

Méthodes de cartographie de l'occupation du sol et de son évolution pour le suivi des phénomènes hydrologiques de bassins versants périurbains

Résumé :

L'occupation du sol joue un rôle essentiel sur le fonctionnement hydrologique d'un bassin-versant, a fortiori lorsque ce bassin connaît une périurbanisation croissante. A l'aide d'images aériennes et satellites à très haute résolution, plusieurs méthodes de cartographie de l'occupation du sol sont proposées. Un bilan des informations extraites et des procédures de réalisation, automatisées ou pas, est dressé. Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet ANR AVuPUR conduit par le Cemagref de Lyon.

■ Cadre Général et problématique :

Problématique : Les bassins péri-urbains subissent une pression de plus en plus forte face à l'urbanisation : augmentation des surfaces imperméabilisées, modifications du cheminement de l'eau, changements des usages de l'eau, modifications des superficies consacrées à la forêt et à l'activité agricole, etc.

L'analyse de l'influence des mutations de l'occupation du sol sur le régime hydrologique d'un bassin péri-urbain devient alors essentielle.

La progression des surfaces urbanisées se traduit globalement par une imperméabilisation des surfaces et par une artificialisation des chemins de l'eau. Dans le détail, l'intensité de ces modifications dépend des formes d'urbanisation développées (habitat dense, zone d'activités ou habitat pavillonnaire diffus).

Dans les espaces non bâtis, les écoulements de surface sont tributaires notamment de la présence et de la nature de la végétation : végétation arborée ou herbacée et de sa pérennité en lien avec les pratiques agricoles (cultures permanentes et/ou annuelles).

Définition : La cartographie des paysages à l'aide d'images aériennes et satellites permet d'extraire deux grands types d'information : l'occupation des sols (land cover) qui renseigne sur les caractéristiques biophysiques des surfaces (végétation, eau, bâti...) – et – l'utilisation des sols (land use) définie par la fonction que l'homme attribue à chaque portion de territoire (résidentielle, industrielle, agricole...). Les bases de données « occupation du sol » de type Corine Land Cover, associent fréquemment ces deux types d'informations dans une nomenclature unique.

■ Objectifs :

L'utilisation d'images aériennes et satellites à très haute résolution, a pour objectif de fournir une information permettant de comprendre, à grande échelle (parcelle cadastrale), l'impact des différents éléments du paysage sur les écoulements d'eau. Plusieurs caractéristiques des surfaces peuvent être étudiées à partir de l'occupation du sol : leur hétérogénéité spatiale qui influent sur le cheminement de l'eau, leur capacité d'infiltration (occupations du sol perméables et imperméables), la nature des végétaux qui détermine l'évapotranspiration. Par ailleurs, l'information sur l'utilisation des surfaces permet d'appréhender l'impact des usages du sol (résidentiel, agricole...) et leur évolution sur le fonctionnement hydrologique du bassin.

Les développements méthodologiques réalisés répondent à deux objectifs :

- Analyser les potentialités des images à très haute résolution pour fournir une cartographie actuelle de l'occupation et de l'utilisation du sol
- Réaliser le suivi multi-temporel de l'occupation / utilisation du sol en comparant deux méthodes différentes, l'une basée sur l'imagerie satellite et la seconde sur les photographies aériennes.

■ Contacts :

Christine Jacqueminet, Université de Lyon – UMR 5600 Environnement Ville Société - Université Jean Monnet, 6, rue basse des rives, 42 023 Saint-Etienne cedex - christine.jacqueminet@univ-st-etienne.fr

Saïda Kermadi, Université de Lyon – UMR 5600 Environnement Ville Société - Université Lyon 2, 5, Av. Mendès-France 69676 Bron cedex - saïda.kermadi@univ-lyon2.fr

Kristell Michel, Plateforme ISIG (Imagerie et Systèmes d'Information Géographique) de l'UMR 5600 Environnement Ville Société – Université de Lyon – ENS de Lyon, site Descartes - 15, Parvis René Descartes, BP 7000, 69342 Lyon Cedex 07 – kristell.michel@ens-lyon.fr

