

## Analyse des dynamiques paysagères dans le bassin de vie de Grenoble entre 1998 et 2009

**La résolution des données spatiales généralement utilisées pour la cartographie des services écosystémiques apparaît souvent trop grossière pour les analyses à des échelles locales.**

**Dans cet article, une méthode est proposée pour mieux prendre en compte l'occupation du sol à une résolution spatiale et temporelle fine, en incluant les successions culturales.**

**Utilisée pour l'analyse des dynamiques paysagères observées autour du bassin de vie de Grenoble, cette méthode a permis de produire une base de données très précises pour mieux décrire l'occupation et l'usage des sols, et ainsi améliorer significativement les évaluations de service écosystémiques.**



La notion de service écosystémique (SE) tend à être de plus en plus mobilisée dans les processus de prise de décision, notamment d'aménagement du territoire avec la nouvelle loi Biodiversité votée début 2016, l'objectif étant d'améliorer la prise en compte du capital naturel dans les choix de développement. Comme l'a montré le premier article de ce numéro (pages xx), cette opérationnalisation du concept de SE nécessite l'évaluation simultanée de nombreux services afin de mettre en évidence les synergies et les compromis entre services. À l'échelle d'un territoire, l'identification de ces interactions entre services rend nécessaire la cartographie des SE.

Les cartes d'occupation et d'utilisation des sols (OS/US) sont largement utilisées dans les travaux de cartographie des SE. Ces cartes, indépendamment de la complexité des modèles utilisés, sont généralement la pierre angulaire des processus de cartographie des services. Différentes bases de données publiques mettent à disposition librement ces données d'OS, du fait de l'intérêt qu'elles suscitent dans de nombreux domaines. Nombre de cartes disponibles sont produites à large échelle (par exemple Corine Land Cover à l'échelle de l'Union européenne ou GlobCover à échelle mondiale), ce qui restreint leur résolution spatiale. Bien que fréquente, l'utilisation à l'échelle locale des informations produites à large échelle génère une forte incertitude pour la cartographie des SE.

Par ailleurs, il existe un ensemble de bases de données à échelle fine produites pour répondre à des demandes ciblées sur un seul type d'OS (Urban Atlas pour l'étude des densités urbaines, Registre parcellaire graphique basé sur les déclarations de la Politique agricole commune). Cependant, la spécificité typologique de ces cartes rend impossible leur utilisation directe pour la cartographie des SE et nécessite la fusion entre plusieurs sources de données. En parallèle, les données de télédétection sont de plus en plus utilisées pour cartographier l'OS/US de manière adaptée aux configurations et dynamiques locales. Il apparaît alors intéressant de se baser sur l'ensemble de ces données disponibles (à la fois bases de données publiques et données de télédétection) afin de produire des cartes précises en termes de résolution spatiale et typologique afin de refléter au mieux les particularités et pratiques locales d'un territoire donné.

Nous proposons dans cet article une approche permettant de cartographier précisément l'OS/US. Celle-ci basée sur la fusion de bases de données publiques aux résolutions spatiales les plus fines et l'utilisation de données de télédétection à très haute résolution spatiale nous permet de produire des cartes précises de l'OS/US à l'échelle du bassin de vie de Grenoble. La surface agricole utile (SAU), constituant une ressource pour la fourniture de SE participant à la multifonctionnalité des territoires, est également au cœur de notre démarche de caractérisation. Sur la base de nos résultats, nous discutons l'intérêt des cartes produites pour la modélisation

des SE et l'évaluation des bouquets de services au regard des attentes des acteurs du territoire d'étude. Ce travail est donc calibré selon les objectifs attendus présentés dans l'article « Gestion intégrée des territoires par une approche par les réseaux de services » (p. 10-17 de ce même numéro) et les questions auxquelles le projet ESNET doit répondre qui sont présentées dans l'article « Implication des parties prenantes d'un projet de territoire dans l'élaboration d'une recherche à visée opérationnelle » (p. 18-23 de ce même numéro).

