



**HAL**  
open science

# Synthèse bibliographique : état des lieux des méthodes spatiales de suivi des changements d'occupation et d'utilisation des sols

Maud Balestrat

## ► To cite this version:

Maud Balestrat. Synthèse bibliographique : état des lieux des méthodes spatiales de suivi des changements d'occupation et d'utilisation des sols. [Rapport de recherche] irstea. 2008, pp.34. hal-02594455

**HAL Id: hal-02594455**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02594455>**

Submitted on 15 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**  
**ETAT DES LIEUX DES METHODES SPATIALES DE SUIVI DES CHANGEMENTS**  
**D'OCCUPATION ET D'UTILISATION DES SOLS**

**PROJET DRAF-LR : ANALYSE DU POTENTIEL DES TERRES AGRICOLES**  
**AFFECTEES PAR L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE**  
**ETUDE METHODOLOGIQUE SUR UNE ZONE PILOTE**  
**(DEPARTEMENT DE L'HERAULT - 34)**

## TABLES DES MATIERES

Tables des matières .....	2
Introduction .....	4
1. Le choix des données .....	5
2. Etat des lieux des méthodes de suivi des changements d'occupation du sol.....	6
2.1. Cartes et plans cadastraux.....	6
2.1.1. Les données disponibles.....	6
• Le cadastre.....	6
• Les cartes.....	7
• Les documents d'urbanisme.....	7
2.1.2. Etudes de cas .....	8
• Cartes topographiques IGN et plans cadastraux.....	8
• Cartes topographiques et Scan25 IGN .....	8
• Documents d'urbanisme et Ortho photo .....	9
• Cartes topographiques et BD Topo IGN .....	9
2.1.3. Synthèse .....	9
2.2. Photos aériennes et ortho photos .....	10
2.2.1. Les données disponibles.....	10
• Les photographies aériennes .....	10
• Les ortho photos et ortho photoplans .....	10
2.2.2. Etudes de cas .....	10
• Photos aériennes .....	10
• Photos aériennes et ortho photos.....	11
• Ortho photoplan.....	12
2.2.3. Synthèse .....	12
2.3. Série temporelle d'images satellites.....	13
2.3.1. Les données disponibles.....	13
2.3.2. Etudes de cas .....	13
• Classifications d'images Landsat .....	14
• Classifications d'images Spot .....	16
2.3.3. Synthèse .....	17
2.4. Les bases de données d'occupation du sol.....	19
2.4.1. BDOS à l'échelle Européenne.....	20
• La BD Corine Land Cover .....	20
• La BD LACOAST.....	22
2.4.2. Les BDOS disponibles en France.....	22
• Les BD IGN .....	22
• La BD Spot Thema.....	23
2.4.3. La BDOS disponible à l'échelle locale : BD OCSOL .....	24
2.4.4. D'autres exemples de BDOS locales .....	25
• Le MOS à l'IAURIF .....	25
• Le projet CARTUS-AML .....	25
2.5. Utilisation de données multi sources .....	26

2.5.1. Etudes de cas .....	26
• Cartes papiers de l'armée américaine, IGN, Scan IGN, Ortho photo Gaia.....	26
• Cartes topographiques et classifications Landsat.....	27
• Photos aériennes et classifications Landsat.....	27
• Classification Landsat et BD CLC .....	27
2.5.2. Synthèse .....	28
<b>Bibliographie.....</b>	<b>29</b>

## INTRODUCTION

Cette synthèse bibliographique a été réalisée dans le cadre d'une étude méthodologique<sup>1</sup> de quantification et de suivi de la consommation des terres agricoles par le développement de l'habitat en zone périurbaine et zone rurale.

De nombreuses sources bibliographiques existent sur le développement de méthodes spatiales destinées au suivi des changements d'occupation (os) et d'utilisation du sol (us). L'évolution de l'os par le bâti et les terres agricoles intéresse des acteurs de plus en plus nombreux pour le suivi et la planification des territoires. Les méthodes développées par les organismes, administrations et laboratoires de recherches sont diverses et variées.

A titre d'exemples, le programme de recherche LUCC (Land Use and Cover Changes) mené en commun par l'International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) et l'International Human Dimensions of Global Environmental Change Programme (IHDP), entre 2000 et 2005, préconise dans ses axes de recherche le développement de méthodes efficaces de suivi temporel et spatial des modes d'usage des sols et un effort de structuration et de coordination d'opérations de suivi (Fonta, 2005). Au niveau européen la base de donnée Corine Land Cover (CLC) diffusé par l'EEA (Agence Européenne de l'Environnement) et l'IFEN (Institut Français de l'ENvironnement) est fréquemment utilisée pour mener ce type d'étude. En France, le CERTU (Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports et l'Urbanisme), l'INEA (Ingénieurs-conseil, Nature, Environnement, Aménagements) ont sélectionné une série d'indicateurs de suivi de l'extension urbaine élaborés par les services déconcentrés (DIREN, DDE, DRE)<sup>2</sup>, (CERTU 2004 et 2007, INEA 2003).

Ce rapport dresse un état des lieux, non exhaustif, des méthodes spatiales de suivis de l'occupation du sol développées dans la recherche et les différents organismes. Nous verrons dans la première partie que le choix de la méthode est en grande partie conditionné par la disponibilité des données. La seconde partie présente pour chacune des méthodes quelles sont les principales caractéristiques des données utilisées (antériorité, disponibilité, échelle...). Quelques études de cas représentatives sont présentées ainsi qu'une courte synthèse des avantages et inconvénients des différentes méthodes.

---

<sup>1</sup> Etude commanditée par la DRAF-LR et menée en partenariat par l'UMR TETIS (Cemagref) et l'UMR LISAH (INRA), sur une zone pilote en Languedoc Roussillon couvrant une centaine de communes à l'est du Département de l'Hérault

<sup>2</sup> Direction Régionale de l'Environnement, Direction Départementale de l'Équipement, Direction Régionale de l'Équipement

## 1. LE CHOIX DES DONNEES

Il existe différentes sources de données spatiales qui vont permettre un suivi temporel de l'évolution de l'occupation du sol :

- Les documents papiers anciens (cadastre, cartes, documents d'urbanisme)
- Les photographies aériennes
- Les ortho photos
- Les images satellites (Spot, Landsat, THRS...)
- Les Bases de Données (BD) d'occupation du sol (CLC, BD Carto, Spot Thema...)
- Les enquêtes terrain (Teruti, Teruti LUCA)

Ces sources de données sont hétérogènes dans la description du bâti. La disponibilité et le coût des données, la fréquence de leur mise à jour et leur homogénéité sur l'étendue de la zone d'étude vont conditionner la précision des résultats et déterminer les choix de méthodologie.

Par conséquent le préalable au choix des données mobilisées et de la méthodologie à adopter consiste à établir un cahier des charges des besoins des utilisateurs potentiels (Quelle échelle, quelle période...). Pour l'étude de cartographie de l'évolution du bâti, réalisée en 2006-2007 par le Cemagref dans le cadre de la réalisation du SCOT de Thau et pour le compte du SMBT « le choix des données a résulté d'un compromis entre la pertinence de la période d'observation totale et du pas de temps, le coût de traitement des données et la disponibilité de données relativement homogènes sur l'ensemble du territoire » (Cemagref 2007). Cette étude dégage les étapes méthodologiques pour ce type de travail :

- Etablir un cahier des charges des besoins (zone à couvrir, période à couvrir, nomenclature et précision souhaitée)
- Rechercher les données disponibles pertinentes
- Définir la méthodologie de traitement des données
- Produire une BD géographique des dynamiques de changements d'occupation du sol
- Valider et valoriser la BD produite

## 2. Etat des lieux des méthodes de suivi des changements d'occupation du sol

Les méthodes de suivi de l'évolution de l'occupation du sol par le bâti diffèrent en terme de besoins en précision des données, de celles consacrées à l'évolution des espaces naturels ou agricoles. Les progrès rapides dans le domaine des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC), notamment en terme de résolution spatiale, de puissance de calcul, de régularité de mise à jour... offrent de nouvelles possibilités. L'amélioration des techniques a notamment permis de remplacer les techniques lourdes de photo-interprétation traditionnelles par la photo-interprétation visuelle assistée par ordinateur (Ex : Maucha 2004 mise à jour de la base CLC 2000). Ainsi les solutions qui se développent se diversifient et se multiplient.

En effet, il faut distinguer les méthodes automatiques basées sur l'exploitation de base de données ou sur la télédétection des méthodes manuelles classiques basées sur la photo-interprétation. Ces dernières se développent aujourd'hui en terme de capacité avec l'interprétation visuelle à l'écran assistée par ordinateur. « L'extraction automatique est environ deux fois plus rapide que la photo-interprétation à l'écran, mais elle ne permet de distinguer que ce qui est bâti par rapport au non bâti. La photo-interprétation permet une nomenclature plus riche. L'extraction automatique produit un résultat à l'échelle moyenne alors que la photo-interprétation produit un résultat à grande échelle. C'est donc le résultat que l'on souhaite obtenir et les compétences dont on dispose qui conditionneront la méthode à employer » (CERTU, 2007).

### 2.1. Cartes et plans cadastraux

Les documents papiers sont, avec les photographies aériennes, les informations disponibles les plus anciennes pour apprécier l'occupation du sol.

#### **2.1.1. LES DONNEES DISPONIBLES**

- *LE CADASTRE*

La première édition du cadastre général parcellaire de la France date de 1850. En 1974, la loi de rénovation du cadastre donne lieu à l'établissement de nouveaux états des sections et de nouvelles matrices mécanographiées. Dans les années 1980, apparaissent les microfiches qui ouvrent la voie à la numérisation des plans, en cours depuis 1995, et à la mise à jour informatique des données.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> <http://cadastre.connaitre.org/cadastre1.php>

Au niveau local :

- les Archives départementales de l'Hérault conservent pour toutes les communes du département les plans cadastraux originaux dits plans napoléoniens édités de 1807 à 1838, numérisés depuis 2001.<sup>4</sup>
- En 1991, une convention a été signée entre la Direction Générale des Impôts (DGI) et le Conseil Général de l'Hérault (CG34) pour la numérisation des fonds cadastraux par ce dernier, à la demande des communes du département.<sup>5</sup>
- Depuis 2002, la production de la BD Parcellaire a commencé à partir des données numériques du cadastre fournies par la DGI dans le cadre d'une convention pluriannuelle avec L'Institut Géographique National (IGN). Fin 2004, la DGI a achevé le scannage des planches cadastrales, le travail d'assemblage sur l'ensemble des départements doit s'achever en 2008.<sup>6</sup> Ainsi pour le département de l'Hérault la BD Parcellaire devrait être disponible d'ici la fin de l'année.<sup>7</sup>

- *LES CARTES*

La première carte topographique de la France date du 18<sup>e</sup> siècle (Cassini). Au 19<sup>e</sup> siècle les militaires réalisent la carte d'état-major au 1/80 000e. La troisième carte est réalisée à partir de prises de vues aériennes à la fin des années 1980 au 1/25 000e.<sup>8</sup> Depuis ces documents font l'objet de mises à jour régulières. Les cartes noires et blanc au 1/25 000e de l'armée américaine datant de la seconde guerre mondiale constituent également des documents anciens exploitables (Ex : Cemagref, 2007).

