

**Projet de recherche doctoral
Ecole Doctorale TESC
Université Toulouse le Mirail**

Laure VACQUIE

1 – TITRE DU PROJET

**Modélisation prospective des changements des modes d'occupation et d'usages des sols.
Approche multi-échelles appliquée sur les Pyrénées.**

2 – DESCRIPTIF DU PROJET

2.1. Contexte et enjeux scientifiques

Dès les années 1970, il a été démontré que les changements des modes d'occupation et d'utilisation des sols ont un rôle non négligeable dans les interactions biosphère-atmosphère (Sagan & al 1979) impactant ainsi le climat à toutes les échelles (locale, régionale et globale). Dans un contexte de changement climatique, les espaces montagnards constituent des milieux particulièrement intéressants et à forts enjeux (IPCC 2007).

Au cours des 10-15 dernières années, beaucoup d'études ont été soutenues par des programmes de recherches nationaux ou internationaux tels que les programmes Land Use and Cover Change (Lambin et al 1999), Global Land Project (GLP 2005), etc.. A l'origine simple objet de recherche, les changements des modes d'occupation et d'usage des sols ont évolué pour devenir une approche intégrée: « Land change science » (Turner & al 2007). En effet, ces recherches ont considérablement évolué : d'abord simple identification des changements (Lambin & al 2001) et de leurs facteurs explicatifs (Bürgi 2004), elles constituent aujourd'hui des approches intégrées ayant pour objectif la modélisation prédictive ou prospective des changements futurs (Veldkamp & Lambin 2001; Kok & al 2007; Verburg & al 2006, 2009 ; Houet & al 2009).

D'une façon générale, la dimension spatiale est au cœur de ces approches. L'utilisation de données cartographiques issues de la télédétection (photographies aériennes, images satellites) est centrale lors de la phase rétrospective afin de rendre compte de **trajectoires d'évolution**. Toutefois, la difficulté réside dans l'articulation des données issues de la phase rétrospective et qui présentent des échelles spatiales et temporelles différentes. Dans le but de produire des scénarios prospectifs de l'évolution des modes d'occupation et d'usages des sols, il est ainsi difficile d'intégrer celles relatives aux échelles locales et celles produites à l'échelle régionale. En effet, les études fines témoignent de trajectoires d'évolution au cours des 50-70 dernières années à un pas de temps décennal mais se limitent à des étendues locales (quelques dizaines ou centaines de km²). Inversement, l'usage de données satellitaires à haute résolution spatiale (Landsat, Spot) permet de couvrir des zones relativement étendues et pertinentes pour l'aménagement du territoire (région) mais (1) le recul temporel qu'elles proposent est trop limité (20 ans maximum) et (2) leur résolution permet de détecter uniquement les types d'occupation des sols et non leurs usages. Ainsi, seule une approche multi-échelle peut permettre de rendre compte des dynamiques régionales, liés à des déterminants socio-économiques et environnementaux, dans lesquelles les trajectoires locales s'inscrivent, et inversement de mesurer si les trajectoires régionales sont représentatives des dynamiques locales.

La démarche prospective a pour principe la pluralité des futurs possibles afin de réduire l'incertitude liée au futur et non une fonction prédictive à court terme (Poux et al, 2003). S'il existe des travaux de recherches en matière de prospective spatialisée, ceux-ci restent mono-scalaire. Ceux réalisés à des échelles régionales ou continentales avec un horizon temporel de 20-30 ans reposent sur l'usage de modèles de simulation (Verburg et al 2004, Verburg et al 2009) mais n'intègrent que ? peu ou prou les dynamiques et motifs spatiaux observés aux échelles locales (Sohl & al 2009). Les études aux échelles fines sont moins nombreuses et les méthodes employées peuvent différer: approches narratives couplées avec des représentations spatiales schématiques ou virtuelles (Nassauer et Corry 2004), approches formalisées basées sur des modèles/plateformes de simulation (Parker et al 2003, Gibon et al. 2009), approches couplées (Gaucherel et al 2009). Mais surtout, peu d'entre elles intègrent les tendances et des facteurs régionaux. Il n'existe à notre connaissance aucune étude prospective ayant des horizons temporels plus éloignés mais surtout qui prennent en compte les trajectoires locales et régionales.

