

Méthodes de prospective territoriale pour simuler les évolutions de l'occupation future du sol, appliquées à un bassin versant périurbain



Résumé :

Les démarches de prospective territoriale sont anciennes et bien conceptualisées. Leur application à des problématiques d'aménagement du territoire ou environnementales a été envisagée depuis longtemps. Depuis quelques années, les collectivités locales sont de plus en plus nombreuses à se livrer à des exercices de ce genre. Récemment, la DATAR a contribué à relancer une réflexion d'ensemble sur cette question. Du côté de la recherche, c'est le terme de géoprospective qui tend à émerger. C'est dans ce cadre que s'inscrit la mise en œuvre d'un Atelier de prospective territoriale dans le bassin-versant de l'Yzeron. Cet Atelier a réuni un groupe d'experts thématiques et de l'aménagement du territoire d'une quinzaine de personnes. Il relève d'une démarche de géoprospective, qui consiste à combiner prospective territoriale et simulation spatiale. Le premier objectif est de produire une analyse partagée des problèmes actuels, des tendances et des facteurs de changement de l'occupation du sol. Le deuxième consiste à anticiper les évolutions de l'occupation du sol par le moyen de scénarios à long terme produits collectivement. Enfin, le troisième objectif repose sur l'intégration des différents scénarios élaborés avec les acteurs du territoire dans les simulations des évolutions de l'occupation du sol future. Les résultats obtenus sont des cartes des usages du sol en 2030. Elles pourront être utilisées par les hydrologues afin d'intégrer l'évolution de l'imperméabilisation des sols urbanisés à long terme dans la modélisation des flux d'eau dans un bassin versant périurbain.

■ Cadre Général :

Les bassins versants situés en périphérie des agglomérations sont soumis à une forte pression de l'urbanisation, souvent depuis plusieurs décennies. Le développement des sols imperméabilisés qui en résulte, couplé à des épisodes pluvieux parfois intenses, entraîne des rejets d'eaux de ruissellement polluées et des inondations à l'aval, au cœur de la zone urbaine. Les changements d'occupation du sol ne concernent pas uniquement les espaces agricoles et urbanisés. L'étalement urbain peut aussi engendrer un développement des espaces boisés sur d'anciens terrains agricoles en pente, actuellement non constructibles.

Pour étudier et modéliser l'impact de l'urbanisation et de l'anthropisation passée et future des bassins versants périurbains sur les flux d'eau, il importe de pouvoir apprécier les évolutions de l'occupation du sol à long terme au moyen de simulations spatiales. Pour simuler les évolutions de l'occupation future du sol, il est nécessaire d'améliorer la compréhension et la prise en compte des facteurs à l'origine des changements de l'occupation du sol dans un bassin versant.

La prospective est une manière originale de regarder sur une longue période et avec un horizon différent une situation déterminée. C'est avant tout une attitude de l'esprit qui inverse le changement traditionnel, en partant de futurs possibles ou souhaitables pour revenir au présent. Les tendances passées et présentes sont utilisées comme support à la réflexion et non comme un carcan qui conditionne (ou qui contraint) le futur dans les limites du présent. La prospective constitue un va-et-vient entre le présent et le futur, non pas pour prédire celui-ci mais plutôt pour aider une société à se construire un avenir désiré. Elle a véritablement émergé en France à partir des années 1950.

Cette connaissance est notamment détenue par des experts thématiques (eau, agriculture, forêt, environnement, urbanisme, planification) et des acteurs qui œuvrent dans ce territoire. Leur mobilisation en Atelier de prospective territoriale rend possible l'élaboration collective de scénarios d'évolution de l'occupation du sol à horizon 2030 qui viendront alimenter les simulations spatiales réalisées.

