Addis SE 75) au 1 : 50 000
n°036 soilmap50	Non récupéré
n°037 urbanstreams_2	Réseau hydrographique présent sur les fiches du « cadastre » d'Addis-Abeba
n°038 GABoperation_25	Parcs et Jardins à Addis : sites pilotes et projets
n°039 hydrovirtual_5m	Indice topographique
n°040 old_plans	Plan ancien de 1886 (Taitu's land use map) et Carte du Masterplan 1987
n°041 DEM_5m	Modèle numérique de terrain à 5m réalisé à partir de courbes de niveau à 1m
n°042 build_city_surv	Couverture vectorielle des bâtiments d'Addis-Abeba
n°043 parcel_city_surv	Couverture vectorielle des parcelles d'Addis-Abeba
n°044 aerialphoto_1m	Mosaïques de photos aériennes à grande échelle de 1994 et 1984.
n°045 aerialphoto_2m50	Mosaïques de photos aériennes à moyenne échelle de 1965 et 1971
n°046 centre_safar1886	Centres safars numérisés sur le plan ancien de 1886
n°047 cityroads	Limites des voies urbaines principales par le RevisionMasterplan Office (2000)

n°048 collect_DeChamps	Contours des tronçons de rivière explorés par Pierre De Champ au printemps 2002 à Addis-Abeba
n°049 DEM_100m	Modèle numérique de terrain de pas 100m crée sur toute l'extension de la carte topographique à partir des courbes de niveau et des points côtés.

2. Documentation de la base de données

Une base de données géographiques de qualité ne se conçoit pas sans un projet de métadonnées qui renseignent la base, ses caractéristiques et son contenu. Le premier travail a donc été de réaliser une documentation uniforme et complète de tous les groupes de données déjà intégrés dans la Base Savane. Elle constitue un élément indispensable pour pouvoir envisager le concept de *qualité* de la base de donnée.

Une documentation papier au format Word a d'abord été créée, puis délaissée au profit ²d'une documentation multimédia consultable sur le site des publications associées au laboratoire :

<http://www.bondy.ird.fr/carto/pubassoc.html>

Ce dictionnaire comprend la description du contenu sémantique de chaque *relation*, un aperçu graphique de l'emprise et de la nature des données, et enfin un tableau de métadonnées sur l'auteur, les conditions d'acquisition, l'échelle et la qualité des données.

La mise à jour du dictionnaire se fait manuellement en important le résumé sur les données sémantiques de Savateca, et éditant une imagerie et en complétant le tableau. Le détail des opérations est donné en annexe 5.

Pour chaque *relation*, la fiche donne :

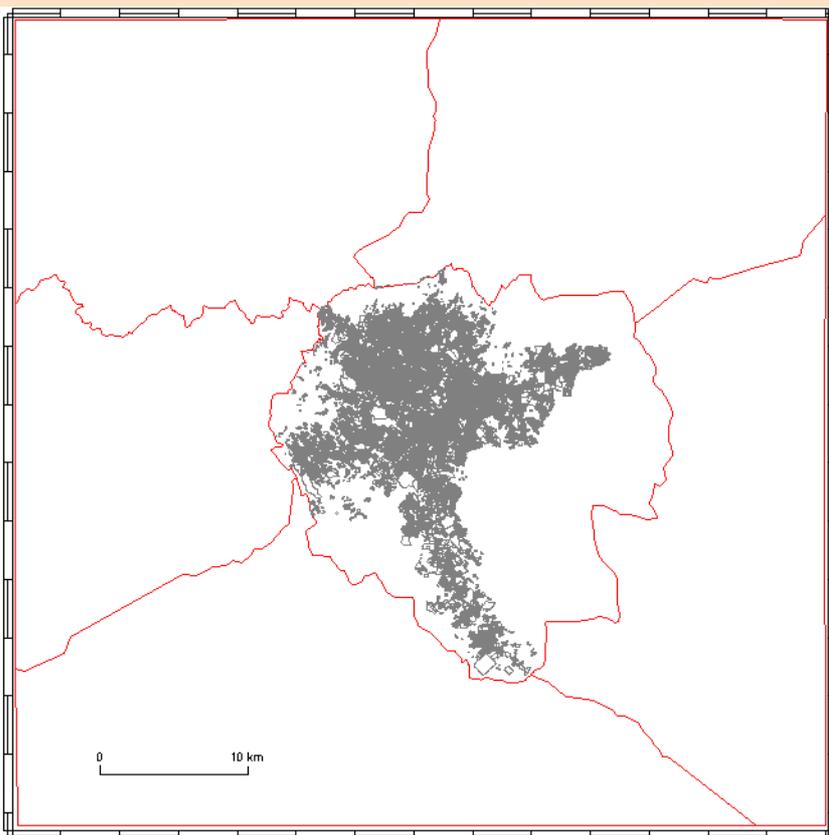
- une définition des données de la *relation* (une *relation* est un thème géographique cohérent, base de l'organisation de la BD sous le système Savane)
- le type de données (lignes, points, polygones, mosaïque), le nombre d'attributs et le nombre d'éléments (0 pour une *relation* Mosaïque)
- la liste des attributs (nom et type : nominal, entier, réel, RVB...)
- un aperçu de la *relation* et de son extension géographique par rapport à la région administrative d'Addis-Abeba (en rouge).
- un tableau de métadonnées relatives aux sources des données et à leur qualité.

