

Année universitaire 2015 – 2016

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE-ÉCOLOGIE-ENVIRONNEMENT

M2 I.G.P.E.
« INGENIERIE ET GESTION DES PROJETS ENVIRONNEMENTAUX »

Mention : Géographie, Aménagement, Environnement et Développement – (GAED)

Rapport de stage de Loïc KAWALEC

**MODELISATION DE LA FILIERE BOIS SUR LE PARC NATUREL REGIONAL
DU BALLON DES VOSGES**

Stage effectué au Laboratoire d'Économie Forestière
UMR 356 AgroParisTech-INRA

14 rue Girardet
54000 Nancy

Du 01 mars 2016 au 31 août 2016

Maître de stage : Sylvain CAURLA, ingénieur de recherche

Responsable de la formation : Jérôme CORTET
Gestionnaire du M2 I.G.P.E. : Martine COULOMB-FEUGRAY

☎ : +33 (0)4 67 14 23 15 - ✉ : + 33 (0)4 67 14 24 59 -Messagerie : martine.feugray@univ-montp3.fr
Site internet : <http://bio-eco-env.upv.univ-montp3.fr/igpe/>

Remerciements

Je remercie tout d'abord Sylvain Caurla, mon maître de stage pour son suivi et son écoute. Merci pour sa confiance et pour les nombreuses discussions constructives et toujours sympathiques que l'on a pu avoir.

Je remercie le directeur du laboratoire, Serge Garcia, pour m'avoir intégré chaleureusement au sein de la structure. Mes remerciements s'adressent également à tous les membres du laboratoire pour m'avoir accueilli dans la bonne humeur, autour d'un café-filtre et parfois autour d'une bonne table. J'ai beaucoup appris sur le monde de la recherche grâce à eux.

Merci également à Guillaume Hellot, stagiaire au laboratoire pour ces moments de travail partagés au bureau et pour sa collaboration.

Mes remerciements vont à l'équipe pédagogique de l'université de Montpellier. Merci à Jérôme Cortet, directeur du master, pour ses deux années d'encadrement et pour le travail qu'il fournit pour faire vivre le master. Merci à Martine Coulomb-Feugray pour tout ce qu'elle apporte aux étudiants du master. Un grand merci à mes collègues de master. J'ai passé avec eux des moments agréables dans et hors la classe C126. J'espère avoir l'occasion de travailler à nouveau avec eux.

J'adresse également mes remerciements à toutes les personnes que j'ai pu rencontrer en entretien ou au cours du stage, pour leurs temps et pour leur accueil.

Merci aux bons copains que je ne saurai oublier, et enfin, merci à Annabelle pour la joie et pour les relectures attentives.

Sommaire

Remerciements

Sommaire

Introduction	1
1. Contexte professionnel et scientifique de l'étude	2
1.1. Une unité mixte de recherche en économie et science de l'environnement	2
1.2. Missions et organisation du laboratoire	2
1.3. Fonctionnement administratif et matériel du laboratoire	4
2. Description du sujet	5
2.1. Genèse et réalisation	5
2.2. Présentation du sujet	7
2.2.1. Problématique et cahier des charges	7
2.2.2. Définitions des termes du sujet	9
3. Méthodologie	14
3.1. La démarche d'analyse	14
3.2. Méthodes et outils	16
3.2.1. La modélisation des systèmes complexes	16
3.2.2. La connaissance de la filière bois sur le PNRBV	17
4. Résultats	19
4.1. La modélisation des systèmes complexes	19
4.1.1. La filière comme système complexe territorial	19
4.1.2. Comparaison des différents paradigmes de modélisation	20
4.2. La filière bois sur le PNRBV : les éléments à prendre en compte pour la modélisation	22
4.2.1. Quelques caractéristiques de la filière bois sur le Parc Naturel Régional	22
4.2.2. Le périmètre du modèle	23
4.2.3. Propriétés structurelles du modèle	24
4.3. Les recommandations pour la modélisation : un outil multi paradigme	25
5. Bilan pédagogique et professionnel	27
5.1. Déroulement du stage	27
5.2. Remarques personnelles sur le travail du LEF	28
5.3. Difficultés rencontrées	28
5.4. Bilan	29
Conclusion générale	30
Liste des figures et tableaux	
Bibliographie	
Resume	
Annexes	

Introduction

En 30 ans, les territoires ruraux ont dû s'adapter à de grandes mutations : tertiarisation de l'économie, phénomène de globalisation, concentrations urbaines, crises environnementales... Elles créent des déséquilibres que l'aménagement s'applique à résoudre. Comme le pointe en 2010 un rapport du Conseil Economique et Social, un nouveau modèle de développement centré sur l'économie de proximité¹ doit être inventé (MARTIN, 2010). La mise en place de ces politiques d'aménagement nécessite une évaluation des territoires et plus précisément de leurs systèmes productifs locaux. S'il existe aujourd'hui, à l'échelle territoriale, pléthore d'outils d'évaluation économique et environnementale, très peu font la synthèse des deux approches.

En 2016, le Laboratoire d'Economie Forestière (LEF), en collaboration avec le laboratoire Environnemental Life cycle and Sustainability Assessment (ELSA), a l'ambition de combler. En développant un modèle économique dynamique couplé avec une Analyse de Cycle de Vie (ACV) à l'échelle du territoire, l'objectif est de fournir un outil d'évaluation intégré, adapté aux contextes locaux, à destination des aménageurs. Ce travail de modélisation porte sur la filière bois du Parc Naturel Régional du Ballon des Vosges (PNRBV).

Le PNRBV est un territoire rural situé au cœur du massif des Vosges. Il est le troisième PNR le plus peuplé de France et un des plus dense. L'activité du bois y est présente et la ressource bois est abondante. Pourtant la filière bois fait face à de nombreuses difficultés d'ordre économique. Le massif est un territoire de moyenne montagne doté d'espaces remarquables. Il est soumis à la fois à des enjeux d'ordre économique, environnementaux et sociaux. Pour y répondre, le PNR participe à la mise en place d'une politique basée sur la proximité².

Le travail présenté ici amorce le projet d'élaboration d'un outil d'évaluation territorial intégré de la filière bois qui nécessite une étape de modélisation. C'est un travail exploratoire préalable à sa construction. Cet effort d'analyse préparatoire est assez rare dans les travaux de modélisation. Il illustre la volonté de la part des parties prenantes de ce projet, d'aboutir à des résultats concrets qui prennent suffisamment en compte les problématiques locales. L'objectif du stage est de répondre à la question suivante : dans une optique de développement d'un outil d'évaluation territorial intégré, comment modéliser la filière bois du Parc Naturel Régional du Ballon des Vosges ?

Après avoir précisé le sujet et son contexte, nous procéderons en trois étapes. Tout d'abord, nous présenterons les modèles susceptibles de représenter une filière bois. Dans un second temps, nous nous intéressons aux spécificités de la filière bois du PNRBV. Nous montrerons qu'il est essentiel de les prendre en compte dans la construction de l'outil. Nous finirons par l'énoncé des limites et perspectives de ce travail, ainsi que par un retour critique de mon insertion professionnelle dans un organisme de recherche.

¹ Elle se définit comme « un mode d'organisation de l'économie autour de la relation directe (relation des entreprises avec les consommateurs, relations entre entreprises, ancrage dans la vie locale) » et du développement local (marchés et systèmes productifs locaux, économie sociale et solidaire...) (MARTIN, 2010)

² Une des quatre orientations mentionnée dans la charte du PNR est « asseoir la valorisation économique sur les ressources locales et la demande de proximité ».

1. Contexte professionnel et scientifique de l'étude

Le Laboratoire d'Economie Forestière (LEF) est une unité mixte de recherche. Cette entité administrative a été créée en 2000 et associe deux grands instituts : l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) et AgroParisTech. Depuis 2014, il est par ailleurs lié à une convention tripartite avec l'université de Lorraine.

1.1. Une unité mixte de recherche en économie et science de l'environnement

L'INRA est un établissement public créé en 1946 pour répondre à des problématiques de développement concernant l'alimentation, la nutrition, l'agriculture et l'environnement. Avec 213 unités de recherche accueillant plus de 10 000 personnes, il est le premier institut de recherche en Europe et le deuxième dans le monde. Il s'organise en 14 départements scientifiques regroupant des compétences disciplinaires distinctes. Le LEF fait partie du département Science Sociale, Agriculture et Alimentation, Espace et Environnement (SAE²), composé de 80% d'économistes et de 20% de sociologues.

AgroParisTech est issu du regroupement entre trois écoles d'ingénieurs : l'Institut National Agronomique Paris Grignon (INAPG), l'Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (ENGREF) et l'Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires (ENSIA). C'est une école d'ingénieur de premier rang dans les domaines des sciences et industries du vivant, de l'environnement et de l'alimentation. Le laboratoire est étroitement lié à l'ENGREF. Il est situé dans les mêmes locaux. Ainsi, les interactions entre le corps enseignant, les élèves et le personnel des deux structures sont nombreuses. Au sein d'AgroParisTech, le LEF appartient au département Sciences Economiques, Sociales et de Gestion (SESG). Ce dernier intègre des compétences de gestion, économie, droit, sociologie, géographie et science politique à des fins pédagogiques.

1.2. Missions et organisation du laboratoire

En France, le LEF est le seul laboratoire de recherche en économie consacré à l'étude de l'environnement et des ressources naturelles de la forêt et de la filière bois. Il a pour mission de développer et transférer des outils et des méthodes économiques pour améliorer la gestion des services écosystémiques liés à la forêt. Le projet scientifique du laboratoire, illustré en figure 1, s'organise autour de trois axes : l'économie de la multifonctionnalité, la modélisation du secteur forestier et l'observatoire économique de la forêt. Il mène des travaux de recherche, d'enseignement et d'expertise à visée de support à la décision publique.

Le stage que j'effectue s'intègre à l'axe « modélisation du secteur forestier ». Les travaux liés à cet axe ont pour objet de développer un modèle macroéconomique³ adapté à la filière bois française. Ces contributeurs travaillent actuellement à l'amélioration du French Forest Sector Model (FFSM), modèle bioéconomique utilisé pour simuler les impacts de politiques de régulation du changement climatique (CAURLA, 2012).

³ Un modèle macroéconomique est une représentation mathématique formalisée de phénomènes globaux et agrégés tels que le chômage, l'investissement, le niveau de prix d'un Etat ou d'une région. Ils s'opposent aux travaux microéconomiques qui étudient le comportement individuel de consommation et de production des agents économiques.



Figure 1: Projet scientifique 2013-2017/Source : LEF

L'équipe est composée d'un directeur, de 16 chercheurs ainsi que de 8 doctorants, 4 stagiaires et 2 gestionnaires. Chaque membre de l'équipe scientifique a un thème de recherche principal. Un organigramme de la structure est proposé en annexe C. Il définit des groupes de travail pour des projets de recherche. Ces groupes ne sont pas cloisonnés. Les chercheurs et les doctorants collaborent régulièrement de manière formelle ou informelle à des travaux transversaux.

Le LEF est situé au sein d'un pôle français de la forêt qui accueille sur un même lieu le Laboratoire d'Etude des Ressources Forêt Bois (LERFOB), l'Office National des Forêt (ONF) et L'ENGREF. Il collabore régulièrement avec des acteurs régionaux tels que l'université de Lorraine, la région Lorraine et diverses institutions publiques et privées. Il est également en contact avec des institutions publiques (ministère, collectivités territoriales, IGN...) et privées (Interprofessions, FCBA, CNPF...).

Sur le plan de la recherche, il travaille avec d'autres unités rattachées par exemple au CNRS ou au CIRAD. Il est également membre du laboratoire d'excellence Advanced Research on the Biology of Tree and Forest Ecosystems (ARBRE), établissement de coopération qui préfigure à la création de l'institut de la forêt et du bois. Au niveau international, le LEF fait partie, entre autres, du réseau Nancy-Freiburg-Zurich network.

Le laboratoire publie dans des revues environnementales, économiques et forestières. Par exemple, plusieurs articles figurent dans la *Revue Forestière Française*, *Ecological Economics*, *Journal of Forest Economics* et *Journal of Environmental Management*. Une sélection des publications figure en annexe D. Une liste exhaustive est disponible sur la plateforme de publication de l'INRA.⁴ Dans la période janvier 2011 – juin 2016, 88 articles ont été publiés dans des revues à comité de lecture, dont 42 dans des revues classées par le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Ces productions s'équilibrent entre travaux microéconomiques (71%) / macroéconomiques (29%) et entre travaux théoriques (17%) / empiriques (57%).⁵

⁴ Ils sont disponibles sur le site internet suivant : <http://www.prodinra.inra.fr>

⁵ Les 25% restant sont à la fois empirique et théorique

1.3.Fonctionnement administratif et matériel du laboratoire

En 2016, le budget de la structure est de 329 319 €. Il provient de dotations de l'INRA/AgroParisTech (23%), de financements de projets par l'Agence Nationale de la recherche (21%), de contrat d'expertises publiques (47%) et de diverses ressources propres (9%). Il est reparti entre les charges courantes de la structure et les besoins de fonctionnement et de recherche de l'équipe scientifique.