■ Objectifs:

L'objectif est de réfléchir sur les évolutions possibles de l'occupation du sol du bassin versant dans le futur, en réfléchissant sur les évolutions passées et les facteurs de maintien ou de changement de dynamique dans l'avenir. La production de scénarios d'évolution de l'occupation du sol future et le paramétrage de simulations spatiales de l'occupation du sol à long terme permettent d'enrichir la connaissance générale du système territorial. Une fois l'accord obtenu dans l'Atelier sur une panoplie de scénarios pertinents, ces derniers peuvent être utiles à la fois aux hydrologues et aux acteurs du territoire, pour mettre à l'épreuve leurs outils d'anticipation. Les cartes d'usages du sol en 2030 permettent ainsi de calculer un pourcentage d'imperméabilisation des sols à l'échelle des sous-bassins versants, intégrant donc de possibles changements d'occupation du sol et leurs impacts sur les flux d'eau (incision des cours d'eau, risque inondation, etc.). En mobilisant les connaissances des experts thématiques et de l'aménagement du territoire, l'objectif est aussi de pouvoir disposer à terme d'un outil d'aide à la décision qui permette de débattre de l'efficacité des outils de la planification territoriale.

■ Contacts :

Thierry Joliveau, ⁽¹⁾ Université de Lyon, UMR 5600 Environnement, Ville, Société, 18 rue Chevreul, 69362 LYON Cedex 07, France. Tél : 04.77.42.19.25., Fax : 04.77.42.19.24. E-mail : thierry.joliveau@univ-st-etienne.fr
Clément Dodane ⁽¹⁾. E-mail : clement.dodane@ens-lyon.fr - Anne Honegger ⁽¹⁾. E-mail : honegger@club-internet.fr.

■ Les avancées de l'OTHU : Principaux résultats

Dans le cadre d'un Atelier de prospective territoriale, une analyse collective des problèmes actuels, des tendances et des facteurs de changement de l'occupation du sol a été construite. À partir de ces matériaux, des scénarios d'évolution de l'occupation du sol à long terme dans un bassin versant périurbain ont été élaborés. Les scénarios produits s'appuient sur des travaux conduits en Atelier, réunissant un groupe d'experts thématiques et de l'aménagement du territoire. Les simulations des évolutions de l'occupation du sol future intègrent les différents scénarios élaborés avec les acteurs du territoire. Les résultats obtenus sont des cartes des usages du sol en 2030. Ces cartes peuvent être utilisées par les hydrologues afin d'intégrer l'évolution de l'imperméabilisation des sols urbanisés à l'échelle d'un bassin versant.

Terrain d'étude

L'étude, réalisée dans le cadre du projet de recherche ANR AVuPUR (étude de la vulnérabilité des rivières périurbaines), s'applique au bassin versant de l'Yzeron (150 km²), situé dans l'ouest de l'agglomération lyonnaise. Il s'étend sur plus de 20 communes, des Monts du Lyonnais à l'est jusqu'au Rhône à l'ouest, aux portes de l'hypercentre de l'agglomération lyonnaise. Ce bassin versant est soumis à une forte augmentation de l'urbanisation depuis les années 1970. Ce constat est issu de l'analyse diachronique des évolutions des espaces urbanisés cartographiés à partir des photographies aériennes de l'IGN en 1945, 1970, 1990 et 2008. Entre 1990 et 2008, un peu plus de 4% de la surface du bassin versant de l'Yzeron a été urbanisée, soit un accroissement de près de 12%. Depuis 2002, un contrat de rivière a été mis en place. Il est porté par le Syndicat d'Aménagement et de Gestion de l'Yzeron, du Ratier et du Charbonnières. La partie Est du bassin est intégrée au Grand Lyon et relève du Schéma de cohérence territoriale de l'agglomération lyonnaise tandis que la partie ouest, plus rurale, relève d'un autre Scot, celui du Syndicat de l'Ouest Lyonnais. La zone est soumise à un mouvement d'urbanisation très important. Elle est aussi le théâtre de grands projets d'infrastructures autoroutières (A89, A45, Contournement Ouest de Lyon, Tronçon Ouest du Périphérique) qui en font un lieu d'enjeux forts pour l'aménagement du territoire, au côté de la limitation de l'étalement urbain et du maintien d'une agriculture viable.

LE DISPOSITIF : combiner prospective territoriale et simulation spatiale

a) L'Atelier de prospective territoriale

L'Atelier de prospective territoriale a réuni une quinzaine d'experts issus du corps technique des différentes collectivités territoriales et des organismes ayant en charge la gestion des principales composantes du territoire : eau, agriculture, forêt environnement, urbanisme et aménagement du territoire (SAGYRC, CCVL, ACCOLADE, SOL, Grand Lyon, DDT, Agence d'urbanisme, Chambre d'agriculture, Fédération de chasse, SAFER, CRPF, FRAPNA)¹. Il s'est déroulé en mai et juin 2010 (3 matinées) à Grézieu-la-Varenne.