## Méthodes

### Site d'étude

Le bassin d'emploi de la région de Grenoble s'étend sur 4 450 km<sup>2</sup>, il regroupait près de 800 000 habitants en 2012, et environ 500 000 emplois (sources INSEE<sup>1</sup>). Les limites de ce territoire ont été définies selon le rayonnement économique de l'agglomération grenobloise, et la diversité des paysages qui structurent cette région :

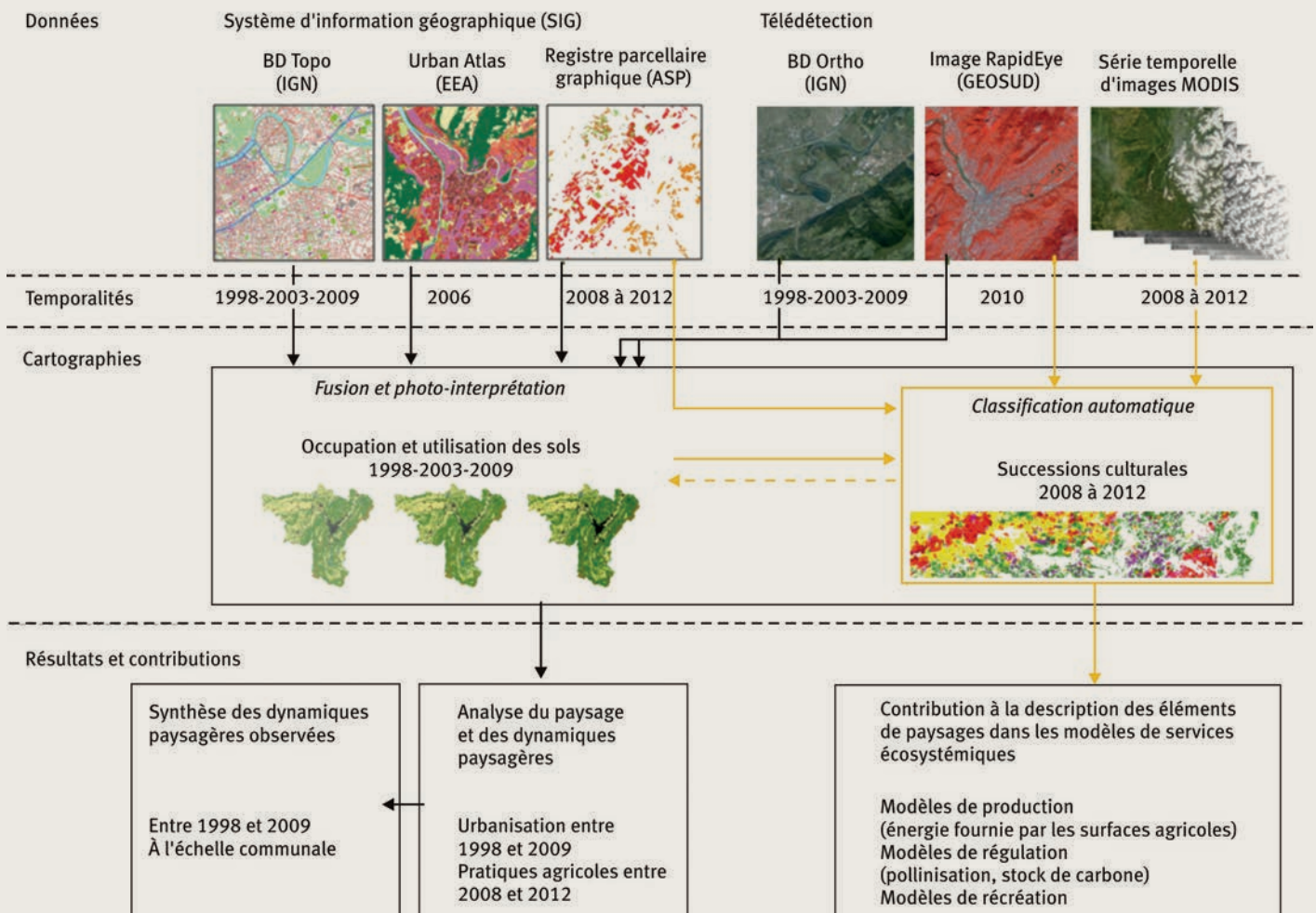
- du point de vue du rayonnement économique de la ville de Grenoble, les limites sont constituées par le périmètre des EPCI<sup>2</sup> du SCoT<sup>3</sup> de Grenoble et des EPCI des massifs aux abords de l'agglomération ;