Bernard Chocat, LGCIE / Bat Coulomb, INSA LYON, 69621 Villeurbanne cedex - bernard.chocat@insa-lyon.fr

■ Les méthodes de cartographie

TERRAIN D'ETUDE ET DONNEES

L'étude s'appuie sur le cas du bassin versant de l'Yzeron (148 km²), site expérimental de l'OTHU situé en périphérie immédiate de Lyon. Depuis quelques décennies, on observe une augmentation des pics de fréquence des crues et des inondations à l'aval du BV. Ce bassin connaît également un processus de périurbanisation important depuis les années 1970 (constat issu de l'analyse diachronique des photographies aériennes).

L'occupation du sol actuelle est cartographiée à l'aide de trois images THR (très haute résolution) : images aériennes issues de la BD-Ortho@IGN du 5/05/2008 (0.50 m de résolution et longueurs d'onde du visible), image satellite QuickBird du 29/08/2008 (2.44 m, visible et proche-infrarouge) et image satellite Spot 5 du 22/09/2008 (2.50 m, visible et proche-infrarouge).

Deux cartographies multi-temporelles sont réalisées à l'aide a) des images du satellite Spot enregistrées en 1990, 1999 et 2008 - et - b) des photographies aériennes IGN orthorectifiées de 1970, 1990 et 2008.

METHODE 1 : La cartographie de l'occupation du sol

Cette cartographie a été conduite sur chaque image THR de 2008. Le format numérique des images et l'information spectrale de base directement liée aux propriétés physiques des surfaces (couleurs, géométrie, activité chlorophyllienne), permettent l'extraction de la donnée « occupation du sol » à l'aide de méthodes automatisées. Plusieurs méthodes de traitement d'images (calcul d'indices, classifications, segmentations) ont été développées.

La confrontation des résultats montre que, plus le nombre de bandes spectrales disponible est élevé, plus la discrimination des objets est aisée. Ainsi, la bande du proche infrarouge est indispensable pour différencier des types de végétation (conifères, feuillus) et évaluer leur développement phénologique à travers l'activité chlorophyllienne. La résolution plus grossière des images satellites, restitue les objets urbains (bâti, routes - parkings) plus ou moins agrégés, selon le traitement d'image employé. La résolution à 0.50 m de la BDOrtho@IGN permet d'extraire ces objets de manière individualisée (figure 1). Ces nuances de restitution des surfaces liées à la résolution du capteur impactent les évaluations de superficies par types d'occupation du sol (figure 2).

METHODE 2 : La cartographie de l'utilisation du sol

La reconnaissance des usages du sol est difficilement automatisable. Elle est réalisée par digitalisation manuelle à partir de la BD-Ortho@IGN. Ce travail par photo-interprétation, coûteux en temps de réalisation, présente une forte subjectivité, liée au photo-interprète en premier lieu, mais également aux choix des typologies prédéfinies. De nombreuses bases de données « occupation du sol » sont réalisées en partie ou totalement selon cette méthode (Corine Land Cover (CLC), Spot thema...). Leur typologie peut se révéler incomplète à propos des usages des surfaces artificialisées (la nomenclature CLC distingue le tissu urbain continu et le tissu urbain discontinu selon un critère de densité des surfaces artificialisées. Leur usage (résidentiel, industriel...) n'est pas renseigné). Il peut alors s'avérer nécessaire de retravailler ce type de données en fonction des éléments que l'on souhaite identifier, délimiter et caractériser pour les besoins de l'application.