Au final, la prospective des changements des modes d'occupation et d'usages des sols dépend principalement des enjeux considérés, du contexte et des trajectoires locales/régionales ; les méthodes ou les types de scénarios à mobiliser ne devant pas être une contrainte pour envisager une diversité de futurs possibles (Houet & al 2009). L'objectif de cette thèse consiste donc à réaliser des scénarios prospectifs spatialisés à des échelles locales et régionales qui intègrent les trajectoires observées à ces deux échelles. D'une façon plus générale, cette thèse tentera d'apporter des éléments de réponse à une question fondamentale pour les sciences humaines et sociales et les sciences environnementales: « Quelle est l'influence des échelles dans les recherches prospectives spatialisées? ». L'intérêt d'une telle approche repose sur son caractère spatialement explicite rendant possible l'évaluation des conséquences des changements futurs sur l'environnement (bilan carbone, climat, etc.).

2.2. Description du sujet de thèse

Le travail comprend trois volets principaux :

Volet 1 – Rétrospective et géomatique : Proposition d'un cadre méthodologique pour la caractérisation des trajectoires d'évolution des modes d'occupation et d'usages des sols à des échelles locale et régionale

- Caractérisation des trajectoires d'évolution aux échelles locale et régionale à partir de 3 sites locaux sur lesquels des données comparables d'occupation et d'usages des sols existent (Garroxtes, Vicdessos, Villelongue), ainsi qu'à partir de données Landsat (1994, 2002, 2010).
- Comparaison et estimation des similitudes : l'objectif est de détecter par rapport à la « tendance » régionale, les changements locaux représentatifs de ces trajectoires par rapport à ceux qui peuvent être assimilés à du « bruit ».
- Identification des (principaux) facteurs explicatifs des changements locaux / régionaux : Quid de l'influence anthropique / climatique dans l'évolution des paysages?

Volet 2 – Scénarios et modèles : Définition de scénarios prospectifs et choix/développement de modèles pour la spatialisation de scénarios spatialisés aux échelles locale et régionale

- Etat de l'art des types de scénarios et des modèles de spatialisation : Quels scénarios / modèles aux échelles locales ? Quels scénarios / modèles aux échelles régionales ? Quels enjeux / domaines d'application pour une approche multi-échelle ?
- Scénarios prospectifs des changements des modes d'occupation et d'usages des sols: déclinaisons aux échelles locale et régionale, Intégration des trajectoires multiscalaire, justification du choix des modèles de simulation
- Evaluation des impacts environnementaux possibles des changements des modes d'occupation et d'usages des sols : applications sur la disponibilité des ressources en eau (contact en cours avec EDF) et/ou sur le climat (contact en cours avec Météo-France).

Volet 3 – Modélisation spatio-temporelle et changement d'échelles : Simulation de l'évolution des paysages à des échelles spatiales locale et régionale. Impacts possibles sur l'environnement.

- Simulation des changements des modes d'occupation et d'usages des sols aux échelles locale et régionale. Analyse de la variabilité des changements suivant l'échelle d'approche (*Tendance vs. Bruit*).
- Influence de l'échelle d'approche sur l'évaluation de l'impact environnemental.
- Influence de la pluralité des futurs sur l'évaluation de l'impact environnemental.

2.3. Terrain d'études

Les terrains d'études sur lesquels seront identifiées les trajectoires d'évolutions, développés et testés les scénarios et les modèles de simulation des changements futurs sont :

- Les Garroxtes, site étudié depuis 20 ans au GEODE et étudiés dans plusieurs projets de recherches (PEVS, programme Bilatéral Espagne-France, PICS) ;
- La vallée du Haut-Vicdessos, territoire labellisé Observatoire des interactions « Hommes – Milieux » par le CNRS InEE et dont le GEODE est le principal gestionnaire/animateur ;
- La vallée de Villelongue, site étudié depuis plus de 20 ans également par l'INRA DYNAFOR, membre du projet MODE RESPYR.

- La chaîne des Pyrénées dans son ensemble, étudiée par télédétection par le CESBIO (Projet TOSCA) et site d'expérimentation pour la préparation des missions spatiales Venüs et Sentinel-2 (thèmes : suivi enneigement et changements d'occupation des sols).

