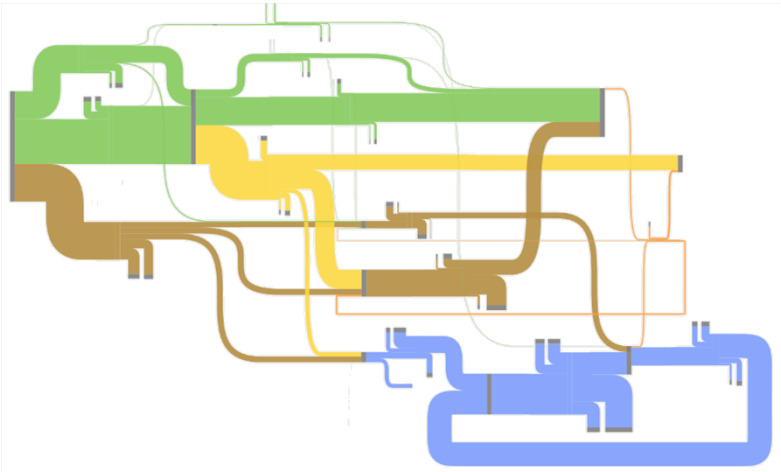
AgroParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET INDUSTRIES DU VIVANT ET DE L'ENVIRONNEMENT
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY FOR LIFE, FOOD AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
DE L'AGROALIMENTAIRE
ET DE LA FORÊT

Evaluation et analyse des flux de bois dans le Grand-Est



Mémoire de dominante d'approfondissement
Ressources Forestières et Filière Bois (RFF)

Jonathan LENGLET

Année universitaire 2014-2015

Illustration : Diagramme de Sankey
Source : Jonathan Lenglet, Jean-Yves Courtonne

FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN TRAVAIL D'ÉLEVES

AgroParisTech	**TRAVAUX D'ÉLEVES**
TITRE : Evaluation et analyse des flux de bois dans le Grand-Est	Mots clés : analyse de flux de manière, filière forêt-bois, prospective
AUTEUR(S) : Jonathan Lenglet	Promotion : 2015
Caractéristiques : 1 Volumes ; 69 Pages ; 27 Figures ; 9 Annexes ; 0 Cartes ; bibliographie	

CADRE DU TRAVAIL

ORGANISME PILOTE OU CONTRACTANT :
Direction régionale de l'agriculture, l'agroalimentaire et de la forêt – DRAAF Lorraine
Laboratoire d'Economie Forestière – LEF UMR AgroParistech-INRA

Nom du responsable :
DRAAF – Mélanie LUCAS, chargée de mission biomasse
LEF – Sylvain CAURLA, ingénieur de recherche

Nom du correspondant AgroParisTech : Mathieu FORTIN

☒ Spécialité RFF	☐ Stage 2A ☒ Stage fin d'études Date de remise :	☐ Autre

SUITE À DONNER (réservé au Service des Etudes)

☐ Consultable et diffusable

☐ Confidentiel de façon permanente

☐ Confidentiel jusqu'au ……/……/…… , puis diffusable

Institut des sciences et industries du vivant
et de l'environnement, AgroParisTech

Direction Régionale de l'Alimentation, de
l'Agriculture et de la Forêt – DRAAF Lorraine

Evaluation et analyse des flux de bois dans le Grand-Est

Mémoire de dominante d'approfondissement
Ressources Forestières et Filière Bois (RFF)

Jonathan LENGLET

Année universitaire 2014-2015

Résumé

La filière forêt-bois occupe une part importante dans l'économie des régions du Nord-Est de la France. Toutefois, le manque de données sur sa structure et les flux de matière associés est souvent décrié. Nous proposons ici une méthode d'analyse de flux de matière (AFM) au niveau national et régional pour le bois et ses dérivés. Le processus consiste à compiler une base de données avant d'utiliser un modèle de réconciliation permettant d'obtenir des résultats fiables à différentes échelles. Les résultats sont présentés sous formes de diagrammes de Sankey, facilitant leur diffusion. L'objectif est de fournir des éléments pour l'analyse des problématiques territoriales à l'échelle de la filière. C'est pourquoi, dans un second temps, l'AFM a été couplée à un exercice de prospective économique à l'aide du modèle FFSM. Cette seconde phase permet de tester l'impact potentiel de différentes politiques publiques visant à réduire l'export de bois brut, point de tension pour les industriels du secteur. Cette approche par la filière est aussi agrémentée d'une analyse spatialisée des flux afin de mieux comprendre et d'expliquer leur importance, notamment au niveau des imports-exports.

L'analyse de flux de matière et sa représentation graphique – notamment lorsqu'elle est couplée à des modèles socio-économiques – s'avère être un outil d'aide à la décision pertinent pour répondre à des problématiques de transition ou de développement territorial durable. Mis à jour régulièrement, elle peut même permettre un suivi dans le temps des évolutions de la filière à différents niveaux.

Abstract

The forest-wood sector plays a major role in the local economy of north-eastern France. However, a serious lack of reliable information on its structure and associated material flows is regularly pointed out. We hereby suggest an approach to material flows analysis (MFA) at both national and regional level for wood and its derivatives. The first step consists in acquiring and compiling an exhaustive database before using a data-reconciliation model in order to provide multi-scalar results. The results are displayed using Sankey diagrams to ease their dissemination. The key objective is to supply sector-wide evidences for efficient territorial issues analysis. This is why we subsequently combine the MFA with economic foresight using the French forest sector model (FFSM). This second step allows assessing the potential impact of different public policy scenarios aiming at reducing the amount of exported logs. Indeed, this issue appears to be an important point of friction among the sawmill owners. The MFA sectorial approach is also complemented by a spatial analysis. This aims at explaining the relative importance of wood flows, especially the import/export features.

The material flow analysis and its graphical representations – all the more when combined with socio-economic modelling – is proving to be a relevant decision support tool within the framework of territorial sustainable development. If the data is regularly updated, it is possible to monitor changes over time at various levels.

Remerciements

Je remercie tout d'abord Sylvain Caurla, mon maître de stage, pour son suivi et sa grande disponibilité mais aussi pour ses conseils avisés et les moments de discussion m'ayant permis de progresser tant sur mon stage que sur mon projet professionnel. Je remercie aussi Alexandra Niedzwiedz pour tout le travail préliminaire et la mise en place de ce stage ainsi que pour son intérêt et son aide durant toute cette période.

Je tiens à remercier tout particulièrement Jean-Yves Courtonne de l'équipe STEEP de l'INRIA Grenoble pour ces six mois de travail collaboratif et enrichissant et sans qui cette étude n'aurait pas pu voir le jour dans sa forme actuelle.

Merci également à Adrien Arraiolos et à Richard Emeyriat, prestataires de l'étude sur la logistique bois dans le Grand-Est, pour m'avoir permis de prendre part aux différents ateliers et réunions qu'ils organisaient et pour nos échanges riches en enseignements.

Je remercie Antoine Colin de l'institut national de l'information géographique et forestière pour son regard critique sur les aspects liés à la production forestière et les données fournies.

Mes remerciements vont aussi à toutes les personnes ayant enrichi cette étude de leurs commentaires et recommandations, notamment lors des comités de pilotage.

Enfin, je tiens bien sûr à remercier l'ensemble des personnes travaillant au Laboratoire d'Economie Forestière pour leur accueil toujours aussi sympathique et nos nombreux échanges.

Avertissement

Ce document n'engage que ses auteurs et non les institutions auxquelles ils appartiennent. Malgré le souci apporté à l'objectivité dans la rédaction, si des opinions personnelles venaient à transparaitre, elles ne pourraient être mises sur le compte du commanditaire de l'étude ou des institutions partenaires.

Table des matières

Remerciements 1

Avertissement 2

Table des figures et tableaux 5

Index alphabétique des sigles utilisés 6

Avant-propos 7

1 Introduction 8

2 Matériel et méthodes 10

2.1 Périmètre de l'étude : la filière forêt-bois dans le Grand-Est 10

2.1.1 Ressource forestière dans le Grand-Est 10

2.1.2 Commercialisation des bois 12

2.1.3 Economie de la filière forêt-bois dans le Grand-Est 14

2.2 Analyse de flux de matière 16

2.2.1 Sources des données 17

2.2.2 Données de flux régionaux et internationaux 18

2.2.3 Définition d'une unité de référence 20

2.2.4 Modélisation et réconciliation des données 21

2.2.5 Représentation graphique 24

2.3 Prospective économique 25

2.3.1 Le modèle FFSM 25

2.3.2 Scénarios prospectifs 27

2.4 Analyse de flux spatialisée 29

3 Résultats et analyse 30

3.1 Analyse de flux de matière 30

3.1.1 Analyse Monte-Carlo - Calcul des incertitudes en sortie 30

3.1.2 Flux de bois nationaux 31

3.1.3 Flux de bois dans le Grand-Est 33

3.2 Prospective économique 35

3.3 Analyse de flux spatialisée 39

3.2.1 Flux inter et intra-régionaux 39

2.2.2 Flux extra-nationaux 42

4 Conclusions et perspectives 44
4.1 Ce que nous dit l'analyse de flux 44
4.2 Un outil d'aide à la décision 45
4.2 Pérennité de l'outil et analyse temporelle 46
Bibliographie 47
Liste des personnes rencontrées 50
Annexes 51

Table des figures et tableaux

Figure 1. Volumes de bois sur pied par essence et par région (en Mm^3). 12
Figure 2. Nombre d'entreprises (exploitation forestière et sciage) par départements. 15
Figure 3. Sources de données pour les flux de marchandises selon l'échelle territoriale. 18
Figure 4. Exemple d'utilisation d'un proxy pour régionaliser une production.. 23
Figure 5. Récapitulatif des différentes phases de la modélisation et outils associés à chaque étape. 24
Figure 6. Représentation de flux selon le modèle de Sankey – Exemple des panneaux de bois..... 25
Figure 7. Structure récursive et modulaire du modèle FFSM 26
Figure 8. Effet d'une subvention au consommateur sur l'offre et la demande..... 28
Figure 9. Effet d'une subvention à la transformation sur l'offre et la demande 29
Figure 10. Distribution des valeurs d'entrée et de sortie du modèle 30
Figure 11. Evolution de l'estimation de l'écart-type en fonction du nombre de simulations 31
Figure 12. Impact des différentes politiques sur l'offre et sur la consommation..... 36
Figure 13. Gain de surplus par rapport à la situation sans politique, par type de politique et d'acteur économique (en M€). 37
Figure 14. Flux de grumes dans et entre les régions du Grand-Est (en tonnes, toutes essences confondues)..... 40
Figure 15. Nombre d'entreprises d'exploitation forestière et de sciage dans le Grand-Est..... 41
Figure 16. Flux de grumes de la future région Alsace-Lorraine-Champagne-Ardenne en interne et vers les régions limitrophes et le reste de la France..... 42
Figure 17. Flux d'import-export de grumes pour chaque région du Grand-Est..... 43

Tableau 1. Somme de production en volume de bois fort tige (en milliers de m^3/an) 11
Tableau 2. Somme des prélèvements en volume de bois fort tige (en milliers de m^3/an) 11
Tableau 3. Source de donnée sollicitée pour chaque produit. Fs : Feuillus ; Rx : Résineux 17
Tableau 4. Facteur de conversion pour passage en m^3[f]. D'après Weimar (2011) 21
Tableau 5. Tableaux d'emploi-ressource théoriques..... 22
Tableau 6. Tableau récapitulatif des principaux résultats. 33
Tableau 7. Impact des différentes politiques P1 à 4 sur les principaux paramètres du marché (en pourcentages de variation par rapport à la situation sans politique)..... 36
Tableau 8. Coût annuel indicatif des politiques testées. 37
Tableau 9. Récapitulatif synthétique de l'effet des politiques testées..... 38
Tableau 10. Importations et exportations de grumes depuis la zone Alsace-Lorraine-Champagne-Ardenne (en tonnes) 43

Index alphabétique des sigles utilisés

ADEME	Agence de l'environnement et de la maitrise de l'énergie
AFM	Analyse de flux de matière
CA	Contrat d'approvisionnement
COPACEL	Union Française des Industries des Cartons, Papiers et Celluloses
DRAAF	Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt
EI	Ecologie industrielle
FCBA	Institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement
IGN	Institut national de l'information géographique et forestière
INRA	Institut national de la recherche agronomique
INRIA	Institut National de la recherche en informatique et en automatique
INSEE	L'Institut national de la statistique et des études économiques
LEF	Laboratoire d'économie forestière
MAAF	Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt
MEDDE	Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie
ONF	Office national des forêts
ORT	Observatoire régional des transports
SitraM	Système d'information sur les transports de marchandises
SREAAF	Service régional de l'économie agricole, de l'agroalimentaire et de la forêt
STEEP	Soutenabilité, territoires, environnement, économie et Politique
SSP	Service de la statistique et de la prospective
UFC	Union des fabricants de contreplaqué
UIPP	Union des industries de panneaux de process
URSFL	Union régionale des scieurs de feuillus de Lorraine

Avant-propos

Ce projet est le fruit de collaborations nombreuses entre équipes et organismes d'horizons différents. Le Service régional de l'économie agricole, de l'agroalimentaire et de la forêt (SREAAF) de la Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt (DRAAF) de Lorraine est le commanditaire et financeur de l'étude. Le Laboratoire d'Economie Forestière (LEF) est le maître d'œuvre et structure d'accueil du stage. Le LEF est une unité mixte de recherche entre l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) et AgroParisTech. Sa mission est de concevoir, développer, et transférer des méthodes et des outils d'analyse économique en vue de comprendre et d'améliorer la connaissance, la gestion et l'utilisation des biens, services et produits de la forêt. Des relations étroites ont rapidement été établies avec l'équipe Soutenabilité, Territoires, Environnement, Economie et Politique (STEEP) de l'INRIA Grenoble. Cette équipe de recherche s'intéresse à la modélisation de systèmes complexes dans le cadre d'une transition vers la soutenabilité à l'échelle territoriale. Son objectif est de mettre au point des outils permettant d'apporter des réponses aux questions suivantes : « *comment opérationnaliser le développement soutenable à l'échelle régionale ? »* et « *quelle gouvernance locale pour les politiques publiques environnementales ? ».* Enfin, des échanges ont eu lieu, avec le consortium constitué des bureaux d'étude Xylolink et Forêt Logistique Conseil, en charge d'une étude sur l'innovation logistique et organisationnelle dans la filière forêt-bois du Nord-Est, étude commanditée par l'Observatoire Régional des Transports d'Alsace (ORTAL).

