

Vague B :
Campagne d'évaluation 2015 - 2016

Unité de recherche ThéMA

Dossier d'évaluation

Nom de l'unité : Théoriser et Modéliser pour Aménager
Acronyme : ThéMA UMR 6049

Nom du directeur pour le contrat en cours : Jean-Christophe Foltête
Nom du directeur pour le contrat à venir : Jean-Christophe Foltête

Type de demande :

Renouvellement à l'identique ☒

Restructuration ☐

Création ex nihilo ☐

Établissements et organismes de rattachement :

Liste des établissements et organismes de l'unité de recherche pour le prochain contrat (tutelles) :
- CNRS
- Université de Franche-Comté
- Université de Bourgogne

Choix de l'évaluation interdisciplinaire¹ de l'unité de recherche :

Oui ☐

Non ☒

¹ L'évaluation interdisciplinaire concerne les unités de recherche dont les activités relèvent au minimum de deux disciplines appartenant à des domaines scientifiques différents (SHS, ST, SVE).

Sommaire

1. PRESENTATION DU LABORATOIRE.....	5
1.1. Politique scientifique.....	5
1.2. Profil d'activités.....	7
1.3. Organisation et vie de l'unité de recherche	7
1.4. Faits marquants.....	11
2. REALISATIONS DU LABORATOIRE THEMA	14
2.1. Bilan global du laboratoire	14
2.2. Bilan de l'équipe Paysage et cadre de vie.....	19
2.3. Bilan de l'équipe Mobilités, Ville et Transports	24
2.4. Bilan de l'équipe Intelligence territoriale	29
3. IMPLICATION DE L'UNITE DANS LA FORMATION PAR LA RECHERCHE.....	33
3.1. Master GAE « Géographie, Aménagement, Environnement »	33
3.2. Doctorats	34
4. STRATEGIE ET PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES DE L'UNITE	37
4.1. Analyse stratégique du laboratoire	37
4.2. Projet de l'équipe Paysage et cadre de vie	41
4.3. Projet de l'équipe Mobilité, Ville, Transport	44
4.4. Projet de l'équipe Intelligence territoriale.....	48
4.5. Collaborations entre les équipes de ThéMA.....	50
4.6. Références-clés pour le projet du laboratoire.....	52

Dossier scientifique du laboratoire ThéMA

1. Présentation du laboratoire

Le laboratoire ThéMA a été créé en 1994 par la fusion de deux équipes de géographes de l'université de Franche-Comté : le Laboratoire Environnement et Paysage (URA 908, unité associée au CNRS depuis 1978) et l'Institut de Recherche et d'Analyse des Dynamiques Economiques et Spatiales (IRADES). En 1999, ThéMA est devenu une UMR et a pris une dimension inter-régionale en intégrant le Laboratoire de Géographie Sociale de l'université de Bourgogne. En 2004, le laboratoire « Méthodologie et Technologies de l'Information appliqués aux SHS » (MTI@SHS) a rejoint à son tour l'unité, sous la forme d'une équipe de recherche technologique. De 2004 à 2011, la configuration de ThéMA s'est organisée en cinq entités internes : quatre équipes thématiques et une équipe technologique. Peu avant le contrat en cours, en 2011, une restructuration interne a conduit à l'organisation actuelle en trois équipes thématiques : (1) Paysage et cadre de vie (PCV), (2) Mobilités, Ville et Transports (MVT), (3) Intelligence Territoriale (IT).

1.1. Politique scientifique

Thèmes principaux et positionnement de l'unité

Le champ de recherche de ThéMA est l'analyse des structures et dynamiques spatiales par le biais d'approches modélisatrices, dans une perspective d'aide à la décision en aménagement du territoire. Il s'agit d'observer, modéliser et simuler les processus à l'œuvre dans l'espace géographique, avec une vision prospective. Le libellé « Théoriser et Modéliser pour Aménager » défini en 1994 représente toujours avec autant de pertinence l'orientation scientifique principale et la spécificité du laboratoire.

Les activités de ThéMA couvrent un large spectre, de la recherche fondamentale à la recherche appliquée. Elles comprennent des démarches théoriques (modèles urbains, formalisation de jeux d'acteurs, ontologies de l'information géographique), des protocoles originaux d'acquisition de données sur le terrain (relevés en milieu arctique), la conception et le développement de méthodes de modélisation (métriques spatiales et paysagères, outils de simulation). Cet investissement conceptuel et méthodologique n'est pas considéré comme une fin en soi : il est mis au service d'applications répondant à des questions opérationnelles. Celles-ci concernent globalement l'aménagement et la gestion du territoire, vus comme des leviers d'action pour la mise en œuvre d'un développement durable. Ainsi, les modèles de simulation de la croissance urbaine sont utilisés pour identifier des options d'aménagement qui favorisent la ville durable, à la rencontre des critères sociaux (accessibilité aux services, qualité du cadre de vie), économiques (coût du logement et du transport) et environnementaux (nuisances sonores, maintien des réseaux écologiques).

La relation entre la recherche méthodologique et l'action concrète se traduit par le développement de logiciels et d'observatoires territoriaux, outils pour lesquels le laboratoire dispose d'un savoir-faire original. Cette relation est aussi l'objet de recherche de l'équipe intelligence territoriale, qui étudie l'impact des informations sur le territoire, et celui des outils issus de la sphère scientifique sur les pouvoirs locaux et les jeux d'acteurs territoriaux.

Stratégie scientifique du laboratoire

Dans le cadre du projet défini pour le contrat en cours (2012-2016), le laboratoire a orienté sa politique scientifique sur quatre grands axes, en tenant compte des nouveaux éléments ou des changements survenus au cours de la période écoulée. Ces axes sont le renforcement de l'identité du laboratoire, la recherche de synergies internes, le développement d'outils informatiques et l'augmentation du niveau de publication.

Affirmer l'identité du laboratoire et renforcer sa cohérence thématique

Pour renforcer le positionnement de ThéMA parmi les laboratoires moteurs de la géographie théorique et quantitative, il a été décidé d'accentuer la ligne scientifique principale de l'unité sur les activités de recherche liées à l'information géographique (dans toutes ses dimensions), et liées aux outils de modélisation et de simulation spatiale. Cette affirmation de l'identité du laboratoire visait également à améliorer sa cohérence interne, en évitant l'éparpillement des axes de recherche.

À ces fins, le laboratoire a restructuré ses équipes thématiques, passant de 5 équipes à 3 lors du démarrage du contrat en cours. Au-delà de quelques changements d'appartenance individuelle, cette restructuration a surtout concerné l'équipe Intelligence territoriale, qui a rassemblé trois équipes de l'ancienne configuration. Parallèlement, le CEREG a effectué une restructuration au niveau national, qui a conduit à la disparition du centre associé hébergé à ThéMA. Ces changements ont recentré les activités sur des champs de recherche mieux ciblés, et mieux définis au sein des équipes.

Susciter des synergies internes

Initialement, le projet du laboratoire a revendiqué la constitution d'un axe transversal à caractère méthodologique, rassemblant toutes les compétences en modélisation des différentes équipes. Cependant, les méthodes étant le plus souvent spécifiques aux thèmes étudiés, et donc aux équipes, il est apparu plus pertinent de travailler sur les articulations thématiques entre ces équipes, pour faire émerger de nouvelles synergies par association. La recherche de ces synergies internes a été favorisée par la mise en place d'événements communs aux deux sites de l'unité (colloque interne, journées de laboratoire). Cette politique a permis d'établir des passerelles intéressantes (exemples dans le tableau 1).

Action inter-équipe	Equipes associées et thèmes étudiés	
Thèse de Samy Youssoufi, 2011	Equipe Mobilité, Ville, Transport Aménités urbaines	Equipe Paysage et cadre de vie Aménités paysagères
Tannier C, Foltête JC, Girardet X, 2012 <i>Landscape and Urban Planning</i> Thèse de Marc Bourgeois	Equipe Mobilité, Ville, Transport Scénarios de croissance résidentielle, morphologie urbaine	Equipe Paysage et cadre de vie Impact sur les réseaux écologiques
Thèse de Nicolas Lunardi Projet ICONE	Equipe Mobilité, Ville, Transport Simulation de la mobilité quotidienne Simulation de la mobilité résidentielle	Equipe Intelligence territoriale Captage des données de mobilité Impact sur la gouvernance territoriale

Tableau 1. Exemples de collaborations inter-équipes

A titre d'exemple, l'articulation entre les aménités urbaines et les aménités paysagères a été au centre de la thèse sur la satisfaction résidentielle soutenue par Samy Youssoufi en 2011. Le lien entre morphologie urbaine et réseaux écologiques a aussi donné lieu à une intéressante plus-value, avec la publication d'un article faisant la couverture de *Landscape and Urban Planning* en 2012 et, dans le prolongement, la préparation de la thèse de Marc Bourgeois (en cours).

Des coopérations se sont également établies entre les équipes Mobilité, ville, transport et Intelligence territoriale, notamment sur l'analyse des mobilités : la thèse de Nicolas Lunardi (en cours) et le projet ICONE, qui vise à évaluer le rôle des modèles de développement résidentiel sur les décisions réelles en aménagement dans la Communauté d'Agglomération du Grand Besançon.

Développer et diffuser des outils informatiques

Le développement d'outils informatiques n'est pas nouveau à ThéMA, mais il s'est organisé au cours du contrat pour devenir un élément central des productions du laboratoire. Le service informatique a été renforcé par le recrutement de deux personnels CNRS (actuellement 3,5 ETP au total), conférant en interne les compétences de développement d'applications, de calcul scientifique et d'architecture des bases de données.

Plusieurs logiciels d'analyse ou de simulation spatiale ont fait l'objet d'une valorisation au sein de la communauté scientifique, par le biais d'articles méthodologiques et de sites web dédiés, notamment Mup-City, Morpholim, Mobisim, Graphab, LISDQS. Parallèlement, le développement d'observatoires territoriaux (Plateforme 3x20, OPTÉER) a contribué à valoriser le savoir-faire de Théma auprès des collectivités territoriales, services de l'Etat et entreprises privées.

Augmenter le niveau de publication

Une politique d'incitation à la publication internationale a été mise en œuvre pour faire progresser le niveau scientifique du laboratoire. Un système d'entraide interne a permis de mieux préparer les articles soumis aux revues. Par ailleurs, les collaborations avec des collègues de disciplines connexes (notamment en économie et écologie) ont contribué à former certains membres de l'unité dans ce domaine. Le résultat obtenu (61 articles dans de grandes revues internationales) montre le fruit de cette incitation, et indique que les recherches développées à Théma se placent à un haut niveau, sur des questions d'actualité. Ceci contribue à affirmer la reconnaissance du laboratoire sur plusieurs thèmes-clés, et augmente son rayonnement.

1.2. Profil d'activités

Globalement, l'activité du laboratoire est centrée autour de la recherche académique, qui représente plus de la moitié de l'investissement en temps (55% selon le tableau 2, résultant d'une enquête interne). Cependant, une partie non négligeable est consacrée (1) aux interactions avec l'environnement socio-économique, en raison du caractère opérationnel des recherches de Théma, et (2) à la formation par la recherche, liée essentiellement à l'encadrement de doctorants, à un fort adossement du master sur le laboratoire, et à la mise en place d'un cursus de master en ingénierie (CMI) également adossé à l'UMR. Comparativement, l'appui à la recherche est un domaine d'activité moins important en temps de travail (11% en moyenne). L'équipe Paysage et cadre de vie se singularise par rapport au profil moyen du laboratoire, faisant état d'un plus grand investissement en recherche académique (65%). Inversement, l'équipe Intelligence territoriale affiche la plus grande activité en lien avec l'environnement socio-économique, ce qui s'explique par la proximité entre son objet de recherche et les acteurs du territoire.

Equipes thématiques	Recherche académique	Interactions avec l'environnement social, économique et culturel	Appui à la recherche	Formation par la recherche
Equipe Paysage et cadre de vie	65	15	5	15
Equipe Mobilités, ville et transports	50	15	15	20
Equipe Intelligence territoriale	50	20	10	20
Ensemble du laboratoire	55	17	11	17

Tableau 2. Profils d'activités des équipes thématiques (en pourcentages estimés du temps de travail par équipe)

1.3. Organisation et vie de l'unité de recherche

1.3.1. Ressource humaines

L'effectif total du laboratoire est stable depuis plusieurs années, autour de 70 personnes, compte tenu des doctorants, post-doctorants et contractuels. Le laboratoire compte 38 chercheurs et enseignants-chercheurs, ainsi que 19 doctorants et post-doctorants. Le tableau 3 indique la répartition de cet effectif sur les trois équipes thématiques (situation au 1 juin 2015). L'équipe Paysage et cadre de vie est de taille plus réduite que les deux autres, en nombre de personnes, mais compte trois personnels CNRS, ce qui conduit à une répartition relativement équilibrée en termes de capacité de recherche.

Les effectifs en enseignants-chercheurs universitaires ont été quasiment stables durant la période 2010-2015. Le nombre de maîtres de conférences a toutefois augmenté par affiliation de 3 nouveaux collègues venant apporter des compétences en logistique, science politique et économie.

Equipes thématiques	Maître de conférences	Professeur	Chargé de recherche CNRS	Directeur de recherche CNRS	Doctorant et post-doctorant	Total (nb personnes)	Total titulaires (ETP recherche)
Equipe Paysage et cadre de vie	4	2	1	2	5	14	6 (29 %)
Equipe Mobilités, ville, transports	13	3	0	0	9	25	8 (38 %)
Equipe Intelligence territoriale	9	3	1	0	6	19	7 (33 %)
Ensemble du laboratoire	26	8	2	2	19	57	21
Site de Besançon	19	5	2	2	15	43	16 (76 %)
Site de Dijon	7	3	0	0	4	14	5 (24 %)

Tableau 3. Effectifs des chercheurs et enseignants-chercheurs de l'unité (2 personnels émérites comptés).

Les équipes de recherche s'appuient sur plusieurs services communs présentés dans le tableau 4. Ces services comptent 14 personnes : 11 titulaires (totalisant 10 ETP) ainsi que 3 contractuels (situation en juin 2015). Durant le contrat quinquennal, les ressources humaines titulaires des services communs ont augmenté de façon significative, passant de 5,2 à 10 ETP :

- le service administratif et comptable a été renforcé par l'obtention d'un poste CNRS et d'un demi-poste universitaire à Dijon, passant de 1,2 à 2,5 ETP.
- le service informatique est passé de 1,5 à 3,5 ETP, gagnant deux postes CNRS ;
- le service données et cartographie : augmentation de 2 à 3 ETP, deux personnes passant de 50 à 100 % à ThéMA ;
- centre de documentation : effectif stable 1 ETP.

La multiplication par deux des ressources humaines dédiées à l'appui technique et administratif permet au laboratoire de fonctionner de façon satisfaisante et d'offrir aux chercheurs un cadre de travail efficace.

Services communs	Poste	Fonction
Service administratif et financier (+1,3 ETP)	IE CNRS	Gestion administrative et d'aide au pilotage
	TCN Univ. Franche-Comté	Gestion financière
	AI Univ. Bourgogne (50 %)	Gestion financière
Service informatique (+2 ETP)	IR CNRS	Architecture des systèmes d'information
	IE CNRS	Développement d'applications et calcul scientifique
	IE Univ. Franche-Comté (50 %)	Développement et déploiement d'applications
	TCE CNRS	Administration et gestion du réseau informatique
	TCN contractuel	Appui au développement d'applications
Service acquisition et gestion des données, cartographie (+1 ETP)	IE Univ. Franche-Comté	Cartographie et gestion des données spatialisées
	IE Univ. Franche-Comté	Production et analyse de données
	IE Univ. Bourgogne	Traitement analyse et représentation de l'information spatiale
	IE + TCN contractuels	Cartographie et production de modèles d'occupation du sol
Service documentation, bibliographie	TCN Univ. Franche-Comté	Documentation

Tableau 4. Les services communs du laboratoire. Les lignes grisées correspondent à des postes obtenus durant la période 2010-2015 ou à des augmentations de quotité de travail au laboratoire. Les variations d'ETP pour le contrat en cours sont comptabilisées pour les postes titulaires uniquement.

1.3.2. Ressources financières

La dotation du laboratoire s'élève à 62 k€ HT par an, provenant à environ 50% de l'université de Franche-Comté, 30% du CNRS et 20% de l'université de Bourgogne. Cette dotation est stable depuis plusieurs années.

Ces fonds ne sont pas attribués aux équipes thématiques, mais gérés de façon commune pour répondre aux besoins courants d'appui à la recherche, suivant un budget prévisionnel indicatif défini chaque année (figure 1). Le secteur informatique est le premier poste de dépense, ce qui s'explique par la spécialisation du laboratoire en modélisation. Concernant les déplacements et les formations, les demandes financières sont adressées au conseil de laboratoire, et parfois transmises directement à la direction quand une décision rapide s'impose. Les doctorants sont particulièrement concernés par ce soutien financier, leur permettant de se déplacer à des colloques ou de participer à des formations.

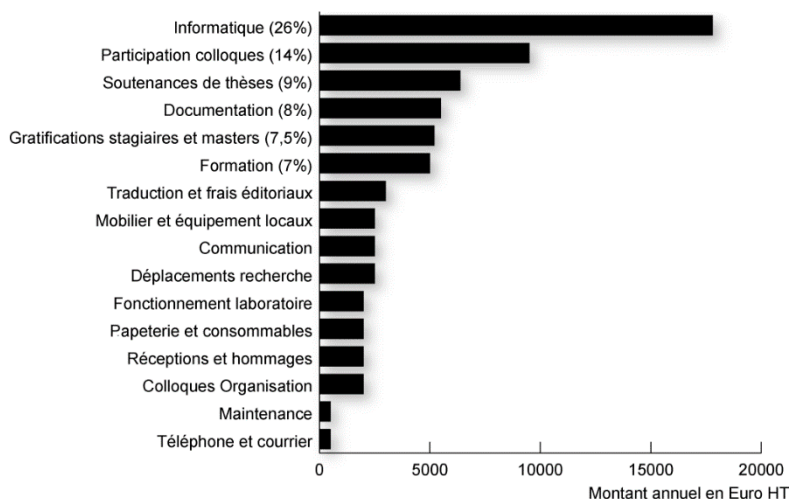


Figure 1. Montant des dépenses annuelles sur le budget commun du laboratoire (exemple de l'année 2013)

Parallèlement à ces dotations, les activités du laboratoire s'appuient sur des contrats de recherche obtenus dans des appels à projets. Pour la période 2010-2015, ces fonds s'élèvent à un total de 2,2 millions € HT, ce qui représente un flux financier moyen d'environ 440 k€ HT par an. Au total, le laboratoire dispose donc de 500 k€ HT par an en moyenne, dont 88% correspond à des projets contractuels. Ces contrats sont pour les deux tiers issus d'appels à projets nationaux (ANR, PREDIT, projets ministériels). Les financements locaux, notamment issus des régions Bourgogne et Franche-Comté, représentent 22%, alors que les projets internationaux contribuent à 12% des financements (figure 2a).

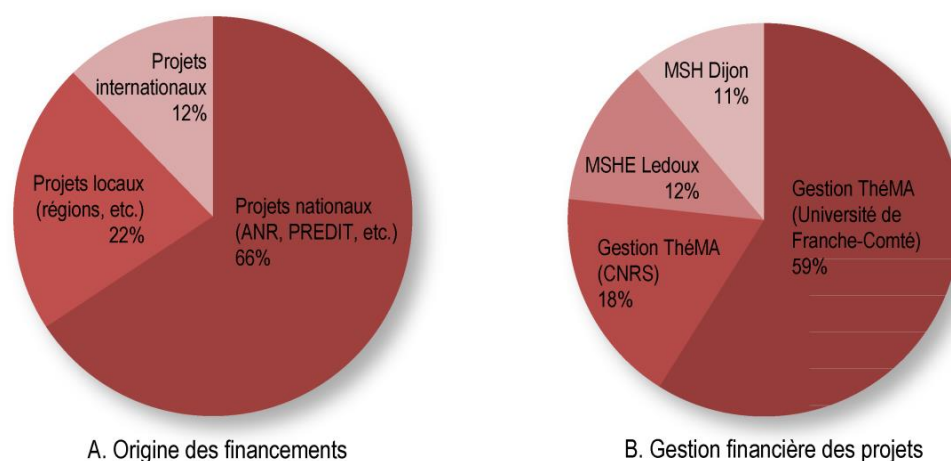


Figure 2. Financements et gestion des programmes contractuels. Les pourcentages sont calculés à partir du volume des contrats en € HT.

77% des projets contractuels sont intégrés directement dans la comptabilité de l'UMR ThéMA (gestion par l'université de Franche-Comté ou le CNRS), alors que 23% sont gérés au sein des Maisons des Sciences de l'Homme des deux régions (figure 2b).

1.3.3. Gouvernance du laboratoire

La gouvernance de ThéMA s'organise en trois niveaux hiérarchiques :

(1) La direction (directeur, directeur-adjoint scientifique et directeur-adjoint aux moyens) pilote et représente le laboratoire.

(2) Le comité de direction rassemble la direction, le responsable du pôle dijonnais et les trois responsables d'équipe. Cette instance est appelée à prendre certaines décisions urgentes ou à échanger rapidement des informations quand l'actualité l'exige.

(3) Enfin, l'instance principale de gouvernance est le conseil de laboratoire. Ce conseil se compose de 15 personnes dont 3 membres de droit, 2 membres nommés et 10 membres élus. Les membres élus se répartissent en 6 chercheurs ou enseignants-chercheurs, 2 personnels administratifs ou techniques, 2 doctorants. Le conseil de laboratoire est réuni environ 8 fois par an. Il est consulté sur les questions administratives, financières et de politique scientifique.

Le « conseil de laboratoire restreint », limité aux 11 chercheurs et enseignants-chercheurs, est réuni quand l'actualité l'exige pour aborder les discussions à fort enjeu, comme le classement des projets (allocations, demandes de financement) et la définition de profils de postes.

1.3.4. Animation interne

Les trois équipes thématiques sont autonomes dans leur animation. Elles organisent des réunions de travail et des séminaires au cours desquels sont abordées les questions de recherche qui leur sont propres. En dehors de cette animation d'équipe, la vie du laboratoire est marquée par deux événements annuels :

- Le **colloque de laboratoire** réunit la totalité de l'unité, les résultats de recherche y sont présentés et débattus, suivant un thème défini à l'avance. Ce colloque a par exemple porté sur les recherches inter-équipes en 2014, et sur les bilans et projets des équipes en 2015. Il se tient habituellement dans les locaux de la MSH de Dijon au mois de janvier.

- Les **journées du laboratoire**, associent une assemblée générale et un séminaire de doctorants sur deux journées pleines. Ces journées se déroulent au mois de juin, au centre RATP de Frasne, dans le Haut-Doubs. Durant un jour et demi, tous les doctorants se succèdent pour présenter leur travail devant l'ensemble du laboratoire. Pendant une demi-journée, l'assemblée générale est l'occasion de faire le bilan de l'année et de discuter des questions de politique scientifique.

1.3.5. Utilisation des plateformes de calcul haute performance (HPC)

La modélisation spatiale exige des temps de calcul importants pour la réalisation de simulations reproduisant des phénomènes complexes, ou faisant intervenir de nombreuses interactions. De plus, les recherches de ThéMA sont en grande partie appliquées à des cas d'étude « en grandeur réelle », qui mobilisent de grandes masses de données. Pour répondre à ces enjeux, les programmes développés au sein du laboratoire sont conçus pour tirer parti des infrastructures HPC fournies par les centres de calcul régionaux : le mésocentre de calcul de l'université de Franche-Comté, le centre de calcul de l'université de Bourgogne ainsi que le calculateur de la MSHE Ledoux. L'usage de ces centres de calcul est devenu indispensable pour les travaux de l'unité, car ils permettent d'accélérer les traitements d'un facteur 10 à un facteur 100. A titre indicatif et pour le mésocentre de l'UFC seulement, les calculs effectués par le laboratoire s'élèvent à 130 000 heures pour l'année 2013, et 160 000 heures pour 2014, soit l'équivalent pour cette dernière année 20 ans de calcul sur un poste classique.