Du matériel de recherche est disponible pour l'ensemble du personnel de recherche. Le centre de documentation ouvert aux membres d'AgroParisTech est constitué d'un grand nombre de revues, articles et ouvrages. Il dispose d'un catalogue de prêt à distance qui permet de commander des ouvrages situés dans l'une des bibliothèques internes du centre AgroParisTech. Au laboratoire, une bibliothèque concentre les ouvrages papiers essentiels. Par ailleurs, un accès permet aux personnels de l'INRA de disposer de ressources numériques et de l'intranet de la structure dans les limites des droits convenues avec le laboratoire. De plus, des infrastructures et du matériel divers sont à disposition des chercheurs et stagiaires (véhicules, imprimantes, réseaux informatiques, ordinateurs, téléphones...).

Des réunions mensuelles et des comités de projet sont organisés entre les membres pour relayer les informations importantes et pour statuer sur les décisions concernant la vie scientifique et stratégique du laboratoire. Des outils sont mis en place pour améliorer la communication: agenda partagé, mailing listes et site internet du LEF. La pause-café quotidienne de 10h30 en salle commune participe également à la bonne communication du groupe.

Enfin, le laboratoire s'inscrit dans une logique de réseaux pour développer les partenariats et les échanges extérieurs. Ainsi, il participe régulièrement à des séminaires, des workshops, des conférences et des sorties de terrain. Cette année, le LEF était par exemple présent au meeting annuel de l'Association Française de Sciences Economiques et a organisé un workshop réunissant des chercheurs de différentes nationalités.

2. Description du sujet

L'intitulé du sujet de stage est « développement d'un outil d'évaluation des impacts économiques et environnementaux de scénarios d'aménagement de la filière bois : application au territoire du PNR des Ballons des Vosges ». Il s'inscrit dans le projet PSDR 4 « AFFORBALL » (voir infra) et dans une thématique résultant du récent rapprochement entre l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) territoriale développée dans l'unité ITAP de l'Institut de Recherche en Science et Technologie pour l'Environnement et l'Agriculture (IRSTEA) et la modélisation économique développée au LEF. Il a pour objectif de répondre à une demande croissante d'aide à la décision territoriale et intégrée dans un contexte de changements globaux.

2.1. Genèse et réalisation

Origine

A l'origine de ce projet, on retrouve deux chercheurs de disciplines différentes qui ont trouvé des complémentarités séduisantes pour l'amélioration respective de leurs travaux et la production d'un outil d'évaluation territoriale.

Sylvain Caurla, ingénieur de recherche au LEF et diplômé de l'AgroParisTech-ENGREF travaille depuis sa thèse sur la construction d'un modèle bioéconomique dynamique de la filière bois française. Le modèle FFSM (French Forest Sector Model) représente l'offre et le demande de produits bois à l'échelle de la région administrative française, en prenant en compte des caractéristiques biophysiques de la ressource dans un cadre modulaire et récursif. S'il est pertinent à une échelle nationale (CAURLA, 2012), il n'est pas adapté à des échelles territoriales infrarégionales. Hors coût de transport, niveaux de prix et caractéristiques principale de la ressource, la localisation des activités, le contexte territorial et les spécificités régionales de la filière ne sont pas explicités. Enfin, les interactions avec le territoire et les autres composantes du territoire ne sont pas représentées dans un tel modèle. Pour répondre à des problématiques environnementales et économiques liées à la filière bois à une échelle plus locale, le laboratoire a besoin d'une version « territorialisée » de ce modèle.

Eléonore Loiseau fait partie du laboratoire Environmental Life cycle and Sustainability Assessment (ELSA) basé au centre INRA de Montpellier⁶. Depuis sa thèse (LOISEAU, 2014), elle développe un cadre méthodologique pour adapter l'Analyse de Cycle de Vie⁷, utilisé majoritairement pour des filières de production, à un territoire. Elle souligne comme limite méthodologique l'absence de prise en compte des interactions avec les différentes échelles territoriales. De plus, la dynamique de l'outil d'ACV territorial repose seulement sur la comparaison de scénarios prospectifs consécutifs à un changement. L'outil ne peut donc pas rendre compte des effets environnementaux et économiques indirects d'une politique sur un territoire.

⁶ C'est un groupe de recherche consacré à l'Analyse de Cycle de Vie et à l'écologie industrielle. Il regroupe le CIRAD, l'Ecole des Mines d'Alès, l'INRA, l'IRSTEA et Montpellier SupAgro. Pour en savoir plus : <http://www1.montpellier.inra.fr/elsa/?lang=fr>

⁷ L'ACV est un outil d'évaluation environnementale qui quantifie les impacts directs d'un produit ou d'un service de sa fabrication à sa destruction.

L'ACV conséquentielle (ACV-C) apparaît alors comme une solution complémentaire aux deux projets scientifiques. C'est un outil qui intègre un modèle économique dynamique à une ACV pour rendre compte des effets indirects des changements dans un système de production, au-delà des effets directs physiques recensés dans une ACV classique (EARLES, 2012). Adaptée à un territoire, l'ACV-C permettrait d'améliorer l'intégration dynamique et territoriale de l'outil d'évaluation environnementale grâce à l'apport d'un modèle économique. Adaptée à la filière bois, il permettrait d'appliquer un modèle macro-économique à l'échelle d'un territoire relativement restreint.

L'opportunité PSDR4

Le programme PSDR 4 (comprendre *Pour et Sur le Développement Régional* génération 4) est un appel à projet de recherche national lancé en 2015. Il est porté par l'INRA et l'IRSTEA. Il est décliné en Lorraine et financé pour partie par la région. Il a pour objectif « d'analyser les dynamiques à l'œuvre sur les territoires en répondant aux enjeux actuels de développement agricole, territorial et régional et d'évolution des politiques publiques ». Le LEF, avec un consortium d'acteurs institutionnels, professionnels et de recherche a répondu en tant que responsable scientifique à l'appel avec le projet AFFORBALL « Adaptation de la filière forêt-bois du PNR du Ballon des Vosges dans un contexte de changements globaux ». Pour ce projet, 3 ans seront consacrés à la recherche et 1 an aux activités de valorisation.

2.2.Présentation du sujet

Le stage porte sur le développement d'un modèle pour l'évaluation intégrée d'une filière forêt bois sur un territoire. Après avoir défini la problématique, nous allons présenter succinctement le territoire d'étude, la filière bois et les outils de modélisation.

2.2.1. Problématique et cahier des charges

2.2.1.1. Problématique

Dans un contexte de globalisation, les territoires ruraux français souffrent d'une concurrence forte avec d'autres espaces. Les populations actives, les capitaux et la production tendent à se concentrer vers les pôles urbains et industriels. C'est le cas pour le territoire du massif Vosgien. Pour illustration, de nombreuses activités de la filière bois du PNR du Ballon des Vosges (et plus particulièrement ses scieries) disparaissent. De nombreux professionnels et représentants de la filière connaissent d'importantes difficultés économiques (baisse des commandes, réductions des marges, délocalisation de la production...). Ces difficultés ne sont pas liées à un problème de ressources forestières. La forêt du massif Vosgien s'accroît chaque année en volume.

Pour y faire face, les acteurs de la forêt optent pour des solutions de relocalisation et de diversification des modes de production et de consommation à l'échelle d'un territoire. Face à des changements économiques et environnementaux abruptes, le développement économique local pourrait être un facteur de résilience et de dynamisation de la filière bois.

Pour mesurer les effets d'un tel mouvement, les aménageurs et décideurs d'un territoire disposent, distinctement, d'outils d'évaluation environnementale (ACV, flux de matière, empreinte carbone...) et d'outil d'évaluation économique (modèles économiques, simulation de scénarios d'aménagement...). Il n'existe pas ou peu d'outils d'évaluation « hybrides » qui font la synthèse entre environnement et économique sur un territoire. Le développement d'un modèle économique spatialisé à l'échelle du PNRBV, couplé à un modèle d'ACV peut être un outil d'évaluation intégrée, multicritère et dynamique sur un territoire. L'apport attendu de ce stage est d'initier des réflexions et des propositions pour la mise en œuvre d'un tel outil, appliqué à la filière bois du PNR du ballon des Vosges.

Le stage a deux objectifs. Tout d'abord, il vise à trouver le type d'approche pour modéliser la filière bois en prenant compte à la fois des exigences du projet, de l'objet et des contraintes scientifiques. Il vise également à mieux comprendre le territoire d'étude et sa relation avec la filière.

2.2.1.2. Cahier des charges associé et évolution

Les grandes lignes du travail à réaliser sont inscrites dans un cahier de charges :

- Revue de littérature, découverte du modèle FFSM : 1,5 mois
- Récolte des données sur le terrain d'étude avec un autre stagiaire : 1,5 mois
- Développement de la structure théorique du modèle et, si le temps le permet application numérique au domaine d'étude : 2 mois
- Rédaction du rapport : 1 mois

Des évolutions majeures se sont dessinées sur toute la durée du stage. Tout d'abord, la construction d'une première version du modèle est rapidement apparue comme trop ambitieuse au vu de la quantité et de la direction du travail. La recherche s'est étendue à un nombre plus important de paradigmes de modélisation. De plus, la complexité de la filière et de son lien avec le territoire a été sous-estimée. Par conséquent, le temps imparti au développement de la structure théorique a été utilisé pour approfondir l'étude du territoire du PNRBV, de sa filière et des interactions entre filière et territoire. Des approches qualitatives se sont greffées petit à petit aux approches quantitatives.

2.2.2. Définitions des termes du sujet

2.2.2.1. La zone d'étude : le PNR du Ballon des Vosges

Le PNR du Ballon des Vosges se situe sur le quart nord-est de la France, à cheval entre les nouvelles régions Grand Est et Bourgogne Franche-Comté. En 2016, le PNRBV, d'une superficie de 2700 km², couvre 216 communes du département des Vosges (88), de Haute Saône (70), du territoire de Belfort (90) et du Haut-Rhin (68). C'est un des PNR français les plus densément peuplé. Il est au centre d'un réseau d'importantes villes portes indiquées sur la figure 2: Strasbourg, Belfort, Nancy, Colmar, Mulhouse et Epinal.

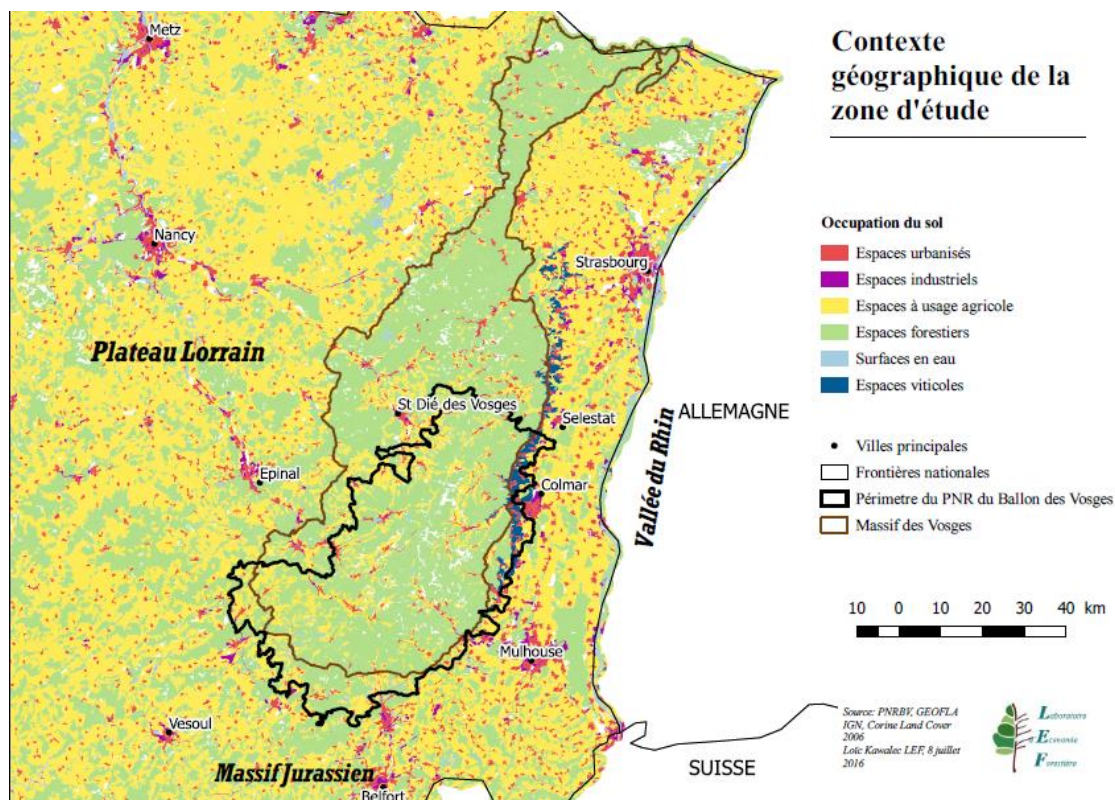


Figure 2: Contexte géographique du PNRBV

Le PNR du Ballon des Vosges a été créé en 1989 par le ministère de l'environnement. C'est le 25^{ème} Parc Naturel Régional de France. Il a pour ambition de garantir l'équilibre entre développement économique et protection de l'environnement sur la partie sud du massif Vosgien (BERGMILLER, 1995). Il présente des enjeux économiques, sociaux et environnementaux importants : désindustrialisation, forte activité forestière, tourisme alpin, espèces et espaces remarquables, exode rural.

C'est un territoire de moyenne montagne. La majeure partie de son périmètre se situe sur le massif des Vosges, comme le montre la figure 2. Il est traversé par la chaîne de montagne orientée Nord Sud, dont la ligne de crête sépare depuis 1871 le département vosgien et le département alsacien (IFN, 2012). La partie montagneuse supérieure à 500 m est appelée les Hautes Vosges. Elle découpe un ensemble de vallées alsaciennes sur son versant Est et vosgienne.