1 Introduction

La forêt française s'accroît chaque année. Elle couvre aujourd'hui près de 31% du territoire métropolitain lequel constitue, à ce titre, le quatrième pays le plus boisé d'Europe. Dans sa totalité, la filière forêt-bois emploie environ 440 000 personnes pour un chiffre d'affaire de 60 milliards d'euros, ce qui équivaut à 3% du PIB du pays (en 2012). Pourtant, seulement la moitié de la production biologique des forêts françaises est actuellement valorisée dans la filière bois (Houpert et Botrel, 2015). Même s'il n'est ni réaliste ni souhaitable de récolter la totalité de la production, ceci démontre le fort potentiel de développement du secteur. Depuis près de 40 ans, de nombreux rapports incitent à une plus forte mobilisation des bois (rapports Bianco, 1998 ; Juillot, 2003 et Puech, 2009). Pourtant, le bilan économique de la filière reste modeste et sa balance commerciale affiche un déficit structurel de 5,8 milliards d'euros en 2014 (SSP, 2015). Le premier poste de ce déficit est celui des meubles en bois et des industries du papier-carton. Le seul secteur présentant un solde d'import-export positif est celui des bois ronds avec 45 M€ pour les conifères et 135 M€ pour les feuillus en 2014. Mais ceci est avant tout révélateur d'une importante fuite de la matière première. Depuis plusieurs années, la part de grumes d'œuvre exportées à l'état brut ne cesse d'augmenter, dépassant maintenant les 30% de la récolte et entrainant une perte proportionnelle de valeur ajoutée (CGAAER, 2014). Ceci est particulièrement vrai pour le chêne (*Quercus sp.*) et le hêtre (*Fagus sylvatica*). Les exportations globales de feuillus ont augmenté de 23% entre 2013 et 2014 et celles de chêne ont littéralement explosé avec une augmentation de 78% sur la même période. Pour les conifères, on observe une légère baisse de 14% des volumes exportés en 2014 après la forte hausse de 2013 (SSP, 2015). L'export de bois ronds feuillus cristallise d'autant plus les tensions que les bois sont exportés majoritairement vers l'Asie du Sud-Est ou la Chine (50% des exportations de grumes de feuillus) où ils sont transformés à moindre coût pour ensuite revenir pour partie en France sous forme de produits transformés. Ce point est essentiel pour comprendre les crispations qui agitent aujourd'hui la filière et qui complexifient les relations entre les différents acteurs. Des initiatives collectives ont d'ailleurs vu le jour comme, par exemple, la création de l'union régionale des scieurs de feuillus de Lorraine (URSFL) qui, dans sa lettre du 7 octobre 2014, alerte sur les destructions d'emplois et la disparition d'entreprises de première transformation liées à l'export des grumes. Le rapport Demolis de janvier 2015 (CGAAER, 2015) recense toutes les recommandations émises depuis plusieurs années afin de redynamiser la filière. Ce rapport identifie différents axes stratégiques afin de répondre aux difficultés de valorisation des bois français parmi lesquels : la modernisation de l'outil industriel, des relations commerciales entre acteurs et du cycle de vie et de revalorisation du bois (CGAAER, 2015). Ces axes stratégiques appellent ainsi la mise en place d'outils d'évaluation et d'aide à la décision. En particulier, la compréhension détaillée du fonctionnement d'une filière est une étape nécessaire à la mise en place de politiques efficaces à la fois sur le plan économique, social et environnemental. La filière forêt-bois illustre parfaitement ce caractère multifonctionnel (Mantau, 2014 ; Binder, 2004). Elle est bien

sûr pourvoyeuse d'emplois, depuis la gestion forestière jusqu'à la vente de produits finis, mais aussi la garante d'une utilisation durable de la ressource dont dépend sa pérennité. Elle est créatrice d'activités – pour partie – non délocalisables, lesquelles assurent un certain dynamisme dans les espaces ruraux parfois éloignés des grands centres économiques. L'utilisation de la ressource forestière est à la fois dépendante de la gestion sylvicole opérée par les propriétaires, de la demande de l'industrie et des marchés ainsi que des politiques d'orientation générale du secteur. De plus, et à plus forte raison dans le secteur forêt-bois, une part importante des comportements repose sur les traditions et habitudes forestières et industrielles en place depuis longtemps. Or les intérêts de ces acteurs variés sont tantôt communs, tantôt divergents. L'industrie doit par exemple faire preuve d'une grande réactivité pour s'adapter à la demande et honorer les commandes, réactivité qu'il est difficile d'avoir en forêt. En effet, les forêts sont des écosystèmes productifs qui évoluent lentement et les plans d'aménagement sont établis pour plusieurs dizaines d'années. Dès lors, le besoin d'informations fiables, facilement utilisables et objectives est nécessaire, à la fois à destination des décideurs et des professionnels.

La connaissance des mécanismes territoriaux est particulièrement importante dans la mesure où les régions jouent un rôle primordial dans le processus de transition vers un fonctionnement durable (Hammer, 2003). C'est à ce niveau que les liens entre fonctions physiques, sociales, économiques et politiques sont les plus forts. De plus, les approches territoriales sont prônées depuis longtemps pour la mise en place de solutions forestières adaptées au niveau local (Code forestier, L. 11-2). Cela s'est par exemple traduit par la mise en place des stratégies locales de développement forestier (loi de modernisation de l'agriculture du 27 juillet 2010) ou, plus récemment, via les programmes régionaux de la forêt et du bois crées par la loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt (loi du 14 janvier 2015).

Un prérequis à la bonne gestion d'une ressource est bien entendu sa connaissance. Si la disponibilité et la qualité de la ressource forestière font déjà l'objet d'études spécifiques (FCBA-IGN, 2012), ce n'est pas le cas des flux de matière associés qui traversent les territoires. Ces flux entre les différents secteurs de la chaîne de transformation constituent pourtant les articulations mêmes de la filière. Ils sont représentatifs de la pression exercée sur la ressource, des méthodes et des difficultés d'approvisionnement des industries mais aussi de la dynamique globale du secteur et de ses relations avec les territoires frontaliers et extranationaux. Afin de cerner au mieux les difficultés potentielles pesant sur la filière et de proposer des solutions pour un fonctionnement durable, une approche quantitative de ces flux est nécessaire. Cette comptabilité matérielle se développe mais reste très peu utilisée au niveau territorial, notamment à l'échelle d'une filière (SOeS, 2014). La feuille de route pour la transition écologique de la conférence environnementale de septembre 2013 stipule, dans son paragraphe sur la déclinaison de l'économie circulaire à l'échelle territoriale, qu'il s'agit pour les régions « d'accroitre la connaissance des flux de déchets et de matières » et de « simplifier et faciliter l'accès à l'information correspondante, y compris pour le citoyen ».

Dans cette optique, il est précisé que « [les régions] se doteront de plateformes de connaissances des flux de matière au niveau territorial et de connexions entre les acteurs » (MEDDE, 2013). Cette étude s'inscrit donc dans un contexte global et répond au besoin exprimé de disposer d'outils fiables d'évaluation des flux de matière à l'échelle des territoires.

Notre approche se distingue de l'écologie territoriale *stricto sensu* en ce sens qu'elle privilégie une entrée par la filière et non par le territoire directement (Barles, 2014). Ainsi, on s'attachera plus à décrire ici ce que l'on pourra qualifier de « métabolisme de filière », en s'intéressant aux relations liant l'amont et l'aval. Le cadre conceptuel est très proche de celui sur lequel s'appuie l'écologie industrielle (EI), c'est-à-dire développer les bases de connaissances afin d'optimiser l'utilisation des ressources et d'améliorer la productivité des filières et des territoires. White (1994) donne une définition assez complète des ambitions de l'EI, il s'agit « de l'étude des flux de matière et d'énergie des activités industrielles et de consommation, des effets de ces flux sur l'environnement et de l'influence des facteurs économiques, politiques, réglementaires et sociaux sur les flux, l'utilisation et la transformation de ressources ». L'enjeu est bien entendu d'apporter des réponses au vu des grandes problématiques actuelles : hausse des coûts de production, impact sur l'environnement et pression sur la ressource (SEEIDD, 2014). Cette approche a d'ailleurs été définie comme prioritaire par le ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie et doit se traduire par la mise en place d'une stratégie nationale de l'écologie industrielle et territoriale (MEDDE, 2013).

L'objectif, dans un premier temps, est donc de développer une méthode d'évaluation des flux de bois à la fois le long de la filière mais aussi de manière spatialisée. Conséquemment à la mise en place de cet outil fonctionnel, l'enjeu est de comprendre les processus qui sont à l'origine des flux afin d'alimenter des modèles de prospective économique et d'étayer les analyses d'acteurs.

2 Matériel et méthodes

2.1 Périmètre de l'étude : la filière forêt-bois dans le Grand-Est

Le Grand-Est tel que nous le définissons ici se compose des 5 régions Alsace, Bourgogne, Champagne-Ardenne, Franche-Comté et Lorraine. Forestières de par leur territoire et leur histoire, ces régions comptabilisent un total de 3,5 millions d'hectares de forêt, ce qui représente 33% de la surface de l'inter-région. Ces régions sont plus boisées que la moyenne française qui s'établit à 28% du territoire national.

2.1.1 Ressource forestière dans le Grand-Est

Avec 27% de couvert forestier, la Champagne-Ardenne est la région la moins forestière du Nord-Est. La forêt y est majoritairement privée (sauf en Haute-Marne) avec 58% de la surface boisée. Ce taux reste cependant bien inférieur à la moyenne française (74% de forêts privées). Le nombre de propriétaires relativement important, ce qui se traduit par un

morcellement de la propriété. Ce point est un frein notable à la mobilisation optimisée de la ressource car les exploitations ne sont pas nécessairement réalisées en concertation. La Bourgogne, avec 2,3 millions d'hectares, est la quatrième région forestière française mais ses forêts sont privées à 68%, ce qui la rapproche de la moyenne française. La situation foncière est bien différente dans les autres régions du Grand-Est. En Lorraine par exemple, l'Office National des Forêts (ONF) gère les deux tiers des surfaces forestières et 25% des 867 000 hectares de forêts lorraines sont domaniales. La Franche-Comté est quant à elle recouverte à près de 45% de forêts, soit plus de 740 000 hectares, ce qui en fait la troisième région française la plus boisée et la première dans le Gand-Est. La forêt est ici aussi majoritairement publique avec 57% de la surface. La plupart sont des forêts communales gérées par l'Office National des Forêts. Une spécificité de la Franche-Comté est le classement de près de 30% de la surface en zone peu accessible, ce qui complique l'accès à la ressource. Les feuillus, tout comme dans les autres régions, y sont largement prédominants avec 63% du volume sur pied. De son côté, l'Alsace, avec 325 000 hectares, soit 38% de la surface, est la sixième région forestière française. Les essences rencontrées sont feuillues à 66% en surface mais seulement à 53% en volume, ce qui souligne le potentiel des résineux comme essence commerciale. La forêt n'est privée que pour 27% de la surface, ce qui est le taux le plus faible de France. Le fait qu'une grande partie de la forêt soit publique tient à des raisons historiques et permet aujourd'hui une mobilisation des bois facilitée. Les tableaux 1 et 2 donnent respectivement la production et les prélèvements effectués dans chacune des 5 régions.

Tableau 1. Somme de production en volume de bois fort tige (en milliers de m^3/an)
Source : IGN, 2015

Type de propriété	Alsace	Bourgogne	Champ. Ard.	F. Comté	Lorraine	Total
Communal	1 459	1 164	1 072	2 504	2 279	8 478
Domanial	656	674	572	367	1 603	3 872
Privé	741	4 914	2 570	2 889	2 511	13 625
Total général	**2 856**	**6 752**	**4 214**	**5 760**	**6 393**	**25 975**

Tableau 2. Somme des prélèvements en volume de bois fort tige (en milliers de m^3/an)
Source : IGN, 2015

Type de propriété	Alsace	Bourgogne	Champ. Ard.	F. Comté	Lorraine	Total
Communal	1 139	726	454	1 829	1 400	5 548
Domanial	509	387	375	245	1 215	2 731
Privé	290	2 276	1 150	1 463	1 020	6 199
Total général	**1 938**	**3 389**	**1 979**	**3 537**	**3 635**	**14 478**

Ces tableaux montrent distinctement une somme de prélèvements bien inférieure à la production totale. Les chiffres indiquent que le potentiel productif des forêts du Grand-Est n'est exploité qu'à hauteur de 55,7%. Toutefois, les résultats ne sont pas les mêmes selon le type de propriété. En effet, la production totale est plus importante en forêt privée alors que les prélèvements y sont significativement moindres. Ce phénomène est surtout marqué en Bourgogne et en Champagne-Ardenne, régions comptant le moins de forêts publiques. La

marge de progression est donc grande mais presque exclusivement localisée en forêt privée. La forêt publique est celle qui contribue le plus largement à la récolte de bois et ce dans les cinq régions de l'étude.

Les forêts du Grand-Est sont toutes majoritairement composées de feuillus, au premier rang desquels les chênes. Cette essence emblématique représente un volume important et offre de nombreux débouchés, notamment dans les produits haut de gamme. Le hêtre est également bien implanté, principalement en Franche-Comté et en Lorraine. Cette essence adaptée aux moyennes altitudes se valorise aujourd'hui avec plus de difficultés. Les résineux sont quant à eux surtout représentés par l'Epicéa et le Sapin que l'on retrouve largement dans les massifs des Vosges et du Jura. On notera aussi un potentiel important en Douglas en Bourgogne, la seule des 5 régions à en posséder des volumes réellement significatifs (principalement localisés dans le Morvan). Ces informations sont reprises et résumées dans la figure 1.

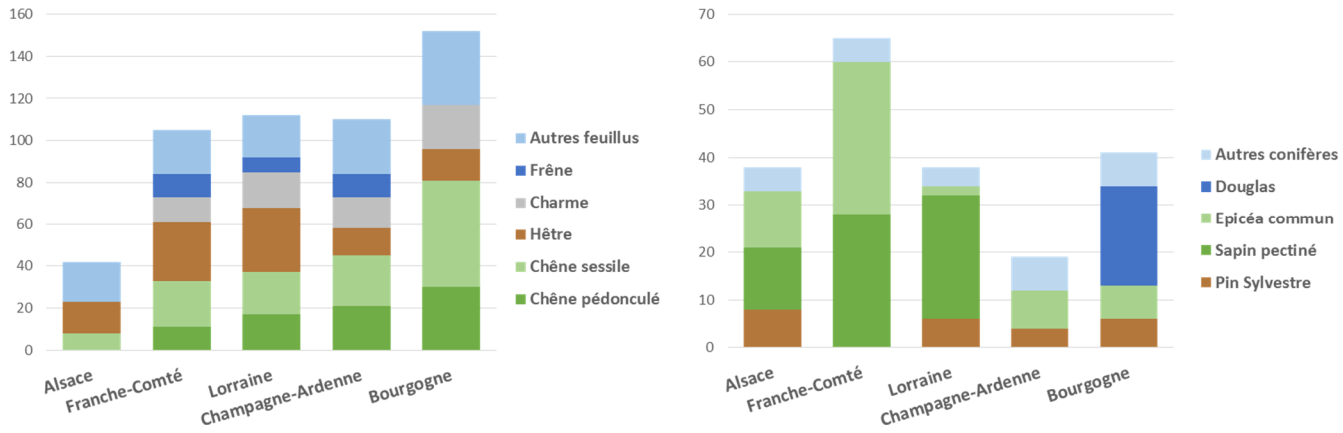


Figure 1. Volumes de bois sur pied par essence et par région (en Mm^3) - Source : IGN, 2014.

Au niveau des essences, il existe donc un fort potentiel de développement dans l'exploitation des feuillus. Toutefois, dans ce cas aussi, l'exploitation est freinée par le morcellement de la forêt privée et la taille insuffisante des parcelles.