1.3.6. Place de l'unité dans le paysage régional

Le laboratoire ThéMA est fortement investi dans les activités de la MSHE Ledoux (Besançon) et de la MSH de Bourgogne (Dijon), structures qui offrent des plateformes de moyens mutualisés, notamment dans le domaine de la géomatique. Les MSH sont également des terrains privilégiés pour les recherches interdisciplinaires, elles

favorisent les collaborations entre les géographes de ThéMA et les archéologues, économistes, psychologues et écologues d'autres laboratoires.

Au sein des universités de Bourgogne et de Franche-Comté, l'UMR Chrono-Environnement est le laboratoire qui constitue le premier partenaire de ThéMA, offrant un cadre à de multiples collaborations sur des questions de santé, de pollution sonore et atmosphérique, d'écologie du paysage et d'archéologie spatiale. Les chercheurs de ThéMA collaborent également avec des économistes de l'UMR Cesaer (INRA Dijon), des climatologues de l'UMR Biogéosciences et des électroniciens de l'UMR Femto-ST.

Au-delà du cercle régional, de nombreuses collaborations impliquent des partenaires nationaux (notamment les UMRs LVMT à Marne-la-Vallée, LET à Lyon) et internationaux, notamment le laboratoire CORE à Louvain-la-Neuve, le LISER (ex CEPS) au Luxembourg.

1.3.7. Théo Quant

Depuis 1993, ThéMA est l'organisateur des Rencontres de Théo Quant, un colloque biannuel devenu un des rendez-vous de la géographie théorique de quantitative française. Cette manifestation regroupe environ 120 participants et offre un cadre de communication privilégié aux doctorants. Par son caractère fortement méthodologique, ce colloque contribue à asseoir l'identité du laboratoire dans la communauté de la géographie et de l'aménagement. Au cours du contrat actuel, trois sessions ont eu lieu : 2011, 2013 et 2015.

1.4. Faits marquants

Le contrat en cours a vu le laboratoire obtenir des résultats significatifs dans plusieurs domaines qu'il n'est pas possible d'énumérer de façon complète ici. Cinq faits marquants ont été identifiés comme étant les avancées les plus visibles parmi l'ensemble des productions de l'unité.

1.4.1. Renouveau de l'approche fractale des tissus urbains

L'application de la géométrie fractale à l'analyse des tissus urbains fait partie des thèmes développés depuis longtemps au sein du laboratoire, notamment depuis la parution en 1994 de l'ouvrage « La fractalité des formes urbaines » écrit par Pierre Frankhauser. Les recherches menées sur ce thème ont progressé de façon significative durant le contrat en cours, explorant différents aspects de cette approche géométrique originale. Dans la continuité des recherches précédentes, elles ont tout d'abord porté sur l'analyse de plusieurs contextes urbains abordés à différents niveaux d'échelle, par exemple : le rôle des limites étatiques sur la morphologie urbaine dans le cas d'agglomérations en zone frontalière, l'utilisation de la géométrie fractale pour la typologie des quartiers urbains en fonction de leur morphologie, l'analyse comparée de la fractalité du bâti et des réseaux de transport.

Les recherches se sont également renouvelées par l'exploration de nouvelles pistes. Une première a consisté à utiliser la géométrie fractale pour délimiter les agglomérations bâties, problème difficile à résoudre à l'aide de la géométrie euclidienne. Une autre piste a eu pour ambition de considérer la fractalité comme un modèle de forme urbaine, et d'utiliser ce modèle fractal pour la simulation de la croissance urbaine et la proposition de scénarios de développement (*fractal-oriented planning*). Ces pistes sont toujours en cours d'investigation.

Au total, l'ensemble de ces recherches s'est concrétisé par la publication de 7 articles dans des grandes revues internationales (*Environment and Planning B*, *Computers, Environment and Urban Systems*, *Geographical Analysis*, etc.), par plusieurs autres références en français, et par une thèse de doctorat (Claudia Czerkauer). La reconnaissance du caractère original de ces recherches a conduit à la nomination de Pierre Frankhauser à l'Institut Universitaire de France de 2009 à 2014. L'équipe a aussi été sollicitée pour donner des conférences, notamment l'invitation de Pierre Frankhauser à l'université de Beijing (Chine) le 16 novembre 2012.

Enfin ces recherches ont été l'occasion de produire une série d'outils logiciels téléchargeables librement : [Fractalyse](#), [GenFrac](#), [MorphoLim](#), [Package R WLMA](#) (Wavelet Leaders in Multifractal Analysis), MUP-City.

1.4.2. Mise en place de la plateforme de simulation MobiSim

Le contrat en cours a été marqué par la mise en place de [MobiSim](#), une plate-forme de simulation fondée sur une approche individu-centrée. Ce projet ambitieux a joué un double rôle, d'une part au sein de l'équipe Mobilités, ville et transports, et d'autre part comme catalyseur de coopérations entre les trois équipes de l'unité. La construction de cet outil a été soutenue par plusieurs contrats de recherche financés par le programme PREDIT et par l'ADEME. La conception, le développement et le test du logiciel ont mobilisé les ressources d'une équipe importante, et ont constitué le cadre de plusieurs thèses (une thèse soutenue, Joanne Hirtzel, et trois thèses en cours : Maxime Frémond, Vincent Hély et Nicolas Lunardi) et d'un post-doctorat. Elles ont aussi été l'occasion de mettre en place des partenariats avec plusieurs laboratoires : UMRs LET (Lyon), LVMT (Marne-la-Vallée), Chrono-Environnement (Besançon).

MobiSim est un modèle LUTI (land use and transport interaction) dédié à l'analyse des dynamiques urbaines à plusieurs échelles spatio-temporelles (mobilités quotidiennes et résidentielles). Alors que la plupart des modèles classiques effectuent les simulations à un niveau agrégé, Mobisim permet une analyse au niveau individuel des individus et des ménages. Par cette approche, l'équipe a pu valoriser ses connaissances sur les comportements individuels de mobilité (tels qu'observés dans le projet ANR Ecdesup durant le contrat précédent) pour l'analyse prospective du développement urbain via la simulation spatiale.

Cette plateforme de simulation joue actuellement un rôle intégrateur important au sein de ThéMA, notamment :

- (1) pour comparer des scénarios de croissance urbaine sous l'angle de leurs impacts sur la connectivité écologique, dans le cadre de la thèse de Marc Bourgeois (équipe Paysage et cadre de vie, voir point suivant) ;
- (2) pour offrir un cadre potentiel d'aide à décision en aménagement du territoire, dans le cadre du projet ICONE piloté par l'équipe Intelligence territoriale. ICONE porte sur l'étude de l'impact réel des résultats de simulation spatiale sur les décisions d'aménagement prises par la Communauté d'Agglomération du Grand Besançon. Un premier article vient d'être publié à ce sujet dans la revue *Progress in Planning*.

1.4.3. Positionnement sur la modélisation des réseaux écologiques

Les compétences acquises en écologie du paysage durant les contrats précédents ont été réinvesties dans la modélisation des réseaux écologiques, à partir de méthodes fondées sur la théorie des graphes. Ce nouveau champ de recherche a été abordé en collaboration avec des écologues et plusieurs partenaires opérationnels, associations naturalistes et bureaux d'étude. L'élément central de cette action de recherche a été le développement de [Graphab](#), un logiciel spécifiquement dédié à l'identification et l'analyse des réseaux écologiques. Cet outil a été à la fois le réceptacle des avancées méthodologiques issues des travaux de l'équipe, et un vecteur de rayonnement, faisant état de plus de 1200 téléchargements depuis septembre 2012. Parallèlement, deux thèses ont été soutenues dans le cadre de ces travaux (Xavier Girardet et Pierline Tournant) et deux autres sont en cours (Marc Bourgeois et Yohan Sahraoui).

Sur le plan académique, l'équipe a réussi en quelques années à se positionner parmi les 4 ou 5 groupes de chercheurs qui travaillent sur ces méthodes dans le monde, en publiant notamment 12 articles dans de grandes revues internationales (*Landscape Ecology*, *Environmental Modelling and Software*, *Landscape and Urban Planning*, *Journal of Environmental Management*, etc.). Au niveau français, l'équipe a été lauréate au Temps du Bilan du PREDIT dans la catégorie « Environnement, Energie » en 2013. L'ensemble de ces éléments a permis d'amorcer de nouvelles collaborations, notamment avec des chercheurs du Muséum National d'Histoire Naturelle (UMR CESCO), de l'IRSTEA (laboratoire EMAX) et avec des partenaires privés (bureaux d'étude Ecosphère, ARP-Astrance), et d'envisager de nouveaux projets en cours de préparation.

1.4.4. Structuration d'un observatoire de la cryosphère arctique appuyé sur un réseau international

Les recherches en milieu polaire ont connu un important renouveau au cours du dernier contrat. De manière continue depuis 2007, et avec l'appui financier de 3 programmes ANR, l'instrumentation du bassin glaciaire de l'Austre Lovénbreen, au Spitsberg, a permis d'initier un processus aboutissant aujourd'hui à la reconnaissance de ce bassin versant comme un site observatoire privilégié. Les données glaciologiques récoltées font dorénavant partie de l'inventaire mondial du WGMS (*World Glacier Monitoring Service*). Le réseau de capteurs en place permet une connaissance approfondie des dynamiques glaciaires, mais aussi nivologiques, hydrologiques, morphologiques et climatiques.

Sous l'impulsion de Madeleine Griselin et de Florian Tolle, les travaux menés ont permis d'intégrer la communauté scientifique internationale présente au Spitsberg, et de faire valoir les atouts du site étudié. Cette reconnaissance se traduit aujourd'hui au niveau national par l'insertion du terrain d'étude principal au sein de 2 SOERE (Système d'observation et d'expérimentation au long terme pour la recherche en environnement) en glaciologie et en hydrologie. Sur le plan international, l'équipe est désormais impliquée dans plusieurs structures de collaboration et de gouvernance scientifique : co-rédaction du *Ny-Alesund science plan*, participation aux séminaires prospectifs organisés par l'Institut Polaire Norvégien, invitation aux ateliers du *Svalbard Science Forum* concernant les recherches nivologiques, représentant français au sein du groupe cryosphère de l'IASC (International Arctic Science Committee). Cette insertion a conduit à une bonne dynamique de publication puisque les travaux de l'équipe ont été valorisés par 5 articles dans des revues internationales (*International Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *Near Surface Geophysics*, etc.), et ont fait l'objet d'un important effort de communication dans les conférences internationales. Au sein de Théma, le renouvellement des recherches en milieu arctique s'est affirmé par l'arrivée d'Eric Bernard sur un poste de CR CNRS, ainsi que par le recrutement de Sophie Schiavone en 2014 sur un contrat doctoral.

1.4.5. Conception d'observatoires territoriaux : l'observatoire OPTEER

Les recherches menées depuis une quinzaine d'années dans le domaine des systèmes d'information territoriaux consistent à développer et déployer des architectures de données spatio-temporelles pour modéliser le fonctionnement du territoire. Elles aboutissent aujourd'hui à la mise en production d'observatoires territoriaux opérationnels, à partir de travaux conceptuels et méthodologiques ayant donné lieu à 2 thèses et un article dans l'Espace Géographique.

L'une des réalisations illustrant le mieux cette dimension opérationnelle est l'observatoire [OPTEER](#) (Observation, Prospective Territoriale Energétique à l'Echelle Régionale). Cet observatoire est devenu un outil de référence pour l'observation et la prospective territoriale énergétique et environnementale de la Région Franche-Comté. Porté par ATMO FC depuis sa mise en production en 2010 et exploité aujourd'hui par plus de 150 partenaires au niveau régional, il est exploité par les collectivités en charge des Plans Climat Energie Territoriaux. OPTEER est également l'outil de suivi des orientations du Schéma Régional Climat Air Energie. Par sa contribution au programme *ClimactRegions* en 2011, OPTEER fait partie des dispositifs d'observation fondateurs du réseau européen *ENERGee-Watch*. Les travaux menés dans le cadre de ce réseau portent notamment sur la définition d'indicateurs communs entre tous les observatoires régionaux européens membres d'*ENERGee-Watch*.

Cette diffusion est le résultat des efforts importants menés par l'équipe Intelligence territoriale en matière de valorisation des résultats des recherches auprès des acteurs du territoire, et de partenariats noués avec les institutions concernées : ADEME, DREAL, collectivités, opérateurs énergétiques, associations. Ces actions renforcent la dynamique engagée autour des projets à l'interface entre territoires, décision et information, notamment dans les domaines énergétiques (collaborations avec GRDF, EDF), autour des problématiques de mobilité (projet TELEM) ainsi que dans le domaine de l'action sociale (collaboration avec les IRTS).

2. Réalisations du laboratoire ThéMA

2.1. Bilan global du laboratoire

Publications scientifiques

Les travaux menés à ThéMA ont donné lieu aux publications dont le comptage général est présenté dans le tableau 5. En considérant le total des d'éléments référencés par l'HCERES (251 articles, ouvrages, etc.), cette production globale s'avère à peu près stable par rapport aux contrats précédents : elle représente environ 50 éléments par an. Cependant, un changement important apparaît dans la répartition de ces publications, avec une part nettement plus forte pour les publications internationales. L'évolution la plus marquante est le nombre d'articles internationaux, qui a été multiplié par 4 depuis le contrat 2002-2006. Les revues internationales occupent à présent une place dominante dans la production d'articles (64%), alors que cette proportion était de seulement 18% lors du contrat 2002-2006. Parallèlement, la part de chapitres écrits dans des ouvrages internationaux a également augmenté, mais de façon moins spectaculaire. Un autre changement concerne les colloques, où on observe une diminution de la publication d'actes, compensée par l'augmentation des communications sans actes. Enfin, le nombre de thèses soutenues a fortement augmenté, mais cette donnée est à interpréter avec davantage de prudence car il s'agit en partie de thèses commencées lors du contrat précédent.

Type de publication	Période 2010-2015	Rappel 2006-2010	Rappel 2002-2006
Articles dans revue de rang A HCERES*	105	64	72
<i>dont articles dans revue internationale</i>	67 (64%)	18 (28 %)	13 (18 %)
<i>part des articles internationaux dont un membre de ThéMA est premier auteur</i>	54%	44%	15%
Articles dans revue de rang B	34	36	42
Ouvrages scientifiques*	6	7	7
Chapitres d'ouvrage scientifique*	67	64	89
<i>dont chapitres d'ouvrage international</i>	18 (27%)	15 (23 %)	3 (3,4 %)
Directions d'ouvrages scientifiques*	10	9	7
Acte de colloque international*	63	91	48
Acte de colloque national	17	95	76
Communications orales et posters	280	188	115
Thèses soutenues	24	14	16
Habilitations à diriger des recherches	2	3	3
Total éléments référencés HCERES (*)	251	235	223

Tableau 5. Publications produites au cours des trois derniers contrats. Nota : le dernier contrat s'étend sur 5 ans alors que les contrats précédents duraient 4 ans, ce qui nuit à la comparaison des valeurs brutes.

Au total, ces changements montrent une forte évolution des modes de publication (actes de colloques moins fréquents) et aussi le résultat de la politique engagée depuis plusieurs années au sein du laboratoire, favorisant la valorisation scientifique au niveau international. La figure 3 montre cette évolution au cours des 5 derniers contrats, illustrant bien le « boom » des articles internationaux à partir des années 2010. Cette évolution est aussi à rapprocher de la proportion d'articles internationaux dont un membre de ThéMA est premier auteur : passant de 15% en 2002-2006 à 54% pour le contrat en cours, cette proportion révèle l'apprentissage effectué depuis plusieurs années au contact de disciplines publiant exclusivement dans les revues internationales, notamment dans les domaines de l'environnement et de l'économie.

Sans chercher à publier de façon récurrente sur les mêmes supports, les membres de ThéMA se sont adressés à de nombreuses revues dont les lignes éditoriales et les exigences diffèrent. Les 67 articles publiés au niveau international ont été placés dans 51 revues différentes, avec une récurrence maximale de 4 articles dans

Environment & Planning B et 4 dans *Landscape and Urban Planning*. Cette diversité est le signe d'une certaine exploration des larges possibilités offertes par les supports internationaux, elle témoigne également des différentes formes de publication issues des travaux de Théma : propositions méthodologiques ou conceptuelles, résultats thématiques, mise en valeur d'outils informatiques, synthèses, etc.

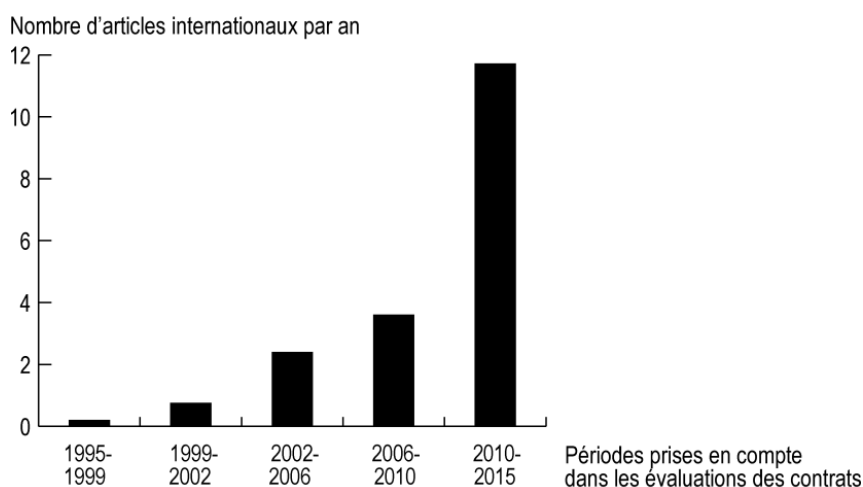


Figure 3. Evolution du nombre d'articles internationaux en fonction des contrats successifs de l'unité.

La composition des publications varie selon les équipes du laboratoire (tableau 6). L'équipe Paysage et cadre de vie offre une production scientifique composée en majeure partie d'articles internationaux (89% des articles) et de chapitres dans des ouvrages rédigés souvent en anglais (50%). Inversement l'équipe Intelligence territoriale a produit des publications surtout en français (à 86% pour les articles et 76% pour les chapitres d'ouvrages), mais a produit 4 ouvrages et réalisé 2 directions d'ouvrages. L'équipe Mobilités, ville et transports offre une production dont la composition se place de façon intermédiaire, incluant une part significative d'articles dans des revues internationales (62%) et un important effort de direction d'ouvrages et de rédaction de chapitres d'ouvrages.

Type de publication	Paysage et cadre de vie	Mobilité, ville, transport	Intelligence territoriale	Publications inter-équipes	Total (sans double compte)
Articles dans revue de rang A HCERES*	47	42	21	5	105
dont articles dans revue internationale	42 (89%)	26 (62%)	3 (14%)	4	67 (64%)
Articles dans revue de rang B	5	18	11	0	34
Ouvrages scientifiques*	0	2	4	0	6
Chapitres d'ouvrage scientifique*	14	39	17	3	67
dont chapitres d'ouvrage international	7 (50%)	7 (18%)	4 (24%)	0	18 (27%)
Directions d'ouvrages scientifiques*	0	8	2	0	10
Acte de colloque international*	11	38	17	3	63
Acte de colloque national	5	6	7	1	17
Communications orales à des colloques	71	120	77	15	253
Posters	21	3	3	0	27
Communications à des séminaires	34	128	30	32	160
Rapports de recherche	8	14	9	10	21
Thèses soutenues	11	7	7	1	24
Habilitations à diriger des recherches	0	2	0	0	2
Total éléments	227	427	205	70	789
Total éléments référencés HCERES (*)	72	128	59	12	251

Tableau 6. Publications 2010-2015 en fonction des équipes. Les publications inter-équipes sont comptées dans chaque équipe des auteurs respectifs (doubles comptes).

Les autres formes de publications ne montrent pas de différence importante entre les équipes, en dehors d'une présence plus marquée de l'équipe Mobilité, ville, transport dans les colloques internationaux. Le nombre de productions inter-équipes reste modéré, équivalent à seulement 5% des publications, toutes catégories confondues. Ceci peut s'expliquer par le fait que les actions inter-équipes mises en place au cours du contrat n'ont pas encore eu le temps de se concrétiser par des publications communes.

Une caractéristique des publications produites par le laboratoire est leur aspect fortement interdisciplinaire. Sur la totalité des 789 éléments répertoriés, 40% ont été réalisées en partenariat avec des disciplines extérieures à la géographie. La répartition des disciplines avec lesquelles les membres de l'unité collaborent montre une grande diversité, où coexistent trois principaux domaines : sciences humaines et sociales, sciences de la nature et sciences pour l'ingénieur (figure 4a). L'économie, l'écologie et les sciences de l'atmosphère sont les disciplines avec lesquelles les publications ont été réalisées en plus grand nombre. En limitant l'analyse aux 104 articles dits « de rang A » (figure 4b), la répartition des collaborations interdisciplinaires montre une moins grande diversité, où les trois disciplines mentionnées occupent plus de 70% des co-publications.

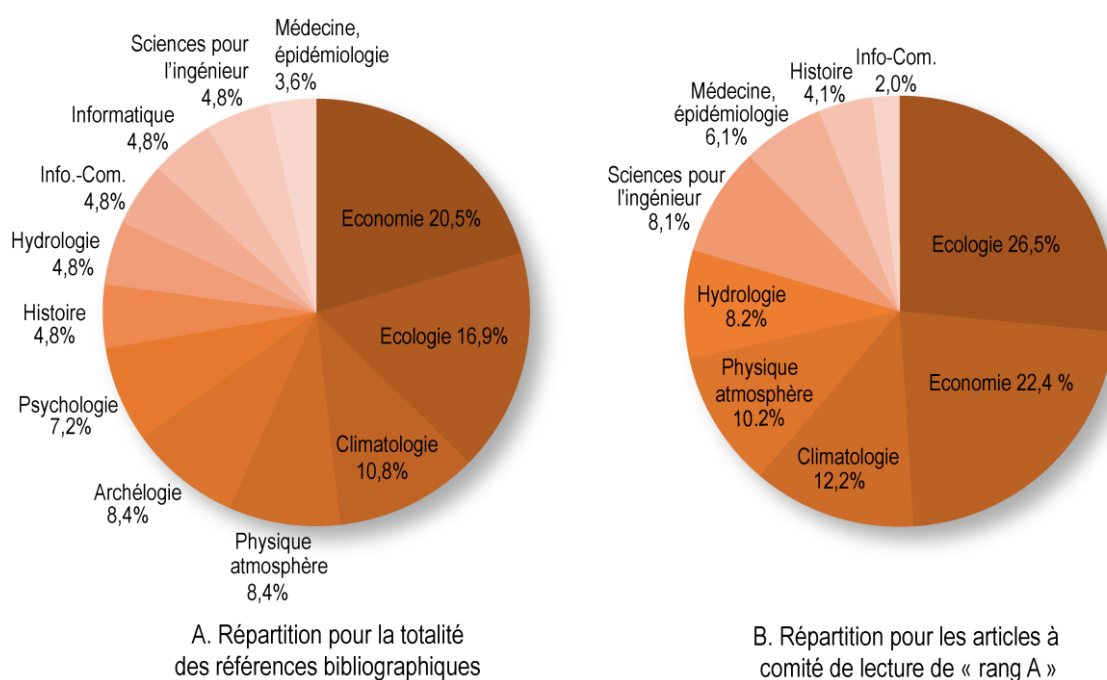


Figure 4. Répartition des publications interdisciplinaires.