Voici un exemple de fiche consultable sur Internet :

Relation parcel_city_surv Couverture vectorielle des parcelles d'Addis-Abeba

Type : Polygones , 1 Attributs 191976 Tuples

1. Id_parcel Type : Nominal



Personne ayant intégré la <i>relation</i> sous Savane	Olivier Laporte Juin 2002
Personne(s) ayant numérisé	Cellule SIG Municipalité d'Addis Abeba
Source du document	fichiers ARCINFO de la Municipalité
Echelle du document source	/
Mode d'acquisition	levés terrains
Mode de collecte des données attributaires	Enquête porte à porte
Echelle de numérisation	inconnue
Echelle d'utilisation	grande échelle, de l'ordre du 1 : 2 000
Précision du recalage	Document de Référence
Transformations de format subies	ArcInfo -> Shapefile -> Mygale en 4 feuilles
Remarques	La totalité est importée en 1 seule feuille

[Retour au Sommaire](#)

III. Exemples d'exploitation de la base de données : analyse de la morphologie urbaine

1. Analyse de l'occupation urbaine du sol

a. Choix de l'espace de représentation

Cette première série d'analyses a pour objectif de caractériser l'occupation humaine du sol, que ce soit par l'importance des constructions ou seulement du lotissement effectif des terrains.

Le niveau d'analyse est très fin, il pourrait être celui de la parcelle, mais sa cartographie n'est pas aisée et surtout peu représentable. L'analyse au niveau des Kebeles est au contraire trop générale encore pour avoir une image satisfaisante de la morphologie de l'espace urbanisé. C'est donc le niveau des îlots qui a été choisi (4356 unités).

Les indicateurs caractéristiques de la morphologie urbaine peuvent être cartographiés à différents niveaux. On peut simplement les représenter sur la base qui a servi à les calculer : par à-plat de couleurs sur l'ensemble des îlots. La grande taille des îlots situés en marge du continuum bâti fausse alors dans une certaine mesure l'appréhension des phénomènes (effet visuel plus grand). On peut choisir de restreindre la représentation à un espace urbain selon plusieurs définitions, afin d'avoir une meilleure perception du phénomène à l'intérieur de l'espace géographique réellement concerné : l'espace urbanisé.

L'espace urbain (que nous confondrons ici dans les termes avec l'espace urbanisé...) peut être défini de manière géographique mais aussi de manière plus systématique. On trouve souvent comme définition une zone contenue à 200m autour des bâtiments.

Comme point de départ, nous disposons des couvertures complètes, au sein des limites de l'espace administratif défini commun urbain par la municipalité, des bâtiments et du parcellaire urbain. L'espace urbain qui sera utilisé pour la représentation des données peut-être obtenu par calcul d'une enveloppe dilatée autour du bâti mais aussi des parcelles, qui elles aussi marquent une certaine emprise de l'espace urbanisé.

On obtient des zonages assez comparables :