On distingue plusieurs zones qui ont des problématiques territoriales spécifiques. Elles sont distinguées en figure 3. Au sud-est de la zone d'étude, la partie francomtoise est caractérisée par un relief de type plateau. A

l'extrême nord-est, le piémont viticole Alsacien est très dense et à dominante agricole. Les Hautes Vosges abritent des milieux et des espèces remarquables dans une alternance de paysage de forêt d'altitude et de hautes chaumes⁸. Enfin, on peut distinguer les vallées Alsaciennes et les vallées Vosgiennes qui présentent des caractéristiques culturelles et sociales très différentes⁹.

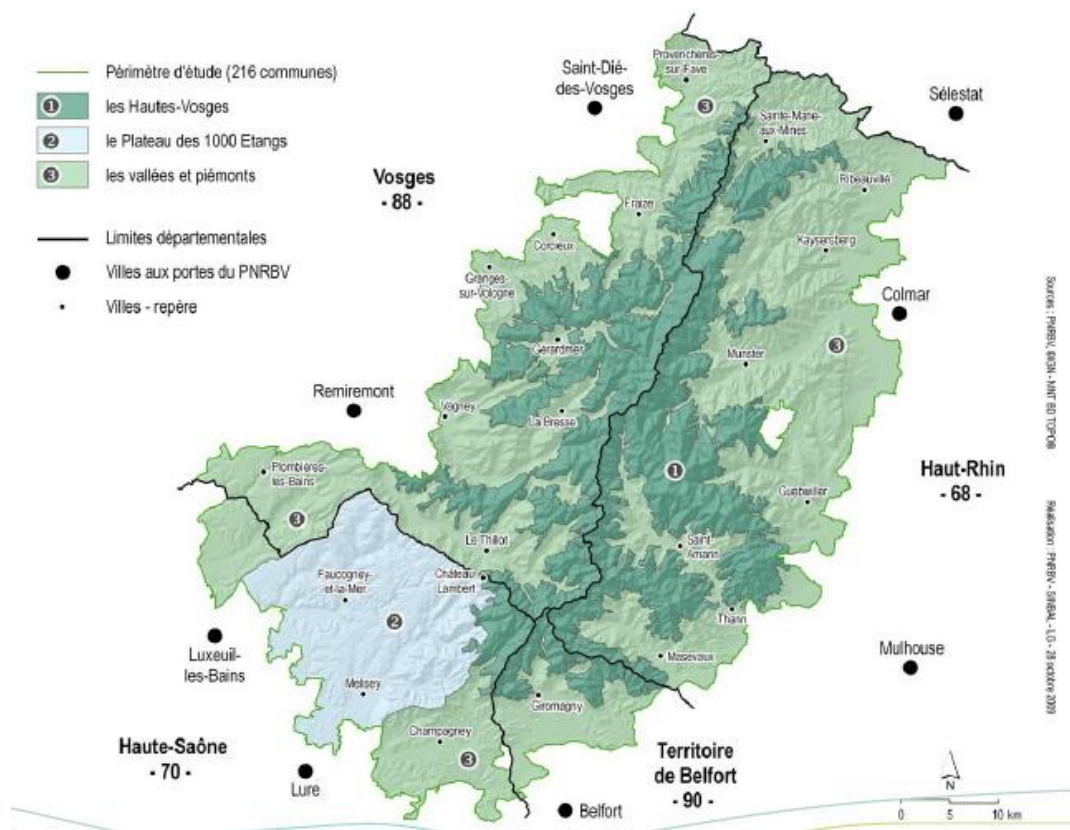


Figure 3: Organisation géographique du PNRBV/ Source: PNRBV

Le massif des Vosges est un espace forestier. Il correspond pour l'IFN à une sylvoécologie (SER), définie comme « la plus vaste zone géographique à l'intérieur de laquelle les facteurs déterminant la production forestière ou la répartition des grands types d'habitat forestier varient de façon homogène entre des valeurs précises ». Les essences dominantes de cette SER sont des résineux : le sapin et l'épicéa (JACAMON, 1979). Il y a une relation forte entre l'altitude et le type d'essence. La ressource feuillue est présente sur une altitude inférieure à 600 m. Au-delà, la ressource résineuse domine.¹⁰ La forêt recouvre 61% de la surface du PNRVB (contre 31% sur le territoire métropolitain) avec une majorité de résineux qui se concentre sur les départements des Vosges et du Haut Rhin. Il concentre aujourd'hui un nombre important d'activités liées au bois, de l'exploitation du bois à son usage. L'histoire du bois sur le massif vosgien n'est pas récente. Dès le XVI^{ème} siècle, les ressources forestières ont été massivement exploitées. La présence de nombreux cours d'eau avaient pour fonction de fournir de l'énergie aux scieries et de produire du papier (MULLER, 1995). L'identité forestière du PNRBV est donc marquée.

⁸ Les hautes chaumes sont des espaces de pelouses et de landes utilisés pour les pâturages estivaux. Elles sont généralement situées à plus de 1150 mètres d'altitudes.

⁹ D'après les propos recueillis lors d'un entretien avec Sacha Jung, directeur général de l'interprofession bois FIBOIS

¹⁰ Un rapport de 2011 de l'IGN sur les forêts de montagne indique une forte corrélation entre l'altitude et l'essence. 82% des feuillus se trouve à moins de 600 mètres d'altitude. En revanche, 54% des résineux se trouvent à plus de 600 mètres d'altitude.

2.2.2.2. La filière forêt bois

2.2.2.2.1. Définition

Il n'existe pas de définition communément acceptée de la filière bois. Elle est évolutive et dépend de l'angle de lecture pris. On retiendra ici, même si elle présente des limites¹¹, la version de l'INSEE qui adopte un point de vue économique : « l'ensemble des activités complémentaires qui concourent, d'amont en aval, à la réalisation d'un produit fini. La filière intègre en général plusieurs branches ». On entend donc par filière bois l'ensemble des activités complémentaires qui concourent à la réalisation de produits finis en bois. Comme indiqué sur la figure 4, on peut distinguer quatre branches classées de l'amont à l'aval de la filière (Société forestière de Franche Comté, 2002) :

- La production forestière
- L'exploitation forestière
- La première transformation
- La deuxième transformation

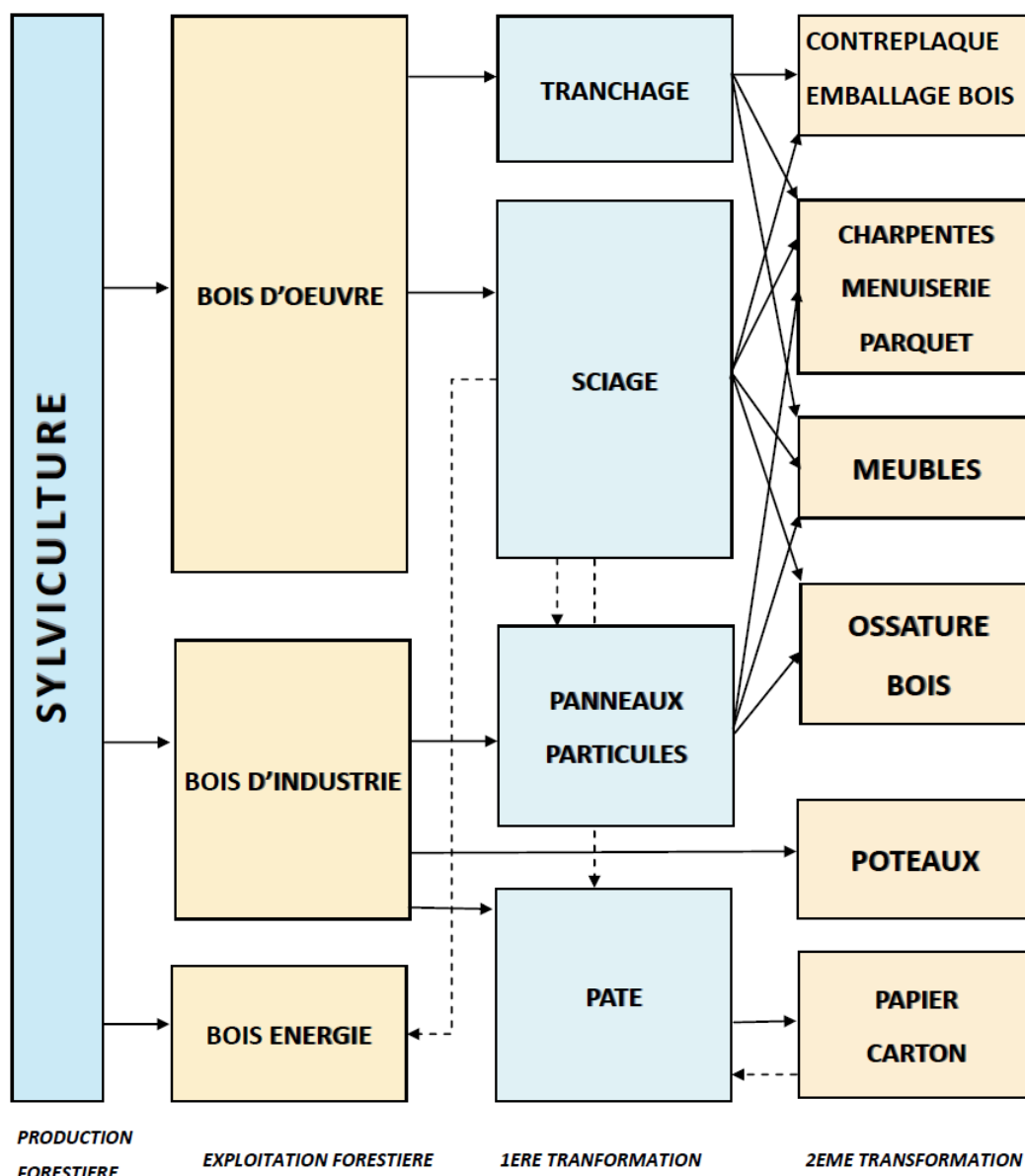


Figure 4: Représentation de la filière bois, d'après FCBA. Les flèches en pointillé représentent les flux de déchets.

¹¹ Ce point sera développé ultérieurement

Le périmètre de notre étude comprend les activités de première et de deuxième transformation. La première transformation désigne les activités qui transforment la matière première issue de l'exploitation forestière*¹². Elle regroupe les scieries, les entreprises de tranchage et déroulage, les entreprises de panneaux, de fabrication de pâte à papier et de production de plaquette forestière* et bois énergie*. La deuxième transformation comprend les activités qui transforment des produits intermédiaires bois en produit finis. Elle regroupe les industries de construction, d'emballage, de charpente, de meuble et de tonnellerie. L'annexe E présente la délimitation des activités de la filière selon l'INSEE.

2.2.2.2.2. Les différents usages du bois, de la forêt à l'industrie

Comme indiqué sur la figure 4, les activités sont organisées en fonction des usages du bois. Le bois d'œuvre* comprend les grumes* qui présentent des caractéristiques suffisantes pour être sciées, tranchées ou déroulées pour en faire des produits massifs (charpentes, meuble, poutre construction...). Le bois d'industrie regroupe la ressource récoltée qui ne remplit pas les conditions qualitatives pour être utilisée comme bois d'œuvre à cause de sa dimension, de ses imperfections ou de ses irrégularités. Les bois d'industrie sont broyés, déchiquetés et triturés* (PRUDHOMMEAUX & LE CORROLER, 1996). Il s'agit souvent de bois d'éclaircies* et de branchages. En France, 99% du volume de bois industrie est utilisé par les industries de panneaux* et de papier (Société forestière de franche comté, 2002). Enfin, le bois énergie rassemble tous les bois destinés à produire de l'énergie sous forme de chaleur ou d'électricité. Il y a donc un lien originel entre la ressource et les activités. L'annexe F présente ce lien plus en détail.

2.2.2.2.3. Contexte de la filière bois en France et dans le Grand Est

La forêt française est en superficie la quatrième forêt d'Europe, derrière la Suède, la Finlande et l'Espagne. Elle est très morcelée. Les trois quarts appartiennent à des propriétaires privés (FCBA, 2015). La situation varie selon les régions. La forêt privée représente respectivement 26%, 39% et 50% de la surface forestière en Alsace, Lorraine et Franche Comté (LENGLET, 2015). La production biologique annuelle française s'élève à 86 millions de m³ de bois fort tige alors que seulement la moitié est prélevée. Par conséquent, la forêt s'accroît en volume. Entre 2005 et 2011, le bois d'œuvre représente 36% de la récolte, le bois de chauffage 37% et le bois d'industrie 21%. Dans la région Grand Est, entre 2009 et 2013, le bois d'œuvre représente 38% de la récolte, le bois de chauffage 41% et le bois d'industrie 21% (LENGLET, 2015). Alors que l'essence est largement minoritaire sur la zone d'étude, le bois résineux* est largement privilégié par les professionnels de la filière. Il représente 74% du bois d'œuvre récolté et 62% du bois d'industrie. La grande majorité du bois énergie consommé n'entre pas dans des circuits de commercialisation.