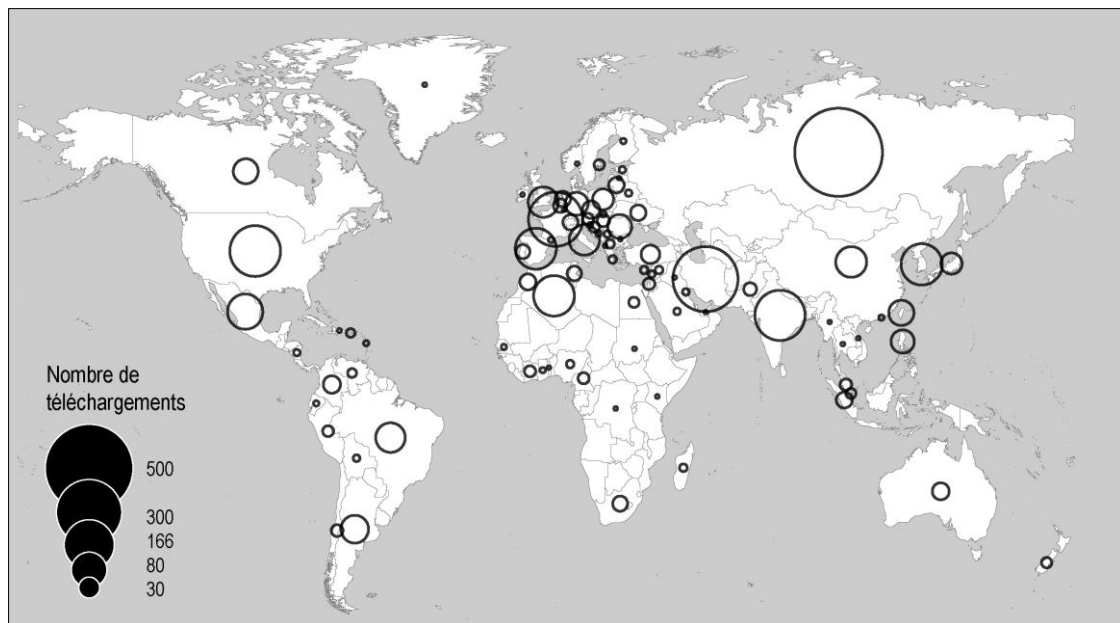
Outils informatiques

Sur le plan informatique, les travaux de l'unité ont porté sur la conception de deux observatoires territoriaux (OPTEER et Plateforme 3x20) et de 17 logiciels développés durant le contrat (tableau 7). Trois d'entre eux ont fait l'objet d'un dépôt officiel et quatre ont été placés en diffusion libre, déposés en Opensource sur la plateforme Sourceforge. Cet important effort de diffusion représente le résultat d'un changement opéré depuis plusieurs années, partant d'une fabrication « artisanale » et relativement fermée, débouchant sur une production mieux organisée et ouverte sur la communauté scientifique.

La diffusion des outils informatiques permet au laboratoire d'avoir un certain rayonnement, au niveau international. A titre illustratif, la figure 5 montre la distribution des téléchargements du logiciel Fractalyse, qui déborde largement du territoire national. La diffusion des logiciels s'appuie également sur des publications qui vont permettre de les valider du point de vue scientifique, et parfois d'en faciliter l'usage. C'est le cas des logiciels S_Ghost (Journal of Geographical Systems, 2011), Graphab (Environmental Modelling and Software, 2012), Morpholim (Geographical Analysis, 2012) et Mup-City (Environment and Planning B, 2012).

Nom	Version	Année	Description	Diffusion	Dépôt
Anaplaste	2.1	2011	Logiciel d'anamorphose scalaire basé sur la résistance des matériaux	Binaire	
Fractalopolis	0.8	2014	Outil d'aide à la décision pour un aménagement fractal	Privé	
GenFrac	1.4.1	2014	Générateur de fractals 2D vectoriels à partir d'IFS	Binaire	
Graphab	1.2.2	2014	Analyse de la connectivité des habitats faunistiques et modélisation des réseaux écologiques	Binaire	
IsoDistAngle	1.2.2	2014	Transformation cartographique de distances et d'angles	Binaire	
MorphoLim	1.4.2	2014	Outil pour déterminer la limite morphologique d'une agglomération suivant une logique fractale	Open source (GPLv3)	
MUP-City	1.1.1	2014	Multi-scale urban planning for a sustainable city	Privé	Oui
Darcy	2.2	2015	Logiciel d'anamorphose vectorielle	Open source (GPLv3)	
Fractalyse	3	2015	Logiciel de mesure fractale	Privé	Oui
Geographer	1.2.2	2015	Analyse exploratoire de données spatio temporelles	Privé	
Graphab	1.3.27	2015	Analyse de la connectivité des habitats faunistiques et modélisation des réseaux écologiques	Privé	
LISDQS	2.4	2015	Logiciel d'interpolation statistique de données quantitatives et spatiales	Privé	Oui
LucSim	1.2.1	2015	Simulation du changement de l'occupation du sol par automate cellulaire	Privé	
MobiSim	1.3.4	2015	Plateforme de simulation pour l'étude prospective du développement urbain	Privé	
PixScope	0.3.3	2015	Logiciel de calcul de visibilité du paysage.	Privé	
Population Synthesizer	1.0	2015	Génération de population synthétique localisée.	Open source (LGPLv3)	
S-ghost	1.2	2015	Self-Generating Housing Open-Space and Transportation	Open source (GPLv3)	

Tableau 7. Logiciels développés durant la période 2010-2015.

Figure 5. Statistiques de téléchargement du logiciel [Fractalyse](#) de 2013 à 2015

Appui à la recherche et expertise

Les membres du laboratoire ont été sollicités dans de nombreux domaines pour effectuer des expertises scientifiques. Une enquête a été réalisée en avril 2015 pour établir un bilan à ce sujet. Au total, on dénombre la présence de collègues dans 10 comités de lecture de revues nationales (dont Cybergéo, Revue internationale de Géomatique) et dans 3 comités de revues internationales (notamment Journal of Transport Geography). Durant le contrat en cours, une bonne partie des chercheurs et enseignants-chercheurs de l'unité a réalisé des

relectures d'articles pour des revues : 47% des membres pour des revues nationales (totalisant 68 relectures), 44% pour des revues internationales (56 relectures). Les revues sollicitant le plus d'expertises sont en général celles dans lesquelles des articles de l'unité ont été publiés (figure 6), incluant des revues internationales comme *Landscape and Urban Planning*, *Environment and Planning B*, *Computers Environment and Urban Systems*, *Journal of Regional Science*.

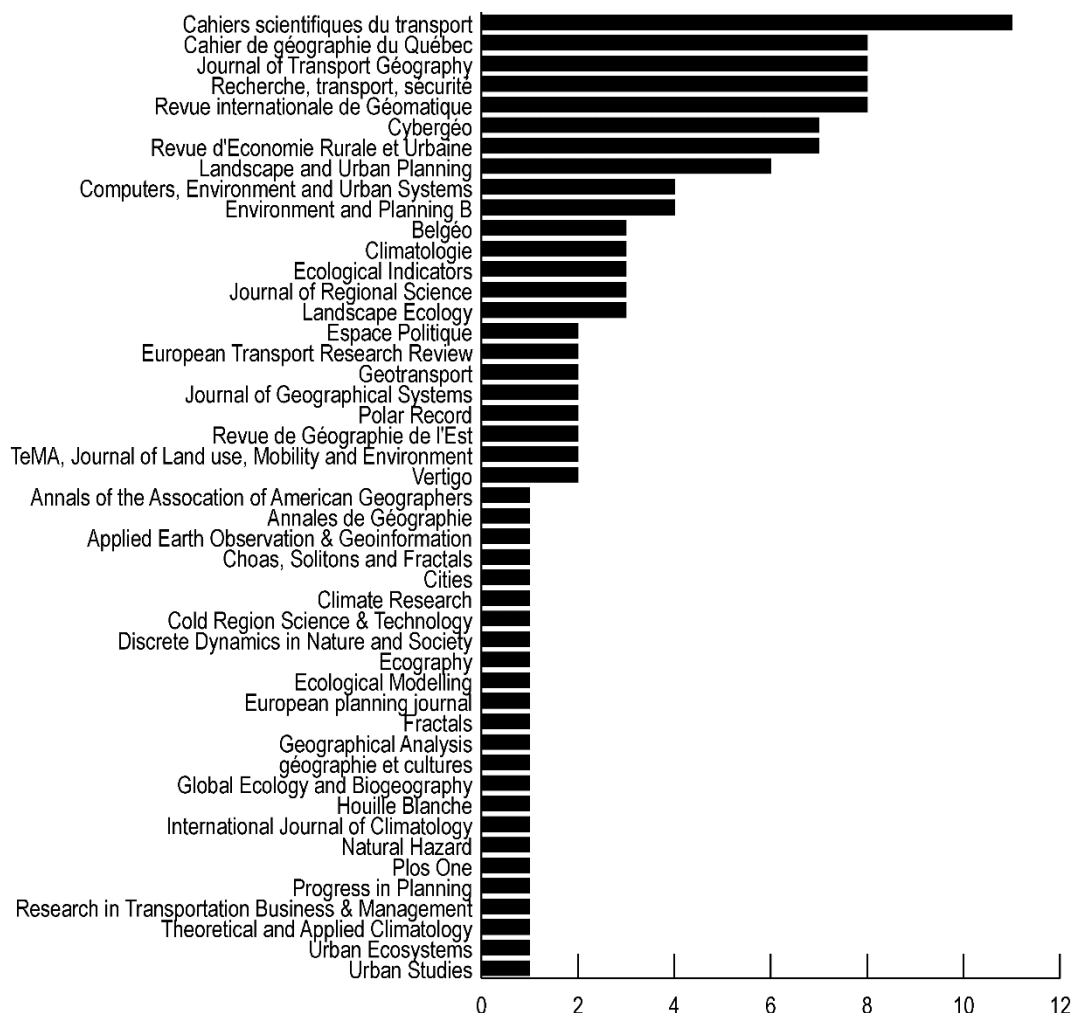


Figure 6. Expertise d'articles dans les revues scientifiques.

Les membres de ThéMA ont aussi été régulièrement partie prenante de comités scientifiques de colloques, 30% d'entre eux pour les colloques nationaux et 20% pour les colloques internationaux. Enfin, ils ont été bien présents pour l'évaluation de dossiers dans le cadre d'appels à projets nationaux (36%), mais peu présents à ce niveau sur la scène internationale (6%).

2.2. Bilan de l'équipe Paysage et cadre de vie

Le paysage est un objet fondamental de la géographie, revendiqué dans les axes scientifiques de nombreux laboratoires de cette discipline. L'originalité de l'équipe est d'analyser le paysage par le biais d'approches quantitatives et instrumentées, avec des méthodes et des outils spécifiques. Dans la plupart des travaux de l'équipe, la notion de métrique paysagère est centrale, qu'elle caractérise le paysage visible ou la configuration des réseaux écologiques. L'enjeu des recherches consiste à relier ces métriques avec la dimension sensible ou fonctionnelle du paysage, impliquant des collaborations avec d'autres disciplines : économistes, psychologues, écologues, hydrologues par exemple. Par ailleurs, les travaux sur le climat concernent en grande partie le milieu arctique (2.2.3.) : l'originalité de ces travaux repose aussi sur les modes d'acquisition des données sur le terrain, utilisant des combinaisons de mesures in situ et à distance.

2.2.1. Paysage visible et aménités spatiales

Objet de recherche

Le paysage est ici abordé dans sa dimension visible, partie prenante du cadre de vie, institué en objet de recherche du laboratoire depuis les années 1980. A partir de méthodes fondées sur l'usage de données numériques, l'équipe contribue à ce champ de recherche en examinant l'articulation entre le paysage vu du dessus (occupation du sol) et le paysage vu du dedans (vision tangentielle), en définissant des métriques paysagères aptes à caractériser les scènes visibles par les observateurs.

Production scientifique

Trois entrées ont été privilégiées pour le contrat en cours : le rôle du paysage dans la mobilité piétonnière (1), le paysage visible autour du lieu de résidence (2), et le paysage dans l'iconographie touristique (3).

Le rôle du paysage comme facteur des choix de mobilité piétonnière a fait l'objet de recherches depuis une dizaine d'années. Les développements récents portent sur la formalisation de méthodes permettant de lier les données de déplacement (agrégées ou individuelles) des piétons et les attributs paysagers des rues dans lesquelles s'effectuent ces déplacements [1, 2].

[1] **Foltête** J.C., Piombini A., 2010. Deviations in pedestrian itineraries in urban areas: a method to assess the role of environmental factors. *Environment and Planning B: Planning and Design* 37, 723-739.

[2] **Foltête** J.C., Piombini A., 2010. Caractériser les déplacements piétons dans leur environnement urbain. In : Banos A., Thévenin T. (dir.), *Mobilités urbaines et risques des transports : approches géographiques*, Hermès-Lavoisier, 89-116.

L'équipe a également continué ses recherches sur le paysage visible autour du lieu de résidence, le paysage étant considéré comme un indicateur de qualité du cadre de vie. Ces travaux ont tout d'abord concerné la valeur économique que les ménages accordent au paysage lors de l'acquisition d'un bien foncier. Dans le cadre d'une collaboration avec des économistes, l'intégration de métriques paysagères dans la méthode des prix hédonistes a montré comment certains éléments visibles jouent positivement ou négativement sur le prix du foncier [3]. Cette approche a été étendue à l'analyse du facteur climatique dans la distribution spatiale des valeurs foncières [4]. Dans une perspective plus proche de la psychologie environnementale, et à partir d'un corpus d'enquête, la thèse de S. Youssoufi a permis d'identifier les facteurs paysagers influant sur la satisfaction résidentielle. Ces travaux ont souligné le rôle de certains éléments (zones arborées, zones artificialisées) dans le paysage, mais ont aussi mis en évidence la difficulté de représenter le paysage quotidien par des métriques [5].

[3] **Brossard** T., Cavailhès J., Hilal M., **Joly** D., **Tourneux** F.P., Wavresky P., 2011. The value of peri-urban landscapes in a French real estate market. In Thériault M., Des Rosiers F. (dir.) *Modeling urban dynamics: mobility, accessibility and real estate value*, ISTE-Wiley, 285-306.

[4] Cavailhès J., **Joly** D., Cardot H., Hilal M., **Brossard** T., Wavresky P., 2012. The price of climate: French consumer preferences reveal spatial and individual inequalities. In: Hoonweg & al. (eds.) *Cities and climate change: responding to an urgent agenda*. The Worldbank, 649-669.

[5] **Youssoufi** S., **Foltête** J.C., 2013. Determining appropriate neighborhood shapes and sizes for modeling landscape satisfaction. *Landscape and Urban Planning* 110, 12-24.

Le paysage a aussi été étudié par le biais de l'iconographie touristique, dans le cadre de la thèse de J.-B. Litot portant sur la diffusion des cartes postales paysagères en Savoie. Ces travaux ont montré comment le double ancrage spatial de ces cartes (point de vente et site représenté) permet d'aborder la question de la représentation, de la délimitation et de la hiérarchie des espaces touristiques [6, 7].

[6] Litot J.B., Foltête J.C., 2012. Postcards: A geographic approach of the diffusion of the landscapes in the territories. *European Journal of Tourism, Hospitality and Recreation* 3: 115-134.

[7] Foltête J.C., Litot J.B., 2015. Scenic postcards as objects for spatial analysis of tourist regions. *Tourism Management* 49: 17-28.

Rayonnement et attractivité académique

Les recherches sur la valeur du paysage ont été effectuées en partenariat avec l'UMR Cesaer (INRA Dijon). Cette collaboration a conduit l'équipe à participer à TRUSTEE, un projet RURAGRI ERA-NET (7^e programme cadre de la commission européenne) qui vise à évaluer les services écosystémiques en milieu rural. Au sein du consortium de 16 partenaires pour 8 pays européens, l'équipe apporte ses compétences sur l'évaluation du paysage, vu ici comme un service culturel (<http://www.trustee-project.eu/consortium/partners/umr-cesaer/>).

Les recherches de l'équipe s'appuient également sur le projet ODIT (Observatoire des Dynamiques Industrielles et Territoriales) financé par des crédits FEDER et géré à la MSHE Claude-Nicolas Ledoux, notamment pour mettre en place un modèle d'occupation du sol multi-date et à haute résolution spatiale.

Les membres de l'équipe ont été sollicités à plusieurs reprises (conférences, tables rondes) lors du 23^{ème} Festival International de Géographie de Saint-Dié portant sur « les facettes du paysage ».

Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

En collaboration avec les UMR Cesaer (INRA), DTM (IRSTEA) et Métafort (INRA - IRSTEA), l'équipe a piloté en 2011 les volets « environnement » et « littoral » d'une étude commandée par la DATAR pour la mise en place d'une nouvelle typologie des campagnes françaises et des espaces à enjeux (<http://www.datar.gouv.fr/territoires-ruraux>). Localement, quatre contrats ont été portés par l'équipe, les deux premiers ayant servi de socle d'application pour la thèse d'Alain Sauter (2011) portant sur le lien entre paysage et politiques publiques, (1) le diagnostic de l'évolution du paysage visible dans la communauté d'agglomération du pays de Montbéliard, (2) le diagnostic préalable à l'élaboration de la charte paysagère de la commune de Morez, (3) la mise en place d'un atlas de la valeur et de la vulnérabilité des espaces agricoles dans le Territoire de Belfort, et (4) d'un atlas de même type sur le département du Doubs.

2.2.2. Paysage et réseaux écologiques

Objet de recherche

A partir des recherches antérieures en écologie du paysage, l'équipe s'est investie dans la conception et l'application des graphes paysagers, méthodes apparues récemment pour modéliser les réseaux écologiques, où les habitats et les corridors de déplacement d'une espèce sont représentés sous forme de graphe. Par leur simplicité et leur bonne capacité à représenter les flux biologiques, ces méthodes ont un grand intérêt pour analyser les relations entre réseaux écologiques et aménagement de l'espace.

Production scientifique

L'équipe a conçu et développé [Graphab](#), actuellement le seul logiciel intégré permettant une analyse complète de graphes paysagers à partir d'une carte d'occupation du sol. Cet outil téléchargeable gratuitement s'adresse autant aux chercheurs qu'aux acteurs concernés par les réseaux écologiques (collectivités territoriales, bureaux d'étude) [1, 2, 3].

[1] 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.

[2] 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.

[3] **Foltête J.C., Clauzel C., Girardet G., Tournant P. Vuidel G.**, 2012. La modélisation des réseaux écologiques par les graphes paysagers. *Revue internationale de Géomatique* 22 : 641-658.

A la fois réceptacle des avancées méthodologiques et vitrine des travaux de l'équipe, Graphab a permis d'obtenir des résultats dans différents domaines :

- impact des grandes infrastructures de transport : estimation des conséquences de l'effet de barrière sur la connectivité des espèces et délimitation des zones où ces espèces sont potentiellement menacées [4, 5], aide à la décision pour la mitigation et la restauration écologique, notamment pour l'implémentation de mares abritant des amphibiens [6], rôle avéré des réseaux écologiques dans le risque de collision faune-véhicules [7] ;
- apport de connaissance en écologie : intégration du critère de connectivité dans des analyses de distribution d'espèce en écologie [8, 9], couplage entre l'approche par graphe et l'analyse de la connectivité fonctionnelle [10] ;
- analyse des liens entre urbanisation et réseaux écologiques : à partir d'un état réel initial, comparaison des impacts potentiels sur plusieurs espèces de différents scénarios de croissance urbaine définis par simulation spatiale [11], quantification du rôle des espaces verts d'entreprise au sein des réseaux écologiques de l'agglomération parisienne [12].
- approches agro-environnementales : utilisation des graphes paysagers pour l'aide à la décision en gestion paysagère et l'orientation des pratiques agricoles visant à mieux contrôler des populations de rongeurs [13].

[4] **Girardet X., Foltête J.C., Clauzel C.**, 2013. Designing a graph-based approach in landscape ecological assessment of linear infrastructures. *Environmental Impact Assessment Review* 42: 10-17.

[5] **Clauzel C., Girardet X., Foltête J.C.**, 2013. Impact assessment of a high-speed railway line on species distribution: Application to the European tree frog (*Hyla arborea*) in Franche-Comté. *Journal of Environmental Management* 127: 125-134.

[6] **Clauzel C., Bannwarth C., Foltête J.C.**, 2015. A planning tool for integrating broad-scale connectivity in habitat restoration: an application to pond creation in eastern France. *Journal of Nature Conservation* 23: 98-107.

[7] **Girardet X., Conryut-Rogéon G., Foltête J.C.**, 2015. Does the regional landscape network influence the location of roadkill hotspots? *European Journal of Wildlife Research*, in press.

[8] **Foltête J.C., Clauzel C., Vuidel G., Tournant P.**, 2012. Integrating graph-based connectivity metrics into species distribution models. *Landscape Ecology* 27: 557-569.

[9] **Tournant P., Afonso E., Giraudoux P., Roué S., Foltête J.C.**, 2013. Evaluating the effect of habitat connectivity on the distribution of lesser horseshoe bat maternity roosts using landscape graphs. *Biological Conservation* 164: 39-49.

[10] **Bergerot B., Tournant P., Moussus J.P., Stevens V., Julliard R., Baguette M., Foltête J.C.**, 2013. Coupling inter-patch movement models and landscape graph to assess functional connectivity. *Population Ecology* 55: 193-203.

[11] **Tannier C., Foltête J.C., Girardet X.**, 2012. Assessing the capacity of different urban forms to preserve the connectivity of ecological habitats. *Landscape and Urban Planning* 105: 128-139.

[12] **Serret H., Raymond R., Foltête J.C., Clergeau P., Simon L., Machon N.**, 2014. Potential contributions of green spaces at business sites to the ecological network in an urban agglomeration. *Landscape and Urban Planning* 131: 27-35.

[13] **Foltête J.C., Giraudoux P.**, 2012. A graph-based approach to investigating the influence of the landscape on population spread processes. *Ecological Indicators* 18: 684-692.

Rayonnement et attractivité académique

En partenariat avec les écologues de l'UMR Chrono-Environnement, les travaux se sont appuyés sur une série de contrats financés par diverses instances : ministère de l'écologie (MEDDE), fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB), fonds européens FEDER (projet ODIT), CNRS, région de Franche-Comté.

Les statistiques de téléchargement du logiciel Graphab font état de plus de 1200 téléchargements en trois ans, provenant du monde entier. Les messages échangés sur le forum montrent à quel point cette application répond à un besoin important de la communauté scientifique. Au début de l'année 2015, les premiers articles utilisant cet outil par des collègues d'autres laboratoires ont été publiés dans les revues *Landscape Ecology*, *Landscape and Urban Planning* (University of Tasmania, Australie), et *River Research and Applications* (University of South Carolina, USA).

A l'issue du contrat Graphab1 (programme ITECOP du MEDDE), les résultats obtenus pour estimer l'impact écologique des infrastructures de transport ont permis à l'équipe d'obtenir le prix du PREDIT dans la catégorie

« Energie-Environnement », attribué au cours du Carrefour final du PREDIT 4, manifestation marquant le terme de six années (2008/2013) de ce programme inter-ministériel.

La question des infrastructures de transport a également trouvé un écho international puisqu'en intégrant le GDRI *Ecosystem Health and Environmental Disease Ecology*, l'équipe a collaboré avec des chercheurs chinois de l'université du Yunnan, sur la connectivité de l'habitat du rhinopithèque de Biet, une espèce rare et menacée par la densification du réseau autoroutier.

Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

L'équipe est entrée en contact avec plusieurs acteurs de l'environnement socio-économique, notamment avec des gestionnaires d'infrastructure, comme Réseau Ferré de France, ou des responsables politiques en charge des transports, lors d'une conférence donnée à l'OCDE (OECD Joint Transport Research Center, 30 mars 2015).

Des partenariats plus importants se sont établis avec des associations naturalistes (LPO Franche-Comté, LPO Isère, Commission de Protection des Eaux) ou en lien avec le monde agricole (FREDON Franche-Comté). Un rapprochement s'est également effectué avec des bureaux d'étude (Ecosphère, Asconit-consultants, ARP-Astrance), intéressés par la capacité des graphes paysagers à répondre aux questions soulevées par la définition des Trames Vertes et Bleues. C'est dans ce même cadre que l'équipe a participé à des expertises pour le Schéma Régional de Cohérence Ecologique de Franche-Comté.

2.2.3. Paysage et changement climatique

Objet de recherche

Les recherches visent ici à mieux comprendre le changement climatique et ses conséquences. Elles consistent à modéliser, par le biais d'outils géomatiques et géostatistiques, certaines variables-clés acquises sur le terrain. Ces variables sont ensuite utilisées pour analyser la dynamique de la cryosphère arctique, et les modifications des distributions botaniques en réponse au changement climatique.

Production scientifique

Sur le bassin versant du glacier Austre Lovén (Spitsberg, Baie du Roi), des données nivo-glaciologiques et climatiques ont été collectées trois fois par an depuis 2007 en associant deux approches :

- mesures in situ, par le biais de relevés de température, de balises à glace et de carottages de neige ;
- mesures à distance, pour estimer la couverture et l'épaisseur de la neige par photographie, LIDAR terrestre et GPR [1], ainsi que l'altimétrie du glacier par DGPS [2].