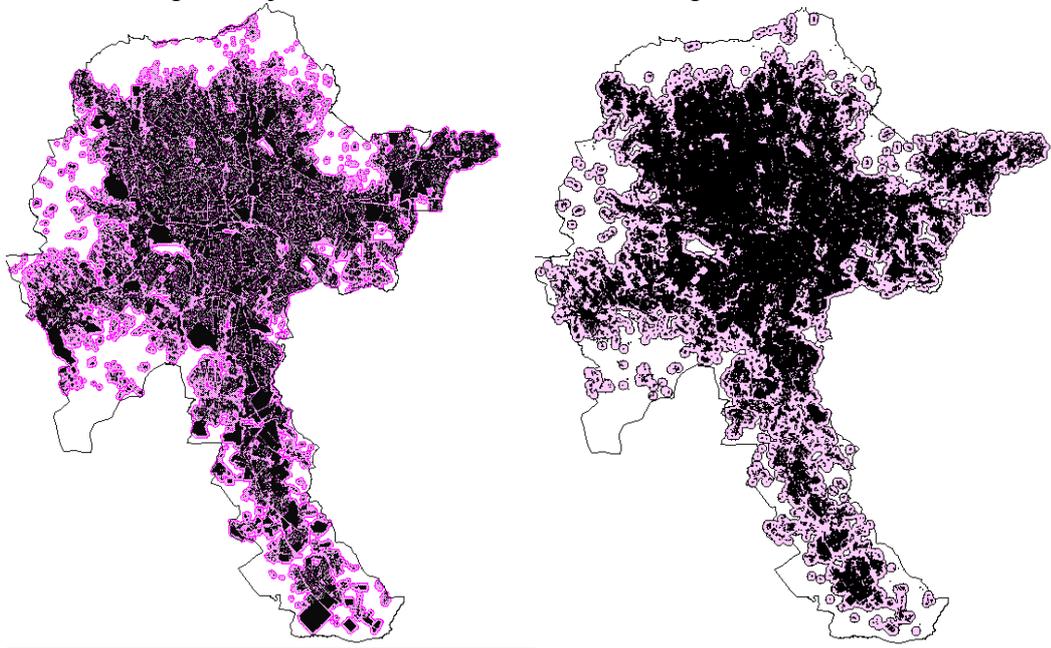


Buffer de 100m autour du parcellaire

Buffer de 200m autour du bâti.

Le facteur de dilatation doit être plus important si l'on tient compte du seul bâti afin de prendre en compte une distance moyenne de propriété éventuellement matérialisée autour de la construction.

L'une ou l'autre de ces options peut être défendue, le résultat visuel global restant assez voisin. La prise en compte de la surface en parcellaire nous a semblé la plus pertinente, notamment parce qu'elle peut prendre en compte des espaces constructibles en devenir, mais aussi pour marquer l'idée d' « espace déjà attribué » en milieu urbain ou périurbain.



Extension du parcellaire et zone dilatée de 100m

Extension du bâti et zone dilatée de 200m

b. Analyses

Les indicateurs calculés cherchent à caractériser la densité et la taille des bâtiments et des parcelles qui les contiennent afin d'appréhender la morphologie de l'espace urbain et de son occupation par la population :

- Densité de construction
- Densité d'occupation
- Surface moyenne des bâtiments
- Surface moyenne des parcelles
- Densité de population par îlot
- Espace bâti par habitant
- Sex ratio

Les procédures d'établissement des cartes correspondantes figurent en annexe 6.

Les cartes sont regroupées en fin de rapport.

2. Etude de l'évolution du couvert urbain par l'étude des images satellites

L'analyse de l'information satellitale de l'espace urbain peut conduire à caractériser l'évolution du milieu (travaux de Bernard Lortic, IRD, notamment : cf. Bibliographie, Annexe 11). En effet, la différence de réflectance au sol mesurée au niveau de chaque pixel terrain entre deux dates, sous réserve de normalisation, permet d'estimer la variation de minéralisation ou de couverture par la végétation, mais aussi plus précisément le mode d'évolution des quartiers en étudiant des variables

statistiques (variance, moyenne) ramenées au niveau de l'îlot et qui caractérisent l'homogénéité du bâti ou de son processus de transformation/minéralisation.

a. Exploitation des images SPOT panchromatiques

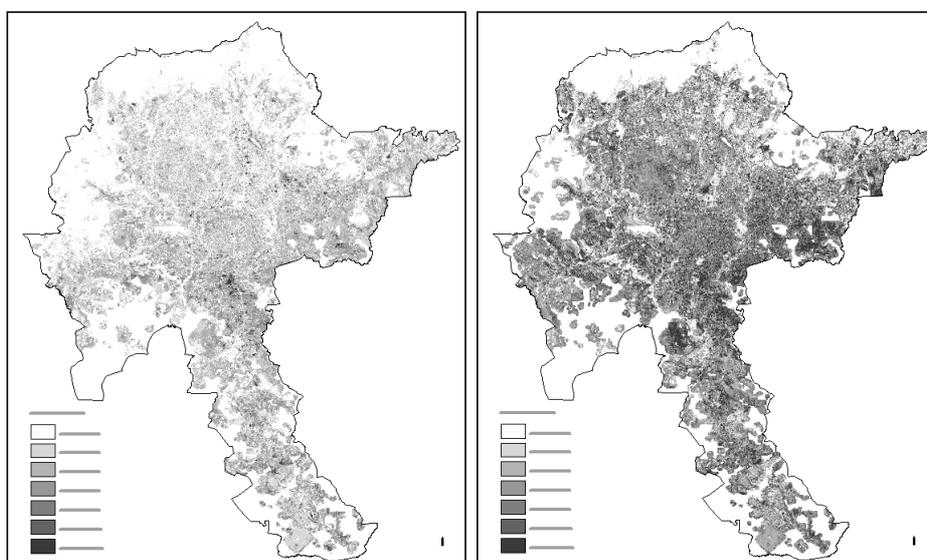
Sur une image panchromatique, les différents niveaux de réponses (de fortes en clair à faibles en sombre) qui apparaissent sur l'image traduisent les différents niveaux de réflectance : un objet qui répond fortement est un objet fortement minéralisé. Ainsi la différence normalisée des images du canal panchromatique restreint à l'espace urbain entre 1987 et 1997 permet de calculer un indice de minéralisation qui fait apparaître les parties de l'agglomération qui ont été fortement minéralisées pendant la décennie.