En 2010, le cœur de la filière bois emploie 222 173 salariés pour un chiffre d'affaire de 37 milliard d'euros. Cela représente environ 2% du PIB français. L'effectif salarié augmente de 253 924 unités si on prend en compte les

¹² Les termes suivis d'un astérisque sont définis en annexe G

secteurs qui dépendent partiellement du bois¹³ (transport, construction bois, équipements pour l'exploitation forestière...). Malgré ce poids économique, la filière bois accuse en 2014 un déficit commercial de 5,7 milliards d'euros. Il s'explique par l'exportation de bois rond* à faible valeur ajoutée et par l'importation massive de produits finis. Dans les régions Alsace, Franche Comté et Lorraine, la filière emploie environ 53 400 salariés pour un chiffre d'affaire proche de 10 milliard d'euros (LENGLET, 2015). Elle occupe une place prépondérante dans l'emploi du milieu rural de ces régions.

En 2014, le gouvernement lance le Comité Stratégique de Filière (CSF) bois. Il élabore une stratégie à long terme pour développer les usages du bois. En avril 2016, le CSF a remis un plan innovation recherche à l'horizon 2025 qui s'articule autour de trois priorités : Adapter la forêt et préparer la ressource forestière du futur, développer l'usage du bois en renforçant la compétitivité industrielle, accroître les performances du secteur.

A l'échelle du massif des Vosges, un comité de massif, créé suite à la loi du 25 février 2005 relative au développement des territoires ruraux, porte un schéma interrégional à l'horizon 2020. Pour la filière bois, les deux axes principaux sont le développement du bois énergie (sans basculement de la hiérarchie des usages) et l'augmentation de la coopération entre les acteurs de la filière pour améliorer valorisation des produits bois. A l'échelle du PNRBV, la charte met l'accent sur la biodiversité forestière, le développement des filières locales proches de la ressource et l'accompagnement de la filière écoconstruction. Il y a très peu d'actions engagées et de politiques concrètes aussi bien au niveau du massif et qu'au niveau du PNRBV. Il y a un déficit d'actions et de connaissances de la forêt dans les Vosges, malgré une ressource abondante et une filière ancrée sur le territoire.¹⁴

2.2.2.3. La modélisation

On prête de multiples sens et usages à la notion de modèle. Communément, on le définit en utilisant les termes « référence », « mesure », « conformisme » ou « représentation ». La modélisation est l'action de créer un modèle. Dans le cadre scientifique, son usage est très récent. Elle date, selon Suzanne Bachelard, du début du XXème (LE MOIGNE, 1987). Pourtant, force est de constater qu'elle la modélisation est aujourd'hui utilisée par de nombreuses disciplines, de la géographie aux mathématiques en passant par l'écologie ou l'économie.

Alain Rey définit le modèle comme un « système représentant les structures essentielles d'une réalité » (BRUNET, 2000). Dans le cadre de ce travail, nous envisagerons le modèle comme un instrument de recherche. Il crée de la connaissance. On retiendra de préférence la définition qu'en donne Jean Louis Le Moigne. Pour ce chercheur, le modèle est une « production intelligible de représentations opératoires par le modélisateur-acteur » (LE MOIGNE, 1987).

En économie, la plupart des modèles sont exprimés par un ensemble de relations sous formes d'équations et d'inégalités dans le but de décrire des phénomènes économiques. Il en existe une grande diversité : les modèles microéconomiques, économétriques, macroéconomiques, de théorie des jeux...Ils sont de nature empirique ou analytique.

¹³ Voir annexe E.

¹⁴ Il est souligné, à la partie « diagnostic stratégique 2006 » du schéma interrégional du Massif des Vosges, une « sous programmation » des actions en faveur de la filière bois. A l'échelle du PNR, Claude Michel, en charge des questions forestière au syndicat reconnaît la faiblesse des actions sur la filière par rapport aux enjeux qu'elle porte.

3. Méthodologie

La démarche est essentiellement exploratoire. Après avoir défini les termes de l'étude, il s'agit d'évaluer la pertinence d'une palette d'outils de modélisation pour la construction de notre modèle.

3.1. La démarche d'analyse

Le travail se déroule en trois phases. La première phase est une étude théorique de modélisation d'une filière. Elle a pour ambition de parcourir les modèles qui peuvent être mobilisés pour construire un outil d'évaluation territorial d'une filière bois. La seconde porte sur l'étude territoriale de la filière bois. L'objectif est de connaître les spécificités, les propriétés et le contexte de la filière bois sur le Parc Naturel du Ballon des Vosges. Enfin, la troisième et dernière phase synthétise les résultats des deux précédentes pour répondre à la question initiale : dans une optique de développement d'un outil d'évaluation territorial intégré, comment modéliser la filière bois du Parc Naturel Régional du Ballon des Vosges ? La figure 5 résume les grandes phases (notées A, B et C) de cette démarche analytique et précise les étapes intermédiaires (notées de 1 à 7).

La phase A est essentiellement théorique. Elle s'appuie sur un travail de recherche bibliographique. Des travaux de divers champs disciplinaires ont été consultés pour répondre à la question. Pour commencer, nous nous sommes appuyés sur un schéma classique de la filière bois (1). Ne connaissant pas la filière a priori, on fait l'hypothèse qu'elle est semblable à celle représentée dans ces schémas. Elle est représentée sous la forme d'une chaîne productive de valeur. Pour passer à l'étape de modélisation, nous sommes passés par un intermédiaire conceptuel qui a pour objectif de formaliser les propriétés de la filière (2). Nous avons prouvé que la filière bois est un « système complexe ». Le concept de « système complexe » est un guide méthodologique de compréhension de la filière. Il fait le lien entre l'objet et les modèles. Trois familles d'outils permettent de modéliser des systèmes complexes : les modèles multi-agents (ABM), les modèles de dynamique des systèmes (SD) et les modèles d'équilibre général calculable (MEGC). Ils respectent tous les exigences du projet. Après cette phase, il est paru nécessaire de mieux connaître notre objet d'étude et son contexte territorial.

La phase B est donc une phase tournée vers le terrain. L'objectif principal est de confronter les schémas de filières théoriques à la situation actuelle sur le PNRBV (4). On veut étudier les spécificités de la filière. Il s'appuie sur des méthodes issues des sciences humaines et sociales : entretiens semi-directifs, analyse de données spatiales, études territoriales, bibliographies techniques et tableaux synoptiques. L'étude du contexte et de la structure de la filière permet en parallèle, puisqu'elle utilise les mêmes outils, de fournir des données pour la construction du futur modèle et de guider la constitution de scénarios (5).

La phase finale consiste à étudier les résultats de l'étude de la filière bois sous l'angle de la modélisation (6) grâce à une méthode de sélection. Elle a pour objectif de proposer des recommandations pour la construction du modèle. Elle va permettre d'identifier les points importants qui se dégagent de l'étude de la filière et de la modélisation pour le projet de construction de l'outil d'évaluation.

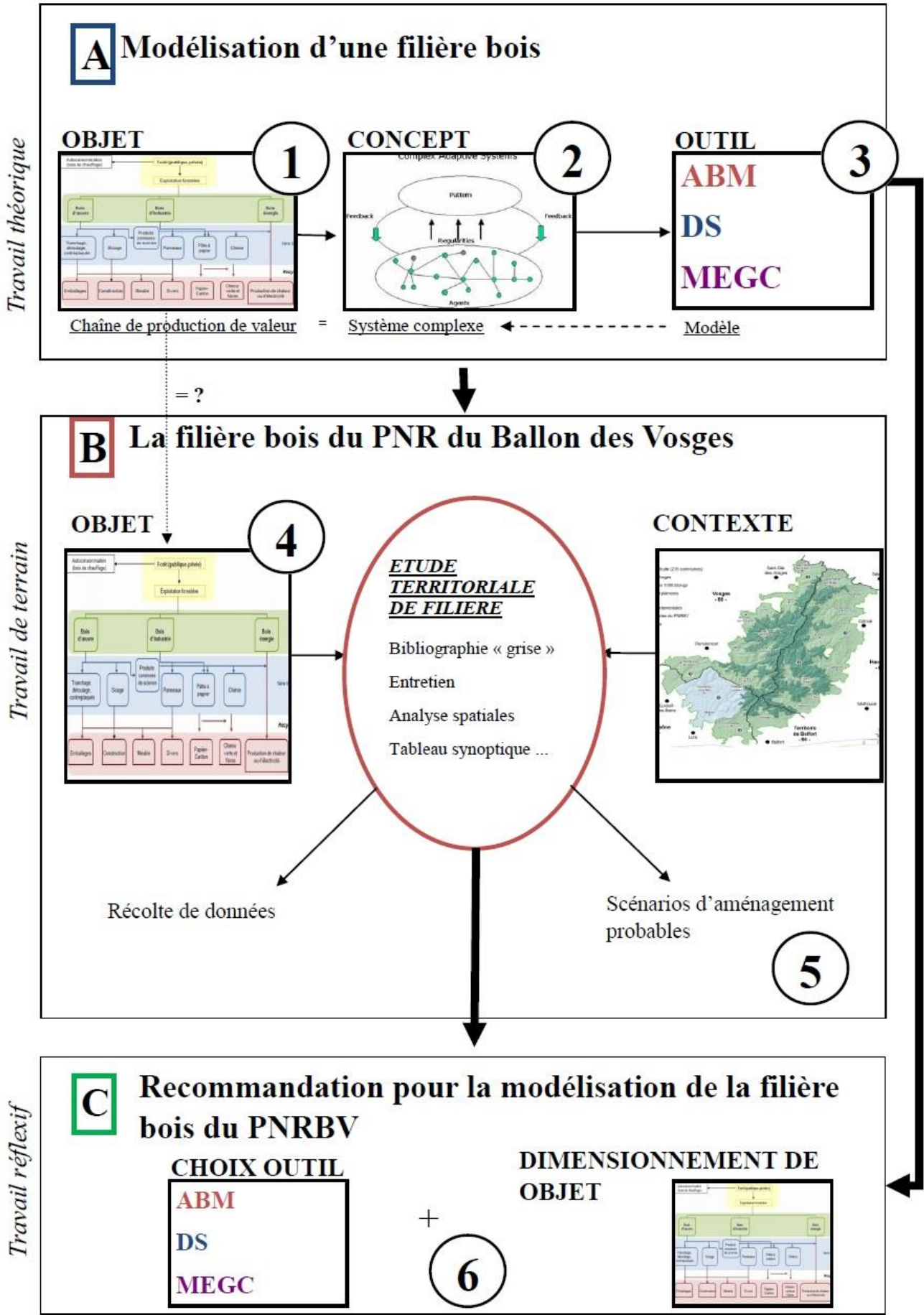


Figure 5: Les trois phases A, B et C de la démarche d'analyse. Les numéros renvoient au texte du paragraphe 4.1

3.2.Méthodes et outils

La mission a nécessité deux phases méthodologiques. Elles ont un point en commun. Elles sont exploratoires, c'est-à-dire qu'elles les méthodes et les outils employés n'ont pas été forcement définis à priori. Pour rappel, la première porte sur l'étude de la modélisation des systèmes complexes et son application à une filière productive. La deuxième porte sur l'étude de la filière bois du PNR du Ballon des Vosges.

3.2.1. La modélisation des systèmes complexes

L'étude de la modélisation est une phase théorique qui nécessite une revue de littérature. Le point de départ de l'étude a consisté à étudier les références bibliographiques fournies par la structure. Puis, la recherche s'est déroulée de manière exploratoire « de proche en proche » soit à l'aide des références bibliographiques présentes dans les articles, soit à l'aide de nouveaux concepts de recherche. Ainsi, de nombreuses notions ont été étudiées : viabilité, écologie industrielle, économie de la proximité, ACV, systèmes complexes. Des notes de lecture ont été produites pour les articles de référence, avec parfois des perspectives de recherche. L'ensemble des articles et ouvrages ont été archivés, accompagnés des notes associées.

Cette phase a abouti à la proposition d'un état des lieux des outils de la modélisation adaptés à la filière bois du PNRBV. Un outil de synthèse a été envisagé pour permettre la sélection du modèle. Il est de forme matricielle, inspiré d'un travail de l'Institut du Développement Durable (IDD) (BOULANGER & BRECHET, 2003). Un tableau présente les modèles sélectionnés et leurs caractéristiques principales. Un autre tableau présente les critères d'évaluation du modèle (cohérence avec les objectifs du projet, propriétés de la filière bois...) et les caractéristiques des modèles associés. Le croisement de ces deux tableaux permet de construire une matrice d'évaluation des modèles par rapport au projet de construction d'un outil d'évaluation du territoire.

Le travail relatif à la modélisation s'est donc déroulé en 5 étapes :

- A- Définition et problématique
- B- Sélection et présentation des modèles
- C- Matrice d'évaluation
- D- Choix du modèle
- E- Conclusion et perspectives

3.2.2. La connaissance de la filière bois sur le PNRBV

Des outils de nature quantitatifs et qualitatifs sont utilisés lors de la phase de terrain. L'objectif est de multiplier les regards sur la filière bois sur le PNRBV des Vosges¹⁵. Les méthodes de nature quantitative sont (i) la recherche de données et (ii) la création de données à l'aide d'un Système d'Information Géographique. Elles permettent de récolter des données chiffrées sur la filière pour, notamment, la phase de calibrage du modèle.¹⁶ Les méthodes de nature qualitative sont (iii) les entretiens, (iv) l'analyse de réseau, (v) le diagnostic territorial de filière par analyse spatiale et (vi) le tableau synoptique de filière. On se propose de décrire succinctement les outils et méthodes mentionnés ci-dessus.