Le principe de la première séance repose sur l'organisation d'un débat entre les experts participants sur le devenir du bassin versant, à partir de supports cartographiques variés qui présentent les dynamiques passées de l'occupation du sol dans le bassin versant entre 1990 et 2008. Ces cartes permettent d'insister sur l'importance de l'étalement urbain au cours de la période (près de 600 hectares urbanisés).

Au moyen d'un système simple de schéma heuristique vidéoprojeté, l'équipe a animé les échanges entre experts afin de déterminer les thématiques importantes à aborder, les problématiques prioritaires liées à ces thématiques et les facteurs explicatifs des changements de l'occupation du sol à prendre en compte. Il a ainsi été possible d'élaborer par discussion collective une arborescence décrivant les principales questions liées à la configuration future du territoire, en brossant les différentes thématiques : forêt, agriculture, risque, environnement, habitat, transports, activités économiques, etc. (Fig. 1) Ce travail de diagnostic collaboratif très fouillé a produit un document qualitatif de type prospectif rassemblant les différents points de vue du collectif. Il a permis à l'équipe de collecter et d'organiser les données nécessaires à la représentation de différentes thématiques. Il a aussi permis de réfléchir sur les facteurs ayant déterminé les changements de l'occupation du sol dans le passé et de construire des schémas explicatifs pour le futur.

La deuxième séance a servi principalement à l'écriture de scénarios prospectifs d'évolution de l'occupation du sol à partir de l'analyse partagée des problèmes actuels, des tendances et des facteurs de changement de l'occupation du sol (séance 1) (Fig. 2).

La troisième séance a été consacrée à la présentation et à la discussion de simulations spatiales informatisées produites entre temps par l'équipe de recherche. À l'issue de l'Atelier, une enquête auprès des participants a permis d'avoir à la fois une idée de leur satisfaction par rapport au travail réalisé collectivement et leur perception de ces outils en tant que planificateurs.

Selon les participants à la démarche de géoprospective, elle apparaît comme « une émulsion collective » à même de faire émerger « un regard enrichi du bassin versant de l'Yzeron ».

Des questions méthodologiques restent en suspens :

- quelle est l'échelle optimale pour utiliser la méthode ?
- comment traduire la complexité d'un système territorial en variables cartographiques ?
- comment améliorer la gouvernance des données ?

Même si les méthodes doivent être améliorées, la simulation spatiale est un outil qui « permet de visualiser de façon simple l'interactivité d'enjeux territoriaux ».

Les participants expriment leur envie d'aller plus loin dans l'utilisation de la démarche et de l'outil proposés pour « aider les élus à prendre conscience de l'impact des politiques d'aménagement sur lesquelles ils réfléchissent ».

Enfin, une séance de restitution ouverte, début juillet 2010, a permis de présenter les résultats de l'Atelier à un collectif plus large de techniciens et de chercheurs intéressés, afin de recueillir leurs points de vue sur la démarche initiée et les premiers résultats obtenus.