2.1.2 Commercialisation des bois

Il existe aujourd'hui différentes manières de commercialiser les bois des forêts publiques. Toutefois ces ventes sont très réglementées et encadrées par le code forestier. Dans sa dernière version, le cadre est fixé par le décret du 29 juin 2012 relatif à la partie réglementaire du code forestier :

> *« Art. R213-26. – Le choix entre la procédure d'adjudication, d'appel d'offres ou de gré à gré est fait par l'Office national des forêts en vue d'assurer la meilleure valorisation et en fonction de la nature et du volume des bois à céder, du nombre et de la taille des entreprises susceptibles de se porter acquéreurs. Des contrats d'approvisionnement pluriannuels peuvent être conclus. »*

Le premier de ces modes de vente, l'adjudication, est aujourd'hui encore le plus répandu en France. Cependant, ce système mis en place au XIX^{e} siècle pour lutter contre la fraude n'est plus réellement adapté à la diversité des besoins de l'industrie (Estrade et Morin, 2006). Les ventes aux enchères perdurent principalement pour des raisons historiques voire traditionnelles[1]. La vente peut se dérouler en séance publique ou privée après publication d'un cahier de vente. Des soumissions sont effectuées par les acheteurs et les lots sont attribués aux meilleures offres lorsque celles-ci sont supérieures au prix de retrait fixé par avance par l'ONF. Ce mode de vente a un impact direct sur les flux de bois en sortie de forêt. En effet, le système d'enchères, de par son ouverture à tous, a favorisé la mise en place de négoce international sur les grumes de feuillus et ainsi profité à l'export de bois rond vers les pays de l'Est et la Chine (Marty, 2010).

Un des meilleurs moyens de pérenniser les flux de bois ronds vers les entreprises de première transformation est donc de garantir l'approvisionnement de celles-ci en local. De plus, ce point à une importance majeure en termes de compétitivité des entreprises (limitation du coût de transport, meilleure gestion des stocks). Garantir une récolte suffisante et développer la contractualisation entre acteurs est actuellement la méthode privilégiée pour y parvenir. Le rapport Attali (2013) propose de revoir à la hausse les objectifs de part de bois contractualisé et à en ajuster les modalités afin de favoriser les contrats à l'unité de produit, plus adaptés aux besoins des industriels (voir encadré 1). La marge de progression est toutefois importante puisqu'en forêt domaniale – là où le contrat est le plus répandu - l'objectif pour 2016 est fixé à 40% ; or en 2013 seul 27,3% du volume total était contractualisé (ONF, 2014). Les contrats d'approvisionnement favorisent l'utilisation locale des bois, généralement à l'usage de la scierie la plus proche. Leur développement est donc susceptible d'avoir une influence majeure sur la répartition des flux de matière.

En forêt privée, les transactions sont bien moins réglementées et le principal mode de vente utilisé est le gré à gré. Il s'agit d'un simple accord entre le propriétaire forestier et l'acheteur qui fait généralement acquisition de bois sur pied. Les appels à la concurrence sont aussi pratiqués bien que dans une moindre mesure. Certains propriétaires fonctionnent aussi par le biais de contrats depuis de nombreuses années. A titre d'exemple, 100 000 m^3 de bois sont contractualisés chaque année en Lorraine (Gipeblor, 2009).

Encadré 1 : Contrats d'approvisionnement

Les contrats d'approvisionnement (CA) sont négociés au gré-à-gré, les bois souvent façonnés et vendus à la mesure. Ils peuvent être annuels ou pluriannuels et ont pour objectif de garantir un approvisionnement régulier et moins coûteux aux entreprises ainsi que de sécuriser les revenus des propriétaires forestiers (ONF, 2009). Ils ont été mis en place après 2005 et la modification du code forestier levant le monopole jusqu'alors occupé par les ventes par adjudication. Cette modification résulte de divers éléments conjoncturels comme la

[1] Le cas des enchères pour les ventes de bois est un cas typique de « dépendance au chemin » et entraîne un « autorenforcement » du système pour et par lui-même. Voir à ce propos Marty (2010).

tempête Klaus de 2009, les contraintes budgétaires de l'ONF ou encore la volonté de préserver une première transformation locale (Marty, 2013). La différence avec une vente classique est que le contrat commercialise un produit particulier et non plus une coupe. Les CA favorisent aussi les circuits courts et donc le développement économique local, c'est pour cette raison que ce mode de vente est aujourd'hui encouragé par la Fédération nationale des communes forestières (FNCOFOR, 2007).

Sur un plan technique, Barkaoui et Dragicevic (2014) ont démontré que, dans le cas des contrats d'approvisionnement, le marchandage de Nash conduisait à un équilibre unique. C'est-à-dire que leur mise en place est favorable aux forestiers et aux scieurs lorsque la variabilité des profits est minimum ; dans notre cas cela s'observe quand « l'intérêt général » et « le pouvoir de négociation » sont des substituts stratégiques (l'augmentation de l'un fait diminuer l'autre). Cela souligne la nécessité d'une volonté politique forte en faveur de ce type de vente. Sur le long terme, la mise en place de CA peut s'apparenter à une forme de restriction verticale, permettant à la fois de réduire les coûts de prospection des scieurs et mieux connecter l'offre à la demande.

2.1.3 Economie de la filière forêt-bois dans le Grand-Est

En Alsace

En Alsace la filière forêt-bois génère environ 20 500 emplois répartis dans 3 100 entreprises dont la grande majorité est de très petite taille (moins de 10 salariés). Le secteur du bois construction est celui qui compte le plus d'établissements et qui créé le plus d'emplois (24% du total). L'Alsace a pour spécificité de compter parmi ses entreprises, deux des plus grandes scieries de résineux françaises. La région est aussi un centre important de production de palettes. Le chiffre d'affaire annuel de la filière est estimé à 3,5 milliards d'euros.

En Bourgogne

La filière forêt-bois représente 1,9% de l'emploi en Bourgogne, soit environ 12 000 salariés répartis dans 1800 entreprises. Les employeurs les plus importants de la région sont positionnés sur le secteur de l'industrie du papier-carton et du sciage. La branche sciage et travail du bois représente en effet 27% de la main d'œuvre, soit 2700 salariés. Le marché des sciages est fortement tourné vers l'exportation : 30% du chiffre d'affaire de ces entreprises est réalisé à l'export.

En Champagne-Ardenne

En Champagne-Ardenne la filière emploie près de 12000 salariés, soit près de 2,5% des emplois de la région. Le département de la Marne, bien que non forestier, concentre à lui seul un tiers des emplois. Ceci est principalement dû à l'implantation d'entreprises liées au bois construction dans le département. Les emplois en forêt ou de première transformation se retrouvent principalement dans les Ardennes et en Haute-Marne, secteurs plus forestiers. La première transformation du bois est le premier secteur employeur de la région avec 34% des emplois et 43% du chiffre d'affaire. En Champagne-Ardenne aussi, 28% du chiffre d'affaire est

réalisé à l'exportation. L'une des spécificités de la région est de contribuer à près de 16% de la production nationale de panneaux grâce à la seule usine Unilin Bazeille.

En Franche-Comté

Au niveau régional, un millier d'entreprises emploie plus de 10 000 salariés et près de 2 200 autres établissements sont gérés en individuel. Ceci représente 2,7% de l'emploi régional total, faisant de l'économie franc-comtoise celle, du Grand-Est, qui dépend le plus de la forêt. Le travail du bois et la première transformation sont ici aussi les secteurs qui pèsent le plus dans l'économie locale même si la région compte bon nombre d'emplois dans les secteurs de la fabrication de meubles et d'objets en bois, principalement localisés dans le Jura. Le chiffre d'affaire de la filière se situe aux alentours de 1,4 milliard d'euros dont 557 millions pour le seul secteur de la première transformation.

En Lorraine

La filière occupe une place importante en Lorraine du fait de la forte présence de la forêt sur le territoire et notamment dans le département des Vosges. Près de 22 900 emplois sont dépendants de l'économie de la forêt et du bois, soit 17% de l'emploi total dans l'industrie. On y observe une prédominance des industries de sciage et du papier-carton même si le bois construction se développe fortement depuis quelques années. Au total, ce sont plus de 4 600 entreprises qui animent le secteur, ce qui correspond à plus de la moitié du nombre d'industries total de la région. Ceci s'explique par le fait que la majorité d'entre elles sont de petites ou très petites entreprises. En Lorraine la filière génère chaque année un chiffre d'affaire estimé à 4,9 milliards d'euros dont, ici aussi, une bonne part est réalisée à l'exportation (31,6%).

La figure 2 donne le nombre d'entreprises liées à l'exploitation et à la première transformation (ici sciage) dans chaque département de l'inter-région. Ceci illustre bien l'importance du secteur en région Lorraine, Alsace et Franche-Comté. On observe aussi que 4 départements font preuve d'une grande densité d'entreprises : le Doubs, les Vosges, le Jura et le Bas-Rhin. Ces départements, majoritairement montagneux, sont aussi ceux au sein desquels l'industrie du résineux est la plus présente, témoins, une fois encore, de l'importance de ces essences sur le plan commercial.

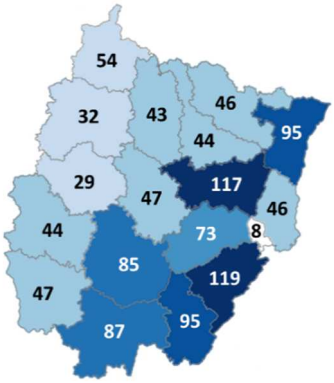


Figure 2. Nombre d'entreprises (exploitation forestière et sciage) par départements.

En définitive, la filière forêt-bois est un secteur dynamique dans chacune des 5 régions. Pourvoyeuse d'emplois non négligeable, elle contribue largement à l'activité en milieu rural. Du fait de l'implantation d'industries importantes, certaines régions sont spécialisées sur des produits spécifiques : papier en Lorraine, sciages et bois construction en Alsace par exemple. Une caractéristique commune à ces régions semble être qu'une part importante de leur chiffre d'affaire est réalisée à l'exportation : environ 30% contre seulement 19,4% de moyenne nationale. Ceci peut s'expliquer par la position centrale du Grand-Est au sein de l'Europe et par la proximité des frontières.

2.2 Analyse de flux de matière

L'analyse de flux de matière (AFM) est une approche quantitative permettant de comprendre le fonctionnement physique de systèmes complexes. Cette technique met en avant les relations qui existent entre les différents acteurs d'un territoire en mettant en évidence les liens entre ressource, production et consommation. Il s'agit donc d'une analyse tout au long de la chaîne de transformation, s'intéressant aux entrées et aux sorties de chaque secteur. L'objet de l'étude peut être une molécule (un polluant, un polymère), un élément (carbone, azote, phosphore) ou un matériau comme dans notre cas : le bois.

Ce champ de recherche a pris de plus en plus d'importance et est désormais considéré comme un outil légitime d'aide à la décision (Bringezu et Moriguchi, 2002). Jusqu'à présent la plupart des études intégrant une approche par l'AFM ont été réalisées au niveau national (Eurostat, 2001) et ce depuis relativement longtemps (Wernick et Ausubel, 1995). Toutefois, les résultats semblent avoir eu assez peu de répercussions au niveau local et sont peu utilisés par les décideurs. Parmi les causes identifiées, le manque de cadre méthodologique au niveau régional est pointé du doigt. Cependant un guide a été publié par le ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (SOeS, 2014), proposant une méthodologie détaillée pour la réalisation d'AFM à l'échelle régionale. Le second point concerne la faible disponibilité des données et la forte incertitude qui leur est associée, problème récurrent en analyse de flux de matière (Darius et Burström, 2001). La suite de cette étude a pour objectif de contourner ces limites en se basant sur une méthode de réconciliation des données développée par Courtonne *et al.* (2015). Binder (2007) recense trois cas dans lesquels l'AFM peut être utilisée à l'échelle territoriale :

- Mettre en place des mesures afin d'améliorer la gestion des ressources d'un territoire (par exemple optimiser l'exploitation, la consommation et la protection de l'environnement sur une zone donnée).
- Servir d'outil complémentaire pour l'évaluation des politiques publiques locales.
- Elaborer et tester des scénarios de développement socio-économique régionaux.

Les possibilités de valorisation des résultats sont donc nombreuses, directement applicables et peuvent permettre de répondre à la fois aux attentes de la société, des industriels et des institutions.

2.2.1 Sources des données

La récolte des données constitue une des étapes clés de l'analyse de flux de matière. Cette phase, impossible à automatiser, consiste à rassembler des données de sources, de qualité et de disponibilité très variables. Le choix de ces sources est très spécifique et dépend des caractéristiques des territoires et des filières faisant l'objet de l'analyse. Il est crucial d'être le plus transparent possible sur ce point afin d'assurer la traçabilité des données et la fiabilité de l'étude. De plus, cette organisation a pour but de permettre une mise à jour facilitée des données pour un suivi des flux dans le temps.

Pour notre étude, une grande partie des données utilisées provient de dispositifs statistiques nationaux tels le Service de la statistique et de la prospective (SSP) du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF), le Service observation et statistiques (SOeS) du ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE) ou l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE). D'autres organismes publics sont aussi sollicités comme l'Inventaire forestier national de l'Institut géographique national (IGN), l'Institut technologique FCBA et l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME). Enfin, certaines données proviennent d'organisations professionnelles comme l'Union française des industries des cartons, papiers et celluloses (COPACEL), l'Union des fabricants de contreplaqué (UFC – Contreplaqué) et l'Union des industries des panneaux de process (UIPP). La liste des produits considérés est donnée dans le tableau 3 avec les sources de données associées.

Tableau 3. Source de donnée sollicitée pour chaque produit. Fs : Feuillus ; Rx : Résineux

Produit	Source de données	Unité	Echelon territorial	Périodicité
Bois sur pied	IGN	m^3 bois	Département	Annuel
Bois d'œuvre Fs/Rx	SSP	m^3 bois rond	Département	Annuel
Bois de trituration Fs/Rx	SSP	m^3 bois rond	Département	Annuel
Bois bûche	SSP, ADEME	m^3 bois	Département	Annuel, ponctuel
Plaquettes forestières	SSP	m^3 plaquettes	Département	Annuel
Résidus d'exploitation	IGN	m^3 bois	Département	Annuel
Traverses	SSP	m^3 sciage	Département	Annuel
Merrain	SSP	m^3 sciage	Département	Annuel
Sciages, avivés Fs/Rx	SSP	m^3 sciage	Département	Annuel
Connexes de scierie	SSP	tonne	Département	Annuel
Plaquettes de scierie	SSP	tonne	Département	Annuel
Placages	SSP	m^3 placage	Département	Annuel
Pann. particules et OSB	FCBA, UIPP	m^3 panneau	Pays	Annuel
Contre-plaqué	UFC	m^3 contre-plaqué	Pays	Annuel
Parquet	FCBA	m^2 parquet	Pays	Annuel
Palette et emballage	FCBA	tonne	Pays	Annuel
Pâte à papier	COPACEL	tonne	Pays	Annuel
Papiers, cartons	COPACEL	tonne	Pays	Annuel
Déchets bois	INSEE	tonne	Département	Annuel

Les enquêtes annuelles de branche - Agreste

Les enquêtes annuelles de branche sont réalisées à la demande du ministère en charge de l'agriculture, sous la responsabilité du Service de la Statistique et de la prospective. Dans les faits, elles sont portées par les services économiques des différentes DRAAF. Leur objectif est de connaître le plus précisément possible les quantités physiques produites par les activités d'exploitation forestière et de première transformation (principalement sciage). L'enquête est obligatoire et exhaustive depuis 2009, c'est pourquoi nous avons fait le choix de considérer la période 2009-2013 (moyenne sur 5 ans). Dans la plupart des cas, un agent se déplace directement dans l'entreprise afin de compléter les questionnaires qui sont ensuite traités à Toulouse. Il existe en réalité deux enquêtes distinctes. La première, l'enquête « Exploitation forestière », comptabilise les produits de l'exploitation, qu'ils soient vendus sur pied ou en régie, par essence et par département. Elle comprend notamment les données de l'Office national des forêts (ONF), gestionnaire des forêts publiques. Les chiffres sont annoncés en m^3 bois rond sur écorce. La seconde, l'enquête « Scierie », donne la production de sciages et de produits connexes commercialisés. Les résultats sont exprimés en m^3 de produit ou en tonne lorsque cela est plus approprié (cas des produits connexes). La diffusion des données est strictement soumise au secret statistique, il n'est donc pas possible d'obtenir de chiffres pour les zones comprenant moins de trois entreprises du même secteur. Ceci ne constitue pas une contrainte dans notre cas, la zone d'étude étant assez large.