- du point de vue de la diversité paysagère, la région de Grenoble présente des caractéristiques physiques et naturelles variées qui expliquent la grande diversité des paysages que l'on y trouve. Les fonds de vallées planes de Grenoble et du Grésivaudan favorisent l'extension de la croissance urbaine, de même que la plaine de la Bièvre. Trois massifs montagneux viennent structurer ce territoire (le Vercors, la Chartreuse et Belledonne) offrant des paysages naturels et semi-naturels qui bénéficient de nombreuses mesures de protection (parcs naturels régionaux, réserves naturelles, etc.).

Ainsi, le bassin d'emploi de la région de Grenoble regroupe 311 communes dans un rayon d'une cinquantaine de kilomètres, structuré en dix EPCI : l'Agglomération grenobloise, le Sud grenoblois, le Grésivaudan et le Voironnais (ces secteurs constituant le « Y » Grenoblois), la Chartreuse et le Vercors (qui constituent les zones de montagne en dehors du périmètre du SCoT), le Trièves, la Matheysine, le Sud-Grésivaudan, la Bièvre Valloire (qui constituent des espaces de plaine et plateaux à dominante agricole).

1. Institut national de la statistique et des études économiques.
2. Établissement public de coopération intercommunale.
3. Schéma de cohérence territoriale.

## 1 Description de la démarche générale de cartographie et d'analyse de l'occupation et l'utilisation des sols dans le bassin de vie de Grenoble.



### ► Organigramme général de la méthode

Dans un premier temps, nous avons collecté et assemblé les bases de données vecteur publiques et traité les données de télédétection, tel que présenté dans la figure ❶. Cette étape a permis de produire une base données précise spatialement et dont la typologie, présentée en détail dans les résultats, est adaptée aux conditions locales.

La SAU a été décrite à partir des données de télédétection à moyenne résolution spatiale du capteur MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*, une image tous les seize jours de l'année – figure ❶). Nous avons classifié ces images en utilisant les périodes de développement des différents types de cultures et des informations sur les conditions locales (altitude et climat). Cette classification nous a permis de produire une cartographie des grandes cultures sur un pas de temps annuel entre 2008 et 2012. Concaténées sur cinq ans, ces résultats permettent l'identification des grands types de successions culturelles (*i.e.* succession interannuelle des cultures au sein d'une parcelle donnée) de la zone d'étude.

La cartographie des successions culturelles a ensuite été intégrée au sein de la carte générale d'OS/US. Il en résulte une base de données exploitable à l'échelle du

1/15 000<sup>e</sup> avec, comme unité minimale de digitalisation des objets dont la surface est supérieure ou égale à 0,01 ha, soit 100 m<sup>2</sup>. La précision au positionnement est quant à elle comprise entre 5 et 10 mètres.

### Résultats

Les méthodes de traitement de l'information spatialisées nous ont permis :

- d'élaborer une description précise de l'usage des sols,
- d'analyser les dynamiques d'usage des sols,
- de proposer une cartographie de synthèse de ces informations à l'échelle communale,
- de contribuer aux modèles de cartographie des SE.