3 – CADRE SCIENTIFIQUE

3.1. Projets de recherche en cours servant de support au sujet de thèse

Les projets de recherches cités ci-après permettront de couvrir les frais inhérents à la bonne réalisation de la thèse (Matériel informatique, frais de mission sur le terrain, colloques, etc.)

- o ANR MODE RESPYR n°2010 JCJC 1804-01-01 (2011-2014) : Modélisation rétrospective et prospective des changements d'occupation des sols dans les Pyrénées – Resp. T. Houet (GEODE) (ANR : 148k€)
- o TOSCA Surfaces continentales - Traitement et applications de séries temporelles d'images LANDSAT pour préparer l'utilisation de Venüs et Sentinel 2 – Resp. O. Hagolle (CNES) (European Spatial Agency – ESA : 200k€)
- o OHM Occupation des sols Passées et Actuelles (2009-2012) (CNRS InEE : 15k€) <http://w3.ohmpyr.univ-tlse2.fr/programme3.php>
- o Fondation Planet-Action (2009-2013) – Resp. T. Houet (Logiciels et données gratuites) <http://www.planet-action.org/web/85-project-detail.php?projectID=4434>

3.2. Cohérence et apports du projet de recherche

3.2.1. Apports aux axes de recherches du laboratoire et de la MSHS-T

Le sujet de thèse proposé s'inscrit dans :

- l'axe 3 du quinquennal (2011-2015) du laboratoire GEODE « Modélisation des trajectoires spatio-temporelles des paysages » (Resp T. Houet). Cette thèse s'inscrit parfaitement dans les objectifs scientifiques de l'axe 3 du contrat quinquennal 2011-2015 du laboratoire. Les axes « Montagne, Dynamiques socio-environnementales » et « Environnements, risques et vulnérabilités » de la MSHS-T. L'exploration des futurs possibles des espaces montagnards, au travers l'évolution de leurs paysages, et l'évaluation des leurs impacts possibles sur l'environnement viendront naturellement alimenter les recherches menées à la MSHS-Toulouse.

3.2.3. Cohérence vis-à-vis de la politique scientifique du CNRS

Ce projet de recherche doctoral est en cohérence avec les objectifs scientifiques du CNRS.

- le GDR MAGIS, auquel participe le laboratoire GEODE soutien et encourage les projets portant sur la prospective spatialisée, notamment à travers son Groupe de Travail « Géoprospective » (Resp. F. Gourmelon – LETG UMR 6554 et T. Houet – GEODE UMR 5602) ;
- Les instituts INSHS et InEE ont identifiés ce type de projet comme répondant nécessaires pour répondre à des enjeux scientifiques et méthodologiques, dans le plan stratégique 2003-07 du CNRS (Section 39), dans le projet de l'INSHS (2009, p.4) ainsi que lors de la « Prospective de l'InEE » en 2009 (InEE, 2009). Les thèmes de recherche soutenus et encouragés concernent la rétro-observation, amélioration des reconstitutions passées, modélisation prospective...

3.2.3. Pour les collectivités locales

Le projet MODE RESPYR a été proposé comme support de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique mis en place par la Région Midi-Pyrénées. Ainsi, les résultats qui découleront de la thèse alimenteront cet observatoire dans le but d'aider les décideurs en matière de choix à long terme de gestion et d'aménagement du territoire à la lumière des devenir possibles des modes d'occupation et d'usages des sols.

3.3. Moyens disponibles

Encadrement : Constitution d'un comité de thèse constitué a minima des spécialistes suivants, reconnus dans les domaines de la thèse (géomatique, modélisation, prospective). Outre le directeur et le co-directeur, ce comité de thèse sera complété par : M. Saqalli (GEODE, modélisation spatiale et Système multi-agent), D. Sheeren (UMR DYNAFOR, Télédétection et modélisation spatiale), O.

Hagolle (CNES, Traitement du signal). Des contacts sont en cours avec Météo-France pour un couplage avec des scénarios climatiques (S. Planton).

3.4. Collaborations de recherche internationales

Dans le cadre du projet ANR MODE RESPYR, principal projet de recherche en soutien à cette thèse, une collaboration de recherche a été mise en œuvre avec le laboratoire d'excellence USGS Earth Resources Observation and Science Center (Sioux Falls, USA – Contact : Thomas R. Loveland) et l'University of Vermont (Burlington, USA – Contact : Jarlath O'Neill-Dunne). Ces deux laboratoires de recherche sont prêts à accueillir Melle Laure Vacquié (cf. lettres de soutien). Dans ce cadre, des demandes d'Aide à la Mobilité Internationale des Doctorants (AMID) seront effectuées.