- *LES DOCUMENTS D'URBANISME*

Les documents d'urbanisme ou schémas d'aménagement des communes fournissent des informations sur l'évolution de l'occupation du sol par le bâti. Le plan d'occupation des sols (POS) a été créé par la Loi d'orientation foncière de 1967 et succède aux anciens plans d'aménagement d'embellissement et d'extension puis aux Plans d'Urbanisme de Détail. Les cartes communales (documents d'urbanisme simplifiés) datent de la fin des années 1970. Avec la Loi relative à la Solidarité et au Renouveau Urbain (SRU) du 13 décembre 2000, les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) ont remplacé les POS. Le site de la DDE de l'Hérault donne accès aux tableaux récapitulatifs des Schémas de COhérence Territoriale (SCOT), POS, PLU et cartes communales par commune pour le département. Par exemple pour la commune de Montpellier le premier POS a été approuvé en 1974.<sup>9</sup>

---

<sup>4</sup> [http://metrologiehistorique.iffrance.com/cadastres\\_numerisation.pdf](http://metrologiehistorique.iffrance.com/cadastres_numerisation.pdf)

<sup>5</sup> <http://www.cg34.fr/territoire/Metacad/origine.asp>

<sup>6</sup> [http://www.ign.fr/rubrique.asp?rbr\\_id=1643&lng\\_id=FR](http://www.ign.fr/rubrique.asp?rbr_id=1643&lng_id=FR)

<sup>7</sup> [http://www.ign.fr/rubrique.asp?rbr\\_id=2762&lng\\_id=FR](http://www.ign.fr/rubrique.asp?rbr_id=2762&lng_id=FR)

<sup>8</sup> [http://www.rfi.fr/francefr/articles/091/article\\_53608.asp](http://www.rfi.fr/francefr/articles/091/article_53608.asp)

<sup>9</sup> [http://www.herault.equipement.gouv.fr/article.php3?id\\_article=233](http://www.herault.equipement.gouv.fr/article.php3?id_article=233)

## 2.1.2. ETUDES DE CAS

- *CARTES TOPOGRAPHIQUES IGN ET PLANS CADASTRAUX*

Un rapport publié par le CERTU en 2007 offre une comparaison entre différentes méthodes de réalisation d'un historique du bâti, étude menée par le Centre d'Études Techniques de l'Équipement (CETE) Normandie-Centre. Deux grandes familles de méthodes sont étudiées : celles basées sur l'utilisation de clichés anciens (Cf. 2.2.3. Synthèse) et celles basées sur l'utilisation de cartes IGN et plans cadastraux anciens. Pour chacune des méthodes le rapport fournit respectivement les avantages, les limites, les temps de travail ainsi qu'une série de recommandation sur le choix des données et sur l'application de chacune de ces quatre méthodes.

« La méthode qui consiste, à partir de cartes anciennes de l'IGN, à réaliser un historique de l'évolution de la tâche urbaine et du cadre bâti (1/50 000e), a pour objectif de constituer des tâches urbaines à différentes dates. Cette méthode permet rapidement et pour un faible coût de dresser un historique de la tâche urbaine sur un secteur donné, elle souffre d'un manque de précision. Par contre, à moyenne ou petite échelle, l'utilisation de cartes anciennes de l'IGN paraît beaucoup plus adaptée. »

« La méthode, basée sur l'utilisation du cadastre, a pour objectif de déterminer le cadre bâti à deux dates différentes (1/1000e). Comparativement à l'emploi de cartes anciennes cette méthode est beaucoup plus précise, mais elle se heurte à la disponibilité des données et au temps de la mise en oeuvre. A l'échelle infra-communale ou pour une commune, l'utilisation du cadastre peut s'avérer intéressante sous réserve d'une disponibilité de feuilles cadastrales anciennes. » (CERTU, 2007).

- *CARTES TOPOGRAPHIQUES ET SCAN25 IGN*

Une étude réalisée par les bureaux d'études Études Actions et GéoScope à la demande de la DDE de l'Ain vise à caractériser et analyser les phénomènes d'étalement urbain et de consommation de l'espace sur l'aire du SCOT de Bourg-Bresse-Revermont (CERTU, 2004). Les cartes topographiques au 1/25 000e de l'IGN de 1970 et 1985 ont été scannées et géoréférencées, pour 2000 c'est le Scan25 qui a été employé. La cartographie des zones d'habitat et d'activité en 1970, 1985 et 2000 a ainsi été réalisée. Le calcul de surface ainsi qu'une sélection d'indicateurs issus des données de l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE) ont été effectués sous SIG.

Plusieurs limites sont mises en avant :

- La saisie des cartes : c'est l'enveloppe des bâtiments et non pas chaque bâtiment qui a été digitalisée, deux zones proches en 1970 peuvent n'en former plus qu'une en 1985.
- L'imprécision de la consommation foncière saisie au 1/25 000e ainsi la précision du tracé des zones bâties et les calculs de surface qui en découlent sont relatifs.
- L'hétérogénéité des données (écarts dans la mise à jour des cartes IGN).

▪ Les décalages des périodes de référence selon les sources statistiques (les dates de recensement de l'INSEE ne concordent pas avec les périodes retenues pour les mesures de surface).

- *DOCUMENTS D'URBANISME ET ORTHO PHOTO*

Dans le cadre de la mise en place des indicateurs de suivi de la loi littoral plusieurs ont été mis en place pour mesurer l'extension de l'urbanisation (INEA, 2003). La DDE de Charente Maritime a élaboré un indicateur de l'évolution des zones urbanisées (U) et à urbaniser (AU) au travers des documents d'urbanisme communaux entre 1997 et 2002 sur l'ensemble des communes (à 500m et à 2000 m du rivage). Ce travail a nécessité la numérisation des PLU (1/5000e) établi par les communes sur support de cadastre numérisé. Les données permettent de connaître l'extension des zones ouvertes à l'urbanisation (pas forcément urbanisées mais à vocation d'urbanisation) dans les documents d'urbanisme. En revanche, l'absence de données antérieures à 1997 ne permet pas d'effectuer de comparaisons avant et après la loi Littoral et un pas de temps de 5 ans semble trop faible pour témoigner d'évolutions sur les documents d'urbanisme (qui auront rarement changé entre 1997 et 2001). Les limites rencontrées sont les décalages importants entre le tracé des zonages PLU et l'ortho photographie littorale. De plus, la numérisation des données PLU est relativement contraignante en terme de temps.

- *CARTES TOPOGRAPHIQUES ET BD TOPO IGN*

Une approche méthodologique pour une analyse diachronique de l'os a été menée en Martinique dans le cadre d'un stage Cemagref (Serghini, 2003). La méthode développée pour mesurer l'évolution du bâti a consisté à superposer la couche bâtiment de la BD Topo 2000 sur les cartes scannées de 1955 et 1983 (mosaïquées et géoréférencées) et à estimer visuellement si les bâtiments étaient présents ou non aux dates antérieures. Les limites de cette méthodes sont le décalage lors de la superposition des cartes, l'absence d'information (les bâtiments qui ont disparus ne sont pas prise en compte), enfin l'agrandissement des bâtiments n'est pas prise en compte. Cependant dans ce cas la méthode a permis une première évaluation chiffrée du phénomène de croissance urbaine et de spatialiser cette dynamique urbaine.

### **2.1.3. SYNTHÈSE**

En résumé les avantages des documents anciens sont l'ancienneté des données, pour les données cadastrales également leur précision. En revanche les données au format papiers demandent un travail préalable de digitalisation contraignant en terme de temps et de moyens techniques. En outre la précision des données après numérisation est souvent « atteinte » par cette étape intermédiaire qui multiplie les marges d'erreurs en terme de géoréférencement (plieurs....) et qui ne permet pas la superposition avec d'autres informations. Enfin, l'hétérogénéité de ce type de données représente une difficulté supplémentaire.

## 2.2. Photos aériennes et ortho photos

### **2.2.1. LES DONNEES DISPONIBLES**

- *LES PHOTOGRAPHIES AERIENNES*

La photothèque nationale possède des clichés réalisés à partir de 1921 par le Service Géographique de l'Armée et par des compagnies privées. « La première couverture photographique systématique du territoire a été entreprise par le Service Géographique en 1939 et achevée par l'IGN en 1952. Depuis 1945, l'IGN a assuré une couverture régulière du territoire avec une fréquence moyenne de cinq ans, mais variant de dix ans sur les zones de faible développement, à trois ou quatre ans pour les zones urbanisées à développement rapide. (...) Les prises de vues techniques sont réalisées au 1/20 000e, 1/25 000e et 1/30 000e suivant les années.»<sup>10</sup>

- *LES ORTHO PHOTOS ET ORTHO PHOTOPLANS*

« Actuellement, on constate un effort de développement considérable des ortho photos et des ortho photoplans ». <sup>11</sup> Sur une ortho photo, toutes les déformations dues au relief et à la prise de vue sont supprimées, un ortho photoplan est l'assemblage d'ortho photos. Plusieurs bureaux d'études et organismes proposent la réalisation d'ortho photo (Gaïa, Institut Forestier National, IGN, ...). Les ortho photos noir et blanc IGN de 1995 à 2001 ont une résolution au sol de 1 m et sont mise à jour tous les 5 ans. « La BD Ortho est une collection de mosaïques numériques d'ortho photos en couleurs ou en Infra rouge couleurs, rectifiées dans la projection adaptée au territoire couvert. » La première version a été constituée entre 1999 et 2003 (du 1/5 000 au 1/2 000e). <sup>12</sup> « L'échelle de la BD Ortho semble adaptée à la mesure des espaces urbanisés mais elle est encore peu exploitée. » (CERTU, 2004).