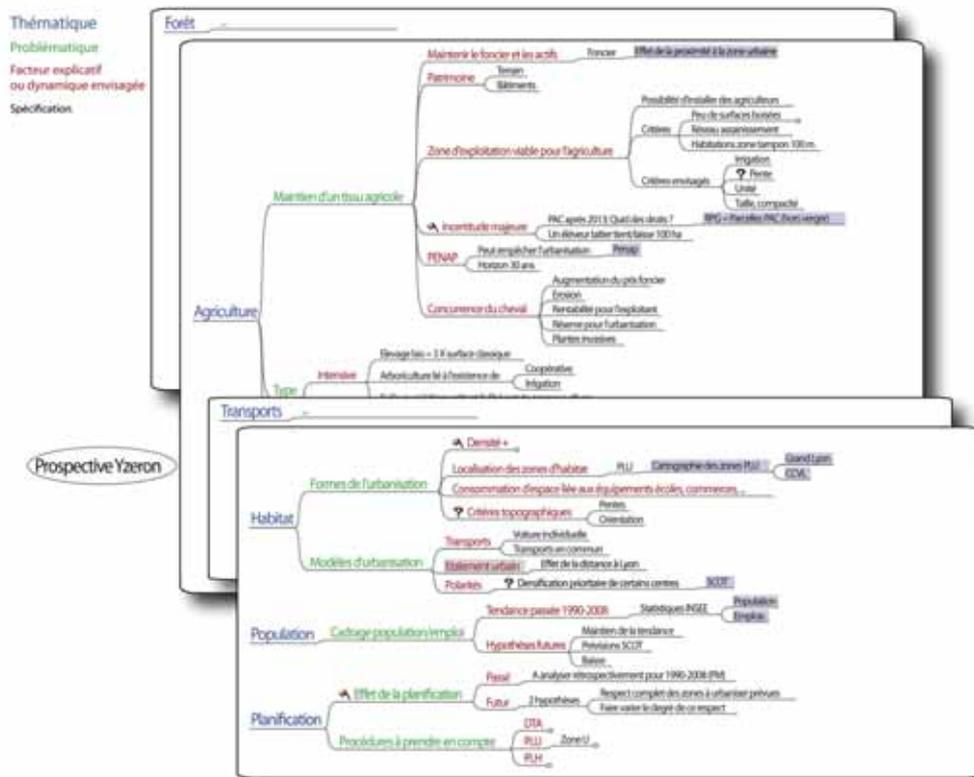


Figure 1 : Un schéma des composantes explicatives pour comprendre les évolutions de l'occupation du sol future (schéma heuristique réalisé avec le logiciel libre Freemind)

	Rythme des changements dans l'occupation du sol (2008 - 2030) par rapport au passé (1990 - 2008)	Application des règlements	Application d'un effet polarité, déprise agricole	Scénarios 2030
S1	Inchangé	Pas de contrainte réglementaire	Sans effet	S1Aa : densification minimale (tendanciel), sans contraintes réglementaires de la planification et sans effet.
			Effet déprise agricole	S1Ac : densification minimale (tendanciel), sans contrainte réglementaire, mais avec effet de déprise agricole.
		Contraintes réglementaires	Sans effet	S1Ba : densification minimale (tendanciel), avec contraintes réglementaires de la planification, mais sans effet.
			Effet polarité	S1Bb : densification minimale (tendanciel), avec contraintes réglementaires de la planification et effet de polarité SCOT.
S2	Ralentissement étalement urbain	Contraintes réglementaires	Sans effet	S2Ba : densification accrue, avec contraintes réglementaires de la planification, mais sans effet de polarité.
S3	Accélération déprise agricole	Pas de contrainte réglementaire	Sans effet	S3Aa : accélération de la déprise agricole (enrichissement), sans contrainte réglementaire et sans effet.

Figure 2 : Des scénarios prospectifs pour piloter des simulations spatiales



Image 1 : Restitution des premiers résultats d'un Atelier alliant prospective territoriale et simulation spatiale (Grézieu-la-Varenne, 8 juillet 2010. © A. Honegger)

[1]: Organismes et collectivités de rattachement des participants à l'Atelier de prospective territoriale « Quelle utilisation du sol dans le bassin versant de l'Yzeron en 2030 ? » : Syndicat d'Aménagement et de Gestion de l'Yzeron, du Ratier et du Charbonnières, Communauté de Communes des Vallons du Lyonnais, Assemblée des Communautés de Communes de l'Ouest Lyonnais pour l'Aménagement et le Développement, Syndicat de l'Ouest Lyonnais, Grand Lyon, Direction Départementale des Territoires du Rhône, Agence d'urbanisme pour le développement de l'agglomération lyonnaise, Chambre d'agriculture du Rhône, Fédération des chasseurs du Rhône, Société d'Aménagement Foncier et d'Etablissement Rural, Centre Régional de la Propriété Forestière, Fédération Rhône-Alpes de Protection de la Nature.

b) Modélisation et simulation

L'outil utilisé est le Logiciel Land Change Modeler (LCM) développé par le Clark Lab de l'Université de Worcester aux États-Unis (logiciel propriétaire). Il a fallu trouver une manière de rendre compte de la dynamique d'urbanisation d'une grande agglomération française. Pour cela, les évolutions de l'occupation du sol passée entre 1990 et 2008 ont été modélisées à partir de facteurs géographiques. Les données utilisées proviennent d'une cartographie de l'occupation du sol en 1990 et 2008, réalisée à partir de la digitalisation manuelle de photographies aériennes de l'IGN (voir fiche OTHU n° Jacqueminet, Michel et Kermadi).