Références

- Bürgi M, Hersperger AM, Schneeberger N (2004) Driving forces of landscape change - current and new directions. *Landscape Ecology* 19:857–868
- GLP (2005) Science Plan and Implementation Strategy. IGBP Report No. 53/IHDP Report No. 19. IGBP Secretariat, Stockholm. p. 64 http://www.globallandproject.org/Documents/report_53.pdf
- Gaucherel C, Griffon S, Misson L and Houet T (2009) Combining process-based models for future biomass assessment at landscape scale. *Landscape Ecology*, <http://dx.doi.org/10.1007/s10980-009-9400-6>
- Gibon A., Sheeren D., Monteil C., Ladet S. and Balent G. (2009) Modelling and simulating change in reforesting mountain landscape using a socio-ecological framework, *Landscape Ecology*, (in press).
- Houet T, Loveland TR, Hubert-Moy L, Gaucherel C, Napton D, Barnes CA and Saylor KL (2009a) Exploring subtle land use and land cover changes: a framework for future landscape studies, *Landscape Ecology* <http://dx.doi.org/10.1007/s10980-009-9362-8>
- INEE (2009) Prospective de l'Institut National Ecologie et Environnement du CNRS, Compte rendu des journées des 12 et 13 mai, Rennes, INEE – CNRS, p. 66
- INSHS (2009) Projet scientifique et organisationnel, Institut National Sciences Humaines et Sociales, CNRS, 11p. http://www.cnrs.fr/inshs/presentation/docs/Projet%20INSHS_v12-3.pdf
- IPCC (2007) Climate Change 2007: Synthesis report, IPCC, Geneva, Switzerland, pp 104
- Kok K, Verburg P and Veldkamp T (2007) Integrated Assessment of the land system: The future of land use. *Land Use Policy* 24:517-520
- Lambin EF, Baulies X, Bockstael N, Fischer G, Krug T, Leemans R, Moran EF, Rindfuss RR, Sato Y, Skole D, Turner BL and Vogel C (1999) Land-use and land-cover change (LUCC): Implementation strategy, IGBP, Stockholm/Bonn
- Lambin EF, Turner BL, Geist HJ, Agbola SB, Angelsen A, Bruce JW, Coomes OT, Dirzo R, Fischer G, Folke C, George PS, Homewood K, Imbernon J, Leemans R, Li XB, Moran EF, Mortimore M, Ramakrishnan PS, Richards JF, Skanes H, Steffen W, Stone GD, Svedin U, Veldkamp T, Vogel C and Xu JC (2001) The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environ Change Hum Policy Dim* 11:261-269
- Nassauer JI, Corry RC (2004) Using normative scenarios in landscape ecology. *Landscape Ecology* 19:343–356
- Sagan C, Toon OB and Pollack JB (1979) Anthropogenic albedo changes and the Earth's climate. *Science* 206:1363-1368.
- Sohl TL, Loveland TR, Sleeter BM, Saylor KL Barnes CA (2009) Addressing foundational elements of regional land-use change forecasting. *Landscape Ecology*, <http://dx.doi.org/doi:10.1007/s10980-009-9391-3>
- Turner II BL, Lambin EF and Reenberg A (2007) The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *PNAS* 104(52):20666-20671
- Veldkamp A and Lambin EF (2001) Predicting land-use change. *Agric Ecosyst Environ* 85:1-6
- Verburg P, Schot P, Dijst MJ, Veldkamp A (2004) Land use change modelling: current practice and research priorities. *GeoJournal* 61(4):309–324
- Verburg P, Rounsevell MDA and Veldkamp TA (2006) Scenario-based studies of future land use in Europe, *Agric Ecosyst Environ* 114(1):1-6
- Verburg P, van Berkel DB, van Doorn AM, van Eupen EM and van den Heiligenberg HARM (2009) Trajectories of land use change in Europe: a model-based exploration of rural futures, *Landscape Ecology* <http://dx.doi.org/doi:10.1007/s10980-009-9347-7>