### **2.2.2. ETUDES DE CAS**

- *PHOTOS AERIENNES*

L'Agence pour l'Observation de la Réunion, l'Aménagement et l'Habitat (AGORAH) et la DDE ont élaboré une méthode automatisée et reproductible de quantification de l'évolution de la tâche urbaine adaptée aux acteurs du monde urbain comme à ceux du monde rural. « La tâche obtenue n'est ni trop extensive (elle n'englobe pas la totalité du bâti et se limite aux zones agglomérées) ni trop minimaliste (elle inclut la plupart des constructions à vocation d'habitat, ainsi que de nombreux équipements qui sont autant de surfaces artificialisées). » Les bâtiments font l'objet d'une sélection selon des critères de continuité et d'agglomération à l'aide de photographies aériennes IGN (1997 et 2003). « La

<sup>10</sup> [http://www.ign.fr/rubrique.asp?rbr\\_id=997](http://www.ign.fr/rubrique.asp?rbr_id=997)

<sup>11</sup> [http://jb.henry.free.fr/cours/chapitre\\_4.pdf](http://jb.henry.free.fr/cours/chapitre_4.pdf)

<sup>12</sup> [http://www.ign.fr/telechargement/MPro/produit/BD\\_Ortho/DC\\_BDOrtho\\_2.pdf](http://www.ign.fr/telechargement/MPro/produit/BD_Ortho/DC_BDOrtho_2.pdf)

comparaison entre deux dates différentes permet une compréhension de la dynamique de l'étalement urbain» (AGORAH, 2005). Différents indicateurs ont été élaborés :

- Le taux de croissance annuel de la tâche urbaine (%) représente de combien s'est accrue la surface urbanisée en un an, à partir des données IGN de 1997 et 2003.
- La consommation d'espace par nouveau logement (m<sup>2</sup>/log.) est un indicateur qui rapporte la croissance de la tâche urbaine à la croissance du nombre de logements (Interpolation en 1997 et extrapolation en 2003 des recensements INSEE de 1990 et 1999).
- La consommation d'espace par nouvel habitant (m<sup>2</sup>/hab.) est le rapport de la croissance de la tâche urbaine à la croissance démographique réalisé à partir des estimations de l'INSEE au 1er janvier de l'année 1997 et 2003.

- *PHOTOS AERIENNES ET ORTHO PHOTOS*

Dans le cadre de la mise en place de la loi littoral plusieurs indicateurs de suivi ont été mis en place, pour mesurer l'extension de l'urbanisation, basés sur des méthodes d'exploitation de photos aériennes et d'ortho photos destinées à la mise à jour BD IPLI datant de 1977 (Inventaire Permanent du Littoral), (INEA, 2003).

- Indicateur d'extension de l'urbanisation en Basse-Normandie : la DRE a réalisé un travail de photo-interprétation à partir d'une couverture photographique IGN au 1/20 000e pour la mise à jour 1994 de la BD IPLI 77. Les données permettent de connaître l'évolution des surfaces urbanisées entre 1977 et 1994 et d'apprécier si celle-ci a été réalisée en continuité avec l'existant.

- Indicateur d'extension de l'urbanisation dans le Golfe du Morbihan : la DDE 56 a élaboré une BD sur l'occupation des sols en vue d'une adaptation et d'une réactualisation de l'IPLI de 1977. Un travail de photo-interprétation de clichés IGN et de numérisation de données de la BD Ortho 1999 a été réalisé. L'indicateur consiste à calculer le taux d'évolution des surfaces urbanisées par commune puis de cette même évolution des surfaces urbanisées dans les espaces proches du rivage. « Cet indicateur de suivi de l'étalement urbain dans les communes littorales permet d'apprécier visuellement si cet étalement est en continuité avec l'existant ».

- Indicateur d'évolution de l'urbanisation en Loire Atlantique : la DDE 44 a créé la BD ORCS qui consiste en une réactualisation de l'IPLI. La mise à jour est prévue tous les 10 ans (1/25 000e) à partir de l'interprétation d'ortho photos (1985 et 1999). La BD s'appuie sur la nomenclature de l'IPLI de 1977 en y apportant quelques modifications. L'indicateur permet d'identifier des secteurs à enjeux pour le suivi de l'application de la loi. « Pour une meilleure représentativité des résultats, les tendances observées à partir de ces seules données mériteraient d'être analysées plus finement et croisées avec d'autres sources de données (permis de construire, autorisations de campings, etc.) ».

En conclusion, « La réalisation de la base de données IPLI est une opération longue et très coûteuse, en revanche les traitements SIG sont simples une fois la base de données réalisée.(...) L'outil IPLI a

été conçu pour répondre spécifiquement à la caractérisation du littoral et au suivi de son évolution mais le problème du coût limite les possibilités de généralisation. De plus, les actualisations de l'IPLI de 1977, quand elles existent, dépendent d'initiatives locales et ne font l'objet d'aucune harmonisation : les méthodologies, les nomenclatures obtenues et les dates de réactualisation sont différentes suivant les départements ayant réalisé cet exercice ».

- *ORTHO PHOTOPLAN*

La DRE de Basse-Normandie a réalisé une étude comparative de trois méthodes de mesure de la tâche urbaine (BD Topo, SpotView et BD Ortho) en vue de développer un produit qui permet d'avoir la connaissance de la tâche urbaine des agglomérations de la région (CERTU, 2004). « La présente étude confirme qu'il est possible d'extraire par traitements automatiques de télédétection la tâche urbaine d'un espace donné à partir d'ortho photos numériques ré échantillonnées à 2,5 m. Ce travail a permis de formaliser un document dans lequel est proposé une méthodologie facilement assimilable et reproductible par tout service déconcentré de l'Équipement.

### **2.2.3. SYNTHÈSE**

Les clichés aériens sont souvent les seules données disponibles avec les cartes papiers pour travailler sur des périodes éloignées dans le temps. Le rapport du CERTU de 2007 met en avant trois avantages à travailler avec des photos aériennes :

- Les missions aériennes sont effectuées dans un laps de temps court ce qui permet de disposer d'un territoire homogène en terme de date de prises de vue.
- Les analyses sont réalisées avec des données sources et non avec des supports cartographiques issus d'interprétation.
- La photo est une vue du « monde réel » ce qui ouvre des possibilités d'exploitation dans d'autres thématiques que l'urbanisation.

Les ortho photos offrent une haute résolution et sont régulièrement actualisées. « La donnée extraite de l'ortho photoplan est apparue globalement comme plus fidèle dans ses contours et plus exhaustive que la BD Carto ou la BD CLC, en particulier à la périphérie de l'aire urbaine où l'habitat de mode rural est dispersé. » (CERTU, 2004) Ce sont généralement des documents d'accompagnement à d'autres sources de données. En revanche, leur coût d'utilisation est élevé et les fichiers nécessaires au stockage des images sont de taille importante.

## 2.3. SERIE TEMPORELLE D'IMAGES SATELLITES

« L'utilisation de la télédétection dans les études spatio-temporelles urbaines constitue une des questions les plus étudiées parmi celles portant sur le changement de l'occupation du sol » (Cabral, 2006). En effet, c'est le type de méthode dont nous avons recensé la majorité des sources bibliographiques, en particulier celles basées sur le traitement de séries temporelles d'images Landsat. « La télédétection conjuguée au SIG est très utilisée et cette technique est reconnue pour être un outil puissant et efficace pour détecter les changements d'occupation et d'utilisation du sol » (Ehlers et al 1990, Meaille and Wald 1990, Treits et al 1992, Westmoreland and Stow 1992, Harris and Ventura 1995, Yeh and Li 1996, 1997, 1999, Weng 2001 cités par Weng, 2001).

### **2.3.1. LES DONNEES DISPONIBLES**

En France, ce sont les images satellites Landsat et Spot qui sont majoritairement utilisées pour ce type d'étude. Cependant, les images à Haute Résolution Spatiale (Quickbird, Ikonos ...) sont de plus en plus exploitées. Les possibilités offertes par les images Spot et Landsat sont complémentaires, notamment en terme de résolutions spatiales et spectrales. Landsat TM, ETM enregistrent dans une gamme plus riche de bandes de longueurs d'ondes et une couverture plus grande tandis que Spot offre une résolution spatiale plus fine. Le satellite Spot 5 lancé le 4 mai 2002 offre des performances améliorées en terme de résolution spatiale (2,5 à 5 mètres en mode panchromatique et 10 mètres en mode multispectral), (SFPT, 2002). L'acquisition de scènes Landsat est souvent moins coûteux et les pré traitements moins conséquents (géoréférencement et mosaiquage) car moins de scènes sont nécessaires pour couvrir une zone. En revanche, les scènes Spot qui sont plus réduites facilitent la récolte des données pour la constitution de vérités terrains et Spot propose un plus grand choix de dates (Landsat 7ETM+ est en dysfonctionnement depuis le 31 mai 2003).

### **2.3.2. ETUDES DE CAS**

Il y a plusieurs façons de quantifier les résultats des changements d'occupation du sol à partir de classifications d'images satellites. « Une méthode basique est de dresser un tableau des totaux de chaque type d'occupation du sol et d'examiner la tendance entre les années. Les cartes classées d'os et d'us peuvent aussi être intégrées à des modèles de simulation pour prédire les scénarii d'augmentation future » (Bauer et al., 2004). Nous traitons ici uniquement des méthodes développées pour quantifier les changements d'occupation du sol passés à base de classifications de séries temporelles d'images satellites.

- CLASSIFICATIONS D'IMAGES LANDSAT

- L'article de Laffly (1993) présente une étude basée sur l'utilisation de deux images Landsat MSS 1975 et TM 1988 pour mesurer l'évolution des paysages et de l'os de la ville de Besançon et de ses environs. Plusieurs méthodes sont développées et commentées :

- Analyse visuelle d'une composition colorée multi dates : permet d'introduire des connaissances de terrain et de limiter les confusions thématiques. Travail précis mais long et coûteux.
- Comparaison de classifications supervisées : rapide et moyennement onéreuse mais il subsiste quelques confusions.
- Classification d'une comparaison automatique à plusieurs dates : analyse multi variée, analyse factorielle des correspondances (AFC). Donne une image originale où les objets du paysage se distinguent nettement les uns des autres. Représentent des données directement comparables.
- Image combinant une composition colorée multi date et les résultats des évolutions reconnues d'une manière automatique : permet une approche intermédiaire entre l'interprétation visuelle et les comparaisons automatiques.