(i) Recherche de données

Plusieurs sources fournissent des informations sur la filière bois et son environnement. Les enquêtes de branches et les campagnes INSEE intitulées « Connaissance Locale de l'Appareil Productif » (CLAP) donnent des informations précises, à l'échelle de la commune, sur les activités de la filière. Des observatoires économiques départementaux et régionaux sont présents sur le territoire. Enfin, l'Inventaire Forestier National (IFN) regroupe des données relatives à la forêt et à la ressource bois. Trois ouvrages majeurs synthétisent ces données¹⁷, mais à des échelles spatiales trop grandes pour notre étude. Toutefois, l'équipe du PNRBV a été contactée pour recueillir des données à l'échelle du Parc.

(ii) La création de donnée à l'aide d'un Système d'Information Géographique

Pour construire de l'information à l'échelle du PNR du Ballon des Vosges, on utilise des méthodes d'analyse spatiale à l'aide d'un logiciel de SIG¹⁸. Elles vont permettre de spatialiser l'information non géographique, de la découper ou de l'agréger aux périmètres du PNR du Ballon des Vosges. Par exemple, l'INSEE fournit les nombres de salariés et le nombre d'entreprises par secteur d'activité à l'échelle de la commune. Les techniques d'analyse spatiale permettent de connaître le nombre de salariés et d'entreprises bois sur le PNRBV. Les techniques et méthodes SIG sont décrites sur un manuel d'utilisation du logiciel QGIS.

L'ensemble des données utilisées au cours du stage sont résumées en annexe I.

¹⁵ Un extrait du discours de Jean Marie Legay portant sur l'expérience et le modèle semble justifier l'usage de plusieurs types d'outils : « Ce que je vous propose de retenir à ce point de mon discours, c'est qu'en face de sujets acceptés comme complexes, il est légitime de placer un dispositif de recherche de niveau de complexité équivalent aussi bien au plan de l'instrumentation physique que de la méthodologie et par conséquent des modèles » (LEGAY, 1996)

¹⁶ Calibrer le modèle consiste à donner des valeurs fixes aux paramètres du modèle et des valeurs initiales à ses variables

¹⁷ Il s'agit du Memento FCBA 2015 (FCBA, 2015), de « la forêt et les industries bois » de la SSP (Service de la statistique et de la prospective, 2013) et de « l'industrie du bois » par le SESSI (PRUDHOMMEAUX & LE CORROLER, 1996).

¹⁸ Le logiciel libre QGIS 2.14.1

(iii) *Les entretiens*

Deux échantillons sont constitués pour conduire des entretiens exploratoires semi-directifs: 4 professionnels de la filière et 3 représentants des interprofessions bois. Pour chaque cible, un guide d'entretien sommaire, accompagné d'une carte de la zone d'étude ont été construits. Pour les premiers, la discussion est centrée sur leurs activités, leurs liens avec la ressource du massif et plus généralement avec le territoire. Pour les seconds, la discussion porte sur la filière dans son ensemble et les éventuelles spécialisations géographiques au sein du PNRBV (par exemple les différences entre les zones de montagne et les zones de plaine, ou entre la partie Vosgienne et Alsacienne). Pour chaque entretien, une synthèse et des notes de travail sont rédigées (en annexe J). La méthodologie est issue de l'ouvrage « L'enquête et ses méthodes : l'entretien » de Alain Blanchet et Anne Gotman (BLANCHET & GOTMAN, 2007). La liste des personnes rencontrées se trouve en annexe A.

(iv) *Spatialisation des réseaux*

L'analyse de réseau est conduite par Guillaume Hellot à partir des entretiens à l'aide du logiciel Gephi©. Il permet de représenter graphiquement les liens professionnels entre les acteurs de la filière bois sur le PNR. A l'aide d'un logiciel SIG, la spatialisation du réseau a permis d'analyser visuellement la localisation des activités et les logiques de réseaux des acteurs rencontrés (voir annexe R).

(v) *Le diagnostic territorial de filière par analyse spatiale et cartographique*

Les informations spatialisées peuvent être cartographiées à l'aide de logiciels SIG. La représentation cartographique des données récoltées ou créées suivent des règles de sémiologie graphiques¹⁹ mises en place en 1967 par Jacques Bertin (BERTIN, 1999). Elles permettent d'adapter la symbolique de la carte pour permettre une transmission claire et rapide de l'information. Elles sont donc indispensables pour l'étude de la filière bois à l'échelle du PNRBV. Une synthèse rapide de ces règles de représentation est proposée en annexe K.

(vi) *Le tableau synoptique de la filière*

Le tableau synoptique de la filière est un outil de synthèse qui a pour objectif de décrire, de manière plus complexe qu'un schéma linéaire, plusieurs aspects de la filière bois sur le PNRBV. Il est construit à partir des résultats de l'étude. En substance, il propose une typologie des acteurs de la filière. Ils sont discriminés en ligne en fonction de leur taille (artisanale, semi-industrielle et industrielle). En colonne, ils sont séparés en fonction des activités de la filière (de l'amont à l'aval). A cette classification, plusieurs informations sont ajoutées successivement. Tout d'abord, on ajoute les caractéristiques de chaque classe (formes d'organisation, propriétés, localisation approximative, exemples sur la zone d'étude...). Ensuite, on l'enrichit avec des informations relationnelles (échanges entre classes, échanges avec l'extérieur, relations entre activités). Une esquisse du tableau synoptique est présentée en annexe L.

¹⁹ Ce sont un ensemble standardisé de règles de représentation graphique pour permettre une transmission claire et juste de l'information spatiale.

4. Résultats

On se propose de répondre à la question suivante : pour la construction d'un outil d'évaluation territorial multicritère, comment modéliser la filière bois du PNRBV ? On présentera une partie de la réponse en trois étapes, conformes à celles de la démarche d'analyse. Tout d'abord, nous montrerons que les outils qui modélisent des systèmes complexes sont ceux qui peuvent modéliser une filière bois. Puis, nous montrerons que les spécificités structurelles et spatiales de la filière bois sur le PNRBV doivent être prises en compte dans le dimensionnement du modèle. Enfin, nous concluons sur des recommandations générales pour la suite de la modélisation. Une synthèse de l'ensemble des résultats est disponible en annexe M.

4.1. La modélisation des systèmes complexes

La filière bois est un système complexe. Trois types de modèle sont capables de représenter un système complexe et respectent les exigences du projet.

4.1.1. La filière comme système complexe territorial

Pour faire le lien entre le modèle et la filière, on utilise le concept de système complexe. Pour le Réseau National des Systèmes Complexes, un système complexe est « en général, un système composé d'un grand nombre d'entités hétérogènes, parmi lesquelles les interactions locales créent plusieurs niveaux de structure collective et d'organisation ».

Une question se pose. A-t-on à faire à un système complexe ? Pour Edgar Morin, la multi-dimensionnalité des sciences humaines, qui se retrouve au cœur même des phénomènes économiques et territoriaux justifient à elle seule l'usage de la complexité (MORIN, 1990). On peut faire également une lecture territoriale de la complexité. Le territoire présente toutes les propriétés systémiques de la complexité (VOIRON & CHERY, 2005).

On peut aller plus loin. Pour la filière bois, on distingue deux niveaux de complexité. Le niveau micro ou structurel agit au niveau des individus qui composent le système. Au contraire, le niveau macro agit au niveau du système entier (BEHDANI, 2012). La complexité est abordée selon ces deux regards complémentaires. En annexe N, on montre que la filière bois remplit toutes les caractéristiques propres à ces deux niveaux.

Si la filière bois est un système complexe et adaptatif, il est nécessaire de le modéliser comme tel. Pour Robert Costanza, les méthodes analytiques (ou d'optimisation)²⁰ utilisées en économie ne sont pas adaptées à la résolution des problèmes complexes. En cherchant à simplifier le système, ils contribuent à les compliquer ou à rendre les outils de résolution faux (COSTANZA, WAINGER, FOLKE, & MALER, 1993). En revanche, les modèles systémiques (ou de simulations) permettent de le rendre intelligible (LE MOIGNE, 1999). Le cœur du travail de modélisation des systèmes complexes n'est pas de résoudre le problème mais de le poser.

Quels outils de modélisation se revendiquent des systèmes complexes ? Quelles sont leurs caractéristiques ?

²⁰ Dans les modèles analytiques, le résultat dépend de manière fonctionnelle des inputs. Les modèles de simulation fonctionnent comme un ensemble de règles qui définissent la manière dont le système change. (BORSHEV & FILIPPOV, 2004)

4.1.2. Comparaison des différents paradigmes de modélisation

Pour modéliser les systèmes complexes (donc la filière bois sur le PNRBV), trois paradigmes de modélisation sont comparés : les modèles de dynamique de système (SD), les modèles d'équilibre général calculable (MEGC), et les modèles multi-agents (ABM). Ils ont été choisis parmi 6 familles de modèle présentés dans un rapport de l'Institut du Développement Durable (BOULANGER & BRECHET, 2003)²¹. Ils respectent tous les trois les exigences du projet :

- Intégration à un outil d'évaluation environnementale type ACV (Annexe O)
- Potentiel de spatialisation des activités
- Applicables aux systèmes productifs

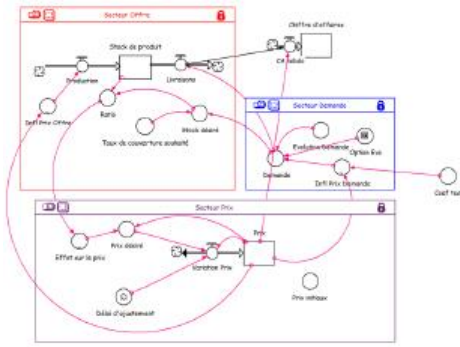
Les modèles de dynamique des systèmes représentent de manière dynamique les éléments d'un système et leurs interactions en termes de flux et de stock (GACOGNE, 2006). Ces éléments sont des variables de toute nature (prix, individus, quantité de carbone...) dont le comportement dépend de celle des autres variables. Ce sont des modèles de simulation qui servent à appréhender le comportement global d'un système. Ils permettent de rendre compte de phénomènes complexes des systèmes : délai, rétroactions, effets de seuil... (STERMAN, 2002)

Les MEGC sont des modèles purement économiques qui représentent l'ensemble des flux entre les activités d'une économie grâce à une matrice de comptabilité sociale. Ils y intègrent un modèle d'équilibre général dit Walrasien qui explique la dynamique d'échange et de formation des agrégats économiques. Il s'appuie sur les comportements individuels des agents économiques d'une zone donnée pour déterminer les quantités et les offres optimales dans la confrontation entre demande et offre d'un produit. Il représente donc un système économique fixe, dans son ensemble et constitué d'agents économiques (consommateurs, producteurs et l'Etat). Ils sont en interaction dans un environnement économique qui se résume à des biens et des prix. Ce sont des modèles d'optimisation.

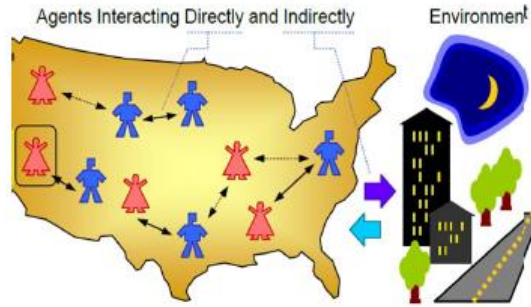
Les deux modèles précédents ont pour objet un système dans son ensemble. Les MEGC repose sur la structure du modèle, tandis ce que les SD reposent sur ses fonctions (ABOSSOU, 2007). Les modèles multi-agents (agent-based modeling ABM en anglais) ont une approche centrée sur le comportement des individus. Les ABM représentent un ensemble d'individus hétérogènes et autonomes dans un environnement possédant des propriétés. Chaque individu a lui-même des propriétés et des règles d'interaction (SCHIERITZ & MILLING, 2003). Les ABM sont des modèles de simulation de phénomènes complexes qui reposent seulement sur les décisions des agents. Celles-ci se basent sur leur environnement et sur le comportement des autres individus. La structure du système n'est pas définie a priori, elle résulte donc du comportement individuel des agents.

La figure 6 propose des illustrations de la conceptualisation d'un système par les trois types de modèle. Ils ont chacun une approche différente du système qu'ils modélisent. Le tableau 2 propose une synthèse de certaines de leurs propriétés fondamentales. L'annexe P donne des précisions épistémologiques sur ces trois modèles.

