

Intitulé du projet : Les graphes paysagers pour identifier et gérer les réseaux écologiques :
quelles modalités d'application ?

Encadrant HDR : Jean-Christophe Foltête

Co-encadrant ou co-directeur :

I. Description du projet

A. Contexte et problématique

Les changements d'usage du sol liés à l'étalement urbain, la densification des réseaux de transport, l'intensification et la déprise agricoles modifient la fonctionnalité des habitats dont les espèces animales et végétales sont tributaires. Le changement climatique s'ajoute à ces facteurs, en imposant une modification des aires de répartition des espèces. La survie de ces espèces dépend donc de leur capacité à se déplacer pour s'adapter aux nouvelles conditions, ce qui rend cruciale la question des réseaux écologiques.

Les réseaux écologiques désignent à la fois les configurations paysagères qui favorisent les flux biologiques et les mesures d'aménagement qui visent à maintenir et restaurer ces flux (Mougenot et Melin, 2000). Ils sont promus par la politique environnementale européenne (Jongman, 1995) et se déclinent en France sous la forme des Trames Vertes et Bleues (TVB), dispositif phare du Grenelle 2 de l'Environnement. Dans leur définition générale, les TVB se composent des « cœurs de biodiversité », zones à fort potentiel biologique reliées par des « corridors de déplacement », où s'effectuent les flux biologiques entre les cœurs.

Les TVB s'intègrent à plusieurs niveaux de la planification et de l'aménagement du territoire, du niveau national où une stratégie a été définie pour l'ensemble du territoire métropolitain, jusqu'au niveau local dans les Schémas de Cohérence Territoriale (SCOT) et les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU). Placée de façon intermédiaire, l'échelle régionale constitue un niveau clé, par la mise en place des Schémas Régionaux de Cohérence Ecologique. En raison des forts enjeux associés à la définition des TVB, leur mise en place s'est amorcée par le biais de larges concertations entre les acteurs concernés (collectivités, services de l'Etat, associations naturalistes, professions agricole et sylvicole, fédérations de chasse, etc.). Cependant, la mise en place concrète des TVB présente de nombreuses difficultés (Vimal et Mathevet, 2011 ; Vimal et al., 2012), dans l'élaboration des documents cartographiques précisant les zones à enjeux, dans la définition et la hiérarchisation des actions à mener, et dans l'obtention de compromis entre la protection de la biodiversité et les différents usages de l'espace.

Dans ce contexte, le projet de thèse questionne la place de la modélisation spatiale dans le processus d'identification des TVB et sa pertinence comme instrument d'aide à la décision. Partant spécifiquement de la méthode des « graphes paysagers » (voir section B), le projet adresse plus précisément questions suivantes :

- y a-t-il concordance entre les résultats fournis par ces méthodes et les TVB définies par concertation entre acteurs ? On peut en effet s'interroger sur le degré de ressemblance entre ces documents et les résultats issus de graphes paysagers abordés à l'échelle de communautés d'espèces et de trames multiples.

- comment les graphes paysagers peuvent-ils être mobilisés pour identifier et cartographier les TVB ? De quelle façon gérer la multiplicité des espèces et quel niveau d'appréhension de la biodiversité faut-il privilégier (espèces, communautés) ?

- peut-on imaginer une approche mixte, plaçant le modèle comme un objet de médiation entre tous les acteurs ? Quels sont les éléments et les étapes du modèle pouvant donner lieu à une phase de concertation ? Quels aspects du modèle constituent les points de résistance à son appropriation

par les acteurs des TVB ?

- les graphes paysagers offrent-ils un avantage spécifique pour aborder l'articulation entre les échelles spatiales ? Quelles passerelles faut-il établir entre les différentes échelles territoriales et l'amplitude spatiale des flux biologiques (déplacement quotidien, dispersion, migration) ?

L'hypothèse principale sous-jacente à ces questions est que la modélisation spatiale peut constituer à la fois un outil de concertation et d'aide à la décision, sous certaines conditions de légitimité scientifique et de capacité à être appropriée par des non scientifiques.