« Le choix de l'une ou l'autre des méthodes dépend de l'échelle spatio-temporelle de l'étude, de la compatibilité géométrique et de saisons de prise de vue des images. Les analyses statistiques multi variées donnent de meilleurs résultats à une échelle spatio-temporelle telle que celle présentée dans cet article. Plus les données sont fines et compatibles, plus les possibilités de traitement sont variées. »

- Clapham (2002) présente une méthode de classification de l'os de six bassin versant dans la zone métropolitaine entourant Cleveland en Ohio (Etats Unis) à partir d'images Landsat TM 1984, 1988, 1994, et 1999. Cette étude met en avant la difficulté de travailler sur de l'urbain en télédétection, notamment du fait de l'extrême hétérogénéité de ces zones et ainsi du problème des pixels mixtes et des erreurs d'interprétation que cela génère. La méthode de classification en classes fonctionnelles est présentée comme une alternative pour travailler sur l'étalement urbain et l'impact des changements d'os. Elle présente l'avantage de préserver l'hétérogénéité spatiale des zones urbaines ou en cours d'urbanisation mieux que les analyses traditionnelles d'occupation du sol. Il est possible d'extraire des statistiques pertinentes pour n'importe quelle zone à la résolution spatiale des images de base. Ce type d'interprétation paraît plus adapté pour apporter des résultats quantitatifs et pour refléter l'hétérogénéité actuelle de l'environnement urbain. Il peut également être utilisé avec des modèles de simulation.

- Une série temporelle d'images Landsat MSS et TM a été utilisée pour extraire les données de changements d'os et d'us dans la zone métropolitaine de Géorgie à Atlanta, aux Etats-Unis<sup>13</sup> au cours des 25 dernières années (Yang, Lo, 2002). Cet article décrit les techniques qui ont été employées pour développer une approche qui assure une grande précision et la compatibilité des classifications

---

<sup>13</sup> Projet ATLANTA de la NASA : Analyse d'utilisation du territoire d'Atlanta : température et qualité de l'air

d'images satellites de différentes résolutions et de qualité variable. Ces techniques incluent la normalisation radiométrique pour établir une réponse radiométrique commune parmi des données multi-date/multicapteur et une approche non supervisée de classification d'image. Au final les post-classifications sont comparées avec croisement sous SIG pour cartographier la dynamique spatiale de l'us et de l'os.

- Au cours des deux dernières décennies, des changements rapides d'us liés à une industrialisation et à une urbanisation accélérées ont concerné de nombreuses régions côtières de la Chine telles que le delta de Zhujiang (Weng, 2001). Ce document étudie la dynamique de changement d'us par l'utilisation combinée de la télédétection satellite, des systèmes d'information géographique et de la modélisation stochastique. Une méthode de classification supervisée avec maximum de vraisemblance d'images Landsat TM (1989, 1994 et 1997) a été appliquée.

- Une seconde étude (Ding et al., 2007) présente le traitement d'images satellites Landsat pour quantifier les changements d'us et d'os dans la région côtière de Zhejiang en Chine. La méthode employée utilise une technique de classification non supervisée conjuguée à de l'interprétation visuelle. Les taux de changement des types d'occupation du sol sont quantifiés par l'intermédiaire d'une matrice de transformation

- L'article de Tan, Li et Lu (2005) décrit l'extension de l'urbanisation en Chine (centrale et occidentale) à partir des données d'us de 1990 et 2000, déterminées par interprétation d'images Landsat (TM) datant de 1990, 1995 et 2003. Ce document analyse les caractéristiques de l'expansion des constructions urbaines, de la perte conséquente de terres arables, et identifie les facteurs sociaux, économiques et spatiaux des changements d'utilisation du sol par l'urbain. « Récemment, de nombreux articles ont examiné les caractéristiques de l'expansion urbaine et les conséquences de la diminution des terres arables à différentes échelles (Shen, 2001 ; Tania, 2001 ; Yeh et Li, 1999 ; Fazal, 2000 ; Verburg, 1999 ; Verburg, 2000 ; Zhang, 2000 ; Skinner et al., 2001), mais relativement moins d'attention a été portée aux différences entre l'expansion de terres urbaines et la perte résultante de terres arables autour des villes de différente taille. » Les changements d'occupation des terres arables par l'urbain ont été obtenus en comparant des cartes d'us aux différentes périodes.

- D'après l'article de Xian et Crane (2005), l'urbanisation a rapidement augmenté dans la région de Tampa Bay (centre ouest de la Floride) au cours du siècle passé avec une imperméabilisation croissante du sol. Cette recherche utilise une approche innovante pour cartographier l'urbanisation en déterminant les surfaces imperméables issues des données de télédétection du satellite Landsat de 1991 à 2002. Le modèle SLEUTH est employé pour simuler et prévoir la croissance urbaine en modélisant le changement des surfaces imperméables. « L'augmentation de la disponibilité et la qualité améliorée de données multi résolutions et multi temporelles de télédétection, permettent de surveiller le changement des écosystèmes urbains d'une façon opportune et rentable. Des progrès considérables ont été accomplis dans l'élaboration des méthodes de détection et de surveillance des

changements utilisant des données de télédétection » (Jensen, 1995 ; Kam, 1995 ; Ridd et Liu, 1998 ; Singh, 1989 ; Sohl, 1999 ; Seto et Liu, 2003).

- *CLASSIFICATIONS D'IMAGES SPOT*

- Spot 4 : Une étude de l'extension du bâti sur le littoral est destinée à améliorer les techniques de télédétection pour l'étude de l'espace urbain en milieu semi-aride (Ackermann, Tournaire, Mering, 2004). Pour chaque date les surfaces bâties ont été extraites à partir des critères de texture fondés sur le calcul des paramètres de Haralick et par l'application des outils de la morphologie mathématique. Une carte d'extension du bâti a été élaborée pour chaque ville entre 1988 et 2002. Les conclusions et perspectives dégagées : « Avec l'apparition des capteurs à très haute résolution spatiale, l'utilisation des images satellitaires est destinée à prendre le pas sur celle des photographies aériennes. Si les outils d'aide à la photo-interprétation se sont améliorés, des progrès restent à faire dans le domaine de l'automatisation de l'extraction de l'information sur une image, (...) notamment, en explorant les méthodes existantes pour essayer de mettre en place un protocole visant à l'élaboration automatique de cartes d'occupation du sol en milieu urbain. »

- SpotView : Comme nous l'avons vu précédemment (Cf. 2.2.2.) une étude comparative de trois méthodes de mesure de la tâche urbaine (BD Topo, SpotView et BD Ortho) a été réalisée par la DRE de Basse-Normandie (CERTU, 2004). Un travail de télédétection à partir d'une image SpotView a été réalisé en vue de générer une couche d'os. La méthode employée est la suivante :

- Stratification : cette méthode, également appelée zonage, consiste à découper puis à traiter séparément des régions homogènes.
- Classification assistée et obtention d'un fichier raster conforme à la nomenclature de type CLC avec une unité de collecte de 1 ha.
- Vectorisation du fichier raster et filtrage pour l'obtention du grain recherché.

Les inconvénients sont la moindre précision face à l'ortho photo ou à la BD Topo, les erreurs d'affectations (confusion, simplification de la couche vectorielle). En revanche les scènes Spot offrent une résolution compatible avec l'étude de l'urbain (5 m au sol) à laquelle s'ajoute la richesse radiométrique des capteurs Spot. Le coût des scènes Spot 5 est élevé mais le produit offre une richesse radiométrique intéressante pour des traitements sur l'urbain.

- Images HRV (Spot 4) : Les travaux de Azerzaq et al. (1997) utilisent des images HRV de Spot pour la détection du changement périurbain à Casablanca au Maroc. Casablanca connaît une mutation continue et rapide de l'espace agricole en espace bâti. Cette étude propose une méthodologie visant à détecter les changements spatio-temporels, imputables à l'urbanisation, au niveau de la périphérie casablancaise entre 1986 et 1993. Quatre images multi bandes datant de 1986, 1988, 1991 et 1993 ont été utilisées. Des classifications non supervisées ont été réalisées pour améliorer la définition des classes d'échantillonnage utilisées dans le processus de classification supervisée. Les

images résultantes ont été soustraites l'une de l'autre dans le but d'identifier les changements du non bâti au bâti.

### 2.3.3. SYNTHÈSE

Plusieurs sources mettent en avant les avantages à travailler avec des données de télédétection, en particulier dans les pays en voie de développement qui disposent de peu de données anciennes et homogènes (Ackermann, 2004). « La télédétection spatiale devient de plus en plus utile pour le suivi régulier de l'évolution rapide des grandes agglomérations des pays en développement » (Azerzaq et al., 1997). Les données de télédétection sont multi spectrales, couvrent de vastes étendues et sont relativement bon marché. Elles offrent un haut détail spatial, une haute fréquence temporelle ainsi qu'une vision synoptique et répétée. « L'accroissement des résolutions spatiales en télédétection permet de détecter des objets de petite dimension de façon automatisée » (CERTU, 2004, Herold et al., 2003, Laffly, 1993, Weng, 2001). Les travaux menés dans le cadre de « Smart Growth Twin Cities initiative » mettent en avant les avantages à utiliser des données provenant du traitement de séries temporelles d'images satellites comparativement à des photos aériennes (Bauer et al., 2004) :

- couvrent une vaste étendue géographique.
- sont compatibles avec un SIG (directement intégrables sans digitalisation).
- sont moins coûteuses.

Il faut cependant relativiser l'intérêt des images satellites (Champaud et al., 1998) :

- Elles ne sont pas assez précises pour des opérations d'aménagement, ou l'établissement de cadastres simplifiés, pour lesquels les photographies aériennes à grande échelle demeurent indispensables
- Si l'on veut remonter dans le temps les images satellites sont à remplacer par d'autres documents
- Les traitements numériques par soustraction d'images demeurent une opération délicate, que l'évolution des logiciels devrait permettre de simplifier

Le manque de disponibilité, d'homogénéité et de compatibilité des données peut également constituer un inconvénient. « En théorie une comparaison entre deux dates demande des images acquises à la même saison. En pratique, surtout si l'on vise à couvrir une longue période, cela n'est pas toujours possible. Du point de vue géométrique les données brutes ne sont ni superposables géographiquement ni compatibles géométriquement. D'importantes corrections sont à entreprendre pour constituer une banque de données homogènes ». Or, ces traitements peuvent s'accompagner d'une perte de qualité (Ex : Images Landsat MSS du fait de l'éclatement de la taille des pixels). « Avec des images peu compatibles il subsiste des confusions thématiques quel que soit le traitement utilisé. Cependant les méthodes automatiques de reconnaissance des dynamiques spatiales donnent de bons résultats. Avec les capteurs qui fournissent des images plus aisément comparables (Ex : Landsat TM et Spot HRV) les inconvénients sont nettement moins grands » (Laffly, 1993).