La première difficulté est de pouvoir construire des modèles des transitions passées statistiquement valides. La construction de chaque modèle passe par la recherche des variables qui peuvent expliquer un type de transition passée de l'occupation du sol. Certains modèles peuvent regrouper plusieurs types de transitions. Par exemple le modèle d'urbanisation peut prendre en compte l'évolution d'un usage du sol agricole ou d'un sol boisé vers un usage du sol urbain. D'autres peuvent s'appliquer à un seul type de transition comme le boisement d'un sol agricole. Ce travail se fait de manière empirique en testant les variables plausibles et leur combinaison jusqu'à obtenir des modèles de qualité satisfaisante. Les principales variables explicatives du modèle de développement de l'urbanisation dans le bassin versant de l'Yzeron entre 1990 et 2008 sont la distance à la zone urbaine la plus proche, les pentes et la distance d'accès à Lyon.

Dans la matrice de transition d'un usage du sol à un autre, les valeurs varient entre 0 et 1 (Fig. 3). Une valeur de 0 indique que la transition n'a aucune chance de se produire. Une valeur de 1, qu'elle est certaine. Sur la diagonale, se trouve ainsi le plus souvent des valeurs fortes, qui traduisent une tendance au maintien en l'état de l'occupation du sol. Les espaces boisés ont 96% de chance de rester boisés et les espaces urbanisés quasiment 100% de chance de le rester (les quelques évolutions possibles correspondent à des variations de détail dans la délimitation des entités aux deux dates). En revanche, on constate que les landes et friches et les vergers et vignes ont une probabilité plus grande de muter.

Figure 3 : Matrice de transition permettant d'établir la probabilité de transition d'une occupation du sol vers une autre (entre 1990 et 2008 dans le bassin versant de l'Yzeron)

	Espaces boisés	Landes et Friches	Herbe et labours	Vergers et vignes	Eau	Espaces urbanisés
Espaces boisés	0.9553	0.0225	0.0090	0.0007	0.0001	0.0123
Landes et Friches	0.3513	0.4753	0.1442	0.0001	0.0000	0.0292
Herbe et labours	0.0429	0.0178	0.7975	0.0259	0.0004	0.1155
Vergers et vignes	0.0177	0.0079	0.4661	0.4390	0.0000	0.0693
Eau	0.0142	0.0000	0.0148	0.0000	0.9678	0.0032
Espaces urbanisés	0.0045	0.0002	0.0011	0.0000	0.0000	0.9942

La seconde difficulté est de construire des simulations tenant compte des éléments issus de la réflexion prospective. Pour cela, il est possible de jouer sur deux paramètres disponibles dans l'outil cartographique.

Premièrement, la matrice de transition permet de fixer le rythme de chacune des transitions d'occupation du sol. La matrice de transition permet, par exemple, de paramétrer le rythme de croissance de l'espace urbanisé futur et donc de simuler une densification en fonction de l'accroissement de la population et du développement des activités.

Deuxièmement, le paramétrage des zonages et des effets offre la possibilité de freiner ou d'accélérer une ou plusieurs transitions dans certaines zones ou à une certaine distance d'un lieu. Dans la simulation, ces zonages permettent de contraindre ou d'inciter chaque modèle de transition à localiser préférentiellement telle ou telle évolution de l'occupation du sol, dans le respect par exemple des documents de planification. Ainsi, il est possible d'intégrer dans la simulation les zonages des Plans d'occupation des sols et des Plans locaux d'urbanisme, notamment en prenant en compte les futures zones à urbaniser ou bien en respectant les zonages agricoles et naturels qui limitent ou interdisent les nouvelles constructions. Les effets sont liés à des projets ou à des situations et dépendent plus ou moins directement de réalités sociétales : l'affirmation d'une polarité accrue dans un centre urbain donné (un des outils de planification des Schéma de cohérence territoriale), l'instauration d'une gare ou d'un échangeur routier, l'hypothèse d'un effondrement de l'agriculture traditionnelle dans le territoire lié entre autres à la fragilité des marchés et aux incertitudes réglementaires (réforme de la Politique Agricole Commune).

