

UMR 6049 ThéMA

Projet scientifique

2012-2015

Résumé

Le laboratoire ThéMA est une unité de recherche en géographie fondée sur une spécificité d'analyse quantitative et modélisatrice. Forte de cette particularité et animée d'une intense activité scientifique, cette unité est engagée sur plusieurs thématiques en prise avec la demande sociale. Sa politique scientifique prévue pour le quadriennal 2012-2015 passe par une restructuration en trois équipes (Mobilités, ville et transport ; Paysage et cadre de vie ; Intelligence territoriale), la réaffirmation de son identité par le biais d'un axe transversal méthodologique « Modélisation », et une volonté d'accroître la capacité de ses membres à valoriser leur travaux dans les publications internationales.

Ce dossier décrivant le projet scientifique de ThéMA commence par une auto-analyse, suivie par la description générale du projet. Ensuite sont décrits les projets détaillés de l'axe transversal et des trois équipes de l'unité.

Abstract

The ThéMA laboratory is a research unit in geography which is characterized by the use of quantitative analysis and modelling. On the strength of this distinctive approach and thanks to intense scientific activity, the unit is engaged in a number of areas of research that respond to current societal concerns. Its proposed scientific policy for the period 2012-2015 will involve reorganizing the laboratory into three teams (Mobility, city and transportation; Landscape and living environment; Territorial intelligence), reaffirming "Modeling" as its cross-cutting methodological approach, and promoting the capacity of its researchers to diffuse their work in international publications.

This document describes ThéMA's research plan, beginning with a self-assessment, and followed by the general description of the plan. Then the detailed projects within the cross-cutting research theme and those of the three teams are described.

Sommaire

Auto-analyse	5
1. Forces	5
2. Faiblesses	6
3. Opportunités	7
4. Risques.....	7
Projet et objectifs scientifiques de l'unité.....	9
1. Politique scientifique.....	9
2. Fonctionnement de l'unité.....	10
Projet scientifique détaillé	13
1. Axe transversal : « Concepts, modèles, instruments ».....	13
1.1. Acquisition, structuration et gestion de l'information spatiale	13
1.2. Configurations et structures spatiales	14
1.3. Processus et dynamiques spatiales	16
1.4. Représentation et médiatisation de l'espace.....	17
1.5. Instrumentation, développement d'outils.....	18
1.6. Conclusion : éléments de validation, retour d'expériences.....	20
2. Projet de l'équipe « Mobilités, ville et transports ».....	21
2.1. L'approche multi-échelle pour l'étude des tissus urbains et l'aménagement urbain.....	21
2.2. L'accessibilité à distance – un nouvel enjeu pour l'aménagement du territoire	22
2.3. Modéliser les mobilités résidentielles et quotidiennes et leurs impacts sociaux et environnementaux.....	23
2.4. Accessibilités multi-échelles et grandes infrastructures de transport	24
3. Projet de l'équipe « Paysage et cadre de vie »	26
3.1. Ressources et aménités paysagères	26
3.2. Paysage et réseaux écologiques	27
3.3. Paysage et changement climatique (Arctique)	29
4. Projets de l'équipe « Intelligence territoriale ».....	31
4.1. Concepts et enjeux de l'Intelligence Territoriale	31
4.2. Information, observation, instrumentation	33
4.3. Territoires de pratiques	34

Auto-analyse

En mettant en balance nos forces et faiblesses grâce à l'auto-analyse qui précède, nous pouvons dégager les objectifs, les principes et les moyens à mettre en œuvre pour la période qui vient. Le projet qui en ressort est le produit d'une large concertation au sein du laboratoire. À cette occasion, nous avons reconsidéré notre positionnement scientifique dans le contexte national des unités de recherche en géographie afin de mettre en avant nos spécificités par delà les convergences thématiques et méthodologiques constatées. Nous avons vu aussi que la taille et la situation de notre unité dans deux universités de villes moyennes comme Dijon et Besançon lui confère un profil particulier qui oriente aussi nos choix, notamment la recherche de synergies entre Bourgogne et Franche-Comté, encouragée par nos tutelles.

1. Forces

Une intense activité scientifique

Parmi les forces du laboratoire on signalera son intense activité scientifique. Celle-ci est fondée sur des partenariats et des financements à la fois nombreux et divers. Les membres du laboratoire s'investissent en effet aussi bien dans des programmes de recherche nationaux et internationaux (par exemple en pilotant deux ANR et un programme européen du 6^e PCRD en lien avec la MSHE Ledoux), que dans toute une série de contrats de recherche avec des collectivités locales ou des services de l'Etat, contrats qui en retour nourrissent la recherche fondamentale. De solides liens avec des collègues d'autres laboratoires, et souvent d'autres disciplines, permettent à Théma d'être positionné dans un véritable réseau scientifique.

Au-delà des financements et des partenaires, l'activité de l'unité se concrétise par les publications. D'un simple point de vue comptable, le bilan illustre bien l'important travail réalisé, avec par exemple une centaine d'articles à comité de lecture (ACL et ACLN), une centaine d'ouvrages, chapitres scientifiques ou directions d'ouvrage (OS, DO), environ 180 actes de colloques (ACTI, ACTN), 200 communications ou posters (COM, AFF). En dehors de ces publications « académiques », la valorisation scientifique du laboratoire se traduit aussi par des productions de toute nature (film, logiciels par exemple), des invitations à donner des conférences, des organisations de colloques ou encore des distinctions (Institut Universitaire de France par exemple).

Une orientation méthodologique forte

La spécificité du laboratoire réside dans la dimension méthodologique de ses recherches, et en particulier dans la pratique d'une géographie quantitative et modélisatrice qui constitue sa marque de fabrique depuis plusieurs décennies. En témoigne l'organisation bisannuelle du colloque Théo Quant, l'un des rendez-vous de la géographie théorique et quantitative en France. L'expertise acquise en traitement des données géographiques et en analyse spatiale s'est assortie d'une volonté de maîtriser les outils et les aspects informatiques dérivés de ces méthodes. Cette signature particulière, qui remonte aux origines du laboratoire, se traduit par un important investissement dans la programmation informatique et aboutit à la production de plusieurs logiciels. La relative indépendance vis-à-vis des outils commerciaux nous semble ainsi constituer un gage d'originalité en recherche.

Des thèmes originaux et d'actualité

Les thématiques abordées se distinguent soit par leur originalité, soit par leur caractère d'actualité, voire d'urgence sociétale. Signalons à titre d'exemple le paysage, le climat, l'observation territoriale pour le diagnostic, l'évaluation et la prospective, les outils de gouvernance participative, l'emploi-formation-innovation, les mobilités, l'étalement urbain, l'énergie. Même si bon nombre de ces thèmes sont abordés

par d'autres unités de recherche, leur appréhension est ici marquée par un traitement méthodologique propre, lié à notre orientation vers la modélisation.

2. Faiblesses

Des démarches de modélisation à réaffirmer

Notre orientation vers la modélisation spatiale constitue un des points forts signalés. Toutefois, elle mériterait de trouver une théorie plus intégrée, une plus grande mise en synergie des avancées portées par les différentes équipes ou opérations, et un affichage plus explicite. C'est un point où portera notre effort dans les quatre années à venir, grâce à l'institution d'un axe transversal sur la modélisation, conçu et alimenté par les différentes composantes du laboratoire. Cet axe transversal aura donc pour vocation de faciliter les échanges internes et externes sur les questions méthodologiques, en proposant plusieurs thèmes fédérateurs (simulations spatiales, représentations par exemple).

Déséquilibre entre équipes

Un autre point à améliorer tient à notre organisation interne. En effet, sur les cinq équipes que compte le laboratoire, deux constituent des ensembles affichant à la fois une réelle masse critique et une forte identité thématique : « Mobilités, ville, transports » et « Paysage et cadre de vie ». Les trois autres sont plus réduites en nombre de chercheurs et enseignants-chercheurs, tout en travaillant sur des champs scientifiques finalement assez proches les uns des autres. Le contour thématique de l'équipe CERSOT ayant été modifié lors de la période précédente, de nombreux points communs sont apparus entre ses activités et celles de l'ERT Intelligence territoriale ; de même les questions d'observation territoriale sont aussi abordées par l'équipe Emploi-Formation. Une troisième équipe « Intelligence territoriale » va donc être mise en place, en associant les membres des trois équipes précédentes impliqués dans les approches territoriales. La création de cette équipe permettra de prolonger la réflexion menée ces dernières années autour du concept de territoire et des systèmes d'acteurs et d'en valoriser les acquis.

Gouvernance

La montée en puissance du laboratoire, la multiplication de ses participations à divers programmes, les nombreuses sollicitations dont il est l'objet vont nous conduire à revoir la gouvernance de l'unité, afin de l'adapter à ces nouvelles exigences. Nous constatons tout d'abord un déficit de personnel pour soutenir la direction, la gestion et la communication de l'unité : des solutions devront être trouvées pour renforcer l'équipe de direction dans son fonctionnement. Dans ce cadre, le conseil de laboratoire devra mieux prendre en considération les questions de stratégie scientifique tout au long de son mandat.

Encadrement de la recherche et démarche de publication

Si chaque année des thèses réalisées au sein de l'unité sont soutenues, nous pouvons néanmoins faire état d'un certain nombre d'abandons ou de difficultés rencontrées par les doctorants. De nombreuses raisons peuvent être invoquées pour expliquer ces difficultés, mais nous pensons qu'une amélioration est à espérer par certains changements, notamment par la mise en place d'un suivi collégial au sein des équipes, ou de comités de thèses organisés par les encadrants des doctorants. Ces mesures seront précisées en tenant compte des directives qui seront données par l'école doctorale LETS, dans laquelle tous les doctorants du laboratoire sont inscrits.

Parallèlement, même si les publications dans les grandes revues internationales sont en augmentation par rapport à la période précédente (respectivement 19 articles anglophones contre 15), cet effort reste à poursuivre. À cette fin sera mise en place une structure interne d'aide aux projets de publication, pour la conception et la traduction d'articles. Nous espérons que cette structure pourra aussi contribuer à mieux armer les doctorants dans la valorisation de leur thèse.

3. Opportunités

Au chapitre des opportunités à saisir se trouvent des signaux envoyés par d'autres laboratoires souhaitant se rapprocher de nous. Certes nous ne sommes pas favorables à la constitution de grands ensembles multi-sites et multi-disciplines, certes nous réaffirmons notre ancrage plein et entier au sein des universités de Franche-Comté et de Bourgogne, mais nous sentons bien qu'au bout de seize années d'existence, Théma trouverait avantage à resserrer ses liens avec d'autres partenaires autour de forts enjeux de recherche. Le CESAER (UMR 1041 de l'INRA et d'Agrosup Dijon), avec qui nous avons déjà de solides et fructueuses collaborations, est ouvert à un tel rapprochement. Sans intention de fusionner avec ce laboratoire, nous voulons examiner durant le quadriennal à venir nos modalités de convergence. Plusieurs réunions ont déjà eu lieu, un séminaire scientifique a été organisé par les chercheurs des deux laboratoires, des discussions ont été amorcées en présence des présidents et directeurs des établissements concernés, une entrevue à la direction nationale du CNRS en présence du Président de l'UFC a également eu lieu ; il semble qu'il y ait là une dynamique particulièrement prometteuse.

Un autre contexte favorable tient au dynamisme des MSH de Dijon et Besançon, dans l'environnement direct de l'UMR. Ces structures offrent des passerelles efficaces entre les laboratoires locaux aptes à collaborer. C'est notamment le cas de l'UMR 6249 Chrono-Environnement et l'EA Laboratoire de Psychologie. Ces liens s'affirment à travers deux projets d'envergure en train d'être constitués dans le cadre des Investissements d'avenir : un projet d'EquipEX « Observation des territoires » autour des MSH ; un projet de LabEX « Anthropisation, Territoires, Environnement », impliquant plusieurs UMR des universités de Bourgogne et de Franche-Comté. Le bon ancrage de Théma dans ces structures fédératives locales animées d'une forte dynamique est donc un atout pour le devenir de notre laboratoire.

Enfin, l'Université de Franche-Comté et la Communauté d'Agglomération du Pays de Montbéliard nous ont incité à mettre en place une antenne de l'UMR à Montbéliard, qui est actuellement en phase d'installation. Un des intérêts de cette localisation est de faciliter le travail sur certaines thématiques en lien avec des problématiques locales (géolocalisation par exemple).

4. Risques

Nous n'omettons pas les difficultés qui s'annoncent avec le départ en retraite de deux directeurs de recherche (sur quatre chercheurs CNRS), dans les 18 mois qui viennent. C'est un point qu'il va nous falloir gérer, en augmentant notre attractivité vis-à-vis des jeunes chercheurs et en examinant les possibilités d'obtenir des postes de la part du CNRS. Il est à noter que la petite taille de la ville dans laquelle se trouve le laboratoire et sa relative faiblesse d'image ne nous facilitent pas la tâche.

Un autre risque vient des fortes sollicitations qui émanent des formations (licences et masters en géographie et dans d'autres disciplines) dans lesquelles les membres de l'unité interviennent. Il est certes crucial de pouvoir s'appuyer sur des diplômés bien reconnus, notamment ceux de master. Cependant, les besoins de ces formations sont parfois tels que des surcharges de travail pèsent sur certains membres, ce qui crée un déséquilibre parmi les ressources humaines potentielles. Une issue est donc à trouver, pour que l'enseignement et la recherche puisse vivre en meilleure harmonie.

Projet et objectifs scientifiques de l'unité

Sur la base de l'auto-analyse qui vient d'être formulée, en nous appuyant sur nos forces et en essayant de réduire nos faiblesses, nous pouvons déjà annoncer quelles seront les ambitions du laboratoire ThéMA et décrire son futur fonctionnement. Ce projet a aussi été nourri des réflexions engagées lors de concertations internes entre tous les membres. À cette occasion, un comparatif des unités de recherches françaises impliquées en géographie nous a permis de nous situer dans le « paysage hexagonal » ; l'orientation scientifique donnée à l'unité résulte donc d'une synthèse entre l'auto-analyse précédente et notre positionnement à l'échelle nationale.

1. Politique scientifique

La modélisation comme fil directeur

La spécificité méthodologique de l'unité, fondée sur la modélisation et les approches quantitatives, reste un point fort que nous entendons entretenir et réaffirmer. Certes, en quelques décennies, l'usage d'une partie des méthodes et outils de la géographie quantitative s'est banalisé : les SIG en sont un bon exemple. Toutefois, la maîtrise de la chaîne de traitement de l'information spatialisée, ainsi que la prise en compte des fondements théoriques sous-jacents aux objets et aux méthodes utilisés, restent des spécialités exigeantes dont nous pouvons faire état. Ce fil directeur historique, dont l'origine précède la création de l'UMR, guidera le déroulement de notre action mais en affinant et en précisant nos champs de recherche au sein des réseaux scientifiques auxquels nous participons dans ce domaine en vue d'une excellence mutualisée.