Enfin, l'exploitation des ortho photos et scènes satellitaires de haute définition demande la définition d'une méthodologie de télédétection (CERTU, 2004). Or « il n'existe pas un consensus sur la meilleure méthode pour détecter les changements en télédétection » (Kaufmann et Seto, 2001, Seto et al., 2002). « La sélection de la technique à utiliser dépend du paysage, des types de changement d'us et des résolutions spatiales et temporelles des données à utiliser » (Cabral ,2006). Enfin, selon Goetz et al. (2004) « Les données d'images satellites multi temporelles fournissent des capacités pour cartographier et suivre les changements d'us et d'os, mais demandent le développement de techniques d'évaluation et reproductibles qui peuvent être adaptées à l'ensemble des contextes et conditions ».

## 2.4. LES BASES DE DONNEES D'OCCUPATION DU SOL

« Les bases de données cartographiques d'occupation du sol sont le résultat d'un traitement d'images (photographies aériennes ou images satellites) à un instant précis. Chaque base de données a sa propre date de création ainsi que sa propre périodicité de mise à jour. Le choix d'une ou plusieurs dates dépend souvent de la disponibilité des sources d'information à ces dates » (CERTU, 2005). Plusieurs études dressent un état de l'art et apportent des éléments de comparaison des bases de données d'occupation du sol disponibles, on retiendra particulièrement les travaux du CERTU (2005), de Fonta (2005) et de l'Agence d'Urbanisme de l'Aire Avignonnaise (AURA), (Ajouç, 2007) :

- En 2005 une étude du CERTU a analysé la composition de 6 bases de données d'information géographique sur le thème de l'occupation du sol, plus précisément sur la notion de tâche urbaine (BD Carto, BD Topo, Spot Théma, Gus Land Use, Land Use Map, Géolandis). L'étude a été menée sur les agglomérations lyonnaise et toulousaine. En partant de la nomenclature de la base de données CLC et de la définition des « espaces urbanisés » qu'elle en fait, chaque base a été décomposée et comparée aux autres. Pour caractériser une base de données d'occupation du sol trois grandes spécifications différentes (CERTU, 2005) :

- La nomenclature (contenu thématique de la base).
- La géométrie (conception des polygones à partir de photos aériennes ou d'images satellites) liée à l'unité minimale de collecte et à la précision planimétrique.
- L'actualité (élaboration et mise à jour).

Outre ces critères spécifiques il faut également tenir compte de l'étendue et du coût de la BD.

- En 2005 A.Fonta a effectué un inventaire des BDOS disponibles pour des travaux de modélisation hydrologiques, territoriaux et environnementaux (CLC, BD IFEN, Géozoom, OCSOL99). Ce rapport synthétise les apports et les limites de ces BDOS à la modélisation en terme de qualité de la donnée, d'accès, de mise à jour et d'échelle. Il présente également l'utilisation faite des BDOS dans la modélisation et les perspectives qu'elles peuvent offrir.

- L'AURA « propose une étude préalable des différentes bases de données d'occupation des sols en France et des produits standards disponibles, dans le but d'en extraire leurs méthodologies, leurs compétences (nomenclature, précision, échelle de travail, ...) et leurs coûts afin d'en évaluer leur reproductibilité sur les territoires avignonnais. »

## 2.4.1. BDOS A L'ECHELLE EUROPEENNE

- *LA BD CORINE LAND COVER*

L'apparition en 1986 de la BD CLC, produite dans le cadre du programme européen de COordination de l'INformation sur l'Environnement, sous l'égide de l'AEE offre une base d'occupation du sol homogène sur l'Europe. Réalisée par photo-interprétation d'images satellites de 1987 à 1994 (couche 1990) et de 1999 à 2001 (couche 2000) elle décrit l'ensemble du territoire en 44 postes de nomenclature. Ces postes ont été regroupés en 15 classes cohérentes en terme de grands types d'habitat (territoires artificialisés, terres arables et cultures permanentes, zones agricoles hétérogènes, forêts, prairies...), à l'exclusion des mers et estuaires. Elle couvre 29 pays au 1/100000e, à l'échelle nationale l'IFEN est chargé d'en assurer la production, la maintenance et la diffusion.

### ETUDES DE CAS

Il existe de nombreux exemples d'applications en Europe utilisant la BD CLC pour l'étude des changements d'occupation et d'utilisation du sol. A titre d'exemples :

- En 2007 une étude a été réalisée par l'IFEN sur les changements modérés de l'occupation des sols dans les espaces naturels protégés à partir de la BD CLC 2000 (Lévêque, 2007). « Les évolutions ont été calculées, sous SIG, par la différence entre 2000 et 1990 de la part des surfaces occupées par chaque classe dans le territoire étudié ».

- Une étude réalisée en 2005 par l'IFEN traite de l'artificialisation du sol aux dépens des prairies et des bocages (Naizot, 2005). Les cartes d'évolution ont été produites en analysant les zones de changement de l'occupation du sol entre 1990 et 2000 à partir de la BD CLC. Pour pouvoir rendre les évolutions lisibles, le territoire est découpé en cellules carrées, de 3 kilomètres de côté, coloriées dès qu'une évolution est enregistrée. Cela surestime les changements mais permet de voir où ils se produisent.

- Le projet PTULC est l'une des premières applications à grande échelle (quatre pays européens) d'identification des changements d'os. Il a été mené pour quatre pays phares (la République Tchèque, la Hongrie, la Roumanie et la République Slovaque) à partir d'images satellite Landsat TM et MSS (fin 1970 et début 1990) en appliquant le deuxième niveau hiérarchique de la nomenclature CLC (Feranec et al. 2000). Les principaux résultats révélés au sujet de la méthodologie sont :

- La résolution spatiale et spectrale brute des données Landsat MSS représente une limite dans l'observation des changements d'os.
- L'interprétation visuelle assistée par ordinateur est une approche plus efficace et plus précise pour l'identification du changement d'os que les techniques traditionnelles.

- Les causes des changements détectés ne peuvent pas être déterminées à partir des images satellites. Elles peuvent seulement être déterminées au moyen de données auxiliaires. L'utilisation des cartes topographiques et thématiques, des photographies aériennes et des annuaires statistiques pour l'analyse est incontournable.
- La technologie des SIG permet de produire de l'information sur les changements de paysage.
- L'application de cette approche à d'autres pays européens sera possible pour comparer les changements de paysage qui interviennent dans différentes régions. Les résultats obtenus démontrent l'intérêt de la mise à jour périodique de la BD CLC. La BD mise à jour CLC 2000 deviendra une source d'informations irremplaçable pour l'observation des changements de paysage en Europe.

## SYNTHESE

En France, « dès son entrée dans les services à partir de 1993 la BD CLC a fait l'objet d'une utilisation courante et très large dans les productions cartographiques régionales, à une époque où les données étaient rares. Néanmoins, par la suite ce fichier a malheureusement montré des limites notamment de précision, à la fois sémantique et géométrique, limites liées peut être en grande partie au caractère expérimental de la base et à ses spécifications » (Ajou, 2007).

La BD CLC est gratuite et couvre une vaste étendue mais elle ne permet pas un travail de précision à grande échelle. « La BD CLC offre des données spatiales de référence harmonisées et standardisées à l'échelle européenne. La particularité des méthodes et données CLC vient de la combinaison de vues (descendantes) générales et locales résumée en une méthodologie simple et standard, une nomenclature hiérarchique et détaillée (...) La couche CLC des changements 90/2000 a été produite par le croisement des couches 90 et 2000. Cette approche peut surestimer ou sous-estimer les changements d'utilisation du sol. L'identification des changements sur la couche de données CLC2000 peut être acceptée seulement si la surface de la zone de changement est plus grande que 5ha et la largeur des changements supérieure à 100m » (Feranec et al., 2007). Ainsi, « l'échelle au 1/100 000e permet des analyses globales de l'occupation du sol et de son évolution entre 1990 et 2000 mais ne permet pas des analyses fines à l'échelle d'une commune littorale. En effet, les seuils pris en compte pour figurer des évolutions de l'occupation du sol entre 1990 et 2000 sont de 5 ha. Cela ne permet par exemple pas de quantifier le mitage de l'espace rural par des constructions isolées. »<sup>14</sup> La thèse de Cabral (2006) met en avant l'importance de la définition de l'aire minimale dans une étude de croissance urbaine. « L'aire minimale de la carte CORINE ne permet pas la détection des objets urbains ayant une aire inférieure à 250000 m<sup>2</sup> ce qui sous-estime énormément la croissance urbaine en études sous-régionales. »

<sup>14</sup> <http://www.ifen.fr/littoral/lettres/lettre4/pages/clc.htm>

- *LA BD LACOAST*

La BD Lacoast (Changements d'occupation des sols dans les zones côtières) établie à partir d'images satellites et aériennes répertorie l'évolution de l'os sur une frange de 10 km et 5 km le long du littoral de huit pays européens entre 1975 et 1990 (Frayssinet, 2000). Elle permet de connaître les évolutions de l'occupation des sols selon les 44 postes de la nomenclature européenne CLC et a été établie sous la conduite du Centre commun européen de recherches d'Ispra (Italie)

## 2.4.2. LES BDOS DISPONIBLES EN FRANCE

D'après les travaux d'Ajoux (AURA) c'est dans les années 1970 qu'apparaissent en France les premières préoccupations sur les changements d'os et d'us. En 1974 l'Agence d'URbanisme de l'Île de France (IAURIF) a initié les premiers éléments d'un inventaire régional de l'occupation du sol (Création de la BD MOS, Mode d'Occupation des Sol).<sup>15</sup> Les premières bases de données numériques de l'IGN naissent dans les années 1980 avec la BD Carto. LA BD CLC a été introduite en France au début des années 90, la région PACA (Provence Alpes Côte d'Azur) a été parmi les premières régions françaises à en disposer.