Les données radiométriques entre les deux dates pouvant faire l'objet d'une transformation (de première approximation linéaire) du fait de différentes conditions atmosphériques aux dates d'acquisition ou de conditions climatiques globales variables (années plus humides...), il convient d'homogénéiser les radiométries pour pouvoir les soustraire.

1987 : valeurs de 23 à 254, moyenne 58, Ecart Type 12

1997 : 24 à 254, moyenne 77, Ecart Type 18

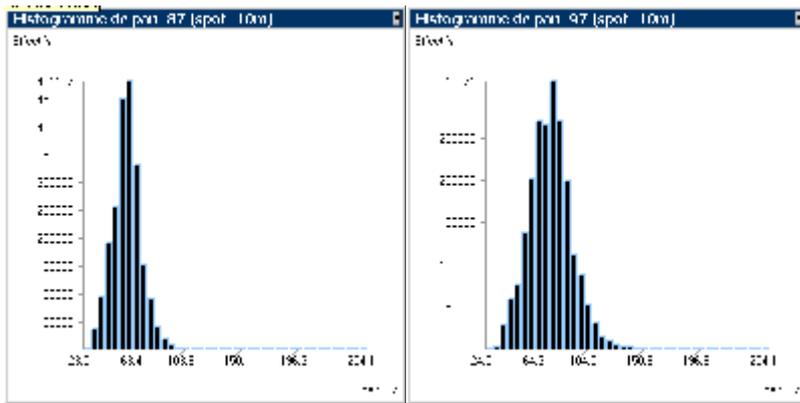
La représentation cartographique sur des mêmes échelles de niveau de gris de la luminance en classes donne ces vignettes :



classes de luminance 1987 et 1997 sur la même échelle de gris.

On s'aperçoit que l'image de la minéralisation en 1987 est beaucoup plus claire qu'en 1997, cette différence provient davantage de conditions atmosphériques différentes entre les deux dates au moment de l'acquisition plutôt que d'une variation générale de la réflectance du sol, les changements étant davantage perceptibles localement que sur l'ensemble de l'image.

L'étalement des valeurs est le même en valeur absolue (23-24 à 254) mais les moyennes (et la dispersion) diffèrent :



Histogrammes spot panchromatique 1987 et 1997 avec la même échelle de gris.

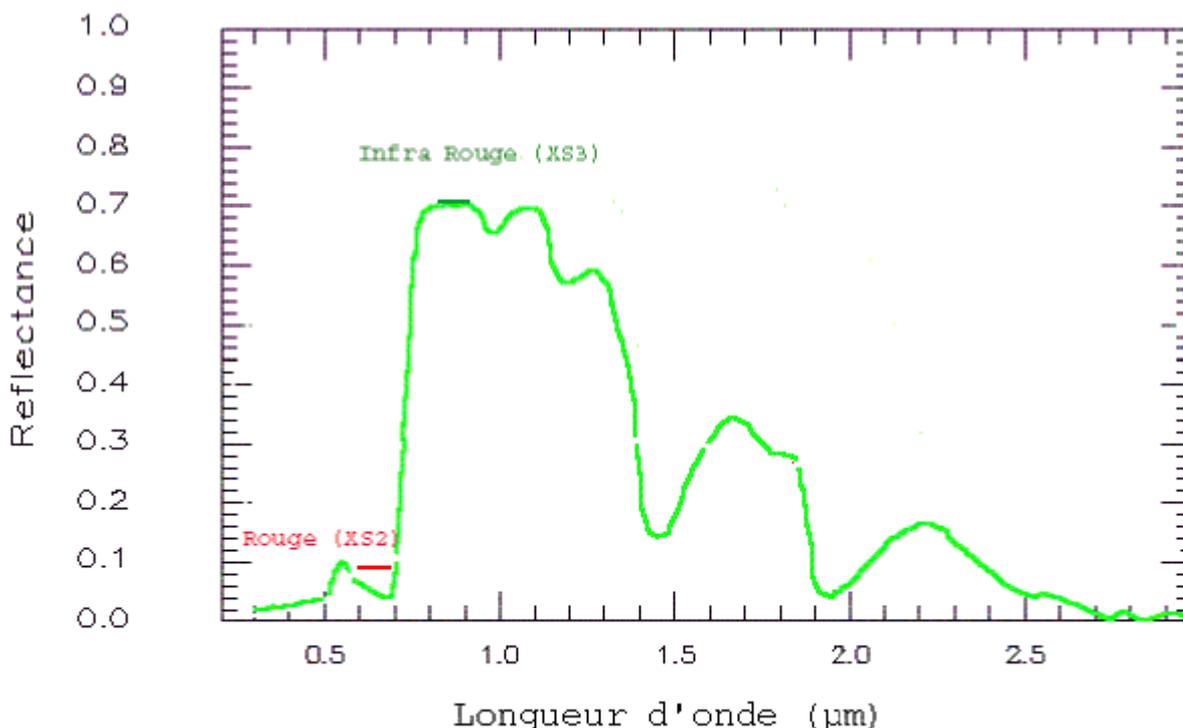
On peut choisir pour caractériser la différence de multiplier les valeurs de 1987 par le rapport des moyennes (1.33). On normalise donc ainsi :