Des thématiques en phase avec la demande sociale

Globalement, les thèmes abordés au cours de la période précédente sont repris mais des infléchissements sensibles sont requis pour mettre en adéquation nos activités avec les questionnements nouveaux qui émanent de la demande sociale. Notre socle méthodologique fondé sur la modélisation spatiale nous permet d'amener à la géographie de nouveaux champs de recherche et de les faire déboucher dans le domaine de l'application, notamment en direction des décideurs et acteurs du territoire. À ce titre, nous pouvons relever les exemples suivants de thématiques émergentes :

- fonctionnement des territoires et consommation d'énergie dans le cadre d'un projet « Rêve d'avenir » ;
- évaluation des « trames vertes et bleues » grâce aux méthodes d'analyse des réseaux écologiques que nous avons utilisées et repensées dans cet objectif ;
- redéploiement de l'analyse fractale et de ses concepts pour saisir la complexité des morphologies urbaines et orienter les choix d'aménagement en fonction des logiques fonctionnelles ainsi révélées.

Cette veille thématique nous amène à développer une pratique modulaire de la recherche qui se reconfigure selon les situations et en jouant sur les compétences complémentaires des équipes : par exemple le formalisme des modèles d'accessibilité est transposé pour traiter de la consommation et des ressources énergétiques sur le territoire ; de même, relevant des préoccupations actuelles en matière de « ville durable », l'approche écologique est reprise pour évaluer les conséquences de l'étalement urbain selon différents scénarios. Dans d'autres cas, cette modularité s'exprime par l'interdisciplinarité qui nous

permet de faire valoir notre qualité et notre apport de géographe dans des partenariats scientifiques. À ce titre, l'unité continuera à s'impliquer dans le réseau des MSH, en y animant des projets pluridisciplinaires où les géographes retrouvent des psychologues, archéologues, écologues, économistes, philosophes, voire des biologistes ou des médecins.

Une politique de publication affirmée

Sans négliger notre engagement dans les publications francophones, nous avons pris acte de la nécessité d'accroître notre effort vers l'international. Cet effort est déjà bien engagé puisque Théma revendique une série d'articles dans des revues anglophones de référence telles que *Geographical Analysis*, *Landscape and Urban Planning*, *Environment and Planning B*, *Urban Studies*, *Annals of the Association of American Geographers* et d'autres encore. Pour améliorer ce résultat, il est prévu :

- tout d'abord, de bien identifier, au regard de thématiques abordées, l'ensemble des supports de publication potentiels, dont certains sont actuellement négligés alors qu'ils sont en bonne adéquation avec nos travaux ;
- ensuite, de demander aux équipes d'avoir une politique concertée de publication pour lever les difficultés et parfois certaines inhibitions. Cela passe par la mise en commun des expériences pour créer une entre-aide utile aux doctorants autant qu'aux membres titulaires. Une « cellule de publication » devrait permettre de surmonter les problèmes de mise en forme : structuration des articles, traduction.

Financement et partenariats

Pour en venir au financement de nos projets de recherche, le fonctionnement adopté depuis quelques années a fait ses preuves. Dans la suite des programmes déjà réalisés, les grands projets ANR ou européens débouchent d'ores et déjà sur de nouvelles demandes dans le cadre d'appels d'offre actuels ou à venir : un pilotage de programme Interreg est acquis, de nouvelles collaborations internationales se dessinent, aussi bien du côté de la thématique ville que du côté du paysage, et bien sûr dans le domaine de l'intelligence territoriale avec le pilotage, en lien avec la MSHE, d'un réseau de recherche d'échelle mondiale sur le thème « New jobs better life ». Parallèlement, notre implication auprès des collectivités régionales et locales sera aussi à poursuivre, Théma offrant une expertise reconnue dans le dispositif territorial des deux régions de Bourgogne et de Franche-Comté.

2. Fonctionnement de l'unité

Une répartition en trois équipes

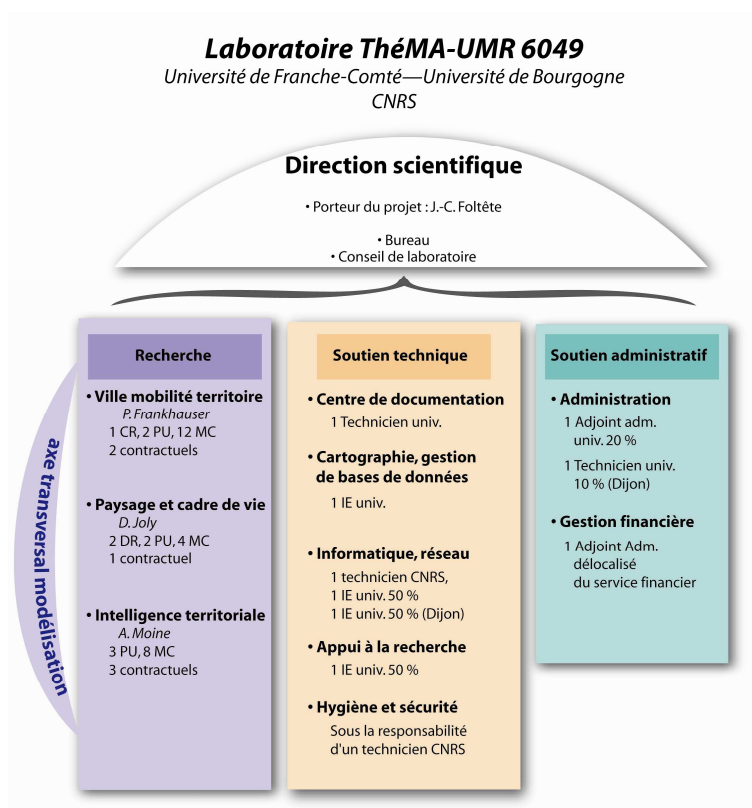
Suite au constat d'une trop forte disparité de taille entre les 5 équipes initiales, d'une certaine dispersion thématique, et de la convergence de travaux sur de la notion de territoire, l'unité va se restructurer en 3 équipes. Dans ce schéma, « Mobilité Ville Transports » et « Paysage et cadre de vie » gardent leur identité thématique, alors que la troisième équipe « Intelligence territoriale » s'inscrit dans un projet qui refond ceux de l'ERT éponyme, des équipes CERSOT et « Emploi-Formation-Innovation ». Il ne s'agit pas d'une simple agrégation puisque l'opération s'est accompagnée de transferts de personnes et d'une redéfinition du périmètre des équipes de manière à ce que le concept d'intelligence territoriale soit bien mis en avant comme terme fédérateur et distinctif de nos pratiques de recherche sur le territoire. Au final, les trois équipes présentent un bon équilibre démographique¹.

Mise en place d'un axe transversal « modélisation »

Comme nous l'avons déjà souligné, le travail sur des projets appliqués est une source de renouvellement mais il tend à jouer comme une force centrifuge dont nous prenons évidemment la mesure. Or, un meilleur partage des expériences peut aussi générer d'utiles synergies. Celles-ci sont déjà empiriquement à l'œuvre au sein de l'unité mais la création d'un axe transversal dévolu à la modélisation va nous permettre de formaliser les choses, de mieux coordonner et donc de mieux valoriser notre potentiel dans ce domaine, en interne déjà, mais aussi au sein des réseaux auxquels nous participons. Un groupe chargé de définir cet axe

¹ À partir de septembre 2010, l'unité est rejointe par Bernadette Nicot, maître de conférences en économie à l'université de Franche-Comté, qui noue des liens avec les géographes de Théma depuis plusieurs années. Cette arrivée vient renforcer l'équipe Intelligence territoriale par les compétences de B. Nicot en économie régionale et en modélisation économétrique.

a procédé à une mise à plat d'ensemble qui figure dans la suite du dossier. Concrètement, l'animation se fera par des séminaires et par une diffusion plus systématique des résultats acquis et des avancées qu'ils permettent dans le domaine de la modélisation.



Animation de l'unité

Les différentes formes d'animation que le laboratoire a connues pendant la période récente sont globalement satisfaisantes ; elles seront donc poursuivies dans les années à venir. Parmi les actions visant à faire connaître nos activités à un large public, citons par exemple les « journées portes ouvertes » ou la « science en fête », manifestations où les doctorants de l'unité sont mobilisés.

L'animation interne de notre unité est surtout fondée sur les cycles de séminaires, au cours desquels les doctorants présentent les avancées de leurs travaux. Nous avons pu noter récemment une certaine difficulté pour les doctorants à devoir combiner l'exercice de communication exigé par ces présentations avec des questions de méthodologie propres à leur recherche. Ce constat nous conduit à proposer des animations à deux niveaux distincts :

- des animations au niveau des équipes, sous la forme de réunions régulières de tous les membres concernés, invités à participer de façon collégiale aux thèses en cours. Sur certains points critiques du travail des doctorants, le propos sera ici essentiellement tourné vers des questions de méthode, d'obtention de données, d'analyse, d'interprétation de résultat, etc. De telles réunions pourront faire office de comités de thèse, et inclure des membres des autres équipes ou extérieurs à l'unité.
- un niveau de laboratoire, sous la forme de colloques internes programmés avec suffisamment d'avance pour que la majorité des membres soient présents. Là encore, les doctorants seront au centre de l'animation, mais en privilégiant l'exercice de communication sur les questions « pointues » propres aux sujets abordés. L'enjeu sera ici de faire le lien entre les équipes et d'entraîner les doctorants à transmettre les résultats de leur travail.

Gouvernance du laboratoire

Le schéma précédent présente l'organisation des différentes composantes du laboratoire. Celui-ci sera soutenu par une composante technique et une composante administrative. Pour une amélioration du pilotage, compte tenu de la multiplication des tâches à effectuer et des sollicitations, il est souhaitable que l'équipe de direction soit renforcée par au moins une personne à un poste d'assistant de direction.

Projet scientifique détaillé

1. Axe transversal : « Concepts, modèles, instruments »

L'aménagement des territoires offre des débouchés bienvenus aux recherches de Théma, comme le montrent les conventions et contrats engagés. En se confrontant à la demande sociale et à l'interdisciplinarité, notre recherche donne consistance à un corps théorique, méthodologique, et technique qui sert d'assise aux approches modélisatrices développées au laboratoire. Nous avons inscrit cet axe transversal dans notre projet pour mettre en évidence les synergies internes ou externes qu'il suscite et pour marquer notre position dans quelques domaines qui questionnent la géographie comme science de l'espace terrestre humanisé. Bon nombre d'éléments développés ici sont à même de se réinvestir dans l'intelligence territoriale. Le texte qui suit reprend le cheminement logique qui marque le processus de modélisation.

1.1. Acquisition, structuration et gestion de l'information spatiale

Modèles conceptuels de données, ontologie

Les modèles conceptuels de données, les ontologies constituent le fondement premier toute démarche de modélisation. Ils donnent lieu à une représentation formelle des concepts/éléments, de leurs attributs et des relations sémantiques associées. Cette formalisation remplit trois objectifs : 1) Faire état de la connaissance dans un domaine donné, par exemple : risques et catastrophes, croissance urbaine, énergie. L'ambition est de parvenir à un modèle consensuel partagé. On parle dans ce cas d'ontologie conceptuelle. 2) Mettre en discussion la façon dont sont organisés, pensés un modèle de base de données, un SIG ou une application informatique. On parle dans ce cas d'ontologie concrète. 3) Garantir l'adéquation entre la définition organique, structurelle et fonctionnelle de systèmes complexes (territoires par exemple), et leur représentation instrumentée par le biais de modèles de données ou de processus.

Acquisition, mise en forme des données

Les bases de données spatiales actuellement disponibles fournissent une matière abondante à compléter toutefois par des acquisitions spécifiques et nécessitant un fort investissement technique.

a) **Composantes physiques de l'espace.** Les informations provenant de sources exogènes (*remote sensing*) présentent des limites que des appareils de terrain spécifiques (*in situ sensing*) permettent de dépasser. L'investissement, quand il porte sur la conception du matériel (réseau d'enregistrement automatique de photographies, par exemple) occasionne des collaborations avec des partenaires des sciences et techniques de l'ingénieur ; il porte aussi sur l'élaboration de protocoles combinant différents types d'instruments. Par exemple, pour comprendre les termes du bilan d'un glacier en rapport avec les caractéristiques morpho-paysagères de son bassin versant, un appareillage en réseau est actuellement à l'épreuve, il combine capteurs thermiques, balises à glace, pluviomètres et appareils photographiques automatiques. Ainsi, des images acquises *in situ* et des images satellites sont fusionnées pour délimiter le manteau neigeux supraglaciaire et suivre son évolution. Des techniques laser de type LIDAR (Light Detection And Ranging) permettent le lever de modèles numériques d'altitude à haute résolution, au maximum et au minimum de la saison nivale ; on en dérive des volumes de neige et le contour des zones d'accumulation. Enfin, le GPR (Ground Penetrating Radar) est utilisé pour lever et modéliser le lit rocheux du glacier. Le savoir-faire développé est transposable à d'autres problématiques et occasionne des collaborations transdisciplinaires comme c'est le cas avec l'imagerie LIDAR dans le cadre d'une action de la MSHE Claude-Nicolas Ledoux où nous intervenons avec des archéologues.

b) **Données comportementales individuelles.** Celles-ci s'intéressent aux individus et à leurs comportements spatiaux saisis au fil du temps (Time Geography), elles demandent en principe un lourd travail d'acquisition. Il s'agit d'abord d'enquêtes spécifiques : par exemple, dans le cadre de l'ANR ECDESUP, une enquête sur les mobilités quotidiennes et résidentielles intègre des méthodes et des concepts issus de la géographie, de la psychologie et de la linguistique. Une autre opération s'inscrit dans un projet de centrale de mégawatts (un mégawatt représentant une énergie non consommée). Elle vise à localiser, comptabiliser et analyser à différentes échelles, les comportements des individus en matière d'économie d'énergie. Il peut s'agir aussi de transformer des données, issues de bases existantes nationales ou locales, pour qu'elles répondent aux exigences de la Time Geography. Ainsi, dans le cadre du programme MIRO (Modélisation Infra-urbaine des Rythmes quOTidiens), des données tirées d'enquêtes ménages-déplacements (INSEE-CERTU) sont reprises grâce à une procédure de transcodage afin de reconstituer le parcours d'activité des individus à l'échelle d'une ville. Dans le même registre, un travail de formalisation sur le parcours professionnel (et spatial) de 20 000 joueurs de football est en cours pour constituer une base homogène (en ligne sur le site : eurofootplayers.org) à partir de différentes sources nationales.

c) **De l'information spatio-temporelle agrégée aux « Digital Humanities ».** Les approches spatio-temporelles posent des problèmes de taille aux sciences de l'information géographique et d'une façon plus générale aux sciences dites des Humanités numériques (*Digital humanities*). Ce terme désigne un ensemble de pratiques mobilisant des moyens informatiques, des modèles épistémologiques, des modes spécifiques de diffusion des résultats. Relevant de cette approche, le programme e-geopolis de l'ANR Corpus et de la Fondation nationale pour les sciences humaines (NEH-USA), vise à constituer une base de données géo-historique de 1830 à nos jours, pour montrer les relations entre dynamiques démographiques et construction des réseaux de chemin de fer. Dénommée Geographer, cette application met en cohérence des données spatiales et temporelles (cartes, tableaux et texte d'archives) permettant de formuler des requêtes complexes grâce à l'analyse exploratoire des données. Geographer est actuellement valorisé dans le cadre d'un programme de recherche financé par la Fondation Européenne pour la Science (ESF).