- *LES BD IGN*

- La **BD Carto** est la base de données de référence aux moyennes échelles de l'IGN. Elle est composée de 7 thèmes : routier, ferré, hydrographique, administratif, occupation du sol, équipements, toponymes. Elle est produite par numérisation thème par thème de la carte au 1/50 000e de l'IGN et par photo-interprétation des images satellites Spot. La mise à jour de la BD Carto dépend des thèmes, de l'importance des objets dans les thèmes et de l'évolutivité des zones. La BD Carto a été produite à l'IGN à partir de 1990 en version 1, la version 2 existe depuis 1994. Le thème concernant l'occupation des sols saisie à partir d'images Spot n'a pas été mis à jour depuis 1995 et les données ne peuvent être utilisées en dessous du 1/25 000e.<sup>16</sup>

- Le référentiel topographique **BD Topo** n'est pas encore disponible sur l'ensemble du territoire, et reste encore très cher. Néanmoins, il comporte des informations sur le bâti fines et précises (CERTU, 2004). « La BD Topo en mode vecteur, correspond aux cartes topographiques au 1/25 000e de l'IGN. Elle devrait couvrir en 2015 la totalité du territoire. Les objets vectorisés sont définis en 3 dimensions, par levé photogrammétrique. Cette BD Topo est adaptée pour les échelles de travail comprises entre 1/5000e et 1/25 000e. Les thèmes représentés par la BD Topo reprennent ceux de la BD Carto, plus le relief (courbes de niveaux, points cotés...), les points géodésiques, la végétation, les bâtiments et équipements divers.<sup>17</sup>

---

<sup>15</sup> <http://www.iaurif.org/basemos/>

<sup>16</sup> [http://www.observation-urbaine.certu.equipement.gouv.fr/article.php3?id\\_article=233](http://www.observation-urbaine.certu.equipement.gouv.fr/article.php3?id_article=233)

<sup>17</sup> <http://www.microplan.fr/sources2.htm#La%20BD%20Topo%20>

## ETUDE DE CAS

L'une des trois méthodes de mesure de la tâche réalisée par la DRE de Basse-Normandie dans le cadre d'une étude comparative citée précédemment (Cf. 2.2.2.) a consisté à appliquer une opération de morphologie mathématique à partir de la BD Topo (CERTU, 2004). Celle-ci est appelée « fermeture à la couche des bâtiments » afin d'en déduire la tâche urbaine. Pour cela il faut créer un tampon à partir de chaque bâtiment de la BD Topo. « Cette méthode possède l'avantage d'être réalisable à partir de logiciels SIG simples et de ne pas demander une photo-interprétation, un contrôle terrain ou une connaissance parfaite de la région. En effet les critères de qualité de la donnée source sont suffisants pour ne pas avoir à faire de nouveaux contrôles. Il faut déplorer cependant l'impossibilité d'y voir représentés les mines, carrières, décharges, chantiers et grands parkings. La nomenclature CLC n'est donc pas réalisable à partir de la BD Topo. » Le traitement est relativement long en temps de calcul, mais avec très peu d'intervention humaine, permet d'obtenir un résultat très satisfaisant. Le coût total (données, logiciel, main-d'oeuvre) estimé est élevé.

- *LA BD SPOT THEMA*

La base de données d'occupation du sol Spot Thema est réalisée à partir d'images satellites Spot ortho rectifiées. Elle offre une information la plus à jour possible d'un site donné. Cette base de données vectorielles est réalisée à partir d'interprétation d'images Spot et répond aux attentes des professionnels de l'aménagement du territoire sur de nombreuses applications. La base de données d'occupation du sol à partir de Spot 5 est tout particulièrement conçue pour décrire les paysages urbains et périurbains ainsi que leurs évolutions dans le temps. Elle intègre également les principales composantes naturelles extra-urbaines (Ajouç, 2007). Spot Théma procure 2 niveaux d'information, un premier niveau en 8 thèmes pour une description synthétique du territoire (pour des utilisations au 1/50 000e), un second niveau en 29 thèmes pour des utilisations nécessitant une information affinée sur l'occupation des sols (pour des utilisations au 1/25 000e), (INEA, 2003).

## ETUDE DE CAS

Dans le cadre de la mise en place des indicateurs de suivi de la loi Littoral (INEA, 2003) la DIREN Languedoc-Roussillon a élaboré un indicateur de l'évolution de l'os dans les communes littorales du LR à partir de l'exploitation de la BD Spot Thema 90-2000. Cet indicateur permet d'appréhender l'état du territoire dans les communes littorales et l'évolution des espaces naturels et agricoles face à l'urbanisation. En revanche, la structure de la base de données ne permet pas de distinguer les espaces récréatifs à caractère naturel. « Pour une analyse plus fine, il devra être mis en relation avec la pression démographique (accroissement de la population par exemple) et confronté avec l'évolution des mêmes postes d'occupation des sols sur l'ensemble du territoire départemental ou régional. Cet indicateur est comparable dans le temps sur l'ensemble du territoire pour les années 1990 et 2000. La réalisation annuelle de clichés par Spot, ainsi que la mise en oeuvre d'une même méthode

d'interprétation sur la base d'une unique nomenclature permet une actualisation régulière et comparable de la base (sous réserve d'un achat par les services de l'Etat de la base de données réactualisée) ».

- *ENQUETES TERRAIN (TERUTI, LUCA TERUTI)*

Teruti est une enquête statistique par points qui donne des informations sur l'occupation et l'utilisation des sols. Reconduite tous les ans elle est menée par le Service central des enquêtes et études statistiques (Scees) du ministère chargé de l'Agriculture. Un réseau de 4 700 mailles couvre l'ensemble du territoire français. « Chaque maille comporte huit photographies aériennes dont quatre seulement sont utilisées. Sur chaque photographie sont disposés 36 points d'enquête distants chacun d'environ 300 mètres » (Coutellier, 2003). « Chaque point identifie une portion de 9 m<sup>2</sup>, homogène du point de vue de l'occupation du sol. (...) . L'intérêt de cette méthode est la précision des données en chacun des points étudiés » (CERTU, Fonta, 2005). « Des enquêteurs se rendent sur chacun des 550 000 points de l'échantillon et notent l'utilisation du territoire faite en ce point. (...) Les résultats ne sont significatifs que pour un échantillon suffisant de points, au niveau départemental en général. Cette enquête annuelle, associant les photographies aériennes et les relevés sur le terrain par enquêteurs, permet d'estimer la répartition du territoire au niveau départemental» (Naizot, 2005). Depuis 2005 l'enquête Teruti-Lucas a remplacé Teruti. « Le géoréférencement permet une localisation plus précise et constante des points désormais localisés sur le Scan 25 de l'IGN et sur des ortho photos. Il permet aussi au statisticien de définir tout zonage « à la demande ».»<sup>18</sup>

### **2.4.3. LA BDOS DISPONIBLE A L'ECHELLE LOCALE : BD OCSOL**

Pour la mise à jour de la base de données d'occupation du sol de 1999, le Centre Régional de l'Information Géographique (CRIGE) travaille depuis 2005 en partenariat avec l'association SIG-LR (structure oeuvrant au développement de l'information géographique en Languedoc-Roussillon) pour la production d'une base de données d'os en continuité territoriale sur la façade méditerranéenne. Cette nouvelle BD cartographique vecteur a été réalisée à partir d'images satellites de 2006 et la nomenclature est adaptée de la BD CLC. Le produit disponible en téléchargement depuis le site SIG-LR<sup>19</sup> présente une couche d'évolution 2000-2006 et contient une couche « Bâti isolé » qui précise l'urbanisation diffuse dans les secteurs agricoles et naturels.

---

<sup>18</sup> <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/terutimetho.pdf>

<sup>19</sup> <http://www.siglr.org/>

#### 2.4.4. D'autres exemples de BDOS locales

- *LE MOS A L'IAURIF*

L'idée du suivi de l'urbanisation a commencé à voir le jour dans les années 70 à l'IAURIF (IAURIF, 2006). Après le schéma directeur (SDAU) de 1965, les autorités régionales étaient préoccupées par l'idée d'un suivi des transformations en cours ou à venir en Île de France. Le premier atlas cartographiques non informatisé en 19 postes (MOS 82) a été réalisé par photo-interprétation de photos aériennes IGN et a été achevé en 1985. Depuis la BD MOS fait l'objet d'une mise à jour tous les 4-5 ans. En 1987 un nouveau MOS est produit par numérisation et photo-interprétation, en 1999 il est mis à jour à l'écran à partir de l'ortho photo, la photo-interprétation et la numérisation sont réunies en une seule opération. Le MOS 2003 a été réalisé avec la BD Ortho de l'IGN. Pour comparer les mêmes zones d'étude à celles étudiées par la méthode TerUti, l'emplacement des photographies TerUti a été localisé sur le MOS en Seine-et-Marne.

- *LE PROJET CARTUS-AML*

L'article de Tenedorio (2003) résume une méthodologie qui, au travers de l'intégration des données multi-sources (Images satellites, photographies aériennes, ortho photos et cartes) dans un SIG, permet de déterminer de façon systématique les changements d'us en milieu urbain et périurbain. Il décrit la méthodologie testée sur l'aire métropolitaine de Lisbonne et présente le projet CARTUS-AML (Inventaire informatisé pour la construction du modèle d'us dans l'Aire Métropolitaine de Lisbonne). Après digitalisation de données concernant l'usage du sol au 1/25 000e, le travail de reconnaissance d'objets a été fait par photo-interprétation stéréoscopique à partir d'une prise de vue à axe vertical de l'Institut Portugais de cartographie et du Cadastre (IPCC), de 1990. La mise à jour est faite par l'intégration des images satellites Spot XS et P et Landsat TM, ainsi que des ortho photos à l'échelle du 1/10 000e et des informations vectorielles issues des PDM (Plans d'Aménagement des Municipalités), de la BGRD (Base Géographique à Référence Spatiale, îlots de l'Institut National de Statistique) et de la Carte topographique de l'IGeoE. La nomenclature *CARTUS AML* provient d'une classification thématique retenue sur la base de la photo-interprétation d'images de télédétection assistée par ordinateur et d'enquêtes de terrain. L'importance de disposer des inventaires multi-temporels d'usage et d'occupation du sol, se traduit par la possibilité de suivre la consommation de l'espace par l'emprise urbaine et périurbaine, au fil du temps.

## 2.5. Utilisation de données multi sources

Les différentes sources de données spatiales sont fréquemment utilisées de façon complémentaire pour cartographier l'évolution du bâti passée et à venir. En effet, ce type de travaux passe souvent par l'intégration de données multi-sources dans un SIG. La disponibilité de BD d'occupation du sol déjà existantes au format numérique régulièrement mises à jour et directement intégrables au SIG permet un gain de temps (Ex : MOS IAURIF, Tenedorio 2001). Cependant ce type d'information n'est pas toujours disponible aux dates et sur la zone souhaitée. Il faut souvent passer par des compromis entre classification d'images satellites, photo-interprétation et utilisation de BD existantes, notamment pour couvrir une longue période temporelle.