METHODE 3 : Le suivi multi-temporel de l'occupation/utilisation du sol

La cartographie multitemporelle de l'occupation du sol à partir d'images satellites numériques et multibandes, est réalisée à partir de méthodes automatisées. Cependant, il importe de prendre en compte les changements de résolution spatiale des images enregistrées à des dates différentes. Une résolution grossière entraîne des confusions entre types de surface dans les espaces hétérogènes (espaces bâtis) et une délimitation moins précise des objets. Les surfaces réfléchissantes (surfaces minérales, toitures...) apparaissent surestimées par rapport aux surfaces sombres, ce qui biaise les comparaisons chiffrées de date à date. Pour établir une comparaison, il est nécessaire de rééchantillonner les images à une même résolution.

La cartographie multitemporelle de l'utilisation du sol à partir des couvertures aériennes, s'appuie sur une digitalisation rétrospective de la couverture aérienne la plus récente à la couverture la plus ancienne. A chaque date, seuls les polygones ayant changé de caractère, sont modifiés. La qualité des clichés analogiques anciens et celle du géoréférencement entre les diverses couvertures, sont cruciales. Pour réaliser le suivi, la typologie définie à partir d'une couverture aérienne récente en couleurs doit être adaptée ou réduite à cause de la moins bonne lisibilité des clichés anciens en noir et blanc.

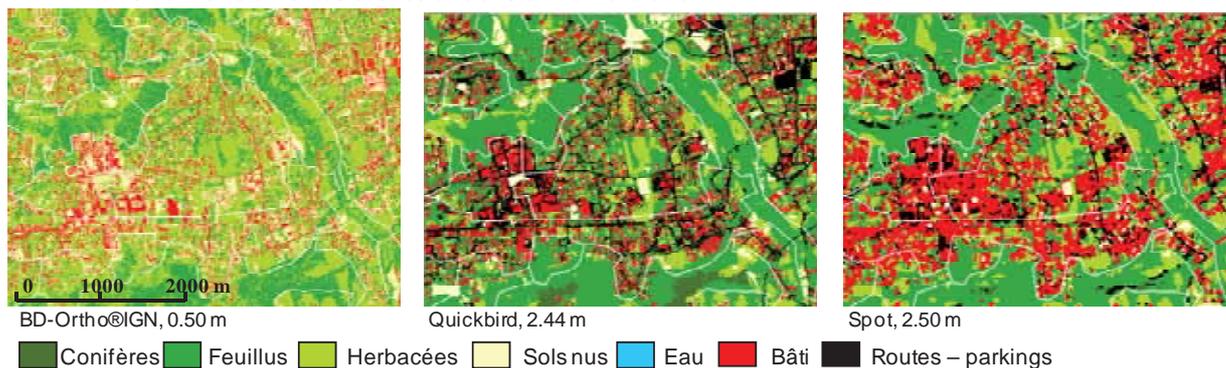


Figure 1 : Cartographies de l'occupation du sol à l'aide de la BD-Ortho@IGN du 5/05/2008, de l'image satellite Quickbird du 29/08/2008 et de l'image satellite Spot du 22/09/2008 (secteur de Francheville dans le bassin versant de l'Yzeron)

■ Les avancées de l'OTHU : Principaux résultats

Les cartes d'occupation/utilisation du sol fournissent des indicateurs directement intégrables dans les modèles hydrologiques, permettant d'étudier l'impact de la nature de l'occupation du sol et de ses changements sur les écoulements d'eau.

Un premier résultat consiste dans l'apport d'une connaissance spatialisée de la distribution des différents types d'occupation/utilisation du sol. Il est possible de partitionner l'espace selon une occupation du sol dominante : forestière, agricole, urbaine et de mesurer les superficies occupées par chaque type.

A chaque type d'occupation du sol, peut être attribué un caractère perméable ou imperméable. L'analyse spatialisée de la proportion de surfaces perméables et imperméables met en évidence sur le bassin les variations spatiales du taux d'imperméabilisation. La figure 3 illustre le calcul du pourcentage de surfaces imperméabilisées (bâti, routes) par sous bassin versant.

Les propriétés de perméabilité des surfaces artificialisées sont caractérisées selon leur nature en croisant l'information « Occupation du sol », qui renseigne sur la perméabilité des surfaces, et l'information « Utilisation du sol », qui recense les formes d'habitat, d'activités et les équipements (figure 4).