²¹ Les trois autres modèles sont les modèles de réseaux Bayésiens, d'optimisation centralisée et les modèles macroéconomiques



DS: Un système fermé de flux et de stock



ABM: Des individus interagissent ensemble et avec leur environnement

	Activités	Biens	Facteurs	Institutions	Reste du monde
Activités		Production au prix producteur		Subventions	
Biens	Conso. Intermédiaires			Conso. finales +subventions	Exportations FOB
Facteurs	Valeur ajoutée				Rémun. des facteurs ext. utilisés dom.
Institutions	Taxes	Taxes	Rémunération des dotations	Transferts	Transferts
Reste du monde		Importations CAF	Rémun. des facteurs dom. utilisés à l'ext.	Transferts	

MEGC: Fonctionnement d'une économie dans son ensemble

Figure 6: Illustration de la démarche de conceptualisation des systèmes par les trois modèles présentés/ Source : (RIGUELLE, 2009) ; (BORSHEV & FILIPPOV, 2004) ; (PIET, 2002)

Tableau 1: Les caractéristiques des modèles sélectionnés

	ABM	SD	MEGC
Nature de l'outil	Simulation	Simulation	Optimisation/Simulation
Prise en compte du temps	Dynamique	Dynamique	Statique/dynamique récursive
Nature des phénomènes	Non linéaire	Non linéaire	Linéaire
Niveau d'agrégation	Désagrégé	Agrégé	Agrégé
Démarche	Bottom-up :	Top-down	Top-down
Composantes fondamentales	Agents	Feedbacks	Agent représentatif et critère d'optimalité
Progression temporelle	Discret	Continu	Discret
Origine des dynamiques	Evènements qui modifient le comportement des agents	Niveau de stock par une dynamique endogène du système	Comportement économique sensible aux paramètres
Niveau de modélisation	Micro	Macro	Macro
Résultat	Décision des agents : localisation, occupation du sol. Variable qualitatives et quantitatives	Evolution de l'ensemble du système	Etat d'un secteur d'activité par rapport à une variable
Type de problématique	Questionnement spécifique	Evaluation d'un système	Evaluation économique
Objet représenté	Un système d'acteurs dans un environnement	Un système dans son ensemble	Tous les secteurs de l'économie

4.2. La filière bois sur le PNRBV : les éléments à prendre en compte pour la modélisation

La filière bois a un degré de complexité tel qu'il est nécessaire d'utiliser un outil de modélisation ayant pour objet les systèmes complexes. Dans cette partie, nous entamerons des réflexions sur le dimensionnement de l'outil. Par dimensionnement, on entend son périmètre (4.2.2.) et sa structure (4.2.3.). Pour cela, on s'appuiera sur les caractéristiques (4.2.1.) qui se dégagent de l'étude de la filière sur le PNRBV. Nous verrons que chaque famille de modèle a une approche sensiblement différente.

4.2.1. Quelques caractéristiques de la filière bois sur le Parc Naturel Régional

La filière bois du PNR est située sur un carrefour commercial, entre les pays nordiques, l'Allemagne, La région parisienne, la Belgique, le Luxembourg et les Pays Bas. Comme indiqué sur la figure 7, elle est en concurrence avec le massif du Morvan, du Jura et de la Forêt Noire. La filière bois du PNR est à dominante artisanale. Néanmoins, elle est au centre d'un pôle industriel du bois (industrie du papier, panneaux, emballages...).

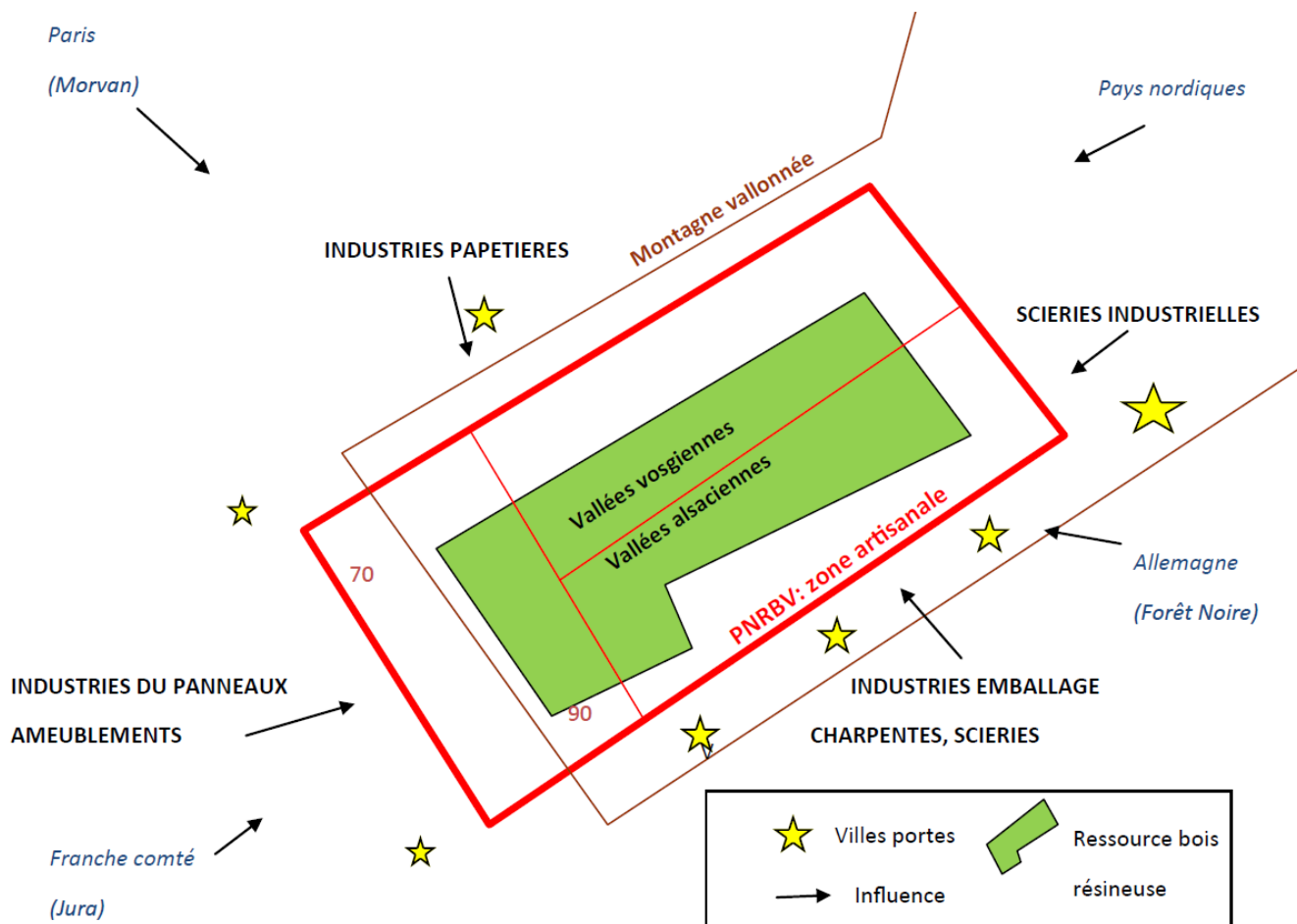


Figure 7: Contexte économique de la filière bois du PNRBV

De son étude, on peut dégager quelques grandes caractéristiques structurelles de la filière sur le PNRBV, ainsi que quelques éléments de contexte. Ils sont résumés dans le tableau 2 ci-dessous. Pour plus d'information, consulter les annexes Q, M et J.

Tableau 2: Structures et contexte de la filière PNRBV

Structure	Contexte
Des zones spécialisées au sein du PNRBV	Territoire de montagne vallonnée
Une grande hétérogénéité des acteurs	Essence sapin/épicéa dominante
Une grande diversité d'acteurs	Ressource résineuse « gros bois »
Faible coopération entre acteurs	Espaces remarquables
Absence de circuit court	Diminution de l'activité artisanale
Prédominance de l'activité de négoce	Carrefour commercial et position centrale sur le marché
Activité à dominante artisanale	Tensions entre l'aval et l'amont de la filière
Scieries occupant une place centrale	Appareils de production non adaptés à la demande industrielle

Ces éléments sont indispensables à prendre en compte pour la construction de l'outil. Quelles sont les conséquences en termes de modélisation ? Quels modèles sont les plus adaptés ? Dans les paragraphes qui suivent, on présentera quelques éléments de réponses.

4.2.2. Le périmètre du modèle

La filière est étudiée sur le périmètre du PNRBV. C'est un choix circonstanciel. On peut se demander s'il est pertinent. On s'intéresse d'abord à l'activité des acteurs rencontrés. Une analyse spatiale de leurs réseaux montre que la majorité d'entre eux dépassent les frontières de la zone d'étude. A part pour quelques marchés artisanaux de niches, il n'y a pas de filière bois complète, de l'aval à l'amont, sur le PNRBV. Une représentation graphique des réseaux se trouve en annexe R, avec une sélection de cartes produites au cours du stage.

Comme le montre la figure 7, il y a des influences extérieures fortes et différenciées selon les zones du massif. Les grandes industries qui ont du poids sur la filière (volume important, capacités à influencer les prix...) sont à l'extérieur du PNR. Il est donc nécessaire de représenter distinctement les différentes zones qui influent sur la filière bois du Parc. De plus, on observe qu'il n'y a pas de concentration particulière des emplois bois sur le PNR. L'emploi du cœur de la filière bois (sylviculture, travail du bois et papier) est dense sur les départements de la zone d'étude, mais n'est pas particulièrement concentré sur le Parc. En 2013, 16 % des salariés et 23% des établissements bois des départements limitrophes au Parc sont situés au sein du périmètre d'étude qui représente 16% de la surface totale.

Plusieurs autres éléments rencontrés au cours de l'étude montrent donc que le périmètre de l'étude ne permet pas de comprendre toutes les dynamiques de la filière bois sur cette zone (pas de politiques spécifiques, influences extérieures fortes, absence de circuit court...). Il n'est pas cohérent. Il faut l'étendre au massif, voire aux départements limitrophes. On doit essayer pour l'étude impliquant une ACV territoriale de garder un périmètre globalisant, aussi bien au niveau de la filière que du territoire. Cependant, il ne faut pas oublier que l'échelle du PNRBV présente l'avantage d'être cohérente au niveau de la ressource.

La portée des phénomènes étudiés dépend à la fois des activités prises en comptes et du degré d'ouverture voulu pour le modèle. Par conséquent, peut-on envisager d'avoir plusieurs périmètres pour l'outil ?

4.2.3. Propriétés structurelles du modèle

Par de nombreux aspects, la filière bois sur le PNRBV ne correspond pas à l'image véhiculée par les schémas classiques de filière (voir figure 4, p11). Elle est plus complexe. Pour s'en rendre compte, on s'appuiera sur un tableau synoptique de la filière proposé en annexe L. Il fait l'état d'une filière hétérogène et atomisée. Ce n'est pas sans conséquence sur la construction de l'outil d'évaluation territorial de la filière. Des précautions sont à prendre.

4.2.3.1. Une filière non linéaire

A l'instar du schéma en figure 4, nous avons une vision linéaire de la filière. Elle est souvent présentée comme une chaîne d'activités. Dans les deux parties qui suivent, nous allons essayer de confronter cette image avec la filière observée sur la zone d'étude. On explicitera ici quelques arguments.

Les activités ne sont pas cloisonnées. Les processus de transformation, de production et de commercialisation du bois ne sont pas systématiquement séparés. Par exemple, un menuisier peut s'occuper de l'activité de sciage de bois. Chaque acteur de la filière peut donc se positionner horizontalement sur la filière, c'est-à-dire effectuer plusieurs activités nécessaires à la fabrication d'un produit. Chaque acteur peut également se positionner verticalement sur la filière, c'est-à-dire fabriquer plusieurs produits d'une même activité. Par exemple, un menuisier peut fabriquer des éléments métalliques complémentaires aux produits bois.

De plus, les flux de matière ne sont pas directs. Ils peuvent passer par l'intermédiaire d'acteurs commerciaux. C'est le cas sur la filière bois du PNRBV. Il n'y a pas ou peu de coopération entre les acteurs, ni d'organisation en circuits court. Pour illustration, on observe que les négociants distributeurs concentrent la demande sur des points d'achat matière et vente de produit. Par conséquent, il arrive que la ressource utilisée par les seconds transformateurs ne soit pas celle qui est située à proximité. Il y a un détachement de la ressource dès la première transformation. Il y a à ce stade une déconnexion de la ressource au territoire.

En pratique, il est faux de dire qu'il y a une unique filière bois. La notion de « filière » est une construction récente qui n'a de sens qu'au niveau comptable ou au niveau politique. Pour l'exercice de la modélisation, il peut être nécessaire d'identifier et de distinguer plusieurs filières. Par exemple, sur la zone d'étude, il existe une filière « petit bois » et une filière « gros bois ». Il existe une filière artisanale et semi-artisanale ; une filière résineuse et une filière feuillue. Elles n'impliquent pas les mêmes acteurs, les mêmes types de ressource et les mêmes moyens de production. Il y a par ailleurs de nombreuses oppositions qui animent les acteurs de la forêt et du bois (annexe Q).

Plusieurs autres phénomènes attestent de la complexité de cette filière :

- Il y a des interactions avec le territoire et avec d'autres filières
- Il y a des disparités fortes au sein de la zone d'étude
- Il y a une grande diversité d'acteurs

La filière bois sur la zone d'étude est hétérogène et atomisée. On ne peut pas appliquer le schéma classique de filière comme modèle conceptuel pour l'outil d'évaluation du territoire.

4.2.3.2. Des disparités au cœur de la filière bois sur le PNRBV

La complexité de la filière sur le PNRBV est le corollaire de nombreuses ruptures que l'on observe au niveau de la filière. Elles sont primordiales à représenter, sous forme de cloisonnement, lors de la conceptualisation du modèle. Ces cloisonnements doivent apparaître dans un modèle spatialisé du territoire pour ne pas le rendre déconnecté de l'objet d'étude. Ici, on présentera uniquement l'exemple de la rupture temporelle. Nous en avons par ailleurs identifié plusieurs autres au cours du stage.²²

Les activités de l'amont sont des activités forestières. Elles planifient leurs actions à un pas de temps d'environ 100 ans, correspond peu ou prou à la période de maturité d'un arbre. Les acteurs de l'amont envisagent le bois comme une matière première. Les activités de première et deuxième transformation fonctionnent sur un pas de temps d'environ 10 ans correspond à la capacité d'investissement de leur moyen de production. Le bois est envisagé comme un produit qui va servir à alimenter les marchés de l'industrie, de l'énergie et de la construction. La consommation et la prescription sont plus volatiles. Elles fonctionnent sur des modes de consommation qui sont très variables. Les changements de demande s'effectuent souvent sur des temps d'environ 1 an.