C'est par l'intermédiaire de variantes sur des scénarios s'appuyant sur un rythme de développement urbain variable, liées à des zonages règlementaires et à des effets à prendre en compte ou non, que les discussions de l'Atelier de prospective territoriale ont été traduites en simulations spatiales à horizon 2030 (Fig. 4).

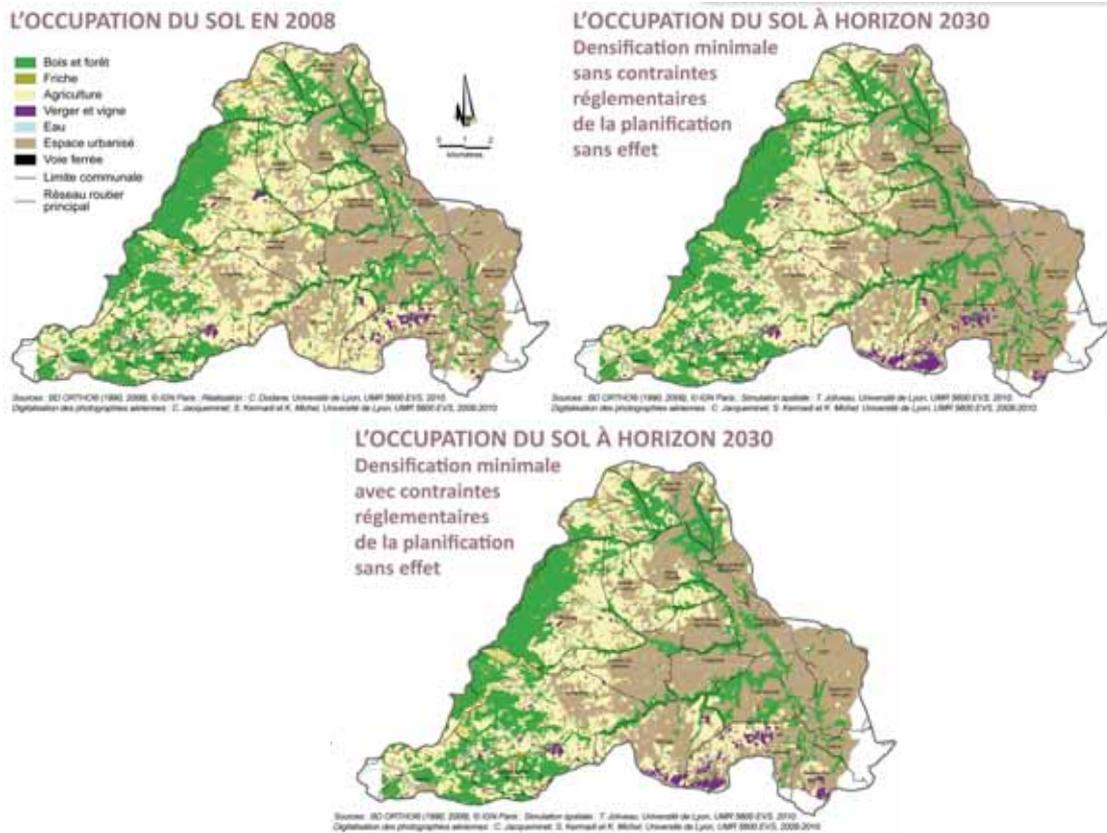


Figure 4 : Des simulations spatiales des usages du sol à horizon 2030 dans le bassin versant de l'Yzeron pour discuter de l'efficacité des outils de planification

Les résultats des simulations spatiales ont été soumis aux experts de la zone afin de collecter leurs avis. Une partie de ce travail a été réalisée durant l'Atelier. Enfin, l'ensemble des résultats cartographiques des simulations spatiales a été mis en accès sur le Web afin de permettre aux participants de l'Atelier de visualiser, de commenter et de s'appropriier les cartes des usages du sol en 2030 grâce à un outil de comparaison des variantes deux à deux, en basculant d'une carte à l'autre. L'objectif est d'obtenir une validation d'ensemble des travaux par les participants de l'Atelier, en respectant les quatre critères de validation de la prospective territoriale : pertinence, cohérence, vraisemblance, transparence (Godet, 1991).