L'analyse de l'évolution multitemporelle (figure 5) a été conduite à partir des deux méthodes exposées ci-dessus. La différence de résolution des images de base (Spot à 10 m ; photographies aériennes à 0.50 m) et de nomenclature ne produit pas les mêmes évaluations chiffrées sur l'évolution des types de surfaces. Cette différence est particulièrement sensible dans le milieu urbain où la donnée « Occupation du sol » décrit les objets (bâtiments, parkings et routes) et la donnée « Utilisation du sol », les unités urbaines (habitat dense, habitat pavillonnaire...) (tableau 1). L'appréciation de ces évaluations nécessite d'être attentif aux nomenclatures, aux images de base et aux méthodes de cartographie employées.

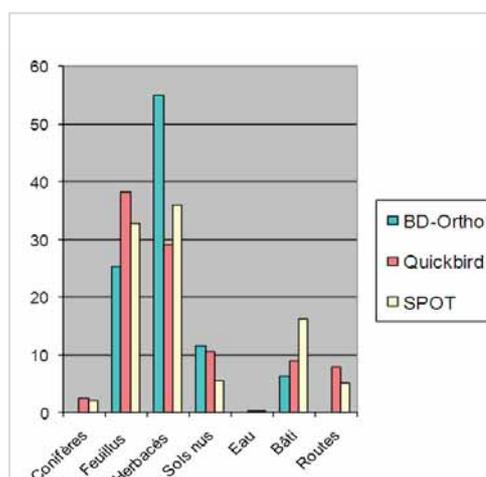


Figure 2 : Pourcentages des types d'occupation du sol du BV de l'Yzeron calculés à partir des cartes extraites de la BD-Ortho@IGN, de l'image satellite Quickbird et de l'image satellite Spot

Valeurs en pourcentage

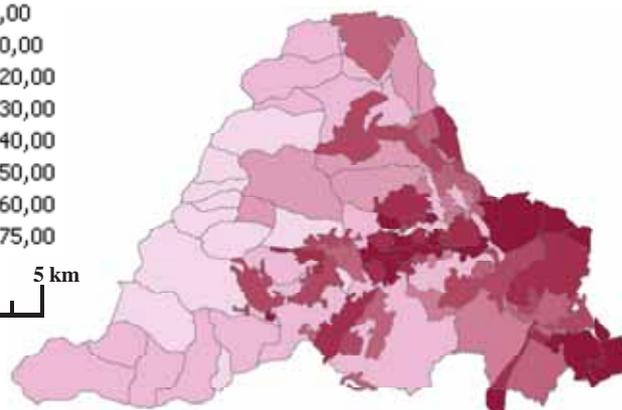
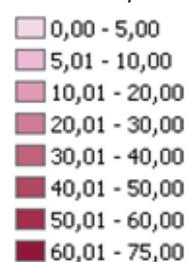


Figure 3 : Carte des pourcentages de surfaces imperméabilisées par sous bassins versants calculés à partir de l'image satellite Spot