En aval, l'activité est en fait rythmée par les cycles économiques (comptables, financiers et de consommation). En amont, elle est rythmée par le cycle de régénération de l'arbre. Ces pas de temps correspondent en fait à des périodes de temps incompressibles liés à l'activité de formation de valeur. Cet intervalle va, de fait, correspondre à la capacité des acteurs d'intervenir sur la filière, à la changer et à modifier leur comportement.

Quelques pistes de modélisation

La prise en compte de ces « ruptures temporelles » nécessite d'avoir un modèle dynamique, avec trois modules de temps en interaction. Les modèles de SD semblent être les plus à même de gérer explicitement plusieurs rythmes temporels. La dynamique des variables peut être facilement contrôlée de l'extérieur. Les modèles d'ABM sont plus compliqués. La dynamique n'est pas contrôlée. Elle résulte des décisions autonomes des agents économiques. Les ruptures temporelles ne peuvent qu'apparaître en trouvant les règles de décision adéquates pour chaque acteur. Les MEGC ne permettent pas de faire une discrimination temporelle entre les activités de la filière.

4.3. Les recommandations pour la modélisation : un outil multi paradigme

Connaître les implications théoriques du modèle est une étape importante pour sa construction et son usage. Il est essentiel de connaître les hypothèses qui constituent le paradigme de chacun. Un théoricien de la pensée complexe concluait lors d'une élocution : « Ainsi donc, face à un système complexe, la méthodologie des modèles comporte nécessairement le choix d'un point de vue » pour rendre explicite l'usage du modèle. (LEGAY, 1996). Les

²² Des ruptures de matière interviennent en intégrant les négociants de matière première et de produit. Des ruptures productives interviennent entre les différentes activités de la filière. Des disparités spatiales ont été identifiées entre les différentes zones du PNRBV.

approches des trois modèles présentés ont chacune des hypothèses différentes (MEADOW & ROBINSON, 1985). Elles ne sont pas pourtant exclusives entre elles. Il est possible de construire un outil multi-paradigme. (BORSHEV & FILIPPOV, 2004).

Les modèles d'équation, basés sur des théories éprouvées (mais non moins pas critiquables) permettent de décrire des phénomènes d'équilibres économiques sur l'ensemble d'une économie (MEGC). Les modèles de simulation permettent de décrire des phénomènes complexes qui s'appuient sur des phénomènes rétroactifs propres aux systèmes productifs (SD) et sur les conséquences des actions individuelles des agents qui les composent (ABM). La compréhension d'un système complexe doit intégrer les avantages et les spécificités de ces outils de modélisation. Les caractéristiques spatiales de ces systèmes peuvent être intégrées par des logiciels de (SIG), tandis qu'une analyse du contexte territorial de l'objet modélisé est permise grâce à un diagnostic territorial (DT). Enfin, l'intégration d'une Analyse de Cycle de Vie (ACV) permet d'utiliser l'outil créé pour effectuer une analyse environnementale multicritère et intégrée.

La structure proposée par les MEGC est une base intéressante pour notre travail. Elle permet de rendre compte des effets d'une politique sectorielle sur les autres activités d'un territoire. Couplé avec une ACV, elle permet de prendre en compte les effets environnementaux indirects.. De nombreux travaux sont disponibles sur ce sujet (EARLES, 2012).

Pourtant, cette démarche analytique présente de nombreuses limites pour la résolution de problèmes complexes. Ces hypothèses sont réductionnistes. Elles ne permettent pas de prendre en compte la complexité de la filière. Celle-ci est représentée de manière agrégée, d'un point de vue purement économique et dans un cadre statique. Les modèles de systèmes dynamiques permettent en revanche de représenter les différentes composantes de la filière. Ils sont capables de modéliser les dynamiques non linéaires du système, ses fluctuations sans avoir recours aux hypothèses d'équilibre. En revanche, ils présentent dans notre cas des limites majeures. C'est un système fermé où l'environnement n'est pas explicité. Les activités ne peuvent donc pas être spatialisées.

Les ABM sont eux capables de représenter explicitement l'environnement. Le contexte de la filière peut donc être pris en compte et les activités spatialisées. Ils ont l'avantage de représenter la diversité topologique des acteurs rencontrés sur le Parc. Les dynamiques de la filière résultent du comportement des acteurs. Ainsi, les formes d'auto-organisation et d'émergence observées dans la filière peuvent être représentées. Les systèmes multi-agent présentent de nombreux avantages. Toutefois, ils sont aujourd'hui les plus difficiles à mettre en œuvre.

Pour construire notre modèle, est-il envisageable de concilier les trois modèles ? Il est difficile de répondre sans avoir expérimenté l'étape de construction. Il est possible de produire un modèle conceptuel de dynamique des systèmes en s'inspirant de la structure des MEGC. On peut intégrer à cet outil des modules multi-agents. C'est une démarche proprement transdisciplinaire qui permet de ne pas faire de cet outil réductionniste et sans valeur opérationnelle. Cela demande un travail important en amont mais qui permet d'éviter des difficultés dans la construction d'un modèle uni-paradigme pour la modélisation d'un problème complexe (DAM, ADHITYA, SRINISAVAN, & LUKSZO, 2009). Un outil intégré est donc le plus à même de répondre à des problématiques complexes qui agissent à des échelles spatiales différentes (HALOG & MANIK, 2011).

5. Bilan pédagogique et professionnel

Le stage de master 2 est une étape charnière pour se confronter à nos choix et en tirer les leçons sur la manière dont on souhaite contribuer aux causes qui nous animent. Après avoir décliné les différentes étapes du stage, cette partie fera figure de bilan professionnel et pédagogique.

5.1. Déroulement du stage

Le tableau 1 représente synthétiquement le déroulement du stage. Les quinzaines sont indiquées en colonne. Les étapes principales sont indiquées en ligne. Ce tableau s'inspire de la méthodologie du diagramme de Gantt.²³

Tableau 3: Déroulement chronologique du stage par quinzaine

Travaux	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Bibliographie	■												
Découverte du sujet	■												
Bibliographie modélisation		■											
Bilan 1		■											
Bibliographie modélisation			■										
Bibliographie Territoire			■										
Bibliographie Viabilité			■										
Ecriture synthétique				■									
Entretiens interpros					■								
Ecriture modèles					■								
Bilan 2					■								
Bibliographie ACV modèles						■							
Entretiens professionnels						■							
Synthèses entretiens							■						
Bilan mi-parcours							■						
Travail analytique SIG								■					
Bibliographie filière bois								■					
Résultats								■					
Bilan 3								■					
Spatialisation réseaux									■				
Typologie des acteurs									■				
Séminaires									■				
Rapport de stage										■			
Vacances											■		
Rapport de stage												■	
Articles													■
Bilan 4													■

²³ Le diagramme de Gantt est un outil utilisé en gestion et planification de projet. Il a été inventé en 1910 par Henry Gantt, ingénieur en mécanique et consultant en management. Ici, il est utilisé sous sa forme la plus épurée pour représenter l'évolution temporelle du stage et ses principales étapes.

5.2. Remarques personnelles sur le travail du LEF

Le laboratoire travaille sur des projets en lien avec les préoccupations environnementales et sociétales actuelles : impact du changement climatique, fonctions des forêts, place de la biodiversité dans l'aménagement. Il mobilise des techniques qui participent à prendre en compte de manière intégrée, et non sectorielle, des problématiques économiques et environnementales. Par exemple, l'outil de modélisation de la filière bois FFMS est un modèle bioéconomique qui intègre un module de ressource à un module économique. Des outils sont mis en place pour améliorer l'évaluation des services systémiques des forêts sur un territoire en utilisant des Systèmes d'Information Géographiques. De plus, les techniques de communication avec les acteurs extérieurs à la recherche ont évolué en même temps que la concertation devenait un élément essentiel dans la politique territoriale. Dans ce sens, il n'y a pas de véritable « déconnexion » avec les acteurs de l'aménagement du territoire. Les acteurs institutionnels, politiques et professionnels travaillent effectivement aux côtés des chercheurs.

Malgré l'ouverture du laboratoire d'économie à des sociologues rattachés, et nouvellement à des stagiaires géographes, je trouve que les démarches et les outils utilisés un peu trop disciplinaires. Par exemple, les modèles utilisés sont, pour la grande majorité, des modèles analytiques d'obédience néoclassique très fermés sur la sphère économique orthodoxe. Ils sont aujourd'hui très critiqués par certains scientifiques et non scientifiques²⁴. Le travail est par ailleurs très majoritairement quantitatif, avec une domination des techniques mathématiques. Etant donné que je considère l'économie comme une science sociale, humaine et politique, je crois que la portée des résultats scientifiques du laboratoire gagnerait à s'ouvrir davantage à des démarches qualitatives « de terrain » (enquêtes sociologiques, études territoriales...).

Comme je l'ai mentionné précédemment, beaucoup d'efforts sont effectués pour rencontrer des chercheurs d'autres laboratoires ou d'autres disciplines. Le transfert des connaissances est une partie essentielle du travail de chercheur. Il n'est pas négligé dans cette structure. Le laboratoire organise et participe à de nombreux séminaires et colloques de recherche. Il favorise des discussions tout à fait intéressantes entre des personnes qui ne font pas forcément le même travail et qui n'ont pas la même vision sur certains sujets.

5.3. Difficultés rencontrées

Le manque d'expérience dans la recherche m'a posé quelques difficultés pour l'écriture du mémoire et pour la sélection des références bibliographiques. Les normes de la production scientifique ne m'étant pas familières, j'ai eu parfois quelque mal à juger de la qualité d'un papier et à organiser mon travail. Ceci étant dit, peut être que cette situation m'a été bénéfique dans le sens où elle m'a évité de buter sur certains « obstacles épistémologiques »²⁵ qu'évoquent Gaston Bachelard dans *la formation de l'esprit scientifique*. (BACHELARD, 1938).

²⁴ Lire à ce sujet l'article de la journaliste Laura Raim, « le crash de la pensée économique » paru en octobre 2015 dans le numéro 2 de la revue du Crieur, créée par Médiapart et le Découverte.

²⁵

Beaucoup de notions gravitent autour du sujet. Celle mêle, on retrouve la viabilité, l'économie de la proximité, l'ACV, la modélisation économique, la complexité... Je me suis senti parfois gêné par l'impossibilité d'utiliser des résultats ou des intuitions qui proviennent de ces domaines sans avoir les connaissances suffisantes pour maîtriser le sujet. Une des difficultés majeure tient à ne pas déformer ou ne pas mal interpréter les connaissances acquises. Je l'ai surtout ressenti pour certains sujets comme l'étude de la complexité. Cependant, je ne suis pas sûr que toutes les déformations soient indésirables. Se peut-il que certaines aboutissent à de bonnes avancées scientifiques ?

De plus, j'ai parfois éprouvé des difficultés à prendre du recul sur mon travail. Il m'a été compliqué de bien hiérarchiser et synthétiser les résultats. Par conséquent, ils manquent parfois de clarté et de liens avec la finalité de l'outil de modélisation.

5.4.Bilan

Il m'a été donné d'étudier au cours de ce stage les relations entre un territoire et un système productif dans une optique de modélisation. La mission, qui doit amorcer un travail de plusieurs années, est exploratoire. Le laboratoire m'a confié ce sujet en me laissant une grande autonomie et une liberté méthodologique. Dans ces conditions, j'ai choisi de ne pas adopter de point de vue disciplinaire. J'ai pu aborder un bon nombre de concepts et de travaux de différents horizons. Cette expérience a amélioré ma maîtrise d'outils et de méthodes appliquées à l'étude d'un système territorial (enquête, analyse spatiale...).

Enfin, j'ai eu l'occasion d'échanger avec d'autres personnes (chercheurs, collègues, professionnels de la filière, connaissances) sur des sujets qui se rapportaient de prêt ou de loin à ce stage. Cela a amélioré ma communication dans le milieu professionnel. Je mesure, avec le peu de recul que je peux avoir, l'importance de ces interactions sur la qualité et la visibilité de mon travail.

Il y a un an, je conclusais mon rapport de stage par le souhait d'orienter mon travail vers la recherche. Cette expérience au LEF est la première étape vers ce nouveau projet professionnel. Je quitte le laboratoire, et le master IGPE avec une meilleure connaissance de mes capacités et avec quelques pistes de recherche. Le cadre théorique de l'économie de la proximité²⁶ et des systèmes complexes territoriaux est celui qui m'a le plus stimulé.

Du point de vue de l'équipe de projet, ma contribution a été d'élargir les pistes de réflexions pour la construction de l'outil d'évaluation environnementale et ce, dans l'optique d'améliorer la prise en compte des spécificités territoriales de la filière bois. L'objectif du laboratoire, en ouvrant ce sujet à un étudiant non-économiste était justement d'apporter un regard neuf et extérieur pour lancer le travail exploratoire du projet PSDR. En ce sens, ce stage a été bénéfique aux deux parties.

²⁶ L'économie de la proximité est un champ d'économie géographique et de socioéconomie qui permet l'analyse des problématiques d'un système territorial (conflit d'usage, environnement, industrialisation, globalisation...) par les relations de proximité géographique ou organisée. Les principaux contributeurs sont André Torre, Bernard Pecqueur et Bertrand Zuindeau.