$$\text{Indice_mineralisation} = \text{Int} (\text{Pan97} - (\text{Pan87} * 1.33)) / (\text{Pan 97} + \text{Pan87} * 1.33) * 128$$

L'indice ainsi calculé caractérise l'état de minéralisation du sol entre les deux dates

b. Exploitation des Images SPOT XS

L'étude de l'information spectrale contenue dans les canaux SPOT apporte une information complémentaire. L'énergie dégagée aux longueurs d'onde infrarouges du canal XS 3 de SPOT correspond à la réponse spectrale du couvert végétal chlorophyllien. La réponse de la végétation est d'autant plus forte que la différence de réflectance avec celle provenant des longueurs d'onde rouge (canal XS2) est marquée. L'utilisation de l'indice de végétation normalisé $(XS3 - XS2) / (XS3 + XS2)$ permet de représenter la densité du couvert végétal.



L'information apportée par l'indice de végétation fournit, par raisonnement inverse, une information sur l'état de la minéralisation du bâti urbain, une zone de forte réponse chlorophyllienne étant considérée au-delà d'un certain seuil comme entièrement végétalisée et donc comme espace vert d'agrément ou terrain vierge constructible si le terrain et la loi le permettent.

L'information recherchée dans notre étude est l'évolution de la surface conquise par la ville par rapport à la surface en végétation en 1986. Nous calculons donc la différence normalisée entre les deux années.

L'année 1986 est une année plus sèche que 1996 qui a connu un excédent de pluviométrie. La différence simple entre les indices des deux années ne reflète donc pas seulement la différence absolue de végétalisation ou de minéralisation de l'espace.

L'indice de végétation est en moyenne plus élevé en 1996 qu'il ne le serait si l'année avait subi les mêmes conditions climatiques qu'en 1986.

Le seuil qui correspond au passage d'un sol plutôt minéral à un sol davantage couvert de végétation est à 0 (ou 128) selon l'échelle, en une année de référence : 1986.

Les valeurs ont été ramenées à l'échelle 0:256 : $(NDVI+1)*128$.

En 1986 les valeurs s'étendent de d'indice 64 à 194 avec une moyenne de 135

En 1996 les valeurs s'étendent de d'indice 62.5 à 192, moyenne : 128.

La différence est à peu près de 2.5 sur les extrêmes qui correspondent à des parcelles totalement minéralisées ou végétalisées et qui n'auraient pas bougé en 10 ans (pelouse entretenue, place en bitume...)

La différence entre les indices sera donc ajustée pour mettre de côté ce phénomène :

Indice de végétalisation = $(ndvi96-(ndvi86+2.5))/(ndvi96+ndvi86+2.5)$.

c. Agrégation des indicateurs sur données SPOT couleur au niveau des îlots

L'objectif de l'exploitation des données SPOT est de parvenir à une typologie de l'évolution de l'espace urbain à partir des données radiométriques renseignant sur le couvert végétal, la réflectance globale et leur évolution. Cette typologie peut s'appuyer sur la donnée au pixel, mais il est plus intéressant au niveau visuel et analytique d'agréger les informations au niveau de l'îlot.

Il est encore une fois possible aussi d'effectuer ces agrégations au niveau de la parcelle voire du bâtiment mais au niveau global (échelle de représentation de l'ordre du 100 000^{ème} pour du format A4). Cette représentation est brouillée par les espaces vides (espace public) entre les parcelles. Ce niveau d'analyse cependant très intéressant sera utilisé si besoin est au niveau des zones d'enquête ou du quartier.

Compte tenu de la redondance d'information entre l'indice de végétalisation et celui de minéralisation, les seules données SPOT XS seront utilisées pour garder une cohérence temporelle pour la création d'indicateurs d'occupation dynamique des sols.