[1] Bernard E., Friedt J.-M., Saintenoy A., Tolle F., Griselin M., Marlin C., 2014. Where does a glacier end? GPR measurements to identify the limits between the slopes and the real glacier area. Application to the Austre Lovénbreen, Spitsbergen (79°N). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 27: 100-108.

[2] Friedt J.-M., Laffly D., Bernard E., Tolle F., Griselin M., Marlin C., 2012. Limits of using Digital Elevation Models to evaluate glacier mass balance: application to the Austre Lovénbreen (Spitsbergen, 79°N). *Polar Record* 48: 2-10.

L'application des méthodes géomatiques a ensuite permis d'homogénéiser les mesures, recaler les images, puis croiser et traiter ces données hétérogènes. Les indicateurs spécifiques nécessaires au calcul du bilan de masse glaciaire annuel [3] ont été spatialisés précisément en tout point du bassin versant : état thermique du glacier, équivalent en eau du manteau neigeux, mouvement d'éboulis et avalanches sur les versants [4], épaisseur, volume et type de la glace. Une approche analogue a été appliquée en climatologie pour décrire les climats français [5], en biogéographie pour modéliser les interrelations entre la distribution spatiale des plantes et la température [6, 7, 8] et en géographie de la santé [9, 10]. Ces travaux ont conduit l'équipe à proposer des méthodes innovantes pour améliorer les estimations issues de l'interpolation spatiale des variables climatiques [11, 12, 13, 14]. Au-delà des questions d'ordre climatique, ces méthodes ont été appliquées pour analyser la diffusion des particules fines dans l'atmosphère [15].

[3] Quenet M., Marlin C., Griselin M., Tolle F., Friedt J. M., Bernard E., Saintenoy A., Noret A., Monvoisin G., 2015. Water balance estimates of the Austre Lovén glacier catchment (western coast of Spitsbergen, Svalbard). *Journal of Hydrology*, in press.

- [4] **Bernard E.**, Friedt J.-M., **Tolle F.**, **Griselin M.**, Laffly D., Marlin C., 2013. Seasonal snow and ice dynamics monitoring using ground based high resolution photography. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 75: 92-100.
- [5] **Joly D.**, **Brossard T.**, Cardot H., Cavailhès J., Hilal M., Wavresky P., 2010. Les types de climats en France, une construction spatiale. *Cybergeog : European Journal of Geography* 510.
- [6] **Joly D.**, Nilsen L., **Brossard T.**, Elvebakk A., 2010. Plants as bioindicator for temperature interpolation purposes : analyzing spatial correlation between botany based index of thermophily and integrated temperature characteristics. *Ecological indicators* 10: 990-998.
- [7] Nilsen L., Arnesen G., **Joly D.**, Malnes E., 2013. Spatial modelling of Arctic plant diversity. *Biodiversity* 14: 67-78.
- [8] Nilsen L., **Joly D.**, Elvebakk A., **Brossard T.**, 2013. Modeling spatial covariation of summer temperatures and bio-indicators in an Arctic coastal area. *Climate Research* 58: 1-13.
- [9] Viel JF, Lefebvre A, Marianneau P, **Joly D.**, Giraudoux P, Upegui E, Tordo N, Hoen B., 2011. Environmental risk factors for haemorrhagic fever with renal syndrome in a French new epidemic area. *Epidemiol Infect.*, Cambridge University Press, 139: 867–874.
- [10] Tenaillon Q., Bernard N., Pujol S., **Houot H.**, **Joly D.**, Mauny F., 2014. Assessing residential exposure to urban noise using environmental models: does the size of the local living neighborhood matter? *Journal of Exposure Science And Environmental Epidemiology* 25: 89-96.
- [11] **Joly D.**, Bois B., Zaksek K., 2012. Rank-ordering of topographic variables correlated with temperature. *Atmospheric and Climate Science* 2: 139-147.
- [12] **Joly D.**, **Brossard T.**, Cardot H., Cavailhès J., Hilal M., Wavresky P., 2011. Temperature Interpolation by local information, the example of France. *International Journal of Climatology* 31: 2141-2153.
- [13] **Joly D.**, Cardot H., Schaumberger A., 2013. Improving spatial temperature estimates by resort to time autoregressive processes. *International Journal of Climatology* 33: 2289-2448.
- [14] **Joly D.**, 2010. Spatial Analysis, Cartography and Climate. In Carrega P. (dir.) *Geographical Information and Climatology*. Wiley, 29-71.
- [15] **Diaz-de-Quijano M.**, **Joly D.**, Gilbert D., Bernard B., 2014. A more cost-effective geomatic approach to modelling PM10 dispersion across Europe. *Applied Geography* 55: 108-116.

Rayonnement et attractivité académique

L'ensemble de ces travaux s'est appuyé sur Cryo-Sensors, un projet financé par l'ANR de 2010 à 2014 (faisant la suite du projet ANR Hydro-Sensors Flows), le projet ANR Jeune Chercheur PRISM (2013-2016) ainsi que sur le soutien logistique apporté chaque année par l'Institut Paul-Emile Victor (IPEV).

Parallèlement à ces projets, l'équipe a dirigé le GDR 3062 « Mutations polaires », mettant en réseau plusieurs laboratoires français, notamment Geops (Paris-Sud Orsay), Femto-St (Besançon), LGGE (Grenoble), Edytem (Chambéry). L'équipe s'intègre également dans un important réseau international, rassemblant le Scott Polar Institute (université de Cambridge, UK), le laboratoire de glaciologie de l'université de Swansea (UK), l'université de Tromsø (Norvège) ainsi que le Norsk Polar Institutt (Norvège). Elle est un membre actif de nombreuses associations scientifiques : *Association of Polar Early Career Scientists*, *Alpine Glaciological Meeting*, *International Glaciological Society*, représentant français du *Network on Arctic Glaciology* au sein de l'*International Arctic Science Committee*. Les données glaciologiques acquises sont désormais référencées auprès du *World Glacier Monitoring Service*. Au sein de ce large réseau, l'équipe a joué un rôle d'animation scientifique de premier plan en organisant la conférence internationale Polar Worlds à Paris, du 26 au 28 janvier 2011.

Suite à la soutenance de sa thèse réalisée dans le cadre des travaux de l'équipe, Eric Bernard a été lauréat du prix « Jeune Docteur » des universités de Franche-Comté et de Bourgogne. Il a ensuite obtenu un poste de chargé de recherche au CNRS affecté à ThéMA, venant renforcer les ressources humaines de l'équipe.

Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

Les recherches portant sur les méthodes d'interpolation spatiale de variables climatiques ont été valorisées par la diffusion de LISDQS, un logiciel spécifiquement dédié à ces méthodes, dont plusieurs licences ont été vendues à des laboratoires et bureaux d'études privés.

Ces travaux ont également conduit l'équipe à établir des partenariats avec plusieurs organismes, notamment avec le PNR du Haut Jura et l'Institut Français de la Vigne et du Vin. La sensibilisation du grand public au changement climatique a été l'occasion de réaliser plusieurs communications en dehors du contexte académique : conférences et cafés-géographiques, conception d'une exposition itinérante sur le changement climatique, participation à une émission sur le climat diffusée par France Culture le 20 décembre 2015.

2.3. Bilan de l'équipe Mobilités, Ville et Transports

La ville, dans son acception la plus large, fait l'objet de toutes les attentions des sciences humaines, sociales et expérimentales, avec le principal objectif de préserver la qualité de vie des habitants, tout en faisant face à une urbanisation galopante. Comment garantir des déplacements fluides, limiter les émissions de polluants et la consommation énergétique, tout en étant capable de garantir un cadre de vie de qualité et de stimuler la production et l'innovation ? Pour répondre à ces enjeux sociétaux, l'équipe Mobilité, Ville et Transports (MVT) combine une approche morphologique des agglomérations et de l'usage des espaces urbains, en caractérisant les formes urbaines du centre-ville jusqu'aux périphéries plus lointaines, tout en essayant de mieux comprendre les stratégies des citoyens en matière de mobilités résidentielle et quotidienne.

L'enjeu des recherches repose sur la constitution d'une chaîne de traitement qui intègre la collecte d'informations (enquêtes, données géolocalisées), la construction de modèles aptes à simuler des scénarios prospectifs d'aménagement, et la production d'outils d'analyse compréhensibles par les aménageurs et les élus.

2.3.1. Formes urbaines

Objet de recherche

L'analyse des formes urbaines constitue une thématique de recherche historique de l'équipe MVT. L'approche fractale est mobilisée depuis plus de 20 ans pour décrire, comparer et caractériser les formes et les agglomérats bâtis résultant de l'urbanisation et de l'étalement de la fin du 20^e au début du 21^e siècle [1,2].

Production scientifique

L'analyse fractale permet notamment de mieux comprendre les processus à l'œuvre, depuis l'échelle des bâtiments [3] jusqu'à celle de la tache urbaine, dans un contexte international [4]. L'approche multifractale est aujourd'hui appliquée dans un cadre prospectif, afin de concevoir et d'étudier des scénarios d'urbanisation plus durable [5]. Dans une perspective opérationnelle, cet objectif a notamment conduit au développement de concepts d'aménagement innovants [6], en tenant compte de la répartition des densités de population à l'échelle d'une aire ou d'une région urbaine.

[1] Thomas I., **Frankhauser** P., Frenay B., Verleysen M., 2010. Clustering patterns of urban built-up areas with curves of fractal scaling behaviour. *Environment and Planning B: Planning and Design* 37: 942-954.

[2] Caruso G., **Vuidel** G., Cavailhès J., **Frankhauser** P., Peeters D., Thomas I., 2011. Morphological similarities between DBM and a microeconomic model of sprawl. *Journal of Geographical Systems* 13: 31-48.

[3] **Sahraoui** Y., **Lunardi** N., **Antoni** J.-P., 2014. Essai de typologie des espaces résidentiels à partir d'indicateurs désagrégés à l'échelle du bâtiment. *Cybergeog* 687.

[4] Thomas I., **Frankhauser** P., Badariotti D., 2012. Comparing the fractality of European urban neighbourhoods: do national contexts matter ? *Journal of Geographical Systems* 14: 189-208.

[5] Peeters D., Caruso G., Cavailhès J., Thomas I., **Frankhauser** P., **Vuidel** G., 2014. Emergence of leapfrogging from residential choice with endogenous green space: analytical results. *Journal of Regional Science* 55(1).

[6] **Frankhauser** P., 2015. From fractal urban pattern analysis to fractal urban planning concepts. In: Helbich M., Jokar Arsanjani J., Leitner M. (Eds.). *Computational approaches for urban environments, geotechnologies and the environment*. Springer, 13-48.

Parallèlement, l'analyse et la simulation prospective de la forme urbaine font l'objet d'une approche plus classique de simulation par automates cellulaires, approche pour laquelle l'outil LucSim a été développé sur la base du programme CWS [7], afin d'automatiser et de faciliter son calibrage. La complexité de l'objet de recherche et les difficultés de calcul numérique liées à son analyse ont conduit l'équipe à développer plusieurs logiciels de simulation spatiale pour l'aide à la décision en aménagement :

- **Mup-City** : outil permettant de simuler des scénarios de développement urbain à l'échelle des parcelles d'habitat, sous contraintes fractales [8].

- **LucSim** : modèle d'automates cellulaires pour l'analyse et la simulation de l'évolution de l'occupation du sol sous contraintes.

- **Fractalopolis** : outil fondé sur l'approche fractale pour l'analyse et la modélisation prospective du développement résidentiel à l'échelle régionale.

[7] Antoni J.-P., Hirtzel J., Johannès P., 2010. CWS : un modèle prospectif des dynamiques spatiales et de l'étalement urbain. In Antoni J.-P. (Dir.), *Modéliser la ville : formes urbaines et politiques de transport*. Paris, Economica, 284-305.

[8] Frankhauser P., Tannier C., Vuidel G., Houot H., 2010. MUP-CITY : une approche multi-échelle pour un développement résidentiel des nouveaux espaces urbains. In : Antoni J.-P. (Dir.), *Modéliser la ville : formes urbaines et politiques de transport*. Paris, Economica, 306-332.

Rayonnement et attractivité académique

L'analyse des formes urbaines a fait l'objet de plusieurs collaborations internationales, notamment par l'intermédiaire du projet S-GHOST (approche économétrique du développement résidentiel) développé en collaboration avec le CORE de l'Université Catholique de Louvain (UCL). Dans un contexte plus appliqué, les méthodes développées par l'équipe MVT ont permis d'apporter des solutions d'aménagement dans un contexte géographique de rupture frontalière, notamment sur l'espace régional de Vienne-Bratislava en collaboration avec l'Université technique de Vienne, et actuellement sur celui du Luxembourg et de la région Strasbourg-Kehl, dans le cadre du projet de coopération internationale Smart-Boundary (simulation des formes urbaines dans un contexte de rupture spatiale), co-piloté avec le LISER (Luxembourg Institute for Socio-Economic Research). Cet ensemble de projets permet aujourd'hui d'intégrer les travaux de l'équipe dans les GDR GIS-MU (Modélisation urbaine), « Analyses multi-fractales » et « Spatial Simulations for Social Sciences » (S4).

Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

Les recherches sur la qualification de la forme urbaine et sur la simulation de développement résidentiel des agglomérations ont été valorisées par la diffusion des logiciels Mup-City, LucSim et Fractalopolis, qui ont été utilisés par plusieurs partenaires scientifiques dans le cadre d'études d'aménagement. En parallèle, le logiciel MUP-City a fait l'objet d'une application ludique pour l'exposition Fabrika Science (Pavillon des Sciences et Université de Franche-Comté) par la transposition des règles d'aménagement intégrées dans le logiciel sous la forme d'un jeu destiné à sensibiliser le jeune public aux principes et aux risques de l'aménagement.

2.3.2. Accessibilités et mobilités

Objet de recherche

Accessibilité et mobilités sont deux composants interdépendants qui plongent les responsables de la gestion urbaine dans une situation paradoxale. Comment améliorer l'accessibilité aux fonctions urbaines au plus grand nombre d'habitants, sans pour autant augmenter la mobilité quotidienne et son lot d'externalités négatives : congestion, pollution, consommation énergétique ? Cette question est tout d'abord abordée par l'équipe MVT en étudiant de façon conjointe les relations entre mobilités résidentielles et quotidiennes. La question des échelles d'analyse se pose ensuite en considérant l'accessibilité urbaine et périurbaine.

Production scientifique

a. Mobilités quotidiennes et résidentielles

Afin de mieux comprendre le fonctionnement des aires urbaines, l'équipe MVT considère les mobilités quotidiennes des individus comme un déterminant fondamental de la forme urbaine et des processus de recomposition territoriale dans les espaces urbains [1] et périurbains [2,3], avec un intérêt particulier pour l'analyse de la place de l'automobile individuelle dans ces processus [4] et des phénomènes de ségrégation auxquels elle peut conduire [5]. Ces mobilités quotidiennes sont fortement caractérisées par les déplacements domicile-travail [6], mais tiennent également compte des pratiques d'achat, de loisir [7] ou d'accompagnement [8,9] en étudiant les programmes d'activité à l'échelon individuel. Par ailleurs la mobilité résidentielle est étudiée en se focalisant plus particulièrement sur la satisfaction des ménages, qui évolue au cours des cycles de vie [10] et qui dépend de l'environnement social, économique et paysager [11]. Elle est analysée dans sa dimension géographique et psycho-sociale. Outre la mobilisation des grandes enquêtes nationales, l'équipe MVT développe

ses propres dispositifs d'enquête pour percevoir les nouveaux comportements de mobilité dans les espaces urbain et périurbain. Pour compléter, des techniques d'enquêtes avancées ont été mises au point en collaboration avec des psychologues en combinant des approches quantitative et qualitative [12].

- [1] **Motte-Baumvol B.**, Nassi C., 2012. Immobility in Rio de Janeiro, beyond poverty. *Journal of Transport Geography* 24: 67-76.
- [2] Morel-Brochet A., **Motte-Baumvol B.**, 2010. Les périurbains franciliens: stratégies résidentielles, tactiques du quotidien et résistance des modes d'habiter. In : Massot M.-H. (dir.) *Mobilités et modes de vie métropolitains : les intelligences du quotidien*. L'œil d'or, 93-112.
- [3] Jouffe Y., Caubel D., Fol S., **Motte-Baumvol B.**, 2015. Faire face aux inégalités de mobilité. Tactiques, stratégies et projets des ménages pauvres en périphérie parisienne, *Cybergeo : European Journal of Geography*, 708.
- [4] **Motte-Baumvol B.**, Massot M.H., Byrd A.M., 2010. Escaping car dependence in the outer suburbs of Paris. *Urban Studies* 47: 604-619.
- [5] **Motte-Baumvol B.**, Belton-Chevallier L., Morel-Brochet A., 2014. Les territoires périurbains entre dépendance automobile et ségrégation socio-spatiale : les ménages modestes fragilisés par les coûts de la mobilité. In Raoul E. (Dir.) *Vivre en ville hors des villes*. Paris, PUCA. 63-76.
- [6] **Tissandier P.**, Phan Quang T.T., Archambault D., 2013. Defining polycentric urban areas through commuting cohesion. Through Commuting Cohesion in France. In Rozenblat C., Melançon G. (Eds.) *Methods for multilevel analysis and visualisation of geographical networks*. New-York, Springer 189-206.
- [7] **Thévenin T.**, 2010. Modéliser les systèmes de transport à l'échelle intra-urbaine. In Banos A., Thévenin T. (Dirs.). *Système de transport urbain : caractérisation de l'offre et estimation de la demande*. Paris, Hermès-Lavoisier. 21-42.
- [8] **Motte-Baumvol B.**, Bonin O., Belton-Chevallier L., 2015. Who escort children: mum or dad? Exploring gender differences in escorting mobility among parisian dual-earner couples. *Transportation* (in press).
- [9] **Motte-Baumvol B.**, Belton-Chevallier L., Shearmur R., 2011. Différences de genre et formes de dépendances des conjoints biactifs dans l'accompagnement des enfants. *Géographie, Economie, Société* 13(2): 189-206.
- [10] **Motte-Baumvol B.**, Belton-Chevallier L., 2011. Les territoires périurbains à l'épreuve de la progression des célibataires et familles monoparentales, le cas de la Grande Couronne Francilienne. *Espace populations sociétés* 3: 577-589.
- [11] **Frankhauser P.**, Ansel D., (Dirs.), 2012. La décision d'habiter ici ou ailleurs. Paris, Economica. 383 p.
- [12] **Griffond-Boitier A.**, **Mariani-Rousset S.**, **Frankhauser P.**, Valentin J., Alexandre V., **Nicot B.**, 2012. Habiter : où et comment ? In Frankhauser P., Ansel D. (Dirs.), *La décision d'habiter ici ou ailleurs*. Paris, Economica. 43-74.

b. Accessibilité et attractivité inter-urbaines

Cette entrée constitue un champ important de la problématique des transports et se réfère à l'accessibilité à l'échelle nationale [1], en particulier en France, dans une approche sur le long terme qui prend appui sur la géo-histoire [2,3]. Elle est cependant plus particulièrement étudiée à travers les infrastructures de transport à grande vitesse et l'implantation de nouvelles lignes TGV [4] qui reconstruisent actuellement les relations réseaux-territoires [5] en même temps qu'elles en modifient l'accessibilité et permettent une nouvelle attractivité pour le développement territorial [6]. En termes de matériel d'étude, la maîtrise du processus de collecte passe par la création de nouvelles bases de données géographiques sur les infrastructures de transport et un géoréférencement précis des aménités urbaines et des réseaux pour de nombreux ensembles urbains (Besançon, Lyon, Dijon, Luxembourg). Grâce à l'*open data*, des bases de données similaires sont en construction sur les agglomérations de Rio de Janeiro et Alger.

- [1] **Boquet Y.**, 2014. Transport geography in France. *Journal of Transport Geography*, 10: 163-164.
- [2] **Thévenin T.**, Schwartz R., Sapet L., 2013. Mapping the Distortions in Time and Space: The French Railway Network 1830-1930. *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History* 46: 134-143.
- [3] Schwartz, R., **Thevenin T.**, 2014, Railways and Agriculture in Britain and France, 1850-1914. In Gregory I.N., Geddes A. (eds.), *Toward Spatial Humanities: Historical GIS and Spatial History*. Indiana University Press, 4-34.
- [4] **Facchinetti-Mannone V.**, Richer C., 2011. L'intégration territoriale des gares sur lignes à grande vitesse en France : une approche typologique. *Recherche Transports Sécurité*, 27(3): 200-214.
- [5] Richer C., **Bérion P.**, 2010. Le rôle des grandes infrastructures dans la structuration des espaces régionaux : le cas de l'arrivée du TGV dans le réseau métropolitain Rhin-Rhône. *Belgeo* 1(2): 159-170.
- [6] **Facchinetti-Mannone V.**, Bellet C., Ribalaygua C., Richer C., 2013. Les petites agglomérations françaises et espagnoles face à la grande vitesse ferroviaire : comment convertir l'accessibilité en attractivité ? *Cahiers Scientifiques du Transport* 63: 3-31.

c. Logistique et transport de marchandises

Parallèlement à la mobilité des personnes, le fret et le transport de marchandises constituent également un champ de recherche important de l'équipe MVT, dans le cadre de l'étude du système urbain. La question fondamentale consiste avant tout à comprendre les logiques de la logistique urbaine, et leur lien avec les

infrastructures de transport à travers les stratégies de localisation des acteurs économiques [1,2]. Cette analyse permet notamment de considérer les innovations du monde des transports comme un levier possible d'une reconfiguration des espaces urbains [3], dont les conséquences doivent être envisagées en termes d'aménagement durable [4,5] notamment sur le plan des émissions de polluants [6].

[1] **Belin-Munier C.**, 2012. La mondialisation des chaînes logistiques multi-acteurs, conséquences et opportunités pour les territoires. *Mondialisation et résilience des territoires, trajectoires, dynamiques d'acteurs et expériences*. Hamdouch A., Depret M.-H., Tanguy C. (Eds.). Québec, Presses de l'Université de Québec. 191-208.

[2] **Belin-Munier C.**, 2013. Les défis de la gestion des chaînes logistiques globales (Global Supply Chain Management). In Carbone V., Nivoix S., Lemaire J.-P. (Dir.), *Nouveaux défis du management international*. Paris, Gualino. 119-135.

[3] **Motte-Baumvol B.**, Belton-Chevallier L., Schoelzel M., **Carrouet G.**, 2012. Les effets de la livraison à domicile sur l'accès aux produits alimentaires : le cas des grandes surfaces alimentaires et des cybermarchés de l'aire urbaine dijonnaise. *Flux* 88: 34-46.

[4] Rème-Harnay P., **Cruz C.**, Dabanc L., 2014. La sous-traitance de la messagerie urbaine : logiques économiques et rapports de dépendance. *Socioéconomie du travail (série AB d'Economies et Sociétés)* 36: 1473-1512.

[5] **Belin-Munier C.**, 2011. Les différentes dimensions pour le pilotage des chaînes logistiques. In Moncef B., Carbone V., Soulerot M. (Eds.), *Le management durable au coeur des organisations*. Paris, Hermès-Lavoisier. 125-149.

[6] Rizet C., **Cruz C.**, De Lapparent M., 2014. CO2 emissions of French shippers: the roles of delivery frequency and weight, mode choice, and distance. *Research in Transportation Business & Management* 12: 20-28.

Rayonnement et attractivité académique

Les comportements de mobilité sont étudiés sous des angles complémentaires : le projet ANR ECDESUP (comprendre les choix de mobilité résidentielle des ménages), le projet Métropole Rhin-Rhône (comprendre les liens entre les mobilités à grande vitesse et les accessibilités locales), les projets PREDIT EFFETS et PUCA VIP (comprendre les enjeux d'une dématérialisation des mobilités par le télétravail et les livraisons à domicile).

Les conséquences environnementales de l'évolution des mobilités et des formes urbaines sont étudiées par l'entrée des nuisances sonores (projets ADEME et FEDER) et des pollutions atmosphériques (projet PREDIT EFFETS) engendrées.