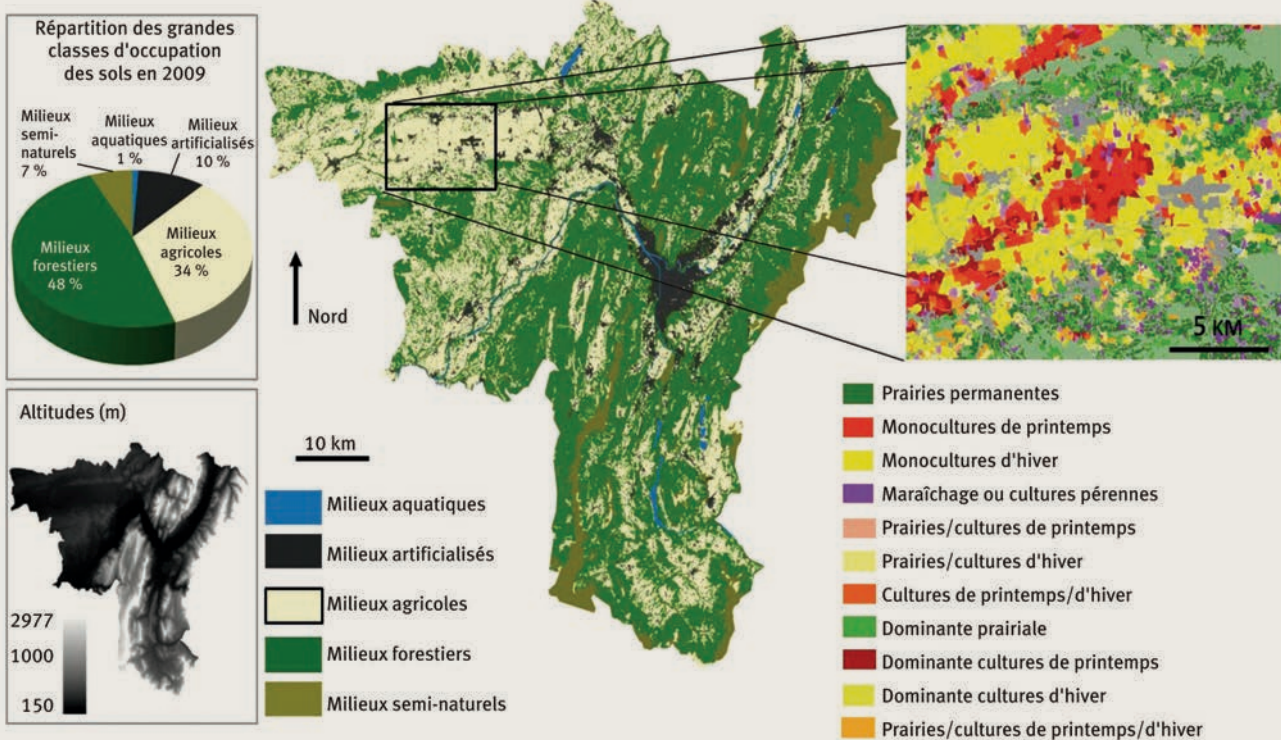
#### Une description précise de l'usage des sols

La fusion des données spatialisées existantes et le travail de photo-interprétation ont permis de produire une base de données comportant trois cartes d'OS/US pour les années 1998, 2003 et 2009, et une carte décrivant précisément les successions culturelles au sein de la SAU. La typologie de cette base de données est composée de 34 classes d'OS/US (tableau ❶), hiérarchisée en quatre niveaux de précision.

❶ Typologie de l'occupation et l'utilisation des sols cartographiée selon quatre niveaux imbriqués.