Méthodes d'interpolation

L'interpolation est un domaine clé de la géographie puisqu'elle permet de restituer des champs continus à partir de semis de points ; elle constitue donc un des moyens requis pour mettre en cohérence des couches d'information dans les SIG. La plupart d'entre eux offrent des fonctions qui réalisent cette opération. Cependant, les méthodes proposées sont rarement satisfaisantes car leurs principes, trop généraux, induisent des biais. Nos travaux, en climatologie notamment, nous ont donné l'occasion de porter attention à ce domaine de la modélisation géographique. Le krigeage (méthode stochastique) et la régression (méthode déterministe) ont été pratiqués et comparés, ce qui nous conduit à explorer des solutions plus larges et originales grâce à la modélisation par régressions locales. Si les premières mises à l'épreuve ont déjà donné des résultats intéressants, il convient de poursuivre notre investissement dans ce domaine en y intégrant la multi-temporalité pour suivre la déformation des champs spatiaux au fil du temps.

Segmentations, agrégations

L'utilisation de données en très haute résolution montre que les méthodes de classification reposant sur les seules signatures spectrales deviennent inopérantes pour reconnaître les objets ou des configurations précises au sol. Des méthodes de segmentation et de reconnaissance de formes programmables grâce à des logiciels idoines tels que Definers Developer, offrent des solutions intéressantes que nous avons commencé à explorer. Dans l'immédiat, ces résultats vont notamment nous permettre d'affiner la modélisation du paysage visible dans les plans proches et d'améliorer ainsi les résultats déjà obtenus en matière d'évaluation économétrique du paysage dans le cadre de programmes pluridisciplinaires.

1.2. Configurations et structures spatiales

Typologie, catégorisation : approches floues et probabilistes

La partition de l'espace tient une place essentielle en géographie. À cette fin, les méthodes de classification usuelles permettent une délimitation nette de l'espace mais elles ont un caractère réducteur puisque

chaque unité appartient à une seule classe. Or, dans la plupart des cas d'application, les limites franches sont plutôt l'exception. Pour tenir compte de cette réalité, nous mettons en œuvre des approches probabilistes (bayésiennes notamment) qui restituent aux classifications un caractère relatif. Des applications dans le domaine de la biogéographie et de la climatologie ont été réalisées et font apparaître l'espace de distribution probable de types caractéristiques. Cette approche est transposable à d'autres domaines et peut aider à saisir des dynamiques très ténues en estimant les gains et les pertes du potentiel de distribution de types spatiaux. Les diagnostics d'évolution qui en résultent sont plus précis puisqu'ils permettent d'anticiper les tendances qui vont se marquer à terme par des transferts effectifs d'un type à l'autre. Des développements de ce type sont en cours d'application dans le domaine de l'épidémiologie des pathologies cancéreuses : on cherche à faire ressortir des distributions en fonction de caractéristiques socio-spatiales ou de trajectoires individuelles. D'autres modèles, déjà éprouvés en accidentologie et fondés sur la loi de Poisson, permettent d'évaluer l'incidence des pathologies cancéreuses en fonction de l'âge, modèles bien adaptés pour caler les événements rares dans une fourchette de temps bien définie.

Les métriques spatiales

La mesure est indispensable à la quantification, d'où le besoin de disposer de métriques adaptées aux thématiques traitées et aux propriétés de l'espace selon les échelles.

Les « métriques paysagères » retiennent notre attention. **Vu du dessus**, le paysage se définit par des agencements spatiaux que l'écologie du paysage caractérise par une grande diversité d'indices. Ceux-ci servent à reconnaître des configurations paysagères intéressantes des domaines variés : comportements, habitats d'espèces animales ou végétales, caractéristiques environnementales jouant sur le comportement d'acteurs, potentiel d'évolution du territoire (enfrichement, aptitudes agricoles, pratiques de loisir). Cette diversité de thèmes nous amène à tester la pertinence des indices existants, à les modifier ou à les combiner en fonction des besoins, ce qui nous oblige à maîtriser une chaîne technique complexe incluant la conception et la mise au point algorithmiques. **Vu du dedans**, le paysage s'inscrit dans un volume scénique ; il se traduit par l'agencement des formes et des objets dans la profondeur du champ visuel et par l'ampleur des espaces vus ou cachés. À partir d'informations numériques, nous avons développé un protocole raisonné de quantification des propriétés visuelles du paysage selon différentes métriques : ampleur de vue et soumission à la vue calculées en surfaces projetées, prégnance des objets dans le champ visuel défini en termes de surface angulaire, proximité visuelle des objets mesurée par leur distance moyenne pondérée. Ces mesures peuvent être mobilisées à différentes fins : état de la ressource paysagère et de son évolution à l'échelle de vastes territoires (ouverture /fermeture, homogénéisation/mitage), impact d'aménagement diffus ou singuliers, mise en évidence des préférences paysagères.

La notion de **voisinage** est centrale pour définir les attributs d'un lieu. Elle se rapporte à la fois à des caractéristiques matérielles (cf. métriques paysagères ci-dessus), à des pratiques spatiales (parcours journaliers à partir du domicile par exemple) voire à des éléments de cognition spatiale (lecture de l'espace et représentation induite). L'élaboration de mesures dans ce domaine se traduit (i) par la recherche expérimentale d'échelles pertinentes pour définir des voisinages, (ii) ou par des définitions anisotropiques du voisinage : distances coûts en écologie, environnement contraint par accessibilité routière ou visibilité en géographie, etc. À ce titre, les modèles fondés sur les distances de moindres coûts offrent une alternative intéressante à la distance euclidienne dans la mesure où ils prennent mieux en compte l'anisotropie spatiale. Nos travaux dans ce domaine visent à instrumenter empiriquement le paramétrage de ces modèles à partir d'observations de terrain. Ainsi, nous pouvons mettre en avant le terme de « génétique du paysage », où les distances mesurées dans le paysage sont à calibrer en fonction des distances génétiques entre populations animales.

Mesures fractales de formes linéaires et surfaciques

L'approche fractale offre un moyen de caractériser, par une série de mesures synthétiques telles que la dimension fractale de corrélation, la dimension radiale, la dimension de box-counting, ou encore la backbone dimension, les entités morphologiques qui rentrent dans le champ de l'analyse géographique : tissus urbains, réseaux de transport, formes topographiques, agencements paysagers. Les différentes mesures fractales permettent ainsi de dégager des types d'organisation en rapport avec le fonctionnement des systèmes spatiaux à différentes échelles. De cette information il est possible de dériver, à travers un développement informatique approprié, des outils de diagnostic et d'aide à la décision : confinement/

ouverture des habitats, indices de fragmentation spatiale, optimisation des réseaux de desserte, indice trans-échelle de concentration du bâti... Les mesures fractales peuvent aussi être intégrées dans des modèles statistiques en tant que variables explicatives, par exemple explication de la variation des températures par la fractalité des lignes de crêtes et de thalwegs, ou explication de la satisfaction résidentielle par la dimension fractale du tissu bâti de la commune.

Graphes et réseaux

La modélisation des réseaux fondée sur la théorie des graphes est un socle méthodologique commun à plusieurs thèmes de recherche investis par les membres du laboratoire. Dans le contexte des études portant sur les mobilités, elle est tout d'abord utilisée pour analyser l'accessibilité (aux aménités par exemple) et le caractère fonctionnel des réseaux de transport. Ce type de modélisation est aussi plus récemment appliqué aux réseaux écologiques, vu ici comme une représentation simplifiée du paysage disponible pour une espèce animale. Dans ce cas, l'intérêt des graphes est d'intégrer l'information jusqu'à l'échelle régionale, niveau requis pour étudier des métapopulations, en phase avec celui de la gestion territoriale. La représentation en graphes offre la possibilité de naviguer d'une échelle à l'autre, de la vision globale (niveau de connectivité régional) jusqu'aux configurations locales (importance relative d'un élément dans la structure globale).

Cette modélisation a un rapport étroit avec celle qui est menée sur les réseaux de transport et l'accessibilité spatiale à partir de la théorie des graphes. Les solutions commerciales trouvent souvent leurs limites lorsqu'il s'agit de produire des résultats à l'échelle d'un pays et sur un réseau en évolution constante. Dans cette perspective, l'analyse de graphes dynamiques nécessite de modifier les algorithmes classiquement utilisés dans ce domaine. Une collaboration étroite avec les informaticiens de l'Institut de Recherche en Développement est actuellement en cours, afin de calculer l'évolution des mesures d'accessibilité sur le réseau ferré français entre 1830 et 2000. Ces travaux se sont concrétisés par la mise en œuvre d'une procédure de calcul exécutable sur la grille de calcul de l'Université de Franche-Comté.

1.3. Processus et dynamiques spatiales

Ce volet méthodologique est développé à partir d'espaces réels ou théoriques (villes artificielles notamment). Les informations spatiales relatives aux espaces réels consistent en des cartes vectorielles (en 2D ou 3D) ou raster de l'occupation du sol : bâti, réseaux, couverture végétale... Les espaces théoriques sont également représentés sous forme raster ou vectorielle. Ils sont soit créés manuellement via des logiciels de simulation (Netlogo par exemple) ou de SIG (ArcGIS), soit générés automatiquement sur la base de principes mathématiques (par exemple, Iterated Functions Systems). Les deux approches sont souvent adoptées conjointement pour la simulation de scénarios d'aménagement, par exemple la création d'un nouvel axe routier ou la modification de l'armature commerciale dans une ville donnée.

Modélisation de flux

La modélisation en question relève de l'analyse systémique (transfert d'énergie et de matière entre entités-réservoirs). Les bilans glaciaires conduits au Spitsberg et distinguant accumulation, stockage et fonte nivoglacière relèvent de ce type de modélisation. De même, ce type d'approche est utilisé pour optimiser l'emploi de la ressource forestière pour le chauffage ; il s'agit de calibrer au mieux les circuits d'approvisionnement entre lieux de production (utilisation de la télédétection pour localiser et quantifier la ressource), lieux de stockage (modèles économiques de localisation optimale) et lieux de consommation (estimation de la demande potentielle à partir d'indicateurs socio-économiques interpolés). Ce type de formalisme sert également à mettre en évidence les dynamiques territoriales grâce au bilan des transferts entre postes d'occupation du sol (nomenclature Corine Land Cover) à l'échelle des franges franciliennes. Un diagnostic des zones à enjeux en a résulté pour guider les politiques territoriales des 6 régions concernées (base consultable en ligne par les services régionaux).

Simulations individus centrées

Le développement de la simulation individus centrée, permis par l'évolution des ordinateurs, a ouvert un champ de recherche axé sur les comportements en interaction d'individus, de groupes sociaux, d'entreprises ou de parcelles ou portions d'espace. Il s'agit de construire un « laboratoire artificiel » ou un

« univers virtuel » dont on maîtrise l'ensemble des lois, permettant d'avoir une démarche exploratoire où tout peut être testé, hypothèses, scénarios mais aussi des situations dites « extrêmes ». Les modèles individus centrés permettent également de reproduire numériquement les comportements spatiaux de phénomènes par nature différents, d'étudier leur dynamique d'une façon plus souple que des séries d'équations différentielles ou aux dérivées partielles qui ne sont pas forcément solubles analytiquement. La possibilité de travailler à partir de variables tant quantitatives que qualitatives, via les règles de comportement des entités considérées, représente un aspect particulièrement intéressant de ces modèles.

Les automates cellulaires permettent de reproduire les transformations d'un espace à partir de règles de transition s'appliquant de manière identique à toutes les cellules d'un espace mais dont les effets diffèrent en fonction de leurs propriétés et de l'environnement de chacune d'entre elles. La reproduction de tendances passées permet d'approfondir les connaissances, la compréhension des processus spatiaux à l'œuvre et les effets de choix d'aménagement. Cette compréhension est nécessaire pour construire des scénarios destinés à mesurer les impacts de la réalisation d'aménagements importants tels qu'un contournement, un pont, une nouvelle gare ou plus généralement un PLU ou un SCOT. Parmi les réalisations récentes, on peut mentionner celle qui a été faite sur l'évaluation des effets de la construction d'un contournement routier à l'est de Rouen. Différents scénarios ont été créés à partir de « dires d'acteurs », c'est-à-dire d'entretiens avec des politiques et institutionnels intéressés/concernés par la réalisation de cet aménagement. Les résultats ont été présentés aux aménageurs de la communauté d'agglomération de Rouen comme base à la discussion sur les effets possibles du contournement Est.

Les chercheurs de Théma développent également des modèles de simulation multi-agents : tandis que les automates cellulaires sont fondés sur les interactions spatiales, les configurations spatiales simulées par les systèmes multi-agents émergent des comportements individuels : programmes d'activités, négociations entre individus... Les systèmes multi-agents développés ou en cours de développement à Théma portent sur les mobilités quotidiennes et résidentielles, et les jeux d'acteurs dans l'aménagement urbain. Ces thématiques pourraient se diversifier au cours du prochain quadriennal.

Simulations fractales

La génération par simulation de configurations spatiales fractales est pour l'instant appliquée pour créer des scénarios d'urbanisation à partir d'un tissu bâti existant. Le principe adopté est celui d'une modélisation spatiale cellulaire multi-échelle qui sert de base à l'application d'une règle fractale d'urbanisation.

Cette approche pourrait être appliquée à l'analyse de l'évolution d'autres formes d'occupation du sol (par exemple, l'enfrichement ou la déforestation d'espaces agricoles ou naturels). Les simulations fractales serviraient alors de base de comparaison pour l'analyse de la connectivité (structurelle et fonctionnelle) d'agencements différents des types d'occupation du sol.

1.4. Représentation et médiatisation de l'espace

La représentation de l'espace est au cœur du discours géographique, elle est à la fois un objet d'étude (analyse des représentations mentales, individuelles ou collectives lisibles à travers des signes ou indices spatiaux) et le produit d'une construction raisonnée comme la carte, celle-ci devenant un outil de médiatisation des résultats obtenus.