2.2.2 Données de flux régionaux et internationaux

Deux sources de données sont utilisées pour quantifier les flux de bois. Les flux régionaux et interrégionaux sont donnés par le système d'information sur les transports de marchandises (SitraM), alors que les flux internationaux sont fournis par les données du service des douanes (Figure 3).

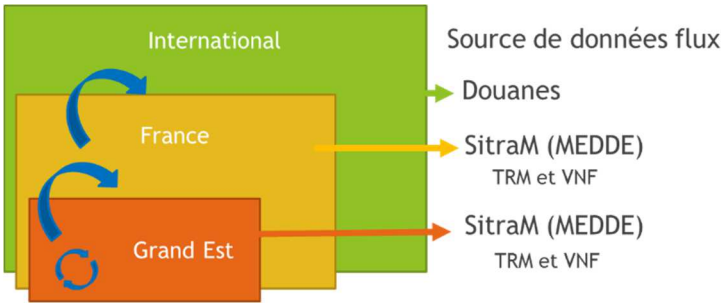


Figure 3. Sources de données pour les flux de marchandises selon l'échelle territoriale.

La base de données SitraM fournit des informations sur les importations et les exportations des départements français. Ce service est assuré par le Bureau des statistiques et de la multimodalité du MEDDE et compile les résultats de différentes sources : l'enquête statistique sur le transport routier de marchandises (TRM) et les données de Voies navigables de France (VNF). On pourra noter que suite à l'ouverture à la concurrence du transport ferroviaire en 2006, la Société nationale des chemins de fer (SNCF) ne fournit plus de données concernant le transport de marchandises sur rail. Cette base de données, bien que pratique,

se heurte à certains problèmes de représentativité, notamment dans le cas des produits bois, ce qui limite son utilisation (Encadré 2).

Encadré 2 : Précautions à l'emploi de la base de données SitraM

Depuis 2009, les données sont ordonnées selon la nomenclature uniforme des marchandises pour les statistiques de transport (NST 2007). Bien qu'à son niveau le plus fin la nomenclature offre 382 positions, seul un faible nombre est relatif au bois. Nous en utilisons 8 dont certaines sont très agrégeantes, c'est par exemple le cas des positions 0151 « Grumes de conifères, de feuillus, de bois tropicaux » et 0152 « Autres bois en grume » qui concentrent 5 des produits initiaux que nous avons considérés dans l'étude. Ces agrégations, si elles sont trop nombreuses, rendent les résultats finaux par produit moins fiables.

L'enquête TRM étant statistique, sa fiabilité augmente avec le nombre d'occurrences, c'est-à-dire le nombre de transporteurs sondés. Si la représentativité statistique est bonne à l'échelle nationale, elle l'est moins au niveau local (SOeS, communication personnelle, 2015 ; ADEME, 2014). De plus, les données concernent les marchandises transportées sur un même véhicule depuis son point de chargement jusqu'à son déchargement, la base SitraM ne permet donc pas de prendre en compte les ruptures de charges.

Il est toutefois possible d'estimer l'incertitude liée aux données provenant de SitraM. Ce travail est actuellement réalisé par l'équipe STEEP de l'INRIA Grenoble. L'enquête est réalisée sur la base d'un sondage à probabilités inégales. L'estimateur de Horvitz-Thomson est sans biais et permet notamment d'obtenir une estimation du total des marchandises transportées en tonnes :

$$\hat{T} = \sum_{i \in S} \frac{y_i}{\pi'_i}$$

Avec y le camion transportant la marchandise et π la probabilité d'échantillonnage du véhicule. Cette valeur est communiquée par le SoeS et dépend des données d'immatriculation (âge du véhicule, charge utile et activité NAF de l'entreprise). Afin d'obtenir une estimation pour un produit, une provenance et une destination donnée, on ajoute un indice d'appartenance à la sous-population ciblée (δ) :

$$\widehat{T_a} = \sum_{i \in S} \frac{\delta_{a,i}\, y_i}{\pi'_i}$$

Il est ensuite possible d'obtenir l'intervalle de confiance à un degré de confiance $\alpha - 1$ pour l'estimation du total :

$$IC_{1-\alpha}(T_a) = \left[\widehat{T_a} - u_{1-\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\widehat{Var}(\widehat{T_a})}\,;\ \widehat{T_a} + u_{1-\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\widehat{Var}(\widehat{T_a})}\right]$$

Où $u_{1-\frac{\alpha}{2}}$ est le fractile d'ordre $1 - \frac{\alpha}{2}$ de la loi normale centrée réduite $N(0,1)$.

Les données fournies par le service des douanes sont quant à elles exhaustives et disponibles à un meilleur niveau de détail. Elles permettent d'estimer les flux relatifs au commerce extérieur de la France, c'est-à-dire les importations et exportations à

l'international. Différents changements et ajustement de nomenclature ont eu lieu au cours des dernières années, compliquant le suivi dans le temps de ces flux. De plus, les quantités de produits échangés n'ont pas été relevées en masse entre 2006 et 2011. Depuis 2012, en revanche, les données sont à nouveau disponibles en valeur et en masse. Les résultats doivent là aussi être observés avec précaution car le service des douanes répertorie comme régions d'origine et de destination uniquement les régions procédant à l'échange international. En d'autres termes, la région d'origine dans le fichier douanes ne correspond pas nécessairement à la région de production de la marchandise. Pour cette raison, il n'est ni possible de connaître la provenance exacte d'un produit d'importation ni la destination finale d'un produit d'exportation.

2.2.3 Définition d'une unité de référence

Une analyse de flux efficace ne peut se faire que si l'unité utilisée est homogène du début à la fin de la chaîne de valeur. Or les quantités de bois et des produits dérivés sont connues pour être exprimées dans des unités très différentes. A titre d'exemple, les produits connexes de scierie sont généralement exprimés en tonne, la production de panneaux de particules en mètre cube et le parquet en mètre carré. Devant cette grande diversité, il semble nécessaire de définir une unité comptable unique. L'unité de référence la plus couramment utilisée est le mètre cube équivalent bois rond, ce qui revient à convertir les quantités de produits en quantité de grumes nécessaire à la fabrication de ces derniers (UNECE, 2011 ; Xu *et al.*, 2010). Or cette conversion prend en compte les pertes lors de la transformation. Etant donné que nous nous intéressons aussi aux flux de produits connexes et de recyclage, il n'est pas possible d'utiliser cette méthode. L'emploi d'une unité homogène a été proposé et utilisé par Weimar (2011) et Bösch (2015), il s'agit du mètre cube équivalent bois fibre, m^3[f]. Le facteur de conversion *F* est calculé de la manière suivante :

$$Bois\ fibre_m = Produit_m - \Delta Eau_m - \sum_{i=1} Autres\ constituants_{mi}$$

Avec *m* la masse de l'objet considéré et ΔEau l'eau de process. Les autres constituants sont les constituants « non-bois » du produit (colles et traitements). L'objectif est ensuite de déterminer le volume de bois :

$$Bois\ fibre_v = \sum_{j=1} \frac{Bois\ fibre_m}{\frac{D_j}{\alpha_j}}$$

Avec *v* le volume en m^3 de bois dans l'objet considéré, D_j la densité de l'essence *j* et α_j la part de l'essence *j* dans le mix matière. On obtient alors le coefficient de conversion *F* :

$$F = \frac{Bois\ fibre_v}{Produit_v}$$

Les différents coefficients de conversion utilisés sont présentés dans le tableau 4. Les données fournies par les services des douanes sont traitées de manière légèrement différente. En effet, les seules unités disponibles sont la tonne ou la valeur en euros. Un coefficient de conversion basé sur la densité moyenne des bois est donc utilisé avant d'appliquer le facteur *F* à chaque produit. Pour les bois ronds la densité considérée est celle du bois à l'état vert, pour les sciages et avivés le taux d'humidité moyen a été calculé d'après les données du Commerce du bois (2015) et équivaut à 17,2% d'humidité relative dans le produit fini.

Tableau 4. Facteur de conversion pour passage en m^3[f]. D'après Weimar (2011)

Produit	Unité d'origine	*F*
Bois sur pied	m^3	1
Bois d'œuvre	m^3	1
Bois de trituration	m^3	1
Bois bûche	m^3	1
Plaquettes forestières	m^3	1
Traverses	m^3	1
Merrain	m^3	1
Sciages, avivés	m^3	1
Connexes de scierie	Tonne	1
Plaquettes de scierie	m^3	1
Placages	m^3	1
Panneaux de particules	m^3	1.25
Panneaux de fibres	m^3	1.47
MDF	m^3	1.39
Contre-plaqué	m^3	0.96
Parquet	m^2	0.015
Palette et emballage	Tonne	1
Pâte à papier mécanique	Tonne	2.22
Pâte à papier chimique	Tonne	2.13
Vieux papiers	Tonne	1.54
Papiers, cartons	Tonne	1.54
Déchets bois	Tonne	1

2.2.4 Modélisation et réconciliation des données

Les données qu'il est possible d'obtenir sont donc d'origine et de nature très diverses. Il est nécessaire, afin de réaliser une AFM, d'harmoniser les données disponibles et de pallier l'absence de données manquantes. Nous utilisons pour cela un outil de modélisation développé par l'équipe STEEP de l'INRIA.

Tableaux d'emploi-ressource

La première étape de modélisation consiste à regrouper les données et à les organiser de manière cohérente. Différentes techniques existent, parmi lesquelles l'utilisation de tableaux d'emploi-ressource (*supply-use tables*). Ces tableaux permettent notamment de

décrire l'utilisation et la production de biens par les différents secteurs, c'est-à-dire les acteurs de la filière. Leur utilisation dans le cadre d'une AFM n'est pas récente et leur pertinence a été démontrée (Hekkert, 1999 ; Konjin, 1997). En effet, ils offrent un aperçu intégral des flux de matière ou de valeur dans l'économie. Il est donc possible de savoir quelle industrie produit chaque produit et quel secteur le consomme, ce à quoi viennent s'ajouter les données d'import-export et la consommation finale. Ces tableaux sont complétés à la main grâce aux données récoltées et se présentent sous la forme suivante (Tableau 5):

Tableau ressource

	Secteur 1 . . . Secteur *m*	Imports
Produit 1 ... Produit *n*	$V_{ij}(n,m)$	$I_i(n,1)$

Tableau emploi

	Secteur 1 . . . Secteur *m*	Exports	Consommation
Produit 1 ... Produit *n*	$U_{ij}(n,m)$	$E_i(n,1)$	$C_i(n,1)$

Tableau 5. Tableaux d'emploi-ressource théoriques

La même organisation de l'information est utilisée pour identifier les sources de données ce qui permet d'identifier rapidement les organismes sollicités. L'objectif est de faciliter la mise à jour ultérieure des tableaux afin d'opérer un suivi dans le temps des flux de matière.

Réconciliation des données

Bien que les données soient rassemblées dans un même tableau et qu'elles utilisent la même unité homogène, elles ne sont pas pour autant réconciliées. Toute analyse de flux doit répondre aux impératifs de la loi fondamentale de conservation de la masse. Il s'agit donc de respecter la maxime attribuée à Antoine Lavoisier : « Rien ne se perd, rien ne se créé, tout se transforme ». Ainsi, la masse de biens produite par un secteur est nécessairement égale à la masse de ressources entrantes dans ce dernier (4).

$$\sum_j V_{ij} + I_j = \sum_j U_{ij} + E_i + C_i$$

Or ce précepte n'est quasiment jamais respecté en raison de l'hétérogénéité des sources de données et des incertitudes liées. Une étape de réconciliation, c'est-à-dire d'ajustement des valeurs entre-elles est donc nécessaire. L'objectif est alors d'imposer un jeu de contraintes sur les données et de résoudre un système d'équations grâce à un algorithme automatisé. Cette méthode est proposée et décrite en détails par Courtonne *et al.* (2015). Les contraintes appliquées dans notre cas sont au nombre de quatre : conservation de la masse pour chaque produit, conservation de la masse pour chaque secteur à l'exception de la production biologique des forêts (ce qui signifie que la quantité de matière en entrée et en sortie – par exemple – de scierie, est la même), termes positifs ou nuls, majorité des termes égale à zéro. Le but est donc d'opérer une optimisation sous contraintes visant à minimiser l'écart entre les données d'entrée et les estimations en sortie. La minimisation utilise ici la méthode des

moindres carrés et se présente sous la forme suivante (les variables sans chapeau sont les données d'entrée, les variables avec chapeau sont les estimations) :

$$\min\left(\sum_i \sum_j \frac{(\hat{V}_{ij} - V_{ij})^2}{\sigma_{Vij}} + \sum_i \sum_j \frac{(\hat{U}_{ij} - U_{ij})^2}{\sigma_{Uij}} + \sum_i \frac{(\hat{I}_{ij} - I_{ij})^2}{\sigma_{Iij}} + \sum_i \frac{(\hat{E}_{ij} - E_{ij})^2}{\sigma_{Eij}} + \sum_i \frac{(\hat{C}_{ij} - C_{ij})^2}{\sigma_{Cij}}\right)$$

Sous les contraintes :

$$\begin{aligned} &\textstyle\sum_j \hat{V}_{ij} + \sum_j \hat{U}_{ij} + \hat{E}_{ij} + \hat{C}_{ij} && i = 1 \dots n \\ &\textstyle\sum_i \hat{V}_{ij} = \sum_u \hat{U}_{ij} && j = 1 \dots m \\ &\hat{X} \geq 0 && Avec\ X\ représentant\ les\ matrices\ V, U, I, E\ ou\ C \end{aligned}$$

La minimisation est réitérée 1000 fois via des simulations de Monte-Carlo ce qui permet d'obtenir une estimation (valeur moyenne des sorties) ainsi qu'un intervalle de confiance pour chaque variable. Cette information nous permet de savoir quel flux a été réajusté avec le plus de fiabilité. Finalement, la résolution de ce programme de minimisation sous contraintes nous permet d'obtenir des valeurs de flux réconciliées qui sont ensuite intégrées dans un nouveau tableau d'emploi-ressource.