Niveau 1 (5 classes)	Niveau 2 (16 classes)	Niveau 3 (23 classes)	Niveau 4 (34 classes)
1. Milieux aquatiques	12. Surfaces en eau	121. Idem	121.1. Idem
2. Milieux artificialisés	21. Espaces urbanisés  22. Réseaux de communication et espaces associés  23. Autres aménagements	211. Zones d'habitat 212. Zones d'habitat isolé 213. Zones d'activités industrielles, commerciales, culturelles et sportives 221. Réseau routier primaire 222. Réseau routier secondaire 223. Réseau ferroviaire 224. Aéroport et espaces associés 231. Idem	211.1. Idem 212.1. Idem 213.1. Idem  221.1. Idem 222.1. Idem 223.1. Idem 224.1. Idem 231.1. Idem
3. Milieux agricoles	31. Cultures  32. Prairies 33. Peupleraies 34. Haies	311. Cultures indifférenciées  312. Maraîchages, horticultures 313. Cultures perennes (vergers, vignes) 321. Idem  331. Idem 341. Idem	311.1. Monocultures de printemps (CP) 311.2. Monocultures d'hiver (CH) 311.3. CP/prairies 311.4. CH/prairies 311.5. CP/CH 311.6. Dominante CP (1 prairie) 311.7. Dominante CP 311.8. Dominante CH (1 prairie) 311.9. Dominante CH 311.10. Mixte CP/CH/prairie 312.1. Idem 313.1. Idem 321.1. Prairies de 5 ans 321.2. Prairies de 3 ou 4 ans 321.3. Prairies de 1 à 2 ans 321.5. STH-alpages 331.1. Idem 341.1. Idem
4. Milieux forestiers	41. Forêts de feuillus 42. Forêts de conifères 43. Forêts mixtes 44. Bois	411. Idem 421. Idem 431. Idem 441. Idem	411.1. Idem 421.1. Idem 431.1. Idem 441.1. Idem
5. Milieux semi-naturels	51. Landes ligneuses 52. Espaces ouverts, avec peu ou sans végétation 53. Glaciers	511. Idem 521. Idem 531. Idem	511.1. Idem 521.1. Idem 531.1. Idem

② L'occupation des sols du bassin d'emploi de Grenoble en 2009.



Le degré de description de cette typologie dépasse celui généralement proposé par la plupart des bases de données publiques (qui se situe plutôt entre le niveau 2 et 3 de notre typologie selon le type d'OS considéré).

**Analyse des dynamiques d'usage des sols**

En 2009, les milieux artificialisés représentaient 466 km<sup>2</sup> de la superficie totale du territoire d'étude (soit 10,5 %) ; les milieux agricoles 1 497 km<sup>2</sup> (33,6 %) ; les milieux forestiers 2 153,5 km<sup>2</sup> (48,4 %) ; les milieux semi-naturels 292,6 km<sup>2</sup> (6,6 %) et les milieux aquatiques 41 km<sup>2</sup> (0,9 %) – figure ②.

Entre 1998 et 2009, l'analyse des changements met en évidence une extension très marquée des milieux artificialisés (+ 29 km<sup>2</sup>) où la majorité de cet accroissement s'effectue au détriment de la SAU, reculant de 27 km<sup>2</sup>. Cette dynamique de l'OS, très marquée entre milieux artificialisés et milieux agricoles, illustre les enjeux de gestion dans la région de Grenoble, et dans les milieux de montagne en général. Les autres grandes classes d'OS restent stables durant la période étudiée.

Au sein de la SAU, les pratiques majoritairement représentées sont les prairies permanentes (40,7 %) et les successions culturales dominées par la prairie (11,3 %), situées essentiellement au-delà de 800 à 1 000 mètres d'altitude. Puis le long des versants, les successions culturales se diversifient : on y trouve des cultures intercalées ou non avec une ou plusieurs prairies (16 % avec prairie, 9,5 % sans prairie). Dans les zones planes des fonds de vallées du Grésivaudan et de la plaine de la Bièvre se trouvent les espaces de monoculture (9 %), et les cultures pérennes (6,8 %, majoritairement des noyers et fruitiers).