Images, documents, comportements spatiaux

L'image et le texte constituent des sources d'information sur les représentations de l'espace. Le dépouillement systématique, l'analyse quantitative et la cartographie numérique appliqués à des corpus d'images sont intégrés dans une procédure qui permet d'aborder la question des représentations sur des bases expérimentales. Dans le cas de travaux sur les cartes postales, les lieux représentés et les lieux de vente déterminent un réseau de relations spatiales complexes d'où émergent des logiques d'organisation, significatives de représentations différenciées du territoire. Dans le domaine textuel, des logiciels qui mettent en œuvre des algorithmes neuronaux complètent les études lexicographiques et sémantiques opérées sur des corpus spécifiquement choisis. Sont ainsi mis au jour les éléments de perception à partir desquelles se construisent les représentations paysagères émanant de différentes catégories d'acteurs

territoriaux. Les études comportementales sont aussi une source de connaissance des représentations spatiales. À ce titre, des modèles économiques de choix discrets sont appliqués aux choix d'itinéraires pédestres en ville ; ils font ressortir les éléments qui jouent sur les préférences constatées et qui renvoient à des représentations construites de l'espace parcouru. Relevant du même type d'approche, les modèles économétriques de prix hédoniques permettent de faire ressortir, parmi les caractéristiques de biens échangés sur le marché immobilier, celles qui reviennent aux aménités de contexte pour fixer le prix des transactions. Les préférences s'accordent sur des représentations de l'espace révélées par l'acte d'achat.

Cartographie, représentation graphique

La cartographie et la représentation graphique constituent des modes privilégiés d'expression qui donnent aux résultats le meilleur moyen d'être diffusés, lus et compris. La palette technique disponible s'étend et combine maintenant les ressources 2D/3D, l'animation vidéo, la restitution d'image de synthèse, la cartographie interactive. Dans ces domaines, nous faisons avancer nos compétences en les adaptant à nos recherches : cartographie des propriétés visuelles du paysage, graphes de connectivité, visualisation de flux, expérimentation de cartes sonores, diagramme 3D d'Hagerstrand.

Parmi les travaux en cours, nous portons attention à la géovisualisation. Des notions théoriques issues de l'approche circulaire des migrations où reprises des modèles de diffusion servent de base à la confection de cartes interactives (visualisation de parcours) disponibles en ligne et bientôt partagées via Google Earth. Ces expériences cartographiques nous permettent de proposer une sémiologie graphique adaptée à la cartographie animée. Le cadre théorique de la Time Geography fait également l'objet d'une réflexion à travers le programme MIRO. Il s'agit d'élaborer un outil d'analyse exploratoire capable de mettre en évidence des structures spatio-temporelles représentées en 2D et/ou 3D. L'interactivité entre la carte et différents types de graphiques est une fois encore au cœur de nos préoccupations, dans l'objectif final de fournir aux utilisateurs la possibilité de formuler des requêtes difficilement reproductibles dans un SIG.

1.5. Instrumentation, développement d'outils

L'ensemble des éléments évoqués ci-dessus porte sur l'acquisition, le traitement et la restitution de l'information géographique et demande une mobilisation très diversifiée de moyens qui vont de la fabrication matérielle d'appareils jusqu'aux outils de consultation par les usagers. Selon les contextes d'application, nous pouvons être amenés à élaborer une chaîne instrumentale complète utilisée dans la durée par un large public ou des applications plus ciblées avec des fonctionnalités « pointues » d'analyse spatiale. Dans tous les cas, la modularité est un élément clé, indispensable pour répondre aux besoins et pour maintenir notre activité au front de la recherche. Il est vrai que le marché s'est emparé de l'information géographique ; l'offre d'outils prêts à l'emploi est abondante et diversifiée et demande une veille technologique attentive. Toutefois, il reste en général à faire le lien entre les fonctions génériques proposées par ces outils et les besoins qui s'expriment. Ce travail de mise en adéquation ouvre à la géographie un champ de recherche d'avenir qui n'est pas seulement de l'ordre de l'ingénierie mais qui mobilise l'ensemble des savoirs pratiques et formels de la discipline. C'est dans cet esprit que nous intégrons l'instrumentation dans nos préoccupations de recherche, sachant que ce positionnement est exigeant car il impose de dépasser les limites opérationnelles des outils existants : échange et transcodage de données, programmation de macro-fonctions internes, va et vient entre les noyaux fonctionnels d'outils différents, conception et programmation algorithmiques et mathématiques. Ce qui demande un investissement et des compétences réparties entre les membres, les équipes et les services de Théma. L'approche instrumentale et quantitative est inscrite dans l'histoire de notre unité et fait que nous disposons en la matière d'un patrimoine important où puiser et à enrichir : prototypes pour la recherche et l'aménagement et logiciels opérationnels finalisés.

Applications antérieurement développées et toujours utilisées

a) Les observatoires finalisés constituent un des volets du développement instrumental au sein de Théma, en voici quelques exemples :

***SPODJ** est un observatoire départemental dédié au sport et développé entre 2001 et 2003. www.spodj.org/.*

OSER70 est un observatoire socio-économique du territoire haut-saônois, développé avec l'aide de l'Agence Régionale de Développement de Franche-Comté entre 2007 et 2008. www.oser70.org.

OPTÉER (Observation Prospective Énergétique à l'Échelle régionale) a reçu le soutien le soutien de l'ADEME, de la Région Franche-Comté, et de l'Agglomération du Grand Dole entre 2005 et 2008. Cet outil est aujourd'hui renseigné et exploité par l'ATMO Franche-Comté (l'ATMO étant le Réseau National des Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air), fournisseur de données dans le cadre des Plans Climat Territoriaux.

b) La recherche, l'aménagement, la gestion et l'analyse de données regroupent une autre catégorie :

Résad2 est un outil de gestion en temps réel d'une flotte de véhicules pour un système de transport à la demande (Evolis-Gare). Sa mise en service opérationnelle date de 2002 et se poursuit avec succès. Le code source du logiciel, conjointement déposé par l'Université, le CNRS et la Société Kéolis, a été transféré à une société française qui en assure la commercialisation.

Morpholim sert à la délimitation morphologique des agglomérations urbaines à l'aide d'une approche fractale. <http://spatial-modelling.info/MorphoLim-Identifying-city>. Développé en 2009 et 2010.

CWS (Cellular World Simulation) procède à la simulation de dynamiques spatiales par automates cellulaires. Il met à l'épreuve des scénarios de développement urbain en croisant les dynamiques observées et les politiques actuelles d'aménagement.

Développé en 2004, **Catalyse** propose une méthode et suite logicielle d'aide à la décision pour des projets territoriaux de développement durable. Elle permet aux acteurs de collecter et produire des indicateurs utiles aux besoins des personnes et aux services intéressés. Développée depuis 1989.

Applications en cours de développement ou en constante évolution

Répondant initialement à des besoins précis, ces applications sont susceptibles d'être reprises à des fins plus larges, thématiques ou spatiales.

Centrale de Négawatts constitue le noyau d'un projet INTERREG IV franco-suisse. L'objectif est de repérer et de spatialiser les économies d'énergie et de rejet de CO₂ faites ou à faire sur un territoire transfrontalier. Début en 2010.

L'observatoire des Joueurs de Football Professionnels (PFPO) est réalisé en collaboration avec le Centre International d'Etude du Sport localisé à Neuchâtel (Suisse). Créé en 2006. <http://www.eurofootplayers.org/>.

LISDQS est un logiciel d'interpolation de données quantitatives et spatiales. Développé depuis 2007 avec le soutien du pôle Valorisation de l'Université de Franche-Comté. <http://thema.univ-fcomte.fr/LISDQS-un-nouveau-logiciel-d>.

Fractalyse est un logiciel de mesure fractale de formes surfaciques et linéaires ; il met en évidence certains phénomènes hiérarchiques comme les effets de seuils qui souvent marquent les changements d'organisation spatiale. Initié en 2002 dans le cadre d'un contrat PUCA (Ministère de l'équipement et des transports), Fractalyse est déposé à l'Agence de Protection des Programmes <http://www.fractalyse.org/>.

GenFrac génère des formes fractales par construction itérative, les IFS (Iterated Functions Systems). Développé depuis 2006. <http://spatial-modelling.info/GenFrac-Fractal-Generator-using>.

Graphab analyse la connectivité des habitats faunistiques et sert à la modélisation des réseaux écologiques. Financé par un contrat avec le MEEDDAT, son développement a commencé en 2010.

MUP-City (Multi-scale urban planning for a sustainable city) permet de créer des scénarios de développement résidentiel fractals, mais aussi non fractals, intégrant des contraintes d'accessibilité aux commerces, aux services, aux espaces ouverts, et des contraintes de proximité au réseau routier existant. Développé depuis 2008, dans le cadre de deux contrats PREDIT.

Geographer est un logiciel d'analyse statistique exploratoire de données spatio-temporelles désagrégées.

S-Ghost est une application informatique de simulation par automates cellulaires intégrant une modélisation économétrique des comportements individuels. Développée depuis 2007 dans le cadre du projet ANR ECDESUP.

Mobisim est une plateforme de simulation pour l'étude prospective de l'impact des mobilités quotidiennes et résidentielles sur le développement, l'étalement et l'aménagement urbains des agglomérations françaises et européennes. Développée depuis 2007 dans le cadre de deux contrats PREDIT. <http://www.mobisim.org/>.

MIRO (Modélisation intra-urbaine des rythmes quotidiens) est une application informatique de simulation multi-agents des mobilités quotidiennes, développée depuis 2005 avec le soutien du PREDIT, puis de l'ANR Villes durables.

La **Plateforme interactive pour la géographie et l'analyse spatiale** met à disposition des chercheurs et des acteurs des outils spécifiques issus de la géographie. Il s'agit d'un site Internet qui présente et compare des modèles, des logiciels de simulation et d'analyse spatiale, dont la plupart sont librement téléchargeables. Cette plateforme est développée par ThéMA depuis 2006 dans le cadre du Groupe de recherche européen S4 (Spatial simulation for social sciences). <http://spatial-modelling.info/>

1.6. Conclusion : éléments de validation, retour d'expériences

La validation aide à vérifier et à préciser la pertinence des modèles en vue de nouveaux cycles expérimentaux.

Validation des modèles de simulation des dynamiques spatiales

Les modèles développés à ThéMA portent sur des questions d'aménagement et/ou sur des thématiques où la géographie ouvre de nouvelles pistes d'investigation. Pour évaluer la qualité des résultats obtenus, deux approches complémentaires sont adoptées. La première consiste à réaliser un petit nombre de scénarios (moins d'une dizaine en général) puis à confronter empiriquement leurs résultats aux objectifs fixés et à comparer les performances obtenues avec celles d'autres études. La deuxième approche passe par la comparaison instrumentée d'un grand nombre de scénarios (40, 100, 1000...), au moyen de traitements statistiques et de calculs d'indicateurs morphologiques et fonctionnels. On peut ainsi identifier les valeurs de paramètres ou de variables significatives de changements importants, de configurations spatiales caractéristiques ou de comportements simulés (analyses de sensibilité). Des transitions de phase liées à certaines valeurs critiques de paramètres comportementaux peuvent être mises en évidence ; les configurations spatiales ainsi simulées préfigurent des modifications structurelles qui interviendront.

Pour valider les résultats de simulation, plusieurs formes de comparaison avec la réalité observée sont possibles : visuelles, purement statistiques, ou encore statistiques prenant en compte la dimension spatiale de manière stricte ou floue. Ces méthodes ne s'excluent pas, leur combinaison permet d'améliorer sensiblement les modèles de dynamique spatiale. Mis en batterie, les différents tests permettent de débusquer de nombreux biais, y compris quand les méthodes tiennent compte du voisinage et de ses propriétés. Ceci tient en grande partie au phénomène d'inertie, à l'importance des changements observés, à leur forme (diffuse ou concentrée) et leur localisation. D'où l'intérêt de poursuivre les recherches sur les comparaisons de cartes simulées et observées afin de développer des méthodes prenant davantage en compte de ces différents éléments.

Evaluation cognitive de l'utilisation des applications et de leurs résultats

De nombreuses recherches menées à ThéMA aboutissent au développement de systèmes d'information à vocation d'observation, d'analyse et/ou de prospective. Une de nos préoccupations réside dans l'évaluation de l'adéquation de ces systèmes aux besoins des usagers et de leur efficacité pratique. Une piste de recherche explorée actuellement vise à comprendre, sur la base des acquis des sciences cognitives et des approches socio-cognitives, comment fonctionne l'acquisition des connaissances territoriales via les systèmes d'information que nous avons développés. Cette problématique est abordée d'un point de vue individuel mais également au niveau collectif afin d'améliorer les outils de transmission de ces connaissances.

Une approche menée de manière rétroactive permet également de mieux saisir le sens des représentations collectives aboutissant aux données. Ainsi, des animations cartographiques appliquées à des populations de footballeurs ont été proposées à l'observation et à la critique d'un public varié : professionnels du football international (dirigeants, joueurs, managers), universitaires en Sciences du Sport et Sciences Humaines ainsi qu'à de nombreux étudiants de ces domaines. Les résultats entrevus montrent que cette approche permet à chacun, en fonction de ses connaissances et de son expérience du football, de mieux comprendre les problématiques soulevées par les trajectoires. Au-delà de la fascination technique, il peut s'agir d'un appui considérable à la démonstration, donc d'un atout pédagogique précieux pour la compréhension des résultats de nos recherches.

2. Projet de l'équipe « Mobilités, ville et transports »

Pour la période du prochain quadriennal, nous avons prévu de poursuivre les recherches en cours sur l'organisation spatiale des nouveaux espaces urbains, les mobilités quotidiennes et résidentielles des ménages, ainsi que les effets de la grande vitesse ferroviaire sur les territoires et les villes traversées. Les thématiques considérées s'inscrivent en grande partie dans une logique multi-échelle à la fois spatiale et temporelle, qui prend en compte le comportement des résidents à différents niveaux d'agrégation.

La thématique des mobilités quotidiennes, qui conditionnent et sont conditionnées par le choix résidentiel et l'accessibilité des lieux fréquentés par les ménages, sera abordée dans plusieurs projets, tenant compte du rôle de l'accès à distance fournis par les nouveaux moyens de communication. L'analyse de l'organisation spatiale des nouveaux espaces urbains sera élargie en approfondissant l'articulation et l'interaction entre zones bâties et espaces ouverts. Une coopération plus intense avec l'équipe « Paysage et cadre de vie » se développe à cet égard. Enfin, les relations entre la structure spatiale urbaine et les comportements des résidents seront explorées à travers plusieurs entrées thématiques (transports, risques, agriculture périurbaine...) et modélisées au moyen de formalismes variés (équations dynamiques, systèmes de règles...). Des réflexions ontologiques compléteront le volet méthodologique.