Conclusion générale

Au sein des collectivités territoriales, les politiques d'aménagement se centrent de plus en plus vers des mesures de proximité. Elles privilégient un mode d'organisation basé sur les relations directes et le développement local. Dans les espaces ruraux, elles se font en réaction au phénomène de mondialisation qui a bouleversé leurs modes d'organisation. Par exemple, au sein de massif Vosgien, la filière bois, historiquement présente, montre des signes de faiblesse. La concurrence internationale et la standardisation des modes de consommation sont pointées du doigt par les professionnels. De plus, les bouleversements environnementaux (pollutions, urbanisation, changements climatiques...) imposent une remise en question des pratiques productives. Les Parcs Naturels régionaux, et notamment celui du Ballon des Vosges, sont créés pour répondre à ces problématiques. Ils ont vocation à « protéger et mettre en valeur de grands espaces ruraux habités ».

Ces politiques locales créent des besoins de connaissance. Plus encore dans un contexte de raréfaction des ressources naturelles et des moyens financiers, les acteurs des territoires ont besoin d'outils pour mesurer les impacts de leurs activités. Aujourd'hui, les évaluations territoriales sont principalement sectorielles. Elles ont trouvé leurs limites. A l'échelle locale, il est nécessaire de réfléchir de manière intégrée. Il faut donc se doter d'outils multicritères et dynamiques qui prennent en compte indistinctement les impacts environnementaux, économiques, sociaux, géographiques d'une décision politique. Pour cela, on a recours à une étape de modélisation économique du territoire.

Il existe un grand nombre de modèles économiques. Ils sont issus de paradigmes distincts. A l'instar des modèles de dynamique des systèmes, multi-agents et d'équilibre général calculable, chacun a une approche différente de la filière. Il est nécessaire de connaître ce que l'utilisation de tel ou tel modèle véhicule. Cependant, leurs approches ne sont pas, entre elles, exclusives. Dans le cas de la filière bois sur le PNRBV, l'outil idéal intégrera les avantages de chacun en fonction des exigences du projet.

La tâche n'est pas aisée car le territoire est un objet complexe. On l'a vu, il est impossible d'avoir une vision complète de l'ensemble de ses acteurs, de leurs interactions et de leurs impacts sur leurs environnements. De plus, il y a une grande incertitude quant à l'évolution d'un tel système. En l'état actuel des connaissances, il est judicieux de prendre le temps de la réflexion. L'analyse préalable de l'objet, de son contexte et des techniques de modélisation est essentielle pour qu'un outil d'évaluation intégrée du territoire soit applicable.

Après cette phase d'analyse préalable, la phase « pratique » constituera à expérimenter la construction de l'outil. Elle ne doit pas omettre de faire des allers-retours entre le modèle et le terrain. C'est une phase d'apprentissage essentielle, qui pourra contribuer à la faisabilité d'un outil d'évaluation réellement intégré de nos actions. Peut-être contribuera-t-il à une forme raisonnée et soutenable de développement de nos espaces ruraux ? Il ne faut pas se méprendre. Même si cet outil est opérationnel, son efficacité dépendra en grande partie de l'usage que les pouvoirs publics en font, et des pratiques des acteurs qui constituent et vivent nos territoires.

Liste des figures et tableaux

Figure 1: Projet scientifique 2013-2017	3
Figure 2: Contexte géographique du PNRBV	9
Figure 3: Organisation géographique du PNRBV	10
Figure 4: Représentation de la filière bois.....	11
Figure 5: Les trois phases A, B et C de la démarche d'analyse.	15
Figure 6: Illustration de la démarche de conceptualisation des systèmes par les trois modèles présentés	21
Figure 7: Contexte économique de la filière bois du PNRBV	22
Tableau 1: Les caractéristiques des modèles sélectionnés.....	21
Tableau 2: Structures et contexte de la filière PNRBV	23
Tableau 3: Déroulement chronologique du stage par quinzaine.....	27

Bibliographie

- BACHELARD, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris, Vrin.
- BACHELARD, S. (1979). *Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles*. In: Actes du colloque « élaboration et Justification des Modèles ». Paris, Maloine
- BEAUMAIS, O., & SCHUBERT, K. (1999). *La modélisation en équilibre général calculable, un regard sur les interaction économie/environnement*. *Economie rurale* 251. p25-32.
- BEHDANI, B. (2012). *Evaluation of paradigms for modeling supply chains as complex socio-technical systems*. In: Winter Simulation Conference. Berlin, IEEE. p1-15.
- BERGMILLER, P. (1995). *Le Parc Naturel Régional du ballon des vosges, 6 ans au service du massif vosgien*. *Revue de géographie alpine* 83(3). p149-154.
- BERTIN, J. (1999). *Sémiologie Graphique. Les diagrammes, les réseaux, les cartes*. 3éd. Paris, EHESS.
- BLANCHET, A., & GOTMAN, A. (2007). *L'enquête et ses méthode: l'entretien*. 2éd. Paris, Armand Collin.
- BORSHEV, A., & FILIPPOV, A. (2004). *From system dynamic and discret event to practical agent based modeling, reasons, techniques, tools*. In: The 22th international conference of the System dynamic society, 25-29 july 2004. Oxford
- BOULANGER, P., & BRECHET, T. (2003). *Modélisation et aide à la décision pour un développement durable, état des lieux et perspectives*. In: rapport final au SPP Politique Scientifique. Ottignies, Institut pour un developpement durable.
- BOUSQUET, F. (2001). *Modélisation d'accompagnement, simulation multi-agents et gestion des ressources naturelles et renouvelables*. Mémoire pour l'obtention d'habilitation à diriger des recherches. Lyon, Université Lyon 1. 71p
- BRUNET. (2000). *Des modèles en geographie ? Sens d'une recherche*. *Bulletin de la Société géographique de Liège* 2. p21-30.
- CASTEL, C., & CROOKS, A. (2005). *Principles and Concepts of Agent-Based Modelling for Developing Geospatial Simulations*. USL working paper series110.
- CAURLA, S. (2012). *Modélisation de la filière forêt-bois française, évaluation des impacts de la politique climatique, évaluation des impacts des politiques climatiques*. Thèse pour l'obtention du grade de docteur. Nancy. AgroParisTech, 395p.
- COSTANZA, R., WAINGER, L., FOLKE, C., & MALER, K. (1993). *Modeling complex ecological economic systems*. *Bioscience* 43(8), p544-555.
- DAM, K., ADHITYA, A., SRINISAVAN, R., & LUKSZO, Z. (2009). *Critical evaluation of paradigms for modelling supply chains*. *Computer and chemical engineering* 33(10). p1711-1720.
- DEMIREL, G. (2007). *Aggregated and disaggregated modelling approaches to multiple agents dynamic*. Department of Industrial Engineering. Bogazici university, working paper.
- DUPUY, L. (2004). *Co, multi, inter ou trans-disciplinarité, la confusion des genres*. Document de travail à portée pédagogique, 4p.
- EARLES, M. e. (2012). *Integrated economic equilibrium and life cycle assessment modeling for policy-based consequential LCA*. *Journal of industrial ecology* 17(3), p375-384.
- FCBA. (2015). *Memento*. Champ sur Marne, Rapport technique.
- FORRESTER, J. (1958). *Industrial Dynamics, a major breakthrough for decision makers*. *Harvard business review* 36(4), p37-66.
- GACOGNE, V. (2006). *Les modèles de dynamique des systèmes, des outils pédagogiques pour l'aide à la gouvernance des systèmes*. In: journée afscet pédagogie de la gouvernance et gouvernance de la pédagogie. 20-21 octobre 2006. *Complexio*.
- HALOG, A., & MANIK, Y. (2011). *Advancing integrated systems modelling framework for life cycle sustainability assessment*. *Sustainability* 3, p469 - 499.

- IFN. (2012). *Sylviecorégion: D11, le massif vosgien central*. Saint Mandé, Document technique.
- IQBAL, Z., & SIDDIQUI, R. (2001). *Critical Review of Literature on computable general equilibrium models*. Mimap technical paper series 9.
- JACAMON, M. (1979). *Le massif forestier vosgien: écologie, végétations et types de forêts*. Nancy, ENGREF.
- JENNINGS, N., SYCARA, K., & WOOLDRIDGE, M. (1998). *A Roadmap of Agent Research and Development*. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems 1, p7-38.
- LE MOIGNE, J. (1987). *Qu'est ce qu'un modèle*. In: Les modèles expérimentaux et la clinique. Confrontation psychiatriques 1.
- LE MOIGNE, J. (1999). *La modélisation des systèmes complexes*. Paris, Dunod.
- LEGAY, J. (1996). *L'expérience et le modèle, un discours sur la méthode*. Paris: INRA editions.
- LENGLET, J. (2015). *Evaluation et analyse des flux de bois dans le Grand Est*. Mémoire de fin d'étude. Nancy. AgroParisTech. 58p.
- LOBIANCO, A. (2007). The effect of decoupling on two italian regions, an agent based model. *PhD Studies Series 2*.
- LOISEAU, E. (2014). *Elaboration d'une démarche d'évaluation d'un territoire basée sur le cadre méthodologique de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV): application au territoire du Bassin de Thau*. Thèse de doctorat. Montpellier. SupAgro, 280p.
- MARTIN, P. (2010). *L'économie de proximité, une réponse aux défis majeurs de la société française*. Rapport au Conseil Economique et Social 17.
- MEADOW, D., & ROBINSON, J. (1985). *The electronic oracle: computer models and social decisions*. Systems dynamics review 18(2), p271-308.
- MEADOWS, D., RANDERS, J., & MEADOWS, D. (2004). *Limits to growth, the 30 year update*. Chelsea, Chelsea Green Publishing.
- MOINE, A. (2005). *Le territoire comme un système complexe – Des outils pour l'aménagement et la géographie*. L'espace géographique 35(2), p115 - 132.
- MORIN, E. (1990). *Introduction à la pensée complexe*. Paris, Points.
- MULLER, J.-M. (1995). *L'industrie dans le massif vosgien*. Revue de géographie alpine 83(3), p161-168.
- OLIVE, G. (1976). *L'inflation: de quoi parlons-nous?* Economie et statistique 77(1), p 5-9.
- PARTRIDGE, M., & RICKMAN, D. (2010). *CGE Modeling for regional economic development analysis*. Regional study 44(10), p1311- 1328.
- PIET, L. (2002). *Spatialisation d'un MEGC pour l'étude de la localisation des activités agricoles à une échelle infra-nationale*. Thèse pour obtenir le grade de docteur. Paris. ENGREF. 315p.
- PRUDHOMMEAUX, M., & LE CORROLER, C. (1996). *Les industries du bois*. Paris, Direction générale des stratégies industrielles, SESSI.
- ROBSON, E., & DIXIT, V. (2015). *A Review of Computable General Equilibrium Modelling for Transport Appraisal*. In: Conference of Australian Institutes of Transport Research. 12 february
- SCHIERITZ, N., & MILLING, M. (2003). *Modeling the forest or modeling the tree, a comparison of System Dynamics and Agent-Based Simulation*. In: the 21th conference of the System Dynamic Society.
- Société forestière de Franche Comté . (2002). *Vade-mecum du forestier*. 13^{éd}. Besançon.
- STERMAN, J. (2002). *System dynamic, system thinking and modelling for a complex world*. MIT Engineering system division, working paper.
- SUWA, A. (1991). *Les modèles d'équilibre général calculables*. Economie et prévision 97(1), p 69-76.
- VOIRON, C., & CHERY, J. (2005). Espace géographique, spatialisation et modélisation en dynamique des systèmes. In: 6^{ème} congrès européen des science des systèmes. *Res- systemica* 10.

RESUME

Pour conduire des politiques publiques à une échelle infrarégionale, les aménageurs ont recours à des outils d'évaluations. A l'heure où le développement local de proximité est privilégié, pléthore de d'outils d'évaluation économique et d'évaluation environnementale sont à disposition. Toutefois, il n'existe pas d'outil « hybride » qui prend en compte le territoire dans sa globalité, de façon dynamique et multicritère. Une des solutions est d'intégrer, une Analyse de Cycle de Vie (ACV) à un modèle économique de territoire. Le stage a pour objectif d'amorcer le développement d'un tel outil appliqué à une filière productive d'un espace rural: la filière bois du Parc Naturel Régional du Ballon des Vosges. Il consiste en une étude exploratoire préalable à la construction de l'outil. Dans un premier temps, il propose, à l'aide du concept de système complexe, une revue de littérature des modèles susceptibles de s'appliquer à une filière. Dans un second temps, grâce à une étude qualitative de la filière bois sur le territoire d'étude, il donne des recommandations pour la phase de construction conceptuelle du modèle.

MOTS CLES :

Modélisation, modèle, filière-bois, système complexe, Parc Naturel Régional

ABSTRACT:

In order to evaluate public policies on a local scale, spatial planning actors use territorial assessment tools. As proximity based development arises in urban planning, several economic and environmental assessment tools have been designed. However, no « hybrid » tool, taking into account the territory as a whole, in a dynamic and multi-criteria way, is currently available. One possibility is to integrate Life Cycle Assessment into an economic model. The goal of this work is to trigger the development of such tool, applied to a productive supply chain of a rural land: the timber-wood supply chain of the Parc Naturel Régional du Ballon des Vosges. It consists of an explorative survey prior to the construction of the tool. First, with the concept of complex system, we attempt to select a model paradigm which can be applied to the supply chain. Then, with a qualitative study of timber wood supply chain on the PNRBV, we give some recommendations for the conceptual step of the model building.

KEY WORDS:

Modeling, model, timber supply-chain, complex system, Regional Natural Park