Il ne faut pas sous-estimer le temps nécessaire pour conduire un tel atelier. Il est difficile de répondre à cette question à partir de cette démarche expérimentale, qui avait pour objectif de concevoir la méthodologie de la démarche. Si l'on met de côté ce temps de conception, et sous réserve de la disponibilité de données sur deux dates d'occupation du sol, il semble raisonnable de penser que la démarche peut se dérouler sur 4 à 6 mois. Ce temps intègre à la fois la mise en forme, la vérification et l'exploration du jeu de données par un petit groupe d'experts en charge de l'animation de la démarche, et la réalisation de l'Atelier sous forme de 4 réunions espacées de 15 jours avec le groupe complet d'experts territoriaux.

■ Le cadre d'utilisation

Les résultats obtenus peuvent être utilisés de plusieurs façons :

La base permettant de construire des scénarios ayant été élaborée, elle peut maintenant servir à construire des simulations en fonction des divers intérêts. Il est possible de faire varier les matrices de transition en augmentant par exemple le niveau de densification souhaité à 20 %. On peut tester des changements dans les localisations des zonages de la planification (Périmètres de protection des espaces agricoles et naturels périurbains, zones à urbaniser) et observer les conséquences sur le report de l'urbanisation. On peut aussi bien sûr tester d'autres effets que celui des polarités, par exemple ceux liés aux infrastructures de transport routières ou ferroviaires. On obtient donc un outil qui permet de faire jouer et de jouer avec les outils de la planification en envisageant les conséquences sur le territoire de telle ou telle option.

L'objectif de ces jeux de simulation n'est pas de prédire une situation future mais de stimuler la réflexion sur la planification d'un territoire dynamique. Ces outils, s'ils viennent en complément des méthodes traditionnelles de planification et s'ils accompagnent une réflexion prospective de type plus qualitatif, intensifient les échanges, peuvent conduire à co-construire des hypothèses et enrichissent les connaissances produites par les experts.

■ Développements futurs

Les premiers résultats obtenus montrent l'intérêt de continuer à développer des recherches sur la géoprospective, qui peut être considérée comme une volonté d'associer aux démarches prospectives de type territoriale des outils numériques d'analyse, de modélisation et de simulation spatiale.

La méthode d'élaboration de scénarios en Atelier de prospective territoriale devra être formalisée pour construire une méthode potentiellement reproductible sur d'autres territoires (ce travail est en cours, il devrait aboutir à l'automne 2011). Ce dispositif pourra être approfondi au service des collectivités et des acteurs du territoire.

Il importe de continuer à améliorer les recherches sur la simulation des évolutions de l'occupation du sol à long terme, notamment pour mieux appréhender les questions relatives à la densification du tissu urbain et celles liées au maintien de l'agriculture, pour planifier une urbanisation plus durable.

Enfin, dans la continuité du projet de recherche ANR AVuPUR, il serait intéressant d'examiner les pistes de recherche potentielles entre simulation des évolutions des usages du sol à long terme et modélisation des impacts de l'urbanisation et de l'anthropisation des bassins versants périurbains sur les flux d'eau. Une finalisation complète devrait permettre de boucler la démarche en permettant aux acteurs territoriaux de réagir à une présentation de l'impact hydrologique des différents scénarios, de manière à les intégrer dans leur réflexion.

■ Quelques documents publiés sur le thème

DODANE C., JOLIVEAU T., HONEGGER A. MOLINES N., 2010. Quelle occupation du sol dans le bassin versant de l'Yzeron en 2030 ? Premiers résultats d'un atelier alliant prospective territoriale et simulation spatiale. Lyon : Université de Lyon, CNRS – UMR 5600 Environnement Ville Société. Poster.

BIBLIOGRAPHIE INDICATIVE

GODET M., 1991. De l'anticipation à l'action : manuel de prospective et de stratégie. Paris : Dunod, 390 p.

MERMET L., 2005. Étudier des écologies futures : un chantier ouvert pour les recherches prospectives environnementales. Bruxelles : P.I.E.-Peter Lang, 411 p.

DELAMARRE A., 2002. La prospective territoriale. Paris : La Documentation Française- DATAR, 110 p.

HOUET T., HUBERT-MOY L. et TYSSOT C., 2008. Modélisation prospective spatialisée à l'échelle locale : approche méthodologique. Revue Internationale de Géomatique, Vol. 18/3, pp. 345-373.