La description des dynamiques agricoles sur cinq ans met en avant la gestion extensive de la plupart des surfaces agricoles. Ces pratiques de gestions confèrent aux terres agricoles une importance écologique particulière

et un aspect multifonctionnel. Nous observons toutefois une forte ségrégation entre les milieux de plaine fortement intensifiés et les secteurs de coteaux et montagne où l'agriculture est moins intensive.

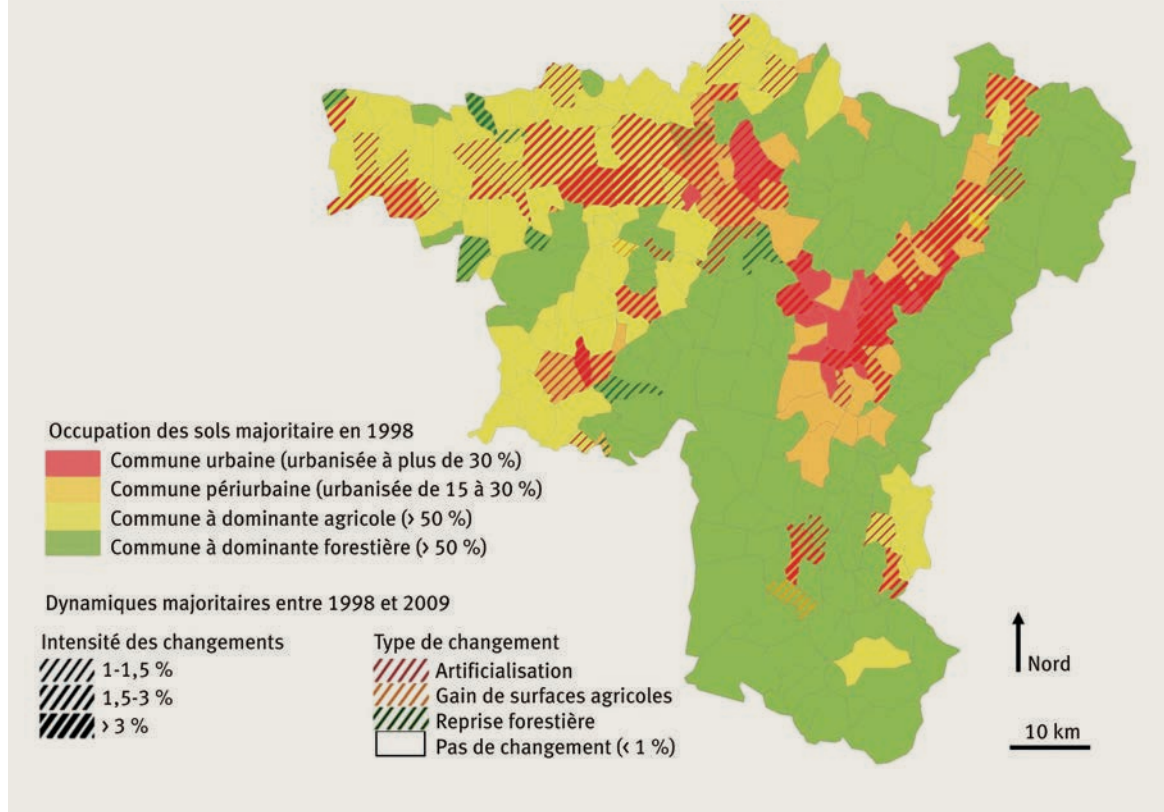
**Analyse synthétique de la dynamique des communes du bassin de vie grenoblois**

La typologie des dynamiques paysagères, agrégée à l'échelle communale a permis de caractériser de manière synthétique les principales dynamiques observées. La figure ③ présente, par commune :

- la typologie de l'OS majoritaire en 1998 (les communes à dominante urbaine, périurbaine, agricoles, ou forestières) ;
- le type de changement le plus important observé au cours de la période 1998-2009 (étalement urbain, gain d'espaces agricoles, reprise de la forêt, ou aucun changement < 1 %) ;
- l'intensité des changements (de 1 à 1,5 %, de 1,5 à 3 %, plus de 3 %).