B. Méthodologie

Modélisation

La modélisation spatiale est un moyen d'estimer la connectivité fonctionnelle potentielle (i.e. flux biologiques), à partir d'hypothèses sur la structure et la configuration des habitats de la faune. La base méthodologique choisie dans ce projet est une forme de modélisation reposant sur la théorie des graphes (les graphes paysagers) qui a émergé dans les années 2000 (Urban et Keitt, 2001). Cette approche est reconnue pour offrir un compromis intéressant entre une relative simplicité des données d'entrée et une bonne capacité à représenter les flux potentiels (Calabrese et Fagan, 2004 ; Urban et al., 2009). Un graphe paysager est un modèle spatialement explicite composé d'un ensemble de taches d'habitat dont dépend une espèce, reliées par des liens qui représentent une probabilité de déplacement (Galpern et al., 2011). Les graphes paysagers offrent l'avantage d'une structure mathématique simple qui se prête à de multiples analyses, notamment pour l'aménagement et la conservation : priorisation et hiérarchisation des éléments pour orienter les politiques de conservation, identification des lieux les plus stratégiques pour augmenter le niveau de connectivité d'un réseau, estimation de l'impact écologique d'un projet d'aménagement sur la connectivité des habitats (Foltête et al., 2014).

Lien entre modélisation et acteurs territoriaux

Les interactions entre acteurs territoriaux (aménageurs, gestionnaires, décideurs, etc.) et la construction des graphes paysagers seront étudiées à travers le prisme de la modélisation d'accompagnement (Etienne, 2010), une forme particulière de modélisation participative (Voinov et Bousquet, 2010).

Terrains d'étude et données

Dans ce projet, les terrains d'études privilégiés seront définis à plusieurs niveaux, partant de l'échelle régionale. L'articulation entre échelle régionale, SCOT et PLU sera abordée. Un des terrains abordés sera la Région Bourgogne Franche-Comté et le SCOT de Besançon, pour lesquels de nombreuses données sont déjà constituées, mais d'autres régions seront aussi étudiées.

Le travail sera facilité par l'accès récent aux données des Schéma Régionaux de Cohérence Ecologiques de toutes les régions françaises, harmonisées et diffusées par le Muséum National d'Histoire Naturelle. Les données d'occupation du sol et les données topographiques seront produites à partir des procédures établies à THÉMA pour combiner les bases de données de l'IGN, les registres parcellaires agricoles et les autres données utiles pour caractériser les réseaux écologiques.

C. Enjeux et résultats attendus

Ce projet de thèse propose de se focaliser sur la façon dont les outils construits par les scientifiques peuvent contribuer à orienter les mesures d'aménagement et de conservation des réseaux écologiques. Il se place à l'interface entre les sphères scientifiques et opérationnelles, avec pour objectif de contribuer à une amélioration de la planification et de la gestion des continuités

écologiques par les acteurs de l'aménagement du territoire. Cette passerelle répond à une attente sociétale importante, car la mise en œuvre et la gestion des TVB s'accompagne d'une forte demande de la part des gestionnaires pour disposer d'outils d'aide à la décision (hiérarchisation des enjeux de conservation ou de restauration). Parallèlement, les scientifiques accumulent des connaissances et développent des compétences, dont le foisonnement ne facilite pas toujours la valorisation ; à cet égard, le projet vise aussi à renforcer le dialogue entre recherches fondamentales et appliquées, pour que l'intérêt et les limites des outils que les scientifiques peuvent transférer aux gestionnaires soient mieux connus.

Les principaux résultats attendus sont :

- un protocole méthodologique reproductible permettant de définir des réseaux écologiques multi-habitats et multi-échelles à partir d'une base d'occupation du sol.
- un comparatif entre les TVB définies par concertation et les TVB produites par la modélisation, pour identifier les points forts et points faibles des deux approches et envisager un éventuel couplage.
- la définition d'un cadre pour intégrer la méthode des graphes paysagers dans une démarche de modélisation d'accompagnement.

D. Insertion du projet dans les axes de recherche de l'UR

La thèse s'intègre dans un champ de recherche qui a émergé au sein de l'UMR ThéMA à partir de 2010 et qui a déjà contribué à une production significative : 4 thèses soutenues et 1 en cours, 1 post-doctorat, 1 logiciel et des cycles de formations soutenus par CNRS-Formation Entreprises. Dans le projet quinquennal 2017-2021 du laboratoire, la recherche sur les réseaux écologiques est un élément important de l'axe « Paysage et cadre de vie », en lien avec d'autres thématiques : dimension esthétique du paysage, analyse des jeux d'acteurs territoriaux.