L'analyse des jeux d'acteurs et des conflits environnementaux et territoriaux, qui représentait le quatrième volet de recherche de notre équipe, sera dorénavant poursuivie au sein de la nouvelle équipe « Intelligence Territoriale » de Théma.

2.1. L'approche multi-échelle pour l'étude des tissus urbains et l'aménagement urbain

Les travaux engagés sur l'analyse fractale des tissus bâtis seront poursuivis et complétés par des analyses de réseaux de transport et l'articulation entre bâti et réseau. Ces travaux seront réalisés dans le cadre d'une coopération avec l'Université Catholique de Louvain-la-Neuve (UCL) sur la thématique des risques pour les cyclistes, liés à la morphologie urbaine. Ce travail permettra d'explorer la pertinence de certaines méthodes de mesures de formes implémentées récemment dans le logiciel « Fractalyse » (analyse fractale de desserte notamment). L'ensemble des travaux réalisés depuis de nombreuses années au sein de l'équipe et en coopération avec l'UCL fera l'objet d'un ouvrage synthétique commun. Cet ouvrage, provisoirement intitulé « Réalités fractales des villes européennes », intégrera des réflexions conceptuelles sur la modélisation fractale des tissus urbains et les méthodes de mesure de la morphologie urbaine et des réseaux de transport, ainsi que des résultats d'analyses et leur interprétation.

Les travaux en cours sur le développement de stratégies d'aménagement basées sur une logique multi-échelle s'inspirant de la géométrie fractale seront approfondis. Ils viseront à valider et à perfectionner l'outil de simulation MUP-city, qui sert à créer des scénarios de développement résidentiel. Les méthodes utilisées pour évaluer l'accessibilité aux aménités urbaines (commerces et services) et rurales (espaces non bâtis) seront améliorées et enrichies en tenant en compte notamment de la variété des types d'espaces ouverts de récréation et de loisir. Des applications sur différentes zones d'études et la comparaison de scénarios d'aménagement fractals et non-fractals permettront de tirer des conclusions de portée plus générale quant à la réduction du nombre potentiel de déplacements en voiture résultant de l'application de modèles fractals d'urbanisation. Un module d'évaluation de l'accessibilité sera intégré dans MUP-City, ce qui fournira aux utilisateurs du logiciel la possibilité d'évaluer a posteriori la qualité de l'accessibilité des scénarios qu'ils auront créés et fera de MUP-City un véritable outil d'aide à la décision.

Un projet complémentaire vise à appliquer le concept d'aménagement fractal à l'échelle de zones métropolitaines en intégrant une modélisation 3D multifractale (projet Fractalopolis). Celle-ci permettra d'introduire l'intensité d'occupation du sol, donc la hauteur des bâtiments, reprenant l'idée d'une baisse radiale de la densité à partir d'un centre, mais sans que cette baisse ne soit monotone. Ainsi, on pourra éviter l'uniformité de certaines zones pavillonnaires, considérer différents types de logements (individuel, collectif, social) et travailler sur l'intégration paysagère des bâtiments en utilisant des modèles numériques du terrain. La modélisation multifractale permettra également de travailler sur la hiérarchie urbaine (taille

et localisation des centres et sous-centres urbains). L'accessibilité aux diverses aménités sera prise en compte à l'échelle d'une agglomération (elle ne l'est qu'à l'échelle locale dans MUP-City), en intégrant les réseaux de transport en commun. Ce travail a déjà commencé dans le cadre d'un projet de recherche doctorale portant sur l'espace transfrontalier entre Vienne et Bratislava.

D'autres travaux portent sur les processus spatiaux à l'œuvre en matière de croissance urbaine. Partant du constat que la forme actuelle des villes est le résultat d'un nombre assez restreint de processus spatiaux, clairement identifiés dans la littérature, il s'agit d'analyser précisément les conditions de mise en œuvre, les rythmes de développement et les conditions éventuelles de remise en cause et de disparition de chacun d'entre eux. Ces travaux permettront de compléter une ontologie de la croissance spatiale des villes françaises initiée à partir du cas rouennais. Le modèle générique ainsi obtenu sera ensuite confronté à un ensemble de villes françaises. Le tout sera accompagné de simulations réalisées à l'aide de la plateforme d'automates cellulaires SpaCell qui permettra de comparer les réalités observées avec le modèle générique. L'objectif est de repérer les récurrences et les situations spécifiques de manière à comprendre les mécanismes (économiques, choix d'aménagement, contraintes environnementales...) ayant produit les originalités observées.

L'organisation spatiale des espaces non-construits (espaces naturels et agricoles) est un élément important de structuration des espaces urbains, c'est pourquoi l'articulation entre ville et paysages ouverts est une thématique qui sera également approfondie. D'une part, il nous intéresse de confirmer ou infirmer l'hypothèse selon laquelle l'articulation fractale des espaces ouverts et des espaces bâtis permet d'éviter leur morcellement. Dans ce contexte, l'analyse de l'impact écologique de la fragmentation des espaces naturels fait l'objet d'une coopération avec l'équipe « Paysage et cadre de vie ». D'autre part, une structuration plus réfléchie des espaces bâtis et non bâtis est importante pour réduire la vulnérabilité des espaces périurbains face aux risques naturels, notamment les risques d'incendie. Dans le cadre d'un projet ANR soumis, nous proposons de considérer certains espaces non construits (friches, abandons de parcelles agricoles...) comme augmentant les risques d'incendie selon la forme des tissus urbains dont ils font partie.

Enfin il nous intéresse d'analyser le rôle des espaces agricoles dans les zones périurbaines car ceux-ci, davantage que les espaces naturels, sont considérés comme de véritables réserves foncières. La ville constitue pour l'agriculture un objet ambivalent dans la mesure où d'une part elle héberge les consommateurs des produits agricoles, et d'autre part se révèle être un puissant « prédateur » des espaces agricoles absorbés par l'urbanisation. Cependant, dans ce système de contraintes, il est extrêmement intéressant d'observer des comportements adaptatifs innovants qui proposent soit de nouvelles formes de mise sur le marché des produits (circuits courts), soit la territorialisation de la valeur ajoutée produite grâce à des signes officiels de qualité (AOP, AB...) ou encore une planification urbaine plus respectueuse de la diversité des espaces naturels et agricoles. Dans ce contexte, nous nous attacherons à étudier les signes de qualité en agriculture comme facteur de rente foncière, construite par une recherche de proximité avec les consommateurs urbains (notion de circuits courts). Il est aussi prévu d'étudier la morphologie et le rôle des espaces agricoles au sein des espaces à dominante urbaine (au sens de la définition INSEE des ZAUER).

2.2. L'accessibilité à distance – un nouvel enjeu pour l'aménagement du territoire

La question de l'accessibilité aux différents lieux fréquentés par les résidents ne se pose pas seulement à travers une réalité spatiale : elle inclut aussi l'accessibilité cognitive et la représentation mentale de l'espace. Celles-ci influencent les pratiques spatiales des individus. Les nouvelles technologies de communication, ainsi que la réduction de certains services, modifient les pratiques spatiales : les échanges à distance se multiplient (télétravail, diagnostic et prescription médicale par téléphone), modifiant les relations interindividuelles. Trois projets seront consacrés à cette thématique.

Une première entrée est l'analyse de la « téléprescription médicamenteuse » ou diagnostic médical téléphonique réalisé par les médecins régulateurs généralistes du centre 15. Ces pratiques se développent en France, mais aussi dans d'autres pays européens, pour limiter le recours systématique au Centre 15, lieu de réception de l'ensemble des appels d'urgence médicale ou de consultation en dehors des heures

d'ouverture des médecins. Une analyse vise à identifier les situations dans lesquelles les médecins régulateurs procèdent à un diagnostic téléphonique. La question de l'accessibilité au centre d'urgence ou au médecin de garde est un facteur qui influence la prise de décision dans la réponse médicale offerte. La décision de recourir à une consultation téléphonique ou de proposer une visite auprès du médecin de garde ou du centre d'urgence le plus proche suppose la gestion d'un risque de santé et nécessite une réaction rapide. Si les paramètres médicaux sont des facteurs fondamentaux qui président à la décision, la distance aux centres de secours ou au médecin de garde joue également un rôle, à la fois dans la prise de décision et dans la satisfaction des patients quant à la qualité du service médical rendu et à l'efficacité des services de santé publique. L'analyse spatiale par système d'information géographique permettra de croiser ces éléments et de confronter les décisions médicales retenues aux conditions d'accessibilité des services de santé. Cette étude pluridisciplinaire réunit des géographes, des statisticiens et des médecins généralistes régulateurs. Menée dans un premier temps sur la Franche-Comté et la Bourgogne, elle pourrait être étendue à d'autres Centres 15 en France.

Une seconde entrée propose d'explorer la notion de distance perçue sous un aspect social (sentiment d'isolement) et son influence sur les déplacements. Elle fera l'objet d'un projet consacré à l'étude de l'intérêt potentiel du télétravail, et des barrières mentales qui freinent son développement. En effet la gestion de la distance dans la communication impose de nouvelles règles qui méritent d'être analysées afin d'évaluer la qualité et l'efficacité des échanges établis. Il est prévu d'associer des entreprises et des services à ce projet, et d'explorer la réaction des personnes concernées à partir d'expériences concrètes, d'entretiens et d'enquêtes auxquels sont associés des psychologues. Le test d'un dispositif de télétravail, sur l'agglomération de Belfort, susceptible de modifier la mobilité des individus, sera réalisé en étroite relation avec le modèle MOBISIM.

La troisième entrée que nous envisageons est celle de l'accessibilité et des pratiques culturelles individuelles. Il s'agira plus précisément d'étudier la dimension culturelle des politiques de transport, qui visent d'une part à accompagner l'essor croissant d'outils culturels mobiles (Ipad, wifi), par exemple au moyen d'accès wifi dans les gares ou de location de lecteurs DVD dans les trains, et d'autre part à développer des actions culturelles dans les lieux de transport (gares, pôles intermodaux). L'accessibilité et la fréquentation des lieux culturels seront également étudiées sous l'angle des relations entre mobilités pendulaires et mobilités touristiques.

2.3. Modéliser les mobilités résidentielles et quotidiennes et leurs impacts sociaux et environnementaux

Les travaux portant sur la simulation des mobilités quotidiennes et résidentielles seront poursuivis. Dans le cadre du développement du modèle MOBISIM, il est prévu d'enrichir la modélisation des mobilités résidentielles en s'appuyant sur une modélisation conceptuelle développée par l'équipe entre 2001 et 2003. Celle-ci consiste en une formalisation discrète du temps, sous la forme d'une chaîne de Markov, permettant de calculer à chaque pas de simulation, la part d'individus de différents types localisés dans les différentes unités spatiales (communes, quartiers...) composant l'agglomération étudiée. Le modèle conceptuel tire sa source de l'interprétation socio-dynamique de la synergie dont un des intérêts est d'intégrer les modèles économiques de choix discret (de type logit notamment), dans un cadre formel explicitement dynamique. Cette formalisation sera retravaillée et précisée au regard des avancées scientifiques réalisées dans le cadre du projet ANR ECDESUP (Groupe 2 « Modélisation »). Elle sera implémentée dans le modèle MOBISIM et utilisée pour simuler la dynamique des choix résidentiels dans une agglomération. Une thèse, dont le financement est acquis, débutera sur ce sujet en septembre 2010. Une formalisation similaire permettra de modéliser le choix modal des individus lors de leurs déplacements quotidiens.

Le modèle MOBISIM sera également amélioré grâce à l'acquisition de nouveaux jeux de données de paramétrage (par enquêtes notamment) qui, dans la suite des travaux d'ECDESUP serviront de base à la mise en place de scénarios de développement urbain comparatifs (différentes options d'aménagement, différentes villes...). Il est envisagé d'y intégrer la problématique du fret et du transport de marchandises en ville. Il est également prévu de développer une interface de visualisation graphique et cartographique avancée, fondée sur les acquis de la géovisualisation et de l'analyse exploratoire des données, qui permettra

de mieux interpréter et de mieux communiquer les résultats, en contribuant à renforcer le rôle de MOBISIM en tant qu'outil d'aide à la décision.

L'impact environnemental des déplacements sera appréhendé selon une double entrée. La première est celle du bruit de circulation. Elle sera étudiée et modélisée dans le cadre d'un projet commun avec l'UMR Chrono-Environnement (UMR 6249) qui consiste à évaluer les nuisances sonores ressenties par les habitants et à identifier des leviers permettant de les réduire. L'autre entrée est celle des « étiquettes énergétiques territoriale », qui permet d'évaluer la consommation énergétique liée à la mobilité des zones résidentielles urbaines et périurbaines à une échelle spatiale semi-agrégée. La méthodologie développée s'appuie sur un programme d'activité hebdomadaire standardisé des individus.

La poursuite du projet ANR Ville Durable MIRO2, s'appuyant sur une modélisation multi-agents, permettra d'approfondir la prise en compte des mobilités intra-urbaines et des rythmes quotidiens. Dans ce cadre, la collaboration avec les informaticiens du LIFC (Laboratoire d'Informatique de Franche-Comté), et les géographes des laboratoires UMR Pacte – Grenoble, UMR LIV – Strasbourg, et SEDETE – Orléans sera poursuivie. Un autre projet en cours, financé par le PUCA et coordonné par l'UMR INRA-AgroSUP CESAER, porte sur la thématique « 50 ans de mobilités résidentielles et quotidiennes : quelles formes territoriales pour un mode de vie urbain durable ? ». Dans le cadre du PREDIT 4 (groupe 6 - Politiques de transports), l'équipe participe aussi au projet « GLAMOUR » coordonné par S. Chardonnel, F. Paulhiac (PACTE-Territoire) et F. Scherrer (IUL), destiné à approfondir les connaissances de la mobilité quotidienne et des changements de l'action collective urbaine sur le territoire du Grand Lyon. L'ensemble de ces travaux permettra de faire évoluer l'outil d'analyse exploratoire de données Geographer, développé dans les précédents projets. Grâce ce logiciel libre, nous souhaitons interroger les trajectoires individuelles de déplacements dans leurs dimensions spatiales et temporelles.

La représentation mentale de l'espace sera abordée dans le cas des réactions spontanées d'individus confrontés à des situations de risques (naturels par exemple). Il s'agit de modéliser les comportements des individus au regard de différents types de catastrophes, selon leur caractère plutôt diffus, linéaire ou ponctuel, leur mode de propagation et l'environnement plus ou moins fermé au sein duquel elles se déroulent. Ces travaux permettront d'intégrer un volet comportemental dans une ontologie des risques et des catastrophes actuellement en cours de développement.