L'ensemble de ces projets a conduit à de nombreux partenariats scientifiques locaux, nationaux et internationaux, en particulier avec Chrono-Environnement (UFC) et le Laboratoire de psychologie (UFC), Biogéoscience/CRC (UB), et le CESAER, le LET et le LVMT, les Universités techniques de Vienne (Autriche) et de Munich (Allemagne), l'Institut luxembourgeois de recherches socio-économiques (LISER), l'Université de Leida (Espagne), le Programme d'Ingénierie des Transports de l'Université Fédérale de Rio de Janeiro (Brésil) et l'Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Aménagement d'Alger (Algérie). A l'échelle nationale, ils ont permis d'inscrire activement les membres de l'équipe dans différents réseaux de recherche, notamment GIS-MU (Modélisation urbaine), MAGIS (Atelier mobilité), le GDR « Analyses multi-fractales » ou celui des « Spatial Simulations for Social Sciences » (S4), ou encore dans les comités scientifiques d'évaluation de l'ANR, du PREDIT, de l'ANRT, de l'AERES ou d'ECOS (Coopération scientifique France-Amérique latine) pour l'expertise de projets relevant de leurs champs de compétence.

Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

A l'échelon national, les projets EFFETS et VIP ont fait l'objet de présentations régulières au Ministère de l'écologie et du développement durable et de l'énergie, dans le cadre des séminaires PREDIT et PUCA. La méthodologie et les résultats de ces recherches sont actuellement intégrés dans le cursus du Master de géographie TMEC.

Les travaux sur la métropole Rhin-Rhône ont donné lieu à l'organisation en juin 2010 d'un colloque en partenariat avec la SNCF et les régions de Bourgogne et Franche-Comté. Ces trois journées, ont été l'occasion de faire dialoguer chercheurs, collectivités territoriales et opérateurs de transports autour du thème « Gares et territoires de la grande vitesse ferroviaire ». Cet événement a conduit à un partenariat annuel avec la filiale Gares & Connexions de la SNCF pour étudier les différentes gares des réseaux TGV/TER de Bourgogne et Franche-Comté.

2.3.3. Modélisation intégrée

Objet de recherche

L'approche multisource et multiscale développée par l'équipe MVT pour étudier la ville et les mobilités a permis de construire un ensemble de modèles très complémentaires. Cette construction constitue l'un des aspects les plus originaux et les plus innovants de l'équipe, qui lui permet d'atteindre une reconnaissance internationale dans ce domaine. Elle se fonde sur la maîtrise des outils mathématiques et informatiques, en particulier des apports de l'intelligence artificielle, pour implémenter les concepts de forme et de mobilité urbaine dans des modèles de simulation informatique dédiés à l'aide à la décision.

Production scientifique

L'approche fractale a servi à la fois pour étudier l'organisation spatiale des tissus urbains et pour concevoir des modèles d'aménagement innovants et durables [1]. Au sein de ces espaces, les comportements liés à la mobilité quotidienne sont abordés à l'échelle des individus par l'intermédiaire d'une population dite synthétique, afin de reproduire les programmes d'activités des citoyens sur une journée et de simuler leurs déplacements, notamment dans le cadre du projet MIRO [2]. Sur des temporalités plus longues (une à plusieurs décennies), les mobilités résidentielles sont appréhendées selon les propriétés des modèles d'interaction entre transport et utilisation des sols (LUTI). Cette diversité des échelles spatiales et temporelles est intégrée dans des outils de simulation, qui reposent sur les cadres théorique et méthodologique de l'intelligence artificielle [3]. A travers la plateforme de modélisation MobiSim [4,5], les automates cellulaires et les systèmes multi-agents sont utilisés de façon conjointe, afin de reproduire l'évolution de configurations spatiales, tout en considérant les interactions entre des individus modélisés.

- **MobiSim** : plateforme de simulation des interactions entre forme urbaine et transport (modèle LUTI) à l'échelle désagrégée des individus et des bâtiments, pour l'étude prospective des politiques d'aménagement.

La puissance de ces outils de simulation produit une masse de données conséquente et protéiforme. Ainsi, des techniques d'analyse spatiale sont complétées par des outils de visualisation relevant de la cartographie dynamique ou de l'analyse exploratoire de données spatio-temporelles, notamment le développement de la plateforme Geographer, qui se base en partie sur les apports de la *Time Geography* :

- **Geographer** : plateforme d'analyse exploratoire et de visualisation pour l'aide à la réflexion, combinant des méthodes cartographiques et statistiques classiques et des outils dédiés à l'étude des données spatio-temporelles.

[1] **Frankhauser P.**, 2013. La ville fractale - un concept d'aménagement multi-échelle. *Ville et mobilité - nouveaux regards*. Brun G. (Dir.). Paris, Economica. 85-99.

[2] Banos A., Boffet-Mas A., Chardonnel S., Lang C., Marilleau N., **Thévenin T.**, 2010. MIRO : des trajectoires individuelles à la ville en mouvement. *Modéliser la ville : formes urbaines et politiques de transport*. Antoni J.-P. (Dir.). Paris, Economica. 216-245.

[3] **Tannier C.**, Mathian H., 2015. Formalisation des interactions spatiales dans les modèles multi-agents : essai d'analyse comparative. *Revue internationale de géomatique*, à paraître.

[4] **Antoni J.-P.**, **Vuidel G.**, 2010. MobiSim : un modèle multi-agents et multi-scalaire pour simuler les mobilités urbaines. *Modéliser la ville: formes urbaines et politiques de transport*. Antoni J.-P. (Dir.). Paris, Economica, Méthodes et approches. 50-77.

[5] **Antoni J.-P.**, 2013. L'ambition de modéliser la ville. *Ville et mobilité - nouveaux regards*. Brun G. (Dir.). Paris, Economica. 227-238.

Dans cette approche intégrée qui vise à une modélisation globale du système urbain [6], les interactions entre mobilité, accessibilité et forme urbaine sont également considérées comme un levier pertinent pour concevoir des politiques d'aménagement et de transport innovantes [7], dans l'objectif de réduire les risques et les nuisances [8] associés aux transports et à l'étalement urbain [9] tout en améliorant la satisfaction des ménages.

[6] Banos A., **Thévenin T.**, 2011. Generation of potential fields and route simulation based on the household travel survey. *Modeling urban dynamics: mobility, accessibility and real estate value*. Thériault M., Rosiers F.D. (Dirs.). Londres, ISTE-Wiley. 83-101.

[7] **Antoni J.-P.**, Pujol S., Lamiral M., **Houot H.**, **Vuidel G.**, Mauny F., 2011. Bruit et mobilités urbaines : vers une modélisation des impacts. ADEME. 43 p.

[8] Banos A., Boffet-Mas A., Chardonnel S., Lang C., Marilleau N., **Thévenin T.**, 2010. Simuler la mobilité urbaine : le projet MIRO. Mobilités urbaines et risques des transports: approches géographiques. Banos A., Thévenin T. (Dirs.). Paris, Hermès-Lavoisier (Traité IGAT). 51-88.

Rayonnement et attractivité académique

La modélisation et la simulation informatique du système-ville sont intégrées dans une approche prospective large qui vise à simuler les futurs urbains, notamment dans le cadre des projets ANR et PREDIT MIRO (Simulation des mobilités urbaines quotidiennes) et PREDIT VILMODes (Évaluation de scénarios d'aménagement durables à l'horizon 2030). Cette approche a notamment permis de proposer des scénarios d'aménagement innovants (urbanisation fractale, renouvellement urbain compact) et de tester leurs conséquences sur les trois sphères du développement durable, pour lutter contre l'étalement urbain, selon un protocole commun et à partir de préoccupations communes à plusieurs laboratoires spécialisés dans ce type de démarches, en particulier le Laboratoire d'économie des transports (LET) et le Laboratoire Ville Mobilités Transport (LVMT), sous l'égide du Ministère de l'Ecologie (MEDDE) et de l'Agence pour la maîtrise de l'énergie (ADEME).

Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

L'équipe contribue à la construction d'une véritable interaction avec son environnement socio-économique par le développement de modèles déclinés en outils d'aide à la décision. Ces outils prennent la forme de logiciels dédiés à l'aménagement prospectif des aires urbaines. Distribués sous licence LGPL (*open source*) quand ils sont opérationnels, ces programmes intègrent de plus en plus l'accès aux données libres (*open data*) de grand volume (*big data*) qui se généralisent pour l'étude des mobilités. Ces logiciels offrent une base technique pour une collaboration approfondie avec les collectivités territoriales en charge de l'aménagement des territoires et des politiques de mobilité. Pour faciliter ces collaborations, mais également pour opérer un transfert et une valorisation du monde de la recherche vers le monde opérationnel, un partenariat est en place avec des acteurs privés (PPP) spécialisés dans les démarches d'accompagnement des collectivités territoriales.

En termes de valorisation et de dissémination de la recherche, l'équipe est à l'initiative de séminaires nationaux présentant ses travaux (en particulier pour les projets MobiSim et VILMODes) et participe régulièrement aux grands événements de la communication scientifique (Salon Innovatives SHS, Nuit des chercheurs, exposition Fabrika Science, Festival International de Géographie).

2.4. Bilan de l'équipe Intelligence territoriale

L'intelligence territoriale vise à maîtriser les concepts, méthodes et outils de la géographie, de l'information et de la communication pour améliorer la connaissance des structures et des fonctionnements des territoires par les acteurs de leurs évolutions. L'équipe Intelligence Territoriale est une équipe « jeune » créée en 2010, composée de 13 chercheurs et enseignants chercheurs, et de 3 doctorants. Elle réunit des compétences complémentaires : géographes, aménageurs urbanistes, économistes, spécialistes des sciences et technologies de l'information géographique. L'originalité de ses recherches repose sur l'analyse et la compréhension des interactions entre les composantes des territoires, les informations et représentations produites, et les décisions prises par les acteurs.

2.4.1. Concepts et enjeux de l'intelligence territoriale

Objet de recherche

L'objet de recherche est ici le territoire dont il s'agit d'asseoir la définition, de comprendre les modes de fonctionnement, de gouvernance et de production.

Production scientifique

Un important travail de définition et d'analyse systémique de l'objet « territoire », de ses différents modes de représentation et de leur intégration dans les systèmes d'observation a alimenté les approches conceptuelles et méthodologiques nécessaires à la mise en œuvre d'observatoires territoriaux [1]. L'analyse systémique a

également été mobilisée afin de produire une approche territorialisée des politiques sociales, mêlant logiques politiques, administratives et techniques, avec pour finalité le développement d'outils d'analyse et de diagnostic répondant aux attentes des travailleurs sociaux [2]. Enfin, d'autres travaux ont porté sur la compréhension des phénomènes socio-spatiaux et sur le rôle de la dimension comportementale dans les dynamiques territoriales et sur les impacts des habitudes dans les comportements de mobilité [3, 4, 5].

[1] **Signoret P.**, 2011. Territoire, observation et gouvernance : outils, méthodes et réalités, Thèse de doctorat, université de Franche-Comté.

[2] **Moine A.**, Sorita N., 2015. *Travail social et territoire: concept, méthode et outils*. Rennes, Presses de l'Ecole des Hautes Etudes en santé Publique. 247 p.

[3] **Buhler T.**, 2015, *Déplacements urbains : sortir de l'orthodoxie. Plaidoyer pour une prise en compte des habitudes*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 123 p.

[4] Brette O., **Buhler T.**, Lazaric N., Marechel K., 2014. Reconsidering the nature and effects of habits in urban transportation behavior. *Journal of Institutional Economics* 10: 399-426.

[5] **Buhler T.**, 2010, Sustainable mobility in Lyon: should we hang private car drivers? *Tema, Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 3: 21-28.

Rayonnement et attractivité académique

Durant ces quatre années, le réseau de recherche internationale GDR-INTI s'est renforcé, et s'est ouvert à de nouvelles recherches, notamment avec l'intégration de la dimension environnementale et des progrès récents de la biologie évolutive, des neurosciences et des sciences du comportement. Il réunit aujourd'hui sept équipes de recherche de cinq pays (Espagne, Belgique, Italie, Argentine et France). 549 articles réalisés dans le cadre de ses activités scientifiques sont référencés à ce jour, dont 380 sont publiés actuellement dans la collection INTI, sur le site HAL-SHS du CNRS.

Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

On peut retenir ici :

- l'assistance à maîtrise d'ouvrage pour l'élaboration d'un projet partagé de territoire, en vue de la constitution d'un outil commun de gouvernance de type syndicat mixte. Ce projet est mené en collaboration avec le Conseil Régional de Franche-Comté, le Conseil Général du Doubs, et la Communauté d'Agglomération du Grand Besançon.
- un numéro spécial de la Revue Administration « L'intelligence territoriale, 25 ans déjà », publié en novembre 2014 par l'Association du corps préfectoral et des hauts fonctionnaires du ministère de l'Intérieur.
- la participation régulière et soutenue depuis 2009 aux réflexions sur les territoires transfrontaliers dans le cadre du Forum Transfrontalier, un groupe franco-suisse.

2.4.2. Territoire et information

Objet de recherche

Cet axe porte sur la maîtrise de l'information territoriale, par la définition et la formalisation des concepts d'observation, d'observatoire, de diagnostic, et par la mise en œuvre d'outils de suivi et d'analyse des territoires. Trois thématiques spécifiques font l'objet de travaux de recherche : (1) les ontologies de domaine, visant à construire un ensemble minimal de concepts permettant de représenter le territoire sous la forme d'un modèle informatique ; (2) les méthodes et outils de captage et de traitement des informations émises par les systèmes territoriaux et la conception d'indicateurs ; (3) l'instrumentation, c'est-à-dire la réalisation d'outils opérationnels de valorisation des données territoriales.

Production scientifique

Des recherches ont porté sur la définition de formalismes, d'ontologies et de méta-modèles, pour intégrer dans des systèmes d'information les données multiples et hétérogènes produites à l'échelle des territoires, quelles que soient les thématiques et les échelles spatio-temporelles de référence [1, 2]. La maîtrise de ces modèles de représentation a permis le développement de dispositifs d'observation [3], issus de représentations collectives et

de dynamiques de co-construction [4, 5]. Dans une approche de modélisation des trajectoires résidentielles en lien avec l'équipe Mobilité, ville et transport, un outil de simulation a été utilisé pour la co-construction de scénarios et l'aide à la décision [6].

[1] **Fléty Y.**, 2014. Vers une mise en observation des systèmes énergétiques territoriaux. Une approche géographique pour territorialiser l'énergie. Thèse de doctorat, université de Franche-Comté.

[2] **Tannier C.**, Zadora-Rio E., Leturcq S., Rodier X., Lorans E., 2014. Une ontologie pour décrire les transformations du système de peuplement européen entre 800 et 1100. In Phan D. (dir.), *Ontologies et modélisation par SMA en SHS*, Hermès Lavoisier.

[3] **De Sède-Marceau M.-H.**, **Moine A.**, Thiam S., 2011. Développement d'observatoires territoriaux, entre complexité et pragmatisme. *L'Espace Géographique* 117-126.

[4] **De Sède-Marceau M.-H.**, **Fléty Y.**, Pauc B., 2014. OPTeER, une expérience de co-construction d'un outil de connaissance et d'aide à la décision dans le domaine Climat-Energie à échelles loco-régionales. Cinquième colloque du réseau OPDE - Des outils pour décider ensemble. Yverdon-les-Bains, Suisse, 23-24 octobre 2014.

[5] **De Sède-Marceau M.-H.**, **Moine A.**, 2012. Les observatoires territoriaux; Une représentation collective du territoire. *Communication et langages* 171 : 55-65.

[6] **Tannier C.**, **Hirtzel J.**, **Stephenson R.**, **Couillet A.**, **Vuidel G.**, **Youssef Y.**, 2015. Conception and use of an individual-based model of residential choice in a planning decision process. Feedback from an experiment in the city of Besançon, France. *Progress in Planning*, in press.

Rayonnement et attractivité académique

Des collaborations avec différentes équipes ont été engagées autour de deux grands thèmes : les systèmes de peuplement et l'énergie. Ces collaborations ont conduit à participer au projet ANR Transmondyn, au projet INTERREG « Rêve d'avenir » et à porter une action prioritaire du GDR MAGIS.

Le Projet ANR Transmondyn vise à modéliser l'évolution des systèmes de peuplement sur le temps long, faisant appel à de multiples disciplines : géographie, archéologie, histoire, paléo-linguistique, écologie, informatique, philosophie. La contribution de Théma porte sur la conception d'une ontologie pour décrire les évolutions des systèmes de peuplement régionaux en Europe du Nord-Ouest entre 800 et 1100.

La plateforme 3x20 a été développée dans le cadre du projet « Rêve d'Avenir », financé par les fonds européens INTERREG IV. Il s'agit d'un outil participatif de collecte et d'analyse des économies d'énergies, d'émission de GES et de production d'ER. Ce projet a regroupé de multiples partenaires : Energie-Cités, Suisse Energie, Centre de Recherche sur l'Energie Municipale de Martigny, EPFL de Lausanne, Entreprises I@D Informatique, Synergie, 27 collectivités françaises et suisses.

Au cours du colloque SAGEO (Grenoble, novembre 2014), l'atelier « [Les enjeux informationnels et cognitifs de la transition énergétique](#) » a été organisé dans le cadre de l'action prospective ETIC (Energie-Territoire-Information-Connaissance) du GDR MAGIS. Un numéro spécial de la Revue Internationale de Géomatique est prévu sur ce thème au début 2017.

Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

C'est essentiellement à travers le développement et l'exploitation de systèmes d'information territoriaux centrés sur les problématiques énergétiques que s'expriment ces interactions. A partir de 2010, l'outil OPTeER (observation Energie Air Climat pour la Franche-Comté) est entré en production, porté par ATMO-FC et financé par la Région, l'ADEME et la DREAL Franche-Comté. Cet outil est aujourd'hui le système d'information de référence de la Région Franche-Comté sur les questions Energie-Air-Climat. Il est utilisé par plus de 150 partenaires (collectivités, association, entreprises).

En 2013, dans le cadre du scénario GRDF de transition énergétique, l'équipe a participé à l'illustration pour la Franche-Comté du scénario national de prospective énergétique, en collaboration avec GRDF et ATMO-FC. Enfin, l'équipe participe à la définition des axes prioritaires visant à favoriser le développement local durable dans le massif jurassien, à la demande de l'Agence « Une rivière, un territoire, Massif du Jura » d'EDF.

2.4.3. Recherche-action

Objet de recherche

Cet axe a été défini afin de permettre l'intégration des travaux de recherche existant antérieurement à l'équipe IT, autour des pratiques et des équipements sportifs. Il intègre également les dynamiques de recherche issues de l'évolution de l'équipe et qui aujourd'hui contribuent à l'émergence d'un certain nombre de travaux portant sur l'ingénierie territoriale et les dimensions participatives et expérimentales liées aux dynamiques territoriales.

Production scientifique

L'équipe s'est intéressée à l'émergence de controverses sociotechniques, liées à des problèmes environnementaux tels que la pollution lumineuse [1]. Elle a mobilisé des méthodes d'observation participante pour étudier les liens entre politiques de durabilité, participation citoyenne et projets urbains [2]. Enfin elle a abordé les liens entre les jeux d'acteurs et les dispositifs d'ingénierie territoriale, et leur rôle sur les dynamiques de développement territorial [3, 4].

[1] **Challéat S., Lapostolle D.**, 2014. (Ré)concilier éclairage urbain et environnement nocturne : les enjeux d'une controverse sociotechnique. *Natures Sciences Sociétés* 22 : 317-328.

[2] Chelzen H., **Jégou A.**, 2015. La concertation dans des écoquartiers de la région parisienne : une approche territoriale par l'observation participante, à la recherche de l'habitant. *Développement durable et Territoires* (à paraître).

[3] **Lapostolle D.**, 2011. Les enjeux de la professionnalisation des agents de développement. L'ingénierie territoriale prise en étau entre les conceptions organique et mécaniste du développement territorial. *Revue Géographie, Economie et société* 13 : 339-362

[4] **Lapostolle D.**, 2013. La recomposition des formes bureaucratiques dans le développement territorial. Ingénierie territoriale et intermédiations dans les territoires de projet. *Intervention Economique/Papers in Political Economy* 48.

Rayonnement et attractivité académique

De nombreuses collaborations ont été engagées, inscrites dans le cadre d'un projet INTERREG MORETRADONE « Mobilité résidentielle transfrontalière entre Canton de Neuchâtel et Département du Doubs », et autour de projets de recherches participatives innovants en interactions avec l'environnement social.

Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

Plusieurs actions sont à mentionner :

- Travaux du Collectif de recherche RENOIR (Ressources Environnementales Nocturnes, tOurisme, territolRes) (Dany Lapostolle). Le collectif s'intéresse aux activités récréatives de la nuit dans des espaces à dominante urbaine et rurale.

- « Métropolisation, intermédiarité et territorialité en Saône-et-Loire » (Dany Lapostolle). Ce projet vise à analyser de manière fine les stratégies adoptées en matière de gouvernance territoriale par le département de la Saône-et-Loire notamment autour du concept d'inter-territorialité.

- Expérimentation dans le cadre du Conseil de Développement Participatif, ville de Besançon (Thomas Buhler). Cette expérimentation porte sur les potentialités de report modal dans les moments de rupture dans le cycle de vie de la personne (déménagement, changement d'emploi, passage à la retraite). Elle propose une semaine d'accès gratuit à l'ensemble des modes alternatif à la voiture individuelle à des automobilistes exclusifs, avec un suivi à six mois des pratiques individuelles. Elle a donné lieu à une communication au congrès 2015 de l'AESOP.

- Utilisation expérimentale de la plateforme de simulation MobiSim avec le service Urbanisme de la Ville de Besançon. Question de recherche posée : les politiques et aménagements prévus dans les documents de planification de l'agglomération de Besançon (SCOT 2011 et Programme local de l'habitat, 2010), ainsi que la hausse du prix du carburant et la construction d'une ligne de tramway vont-ils inciter davantage les ménages avec enfants à résider à Besançon plutôt que dans les communes périphériques ? Si non, quelles autres politiques d'aménagement pourraient permettre d'atteindre cet objectif ?

- Recherche action-Ville de Chenove (Alexandre Moine). Cette action consiste à faire un suivi du portage d'OPTEER et de son appropriation par les partenaires du projet.

3. Implication de l'unité dans la formation par la recherche

3.1. Master GAE « Géographie, Aménagement, Environnement »

Depuis le nouveau contrat amorcé en 2012, l'offre de master appuyée sur le laboratoire ThéMA s'inscrit dans une mention « géographie, aménagement, environnement » co-habillée par les universités de Franche-Comté et de Bourgogne. Cette mention regroupe trois spécialités dont les enseignements diffèrent dès le niveau M1. Quelques cours sont mutualisés, ce qui implique ponctuellement le déplacement des étudiants entre Besançon et Dijon.

La [spécialité ISA](#) (Information Spatiale et Aménagement) est dispensée en présentiel sur le site de Besançon. Son objectif est de former les étudiants à la maîtrise de l'information géographique, des méthodes qui lui sont associées, et de leur application dans des problématiques d'aménagement et de gestion territoriale, avec trois axes de spécialisation en M2 correspondant aux problématiques des trois équipes du laboratoire.

La [spécialité TMEC](#) (Transport, Mobilité, Environnement et Climat) est dispensée en présentiel sur le site de Dijon, avec l'appui de collègues climatologues de l'UMR Biogéosciences. Cette formation est focalisée sur les systèmes de transport et la mobilité durable, en lien avec le changement climatique et ses impacts.

La [spécialité AGPS](#) (Aménagement et Gouvernance pour les Pays des Suds) est une formation dispensée intégralement à distance, labellisée par l'Agence Universitaire de la Francophonie. Les enseignements portent sur les méthodes et outils permettant une aide à la décision en aménagement de façon adaptée au contexte des pays des Suds.

Les effectifs du master GAE ont connu une diminution de 2012 à 2013 suivie d'une stabilisation relative en 2014 (tableau 8). Le nombre d'étudiants choisissant de réaliser un stage « recherche » au laboratoire est faible, mais en rapport avec le nombre d'allocations de thèse qu'il est possible d'obtenir chaque année. Les indemnités de ces stages sont soit imputées sur des contrats de recherche, soit prises en charge par le laboratoire. A titre indicatif, environ 4000 euros ont été dépensés pour ces indemnités en 2014.