Le résultat cartographique souligne la prédominance urbain/périurbain du secteur du « Y » grenoblois, bien que la présence d'espaces agricoles ne soient pas négligeables. Cette carte met en évidence l'importance de l'urbanisation durant la période 1998-2009, qui s'effectue essentiellement dans les vallées du « Y » grenoblois, mais également dans la plaine de la Bièvre et le Voironnais. Il en résulte une forte perte des terres agricoles puisque l'artificialisation s'effectue quasi-exclusivement au détriment des espaces agricoles. Au sein de communes rurales ou forestières périphériques au « Y » grenoblois, on note parfois un gain de SAU assez élevé pour apparaître dans cette analyse synthétique. Enfin, la plupart du temps, les communes à dominante forestière sont très stables au cours de la période étudiée, témoignant d'une progression de la forêt au cours de la première moitié du vingtième siècle.

⑤ Carte synthétique des grandes dynamiques d'occupation des sols observées dans le bassin de vie de Grenoble.



## Discussion

### Contribution de la base de données cartographique à la modélisation des services écosystémiques

Les différents résultats cartographiques obtenus constituent une contribution majeure aux travaux conduits dans le cadre du projet ESNET. En effet, l'ensemble des modèles de SE développés dans ce projet intègre une variable d'occupation et d'utilisation des sols (de manière plus ou moins dominante dans le processus de modélisation) basée sur la carte détaillée développée dans cette étude. Le niveau le plus fin de la typologie est toujours le niveau privilégié dans les modèles de SE renseignant un seul type de milieu (milieu agricole, milieu forestier, etc.). L'effort fourni en terme de typologie et de résolution spatiale pour constituer cette base de données apporte donc un gain direct aux travaux de modélisation spatiale des SE.

Dans le cadre du projet ESNET, ce sont les modèles d'approvisionnement (énergie produite par les cultures et fourrages, stock et production de bois), de régulation (stock de carbone, pollinisation), de récréation, qui ont été les plus significativement impactés par l'apport de cette base de données dans la description cartographique de l'OS/US. En effet, ces services ont été décrits et cartographiés à partir de modèles de fusion de données spatialisées ou de modèles basés sur la structure du paysage de la zone d'étude.

Cependant, ce travail comporte certaines limites notamment typologiques. En effet, les milieux forestiers et semi-naturels sont décrits à l'échelle des peuplements pour les espaces boisés, les landes, espaces ouverts et milieux semi-naturels, aucune description des usages ou des types de végétation n'a été possible. L'usage de la

télé-détection à haute résolution spatiale et temporelle apparaît alors comme une piste intéressante pour caractériser plus finement la végétation et sa structure au sein de ces milieux.

Enfin, un tel travail de cartographie, par fusion de données existantes, complétée par de l'analyse de données de télé-détection requiert des compétences spécifiques. Les services SIG (système d'information géographique) des gestionnaires des territoires comportent déjà bon nombre d'informations spatialisées et de compétences requises pour produire des travaux similaires. Lorsque ce n'est pas le cas, des collaborations sont toujours possibles à des échelles locales avec des partenaires scientifiques dans le cadre de projet de recherche, et contribuent ainsi à développer des recherches intégrées en écologie et environnement.