Les indicateurs qui serviront de base à l'établissement d'une typologie de l'évolution de l'espace urbain sont les suivants :

Carte 1 : typologie du tissu urbain à Addis-Abeba

L'indice de végétation brut en 1986 permet de différencier les espaces plutôt "végétalisés" des espaces plutôt "minéralisés". Le seuil est obtenu en observant la localisation des pixels classés "minéral" et "végétal" en donnant différentes valeurs au seuil pour un exemple précis, sur des parcs urbains par exemple et avec l'aide de la photographie aérienne au 10 000^{ème}. La limite est trouvée à 129 (indice réparti sur 256 valeurs).

Carte 2 : Minéralisation du tissu urbain à Addis-Abeba entre 1986 et 1996

Par différence, l'évolution de l'indice de végétation donc donne une mesure de la variation de minéralisation pendant la décennie 1986-1996.

On calcule la différence des indices de végétation normalisés NDVI corrigée et normalisée (formule ci-dessus) puis agrège par moyenne sur l'îlot

Carte 3 : Hétérogénéité locale du tissu urbain à Addis en 1986

On calcule l'indice NDVI par pixel en 1986 et agrège par écart-type sur l'îlot

On caractérise ainsi l'homogénéité du tissu urbain dans l'îlot.

Carte 4 : Hétérogénéisation du tissu urbain à Addis-Abeba entre 1986 et 1996.

On calcule la Variance par pixel de l'indice NDVI de chaque année et agrège par moyenne sur l'îlot.

On caractérise l'évolution de l'homogénéité de la surface d'un îlot, un milieu homogène pouvant devenir hétérogène suite à une mise en construction partielle de son territoire.

Ces cartes sont regroupées en fin de rapport.

d. Classification du tissu urbain selon sa nature et son évolution

A partir des données SPOT agrégées au niveau de l'îlot, l'objectif est d'obtenir une classification du tissu urbain ainsi caractérisé par son état en 1986 et son évolution pendant la décennie suivante.

Les données d'hétérogénéité étant très délicates à manipuler, nous n'avons conservé pour cette première analyse que les données d'indice de végétation (et donc, par déduction, de minéralisation) et de végétalisation (évolution de cet indice).

Nous sommes parvenus à 6 classes en estimant les limites de classes de ces deux indicateurs par seuillage et vérification sur des échantillons de grande échelle (cf. annexe 8).

Voici le mode de calcul des 6 classes, les couleurs correspondant aux couleurs de la carte de synthèse:

Typologie	Evolution 86-96	espace en minéralisation	espace stable	espace en végétalisation
Etat en 86		<-0,05	[-0,05 ; +0,01]	>0,01
Espace déjà minéralisé	50-100%	bâti dense et expansion urbaine forte	bâti dense sans évolution importante	bâti dense et végétation en croissance
Espace plutôt végétalisé	0-50%	bâti peu dense et expansion urbaine forte	bâti peu dense et expansion urbaine modérée	bâti peu dense et végétation en croissance

Cette utilisation diachronique des données satellitaires SPOT 1986-1996 basée sur le calcul de l'Indice de Végétation et généralisée du pixel à l'îlot nous fournit donc une typologie dynamique du **tissu urbain**.

Par tissu urbain nous entendons toute composition entre édifices, sol nu damé, viabilisé, empierré ou asphalté et espaces en végétation dont la qualité et l'organisation témoignent d'un mode d'habiter urbain et de ses fonctions associées (d'équipements, d'activités, de loisirs, de transport,...).

Le terme d'**expansion urbaine** recouvre tout à la fois le processus d'extension du bâti et d'un sol en voie d'aménagement urbain (mis à nu, viabilisé, damé,...) et le processus de densification du bâti interne au tissu urbain déjà existant.

e. Modélisation du tissu urbain

Ces six types doivent ensuite être cartographiés pour définir, en fonction de leur localisation, de la connaissance géographique de la ville, de l'évolution de la tache urbaine et de la morphologie du tissu urbain, une modélisation de l'organisation du tissu urbain d'Addis-Abeba.

Voici l'analyse des classes faite par Dominique Couret :

- bâti très peu dense et végétation en croissance

Le type "tissu urbain où le bâti est très peu développé et la végétation croît" concerne principalement des zones en périphérie et situées le long de l'axe d'extension Sud de la tache urbaine (vers Akaki). Il s'agit principalement des grandes parcelles où le rapport espaces ouverts/bâtiments est stable, elles sont occupées soit par des édifices institutionnels (universités, hôpitaux, ..), soit par les bâtiments de grandes entreprises industrielles et des entrepôts, soit par des parcs de loisir. Il peut aussi s'agir d'un lotissement en attente, un terrain en friches... Ce type concerne une faible surface de la tache urbaine (8%).