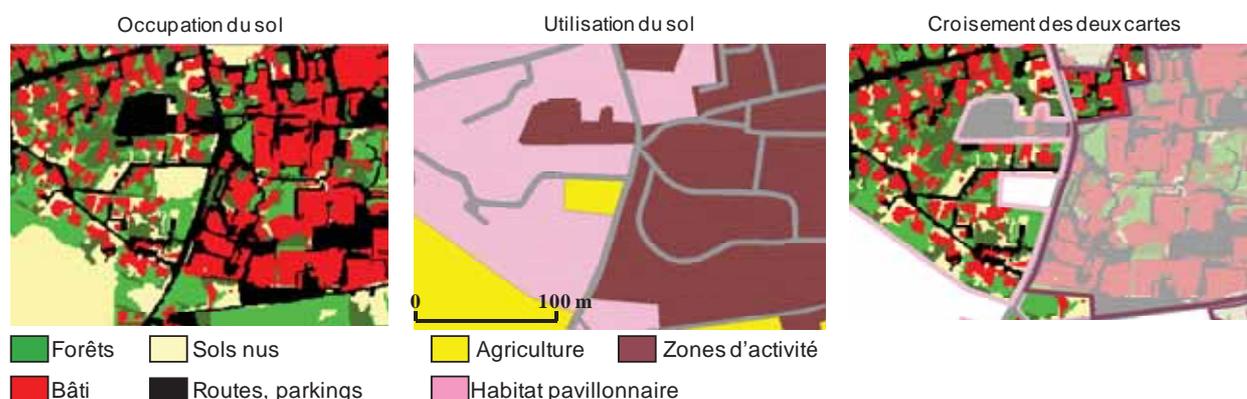


Figure 4 : Répartition des surfaces imperméables (bâti, voirie) dans deux types de surfaces artificialisées (habitat pavillonnaire, zone d'activité) : croisement de la carte de l'occupation du sol extraite de l'image satellite Quickbird et de la carte de l'utilisation du sol (commune de Marcy l'Etoile)

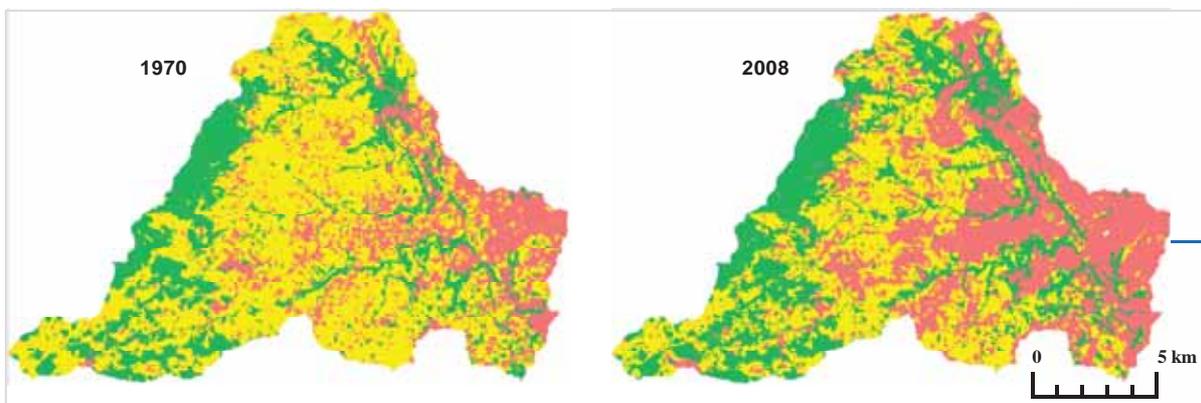


Figure 5: Cartographie de l'utilisation du sol en 1970 et 2008 à l'aide de photographies aériennes IGN (en vert: forêt - en jaune: terres agricoles - en rose: surfaces artificialisées)

Utilisations du sol (cartographie manuelle sur photographies aériennes) en pourcentages				Occupations du sol (cartographie automatisée sur images satellites Spot) en pourcentages			
	1970	1990	2008		1990	1999	2008
Forêt, bois	22.38	25.18	26.67	Végétation arborée	24.3	23.9	35
Parcelles agricoles en végétation ou en labour	56.21	41.8	36.58	Végétation herbacée, sols nus	50.4	46.7	42.4
Surfaces en eau	0.02	0.14	0.16	Surfaces en eau	0.01	0.01	0.01
Surfaces artificialisées (zones d'habitat, d'équipements et d'activités)	21.37	32.85	36.58	Bâti, routes et parkings	15.2	18.2	22.6

Tableau 1: Évolutions des superficies des principales utilisations et occupations des sols mesurées à partir de la cartographie manuelle sur photographies aériennes et de la cartographie automatisée à partir des images Spot

■ Cadre d'utilisation

Les méthodes de cartographie développées dans cette étude peuvent être utilisées pour l'obtention et/ou l'actualisation d'une information spatialisée sur l'occupation du sol. Les méthodes de traitement d'images automatisées sont reproductibles sur de larges superficies. Par rapport aux bases de données existantes, cette étude comporte l'avantage de fournir une information en adéquation avec les besoins d'une application ciblée. L'utilisation du cadastre numérique permettant de repérer facilement les surfaces bâties constitue également une aide appréciable pour compléter les traitements présentés sur cette fiche.