	Année 2012-13	Année 2013-14	Année 2014-15
Spécialité ISA (Besançon)			
Nombre d'étudiants inscrits en M1	17	12	14
Nombre d'étudiants inscrits en M2	15	15	10
Nombre d'étudiants M2 en stage recherche	4	4	2
Spécialité TMEC (Dijon)			
Nombre d'étudiants inscrits en M1	28	22	21
Nombre d'étudiants inscrits en M2	16	16	13
Nombre d'étudiants M2 en stage recherche	1	1	1
Spécialité AGPS (enseignement à distance)			
Nombre d'étudiants inscrits en M1	32	34	34
Nombre d'étudiants inscrits en M2	27	19	23
Nombre d'étudiants M2 en stage recherche	4	3	3
Total Master mention GAE			
Nombre d'étudiants inscrits en M1	77	68	68
Nombre d'étudiants inscrits en M2	58	50	46
Nombre d'étudiants M2 en stage recherche	9	8	6

Tableau 8. Effectifs du master GAE depuis 2012.

Tous les deux ans, les étudiants du Master GAE sont invités à participer à une journée d'échange avec d'anciens étudiants devenus professionnels, le plus souvent dans les métiers du territoire. Cette journée organisée par l'association « Graines de terriens » (anciens étudiants de l'IUP « Génie des Territoires ») est soutenue par le laboratoire ThéMA et le département de géographie de l'université de Franche-Comté.

Intensive Program « Master in Geographical Modelling » ([IP MGM](#))

Le master « géographie, aménagement, environnement » est intégré dans un réseau de 9 masters spécialisés en géographie théorique et quantitative portés par les universités de Lausanne (coordination du réseau), Luxembourg, Louvain-la-Neuve, Manchester, Paris 1, Paris 7, Rouen, ainsi que Franche-Comté et Bourgogne. Ce réseau offre la possibilité aux étudiants de niveau M1 ou M2 de participer à une formation intensive dispensée en anglais, autour des compétences spécifiques de chaque membre du réseau. Cette formation est fortement conseillée aux étudiants qui se destinent à la réalisation d'une thèse. Ce programme a bénéficié en 2013 et 2014 d'une labélisation « intensive program » Erasmus, et du soutien financier européen. Une nouvelle demande de reconnaissance a été acceptée en 2015 dans le cadre Erasmus +, coordonnée par l'université de Luxembourg. Par ailleurs, ce réseau est maintenant reconnu dans le cadre du programme UNESCO Complex Systems Digital Campus (CS-DC).

L'IP MGM dure 10 jours et a lieu chaque année dans une des universités du réseau ; cette formation de haut niveau s'est tenue en 2014 et 2015 au laboratoire ThéMA. Cet élément de formation participe ainsi au rayonnement de l'unité et à son positionnement parmi les laboratoires européens spécialisés en géographie théorique et quantitative.

Cursus Master en Ingénierie « Sciences de l'Information Géographique et Innovation Territoriale » (CMI SIGIT)

Le département de géographie de l'université de Franche-Comté et le laboratoire ThéMA ont récemment obtenu l'habilitation d'une formation Cursus Master en Ingénierie (CMI SIGIT) par le [réseau Figure](#). Cette formation ouverte à la rentrée 2014-2015 offre des débouchés vers les métiers de l'ingénierie territoriale, au terme d'un parcours de 5 ans (licence et master) dont le contenu d'enseignement est conforme à une charte nationale inspirée des « masters of engineering ».

Cette filière sélective s'appuie sur la structure de formation existante (licence de géographie, master spécialité ISA), sur les compétences de recherche de ThéMA et sur un réseau de partenaires professionnels venant d'organismes divers : collectivités territoriales, services de l'état, structures privées. Elle privilégie les liens entre les sphères scientifiques et opérationnelles en intégrant fortement les étudiants au sein du laboratoire, tout en exigeant de nombreux stages dans des organismes extérieurs. Enfin, du point de vue pédagogique, le CMI SIGIT met l'accent sur l'apprentissage par problème et par projet, profitant des échanges et des retours d'expérience au sein du réseau Figure.

3.2. Doctorats

Le laboratoire est affilié à deux écoles doctorales : Langage, Espace, Temps, Société (LETS) à Besançon, Langages, Idées, Sociétés, Institutions, Territoires (LISIT) à Dijon. Les doctorants réalisant leur thèse à ThéMA proviennent pour moitié des promotions du master GAE, les autres venant d'autres formations.

Durant le contrat en cours, 24 soutenances de thèse ont eu lieu, ce qui représente un flux d'environ 5 soutenances par an. La durée moyenne des thèses est de 4 ans 8 mois, avec de fortes variations puisque l'écart-type est de 13 mois. Le tableau 9 présente la répartition des soutenances par année et par équipe.

Equipe	Thèses soutenues						Thèses en cours
	2010	2011	2012	2013	2014	Total	
Paysage et cadre de vie	3	3	1	2	0	9	4
Mobilité, ville, transport	0	1	2	4	2	9	10
Intelligence territoriale	1	3	1	0	1	6	5
Total	4	7	5	6	3	24	19

Tableau 9. Thèses soutenues et en cours par équipe

Actuellement, 19 thèses sont en cours de réalisation. Pour l'ensemble des 43 thèses soutenues et en cours, on peut noter plusieurs modes de financement (figure 7). Les allocations des universités représentent un quart des financements, alors que le soutien des collectivités s'élève à presque 20%, ce qui totalise 45% d'allocations soutenues par des moyens locaux. Le recours à des organismes nationaux comme l'ADEME représente une part relativement faible (au total 6 %), alors qu'inversement les financements étrangers avec suivi en co-tutelle sont assez nombreux (19%). Enfin 30% de thèses sont non financées, mais celles-ci regroupent des situations variables, comme l'auto-financement ou la réalisation de la thèse en parallèle d'un travail salarié.

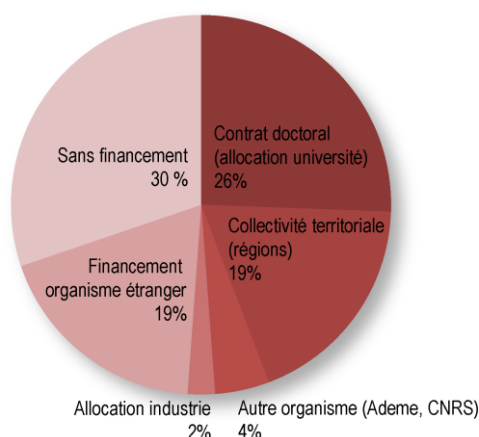
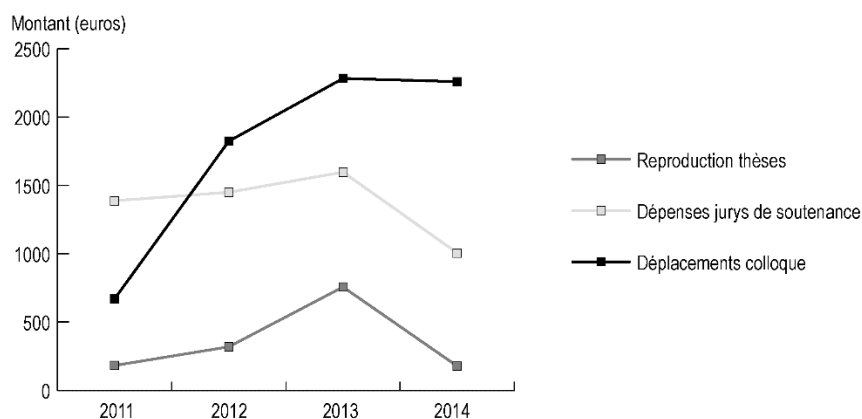


Figure 7. Mode de financement des thèses (calculée sur la base des 44 thèses du contrat en cours)

Les doctorants participent à la vie scientifique des équipes, tout d'abord en communiquant lors de séminaires d'équipes organisés au cours de l'année. Suivant les instructions des Ecoles Doctorales, ils doivent aussi présenter l'avancement de leurs travaux lors de « comités de suivi de thèse », pendant leur 2^{ème} année. Pour améliorer encore les conditions d'encadrement, la direction du laboratoire conseille aux directeurs de thèse l'organisation de comités de thèses comprenant des collègues extérieurs au laboratoire, mais ces dispositifs ne sont pas obligatoires.

Les doctorants contribuent aussi à l'animation du laboratoire en participant aux diverses manifestations en direction du grand public, comme les journées portes ouvertes, la nuit des chercheurs ou la science en fête. Une mention particulière peut être faite pour l'organisation de cafés géographiques à Besançon, 4 à 5 fois par an, sur des thématiques propres au laboratoire ou proches de lui, et à la rencontre du grand public. Les doctorants s'impliquent dans l'organisation des événements scientifiques, comme les Rencontres de Théo Quant. Ils communiquent leurs travaux devant l'ensemble du personnel au cours des Journées du laboratoire, événement organisé une fois par an et couplé avec une assemblée générale (voir 3.1.4.). Enfin, le laboratoire encourage ses doctorants à communiquer dans les colloques nationaux et internationaux. Il consacre une part significative de sa dotation à ce soutien (figure 8), pour un montant annuel de plus de 2000 € pour 2013 et 2014, et compte tenu de l'appui des Ecoles Doctorales et des fonds disponibles sur contrats de recherche. Le laboratoire organise et finance une grande partie des soutenances, avec l'appui des Ecoles Doctorales. Il prend également en charge la reproduction de 10 exemplaires de chaque thèse soutenue.

Figure 8. Montant du soutien financier du laboratoire pour les doctorants. Note : les données n'ont pas pu être extraites pour l'année 2010.



Au cours de leur thèse, les doctorants sont invités à nouer des contacts avec le monde professionnel, notamment par le biais du statut de « doctorant-conseil ». Ce dispositif récent permet de faire valoir leurs compétences de chercheurs dans des organismes privés, en réalisant une mission de consultant durant un mois environ. En 2014 et 2015, trois doctorants ont bénéficié de ce dispositif et ont travaillé au sein de bureaux d'étude.

En se basant uniquement sur les 24 doctorants ayant soutenu leur thèse au cours de l'actuel contrat, les statistiques du devenir professionnel montrent qu'une part importante des docteurs issus de ThéMA (38%) se place dans l'enseignement supérieur et la recherche (figure 9). Un échantillon plus important serait nécessaire pour valider ce constat, mais ce résultat est le signe d'un bon niveau de formation par la recherche, révélant aussi la bonne réputation de ThéMA sur ses spécialités en recherche. La poursuite du parcours sous forme de poste d'ATER ou de contrat post-doctoral concerne 21% des docteurs, alors que 16% occupent un emploi dans les secteurs publics (hors enseignement supérieur) et privés.

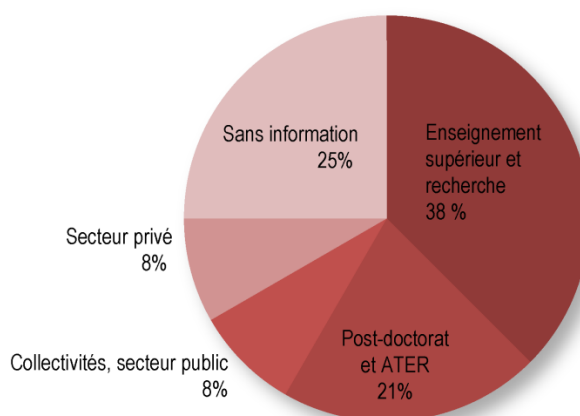


Figure 9. Devenir professionnel des docteurs issu du laboratoire Théma. Note : le résultat est peu fiable pour la catégorie post-doctorats et ATER, car les 24 docteurs n'ont pas soutenu leur thèse la même année.

4. Stratégie et perspectives scientifiques de l'unité

4.1. Analyse stratégique du laboratoire

L'analyse stratégique du laboratoire repose sur la méthode SWOT mise en œuvre par un groupe de travail composé de 15 membres du laboratoire (chercheurs et enseignant-chercheurs, service informatique) au cours du printemps 2015. Une enquête individuelle a conduit à lister une série de propositions : environ 80 forces, 80 faiblesses, 40 opportunités et 40 menaces. Des séances collectives ont ensuite permis de grouper, sélectionner et hiérarchiser ces éléments, aboutissant aux éléments figurant dans le tableau 10.

Forces	Opportunités
Activités de recherche S1. Compétences en modélisation, capacité à développer des outils informatiques spécifiques S2. Originalité des recherches : usage de la modélisation pour l'aide à la décision en aménagement S3. Cohérence thématique des équipes et fort potentiel de synergie inter-équipes S4. Augmentation des publications internationales S5. Appui sur 3 spécialités de Master et sur la formation Coursus Master en Ingénierie SIGIT	Activités de recherche O1. Fort potentiel de transfert et de valorisation O2. Objets de recherche en lien avec une forte demande sociétale O3. Effet de niche, assez peu de concurrents sur les spécificités du laboratoire
Fonctionnement du laboratoire S6. Cohésion et esprit de coopération en interne, cadre de travail confortable et fonctionnel S7. Services d'appui à la recherche efficaces et complémentaires S8. Taille humaine et pyramide des âges permettant une bonne répartition des responsabilités S9. Laboratoire multi-site Bourgogne-Franche-Comté	Contexte institutionnel O4. Potentiel de recherches interdisciplinaires via le réseau de laboratoires régionaux O5. Proximité vis-à-vis des institutions et collectivités locales
Faiblesses	Menaces
Communication et rayonnement W1. Communication et rayonnement à améliorer W2. Présence limitée dans les réseaux locaux et nationaux (conseils des universités, sections universitaires, CNRS) W3. Ouverture internationale pas assez affirmée	Positionnement scientifique T1. Approche par modélisation peu présente au sein de la communauté géographique française Politique régionale T2. Politique universitaire régionale peu lisible et incertaine (COMUE Bourgogne-Franche-Comté)
Ressources humaines W4. Trop grande concentration des forces de recherche W5. Difficulté d'accueillir ou d'attirer des chercheurs CNRS W6. Difficulté de recruter des doctorants et post-doctorants français du fait de la spécialisation de ThéMA	Ressources financières T3. Diminution des ressources financières (appels à projets, allocations, etc.) Formation T4. Restructuration des formations et diminution des effectifs d'étudiants
Faiblesses spécifiques de certaines équipes	
Equipe Intelligence territoriale W7. Trop faible lisibilité du concept d'intelligence territoriale W8. Niveau de publication à améliorer	
Equipe Paysage et cadre de vie W9. Recherche arctique peu liée au reste du laboratoire W10. Thème paysage visible en déclin et peu structuré	

Tableau 10. Forces, faiblesses, opportunités et menaces de ThéMA

De nombreuses connexions possibles sont apparues entre les éléments mentionnés dans le tableau, conduisant à définir 5 axes stratégiques principaux, ainsi que des axes secondaires. Dans le texte suivant décrivant ces actions, les cellules sont identifiées par leur code dans le tableau 10.

4.1.1. Affirmer la position et l'identité du laboratoire dans le contexte de la COMUE Bourgogne-Franche-Comté

Le rapprochement des universités à travers la COMUE BFC, dans le contexte de fusion des régions Bourgogne et Franche-Comté, n'est pas lisible facilement, comporte des contradictions et s'effectue dans un climat d'incertitude (T2). Le fait que le laboratoire ThéMA soit positionné depuis 20 ans sur les deux régions (S9) lui garantit une certaine stabilité et permet d'aborder plus sereinement cette phase de changement. De plus, l'originalité de ses recherches (S2) lui confère une identité et une cohérence qu'il est important de maintenir pour un bon affichage dans le paysage régional.

Par ailleurs, un projet I-SITE préparé dans le cadre de la COMUE BFC est actuellement en phase d'évaluation. En cas d'obtention, l'I-SITE deviendrait un élément fort de la politique scientifique de la COMUE BFC, et cette perspective apparaît comme une opportunité pour le laboratoire. En effet, les thèmes développés à ThéMA s'inscrivent pleinement dans un des 3 axes proposés, intitulé « Territoire, Environnement, Aliment ». Les principaux partenaires régionaux du laboratoire, c'est-à-dire les UMRs Chrono-Environnement, Cesaer et Biogéosciences, s'inscrivent dans cet axe.

4.1.2. Renforcer l'ouverture internationale en profitant de l'originalité et du niveau des recherches

Différentes collaborations internationales existent d'ores et déjà et certaines sont même anciennes : université de Tromsø (Norvège), laboratoire CORE de Louvain-la-Neuve (Belgique) ou encore Luxembourg Institute of Socio-Economic Research par exemple. Toutefois, en dehors des recherches portant sur le milieu arctique qui sont déjà inscrites au sein de larges réseaux internationaux, il apparaît que la place de ThéMA mérite d'être renforcée au niveau international (W3). Cette perspective peut être favorisée par l'aspect original des recherches (S2) et leur lien avec la demande sociétale (O2), notamment dans le cadre de l'appel à projet H2020. Un argument supplémentaire en faveur de cette stratégie est la capacité croissante du laboratoire à publier dans des revues internationales de haut niveau (S4), qui donne du crédit à ThéMA en tant que partenaire au sein d'un consortium.

L'intérêt d'une ouverture plus importante à l'international se situe tout d'abord au plan financier, pour compenser la diminution de crédits nationaux (T3), puisque les appels à projets nationaux (ANR, ministères) offrent de moins en moins de possibilité. Cette ouverture contribuera également à augmenter le rayonnement du laboratoire et sa capacité à attirer des étudiants en doctorat et post-doctorat (W6). Elle sera aussi l'occasion de renforcer la légitimité du positionnement scientifique de ThéMA, qui n'est pas toujours reconnu dans une partie de la communauté française de géographie (T1).

Différents éléments des projets d'équipe montrent que l'effort d'ouverture internationale est déjà amorcé, illustré par exemple par les collaborations avec l'Austrian Polar Research Institute (Autriche), l'université du Yunnan (Chine) et l'université fédérale de Rio de Janeiro (Brésil). Cet effort sera poursuivi au cours du prochain contrat et favorisé par la direction du laboratoire.

Sur le plan des publications, la politique menée depuis quelques années a produit des résultats intéressants, et les équipes seront donc appelées à continuer à mettre en valeur leurs travaux au niveau international et à réfléchir à leur stratégie de publication. Des revues cibles apparaissent d'ores et déjà incontournables pour contribuer au rayonnement du laboratoire : *Applied Geography*, *Cities*, *Computers, Environment and Urban Systems*, *Environment and Planning*, *Landscape and Urban Planning*, *Journal of Environmental Management*, *Journal of Transport Geography* sont des exemples de revues dans lesquelles de nombreuses recherches menées à ThéMA peuvent être publiées. Les travaux plus spécifiques (milieu arctique, logistique de transport)

nécessitent d'identifier des revues aux lignes éditoriales adaptées. A ce titre, les recherches issues de l'équipe Intelligence territoriale pourront trouver place dans des médias pertinents comme *Decision Support Systems* ou *Geoforum*.

4.1.3. Mobiliser les forces internes et le potentiel de transfert pour compenser la diminution des ressources financières

Les ressources dédiées à la recherche diminuent ou deviennent plus difficiles à obtenir, en témoignent par exemple le faible taux de succès des projets soumis à l'ANR au niveau national, la raréfaction des allocations de thèse et des possibilités de financement de post-doctorats (T3). Cette menace concerne tous les laboratoires et peut apparaître comme un élément banal dans le contexte actuel de la recherche publique.

Cependant, cette raréfaction des ressources financières peut être partiellement compensée par la capacité de ThéMA à mettre ses compétences en modélisation (S1) au service de besoins sociétaux (O2), par exemple : la maîtrise de la croissance urbaine, la recherche de modèles d'aménagement permettant un compromis entre développement économique et social, qualité du cadre de vie et de l'environnement ou encore l'étude des impacts du changement climatique. Cet avantage est d'autant plus important que ThéMA ne fait pas face à une concurrence forte et structurée sur l'articulation modélisation-aménagement qui fait la spécialité du laboratoire (O3).

Outre les opportunités offertes par une meilleure ouverture internationale (point 4.1.2.), la possibilité de transfert et de valorisation des recherches dans les structures privées et les collectivités territoriales (O1), favorisée par une bonne proximité avec les institutions locales (O5), peut donner accès à des formes alternatives de financement, notamment les conventions Cifre pouvant compenser la difficulté d'obtention des allocations de recherche.

Enfin, les ressources internes du laboratoire, notamment son important service informatique (S1, S7), lui permettent d'entreprendre le développement d'outils sans que cela ne nécessite de moyens financiers spécifiques.

4.1.4. Augmenter le rayonnement du laboratoire par la diffusion des outils informatiques et la formation professionnelle

Bien que ThéMA bénéficie d'une identité bien définie et reconnue, son rayonnement reste assez limité, probablement en raison d'une certaine faiblesse de communication (W1). Or, l'activité du laboratoire en production d'outils de modélisation (S1) peut favoriser la mise en place d'une communication et d'un rayonnement fondés sur la diffusion de ces outils et la formation professionnelle.

La politique du laboratoire pour ses outils logiciels est la diffusion la plus large possible dans la communauté scientifique (passage des logiciels en OpenSource), plutôt que la valorisation économique directe par l'édition de licences payantes. Cette position s'explique par l'intérêt que représente la diffusion d'un logiciel dans cette communauté en termes de reconnaissance scientifique. A titre d'exemple, les collègues australiens, américains ou français qui utilisent Graphab dans leurs travaux (à ce jour 5 articles internationaux publiés à partir de cet outil) sont autant de partenaires potentiels pour des recherches communes. Cela peut donc faciliter l'ouverture internationale mentionnée au point 4.1.2. La position du laboratoire sur la diffusion des logiciels s'explique aussi par la difficulté d'utilisation directe de ces outils dans les sphères opérationnelles de l'aménagement du territoire. Toutes ces raisons convergent vers une valorisation fondée sur la formation professionnelle.

Cette stratégie de formation vise tout d'abord la communauté scientifique, par le biais d'écoles thématiques par exemple. Cet élément peut aussi contribuer à augmenter le rayonnement de l'unité et inciter à davantage de candidatures de chercheurs CNRS à destination du laboratoire (W2). Compte-tenu de l'intérêt que représentent certains outils pour le transfert vers le monde opérationnel (O1), des formations sont également à envisager en direction des professionnels du territoire : bureaux d'étude, collectivités territoriales et services de l'Etat.

Cependant, la stratégie de formation proposée ici doit veiller à ne pas accentuer la concentration des ressources humaines dédiées aux activités de recherche (W4).

De façon complémentaire, le laboratoire peut aussi valoriser ses travaux en offrant des prestations de calcul scientifique à partir des infrastructures universitaires (Mésocentres de calcul). En effet, la mise en œuvre des outils d'analyse et de simulation spatiale exige généralement des moyens informatiques auxquels les collectivités et bureaux d'étude n'ont pas accès. Cette forme de prestation déjà expérimentée est facile à réaliser et peut « compenser » dans une certaine mesure le déficit de valorisation financière dû à la diffusion libre des logiciels.

4.1.5. Mieux cibler l'offre de Master pour augmenter l'attractivité

Les spécialités du master mention « Géographie, Aménagement, Environnement » s'adossent aux compétences spécifiques développées dans le laboratoire. Cependant, on constate une érosion des effectifs ainsi qu'un bassin de recrutement trop limité, ce qui témoigne d'un manque d'attractivité (W1). La restructuration de l'offre de formation des établissements universitaires comporte donc un risque (T4).

Nous proposons de surmonter ce handicap en mobilisant les principales forces du laboratoire (S1, S2, S3) de façon à renouveler l'offre de master et la politique de communication qui doit l'accompagner. Il s'agit notamment de proposer une spécialité de master qui oriente les étudiants de façon plus lisible vers les méthodes d'aide à la décision dédiées à l'aménagement de la ville durable. L'obtention récente d'un Coursus Master Ingénieur (S5) est un argument de plus pour redynamiser l'offre de formation liée au laboratoire. La reconnaissance du réseau « Master Geographical Modelling » par Erasmus et l'UNESCO est également une source d'espoir.

4.1.6. Autres éléments stratégiques

Mieux représenter la géographie quantitative dans les instances nationales

Les membres de l'unité sont peu investis dans les réseaux d'évaluation et de pilotage de la recherche et de l'enseignement supérieur, comme les sections CNU23, la section 39 du CNRS (W2). Cette faible présence dans les instances « politiques » de niveau national pourrait être préjudiciable si on considère que les approches fondées sur la modélisation spatiale ne sont pas toujours pleinement soutenues et encouragées dans la communauté de la géographie française (T1). En conséquence, une concertation interne sera à envisager pour évaluer la possibilité et l'intérêt d'une meilleure représentation du laboratoire dans diverses instances. Cette perspective pourrait être favorisée par l'esprit de coopération dont les membres de ThéMA font preuve (S5) et la bonne répartition des responsabilités dans l'organigramme actuel de l'unité (S7).