Descente d'échelle

L'intérêt de la démarche étant d'obtenir des résultats interprétables au niveau régional, il convient donc de réitérer la démarche précédente pour chacune des régions de l'étude (*downscaling*). Or, si les données restent relativement accessibles à l'échelle nationale, certaines ne le sont pas localement (en particulier les données provenant d'enquêtes nationales ou d'unions de producteurs). Les postes qui le peuvent sont complétés à l'aide des données régionales, les autres sont estimés à l'aide de proxys. Les proxys sont des indices calculés sur la base de données socio-économiques, démographiques, de structures de l'industrie ou même bioclimatiques. Ils permettent, par l'application de coefficients, d'attribuer une part du volume national à chaque région productrice. Bien entendu, l'utilisation de proxys sous-entend l'acceptation d'un certain nombre d'hypothèses qui leur sont propres. La figure 4 donne un exemple d'application pour le produit *Papiers, cartons*.

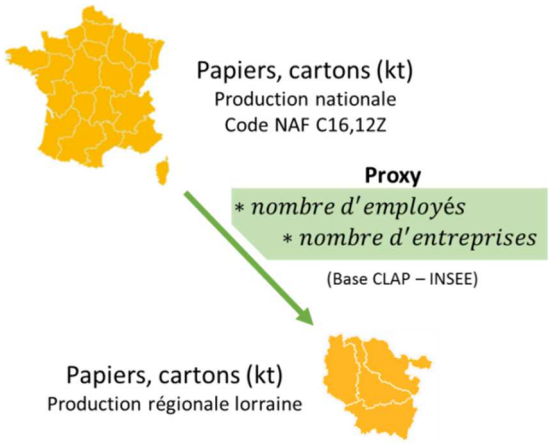


Figure 4. Exemple d'utilisation d'un proxy pour régionaliser une production. Ici la valeur du proxy est déterminée grâce à la base de données « Connaissance Locale de l'Appareil Productif » (CLAP) de l'INSEE.

Automatisation du processus

Il n'est pas réaliste d'effectuer manuellement l'ensemble des opérations précédentes pour chacune des régions de France, ni même pour toutes les régions du Grand-Est. Le recours à des outils plus puissants que des tableurs et l'automatisation de certaines étapes est nécessaire. La figure 5 reprend les différentes étapes de la modélisation avec en bleu les phases manuelles et en vert les phases automatisées. Compte-tenu de la grande quantité d'informations à gérer, les données sont traitées dans une base gérée par SQLite. La phase d'optimisation, quant à elle, est effectuée sous MatLab.

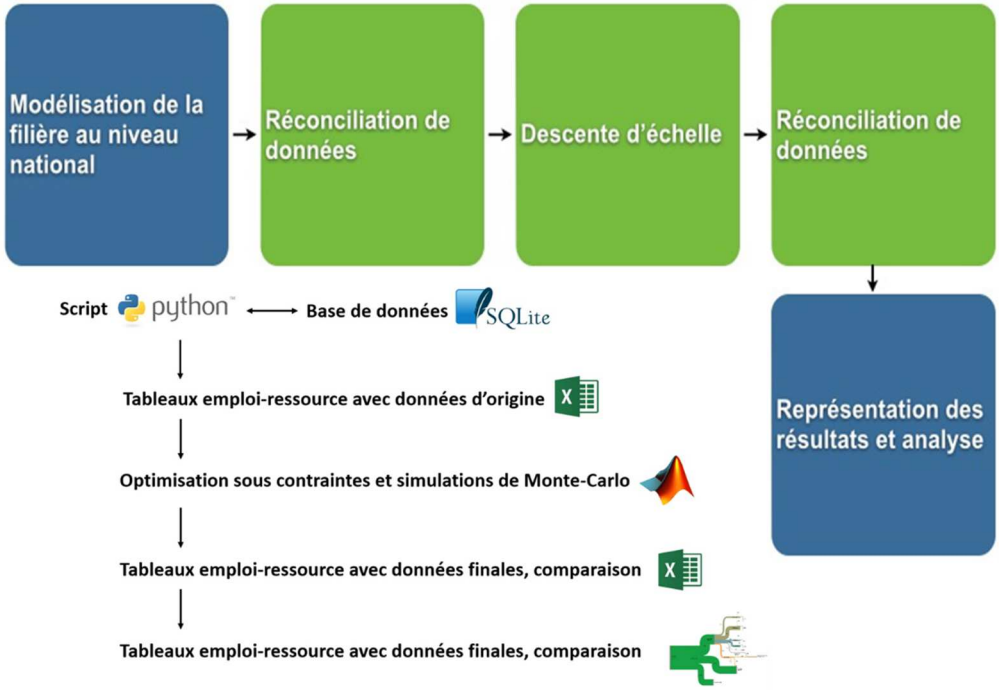


Figure 5. Récapitulatif des différentes phases de la modélisation et outils associés à chaque étape.

Cette organisation et l'automatisation d'une part importante du processus permettent d'obtenir un grand nombre de résultats (des données réconciliées pour chaque région) mais constituent également la garantie que le système peut être suivi dans le temps. Une mise à jour ultérieure sera en effet facilitée par l'existence d'un cadre de travail préétabli.

2.2.5 Représentation graphique

Une fois les données réconciliées et disponibles à l'échelle souhaitée, il convient de les présenter de la manière la plus intuitive et la plus visuelle possible. L'objectif étant de rendre les résultats accessibles, une représentation graphique est donc le meilleur moyen d'y parvenir. Les flux de matière entre les différents éléments d'un système complexe sont efficacement observables en utilisant un diagramme de Sankey (Schmidt, 2008). Ce terme générique recoupe de nombreuses variantes mais les principes de base restent les mêmes : le diagramme représente des quantités dans une unité fonctionnelle ou une unité de produit, la

largeur des segments symbolisant les flux est proportionnelle à la taille de ces derniers, les stocks ne sont pas pris en compte et la conservation de la masse (ou de l'énergie) est respectée. Dans notre cas, des diagrammes de Sankey ont été produits en utilisant à la fois des volumes de matière (en m^3[f]) et des valeurs (en euros) comme unité. Un exemple de représentation de Sankey est donné en Figure 6, la lecture se fait de gauche à droite.

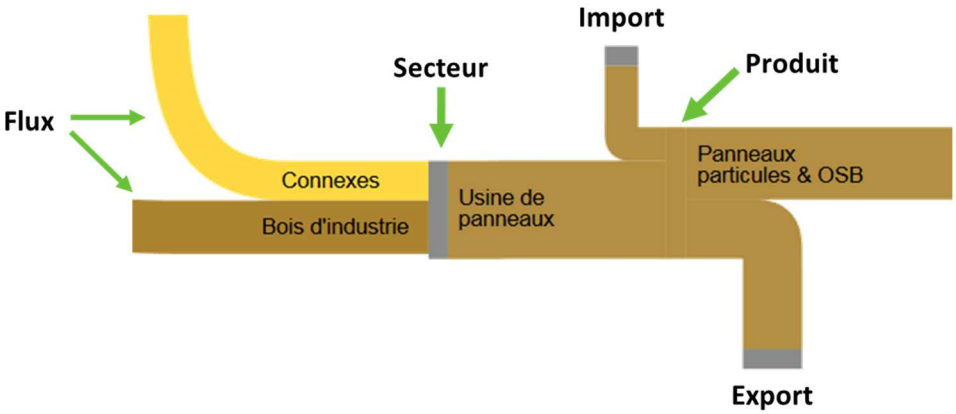


Figure 6. Représentation de flux selon le modèle de Sankey – Exemple des panneaux de bois

2.3 Prospective économique

L'écologie industrielle et l'analyse de flux de matière peuvent être un bon support pour des travaux à visée prospective. L'idée sous-jacente est de se demander comment il pourrait en être autrement suite, par exemple, à une modification d'un ou plusieurs paramètres du système socio-économique (prise de conscience, aléa économique ou changement de réglementation). Le potentiel d'anticipation porté par une telle analyse est souligné par Lifset et Graedel (2002). Le modèle bio-économique FFSM (*French Forest Sector Model*) a été développé par Caurla (2012) comme un outil de recherche en économie à visée prospective. Il est donc possible de l'utiliser afin d'anticiper l'évolution de certaines variables liées à la filière comme les niveaux d'offre, de demande, d'import et d'export. C'est ce que nous proposons de faire afin d'évaluer l'impact de certaines politiques économiques sur les flux de bois dans la filière.

2.3.1 Le modèle FFSM

Le modèle est basé sur deux modules récursifs : l'un centré sur l'économie de la filière forêt-bois, l'autre, reflet de la dynamique de la ressource forestière. Le premier calcule un niveau de prélèvement optimal afin de répondre aux contraintes du marché relatives à chaque produit considéré. Le second module joue un rôle limitant : il impose une disponibilité maximale en fonction de la production biologique des forêts. L'imbrication étant récursive, chaque module influence l'autre à l'année $n + 1$ (figure 7). Ceci implique aussi que le modèle doit être calibré pour une année de référence à l'aide de données réelles comme le prix des biens, les quantités disponibles ou encore l'offre et la demande. Le modèle effectue alors une projection sur le nombre d'années voulu comme le ferait une suite mathématique, dans notre

cas, le maximum est fixé à 30 ans. La spécificité de FFSM est d'associer deux théories mathématiques au sein de son module économique : la théorie du prix d'équilibre spatial de Samuelson et la théorie de substitution imparfaite entre biens domestiques et biens étrangers d'Armintgon. Toutes deux interviennent dans le calcul du prélèvement optimal en forêt. La première fait valoir que les échanges de biens sont optimaux lorsque tous les agents économiques en présence parviennent à maximiser leur profit, la seconde présente les produits locaux et importés comme des substituts imparfaits ce qui permet d'engendrer une préférence ou non à la consommation locale. Enfin, le modèle peut être calibré à l'échelle régionale et recouper ainsi le cadre spatial de notre étude. Toutefois seul le niveau national est traité dans ce rapport[2].

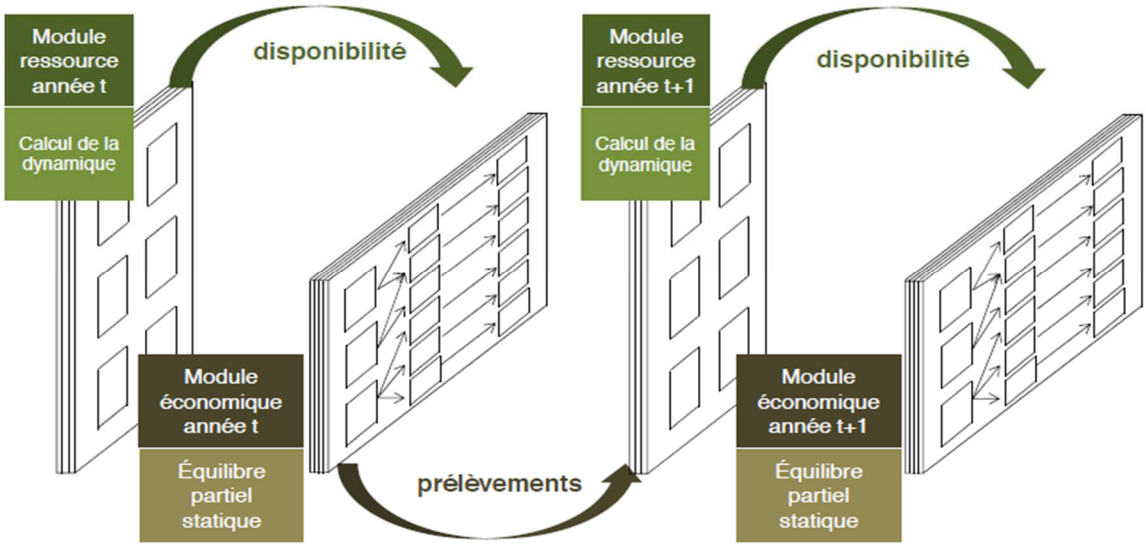


Figure 7. Structure récursive et modulaire du modèle FFSM (d'après Caurla, 2013)

L'objectif est ici de coupler les approches du modèle de réconciliation des données et de FFSM. Ainsi, les données de sortie du premier modèle (données réconciliées) sont utilisées comme données d'entrée pour calibrer FFSM. Ce dernier permet d'obtenir des variations de quantité relatives pour les différents produits à $t + 15$ en fonction des scénarios testés. Grâce à ces résultats, il est possible de tracer des diagrammes de Sankey correspondants aux flux impactés par les politiques définissants les scénarios et ainsi, de les analyser.

Si FFSM a déjà été mis à contribution lors de la réalisation d'expertises avec notamment la volonté d'en faire un outil d'aide à la décision, Caurla (2014) précise : « un modèle comme FFSM est utilisé pour mettre en évidence l'ordre de grandeur d'un phénomène […] et pour analyser la sensibilité d'un mécanisme à la valeur d'un paramètre. Sa portée ne se veut pas prédictive […] mais bien analytique ». Aussi il convient de rappeler que tout résultat issu d'une

[2] Le niveau régional sera traité dans une analyse ultérieure, la charge de travail représentée n'étant en effet pas compatible avec la durée de ce stage.

modélisation n'est pas à considérer dans sa valeur absolue, chaque modèle fonctionnant comme une représentation simplifiée de la réalité.

2.3.2 Scénarios prospectifs

Trois types de politiques ont été testés à l'aide du modèle FFSM. La première (P1), examine l'effet d'une subvention à la consommation de sciages et de placages, la seconde (P2), analyse l'effet d'un surcoût lié à l'exportation du bois d'œuvre et la troisième (P3) s'intéresse à l'impact d'une subvention destinée aux transformateurs. Afin de pouvoir être comparées, ces politiques doivent être calibrées sur une base commune. Dans notre cas, l'objectif fixé est une réduction de 20% de l'export de bois d'œuvre (toutes essences confondues) non transformé. Cet objectif est établi sur la base du niveau de surcoût à l'exportation – qui toutefois reste hypothétique – estimé par les experts du domaine (P2).

Politique 1 : Subvention à la consommation de sciages

Une subvention est une aide publique, directe ou non, permettant de soutenir une activité ou d'encourager une action. En termes économiques, elle permet de créer un écart entre le prix de marché P_M qui est le prix « réel » du bien et le prix perçu P_P qui correspond au prix payé par le consommateur (Figure 8). Le montant total de la subvention est alors de $S = P_M - P_P$. Ce décalage permet d'engendrer deux types de gains de surplus[3] : un gain de surplus producteur entre le prix d'équilibre P_0 et P_M (représenté par la surface jaune) et un gain de surplus consommateur entre P_0 et P_P (représenté par la surface bleue). Ces gains sont calculés en référence à la situation d'équilibre initiale. Une subvention à la consommation revient à artificiellement déplacer – c'est une vue de l'esprit – la courbe de demande vers la droite (courbe en pointillés). Ceci traduit la capacité du consommateur à payer plus cher la même quantité de bien, même si, dans les faits, le prix payé est moindre grâce à l'effet compensateur de la subvention. On observe donc un changement dans les quantités échangées : Q_0 représente la quantité de bien échangée à l'équilibre initial et Q_M, la quantité échangée après subvention. Afin d'obtenir une réduction de 20% de l'export dans le modèle, le niveau de subvention est calibré par un processus de tâtonnement à 70% pour les sciages feuillus et à 55% pour les sciages résineux et les placages.