- bâti dense et végétation en croissance

Le type "tissu urbain où le bâti est dense et la végétation croît" peut recouvrir le même type d'occupation que précédemment mais la vision du parcellaire qui lui correspond suggère qu'il s'agit plutôt de lotissements pour classes populaires relativement récents en petits lots où l'édification des maisons individuelles est aujourd'hui grandement réalisée et où les jardins ont été aménagés. Il concerne une très faible surface de la tache urbaine (1%) et se localise exclusivement autour d'Akaki.

- bâti peu dense et expansion urbaine modérée

Le type "tissu urbain peu densément bâti où l'expansion urbaine est modérée" correspond à une large surface de la tache urbaine (32%). Sa qualification est difficile car il s'agit d'un parcellaire hétérogène où agrégats de petits lots et grandes parcelles forment une mosaïque complexe. On peut le désigner comme le tissu urbain majoritaire et moyen, évocateur de l'organisation urbaine traditionnelle où les lots vastes et larges correspondant aux habitations de la classe haute sont dispersés dans le tissu des petites parcelles nombreuses de l'habitat populaire majoritaire.

- bâti dense et sans évolution importante

Le type "tissu urbain où le bâti est dense et sans évolution importante" correspond à une moindre surface de la tache urbaine (17%) et s'organise en auréole autour des zones où le tissu urbain déjà densément bâti est toujours lieu d'une forte expansion urbaine (cf. type suivant) et le long des axes principaux dans la partie Sud.

- bâti dense et expansion urbaine forte

Le type "tissu urbain déjà densément bâti mais toujours lieu d'une forte expansion urbaine" présente une organisation spatiale remarquable : il semble correspondre à un noyau de tissu urbain très dense et très bâti et où la dynamique de croissance est très forte (Densification? Rénovation? Développement de nouveaux édifices plus haut et plus grands ?), centré sur le grand marché du Mercato (établi sur un damier serré de très petits îlots) et relayé par les deux axes routiers centraux qui le relient au début de l'axe Sud de part et d'autre du quartier Kirkos. Il concerne près de 21% de la tache urbaine.

- bâti peu dense et expansion urbaine forte

Le type "tissu urbain peu densément bâti mais lieu d'une expansion urbaine forte" concerne aussi bien des lotissements récents réalisés en périphérie surtout sur les marges Est et Ouest que des zones situées à l'intérieur de la tache urbaine en auréole autour des deux types de zones qualifiées par le bâti urbain le plus dense. Plus de 21% de la tache urbaine a ainsi été récemment conquise.

A partir de ces analyses, Dominique Couret en déduit la modélisation suivante :

1- **le pôle d'urbanisation intense** : une polarisation de la croissance centrée sur le grand marché du Mercato (établi sur un damier serré de très petits îlots), s'étendant jusqu'au quartier Kirkos et relayé par les deux axes routiers centraux qui le relient au début de l'axe Sud. Il s'agit d'un tissu urbain déjà très dense où la croissance urbaine continue (Densification interne? Rénovation? Développement de nouveaux édifices plus haut et plus grands ?).

2- **l'enveloppe stabilisée autour du pôle d'urbanisation** : ce premier noyau est enveloppé par une zone de tissu urbain où le bâti est dense mais sans évolution importante. Ce type de tissu caractérise par ailleurs des noyaux de polarisation secondaires stabilisés le long de l'axe Sud (vers Akaki)

3 - **les zones d'extension urbaine récente**: cette première auréole est prolongée par des zones plus dispersées d'expansion forte du bâti dans un tissu urbain encore peu dense. Ces zones se développent principalement en direction des marges Est (entre Yeka et Bole, sur la route d'Intoto) et Ouest (entre Gefersa et Makanisa) du Nord de la ville.

4- **l'enveloppe stable du tissu urbain majoritaire**, peu dense et où l'expansion urbaine est modérée. Ce tissu est évocateur de l'organisation urbaine traditionnelle où les lots vastes et larges correspondant aux habitations de la classe haute, aux édifices publics et des entreprises de commerce, se trouvent dispersées dans le tissu des petites parcelles nombreuses de l'habitat populaire majoritaire. Il caractérise notamment le coeur de la ville historique (actuelle zone entre Piazza, Casa Incis et Kebena). Par ailleurs, ce tissu urbain comprend l'ensemble des lotissements pavillonnaires de bon standing anciens (autour de Lideta Airport, Kechene) et récents (Bole, Mekanisa, le long de Jima Road, Gefersa).

5 - enfin **la configuration particulière de l'axe d'extension Sud de la ville** (vers Akaki) où se concentrent les vastes parcelles des entreprises industrielles et fabriques diverses avec des noyaux secondaires de tissu urbain dense peu évolutif qui sont prolongés dans la partie extrême Sud par des lotissements pour classes populaires (très petites parcelles) relativement récents et déjà bien stabilisés.