E. Partenariats éventuels, environnement scientifique

La thèse pourra s'appuyer (1) sur les collaborateurs directs de ThéMA dans le domaine des réseaux écologiques (Céline Clauzel, UMR Ladyss, Yohan Sahraoui, Labex COTE) ; (2) sur un réseau de partenaires constitué depuis plusieurs années par l'équipe : Conservatoire Botanique de Franche-Comté, LPO Franche-Comté, ARP-Astrance (cabinet conseil parisien pilotant actuellement un stage sur le sujet), laboratoire CESCO au Muséum National d'Histoire Naturelle.

La recherche s'appuiera également sur le service de développement informatique de ThéMA, en particulier sur les compétences de Gilles Vuidel qui développe le logiciel Graphab 2.0. (<http://thema.univ-fcomte.fr/productions/graphab/fr-home.html>). Cet outil utilisé dans tous les travaux produits constituera une des principales bases méthodologiques de la thèse. Sur le plan géomatique, les outils conçus par Damien Roy pour cartographier l'occupation du sol à haute résolution de façon semi-automatique dans toutes les régions françaises seront aussi mobilisés.

F. Bibliographie

- Bergsten A. & al., 2013. To model the landscape as a network: A practitioner's perspective. *Landscape and Urban Planning* 119: 35-43.
- Calabrese J.M. & al., 2004. A comparison-shopper's guide to connectivity metrics. *Frontiers in Ecology and Environment* 2: 529-536.
- Etienne M., 2010. La modélisation d'accompagnement, une démarche participative en appui au développement durable. Quae Editions.
- Foltête J.C., Clauzel C., Vuidel G., 2012. A software tool dedicated to the modelling of landscape networks. *Environmental Modelling and Software* 38: 316-327.
- Foltête J.C., Girardet X., Clauzel C., 2014. A methodological framework for the use of landscape graphs in land-use planning. *Landscape and Urban Planning* 124:140-150.

- Galpern P., Manseau M., Fall A., 2011. Patch-based graphs of landscape connectivity: A guide to construction, analysis and application for conservation. *Biological Conservation* 144: 44-55.
- Mougenot C., Melin E., 2000. Entre science et action : le concept de réseau écologique. *Nature, Science, Société* 8 : 20-30.
- Urban D.L., Keitt T.H., 2001. Landscape connectivity: a graph theoretic approach. *Ecology* 82, 1205–1218.
- Urban D.L., Minor E.S., Treml E.A., Schick R.S., 2009. Graph models of land mosaics. *Ecology Letters* 12, 260–273.
- Vimal R., Mathevet R., 2011. La carte et le territoire: le réseau écologique à l'épreuve de l'assemblée cartographique. *Cybergéo*, 572.
- Vimal R., Mathevet R., Thompson, J.D., 2012. The changing landscape of ecological networks. *Journal of Nature Conservation* 20, 49–55.
- Voinov A., Bousquet F., 2010. Modelling with stakeholders. *Environmental Modelling and Software* 25, 1268–1281.
- Zetterberg A. & al., 2010. Making graph theory operational for landscape ecological assessments, planning, and design. *Landscape and Urban Planning* 95: 181-191.

II. Présentation de l'encadrant

Jean-Christophe Foltête, professeur de géographie, laboratoire ThéMA (19/08/1967), spécialisé dans les méthodes d'analyse paysagère. Il a piloté depuis 2009 6 contrats de recherches sur la modélisation des réseaux écologiques : 2 sur l'impact des infrastructures (programme ITTECOP, MEDDE) et 1 sur les TVB en milieu rural (programme DIVA, MEDDE), 3 autres contrats (FRB, région de Franche-Comté, FEDER). Production de 20 articles dans le domaine, dont 18 en revue internationale.

A. Nombre de thèses encadrées soutenues les 5 dernières années : 4

B. Nombre de thèses encadrées en cours : 2 (1 à l'ED SEPT, 1 l'ED HES)

C. Nombre de contrats doctoraux encadrés obtenus dans les 2 dernières années : 1 (CAGB)

D. Nombre d'abandons de thèse au cours des 5 dernières années : 0