Les cartes multi-temporelles peuvent alimenter des réflexions sur le devenir d'un bassin versant, à propos de thématiques telles que l'évolution de l'urbanisation, la progression de l'imperméabilisation des surfaces, les modifications des pratiques agricoles... Ces cartes peuvent servir de support à l'élaboration de scénarios d'évolution (cf fiche technique OTHU n°25).

■ Développements futurs

Le pourcentage de surface imperméable constitue une donnée essentielle aux gestionnaires pour évaluer les débits produits par les bassins versants péri-urbains. Beaucoup d'opérateurs ont ainsi établi des relations simples entre le coefficient de ruissellement et le pourcentage de surface imperméable. La cartographie automatique constitue donc une aide puissante à la modélisation hydrologique.

Cependant, depuis plusieurs années une évolution importante de la gestion des eaux pluviales urbaines se développe. Les techniques alternatives visant à remplacer l'évacuation rapide des eaux par du stockage et / ou de l'infiltration sont de plus en plus souvent mises en œuvre. Les coefficients de ruissellement ne sont plus aussi simplement reliés aux pourcentages de surface imperméable. Cette évolution impose aujourd'hui de compléter les techniques de cartographie automatique par des enquêtes in situ pour connaître le pourcentage de surfaces imperméables effectivement raccordées au réseau et/ou à la rivière.

La mise en place de bases de données recensant les parcelles faisant l'objet de ce type de traitement permettrait de compléter efficacement les traitements présentés dans cette fiche et faciliterait encore plus le travail de modélisation.

■ Quelques documents publiés sur le thème

- GONZALEZ-SOSA E., BRAUD I., DEHOTIN J., LASSABATERE L., ANGULO-JARAMILLO R., LAGOUY M., BRANGER F., JACQUEMINET C., KERMADI S., MICHEL K., 2010. Impact of land use on the hydraulic properties of the topsoil in a small French catchment, *Hydrological Processes*, 24(17), 2382-2399, DOI: 10.1002/hyp.7640.
- BEAL D., GAGNAGE M., JACQUEMINET C., KERMADI S., MICHEL C., JANKOWFSKY S., BRANGER F., BRAUD I., 2009. Cartographie de l'occupation du sol pour la modélisation hydrologique spatialisée du cycle de l'eau en zone péri-urbaine, *Proceedings 2ème atelier SIDE 2009, Systèmes d'Informations et de Décision pour l'Environnement*, Biramonte S., Miralles, A., Pinet, F. (Eds), Toulouse, France, May 26 2009, 23-32. Proceedings available at <http://eric.univ-lyon2.fr/~sbimonte/side2009.html>
- KERMADI S., RENARD F., JACQUEMINET C., MICHEL K., 2010. Inondations et occupation du sol dans un bassin versant périurbain : l'Yzeron (Ouest lyonnais), XXIIIème colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Rennes, 1-4 septembre 2010, Publications de l'Association Internationale de Climatologie, n°23, Rennes, pp. 313-318
- JACQUEMINET C., KERMADI S., MICHEL C., JANKOWFSKY S., BRAUD I., BRANGER F., BEAL D., GAGNAGE M., 2009. Three very high resolution optical images for land use mapping of a suburban catchment: input to distributed hydrological. *EGU General Assembly*, 2-7 May 2010, Vienna, Austria, *Geophysical Research Abstracts*, vol. 12, EGU2010-6926, poster.