Politique 2 : Surcoût à l'exportation de bois ronds

Les grumes, notamment non-écorcées, sont des vecteurs privilégiés de dissémination d'insectes et autres pathogènes. La certification phytosanitaire a pour objectif la maîtrise de ces risques et de nombreux pays demandent désormais que les produits bois d'importation soient traités afin de répondre à leurs exigences. Le nombre de certificats phytosanitaires augmente chaque année pour les bois à l'exportation. On note par exemple une hausse de

[3] Le surplus est la différence entre le prix auquel l'acteur économique est prêt à vendre/acheter un bien et le prix réellement obtenu/payé par ce dernier.

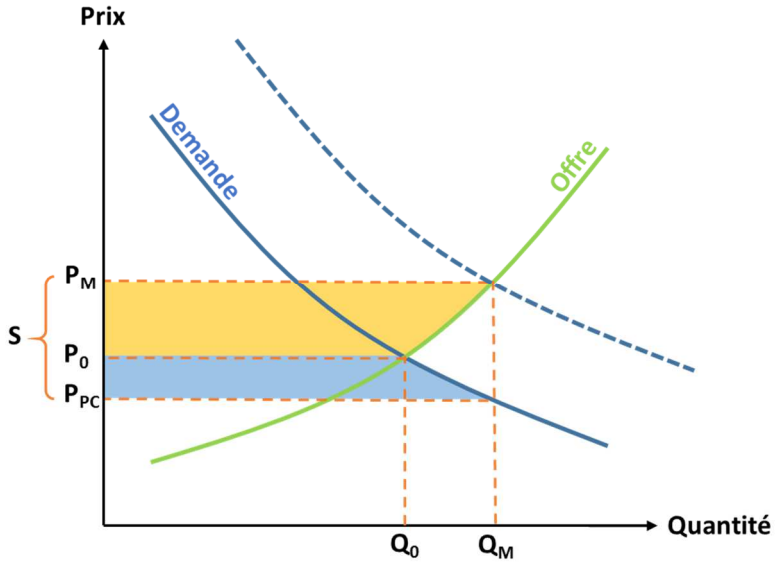


Figure 8. Effet d'une subvention au consommateur sur l'offre et la demande (Politique 1).

10% du nombre de certificats délivrés entre 2012 et 2013 (CGAAER, 2014). La principale essence concernée est le Chêne suivie, dans une moindre mesure, du Hêtre et de l'Epicéa. Il est intéressant de noter que 65% du volume certifié concerne les bois bruts, c'est-à-dire les grumes non transformées. La base de données Phytopass qui recense les certificats phytosanitaires délivrés fait état, pour le Grand-Est, de 2050 documents délivrés en 2013 dont la majorité en Lorraine et en Bourgogne (plus de 500 dans chaque cas).

Il est possible qu'à moyen terme, l'import-export d'un nombre croissant d'essences soit soumis à l'obtention de certificats phytosanitaires et à la mise en place de traitements préalables. Or ces traitements représentent un coût qui serait alors répercuté sur le prix des grumes, rendant leur prix moins attractif. L'idée est que cette hausse du prix à l'export pourrait limiter la vente de bois ronds à l'international et qu'un report s'effectuerait sur le marché national. Le prix du traitement est estimé à environ 10€/m^3 (DRAAF, communication personnelles, mai 2015).

Politique 3 : Subvention à destination des transformateurs

Il est aussi possible de mettre en place des subventions visant un autre chaînon de la filière. Si la politique P1 vise une subvention de l'aval de la filière, la P3 s'intéresse à une aide plus en amont, au niveau de la transformation. Le mécanisme économique est similaire à celui expliqué précédemment. Toutefois, agir au niveau de la transformation revient à modifier à la fois l'offre et la demande. Ceci traduit que, grâce à la subvention, les producteurs pourront vendre moins cher la même quantité de biens alors même que les consommateurs serraient prêts à payer plus pour l'obtenir. L'équilibre de marché n'est alors plus atteint au point α mais en α' (Figure 9). Le montant total de la subvention correspond dans ce cas à la différence entre le prix perçu par le producteur P_{PP} et le prix perçu par le consommateur P_{PC}. De fait, le gain de surplus du producteur correspond maintenant à la différence entre P_{PP} et P_0 (surface jaune).

Le gain de surplus consommateur reste toujours calculé, comme dans le cas de P1, par l'écart entre P_0 et P_{PC} (surface bleue). La quantité de biens échangés passe, elle, de Q_0 à Q_M. Cette mesure a l'avantage de « diffuser » dans l'ensemble de la filière, à la fois en amont (producteur) et en aval (consommateur).

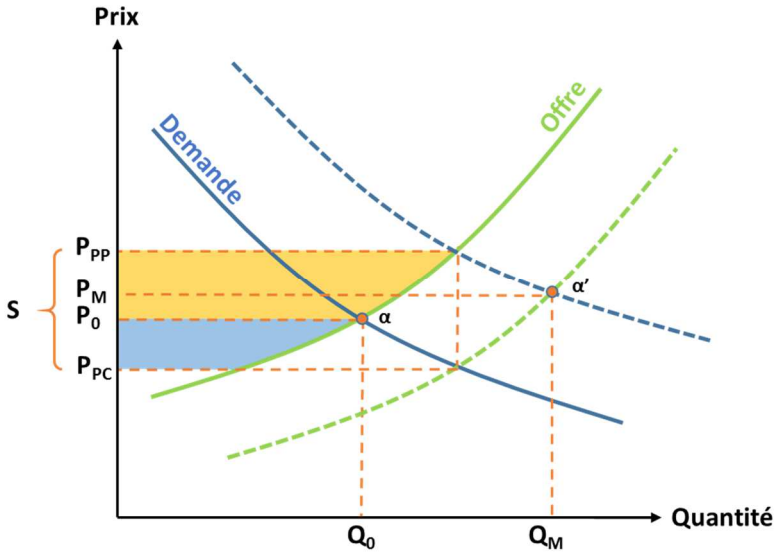


Figure 9. Effet d'une subvention à la transformation sur l'offre et la demande

Politique 4 : Subvention à destination des transformateurs et surcoût à l'exportation

Une quatrième politique a été testée. Elle correspond à une combinaison des politiques P2 et P3. L'objectif est d'associer une politique de réduction des exportations non coûteuse mais agissant peu sur la filière locale avec une politique nécessitant des financements mais à l'impact plus fort sur le marché national. Cette association permet théoriquement de limiter les coûts en conservant une efficacité satisfaisante.

2.4 Analyse de flux spatialisée

S'il est intéressant d'obtenir une vue globale des flux de matière au sein de la filière, il est aussi possible de s'intéresser aux flux entre les territoires. Cette approche géographique est complémentaire de l'approche par la filière pour comprendre le fonctionnement global du système. L'objectif est de pouvoir identifier les principales régions importatrices et exportatrices pour un produit donné et de comprendre les raisons de cette répartition.

Les seules données disponibles pour étudier le phénomène sont celles de la base SitraM décrite précédemment. Bien que les chiffres soient fournis à l'échelle départementale, il n'est pas possible de descendre sous le niveau régional pour des raisons de représentativité statistique. Les données utilisées sont celles de l'enquête TRM, de VNF et du service des douanes. Cette approche a déjà été utilisée dans le cadre d'une étude sur le potentiel de report modal pour le transport de bois rond (AFOCEL, 2007) et est préconisée par l'ADEME (2014) pour l'étude des flux de biomasse. Dans les deux cas, une moyenne sur 3 à 5 années

est recommandée afin d'obtenir des résultats fiables. Compte-tenu de la fenêtre temporelle choisie pour le reste de l'étude, la moyenne est ici calculée sur les années 2011, 2012 et 2013. Les données sont récoltées en tonnes de produit transporté et agrégées régionalement. Deux types d'agrégation ont été réalisés, un premier en considérant les flux entre les régions telles qu'elles sont en 2015, un second en prenant comme unité géographique les régions telles que prévues par l'acte III de la décentralisation, c'est-à-dire à compter du 1er janvier 2016. Nous nous concentrons ici sur les flux de grumes mais cette méthode est applicable à tous les produits bois identifiés dans la nomenclature NST2007.

3 Résultats et analyse

3.1 Analyse de flux de matière

3.1.1 Analyse Monte-Carlo - Calcul des incertitudes en sortie

La réalisation de 1000 simulations de Monte-Carlo pour chaque variable nous permet de calculer un intervalle de confiance, c'est-à-dire une indication de la précision des résultats après réconciliation. La figure 10 donne le nombre d'observations pour les différentes valeurs de la variable « Chauffage individuel » obtenu grâce aux simulations.

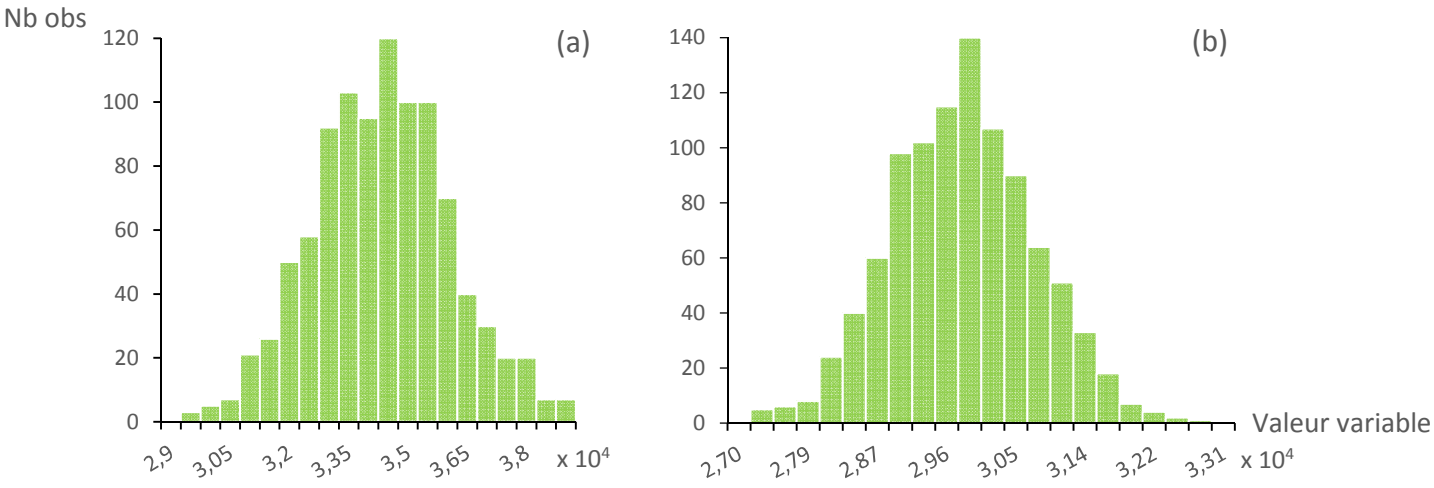


Figure 10. Distribution des valeurs d'entrée (a) et de sortie (b) du modèle pour la variable « Chauffage individuel ».

Les valeurs de la variable en sortie dépendent de toutes les variables d'entrée car il s'agit des résultats après réconciliation. C'est d'ailleurs pour cette raison que les valeurs sont différentes entre (a) et (b). Nous cherchons maintenant le nombre d'observations nécessaires (nombre de simulations de Monte-Carlo) au calcul de l'incertitude. Il faut pour cela regarder l'évolution de l'estimation de l'écart-type en fonction du nombre d'observation (Figure 11).

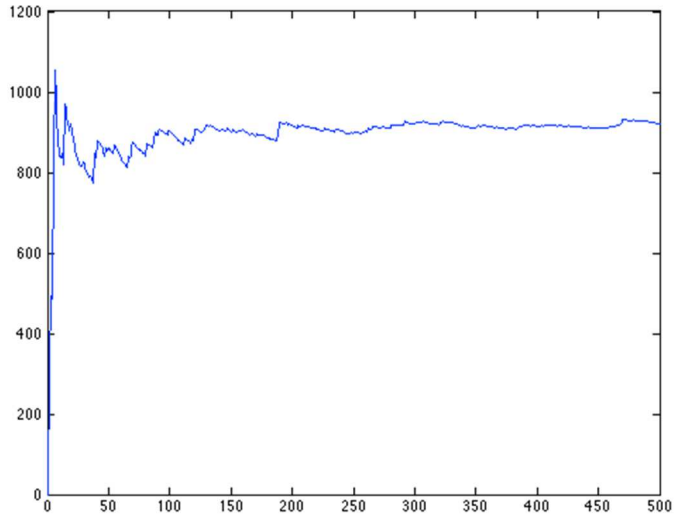


Figure 11. Evolution de l'estimation de l'écart-type en fonction du nombre de simulations. Source : INRIA, STEEP.

L'estimation de l'écart-type se stabilise rapidement et converge vers 925. Les variations sont minimes à partir de 200 observations environ et 99% des écarts-types des variables se trouvent dans un intervalle de ± 10 % après 279 itérations. Le nombre de simulations est donc tout à fait suffisant pour obtenir un intervalle de confiance stable. Dans le cas présenté ici, la valeur de sortie sera donc 29808 m^3[f] ± 1850 (car $2\sigma = 925 * 2 = 1850$), soit $I_c = [27958\,;31658]$.

3.1.2 Flux de bois nationaux

Il n'a pas été possible de représenter la totalité des flux sur un même diagramme en raison de leur nombre et de leur complexité. Nous avons opté pour un découpage selon trois « centrages », représentant chacun un tronçon de la filière. Le centrage « Forêt » cible la production et l'exploitation forestière, le centrage « Industrie » représente les principales industries de première et seconde transformation et le centrage « Bois d'œuvre » va plus en détail dans les diverses utilisations du bois d'œuvre, notamment de feuillus. Chaque flux est accompagné d'un nombre indiquant la quantité de bois représentée en m^3[f]. Les intervalles de confiance sont aussi indiqués ainsi que certaines quantités dans une unité plus adaptée à la compréhension (par exemple, les connexes de scierie sont aussi exprimés en tonnes). Tous les diagrammes de Sankey à l'échelle française sont donnés en annexe en raison de leur taille.

Certaines tendances se dégagent nettement de l'analyse des diagrammes de flux. Tout d'abord, les prélèvements apparaissent comme bien inférieurs à la production biologique des forêts françaises. Les résultats indiquent que moins de 50% de la production est ainsi récoltée. Il convient toutefois d'utiliser cette donnée avec prudence : les volumes produits ne sont pas nécessairement récoltables. En effet, des essences ne sont pas commercialisées et certaines zones ne sont pas accessibles, par exemple en montagne. On note aussi les fortes incertitudes liées à l'estimation des flux de bois énergie, ressource très difficilement quantifiable. Si une partie des flux de bois bûche et de plaquettes forestières est déclarée, nous estimons que la

grande majorité ne l'est pas. L'autoconsommation de bois énergie et l'affouage ne sont pas formellement comptabilisés (ils sont en partie estimés par des enquêtes de l'ADEME) et la quantité de bois vendu hors des circuits professionnels conventionnels est très difficile à chiffrer. De plus, les fournisseurs de bois énergie sont souvent des professionnels dont l'activité principale est l'exploitation, le sciage ou le travail du bois, ce qui complexifie encore l'identification des circuits (INSEE, 2014). Il faut donc considérer là aussi les résultats avec prudence. Les flux de bois d'œuvre et de trituration sont, eux, bien mieux renseignés. Le bois d'œuvre de feuillus représente 9.5% des volumes exploités contre 28% pour les résineux. Ce constat est frappant dans la mesure où la ressource nationale est majoritairement feuillue. Ceci s'explique par l'importance des essences résineuses sur le plan commercial et la part majeure des Landes de Gascogne dans la filière bois nationale. Le même schéma est observé pour le bois de trituration avec une production deux fois plus importante en résineux. Cela peut s'expliquer par le fait que ces essences répondent mieux aux exigences de l'industrie de la trituration que sont la fabrication de panneaux et de papier.