Un poster A0 a été réalisé sur cette thématique : "Addis-Abeba 1986-1996 : Le tissu urbain et son évolution". Il est affiché au LCA, IRD, Bondy, et en maquette A3 en fin d'Annexes.

IV. Conclusion

Ce stage a permis au projet de l'Unité de Recherche en environnement urbain de bénéficier d'une base de données géographiques cohérente, très fournie et bien documentée utilisable par la suite pour mieux connaître les dynamiques urbaines. Parallèlement, j'ai appris l'importance de la documentation d'une base de données, car les sources des données étaient aussi diverses que de qualité différente. Il est important de bien maîtriser la qualité des différentes données géographiques qui composent un Système d'Information Géographique (en faisant l'amalgame entre cette base et le SIG qui a été monté, c'est-à-dire les données et l'ensemble des procédures logicielles qui en permettent la visualisation, l'analyse, la gestion et le stockage).

La base a été complétée sous Savane, logiciel dont j'ai pu utiliser la plupart des fonctionnalités, et qui remplit parfaitement le rôle qu'on peut attendre de ce lui. C'est en effet un logiciel, qui, malgré quelques imperfections, demeure fiable et d'une architecture robuste. La passerelle avec le format shapfile d'Arcview d'ESRI, qui est un format très courant, permet l'import et l'export avec une bonne qualité, même si l'échange de rasters géoréférencés pourrait être simplifié.

Le stage a été enrichissant sur ce point de vue car il m'a permis de réfléchir sur l'architecture du SIG et son importance, mais aussi m'a conféré une aisance encore accrue dans la manipulation des logiciels de SIG et dans la gestion d'une base de données (sous Savane, Access).

La partie analyse m'a amené à mettre en œuvre dans un cadre réel les connaissances acquises en méthodes de discrétisation, en cartographie thématique et en télédétection.

La richesse des données de l'enquête de la municipalité aurait permis d'établir des analyses multivariées très intéressantes, de même sur les indicateurs morphologiques créés. La nécessité d'une méthode plus rapide à mettre en œuvre et à analyser a contraint à une classification moins systématique, ce qui est dommage. La typologie de synthèse obtenue ne prend en compte que des données satellite, la difficulté à interpréter certaines classes me laisse penser que ces données auraient pu être croisées avec d'autres indicateurs, notamment démographiques. Mais cette étude ne pouvait s'appuyer sur des observations terrain, ce qui limite la fiabilité de l'analyse au domaine de la "forte probabilité".

Pour toutes ces raisons et ces questions, ce projet sur cette base de données urbaine à Addis-Abeba m'a passionné, et j'ai pu mûrir mes connaissances sur un projet aux enjeux réels, dans des conditions professionnelles.

V. Annexes

Figurent dans les annexes les cartes produites (en fin de rapport), les processus simplifiés (pour un utilisateur non débutant) des différents traitements réalisés ainsi que d'autres documents et réflexions.

1. Procédure d'import et de fusion des couches vectorielles cadastrales vers ArcView et procédure d'agrégation de données localisées selon un attribut sous ArcView.....	24
2. Procédure d'import export des données vecteurs Arcview sous Savane.....	27
3. Procédure de géoréférencement d'images sous Savamer.....	30
4. Procédure de requête sous MS Access.....	31
5. Procédure de mise à jour du dictionnaire de métadonnées multimédia.....	33
6. Processus de fabrication de cartes de morphologie urbaine sous Savane.....	34
7. Processus de fabrication de cartes d'évolution urbaine à partir de SPOT.....	40
8. Processus de création de la typologie finale sur l'évolution de l'espace urbain.....	44
9. Réflexion sur la qualité de la discrétisation.....	46
10. Planning hebdomadaire et description résumée des tâches menées.....	49
11. Bibliographie sommaire.....	53
12. Cartes réalisées.....	54 sqq

Morphologie statique du tissu urbain :

- Densité de construction
- Densité d'occupation
- Surface moyenne des bâtiments
- Surface moyenne des parcelles

Morphologie de l'occupation par la population :

- Densité de population par îlot
- Espace bâti par habitant
- Sex ratio

Carte diachronique :

- Carte de l'évolution des limites urbaines

Traitement d'image SPOT :

- NDVI 86 : indice de végétation normalisé de 1986
- NDVI 96 : indice de végétation normalisé de 1996
- Indice de végétalisation entre 1986 et 1996

Cartes d'analyse agrégées à partir des données SPOT :

- Typologie du tissu urbain en 1986
- Minéralisation du tissu urbain de 1986 à 1996
- Hétérogénéité locale du tissu urbain en 1986
- Evolution interne du tissu urbain entre 1986 et 1996 (forme de l'urbanisation)

Synthèse des cartes précédentes :

- Typologie de l'évolution du tissu urbain entre 1986 et 1996 , à la base du Poster.
- Maquette du Poster A0 en A3.