## Conclusion

La fusion de données hétérogènes spatialisées s'est avérée être une méthode efficace pour produire une base de données à la typologie et la résolution spatiale très fine, sur un pas de temps de onze années et une étendue spatiale de 4450 km<sup>2</sup>. Cette approche a permis d'élaborer une description précise de l'OS/US et ainsi d'améliorer significativement les données d'entrée des modèles de SE. L'identification des évolutions récentes de l'OS nous a permis de comprendre les trajectoires temporelles caractéristiques de notre site d'étude, de les quantifier et de les spatialiser de manière précise. Cela représente une information précieuse pour la mise en place des modèles et projections de l'OS à l'horizon 2040, qui fait l'objet de l'article de Longaretti *et al.* (p. 52-57 de ce même numéro). ■

## Les auteurs

### Clémence VANNIER, Rémy LASSEUR et Sandra LAVOREL

UGA/CNRS, INEE, Laboratoire d'écologie alpine,  
UMR 5553, BP 53, F-38041 Grenoble Cedex 9, France

✉ [vannier.clemence@gmail.com](mailto:vannier.clemence@gmail.com)

✉ [remy.lasseur@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:remy.lasseur@univ-grenoble-alpes.fr)

✉ [sandra.lavorel@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:sandra.lavorel@univ-grenoble-alpes.fr)

### Jérémy LEFEBVRE

INRIA Grenoble Rhône-Alpes, STEEP,  
655 Avenue de l'Europe,  
F-38330 Montbonnot, France

✉ [jeremy.lefebvre@inria.fr](mailto:jeremy.lefebvre@inria.fr)

### Baptiste NETTIER

Université Grenoble Alpes, Irstea, UR DTGR,  
Centre de Grenoble,  
F-38402 St-Martin-d'Hères, France.

✉ [baptiste.nettier@irstea.fr](mailto:baptiste.nettier@irstea.fr)

### Pierre-Yves LONGARETTI

1. UGA/CNRS-INSU, Institut de planétologie  
et d'astrophysique de Grenoble (IPAG), UMR  
5274, BP 53, F-38041 Grenoble Cedex 9, France.

✉ [pierre-yves.longaretti@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:pierre-yves.longaretti@univ-grenoble-alpes.fr)

2. INRIA Grenoble Rhône-Alpes, STEEP,  
655 Avenue de l'Europe,  
F-38330 Montbonnot, France

✉ [pierre-yves.longaretti@inria.fr](mailto:pierre-yves.longaretti@inria.fr)

## EN SAVOIR PLUS...

Rapport relatif aux travaux de SIG et base de donnée présentés :

📖 **LEFEBVRE, J.**, 2014, *Méthodes, cartographies et analyses des dynamiques des modes d'occupation des sols sur le bassin d'emploi de la région grenobloise entre 1998 et 2009*, Rapport d'activité, INRIA Grenoble, équipe STEEP, 121 p.

Sur les questions thématiques des paysages, trajectoires de changements paysagers et futurs des paysages et de la biodiversité :

📖 **TAPPEINER, U., BORSODORF, A., TASSER, E.**, 2008, *Mapping the Alps*, Spektrum Akademischer Verlag. ed, Die Deutsche Bibliothek. Heidelberg.

📖 **VERBURG, P.H., VAN BERKEL, D.B., VAN DOORN, A.M., VAN EUPEN, M., VAN DEN HEILIGENBERG, H.A.R.M.**, 2010, Trajectories of land use change in Europe: a model-based exploration of rural futures, *Landsc. Ecol.*, n° 25, p. 217-232, doi:10.1007/s10980-009-9347-7

📖 **ZIMMERMANN, P., TASSER, E., LEITINGER, G., TAPPEINER, U.**, 2010, Effects of land-use and land-cover pattern on landscape-scale biodiversity in the European Alps, *Agric. Ecosyst. Environ.*, n° 139, p. 13-22, doi:10.1016/j.agee.2010.06.010

Sur la question de l'implication de la télédétection pour la cartographie des services écosystémiques :

📖 **YANU, Y.Z., CONRAD, C., NAUSS, T., WEGMANN, M., KOELLNER, T.**, 2012, Quantifying and Mapping Ecosystem Services Supplies and Demands: A Review of Remote Sensing Applications, *Environ. Sci. Technol.*, n° 46, p. 8529-8541, doi:10.1021/es300157u