Le diagramme fait également apparaître que la France est aussi exportatrice nette de bois brut. Les imports de grumes sont toujours largement inférieurs aux exports, notamment pour les feuillus. Les exportations de bois d'œuvre de feuillus sont par exemple plus importantes en valeur absolue que celles pour le bois d'œuvre résineux alors que la récolte est trois fois inférieure en volume. Les exports représentent ainsi plus d'un cinquième de la récolte totale de bois d'œuvre feuillu. Ceci traduit d'ores et déjà un problème de fuite de valeur ajoutée au niveau national.

Sur le plan industriel, les sciages résineux occupent la part la plus importante en volume, suivis de près par la production de panneaux. Les connexes de scierie, produits en grande quantité, sont pour moitié valorisés en matière première pour la fabrication de panneaux et de pâte à papier. Le secteur des papiers et cartons est d'ailleurs d'importance significative au sein de la filière avec une production approchant 8700 kt. Néanmoins, son impact sur la ressource est limité du fait d'un recyclage efficace des vieux papiers. On observe un maintien des productions de niche, principalement dérivées de l'usage des bois feuillus, comme les merrains, les traverses et les placages. Si ces secteurs permettent une création importante de valeur ajoutée, leur importance relative est cependant moindre au sein de la filière. Enfin, toutes les industries ne font pas preuve du même dynamisme sur le plan international. Les panneaux et les papiers cartons sont les produits qui s'exportent le plus (respectivement, 60% et 54% de la production sont exportés). On pourra noter que l'export de produits transformés peut être vu comme bénéfique pour la filière, à l'inverse des matières premières. Ainsi, la moitié des papiers et cartons et 60% des panneaux de tous types sont vendus hors de l'hexagone. Le secteur de sciage de feuillus est lui aussi exportateur net. Ceci laisse à penser que, même s'ils ne sont pas utilisés sur place, les sciages et avivés de feuillus pourraient être produits sur le territoire avant d'être exportés. A l'inverse, près de 28% des sciages résineux utilisés en France proviennent de l'étranger. Bien que la production nationale soit importante, elle ne permet donc pas de répondre à la demande locale. Ce décalage peut aussi s'expliquer

par la diversité des produits existants et cette demande – si par exemple elle concerne les bois du nord – pourrait de toute manière ne pas être satisfaite par la production nationale. Enfin, des produits comme les connexes de scierie présentent des bilans relativement équilibrés, les imports étant presque équivalents aux exports. Dans ce cas, l'explication est peut-être géographique et est à mettre en perspective avec la présence d'industries proches, localisées dans les pays frontaliers. Le tableau 6 synthétise l'analyse des observations les plus marquantes.

Tableau 6. Tableau récapitulatif des principaux résultats, accompagnés de leur explication et de la limite de leur portée.

Résultat	Explication	Limites
Prélèvements globalement inférieurs à la production biologique	• Forêt majoritairement privée • Fragmentation de la propriété • Peu de débouchés pour certains produits • Progression de la forêt sur des friches non exploitées	• Technologie indisponible ou trop coûteuse • Inaccessibilité de la ressource
Fortes incertitudes sur le bois énergie	• Flux très mal connus, statistiques incomplètes • Part importante d'autoconsommation • Traçabilité nulle	• Existence d'un marché parallèle, non déclaré
Volumes exploités plus importants en résineux qu'en feuillus	• Peuplements résineux gérés plus intensivement • Essences résineuses privilégiées en trituration • Demande plus importante pour les produits issus de résineux (coût moindre)	• Marché des feuillus limité en quantité • Outil industriel tourné vers le résineux
Export net de grumes	• Demande internationale en augmentation • Développement du négoce de bois • Réduction importante des coûts de transport longue distance • Industrie locale moins compétitive	• Marché globalisé
Industrie du panneau et du papier compétitive	• Entreprises de très grande taille • Ressource disponible • Investissements dans l'innovation • Permet l'utilisation en cascade et recyclage des produits	• Baisse de la demande globale en papier
Maintien des marchés de niche	• Produits à forte valeur ajoutée • Valorisation de qualités de bois très spécifiques • Massification impossible • Produits peu substituables	• Volumes impliqués très faibles

3.1.3 Flux de bois dans le Grand-Est

Par rapport à l'analyse faite à l'échelle nationale, les flux de bois dans le Grand-Est présentent certaines spécificités, révélatrices de la structure de la filière dans l'inter-région et de son dynamisme. La production forestière y compte pour 27% du volume total produit en France. C'est donc plus du quart du volume produit que l'on retrouve dans cette partie de la France. Le taux de prélèvement est très similaire à celui observé au niveau national, autour de 50%. On y récolte en revanche plus de feuillus avec 14% du volume exploité. Le résineux reste le bois le plus récolté (60% du bois d'œuvre) même si, ici aussi, la ressource est principalement constituée de feuillus. On peut d'ailleurs noter que, contrairement à la moyenne nationale, le

Grand-Est récolte plus de bois de trituration feuillu que résineux. Ceci s'explique bien sûr par l'abondance de la ressource. Deux spécificités fortes sont observables concernant le bois d'œuvre. Premièrement, le phénomène d'export de grumes de feuillus est ici amplifié : 25 % du volume exploité quitte l'inter-région dont plus de 70% vers l'étranger. Les craintes des industriels constatant une fuite de la matière première semblent donc bien justifiées. Ensuite, le phénomène inverse est observé pour le bois d'œuvre résineux. Les exportations sont très faibles, voire négligeables, tandis que les importations comptent pour 23% du volume utilisé. Ceci s'explique par la présence sur le territoire de grosses unités de production de sciages résineux (voir 3.3).

L'industrie du bois dans le Grand-Est possède aussi ses particularités. L'inter-région est à l'origine de la moitié des panneaux, 44% des sciages feuillus, 28% des sciages résineux, 26% des papiers et cartons produits au niveau national. Elle contribue donc, pour une large part, à l'activité de la filière. Le secteur des panneaux compte un petit nombre d'acteurs mais son poids économique est clé. Son développement est généralement lié à activité de sciage à proximité, principal fournisseur de matière première à prix compétitif (connexes de scierie). Cette synergie est indispensable depuis quelques années et la montée en puissance du bois énergie, principal concurrent sur les qualités de bois qui intéressent le secteur. Près de 80% de la production de panneaux du Grand-Est est exportée à l'étranger, ce qui tire le marché. Ceci est dû à la fermeture de site de production dans les pays voisins, principalement en Allemagne (INSEE 2014). La production de papier occupe aussi une place non négligeable. Les sites de production sont peu nombreux mais il s'agit de très grandes entreprises, d'envergure nationale ou internationale. En Lorraine par exemple, ce secteur représente 23% des emplois de la filière bois mais seulement 1.4% du nombre total d'entreprises (INSEE, 2015). Le Grand-Est est le principal importateur de vieux papiers à destination du recyclage. Cette manne permet d'assurer 60% de l'approvisionnement en matière première des papeteries. Du fait de cette importante production, l'inter-région est exportatrice nette de papier et de cartons. Il s'agit principalement de papier journal fabriqué en Lorraine à destination de l'Europe et du carton des cartonneries bourguignonnes. La production de palettes et d'emballages est limitée mais les échanges avec le reste de la France sont très importants. Certaines régions sont plus dynamiques comme par exemple l'Alsace qui produit annuellement près de 3.5 millions de palettes. Le secteur du sciage est relativement similaire à ce qu'il est possible d'observer au niveau national avec toutefois une part plus importante des sciages feuillus. Plus de la moitié des sciages de feuillus exportés vers l'étranger proviennent du Grand-Est. Les sciages résineux sont principalement utilisés au sein de l'inter-région bien qu'ils soient produits en quantité. Le secteur est même légèrement importateur de ce type de produit. Les produits connexes de scierie, sciures, débris et plaquettes, sont globalement plus valorisés en tant que matière première qu'en tant que combustible. Dans une optique d'utilisation en cascade du matériau, le territoire optimise donc mieux ses flux de matière qu'au niveau national. Toutefois, ceci est bien sûr du à l'implantation d'industries compatibles, créant une demande (panneaux, papier). Le Grand-Est est aussi très présent sur les secteurs de niche comme la merranderie avec un tiers de la production nationale ou la traverse – aujourd'hui

principalement paysagère – avec environ 50% du volume produit. Des débouchés comme le merrain ou le tranchage permettent de valoriser au mieux les bois de grande qualité même si ceux-ci restent marginaux en termes de volume. Malgré la faible production, on observe des flux entrants et sortants importants pour ces produits. Ceci traduit l'hétérogène implantation des industries sur le territoire. La région Champagne-Ardenne est par exemple un importateur potentiel important de merrains tandis qu'elle n'en produit que très peu et inversement pour d'autres régions.

La filière forêt-bois dans le Grand-Est est donc d'importance nationale et témoigne d'un potentiel fort. Certaines industries comme la fabrication de panneaux et de papier sont très dynamiques. Elles représentent une réelle opportunité pour l'emploi ainsi que pour la valorisation des bois de moindre qualité et des coproduits de l'industrie du sciage. Néanmoins, des interrogations sont soulevées quant aux niveaux d'import et d'export de bois d'œuvre. Les scieries résineuses semblent surdimensionnées face à la disponibilité de la ressource locale. Ceci les oblige à importer des grumes de l'étranger, augmentant leurs coûts d'approvisionnement. Dans le même temps, on constate une importante fuite de la matière première concernant les grumes de feuillus. Cette fuite s'accompagne d'une rupture de la chaîne de valeur et d'une perte importante de valeur ajoutée potentielle. Il est aussi possible que, tout comme leur équivalent en résineux, les scieries de feuillus se retrouvent surdimensionnées, non pas en raison d'un manque de ressource cette fois, mais pour des raisons de coût d'approvisionnement.

3.2 Prospective économique

Les données de sortie du modèle FFSM sont des chiffres relatifs, c'est-à-dire qu'ils donnent l'évolution de chaque paramètre par rapport au scénario de base « au fil de l'eau » (qui correspond à l'absence de politique). Il est ainsi possible d'analyser les impacts des différentes politiques par rapport au scénario initial et de les comparer entre-elles. Tous les résultats présentés correspondent à l'effet de la politique 10 ans après sa mise en place, le temps pour la filière de s'adapter au nouveau contexte.

La figure 12 permet d'analyser l'effet des 4 politiques sur la production de bois d'œuvre à destination du marché national et sur la consommation totale de sciages. Les politiques P1 et P3 se distinguent par la forte augmentation de production de bois d'œuvre feuillus (+60%) et résineux (+20%) engendrée, tandis que l'effet de P4 est moindre et que celui de P2 est nul. Dans les deux premiers cas, l'export de grumes est bien réduit de 20% et l'impact sur le marché national est significatif. En revanche, si P2 permet bien de réduire les exportations au même niveau, il ne semble pas y avoir de report de cette quantité au niveau local. On observe aussi une forte hausse de la consommation de sciages de feuillus dans le cas de P1 et P3 avec toutefois une différence majeure : P1 dope les importations de sciages (+80%) tandis que les trois autres politiques n'ont aucun effet sur ce flux. Ceci s'explique par le fait que la

subvention[4] accordée par P1 stimule la consommation de sciages indépendamment de leur origine. Guidés principalement par le prix, les consommateurs achètent donc massivement du bois transformé à l'étranger. La politique P4 se situe toujours à mi-chemin entre l'absence d'effet de P2 et l'impact fort des deux autres politiques.

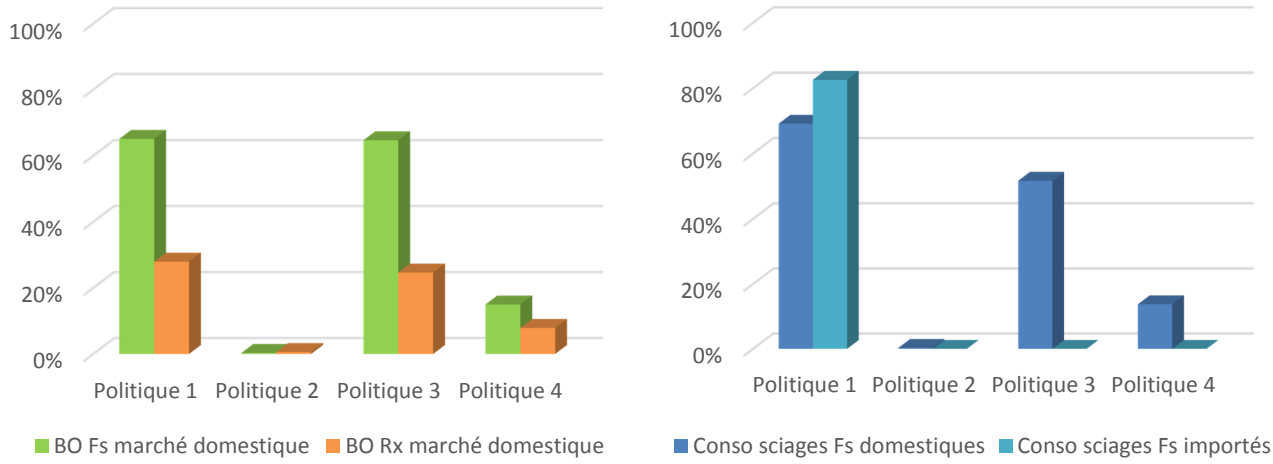


Figure 12. Impact des différentes politiques P1 à 4 sur l'offre en bois d'œuvre sur le marché domestique (A) et sur la consommation de sciages de feuillus (B) (en pourcentages de variation par rapport à la situation sans politique)

Le tableau 7 reprend ces informations et les complète par des informations sur les variations de prix engendrées. Le prix perçu par le consommateur de sciage de feuillus chute d'environ 60% dans le cas des politiques P1 et P3. C'est d'ailleurs cette baisse qui explique la progression inversement proportionnelle de la consommation de sciages. Dans le même temps, le prix du bois d'œuvre augmente, tiré par la demande, elle-même résultant de la mise en place des subventions. Par ailleurs, ceci explique l'absence de variation de nouveau observée dans le cas de P2.