Dans le cadre de l'élaboration des modèles de simulation qui intègrent des différents types de formalisation (mathématique, informatique, graphique) la question d'un cadre général formel de l'espace géographique reste posée. Il est prévu d'approfondir des réflexions épistémologiques engagées récemment sur cette question et visant à formaliser la relation entre une représentation continue et discrète de l'espace, et les caractéristiques spatiales et sociales associées aux différents lieux. Le comportement des individus se déplaçant dans l'espace sera également formalisé en tenant compte de la cognition spatiale des individus. Nous étudierons la possibilité d'établir un lien entre l'approche spatiale et comportementale à travers une formalisation qui s'inspire de certains concepts utilisés dans la théorie des processus de diffusion. L'objectif final est d'établir un lien formel entre les systèmes d'information géographique, la modélisation mathématique utilisée par exemple dans les modèles comportementaux de l'économie ou dans les modèles d'auto-organisation, et des concepts issus de l'intelligence artificielle tels que les automates cellulaires et les modèles multi-agents. Ces travaux ontologiques associent des chercheurs du CORE (UCL, Belgique).

2.4. Accessibilités multi-échelles et grandes infrastructures de transport

Les recherches sur les impacts socio-économiques et spatiaux des grandes infrastructures seront poursuivies au cours du prochain quadriennal. L'entrée est celle de l'utilisation et de la valorisation des ressources territoriales résultant du gain d'accessibilité apportée par les grands équipements de transport.

Les recherches conduites jusqu'à ce jour ont montré que les approches globales d'observation territoriale présentent certaines limites. Notamment, elles ne permettent pas de distinguer, dans les changements d'ensemble, la contribution de facteurs spécifiques dont la portée est diluée au sein du système territorial. Aussi, nous souhaitons mettre en œuvre une démarche méthodologique qui d'une part, procède d'une approche multi-échelle et d'autre part, se concentre, à chaque niveau d'échelle, sur les objets susceptibles d'être soumis à des changements. Ainsi, s'il est compliqué et peu efficace de rechercher comment, à

l'échelle d'une unité urbaine, la grande vitesse ferroviaire a modifié les pratiques de déplacement des populations, il paraît en revanche intéressant de se concentrer sur les changements de mobilités des utilisateurs de la grande vitesse ferroviaire.

Ce volet de recherche sera exploré à travers la mise en service du TGV Rhin-Rhône fin 2011, qui représente un événement majeur pour les territoires dans lesquels il s'inscrit. L'observatoire des gares du TGV Rhin-Rhône permettra un suivi des mobilités et des comportements des usagers de la grande vitesse ferroviaire. En même temps, les échanges entre les villes de l'espace Rhin-Rhône seront étudiés. L'impact territorial de la ligne à grande vitesse sera mesuré à travers les projets (planification urbaine...), les actions de valorisation (reconversion des sites de gares, adaptation des systèmes de transport...), la valorisation immobilière et le management des activités économiques.

L'analyse des effets des grandes infrastructures de transports sur la longue durée fera également l'objet de nouvelles investigations. Le développement d'un Système d'information géo-historique à l'échelle de l'Europe a été engagé à travers la participation à un nouveau projet du PCRD VI coordonné par une équipe Espagnole. Cette action, actuellement en cours d'évaluation, regroupe 10 pays européens. Il s'agit de montrer comment l'expansion des grands réseaux de transport a constitué les bases de l'intégration européenne. Le laboratoire ThéMA, sous réserve d'acceptation du projet, représentera la France comme partenaire associé pour une durée de 4 ans. Nous déposerons également au cours de l'année 2011 un programme de recherche ANR jeune chercheur, afin de continuer notre implication dans ce groupe de recherche et valoriser la collecte des données rassemblées dans les précédentes opérations. À cette occasion, les savoir-faire de l'équipe en matière d'analyses fractales des réseaux de transport seront mis à profit pour mettre en évidence des processus de constitution des réseaux à travers les échelles spatiale et temporelle.

3. Projet de l'équipe « Paysage et cadre de vie »

Les activités de l'équipe « paysage et cadre de vie » reposent sur une spécificité de recherche bien établie autour de l'objet « paysage », abordé essentiellement par le biais d'approches instrumentées et quantitatives. La plupart des projets de recherche se placent dans la continuité du précédent quadriennal et vont permettre de prolonger, affiner ou compléter les travaux déjà réalisés. Ces projets se répartissent en trois axes : ressources et aménités paysagères ; paysage et réseaux écologiques, paysage et changement climatique. Les analyses menées par l'équipe porteront sur plusieurs zones abordées à différents niveaux d'échelle ; les travaux à caractère environnemental portant sur la zone arctique seront prolongés, contribuant à une des spécificités géographiques de l'équipe.

3.1. Ressources et aménités paysagères

Élément du cadre de vie, le paysage est ici appréhendé comme une interface entre les individus et l'espace qu'ils pratiquent et perçoivent. À ce titre, le paysage est abordé à travers plusieurs champs de recherche : 1) la modélisation des formes spatiales (occupation du sol, topographie) et du paysage visible ; 2) le rôle du paysage considéré comme une des aménités jouant sur les choix de localisation résidentielle ; 3) l'intégration du paysage dans la dimension territoriale, à travers les questions de médiation et de médiatisation paysagère.

Modélisation des dynamiques de l'occupation du sol et du paysage visible

Ce volet de recherche s'inscrit dans le cadre général des travaux sur le « land-cover and land-use change » (LC-LUC) et lui apporte un prolongement sur les dynamiques paysagères induites par les changements d'occupation du sol. Trois directions de travail seront privilégiées : (a) les problèmes posés par les observations à échelles multiples ; (b) le report inégal des évolutions de l'occupation du sol dans les changements du paysage visible ; (c) l'utilisation de sorties de modèles de simulation de croissance urbaine comme entrées de prospectives paysagères.

a) Les sources d'information sur l'occupation du sol ont été développées et diversifiées, avec les progrès des couvertures continentales à petite échelle (type CORINE Land-Cover de l'EEA), avec les référentiels grande-échelle (type BD-Topo de l'IGN), ou avec les ressources en imagerie et détection à résolution infra-métrique (scanners aéroportés et LIDAR par exemple). Ce sont autant de nouvelles possibilités pour les suivis de l'occupation du sol et les approches comparatives, avec des applications en cours et projetées aux échelles de massifs montagneux, de régions agricoles, d'agglomérations urbaines ou de zones naturelles intra-urbaines.

b) Les évolutions de l'occupation du sol se reportent de façon inégale dans le paysage visible. Par exemple, la croissance d'une bordure urbaine ne se traduit pas forcément par la vision de davantage de paysage urbain, mais simplement par le déplacement du front urbain visible. Le deuxième objectif est donc de mesurer ces écarts dans différents contextes, pour mieux comprendre les règles de report entre dynamiques de l'occupation du sol et changements du paysage.

c) Les modèles de simulation spatiale permettent la réalisation de prospectives sur l'évolution de l'occupation du sol : ils sont notamment utilisés pour l'étude de la croissance urbaine (cf. travaux de l'équipe MVT de ThéMA). Le troisième objectif porte sur l'adaptation de ces modèles de simulation pour l'utilisation de leurs résultats en prospective paysagère.

Evaluation des aménités paysagères

Les travaux sur ce thème font suite aux recherches réalisées au cours du précédent quadriennal et s'inscrivent à nouveau dans le cadre de la collaboration avec des chercheurs de l'UMR CESAER de l'INRA Dijon. Ils visent à identifier les « aménités paysagères » révélées par le jeu du marché foncier. Pour préciser et enrichir les résultats déjà obtenus, il est question de produire des modèles de plus grande précision, par la prise en compte d'informations spatiales à haute résolution. Il a en effet été montré que la précision des résultats économétriques est en grande partie fonction de celle des bases spatiales utilisées [1, 2]. L'acquisition d'un logiciel de segmentation d'ortho-photographies et l'intégration de données

cadastrales permettront d'acquérir des données à 2 m de résolution. De plus, aux terrains d'application déjà étudiés vont s'ajouter de nouvelles aires d'étude situées sur la côte méditerranéenne (Nice, Gène, Barcelone), par le biais d'une collaboration avec des chercheurs de l'Université d'Aix-Marseille (UMR Espace). Parallèlement à l'ensemble de ces recherches focalisées sur le marché foncier, une étude complémentaire est menée sur les aménités paysagères telles qu'elles sont déclarées par les ménages, à travers une thèse de doctorat portant sur les liens entre formes spatiales et degré de satisfaction résidentielle en milieu périurbain. Un des aspects importants de ce travail consiste à identifier les indicateurs spatiaux les plus pertinents pour représenter la qualité paysagère du cadre de vie des ménages.

Au-delà du paysage visible, un élargissement thématique est également prévu, par une série d'études sur l'estimation de la valeur économique du climat. Il s'agira d'intégrer des variables climatiques telles que les valeurs de température et de pluviométrie dans des modèles économétriques expliquant le prix du marché foncier à l'échelle du territoire français. Ces variables seront produites par interpolation spatiale à partir des données de Météo-France. Des analyses sont déjà en cours et l'objectif est de sélectionner les meilleurs estimateurs à partir d'une base de données climatiques qui a récemment été mise en place.

[1] BROSSARD T., CAVAILHÈS J., LE GALLO J., GÉNIAUX G., HILAL M., JAYET H., JOLY, NAPOLEONE C., OVTRACHT N., PÉGU Y P.Y.,TOURNEUX F.P., WAVRESKY P., 2007, La valeur économique des paysages des villes périurbanisées, *Economie Publique*, 20, 11-35.

[2] JOLY D., BROSSARD T., TOURNEUX F.P., TRITZ C., CAVAILHÈS J., HILAL M., WAVRESKY P., 2009, A quantitative approach to the visual evaluation of landscape, *Annals of the Association of American Geographers*, 99(2), 292-308.

Le paysage entre médiatisation et médiation

Le paysage est de moins en moins considéré par la société comme une problématique autonome, mais plutôt comme une dimension de la question territoriale. Ainsi, pour le chercheur, la place du paysage dans les projets de territoire devient une préoccupation majeure, en ce sens qu'elle est révélatrice de nos représentations sociales, et des nouvelles manières de construire la gouvernance des cadres de vie.

Plusieurs questions se posent : - Comment le paysage est-il sollicité pour faire émerger un projet commun et partagé au sein d'un territoire ? - Quels supports d'information et de communication paysagère sont utilisés dans les opérations de médiations et de débat participatif, et avec quels résultats ou quels blocages ? Au-delà des enquêtes, les différents instruments de modélisation paysagère développés au laboratoire depuis de nombreuses années pourront nourrir une démarche de type expérimental et déboucher sur des propositions de procédures.

La question de la médiatisation du paysage est corollaire à celle de sa médiation. La recherche portera ici sur les discours et l'iconographie produits par les acteurs territoriaux. La connaissance des choix communicationnels lors des différentes phases de conception (réflexion, élaboration, contractualisation, diffusion) permettra de mettre en évidence des typologies de dispositifs de médiatisation paysagère, y compris en fonction de leur pertinence didactique et pédagogique, et peut-être des manques en matière de formation des acteurs (collaboration avec les PNR). Les images produites par les professionnels du paysage (architectes, urbanistes, paysagistes) pourront aussi être intégrées à cette étude. Dans le même sens, la médiatisation des paysages à travers la carte postale, qui a fait l'objet d'une thèse soutenue au laboratoire en janvier 2010 [1], donnera lieu à des travaux complémentaires. L'objectif sera finalement de préciser le concept de médiatisation paysagère, souvent utilisé mais rarement défini dans la littérature scientifique.

[1] LITOT J.-B., 2010, Paysage et médiatisation dans les Alpes françaises, approche géographique de la diffusion des cartes postales paysagères, Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté.

3.2. Paysage et réseaux écologiques

Depuis plusieurs années, les expériences menées dans le domaine de l'écologie du paysage ont permis à l'équipe de développer des compétences méthodologiques sur l'usage des métriques paysagères [1]. Ce travail, qui a porté plus particulièrement sur les notions de connectivité et de distance paysagère [2], est à l'origine d'un positionnement méthodologique récent sur la caractérisation de la connectivité fonctionnelle. Un investissement dans les méthodes liées aux graphes paysagers est en train d'être réalisé. Ces méthodes sont récemment apparues comme très pertinentes en écologie du paysage, permettant à la fois de modéliser des aspects fonctionnels (contrairement aux métriques paysagères « structurales ») et pouvant assez facilement donner lieu à un transfert vers les milieux professionnels concernés par la question des réseaux écologiques. Dans le contexte d'une volonté publique de prendre en compte ces

réseaux (trames vertes et bleues), un de nos objectifs est de perfectionner les approches par graphes paysagers et de mettre à disposition des outils adaptés aux besoins actuels. Ces méthodes vont être appliquées d'une part pour aborder certains phénomènes de diffusion biologiques, d'autre part pour étudier les impacts écologiques de l'artificialisation des sols.

Réseaux paysagers et phénomènes de diffusion biologiques

Dans la lutte contre des phénomènes de diffusion biologique (pullulations animales, transmission parasitaire par exemple), l'analyse du paysage peut apporter une contribution intéressante, lorsque les vecteurs de diffusion dépendent de certains éléments paysagers. L'identification des réseaux de propagation constitue alors un enjeu important. Les études qui vont être réalisées dans ce cadre se placent dans la continuité des recherches menées précédemment sur deux phénomènes de diffusion, en partenariat avec les biologistes de l'UMR 6249 Chrono-Environnement :

- la diffusion des pullulations de campagnols terrestres sur les plateaux jurassiens, en collaboration avec la DRAF de Franche-Comté et l'INRA de Montpellier ;

- la diffusion d'une zoonose, l'échinococcose alvéolaire, en Ile-de-France, dans le cadre d'un programme de la MSHE Paris Nord.

Dans les deux cas, il s'agira d'appliquer les méthodes des graphes paysagers pour modéliser la notion de connectivité et améliorer la connaissance des modes de diffusion de ces phénomènes. Un des principaux résultats attendus est l'identification précise des canaux de diffusion et des configurations spatiales qui occasionnent des effets de barrière. Cet apport de connaissance permettra de guider les décideurs dans la mise en place d'aménagements paysagers susceptibles de limiter les phénomènes de diffusion biologiques en question.

Conséquences écologiques de l'artificialisation des sols

Cet axe constitue un nouveau champ de recherche investi par l'équipe, à partir des acquis méthodologiques issus des travaux récents. Dans le contexte de la densification des réseaux de transport et de l'étalement urbain, une question importante est l'évaluation des externalités négatives occasionnées par cette artificialisation des sols sur l'habitat de certaines espèces animales, en particulier sur leur connectivité fonctionnelle. Cette question est d'autant plus cruciale que les dispositifs législatifs en vigueur n'envisagent les impacts des aménagements qu'à une échelle très locale, alors que la viabilité des espèces dont l'habitat est fragmenté dépend fortement de leur réseau d'habitat considéré à une échelle régionale.