### **2.5.1. ETUDES DE CAS**

- *CARTES PAPIERS DE L'ARMEE AMERICAINE, IGN, SCAN IGN, ORTHO PHOTO GAIA*

L'étude de cartographie de l'évolution du bâti entre 1944 et 2005, réalisée en 2007 par le Cemagref dans le cadre de l'élaboration du SCOT de Thau et pour le compte du SMBT, a nécessité l'utilisation de diverses sources de données. La méthode a consisté à la détection du bâti sur les cartes de l'armée US (1944) et IGN (1971, 1981, 1995) puis à l'interprétation de la nature du bâti (nomenclature emboîtée à 3 niveaux de détail) et à la délimitation de zones homogènes sur l'ortho photo Gaia de 2005. Les cartes ne couvrent pas de manière continue ou homogène l'ensemble du territoire. Ces difficultés ont été en grande partie palliées par le recours au cadastre numérique et certains champs de la matrice cadastrale associée.

L'année d'apparition du bâti du cadastre a toutefois été utilisée avec précaution et de manière non systématique car une série de tests a montré que la qualité de cette information était peu fiable. Le recalage géométrique des cartes scannées (1944, 1981, 1971) est de qualité variable selon l'état initial des coupures papier (pliures, déformations). Il existe donc des décalages géométriques aléatoires avec les Scan IGN de 1995 et l'ortho photo Gaia de 2005 qui sert de référentiel cartographique. Comme la détection et la caractérisation des unités spatiales bâties se font par interprétation visuelle des cartes et de l'ortho photo, il a été décidé de ne pas effectuer de rectifications géométriques locales pour affiner la superposition des cartes. Ce recalage est effectué mentalement à la volée par l'opérateur quand il recherche sur l'ortho photo de 2005 les bâtiments détectés sur les cartes des périodes précédentes. La détection des bâtiments puis le détournement d'unités spatiales bâties se fait progressivement commune par commune de la date d'observation la plus ancienne (1944) à la date la plus récente (2005). Pour l'année 1944, l'opérateur détecte les bâtiments sur les cartes puis recherche ensuite ces bâtiments sur l'ortho photo de 2005 qui est extrêmement précise (20 cm de résolution). Il regroupe alors ces bâtiments apparus dans une période donnée en unités spatiales homogènes du point de vue de la nomenclature décrite précédemment. Pour les dates suivantes, l'opérateur renouvelle ces traitements pour les nouveaux bâtiments apparus

depuis la date précédente. Des données exogènes ont été parfois utilisées en complément, en particulier le cadastre numérique (déterminer certaines limites d'unités spatiales bâties, déterminer si les nouveaux bâtiments apparus sur les cartes de 1981 par rapport à celles de 1944 dataient d'avant ou d'après 1971, dénombrer automatiquement le nombre de bâtiments à l'intérieur des unités spatiales de type « habitat individuel »).

- *CARTES TOPOGRAPHIQUES ET CLASSIFICATIONS LANDSAT*

Une étude porte sur l'évaluation de la croissance des zones urbaines à proximité de Mexico (bassin de Chalco) durant les trois dernières décennies (Prol-Ledesma, Uribe-Alcantara, Diaz-Molina, 2002). Trois sources de données ont été utilisées : deux cartes topographiques datant de 1975 et 1983 éditées par l'Institut National de Statistique Géographie et Informatique (INEGI) et une image Landsat TM de 1993. Les cartes ont été scannées au 1/50000e et digitalisées. Une classification supervisée avec maximum de vraisemblance a été utilisée pour le traitement de l'image Landsat. La surface occupée par des zones urbaines en 1975 et 1983 a été mesurée.

- *PHOTOS AERIENNES ET CLASSIFICATIONS LANDSAT*

Des études pluridisciplinaires dans la région des lacs au centre et au sud de l'Ethiopie ont consistées à l'analyse des changements d'os sur un laps de temps assez long (Rembold et al., 2000). Des interprétations de photos aériennes datées de 1972 et la classification d'une image Landsat TM de 1994 ont été utilisées. Pour dépasser des problèmes dus à la nature hétérogène des données une méthode pour quantifier l'os sur des photos aériennes a été utilisée, fournissant ainsi des données comparables aux résultats de la classification TM. Comme l'os est liée à travers l'us, à la dynamique sociale, des contrôles terrain ont été effectués sur les résultats des investigations socio-économiques menées en parallèle. Les méthodes adoptées ont montré certaines limites de précision, mais ont permis une analyse des changements d'os sur un laps de temps de 22 ans.

- *CLASSIFICATION LANDSAT ET BD CLC*

Le but de l'étude menée par GEOMéditerranée (2003) est de comparer l'occupation des sols de la région PACA à partir du croisement de deux documents cartographiques existants : la carte de l'os réalisée par classification d'images satellites de 1999-2000 et la base de données CLC (image de 1988). L'opération a consisté à rendre cohérent le croisement, ce qui a nécessité de reprendre en profondeur le document de 1988 pour qu'il soit comparable. Au travers de ce projet est mis en avant l'intérêt de l'utilisation multi-temporelle de documents cartographiques. Cette étude s'attache à démontrer que dans un souci d'opérationnalité, il serait primordial de prévoir dès la conception de ces documents cet aspect multi-temporel. En effet, la compatibilité des données aux différentes époques apparaît indispensable. « Il nous semble donc qu'il est préférable d'éviter de systématiquement « courir » après des données spatiales toujours plus précises et de se focaliser sur la bonne

péréquation entre la nomenclature, l'échelle de résolution et la dimension des régions traitées. » Les données ETM de Landsat sont les plus performantes à ce niveau. En revanche, pour affiner certains critères, il est préférable de s'appuyer sur des données sources plus précises. Pour ces études ponctuelles il n'existe pas d'images du passé issues de données satellites, en revanche, l'ortho photo peut les remplacer. Concernant l'utilisation de données nouvelles, l'utilisation de Spot5 est préconisée. En outre, l'étude réalisée montre que 10 ans est une période trop longue au cours de laquelle les changements sont importants et préconise ainsi une étude régionale des évolutions sur des périodes n'excédant pas 5 ans.

### **2.5.2. SYNTHÈSE**

pour réaliser un suivi des changements d'occupation et d'utilisation du sol au-delà 1990 le recours à une méthode employant des données multi-sources est incontournable compte tenu de l'hétérogénéité dans le choix des données disponibles aux différentes périodes. EN outre « L'intégration de données d'archives au format vectoriel peut constituer un outil important pour évaluer les changements d'us. Combinées à des classifications d'images satellites l'utilisation de ces données permet de palier au défaut de disponibilité de série temporelle d'images satellites ». L'utilisation de sources de données complémentaires est souvent nécessaire pour ce type d'étude. Cependant « Les difficultés demeurent nombreuses lorsque l'on veut utiliser des documents de sources diverses : les échelles différentes et les dates parfois éloignées des documents disponibles compliquent souvent l'analyse comparative » (Champaud et al, 1998). « L'homogénéisation des données disponibles est une étape essentielle avant toute étude comparative » (Serghini, 2003).

## BIBLIOGRAPHIE

- Ackermann, G., Tournaire, O., Mering, C. (2004). "Study of the extension of the buildup on the Senegalese coast based on Haralick textural parameters." Revue Française de Photogrammetrie et de télédétection(173-174): 104-112.
- AGORAH (2005). Densification et étalement urbain à la Réunion. Mesure, localisation et évolution, Agence pour l'observation de la Réunion l'aménagement et l'habitat (AGORAH): 6.
- Ajouc, C. (2007). Les Modes d'occupation des sols. Les bases de données existantes sur le bassin de vie avignonnais. Les expériences nationales, AURA (Agence d'Urbanisme de l'Aire Avignonnaise): 70.
- Azerzaq, M., Assafi, M., Fahsi, A (1997). "Utilisation des images HRV de Spot pour la détection du changement périurbain à Casablanca (Maroc) " Universités francophones. Actualité scientifique.: 275-282.
- Bauer, M. E., Yuan, F., Sawaya, K. E. (2004). Multi-temporal landsat image classification and change analysis of land cover in the twin cities (Minnesota) metropolitan area. Analysis of multi-temporal remote sensing images : Multitemp 2003. London, World Scientific Publishing. 3: 368-375.
- Cabral, P. (2006). Etude de la croissance urbaine par télédétection, SIG et modélisation. Le cas des Concelhos de Sintra et Cascais (Portugal), Universidade Nova de Lisboa: 227.
- Cemagref (2007). SCOT du territoire de THAU. Réalisation d'une base de données géographique des dynamiques du bâti sur le territoire entre 1944 et 2005., Cemagref: 50.
- Cemagref, SMBT, (2007). SCOT de Thau Atlas interactif sur l'étalement urbain de 1944 à 2005 et simulation 2020, SMBT: 138.
- CERTU (Centre d'Etudes sur les Réseaux les Transports et l'Urbanisme), DGUHC (Direction générale de l'urbanisme de l'habitat et de la construction) (2004). "L'évolution de l'urbanisation dans le SCOT Bourg-Bresse-Revermont." Connaître le territoire Fiche n°2: 4.
- CERTU (Centre d'Etudes sur les Réseaux les Transports et l'Urbanisme), DGUHC (Direction générale de l'urbanisme de l'habitat et de la construction) (2004). "La mesure de la tâche urbaine en Basse-Normandie." Connaître le territoire (Fiche n°3): 4.
- CERTU, (Centre d'Etudes sur les Réseaux les Transports et l'Urbanisme), CETE Normandie-Centre, (Centre d'Etudes Techniques et de l'Equipement) (2007). Méthodes pour réaliser un suivi de l'évolution du bâti. Utilisation de cartes anciennes, du cadastre et de photographies aériennes.: 95.