Renouveler la recherche sur le paysage en établissant une connexion avec la prospective urbaine

Le paysage visible est un objet de recherche original étudié à ThéMA depuis plusieurs décennies, mais qui n'a pas été soutenu par des projets structurants au cours du dernier contrat (W10), alors que plusieurs thèses et productions scientifiques ont montré la spécificité des compétences du laboratoire dans ce domaine. Sachant que la qualité du paysage est un critère important dans l'évaluation des territoires (O2), il apparaît stratégique de réaffirmer cette spécificité de recherche. Cette action peut tout d'abord être favorisée par la production et la diffusion d'un nouvel outil logiciel (S1). Elle peut aussi profiter du potentiel de synergie interne de ThéMA (S3), en établissant une connexion entre les aménités paysagères et l'analyse prospective de la croissance urbaine.

4.2. Projet de l'équipe Paysage et cadre de vie

Plusieurs points forts émergent du bilan de l'équipe, notamment les résultats significatifs obtenus à partir des travaux sur le milieu arctique et sur les réseaux écologiques. Parallèlement, les coopérations amorcées avec l'équipe Mobilité, ville et transport ont montré tout le potentiel d'un travail conjoint sur l'analyse prospective du territoire. Ces différents éléments conduisent à envisager les futurs travaux de l'équipe dans un cadre renouvelé, où deux principaux axes de recherche sont distingués : (1) l'analyse des dynamiques paysagères et de leur impact sur les différentes fonctions du paysage ; (2) les recherches sur l'impact des changements climatiques contemporains sur les milieux arctiques et de montagne.

4.2.1. Analyse des dynamiques paysagères

Objectifs scientifiques

La question est de savoir comment les changements qui affectent les structures paysagères se répercutent sur la qualité du cadre de vie des personnes d'une part, et sur les habitats potentiels des espèces animales d'autre part. Ces changements sont abordés de façon rétrospective, pour construire des éléments de connaissance sur les dynamiques paysagères, et de façon prospective, en évaluant les impacts potentiels de scénarios d'aménagement, dans une logique d'action et d'aide à la décision.

La connaissance de l'occupation et de l'utilisation du sol constitue le matériau de base pour appréhender ces dynamiques paysagères (figure 10). La production de cette information est donc une étape fondamentale dans les travaux de l'équipe, avec la mise au point d'un outil original qui permet la réalisation de modes d'occupation du sol (MOS) multi-dates à haute résolution (projet ODIT, chantier D2PE), outil dont la valorisation est attendue. L'approche prospective consistera à analyser les changements futurs, qu'il s'agisse de projets connus, comme la création d'infrastructures de transport ou la mise en œuvre d'un plan d'urbanisme, ou qu'il s'agisse de changements potentiels définis selon des scénarios d'évolution. L'approche prospective s'appuiera sur des collaborations avec l'équipe Mobilité, ville et transport, pour comparer différentes options de développement urbain par le biais de simulations spatiales. Elle s'appuiera également sur des partenariats avec des écologues et des climatologues, pour caractériser l'évolution des distributions végétales en fonction du changement climatique.

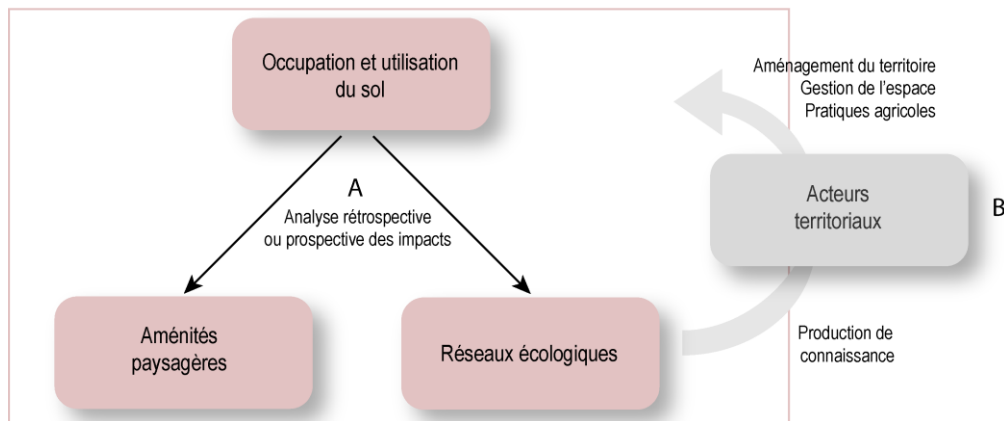


Figure 10. Éléments en jeu pour l'analyse des dynamiques paysagères. Les actions notées A impliquent des collaborations avec l'équipe Mobilités, ville et transports. Les actions notées B impliquent un travail commun avec l'équipe Intelligence territoriale.

Approche intégrée des aspects esthétiques et écologiques

Les changements d'occupation ou d'utilisation du sol seront analysés en termes d'impact sur les aménités paysagères (fonction esthétique) et sur les réseaux écologiques (fonction écologique). La question de la

multifonctionnalité sera abordée en étudiant les conditions d'un compromis entre la qualité visuelle du cadre de vie et la préservation des habitats écologiques et des écosystèmes (Fry et al., 2009 ; Tress et al., 2001).

Renouvellement des recherches sur la visibilité du paysage

Dans le contexte des nombreuses questions posées par la gestion du paysage, les travaux sur les aménités paysagères vont donner lieu au développement d'un nouveau logiciel dédié au calcul de métriques de visibilité. La diffusion de ce logiciel dans la communauté scientifique nécessitera tout d'abord la publication d'articles à caractère méthodologique (revue pressentie : *Environmental Modelling and Software*). Cet outil permettra d'aborder les questions suivantes :

- quelles métriques de visibilité permettent d'évaluer la qualité esthétique du paysage ? Peut-on mobiliser les mêmes métriques pour représenter les préférences esthétiques de différents groupes humains ?
- comment la qualité du paysage évolue-t-elle aux marges des agglomérations urbaines en fonction de différents modèles urbanistiques ? Certaines configurations urbanistiques permettent-elles une plus grande stabilité de la qualité visuelle du paysage à mesure que la ville se développe ?

Extension des recherches sur les réseaux écologiques

Les recherches portant sur les réseaux écologiques vont prolonger les travaux menés depuis 2009 autour de l'outil Graphab, mais en abordant de nouvelles questions. Ces questions rejoignent en grande partie les conclusions formulées par Correa Ayram et al. (2015) à partir d'une synthèse réalisée sur les enjeux actuels des recherches sur la connectivité des habitats écologiques :

- quels sont les impacts potentiels du changement climatique sur la fonctionnalité des réseaux écologiques ?
- comment définir un projet de réseau écologique multi-milieux et multi-espèces à partir des graphes paysagers ?
- comment intégrer les usages des sols et les modes de gestion (espaces verts, agronomie, foresterie) dans l'évaluation de la connectivité fonctionnelle des habitats ?
- quelle place pour la modélisation spatiale auprès des acteurs territoriaux dans les « Trames vertes et bleues » ?

Partenariats et financements

Les recherches seront fondées sur des collaborations associant des réseaux déjà éprouvés et des projets en cours :

- participation à un consortium [TRUSTEE](#) où ThéMA dirige la tâche 5.1 et collabore avec les laboratoires CESAER (INRA Dijon), l'Université de Perugia (Italie), le laboratoire CORE (Louvain-la-Neuve, Belgique), l'Université du Luxembourg.
- participation au GDRI « Ecosystem Health and Environmental Disease Ecology » en collaboration avec l'UMR Chrono-Environnement et l'université du Yunnan (Chine).
- travaux communs sur le contrôle des populations de rongeurs par des mesures paysagères, avec les UMR Chrono-Environnement et Métafort (Clermont-Ferrand) et dans le cadre de la Zone Atelier Arc Jurassien.

Parallèlement, de nouveaux partenariats sont en construction par le biais de plusieurs projets soumis :

- projet « Vélacité » soumis à l'ANR et portant sur l'impact du changement climatique sur les réseaux écologiques, en collaboration avec plusieurs laboratoires IRSTEA (EMAX, EFNO, LISC) et INRA (EEF, LERFoB) ;
- projet de collaboration avec deux laboratoires du Muséum National d'Histoire Naturelle (CESCO, LEA), sur les Trames Vertes et Bleues ;
- projet « Socio-ecological habitat connectivity of Lynx in Europe » soumis à Biodiversita, piloté par le laboratoire CEFE de Montpellier et réunissant un consortium d'une dizaine de partenaires européens.

4.2.2. Climat et environnement

Objectifs scientifiques

L'enjeu est ici de mieux comprendre les liens entre le changement climatique et certaines composantes physiques du paysage. Pour aborder cette question, les milieux froids offrent un cadre reconnu, car les systèmes glaciaires et périglaciaires sont très réactifs aux fluctuations climatiques. Il s'agit de mobiliser les ressources de l'imagerie géographique, de l'analyse spatiale et de la géostatistique pour identifier la réponse de la cryosphère et de la végétation aux fluctuations climatiques. Dans ce domaine, l'équipe est investie depuis plusieurs années dans l'observation d'un bassin glaciaire arctique, l'Austre Lovén (Spitsberg, Baie du Roi), qui constituera encore un terrain d'étude privilégié au cours du futur contrat. Au-delà du milieu arctique, l'extension des travaux à des milieux montagnards tempérés représente une ouverture intéressante, associée à de nouvelles collaborations.

Impact du climat sur la cryosphère arctique

Ce volet s'appuie sur l'observatoire mis en place au Spitsberg depuis 2007. L'objectif est d'identifier les facteurs explicatifs des dynamiques glaciaires, en associant le suivi de variables décrivant le climat local et la cryosphère (glace, neige, permafrost). D'après les premières investigations, le bilan hydrologique annuel masque différentes configurations que seul un suivi spatio-temporel à échelle très fine, intégrant l'ensemble des composantes (glacier, versants, moraine), peut permettre d'identifier. Grâce aux observations réalisées depuis presque 10 ans par télédétection et mesures in situ, l'équipe dispose de données dont l'analyse ouvre la voie à une approche originale. Les analyses reposeront aussi sur des variables climatiques issues de modèles spatiaux (rayonnement, température, précipitations), qui seront intégrées parmi les facteurs explicatifs de la fonte (manteaux neigeux, glacier et permafrost). Ceci permettra de mieux comprendre les processus de fonte, et donc la réponse de l'hydrosystème face aux changements climatiques contemporains.

Des recherches sur la cryosphère concernent également le milieu alpin, notamment dans le cadre de l'ANR VIP-Mont Blanc. Il s'agit d'améliorer la résolution spatiale des sorties de modèles dynamiques effectuées par l'UMR Biogéosciences, opération communément appelée « downscaling ». Pour ce faire, nous nous appuyerons sur une démarche croisant statistiques spatiales et géomatique. Nous pensons pouvoir ainsi gagner un facteur 10 en résolution, passant d'une information (températures et précipitations journalières) livrée par les physiciens à résolution de 2 km à des modèles cartographiques à 200 m de résolution sur l'ensemble du massif du Mont-Blanc.

Enfin, dans le cadre des Zones Ateliers, des travaux ont été initiés sur l'arc jurassien. Ils concernent les aspects nivologiques et climatologiques à l'échelle d'un massif de moyenne montagne. Le but est de mieux comprendre l'impact des changements climatiques contemporains sur les aspects bio-géographiques (faune et flore) à partir d'une meilleure connaissance des processus du couvert nival (durée d'enneigement, phénomènes épisodiques violents, formations particulières) et sur les températures. Par ailleurs, la comparaison entre un massif ayant connu un climat comparable avec l'actuel climat sub-arctique va permettre de travailler en rétro-observation et reconstruction.

Impact du climat sur les distributions botaniques

Les variables climatiques représentent des facteurs qui déterminent la présence, l'abondance et la distribution des plantes aux échelles régionales et locales. Compte tenu de l'ampleur du changement climatique actuel, il est important de mieux connaître la capacité des espèces végétales à s'adapter à ces fluctuations.

Pour aborder cette question, l'archipel du Svalbard constituera un premier terrain d'application. Sur ce terrain original, il est prévu de modéliser la somme de températures sur l'ensemble du Svalbard à résolution de 50 m en nous appuyant sur plusieurs contraintes régionales telles que la nébulosité moyenne, l'indice de continentalité, l'influence de la température de la mer, la couverture neigeuse. Ensuite, le modèle obtenu sera confronté à l'extension spatiale d'une centaine d'espèces de plantes dont certaines, par leur caractère thermophile, sont de bonnes indicatrices du changement climatique.

La même problématique sera abordée en milieu tempéré, où le changement climatique se traduit par la hausse des températures moyennes et la réduction des précipitations. Ce changement pose des questions de gestion forestière, car il fragilise les espèces végétales, en limitant notamment la capacité de régénération des forêts. Dans ce contexte, il est prévu d'effectuer un suivi précis du climat sous couvert forestier dans le Parc Naturel Régional du Haut-Jura, pour étudier les conséquences sur la dynamique végétale.

Partenariats et financements

Le réseau de recherche constitué depuis une dizaine d'années par l'ex-GDR Mutations Polaires continuera d'être activé. Dans cette perspective, la demande de création d'un GDR Arctique a été récemment soumise au CNRS. Les travaux mobiliseront également les collaborateurs de l'équipe impliqués dans les projets amorcés au cours des contrats précédents :

- partenariat sur des aspects botaniques avec le département de biologie de l'Université de Tromsø (Norvège) et le Northern Research Institute (NORUT), ainsi qu'avec l'UMR Chrono-Environnement au sein de la Zone Atelier Arc Jurassien ;
- travaux communs en imagerie avec l'Universität für Bodenkultur et l'Austrian Polar Research Institute (Vienne, Autriche) dans le cadre du projet ANR Prism.
- collaboration avec l'UMR Femto-ST (Besançon) sur la mise en place de capteurs spécifiques sur le terrain.

Les travaux réalisés sur les aspects climatiques et nivologie s'appuieront aussi sur des collaborations récentes, notamment avec l'UMR Biogeosciences (Dijon) dans le cadre de l'ANR VIP-Mont Blanc, l'observatoire nivo-météorologique (antenne nord-est) de Météo France, et le Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (Lausanne).

4.3. Projet de l'équipe Mobilité, Ville, Transport

4.3.1. Objectifs scientifiques

Les objectifs scientifiques de l'équipe Mobilité, ville, transport se situent dans la continuité des recherches menées depuis 2010 et se focalisent sur l'étude du système ville, en particulier sur les interactions entre urbanisation (forme urbaine) et politiques de transport (mobilité). Compte tenu des avancées de la recherche dans ce domaine et du potentiel actuellement mobilisable au sein de l'équipe, les objectifs visent à approfondir certains points particuliers ou à orienter l'objet de la recherche sur des terrains d'étude plus porteurs et plus innovants en termes de communication scientifique et d'impact socio-économique, de manière à conforter la position de l'équipe à l'échelle internationale. Ces objectifs se déclinent concrètement en quatre points complémentaires.

a. Forme urbaine fractale, cadre de vie et satisfaction résidentielle

Les travaux prospectifs sur la ville durable menés dans le précédent contrat ont permis d'étudier l'impact de différents scénarios d'aménagement sur les trois sphères du développement durable. L'une des originalités de ces recherches a été de tester l'impact de scénario d'aménagement fractal, et les premières explorations menées dans ce contexte paraissent prometteuses. Dans la continuité de ces travaux, l'équipe souhaite approfondir cette question sous l'angle du lien entre formes urbaines fractales, cadre de vie et satisfaction résidentielle résidentielle (Bramley et Power, 2009). Sur la base des modèles de simulation développés au cours de la période contractuelle précédente (Mup-City, Fractalopolis, MobiSim, LucSim), il s'agit tout d'abord de tester l'hypothèse selon laquelle les interactions entre formes urbaines fractales et patterns de mobilités génèrent des cadres de vie de bonne qualité, comparés à d'autres formes urbaines (compact vs étalée, monocentrique vs polycentrique). Dans cette perspective, les modèles de simulations seront amenés à évoluer pour permettre notamment de simuler des formes urbaines locales plus réalistes. Ces recherches s'appuieront sur les collaborations mises en place avec l'équipe Paysage et cadre de vie et le laboratoire Chrono-environnement.

Par ailleurs, la satisfaction résidentielle est un objet de recherche sur lequel les membres de l'équipe ont porté une attention particulière lors du précédent contrat, que ce soit dans l'analyse empirique et théorique ou dans les approches de modélisation. L'identification des liens entre cadre de vie et satisfaction résidentielle sera poursuivie, en analysant le rôle concomitant joué par les facteurs paysager et acoustique. Ce travail sera basé sur la réalisation d'enquêtes articulées avec des travaux de modélisation/simulation. Ces orientations de recherche s'appuieront sur le renforcement des collaborations avec des chercheurs en psychologie, avec lesquels seront développées des techniques d'enquête combinant approches quantitatives et qualitatives. Elles pourront également trouver un prolongement dans des réflexions sur le lien entre environnement et santé qui font également partie des travaux menés en interdisciplinarité avec les médecins du Laboratoire Chrono-environnement et l'Observatoire régionale de la santé.

b. Modélisation intégrée LUTI

Les modèles de simulation mis au point par l'équipe pour l'aide à la décision en aménagement du territoire constituent une base solide et performante, identifiée comme l'un des noyaux des recherches à venir. En particulier, la plateforme de simulation MobiSim apparaît comme un outil fondamental et fédérateur, dont l'usage doit être généralisé pour appuyer les objectifs scientifiques de l'équipe. Cette base étant aujourd'hui considérée comme opérationnelle, l'objectif consiste à augmenter son impact en multipliant les expérimentations et les terrains d'études, pour l'instant très focalisés sur Besançon et la Franche-Comté (qui ont permis la mise au point de la plateforme). Les simulations réalisées sur cet espace ainsi que sur la ville de Lyon montrent d'ailleurs que la prospective des villes françaises est soumise à une forte inertie, car on n'observe finalement peu de changements entre la situation actuelle et l'horizon 2030. Or, de nombreuses régions du monde font actuellement l'objet d'une urbanisation et d'un développement extrêmement rapides et importants, dont les agglomérations pluri-millionnaires de Rio de Janeiro (Brésil) ou de Hong-Kong (Chine) sont de bons exemples. L'implémentation de ce type de terrains dans les plateformes de simulation permettra non seulement de révéler plus clairement les possibilités prospectives des modèles de simulation développés par l'équipe MVT, mais également de mieux tester les processus qui y sont formalisés en les soumettant à des contraintes plus fortes, et finalement d'augmenter leur portée socio-économique en les confrontant à des enjeux internationaux clairement identifiés en termes de développement durable. Dans ce contexte, la modélisation LUTI n'est pas envisagée comme une simple simulation au fil de l'eau (*business as usual*) mais réellement comme une force de proposition pour l'anticipation des politiques et des projets urbains en construction. Elle devrait fortement contribuer à la visibilité de l'équipe et du laboratoire au niveau international.

c. Activités économiques et logistiques

Dans l'étude des systèmes urbains, les recherches de l'équipe MVT se sont essentiellement concentrées sur l'analyse des formes urbaines, en interaction avec les mobilités individuelles qu'elles génèrent (et inversement). Or, au sein de ces systèmes, les activités économiques et les mobilités associées jouent également un rôle déterminant, notamment sur le plan des risques industriels et technologiques, et de la congestion des réseaux. Ces aspects ont fait l'objet de collaborations soutenues avec des laboratoires identifiés dans ce domaine de compétences, notamment le Laboratoire d'Economie des Transport (Lyon). Elles ont notamment permis d'identifier une différence de points de vue en termes de démarche de modélisation : alors que l'équipe a clairement fait le choix d'une approche désagrégée bottom-up à l'échelle des individus et des bâtiments, la majorité des modèles dédiés à la logistique sont des plateformes agrégées top-down. Compte-tenu des ressources internes de THÉMA dans le domaine de la logistique et du fret, nous envisageons une meilleure intégration de cette dimension dans les outils de simulation développés par l'équipe. Concrètement, l'objectif consiste à développer un modèle de localisation des activités et de « comportement des entreprises » accompagnant le développement urbain, et à simuler les mobilités générées par ces activités en termes de fret et de tournées de livraisons. D'une part, ce projet permettrait de démultiplier les champs d'investigation de MobiSim dans un domaine que les modèles LUTI intègrent mal à l'échelle internationale. D'autre part, il permettrait de revisiter les approches économiques classiques sur la localisation des activités, et à maintenir les partenariats

existant avec les laboratoires spécialisés dans ce domaine par un échange innovant pour la modélisation spatiale, dans une approche intégrée « voyageur / entreprise ».

d. TIC et e-cities

Depuis les années 1990, la croissance de l'équipement et de l'usage de l'Internet et de la téléphonie mobile a fortement accéléré l'évolution des modes de vie, en impactant nos relations au territoire et à la mobilité, au travail et à l'organisation des entreprises, à la consommation et aux pratiques de santé et de loisir (Marzloff, 2009 ; Rallet et al., 2009). Concrètement, la généralisation des TIC pose par exemple la question des effets du télétravail sur les déplacements des individus (programme d'activités et organisation au sein des ménages) et de leurs choix résidentiels. De même, le e-commerce conduit les utilisateurs à adopter un « comportement multicanal » dans leur processus d'achat virtuels, sans pour autant abandonner la fréquentation des points de vente physiques. Par ailleurs, le développement de la livraison à domicile et l'apparition d'hypermarchés virtuels (drives) contribuent également à modifier les rapports habitants/territoire en termes d'usages (Enders et Jelassi, 2009). Dans ce domaine, actuellement très étudié autant par les « sciences de l'ingénieur » pour ses développements techniques que par les « sciences humaines » pour les nouveaux usages qui en sont fait, les principaux enjeux pour la recherche urbaine se situent dans l'identification des bénéfices qui peuvent en découler en termes de bien-être et de qualité de vie, tant sur le plan du développement urbain que sur celui des mobilités et des politiques de transport. Pour y contribuer, l'objectif de l'équipe MVT consiste à intégrer les impacts possibles des TIC au sein de son approche de modélisation, de manière à en anticiper les conséquences dans les scénarios de simulation prospective qu'elle peut proposer. Cet objectif demande d'une part de modifier les protocoles d'acquisition de données de mobilité individuelle en l'ouvrant au champ très actuel des big data, et d'autre part, à élaborer une démarche de veille scientifique sur les impacts possibles des TIC au sein de villes qui se développent en e-cities.

4.3.2. Partenariats et collaborations envisagées

L'équipe va continuer de collaborer avec ses partenaires actuels, notamment le Laboratoire d'Economie des Transports (LET, Lyon) et le Laboratoire Ville, Mobilité, Transport (LVMT, Marne-la-Vallée). Les échanges menés avec ces laboratoires dans le domaine de la simulation des interactions urbanisation/transport devraient se trouver renforcés par la qualité des résultats scientifiques produits. Ces résultats permettent en effet d'envisager plusieurs partenariats contractuels dans les années à venir, sur des sujets connexes à ceux étudiés jusqu'ici. Le détachement de Pierre Frankhauser au sein du LVMT pour l'année 2015-2016, ainsi que le projet de recherche MODEVAL-URBA (Modélisation et évaluation au service des acteurs des villes de demain) présenté conjointement avec le LVMT à l'Ademe contribuent concrètement à pérenniser ce processus. De même, l'équipe MVT fait aujourd'hui l'objet d'une consultation et de suivi des projets pédagogiques du LET dans le cadre de l'ENTPE, et d'un recrutement post-doctoral qui conforte également les collaborations entre les deux institutions. Dans le même ordre d'idée, le LISER (Luxemburg Institute of Socio-Economic Research) reste un partenaire privilégié de l'équipe MVT pour les recherches portant sur la modélisation de l'occupation du sol et des mobilités, notamment dans un contexte spatial transfrontalier. L'invitation de Jean-Philippe Antoni au LISER pour la période 2015-2016, dans le cadre de la procédure GRASP (GRAduate Studies Programme) témoignent du renforcement de ce partenariat, qui devrait déboucher sur plusieurs publications communes à l'horizon 2016-2017.