Un premier volet concerne l'impact des grandes infrastructures de transport sur la connectivité des habitats faunistiques (programme GRAPHAB). Appliqué à la Ligne à Grande Vitesse Rhin-Rhône, il est placé dans le cadre de la MSHE Claude Nicolas Ledoux (USR 3124) et financé par le ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, le CNRS et la Région de Franche-Comté. Outre les collaborations universitaires, ce programme permet de réunir divers partenaires : DREAL de Franche-Comté, Réseau Ferré de France ainsi que plusieurs associations naturalistes (CPEPESC, LPO, OPIE). Par le biais de ces travaux, il est prévu de mettre en place un protocole d'évaluation de l'impact de la LGV Rhin-Rhône sur certains habitats faunistiques. Un volet complémentaire concernant l'impact des infrastructures sur la dispersion spatiale des gènes est également en cours de financement.

Un second volet vise à comparer la modification des habitats faunistiques en fonction de différentes formes d'étalement urbain. Ce volet se place de façon totalement transversale entre les équipes « Paysage et cadre de vie » et « Mobilités, ville et transport ». Il sera question de comparer l'impact de plusieurs scénarios d'aménagement urbain sur les habitats faunistiques, en évaluant particulièrement les modifications qu'ils induisent sur les réseaux écologiques.

[1] FOLTÊTE J.-C., TOLLE F., 2008, Caractérisation du paysage dans les approches écologiques, in BROSSARD T., WIEBER J.-C. (dir.), *Paysage et information géographique*, Traité IGAT, Hermès-Lavoisier, Paris, 165-185.

[2] FOLTÊTE J.-C., COSSON J.-F., BERTHIER K., 2008, Cost-distance defined by a topological function of landscape, *Ecological Modelling*, 210, 104-114.

3.3. Paysage et changement climatique (Arctique)

L'Arctique reste un terrain de prédilection important pour l'UMR Théma, qui héberge le GDR 3042 « Mutations polaires : environnement et sociétés » renouvelé en 2011. Ce GDR organisera à Paris en janvier 2011 une conférence internationale « Mondes polaires : sciences environnementales et sciences sociales pour comprendre les changements observés ». Cette conférence pluridisciplinaire fera le point sur les certitudes et incertitudes après l'élan donné aux recherches par l'Année polaire internationale (2007-2009) [1].

Les recherches qui seront menées par l'équipe « paysage cadre de vie » sur le milieu arctique ont pour objet la relation entre des processus géophysiques et le changement climatique contemporain, qui affecte particulièrement les régions polaires. Il s'agit de mesurer l'impact du changement climatique sur les distributions végétales et sur les dynamiques glaciaires, hydrologiques et du permafrost.

La végétation comme indicateur du changement climatique

Les études antérieures conduites à échelle locale en Baie du Roi (NO du Spitsberg) ont montré la covariation élevée des plantes et du climat [2]. Grâce à cet acquis méthodologique, une méthode d'extrapolation va être mise en place pour estimer le champ thermique continu de la température sur l'ensemble de l'archipel. La confrontation des résultats avec l'extension spatiale d'une centaine d'espèces de plantes permettra d'évaluer la qualité du modèle obtenu. Une attention particulière sera donnée aux espèces thermophiles, indicatrices du changement climatique.

En nous appuyant sur ce savoir faire, un nouvel objectif est d'appliquer la méthode à la région du Troms (nord de la Norvège) où la problématique du réchauffement climatique n'est pas moins aiguë qu'au Spitsberg. Dans le cadre d'un partenariat avec des chercheurs norvégiens (Université de Tromsø), nous pourrions mobiliser un corpus important de relevés botaniques. Cette information sera mise en rapport avec des données satellitaires (Landsat ETM et Modis notamment). Les données climatiques seront fournies par l'institut de météorologie norvégien, complétées par notre propre réseau de capteurs pour couvrir les secteurs non échantillonnés. Les résultats de l'étude seront confrontés à l'extension spatiale des zones bioclimatiques tirées de la carte de la végétation circumpolaire établie par le CAFF (Conservation of Arctic Fauna and Flora). Il est également attendu de ce nouveau champ d'application la mise au point d'un tableau de bord destiné au suivi de la végétation face au changement climatique.

Enfin, à titre comparatif, une troisième étude portera sur la vulnérabilité de la forêt jurassienne face au changement climatique. Cette étude est inscrite dans un programme FAEDER et sera menée en partenariat avec le Parc naturel régional du Haut-Jura, l'ONF, l'INRA et un autre laboratoire de l'Université de Franche-Comté. Sous l'hypothèse d'un réchauffement, le cortège floristique évoluera en fonction de la remontée altitudinale des isothermes. Le régime des précipitations jouera également un rôle car la fréquence des sécheresses devrait augmenter. Le diagnostic que nous proposons reposera sur la connaissance préalable des facteurs climatique, topographique et floristique ayant une influence sur la forêt. La localisation et l'évaluation des surfaces forestières « à risque » pourront contribuer à guider l'aménagement de ce territoire.

Impact du réchauffement climatique sur la cryosphère polaire arctique

Les glaciers ont été l'objet d'un suivi dans le programme ANR Sensor-FLOWS axé sur l'étude hydrologique et hydrochimique du bassin versant du glacier Loven-Est (Spitsberg, 79°N). Il a montré combien les bilans glaciaires et hydrologiques étaient importants mais combien il restait de parts d'ombre, en particulier sur trois points extrêmement réactifs aux variations climatiques, généralement peu pris en compte dans les études glaciologiques : la dynamique du manteau neigeux, la dynamique du permafrost sur les pentes et au front du glacier, la dynamique des écoulements intra- et sous-glaciaires.

Le projet Cryo-Sensors, qui lui fait suite (demande ANR en cours d'évaluation), s'inscrit donc dans la continuité du programme précédent : il est en synergie avec le besoin ressenti par tous les scientifiques de poursuivre l'effort engagé à l'occasion de l'Année polaire. Les instrumentations développées et/ou mises en place sur le terrain ont fourni 2 à 3 ans de données au maximum, là où on sait que seuls des suivis à long terme sont nécessaires pour être révélateurs des changements contemporains. Ce programme sera

développé parallèlement au programme observatoire de l'INSHS qui prend en compte deux sites, le Spitsberg (ThéMA et GDR 3062) et la Sibérie (IDES Orsay et GDR 3062). Il devrait être couplé en 2011 à un programme observatoire qui sera soumis à l'Institut polaire français pour 4 ans.

Le projet Cryo-Sensors a donc pour ambition d'étudier trois composantes de la cryosphère d'un bassin versant glaciaire, polaire et continental (glacier Loven Est) dans un contexte de réchauffement climatique au Spitsberg. Les trois composantes étudiées (neige, glacier et pergélisol) interagissent au sein des systèmes glaciaires et présentent une dynamique à différentes échelles de temps (horaires à pluri-annuelles) et d'espace (échelle de la dizaine de cm à celle du système de 10 km²). L'étude de ces trois compartiments nécessite la mise en place d'instrumentation de terrain à long terme. Ce travail interdisciplinaire se déclinera en quatre grandes approches : 1) suivi météorologique, hydrologique et glaciologique, 2) dynamique du pergélisol, 3) dynamique du manteau neigeux (pente, glacier), 4) étude des circulations d'eau supra- intra- sous-glaciaires.

[1] <http://thema.univ-fcomte.fr/polarworlds-2011>

[2] JOLY D., NILSEN L., BROSSARD T., ELVEBAKK A., 2010, Plants as bioindicators for temperature interpolation purposes: analysing spatial correlation between botany based index of thermophily and integrated temperature characteristics, *Ecological Indicators*, 10(5), 990-998.

4. Projets de l'équipe « Intelligence territoriale »

La nouvelle équipe Intelligence Territoriale (IT), dont une partie est labellisée « Centre associé au Céreq », fédère aujourd'hui des enseignants-chercheurs dont les travaux se rapportent à des thématiques différentes, mais au travers desquels un certain nombre de questionnements méthodologiques sont communs. L'intelligence territoriale peut être définie comme un domaine dont l'objectif est la maîtrise de l'ensemble des concepts, méthodes et outils de l'information et de la communication tournée vers un seul but, la connaissance et la compréhension de la nature et du fonctionnement des territoires (ou des structures et des dynamiques territoriales) par les acteurs de leur évolution. Le projet de cette équipe s'articule donc autour de la nécessité de repenser en profondeur l'articulation des concepts, méthodes et outils de connaissance et de prospective, en relation avec des applications territoriales originales. La réflexion prospective pose par conséquent l'Intelligence Territoriale comme fondement théorique et méthodologique et comme déterminant de l'aide à la décision. L'équipe IT prend donc appui sur trois axes de réflexion : 1) Concepts et enjeux de l'Intelligence Territoriale ; 2) Information/Observatoire(s)/ Instrumentation ; 3) Territoires de pratiques. Elle se déploiera en fonction de ses acquis scientifiques, de ses savoir-faire et de ses thématiques de recherche. Chaque projet mis en œuvre pourra être mobilisé afin d'en extraire des connaissances, formalismes, conclusions, susceptibles d'enrichir les réflexions théoriques, elles-mêmes réinjectées dans les différents projets. Cette logique circulaire doit permettre un fonctionnement global du pôle autour d'un ensemble d'informations variées permettant de multiplier les questionnements, les réponses méthodologiques et techniques et les validations sur la base de multiples applications et de thématiques variées.

4.1. Concepts et enjeux de l'Intelligence Territoriale

Le concept de territoire comme fondement de l'intelligence territoriale

Au cœur de l'IT est le territoire (dont la partie visible est le paysage analysé dans le cadre de l'équipe Paysage et environnement). De nombreux travaux se sont d'ores et déjà attachés à la définition de ce concept [1], sur la base d'une approche holistique et systémique, nécessaire face aux enjeux que nous imposent aujourd'hui les contextes sociaux, économiques, politiques et environnementaux. Il en ressort que le territoire doit être abordé comme un système composé de sous-systèmes nécessitant la mise en œuvre des théories de la complexité. L'objectif est alors de comprendre son maintien au travers d'une stabilité dynamique fondée sur des phénomènes d'autorégulation, qui nous amènent à parler de « territoires en tension ». L'évolution de ces territoires s'inscrit dans une gamme de possibles, mais demeure souvent mal connue à certaines échelles. La compréhension de ces dynamiques spécifiques passe par conséquent par l'identification de multiples sous-systèmes qui constituent des entrées différentes du système et nécessitent le recours à des approches méthodologiques variées, afin de faire évoluer certaines pratiques d'aménagement, notamment en relation avec les diagnostics territoriaux, la mise en place de projets de développement territoriaux ou encore l'élaboration d'observatoires territoriaux. Dans certains cas il est même envisagé d'assimiler le fonctionnement du territoire à un véritable métabolisme (Projet Centrale de Négawatts).

À ce titre des travaux ont été engagés afin de confronter cette définition du territoire, considéré comme un système complexe constitué de l'espace géographique, des acteurs l'utilisant, l'aménageant et le gérant, tandis que de multiples filtres conditionnent des représentations du passé, de l'existant et du futur (A. Moine). Il s'agit notamment au travers du réseau européen d'intelligence territoriale ENTI (42 partenaires) et du projet « *Future jobs for a better life* », de recueillir un ensemble de définitions utilisées par des géographes, des sociologues, des économistes français et étrangers, dans des perspectives opératoires. Les résultats, présentés sous formes de vidéos, sont analysés et font l'objet d'une interprétation enrichissant une approche systémique du concept. Un autre ensemble de recherches, effectuées dans le cadre d'une thèse (P. Signoret), vise enfin à utiliser ces définitions afin de faire évoluer les outils destinés à aider à la compréhension du fonctionnement des territoires, de manière à caractériser de manière optimale la manière d'acquérir, de structurer et de restituer l'information relative à un territoire. L'analyse d'une base européenne d'équipes de recherche sur le territoire sera actualisée et élargie au plan international. Enfin,

des réflexions complémentaires visent à investir le champ du diagnostic territorial dans le cadre du travail social, une recherche-action est engagée dans le cadre du réseau européen des observatoires Catalyse, tandis qu'une recherche-action est engagée avec l'IRTESS de Dijon et avec l'ISSM de Mulhouse, notamment autour de la notion de transaction sociale qui pourrait s'avérer féconde dans le cadre de notre réflexion. D'une manière plus générale, une Habilitation à Diriger des Recherches (E. Faivre) est en cours, afin de permettre de caractériser le passage d'une géographie sur, pour et par l'action territoriale, à une géo-action, sur la base de la définition du territoire développée ici.

La gouvernance explique la mise en tension des territoires

On observe des processus de gouvernance très différents au travers des territoires et en particulier au travers des frontières culturelles et linguistiques. Les études comparatives sont un moyen d'éclairer les effets de différences nationales et culturelles sur la construction et la gouvernance des territoires. Les études comparatives engagées au niveau du réseau ENTI dans ce domaine seront poursuivies en vue d'introduire la prise en compte de la gouvernance dans les outils de monitoring et d'évaluation. Il est également prévu de développer des études comparatives déjà réalisées au niveau de la planification et de la gouvernance en France et en Grande-Bretagne, qui compléteront le dispositif mis en place pour décrire et comparer les définitions du concept de territoire.

Ensuite, l'identification et la caractérisation des conflits, de leur émergence à leur régulation, la compréhension de leurs dynamiques spatiales et sociales, l'identification de leurs impacts sur la gestion des territoires concernés, l'analyse de l'impact des stratégies d'acteurs en conflits sur la gestion des territoires, la mesure de leur intensité (programme ORECOLM), constituent une orientation de recherche nouvelle. Elle amène notamment à identifier les innovations qui peuvent résulter des interactions conflictuelles en matière de gouvernance des territoires. Ces travaux conduisent à la compréhension des régulations mises en œuvre et des diverses formes qu'elles prennent, telles que les concertations territoriales ou les dispositifs de participation du public pour la régulation de conflits, ainsi qu'aux conflits qui sont eux mêmes issus de ces formes de régulation. Les travaux engagés devraient permettre de caractériser les innovations résultant des conflits et de poursuivre les réflexions relatives à la visualisation des réseaux d'acteurs qui s'organisent et se transforment lors des processus antagoniques. Les travaux s'articulent autour des espaces ouverts en zones côtières (RAMSES), des zones portuaires (PISTE et GECOPE), des espaces périurbains (dépendance automobile et relégation résidentielle, COVER) et enfin des territoires soumis à des transformations rapides (implantation d'un incinérateur, d'un parc naturel...).