- Champaud, J., Chaume, R., Dessay, N., Diarra, B., Simeu Kandem, M., (1998). "Analyse comparée de la dynamique spatiale des villes de Bamako (Mali) et de Garoua (Cameroun) à partir d'images satellitaires et de données auxiliaires." La réalité de terrain en télédétection : pratiques et méthodes. Septièmes journées scientifiques du Réseau Télédétection de l'AUPELF - UREF: 217-224.
- Clapham, J. W. B. (2003). "Continuum-based classification of remotely sensed imagery to describe urban sprawl on a watershed scale." Remote Sensing of Environment 86(3): 322-340.
- Coutelier, A. (2003). "L'artificialisation s'étend sur tout le territoire." Les données de l'environnement(80): 4.
- Cuniberti, E., Frandon, C., Giraud, E., (2005). Les bases de données géographiques d'occupation du sol : volet tâche urbaine. Descriptif et comparatif de 6 bases de données. CERTU (Centre d'études sur les réseaux, l'urbanisme et les constructions publiques), CETE de Lyon (Centre d'études techniques de l'équipement): 53.
- Ding, H., Wang, R.C., Wu, J.P., Zhou, B., Shi, Z., Ding, L.X. (2007). "Quantifying Land Use Change in Zhejiang Coastal Region, China Using Multi-Temporal Landsat TM/ETM+ Images." Pedosphere 17(6): 712-720.
- Feranec, J., Hazeu, G., Christensen, S., Jaffrain, G., (2007). "Corine land cover change detection in Europe (case studies of the Netherlands and Slovakia)." Land Use Policy 24(1): 234-247.
- Feranec, J., Stoimenov, A., Otahel, J., Vatsseva, R., Kopecka, M., Betak, J., Husar, K. (2006). Changes of the rural Landscape in Slovakia and Bulgaria in 1990-2000 identified by application of the Corine Land Cover data (case studies – Trnava and Plovdiv Regions). Proceedings of the 2nd Workshop of the EARSeL SIG on Land Use and Land Cover (28-30 September 2006). Bonn, Center for Remote Sensing of Land Surfaces: 441-454.
- Feranec, J., Suri, M., Ot'ahel, J., Cebecauer, T., Kolar, J., Soukup, T., Zdenkova, D., Waszmuth, J., Vajdea, V., Vijdea, A.M., Nitica, C. (2000). "Inventory of major landscape changes in the Czech Republic, Hungary, Romania and Slovak Republic 1970s - 1990s." International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 2(2): 129-139.
- Fonta, A. (2005). Disponibilité des données d'occupation du sol pour leur utilisation dans des modèles hydrologiques, territoriaux et environnementaux, Cemagref: 47.
- Frayssinet, D., Direction régionale de l'Environnement du Languedoc Roussillon (DRE) (2000). L'artificialisation du littoral. Dossier littoral 45, Groupement de la statistique publique en Languedoc-Roussillon 45-51.

- GEOMéditerranée (2003). Analyse de l'évolution de l'occupation du sol à partir des données Corine Land Cover (1988) et de la Base de données d'Occupation du sol (1999-2000), Région Provence Alpes Côte d'Azur (PACA): 61.
- Goetz, S. J., Varlyguin, D., Smith, A.J., Wright, R. K., Prince S.D., Mazzacato, M.E., Tringe, J., Jantz, C., Melchoir, B., (2004). Application of multitemporal landsat data to map and monitor land cover and land use change in the chesapeake bay watershed. Analysis of multi-temporal remote sensing images : Multitemp 2003. P. C. Smits, Bruzzone, L. London, World Scientific Publishing. 3: 223-232.
- Herold, M., Goldstein, N.C., Clarke K.C. (2003). "The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling." Remote Sensing of Environment 86(3): 286-302.
- INEA (Ingénieurs Conseil Nature Environnement Aménagements), (2003). Indicateurs de suivi de la loi Littoral. Etude de faisabilité. Sommières, Institut Français de l'Environnement (IFEN), Observatoire Littoral et Montagne.: 200.
- INEA (Ingénieurs Conseil Nature Environnement Aménagements), (2004). Modalités d'application de la loi littoral en Languedoc-Roussillon, Direction Régionale de l'Equipement (DRE), Préfecture, Mission Locale: 147.
- IAURIF (Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile de France), (2006). 30 ans de mode d'occupation des sols: 13.
- IAURIF (Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile de France), (2006). Le MOS à l'IAURIF. Des changements mais dans la continuité: 26.
- IFEN (Institut Français De L'Environnement), (1996). Séminaire CORINE Land Cover France : un nouvel outil au service de l'environnement et de la gestion de l'espace, résumés des présentations. CORINE Land Cover France : un nouvel outil au service de l'environnement et de la gestion de l'espace, Paris, 12-13 décembre 1996, IFEN.
- IFEN (Institut Français De L'Environnement), (2005). L'utilisation de Corine land cover 2000. Orléans: 15.
- Laffly, D. (1993). "L'évolution des paysages et de l'occupation du sol observée par satellites." Mappemonde(3): 22-28.
- Lévêque, A. (2007). "Changements modérés de l'occupation des sols dans les espaces naturels protégés." Le quatre pages de l'IFEN Nature et Biodiversité(119): 4.
- Maucha, G., Taracsak, G., Buttner, G., (2004). Methodological questions of Corine Land Cover change mapping. Analysis of multi-temporal remote sensing images : Multitemp 2003. P. C. Smits, Bruzzone, L. London, World Scientific Publishing. 3: 302-313.

- Naizot, F. (2005). "Les changements d'occupation des sols de 1990 à 2000 : plus d'artificiel, moins de prairies et de bocages." Les données de l'environnement(101): 4.
- Poupard, G., Beauudemoulin, W. (2006). Tâche urbaine et espaces agricoles à la Réunion, Agence pour l'Observation de la Réunion, l'Aménagement et l'Habitat (AGORAH): 13.
- Prol-Ledesma, R. M., Uribe-Alcantara, E. M., Diaz-Molina, O. (2002). "Use of Cartographic data and Landsat TM images to determine land use change in the vicinity of Mexico City." International Journal of Remote Sensing 23(9): 1927-1933.
- Rembold, F., Carnicelli, S., Nori, M., Ferrari, G.A. (2000). "Use of aerial photographs, Landsat TM imagery and multidisciplinary field survey for land-cover change analysis in the lakes region (Ethiopia)." International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 2(3-4): 181-189.
- Serghini, M. (2003). Analyse diachronique de l'occupation du sol en Martinique : approche méthodologique, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Toulouse (ENSAT), Cemagref Engref Umr3S Maison De La Teledetection (Montpellier), Pôle de recherche agronomique de la Martinique: 62.
- Tan, M., Li, X., Lu, C. (2005). "Urban land expansion and arable land loss of the major cities in China in the 1990s." Science in China, Series D: Earth Sciences 48(9): 1492-1500.
- Tenedorio, J. A. (2001). Remote sensing and geographical information systems: Monitoring the urban fringe expansion on the Lisbon metropolitan area (Télé-détectcion, systèmes d'information géographique et suivi de l'étalement périurbain dans l'aire métropolitaine de Lisbonne). Bulletin d'Association de Geographes Français 78: 66-77
- Treitz, P., Rogan, J., (2004). "Remote sensing for mapping and monitoring land-cover and land-use change--an introduction." Progress in Planning 61(4): 269-279.
- Vigné, P., Demeules, V., Robin, F.X., Gondeaux, P., Centre d'Etudes Techniques de l'Equipeement Normandie-Centre (CETE) (2007). Méthodes pour réaliser un historique de l'évolution du bâti. Utilisation de cartes ancienne, du cadastre et de photographies aériennes, Centre d'étude sur les réseaux et les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU) 93.
- Weng, Q. (2002). "Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modelling." Journal of Environmental Management 64(3): 273-284.
- Xian, G., Crane, M. (2005). "Assessments of urban growth in the Tampa Bay watershed using remote sensing data." Remote Sensing of Environment(97): 203-215.

Yang, X., Lo, C.P. (2002). "Using a time series of satellite imagery to detect land use and land cover changes in the Atlanta, Georgia metropolitan area." International Journal of Remote Sensing: 1775-1798.

## URL DES SITES ET PAGES INTERNET CONSULTÉS

Site du Conseil Général de l'Hérault

<http://www.cg34.fr/>

<http://www.cg34.fr/territoire/Metacad/origine.asp> « Origine de la base de données »

Site de la DDE de l'Hérault

<http://www.herault.equipement.gouv.fr/>

[http://www.herault.equipement.gouv.fr/article.php3?id\\_article=233](http://www.herault.equipement.gouv.fr/article.php3?id_article=233) « Etat détaillé des documents d'urbanisme par commune »

Site de l'IGN

<http://www.ign.fr/>

[http://www.ign.fr/rubrique.asp?rbr\\_id=1643&lng\\_id=FR](http://www.ign.fr/rubrique.asp?rbr_id=1643&lng_id=FR) « La BD Parcellaire »

[http://www.ign.fr/rubrique.asp?rbr\\_id=2762&lng\\_id=FR](http://www.ign.fr/rubrique.asp?rbr_id=2762&lng_id=FR) « Disponibilité de la BD Parcellaire »

[http://www.ign.fr/rubrique.asp?rbr\\_id=997](http://www.ign.fr/rubrique.asp?rbr_id=997) « Organisation de la Photothèque nationale »

[http://www.ign.fr/telechargement/MPro/produit/BD\\_Ortho/DC\\_BDOrtho\\_2.pdf](http://www.ign.fr/telechargement/MPro/produit/BD_Ortho/DC_BDOrtho_2.pdf) « BD Ortho »

Site de Spot Image

<http://www.Spotimage.fr/>

<http://www.Spotimage.fr/web/96-Spotview.php> « SpotView, la spatiocarte numérique »

Site de l'IFEN

<http://www.ifen.fr/>

<http://www.ifen.fr/littoral/lettres/lettre4/pages/clc.htm> « Observation : les changements d'occupation des sols dans les communes littorales entre 1990 et 2000 »

Site de l'IAURIF

<http://www.iaurif.org/>

<http://www.iaurif.org/basemos/> « Base de connaissance sur le MOS »

Site du CERTU

<http://www.certu.fr/>

[http://www.observation-urbaine.certu.equipement.gouv.fr/article.php3?id\\_article=233](http://www.observation-urbaine.certu.equipement.gouv.fr/article.php3?id_article=233) « Outils et méthodes pour l'observation urbaine »

Site Agreste de la Statistique Agricole

<http://agreste.agriculture.gouv.fr/>

<http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/terutimetho.pdf> « De Teruti à Teruti-Lucas »

Site de l'association SIG-LR :

<http://www.siglr.org/> « Systèmes d'Informations Géographiques en Languedoc Roussillon »

**PAGES INTERNET COMPLEMENTAIRES :**

<http://cadastre.connaitre.org/cadastre1.php> « LE CADASTRE Site élaboré par Généapass, d'après les travaux d'un spécialiste des archives foncières (B.H.) Historique du Cadastre »

[http://metrologiehistorique.ifrance.com/cadastres\\_numerisation.pdf](http://metrologiehistorique.ifrance.com/cadastres_numerisation.pdf) « Cadastres 2003 Projets de numérisation de cadastres en cours dans les archives françaises »

[http://www.rfi.fr/francefr/articles/091/article\\_53608.asp](http://www.rfi.fr/francefr/articles/091/article_53608.asp) « Le Géoportail de l'Institut géographique national par Claire Vuillemin Article publié le 03/07/2007 »

[http://jb.henry.free.fr/cours/chapitre\\_4.pdf](http://jb.henry.free.fr/cours/chapitre_4.pdf) « Cours de Topographie et Topométrie Générale ULP Strasbourg Jean-Baptiste HENRY »

<http://www.microplan.fr/sources2.htm#La%20BD%20Topo%20>: « Les autres sources de cartographie numériques. Les produits de l'IGN »