Parallèlement, la volonté de l'équipe de confronter ses outils de modélisation à des terrains d'étude plus dynamiques à l'échelle internationale, nécessite également de privilégier des partenariats internationaux élargis, dans la continuité des collaborations ECOS (Coopération scientifique France-Amérique latine) avec le Brésil. Ces collaborations ont conduit à de nombreux échanges scientifiques qui se traduisent actuellement par un échange de données renforcé pour l'implémentation de MobiSim sur la ville de Rio au courant de l'année 2016. Des contacts sont pris dans le même sens pour envisager son utilisation dans l'accompagnement du développement d'Alger.

Enfin, dans un contexte moins académique et plus exploratoire, l'équipe MVT souhaite contribuer au développement de partenariats public-privé (PPP). Les recherches menées jusqu'à présent montrent en effet que ce type de collaboration peut permettre d'accompagner plus concrètement une démarche de planification prospective pour des grandes agglomérations, en distinguant plus clairement les éléments qui relèvent de la recherche scientifique, de l'application de méthodologie existante et de l'accompagnement des acteurs sur le terrain et termes d'animation et de conseil. Dans ce contexte, un accord de confidentialité est actuellement en cours de signature entre l'équipe VMT et l'entreprise For-City (Lyon), spécialisée dans le conseil en développement urbain auprès de collectivités territoriales françaises et étrangères. En fonction des marchés prospectés, cet accord pourrait faire l'objet d'une contractualisation plus avancée pour une utilisation conjointe des modèles de simulation développés à TheMA. C'est notamment dans ce cadre collaboratif que l'implémentation de MobiSim sur l'agglomération de Hong-Kong peut être envisagée.

4.3.3. Moyens à mobiliser et financements envisagés

Les travaux de l'équipe MVT s'inscrivent bien dans les objectifs des programmes de recherche nationaux et européens. En particulier, le plan d'action de l'ANR pour l'année 2016 réaffirme l'importance consacrée à la question de la mobilité et des systèmes urbains, avec une place non négligeable réservée aux approches modélisatrices. Par ailleurs, au sein du programme Horizon 2020, l'Union Européenne a doté le défi « Transport intelligent vert et intégré », d'un budget considérable (environ 6 000 millions d'euros). Cet appel à projet recoupe de nombreux thèmes de recherche appréhendés par l'équipe : mobilité urbaine, transport de marchandise, recherche socio-économique. Ces différents programmes constituent de véritables opportunités pour construire des projets de recherche.

Dans ce contexte, il est également prévu de déposer un projet ERC (European Research Council) destiné à approfondir et élargir le concept d'aménagement fractal. Le projet prévoit d'intégrer la localisation de zones d'activité, les aires d'attraction des commerces et services, de rendre plus réaliste le zonage proposé, d'intégrer les aires d'attraction des gares et arrêts des transports en commun et d'évaluer les conséquences des nouvelles techniques de la communication. Un nouveau module permettra d'intégrer la volumétrie des bâtiments. Seront aussi pris en compte la qualité environnementale des zones vertes préservées et les potentialités de l'agriculture périurbaine. A travers des collaborations avec d'autres institutions seront évalués les impacts écologiques et climatiques des scénarios simulés. Le modèle sera appliqué à l'espace du Grand Paris, Lyon et Vienne (Autriche).

Cette ambition en termes de recherche se traduit par une demande de compétences spécifique. Dans ce cadre, le prochain poste de maître de conférences recruté au sein de l'équipe MVT (septembre 2016) s'inscrit clairement dans la démarche et les méthodes de la géographie théorique et quantitative. D'un point de vue thématique, il concerne tous les champs de la recherche sur les interactions entre formes urbaines et mobilités (quotidiennes et résidentielles). D'un point de vue méthodologique, il vise à maîtriser les aspects statistiques et géomatiques de l'analyse de données spatiales et temporelles, afin de contribuer à l'approche de modélisation spatiale pour l'aménagement développée au sein de l'équipe.

4.4. Projet de l'équipe Intelligence territoriale

4.4.1. Objectifs scientifiques

Depuis sa création il y a cinq ans, l'équipe a centré ses efforts sur la compréhension et la formalisation des processus à l'origine des stratégies, des décisions et des actions portées au sein des systèmes territoriaux. Ces recherches redessinent aujourd'hui le projet autour de trois domaines pivots et de leurs interfaces : (1) systèmes socio-spatiaux, composantes et processus territoriaux ; (2) stratégies, actions et décisions territoriales ; (3) production de connaissances sur les territoires (figure 12).

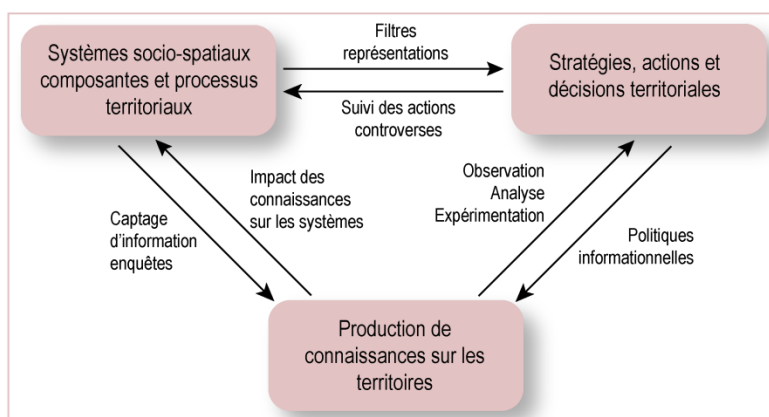


Figure 12. Schéma des éléments-clés pour le projet de l'équipe Intelligence territoriale

Pour mettre en œuvre ce projet, l'équipe va s'appuyer sur la complémentarité des compétences apportées par les membres de l'équipe. Ainsi les travaux seront menés en associant la recherche-action, l'accompagnement à la création de nouveaux dispositifs, la lecture « sociotechnique » plus distanciée. L'accès privilégié à certains dispositifs de production de connaissances opérationnels, notamment dans le cadre du projet OPTTEER, alimentera avec intérêt ces recherches. Sur le plan thématique, les travaux envisagés s'intéresseront prioritairement aux questions énergétiques, à la mobilité, à la densification et à l'action sociale.

Systèmes socio-spatiaux, composantes et processus territoriaux

Sur les thèmes étudiés, il s'agira de comprendre quels sont les mécanismes à l'origine des structures et dynamiques territoriales. L'analyse portera aussi sur les différences de perceptions liées au rôle ou au statut des acteurs, qu'ils se situent dans l'action publique, la vie quotidienne, telle pratique ou usage de l'espace. Il s'agira d'identifier les relations complexes qu'entretiennent les sociétés humaines avec leurs environnements, au sens écologique mais aussi au sens mésologique, en cherchant à mettre au jour le rôle des perceptions et des représentations sur les comportements, qu'ils soient individuels, liés à la construction de l'espace public ou à l'action sociale.

Stratégies, actions et décisions territoriales

Il est ici question de s'intéresser aux stratégies et aux modes d'action et de décision mis en œuvre dans le cadre de la pratique, de la gestion, de l'aménagement et de la prospective territoriale. De quelle façon les acteurs institutionnels et les collectifs d'habitants prennent-ils des décisions en fonction de leur stratégie ? En s'appuyant sur des travaux portant sur les mécanismes de gouvernance, l'ingénierie territoriale, les politiques publiques, on s'intéressera ici à la construction de la décision, notamment par l'analyse des usages des informations et connaissances et de leurs effets sur la décision et les jeux d'acteurs. Ces questionnements amèneront à s'interroger sur la construction des légitimités d'action, et les rôles de l'information et de la connaissance des territoires sur celles-ci.

Ce travail de construction méthodologique sera mis en œuvre dans le cadre du projet inter-équipe ICONE et de recherches doctorales en cours portant notamment sur les convergences possibles entre stratégies d'acteurs collectifs et individuels autour des pratiques de mobilité (thèse de Nicolas Lunardi). L'originalité des travaux réside ici dans l'analyse des liens entre les modes de productions de connaissances, leur diffusion et l'action sur les territoires. Sur ce dernier point, l'équipe met à profit une longue expérience de production et d'accompagnement de dispositifs de connaissances (systèmes d'information territoriaux) à destination des collectivités et une proximité forte vis-à-vis de différents acteurs institutionnels.

Processus et dispositifs de production de connaissances sur les territoires

Nos réflexions se portent sur les mécanismes conduisant aux choix de captage et de production de données (politiques informationnelles) ainsi qu'aux modes d'analyse, de représentations et de diffusion de celles-ci (Noucher, 2012). Une attention particulière sera portée aux méthodes et aux outils de captage des informations émises par les systèmes territoriaux et renseignant sur les comportements, qu'il s'agisse d'informations qualitatives captées notamment par le biais d'enquêtes, ou d'informations quantitatives acquises par des mesures physiques, comme les déplacements ou les températures d'un logement par exemple.

L'exploitation de l'ensemble de ces informations implique la formalisation de modèles de données, de processus d'analyse et de diffusion nécessaires à l'élaboration de la connaissance. Cela suppose par exemple la mise en place et le partage de dispositifs tels que des observatoires territoriaux ou des plateformes de simulation. Un volet important de ces travaux consistera à analyser les possibilités offertes par la mise en réseau des acteurs tels que les professionnels de l'aménagement, les chercheurs et les citoyens (Sui et al., 2012). Il sera question d'identifier les dynamiques d'échanges, la co-production d'information et les capacités de collaborations et de co-construction, devant aboutir à l'émergence d'une production collective comme les diagnostics territoriaux ou les systèmes d'information participatifs.

4.4.2. Partenariats et collaborations envisagées

L'ensemble des connaissances produites dans les trois domaines, (1) systèmes socio-spatiaux, composantes et processus territoriaux ; (2) stratégies, actions et décisions territoriales ; (3) production de connaissances sur les territoires, place les chercheurs de l'équipe dans une posture réflexive.

Actuellement, des connaissances thématiques et des compétences méthodologiques très complémentaires sont réunies au sein de l'équipe Intelligence territoriale et au-delà au sein de Théma, notamment dans le domaine de la modélisation spatiale. Cette complémentarité va permettre de répondre aux besoins et aux orientations du projet scientifique. A cet égard, l'action inter-équipes ICONE, initiée en 2013 et en cours de réalisation, est tout à fait représentative des synergies internes que le projet d'équipe doit encore renforcer. Cette action offre une intéressante passerelle entre les équipes Mobilité, ville et transport et Intelligence territoriale, confrontant les représentations et stratégies d'élus de différentes communes de l'aire urbaine bisontine à une formalisation fondée sur la modélisation spatiale. Cette action intègre également un volet consistant à observer comment ces connaissances formelles se diffusent-elles au sein du jeu d'acteur local, notamment dans le cadre de la mise en place du Plan Local d'Urbanisme Intercommunal.

Des réseaux et collaborations sont par ailleurs en développement, susceptibles de venir enrichir les approches déjà éprouvées, tant d'un point de vue méthodologique et technologique qu'en direction de thématiques transversales et à forts enjeux (mobilité, énergie notamment). Plusieurs collaborations s'inscrivent dans cette dynamique :

- réseau initié dans le cadre du projet TELEM, impliquant le laboratoire de sociologie urbaine de l'EPFL (Lausanne) et le laboratoire LIRIS (INSA, Lyon) ;

- animation de l'action prospective « [Energie-Territoire-Information-Connaissance](#) » au sein du GDR MAGIS, associée à différentes réalisations futures, notamment le pilotage d'un numéro spécial de la Revue internationale de Géomatique portant sur les enjeux informationnels et cognitifs de la transition énergétique.

L'équipe Intelligence territoriale collabore par ailleurs de longue date avec un ensemble de partenaires institutionnels (collectivités, Régions, Services de l'Etat, ADEME) et associatifs, dans le cadre de projets de systèmes d'observations. Certains de ces projets alimentent les réflexions scientifiques, à travers des missions de suivi, notamment par le biais du comité scientifique OPTTEER.

Enfin, depuis quelques années, du fait de l'importance prise par la thématique de l'énergie dans les travaux de l'équipe, des relations ont été nouées avec des opérateurs énergétiques (GRDF, GDF-Suez, EDF) souhaitant mettre en œuvre des approches territoriales de l'énergie. Ces relations débouchent aujourd'hui sur la participation de l'équipe à divers projets en lien avec les dispositifs et exigences issues des lois sur la transition énergétique et portant sur l'identification de logiques territoriales susceptibles de faciliter l'adoption et la diffusion de systèmes innovants (AMI Mobilité verte).

4.4.3. Moyens à mobiliser et financements envisagés

En termes de financement, l'équipe souhaite s'engager sur différentes demandes de financement de recherche, en vue de renforcer ses forces et ses compétences par le recrutement de doctorants et post-doctorants. Plusieurs demandes sont prévues :

Demande de financement ANR

Projet ETTIC reliant les problématiques Energie/mobilité – territoire – temps – Information – Connaissance, et réunissant 8 laboratoires français et suisses : UMR ADES (université de Bordeaux), LIRIS (INSA, Lyon), Energy Center et CREM (EPFL Lausanne), le BDTLN (université de Tours), GRDF.

Projet Interreg V

Ce projet est porté conjointement par le laboratoire ThéMA et la HEIG-VD (Neuchâtel). Il devrait permettre de renforcer les recherches relatives à la mise en place d'outils d'aménagement transfrontaliers de façon concertée. Il permettra la pérennisation d'un poste d'ingénieur d'étude pour une durée de trois ans et le déploiement d'outils d'aide à la décision transfrontaliers.

Réponse à une AMI mobilité verte

Ce projet est actuellement en cours de montage pour une demande de financement FEDER, dont l'ambition est de proposer un outil d'aide à la décision pour le déploiement de solutions de mobilité verte (individuelle ou collective), associant des partenaires publics (laboratoires de recherche) et privés (opérateurs énergétiques, équipementiers). Ce projet implique de multiples partenaires : le laboratoire FCellSYS (UTBM), le Pôle Véhicule du Futur, la Vallée de l'énergie, AtMO Franche-Comté, la DRT GDF Suez, GrDF, INEO réseaux et smart solutions, GNVert, WH2. Un post doctorat est prévu dans le cadre de ce projet.

Demande de financement ADEME

Sur la thématique « énergie, information, décision », une demande de financement doctoral a été déposée récemment auprès de l'ADEME. Le sujet de la thèse est le suivant : « Définir et conduire une stratégie énergétique urbaine intégrée : nouveaux enjeux autour de l'information et des savoirs ».

4.5. Collaborations entre les équipes de ThéMA

Les équipes de ThéMA travaillent sur des objets distincts et développent des méthodes spécifiques, mais ont également une certaine capacité de coopération interne. Plusieurs projets inter-équipes ont été mis en place durant le contrat en cours, ayant produit des résultats encourageants. Dans cette perspective, nous avons identifié trois thèmes sur lesquels la mise en commun des connaissances et compétences venant d'équipes

différentes est susceptible d'apporter une réelle plus-value en termes d'originalité et d'intérêt. Ces thèmes ont été partiellement abordés dans les projets formulés par les équipes elles-mêmes. Ils sont représentés dans la figure 13.

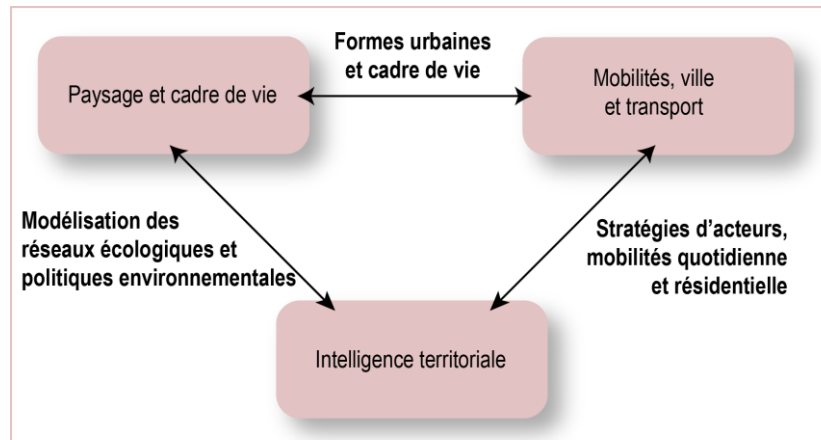


Figure 13. Trois thèmes reliant les équipes du laboratoire identifiés pour le projet du laboratoire

Formes urbaines et qualité du cadre de vie

Les outils de simulation développés au sein de l'équipe Mobilité, ville et transport permettent d'envisager différents scénarios de la croissance urbaine, combinant des critères de forme et des règles d'aménagement. Les résultats qu'ils fournissent permettent de comparer plusieurs devenirs possibles d'une ville à partir d'un état initial. Ce cadre méthodologique offre la possibilité de comparer les externalités potentielles de plusieurs modèles urbains, jouant par exemple sur la structure mono ou polycentrique, la densité ou la fractalité du bâti. Dans la perspective d'une ville durable, il apparaît pertinent de s'interroger sur la qualité du cadre de vie offerte par ces modèles urbains. Quelles formes de villes sont les plus aptes à garantir des paysages considérés comme esthétiques, et de telles qualités paysagères sont-elles durables à mesure que la ville s'étend ? Parallèlement, quelle configurations spatiales permettent de limiter les nuisances sonores dues au trafic motorisé (Ariza-Villaverde et al., 2014) ? Comment préserver au mieux la fonctionnalité des réseaux écologiques (Alberti, 2005 ; Tratalos et al., 2007) ?

Les aménités paysagères (dimension visible), l'environnement acoustique (dimension sonore), ou encore le potentiel écologique (biodiversité), mais aussi d'autres dimensions environnementales comme le microclimat et l'émission de polluants, sont autant d'éléments qui peuvent servir de critères pour comparer les modèles urbains. Cet axe de recherche peut donc s'appuyer avec profit sur les compétences reconnues de l'équipe Paysage et cadre de vie et de l'UMR Chrono-Environnement dans ces dimensions paysagères et environnementales.

Stratégies d'acteurs, mobilités quotidienne et résidentielle

Il est aujourd'hui admis que les politiques en matière de transport et d'aménagement n'ont pas toujours les effets escomptés. Ceci est dû notamment à la multiplicité des acteurs impliqués, au manque de coordination de leurs actions mais aussi aux contradictions entre les objectifs des différentes politiques mises en place. Du côté des individus et des ménages, les comportements de mobilité dépendent principalement de l'offre en transport et en logement mais également de leurs projets, de leur mode de vie et de leurs compétences (Kaufmann, 2014). Quels sont ces projets et ces modes de vie ? Quelles stratégies sont déployées pour les mener à bien ? Combiné à ces stratégies, quel est l'impact des politiques d'aménagement sur la durabilité des nouveaux espaces urbains et des modes de vie associés ? En quoi les éventuelles contradictions entre politiques modifient-elles les impacts ? La temporalité des différentes politiques publiques joue-t-elle un rôle dans l'évolution des comportements ? Les politiques conduites favorisent-elles une homogénéisation spatiale des modes de vie, favorisent-elles le maintien ou la fuite des familles avec enfants dans la ville-centre ou au contraire, génère-t-elle

de nouvelles formes de ségrégation socio-spatiales ? La satisfaction résidentielle induite par un projet d'aménagement est-elle spatialement mieux répartie ?

Pour tenter de répondre à ces questions, une démarche basée sur la modélisation/simulation paraît particulièrement adaptée. Cet axe de recherche sera donc exploré grâce à la plate-forme de simulation MobiSim mais l'originalité de l'approche consiste également à co-construire les scénarios d'aménagement en partenariat avec les collectivités locales et de s'inscrire ainsi dans la continuité des travaux initiés par le projet ICONÉ (Te Brömmelstroet et Schrijnen, 2010). Un partenariat le laboratoire LaSur (EPFL Lausanne) pourrait également être envisagé afin de mieux connaître les projets et modes de vie des individus et des ménages (Thomas, 2013), leurs évolutions, et l'intégration ces connaissances thématiques dans la démarche de modélisation/simulation.

Modélisation des réseaux écologiques et politiques environnementales

Les recherches sur la modélisation des réseaux écologiques ont conduit à la mise en place de méthodes qui offrent, en principe, un appui aux politiques de conservation et de gestion des paysages et de la biodiversité. Mais de telles approches modélisatrices peinent à trouver leur place dans les concertations entre les acteurs impliqués et les processus décisionnels qui en découlent, si bien qu'elles ne sont pas souvent mobilisées dans la conception des schémas directeurs d'aménagement aux différents échelons administratifs.

L'objectif ici est d'utiliser la modélisation des réseaux écologiques pour appuyer les politiques environnementales (Schéma Régional de Cohérence Écologique, Trame Verte et Bleue, espaces protégés) et les diagnostics territoriaux (études d'impact). Il s'agira de trouver comment favoriser et alimenter la concertation entre les acteurs du territoire sous l'angle de la modélisation, en partant des expériences déjà réalisées dans le domaine (Bergsten et Zetterberg, 2013; Zetterberg et al., 2010). Il s'agira donc de comprendre comment la modélisation peut être intégrée dans la concertation et à quel point les acteurs du territoire peuvent s'approprier ses résultats, suivant leur fonction respective (techniciens, experts, décideurs).

Les modèles proposés dans les trois domaines apporteront des éléments de discussion, et leur transfert sera également l'occasion pour les acteurs d'explicitier tous les éléments en jeu. Inversement, les résultats des interactions entre les acteurs pourront contribuer à alimenter ou enrichir les modèles. Cette approche réflexive à double sens permettra d'améliorer la dimension opérationnelle des instruments de recherche des trois équipes.

4.6. Références-clés pour le projet du laboratoire

- Alberti M., 2005. The effects of urban patterns on ecosystem functions. *International Regional Science Review* 28: 168-192.
- Ariza-Villaverde A.B., Jiménez-Hornero F.J., Gutiérrez De Ravé E., 2014. Influence of urban morphology on total noise pollution: Multifractal description. *Science of the Total Environment* 472: 1-8.
- Bergsten A., Zetterberg A., 2013. To model the landscape as a network: A practitioner's perspective. *Landscape and Urban Planning* 119: 35-43.
- Bramley G., Power S., 2009. Urban form and social sustainability: the role of density and housing type. *Environment and Planning B: Planning and Design* 36(1): 30-48.
- Correa Ayram C.A., Mendoza M.E., Etter A., Pérez Salicrup D.R., 2015. Habitat connectivity in biodiversity conservation: A review of recent studies and applications. *Progress in Physical Geography* 1-31.
- Enders A., Jelassi T., 2009. Leveraging multi-channel retailing – The experience of Tesco.com. *Management Information Systems Quarterly Executive* 8(2): 1-12.
- Fry G., Tveit M.S., Ode O., Velarde M.D., 2009. The ecology of visual landscapes: Exploring the conceptual common ground of visual and ecological landscape indicators. *Ecological Indicators* 9: 933-947.
- Kaufmann V., 2014. *Retour sur la ville*. Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Marzlöf B., 2009. *Le 5^e écran. Les médias urbains dans la ville 2.0*. Editions FYP.
- Noucher M., 2012. La donnée géographique aux frontières des organisations : des réseaux géomatiques à l'intelligence territoriale. *Revue internationale de Géomatique* 22: 7-30.
- Sui D., Elwood S., Goodchild M., 2012. Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice. Springer Science & Business Media.
- Te Brömmelstroet M., Schrijnen P.M., 2010. From planning support systems to mediated planning support: a structured dialogue to overcome the implementation gap. *Environment and Planning A* 24: 517-533.

- Thomas M.P., 2013, *Urbanisme et modes de vie. Enquête sur les choix résidentiels des familles en Suisse*. Editions ALPHIL – Presses Universitaires Suisses, 508 p.
- Tratalos J., Fuller R., Warren P., Davies R., Gaston K., 2007. Urban form, biodiversity potential and ecosystem services. *Landscape and Urban Planning* 83: 308-317.
- Zetterberg A., Mörtberg U.M., Balfors B., 2010. Making graph theory operational for landscape ecological assessments, planning, and design. *Landscape and Urban Planning* 95: 181–191.
- Rallet A., Aguiléra A., Guillot C., 2009. Diffusion des TIC et mobilité : permanence et renouvellement des problématiques de recherche. *Flux* 78 : 7-16.
- Tress B., Tressa G., Décamps H., Hauteserre A.M., 2001. Bridging human and natural sciences in landscape research. *Landscape and Urban Planning* 57: 137-141.