Mais, au-delà de cette entrée « dynamique », la qualité de la gouvernance tient à la capacité des experts du territoire à s'insérer dans les processus « démocratiques » aujourd'hui proposés, et à répondre aux questions scientifiques qui leur sont posés. En ce sens, le rôle des recherches de l'équipe IT est fondamental dans la perspective d'une réponse à une demande sociale qui peine à s'exprimer. La gouvernance traduit une situation où l'on observe une limitation de l'exercice du pouvoir et où celui-ci doit être partagé et négocié. Par ailleurs, le développement des politiques transversales et non plus sectorielles nécessite des formes de coopération entre acteurs, même entre plusieurs services de l'Etat. L'efficacité de la gouvernance, c'est-à-dire la régulation du système territorial, nécessite donc une information partagée, élaborée collectivement avec les experts, et appropriée par tous les participants (institutions et citoyens) et la définition d'objectifs communs et publics : une application est en cours concernant les espaces soumis au secret militaire, nucléaire et industriel (SEMIPAR).

Des travaux sont engagés afin d'appréhender la gouvernance à travers l'analyse de la présence d'indicateurs composites au sein des outils d'observation et d'analyse territoriale. Une question émerge alors, celle de la modification de la gouvernance par les outils d'aide à la décision. Cette hypothèse n'est actuellement pas clairement vérifiée et la mise en place d'un certain nombre d'outils d'aide à la décision appropriés, maintenant pérennes, nous incite à essayer d'en comprendre les mécanismes. Il est par exemple prévu d'analyser comment la gouvernance évolue à différentes échelles en relation avec la mise en place de l'observatoire Oser70, développé dans le département de la Haute-Saône, et actuellement déployé à une échelle régionale.

Enfin, une dernière orientation de travail émerge actuellement en relation avec la mise en place du Master « Aménagement et Gouvernance en Pays des Suds », qui interroge sur l'aménagement en situation, à la fois, de faible connaissance et de faible gouvernance. Les nombreuses applications attendues dans le cadre

des stages notamment, nous permettront d'enrichir des réflexions qui pourraient être fécondes. Dans la continuité des travaux engagés sur la gouvernance et les impacts territoriaux du sport à différentes échelles, un nouveau terrain d'applications se dégage vers le Brésil. En effet, ce pays émergent va être au centre du monde sportif dans les années à venir accueillant sur son sol les deux « mega-events » que sont la Coupe du monde de Football 2014 et les Jeux olympiques 2016 (Rio de Janeiro). L'objectif est d'appliquer le concept d'intelligence territoriale à un Etat brésilien qui connaît un autre type de gouvernance pour la gestion du sport, dans le cadre d'un partenariat en cours avec des chercheurs brésiliens (Universités de Rio de Janeiro).

La connaissance comme socle de la gouvernance

L'identification et la compréhension des jeux d'acteurs est l'un des aspects fondamentaux des recherches envisagées. Cependant, l'identification des modes d'appropriation et de diffusion des connaissances et leur amélioration constituent également un axe majeur de nos travaux de recherche en ce sens qu'ils conditionnent l'intelligence des approches et des systèmes proposés, c'est-à-dire notre capacité à produire des solutions réellement efficaces de partage des connaissances, de participation et par conséquent de gouvernance territoriale. Cette dimension s'appuie sur les nombreux travaux développés en sciences cognitives et seront enrichis à la lumière des approches spatio-temporelles propres à la discipline géographique. Cette approche de la connaissance nous permettra notamment de définir et de décliner le concept d'observation, base de la connaissance quel que soit l'objet, et fondement conceptuel de nos outils d'IT, mais également celui de décision et d'action.

[1] MOINE A., 2006, Le territoire comme un système complexe : un concept opératoire pour l'aménagement et la géographie, *L'Espace Géographique*, 2/06, 115-232.

4.2. Information, observation, instrumentation

Formalisme, modélisation et ontologie pour la coproduction de données territoriales et d'indicateurs

L'instrumentation mais aussi l'interdisciplinarité, propres à nos approches d'intelligence territoriale imposent la définition de langages formels et d'ontologies permettant de transmettre au mieux la richesse informationnelle que nous renvoie le système territoire. Nous travaillons notamment à la définition d'une ontologie du domaine énergétique territorial articulée à la conception de modèles conceptuels de données. Cette approche formelle vise à terme à la mise en cohérence des différentes données issues des sous-systèmes nous permettant d'appréhender les structures et les dynamiques énergétiques des territoires, dans le cadre du projet OPTTEER et du projet de Centrale de Négawatts.

Outils de diagnostics, d'évaluation et de planification

L'évaluation est une étape indispensable à nos approches d'intelligence territoriale. Elle doit être en mesure de garantir le développement et l'exploitation d'outils opérationnels et efficaces. Nous l'abordons selon deux angles complémentaires : 1) En terme d'évaluation des outils et de leur efficacité auprès des praticiens du territoire. Peu de travaux s'attèlent aujourd'hui à évaluer l'efficacité des outils d'observation et d'analyse territoriale. Pourtant des pistes prometteuses, centrées sur les indicateurs permettent d'approcher cette problématique. Nous travaillons notamment à la mise en œuvre de méthodes d'analyse et de qualification des indicateurs composites produits par nos outils et révélateurs de la qualité des collaborations interpartenaires (M-H. de Sède, A. Moine). Des recherches sur la notion d'information utile appliquée aux indicateurs produits par l'observatoire des footballeurs (Projet FIFA) sont également menées. 2) En terme d'évaluation des actions menées sur le territoire.

Observatoires territoriaux, Systèmes d'information territoriaux, outils de prospective

La mise au point d'outils opérationnels nous amène également à travailler sur le couplage entre bases de données et outils de simulation [1], l'objectif étant, sur la base de l'accumulation de connaissances dédiées et de contexte, de proposer des outils permettant l'exploration de scénarii. À ce titre, différents projets constituent des tests, en lien avec l'équipe Ville Mobilité Transport (Projet Mobisim) ou en interne de l'équipe (Projet OPTTEER, et Centrale de Négawatts).

La caENTI a par ailleurs engagé la modélisation de systèmes d'information intégrant informations, indicateurs outils de traitement et procédures d'analyse sur la base des usages des partenariats de développement. Cette modélisation, engagée au niveau des outils logiciels sera poursuivie au niveau de la gestion, de l'élaboration et de la publication des informations et des indicateurs.

4.3. Territoires de pratiques

Cet axe est fondamental pour la cohérence de l'ensemble des travaux du pôle IT puisqu'il permet de valider les propositions conceptuelles et méthodologiques avancées, tout en favorisant de nouveaux questionnements afin de rendre opérationnelles les solutions mises en œuvre sur la base d'approches circulaires. Prenant appui sur des problématiques ciblées, émanant souvent de nos partenaires traditionnels (collectivités locales, services de l'Etat et associations notamment), le volet « territoires de pratiques » a pour objet, à travers les différentes fonctions que représentent les usages du territoire, leur aménagement ainsi que leur gestion, de mettre en œuvre les concepts de l'IT.

Pratiques d'observation

Débuté en 2006, l'Observatoire des Footballeurs Professionnels (PFPO) est un projet franco-suisse réalisé en collaboration avec le Centre d'Etudes du Sport de Neuchâtel. Après quatre années d'existence les perspectives de recherche dans le cadre de ce projet sont nombreuses. À côté des publications annuelles, des contrats de recherches menées avec les institutions (FIFA, UEFA), deux grands axes peuvent être mis en évidence pour les prochaines années. 1) Le premier se positionne sur la cartographie animée des données spatio-temporelles de l'observatoire. Après avoir mené des expériences utilisant des solutions de cartographie animée classique, nous nous engageons désormais vers l'utilisation de la plateforme *Google Earth*, afin d'automatiser le processus. La visualisation de la trajectoire d'un ou plusieurs joueurs, sélectionnés selon les nombreux paramètres disponibles serait un élément participant à la réflexion et à la mise en œuvre de modèle de compréhension. 2). Le deuxième axe privilégie la construction et l'évaluation des indicateurs. Supports de l'aide à la décision, ils sont aujourd'hui principalement descriptifs, recensent une situation sans en donner des clés d'interprétation. Nous engageons donc des travaux plus statistiques utilisant ces indicateurs dans un système explicatif en collaboration avec quelques grands fournisseurs de données dans le domaine du sport (Optadata, Pro Zone, Soccer Association, ...). À terme l'objectif est de fournir, au jour le jour, des indicateurs de performances des équipes pour les acteurs du football.

Par ailleurs, les travaux entamés lors du précédent quadriennal dans le domaine de l'énergie nous ont fourni l'occasion de prouver la faisabilité d'une approche territoriale de l'énergie à travers la formalisation du concept de Système Energétique territorial, base structurelle et fonctionnelle de conception d'un véritable Système d'Information Territorial Energétique (projet OPTTEER). Cet outil est aujourd'hui renseigné et exploité au-delà des partenaires initiaux par l'ATMO Franche-Comté qui joue un rôle pivot de fournisseur de données auprès des collectivités dans le cadre des Plans Climat Territoriaux. Ces travaux nous ont également permis de développer, toujours avec le soutien de l'ADEME et en collaboration avec le pôle VMT du laboratoire (compétent en matière de mobilité), une méthodologie d'étiquetage énergétique territorial que nous souhaitons à présent proposer comme indicateur « standard » de notre observatoire énergétique régional.

Depuis le début 2010, un projet INTERREG IV porté par l'Association Energie-Cité pour la France et Suisse Energie pour les collectivités suisses, permet le développement d'une Centrale de Négawatts. L'objectif de cette centrale est double : 1) Imaginer un système ouvert et simple au sein duquel chaque acteur du territoire engagé pourra déposer une donnée localisée d'économie d'énergie. 2) Développer un ensemble de fonctionnalités permettant de spatialiser/contextualiser et quantifier/analyser les économies d'énergies réalisées par les acteurs du territoire, les communiquer et les partager. Ce projet mobilise les axes de recherche identifiés précédemment.

Autour des travaux associés, une démarche d'observation est engagée sur la population des jeunes Franches-comtois, dans l'objectif de redéfinir le profil de certaines populations qui échappent actuellement aux statistiques courantes, notamment celles de l'INSEE.

Enfin, un Observatoire Régional de l'Innovation est en cours de développement, piloté par l'UTBM et associant la MSHE, l'IRTS, et le Laboratoire ThéMA. Son objectif est de doter les chercheurs et les acteurs régionaux d'un outil de collecte et de production d'informations quantitatives et qualitatives sur l'innovation, en s'inspirant des travaux sur les systèmes régionaux d'innovation. Une intégration au Réseau de Recherche sur l'Innovation (RRI) est également attendue, autour de la diffusion de connaissance sur la société de l'information et de l'économie de la connaissance.

Pratiques de gestion et de suivi

L'un des projets est destiné à la recherche d'outils de surveillance épidémiologique dans une optique de santé publique et dans un contexte où la population et les autorités publiques s'interrogent sur le rôle des facteurs sociaux et environnementaux dans la multiplication des cancers. En collaboration avec le Registre des Tumeurs du Doubs (CHU de Besançon) et le réseau FRANCIM qui réunit les différents Registres français, une première étude a été réalisée entre 2006 et 2008 pour l'Institut national du cancer (INCA). Afin de poursuivre ces investigations, un nouvel appel d'offre à recherche en épidémiologie et sciences sociales a été soumis en 2010. Il propose une étude de nature sociologique, à partir d'entretiens auprès d'un échantillon de personnes, pour analyser plus en détail la relation entre les conditions de vie des populations et le risque d'hémopathie lymphoïde. Cela devrait permettre de vérifier les hypothèses mises en évidence dans l'étude écologique précédente. Une seconde analyse de type écologique, consistera ensuite à identifier et décrire l'environnement géographique, social et économique propice à l'apparition de certaines pathologies, en testant des typologies spatiales établies à partir de différents indicateurs (sociaux, économiques, géographiques) afin de mesurer l'inégale incidence des pathologies dans des espaces territoriaux identifiés comme relativement homogènes au regard des indicateurs retenus.

Pratiques d'évaluation

Les recherches actuellement menées sur l'approche territoriale de l'innovation industrielle seront étendues à l'innovation sociale grâce au nouveau positionnement du Céreq de Besançon acquis fin 2009 en tant qu'évaluateur d'expérimentations sociales régionales en direction de la jeunesse (subventions du Ministère de la Jeunesse et des solidarités actives). Engagée dans plusieurs évaluations de projets locaux l'équipe devra se prononcer sur les opportunités de généralisation au plan national et mettre en œuvre des méthodes d'évaluation spécifiques à chaque projet. L'évaluation recourt autant à des méthodes quantitatives (sur la base d'enquête avec tirage aléatoire si la population nous le permet) que qualitatives (entretiens semi-directifs). L'appréhension et la compréhension du jeu des acteurs se feront grâce aux sociogrammes.

Par ailleurs, des travaux sur la notion de trajectoire spatiale d'insertion ont été engagés fin 2009 grâce au lancement d'une thèse sur les mobilités d'insertion professionnelle des jeunes au sein de l'espace français. L'objectif final est de définir les territoires attractifs pour les jeunes dans leurs trajectoires d'insertion et d'évaluer dans quelle mesure ces dernières participent à différents phénomènes que sont la métropolisation, la littoralisation, l'héliotropisme.... D'un point de vue méthodologique, l'équipe renforcera ses compétences en analyse statistique (corrélation, construction de modèles économétriques, analyse de données, typologies etc.) et en cartographie dynamique.

Pratiques de prospective

La réussite scolaire et l'égalité des chances sont souvent au cœur des préoccupations politiques, que ce soit aux échelles nationale ou locale (quartier, ville, ...). Mais le territoire, avec ses caractéristiques et dynamiques, est rarement présent dans ces discussions. Pourtant, les interactions entre l'établissement scolaire et ce qu'on pourrait appeler son environnement sont nombreuses. Inscrites dans ce contexte, les recherches visent à placer le territoire dans le système scolaire, aux composantes complexes et multiples et les acteurs nombreux (état, collectivité, parents, enseignants, etc.). Ainsi, les travaux porteront sur la construction d'observatoires scolaires, réfléchis à des échelles géographiques différentes (villes, départements). Dans une finalité opérationnelle et d'aide à la décision, il sera ici question de mettre en place des indicateurs pertinents (mixité sociale, place de l'établissement dans son quartier, ...) et une cartographie dynamique (rayonnement géographique des collèges et écoles). Enfin, les réflexions investiront le champ de la simulation et de la modélisation, avec pour objectif de définir les évolutions futures des territoires scolaires (prospective territoriale).

Observation coopérative et participative

La méthode Catalyse offre de nombreux exemples (91 expériences en Europe) d'observatoires développés pour des partenariats multisectoriels de développement, agissant dans le sens du développement durable et de la transition socio-écologique. Une analyse comparative et une évaluation de ses pratiques sera conduite afin de faire ressortir les usages spécifiques aux cadres coopératif et participatif.