Tableau 7. Impact des différentes politiques P1 à 4 sur les principaux paramètres du marché (en pourcentages de variation par rapport à la situation sans politique)

	BO Fs marché domestique	BO Rx marché domestique	Conso sciages Fs domestiques	Conso sciages Fs importés	Prix sciages Fs	Prix BO Fs
Politique 1	65%	28%	69%	83%	-65%	47%
Politique 2	0%	1%	0%	0%	-1%	-2%
Politique 3	65%	25%	52%	0%	-58%	43%
Politique 4	15%	8%	14%	0%	-23%	9%

Une plus forte dispersion des effets est à noter lorsque l'on s'intéresse aux gains de surplus totaux, des producteurs et des consommateurs (Figure 13). Le gain de surplus total, tous types de produits confondus, est plus important dans le cas de la politique P1. Vient

[4] A noter que si nous parlons ici de « subvention », il peut aussi s'agir d'un allègement de la fiscalité.

ensuite P3 puis P4. Le gain de surplus semble nul lorsque seul le surcoût à l'exportation est appliqué. Ceci confirme que P2 ne semble pas avoir d'effet sur les acteurs économiques de la filière. Le gain de surplus est toujours plus important pour les consommateurs que pour les producteurs du fait de l'élasticité de la demande, plus grande que celle de l'offre, dans le cas des produits bois. Si le gain de surplus consommateur est plus important pour P1 que pour P3, le gain de surplus producteur est, quant à lui, quasiment identique. Ceci montre bien l'intérêt de placer une subvention qui puisse à la fois « irriguer » l'amont et l'aval de la filière. Proportionnellement, P1 favorise moins les producteurs que P3, ce qui est normal étant donné qu'il s'agit d'une subvention à la seule consommation et donc placée très en aval. P3 semble donc plus appropriée si l'on souhaite répartir plus équitablement les effets de la subvention.

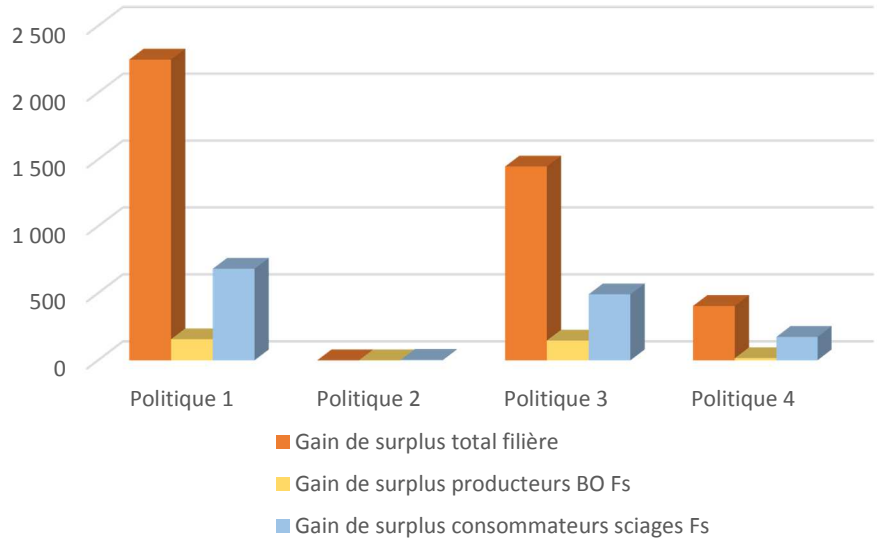


Figure 13. Gain de surplus par rapport à la situation sans politique, par type de politique et d'acteur économique (en M€).

Enfin, pour pouvoir réellement comparer ces politiques entre elles, il convient de s'intéresser, à titre indicatif, à leur coût potentiel pour la société (Tableau 8). On observe ainsi que pour parvenir à une même réduction des exports, les investissements sont très variables selon la stratégie adoptée. La politique P1 est la plus onéreuse de toutes, en affichant un coût presque deux fois supérieur à P3, ce qui est à même de poser des problèmes d'ordre politique. P4 est bien moins coûteuse (quatre fois moins que P3) et P2 est considérée comme n'engendrant aucun frais pour l'Etat.

Tableau 8. Coût annuel indicatif des politiques testées.

	Coût à $n + 10$ (en M€)
Politique 1	3000
Politique 2	0
Politique 3	1650
Politique 4	417

Si ces résultats ne nous permettent pas d'établir un classement des politiques testées, ils mettent en avant les singularités de chacune : une politique n'est pas meilleure ou moins bonne qu'une autre, elle permet d'atteindre des objectifs différents. Le tableau 9 récapitule brièvement l'effet relatif des différentes politiques évaluées.

Tableau 9. Récapitulatif synthétique de l'effet des politiques testées

Politique	Gains pour la filière	Coût pour la société	Effet sur la balance commerciale	Effet sur les exports
Politique 1	**+ +**	**+ +**	**- -**	**+**
Politique 2	**0**	**0**	**0**	**+**
Politique 3	**+**	**+**	**0**	**+**
Politique 4	**(+)**	**(+)**	**0**	**+**

Ainsi, la politique P1 de subvention à la consommation de sciages permet de réduire les exportations de grumes tout en dynamisant fortement l'aval de la filière. Elle a cependant l'inconvénient de ne pas accorder de préférence locale (l'élasticité d'Armington ne compense pas l'effet prix), ce qui revient indirectement à subventionner, en partie, l'industrie du sciage à l'étranger. Ceci explique notamment son coût important. Nous sommes en effet confrontés à un double effet d'aubaine[5] : cette politique favorise l'acheteur qui aurait de toute manière acheté du bois local mais aussi celui qui aurait acheté des bois importés.

La politique P2 de surcoût à l'exportation est efficace pour réduire les exports de bois rond à moindres frais. Toutefois l'impact sur la filière locale est inexistant. Ceci signifie que les quantités retirées du marché international ne sont pas réinjectées sur le marché national, la demande n'ayant pas évoluée. Il convient de remarquer ici que le modèle FFSM fonctionne selon un système d'optimisation à l'équilibre. Or dans la réalité cet équilibre n'est pas toujours observé. Ainsi, en Lorraine, un certain nombre de scieries de feuillus ne parvient plus à s'approvisionner à la hauteur de sa capacité de production. On peut donc penser que les bois ainsi non exportés permettraient d'abord de satisfaire la demande des industriels. De plus, les autorités ont très peu de contrôle sur ce type de levier. Les normes phytosanitaires exigeant des traitements sont en effet principalement émises par les pays importateurs.

Le scénario de subvention aux transformateurs P3 permet, tout comme P1, de réduire les exports en redynamisant la filière. Les inconvénients du premier scénario sont toutefois évités car la subvention s'effectue plus en amont. Les retombées économiques sont mieux réparties le long de la chaîne de valeur. La consommation n'étant pas subventionnée directement, nous n'observons pas d'augmentation des importations : la valeur ajoutée est donc crée localement. Il en résulte une politique moins coûteuse, plus efficace en termes de rendement. Il est possible de mettre en place ce type de politique en misant, par exemple, sur le caractère renouvelable du matériau bois ou sur sa capacité à stocker du carbone.

[5] On parle d'effet d'aubaine lorsqu'une action a un effet sur des acteurs économiques qui n'étaient pas censés en profiter, sans pour autant que le résultat final soit impacté. Cet effet engendre un surcoût global important pour la mise en œuvre de la politique.

Enfin, la politique P4 tente de concilier les avantages des deux politiques P2 et P3. Elle a l'avantage de réduire les exportations pour un faible coût et d'impulser, dans le même temps, une dynamique de filière locale. Son effet est toutefois plus limité qu'avec les autres politiques. Ce qui ressort des résultats traduit le potentiel important de cette stratégie. Ce type de couplage est de plus en plus intéressant si l'on augmente l'objectif de réduction des importations (à 50% par exemple).

3.3 Analyse de flux spatialisée

L'analyse spatialisée des flux permet d'identifier les principales régions importatrices et exportatrices de matière. Les grumes, c'est-à-dire les bois ronds obtenus après exploitation, sont un produit stratégique. Elles constituent la matière première utilisée par toute la filière et concentrent donc la plupart des tensions. De plus, les processus biologiques limitent fortement l'adaptation de l'offre à la demande. Le transport de ces bois vers un lieu de transformation adapté, parfois hors de la région de production, est donc un impératif.

Les résultats de cette analyse sont à prendre avec précaution. Les incertitudes sur les données d'entrée sont importantes et il nous est uniquement possible de les estimer. La faible fiabilité des données s'explique à la fois par les techniques d'échantillonnage utilisées (Encadré 2) et par le probable grand nombre de doubles comptages dus aux ruptures de charges dans le transport des grumes. Les résultats donnent toutefois un bon aperçu de l'importance relative des différents flux entre régions.

3.2.1 Flux inter et intra-régionaux

Les frontières administratives ne représentant pas de contrainte au transport des grumes, les premiers échanges sont réalisés en interne, entre les régions, principalement adjacentes. La figure 14 permet de représenter les flux de grumes entre et à l'intérieur des 5 régions que constitue le Grand-Est. Les incertitudes sont indiquées sous forme de pourcentage pour les flux principaux. On observe des flux internes important en Alsace, Franche-Comté et Bourgogne, dans une moindre mesure en Lorraine mais ce phénomène est compensé par des flux externes accrus. Un effet de proximité se détache très clairement, tendant à montrer que les bois ronds s'échangent relativement localement, contrairement aux produits très transformés qui, eux, peuvent parcourir de grandes distances. Il est intéressant de noter que certaines régions présentent des flux particulièrement déséquilibrés, c'est par exemple le cas en Champagne-Ardenne. Cette région importe des bois lorrains mais n'exporte presque que vers la Bourgogne. Ceci peut s'expliquer par l'implantation des industries de panneaux entraînant un flux entrant en provenance de Lorraine. Un certain nombre de flux sont aussi explicables par le type de bois transporté. On observe d'importants échanges entre la Lorraine et l'Alsace, or la production de sciages résineux est bien plus importante en Alsace qu'en Lorraine (630000m^3 contre 360000m^3) et inversement concernant les sciages feuillus (68000m^3 contre 172000m^3). On peut donc penser que la Lorraine exporte massivement des grumes de résineux vers l'Alsace et importe des bois feuillus pour ses scieries spécialisées.

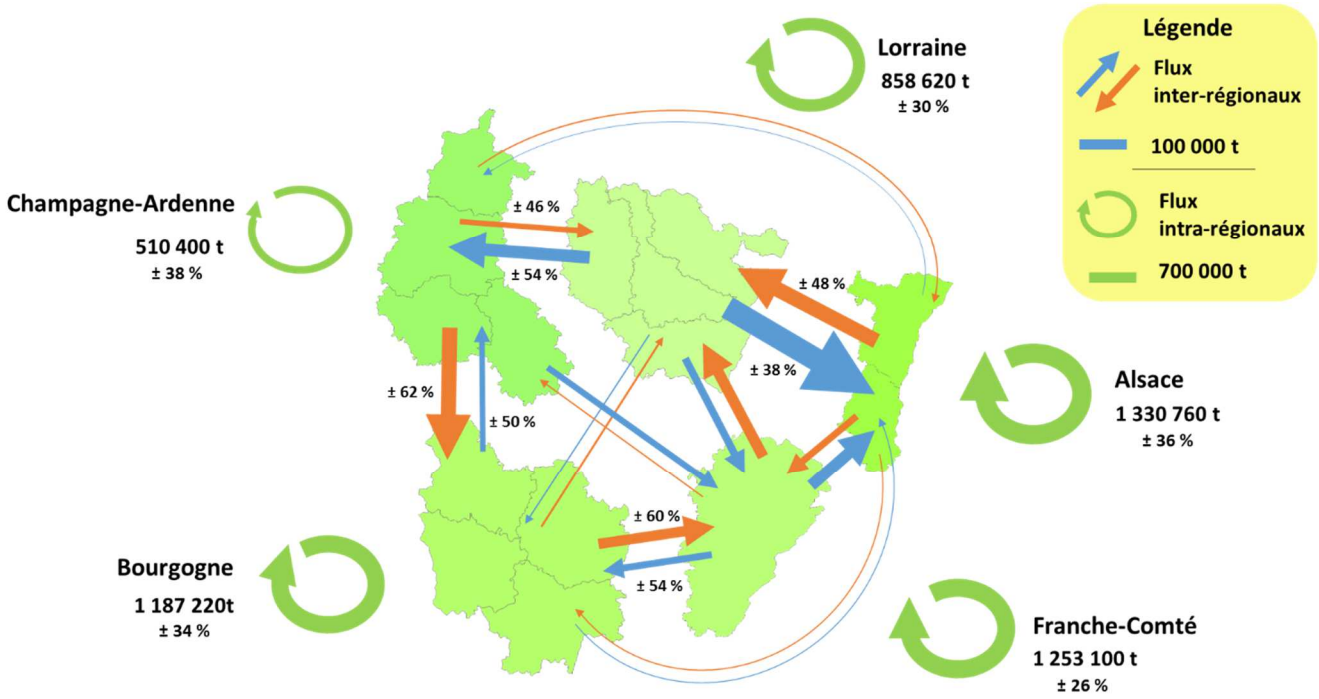


Figure 14. Flux de grumes dans et entre les régions du Grand-Est (en tonnes, toutes essences confondues)

Les flux inter-régionaux sont très liés aux modes de vente des bois. Lors de ventes publiques par adjudication, notamment pour des lots importants ou de grande valeur, les acheteurs se déplacent régulièrement dans les régions voisines. La ressource n'étant pas homogène, les transformateurs s'adaptent à l'offre et acquièrent le type de bois souhaité là où il se trouve. On note d'ailleurs, depuis quelques années, une tendance à l'augmentation du rayon d'approvisionnement des scieries (Xylolink, communication personnelle, juillet 2015). Toutefois, les modes de vente évoluent et on remarque, depuis 2006, une forte augmentation de la part des contrats d'approvisionnements en forêt domaniale et communale. Bien que ces contrats soient largement en place pour les résineux, de plus en plus le sont aussi pour les feuillus, au premier rang desquels, le hêtre. Ces contrats ont eu une influence sur la répartition des flux. En effet, dans le cas d'un volume contractualisé, pour un produit donné, la livraison est généralement faite vers la scierie la plus proche de la coupe, réduisant d'autant les échanges entre régions. Ce phénomène a par exemple été observé sur les flux entre l'Alsace et la Lorraine (ONF, communication personnelle, juillet 2015).

Il est aussi possible d'étudier l'organisation spatiale des différentes entreprises de la filière. La figure 15 donne à la fois le nombre d'entreprises réalisant des travaux d'exploitation forestière et le nombre de scieries par région. Ainsi la Bourgogne et la Franche-Comté sont les deux régions comptant le plus d'exploitants forestiers. C'est aussi en Franche-Comté que l'on retrouve le plus grand nombre de scieries, à jeu égal avec la Lorraine. Dans les deux cas la région Champagne-Ardenne compte significativement moins d'entreprises. L'Alsace compte moins d'entreprises mais cela s'explique principalement par sa taille : la région ne compte que deux départements contre quatre pour les autres régions. Au vu de la figure 7, il semblerait

toutefois que cette répartition géographique ne suffise pas à expliquer l'agencement des flux inter-régionaux. Ceci témoigne d'une grande hétérogénéité parmi les entreprises, notamment les scieries. Ainsi, l'Alsace qui compte deux des plus grandes scieries françaises est importatrice nette de grumes bien qu'elle compte moins d'entreprises que ses voisins. On pourra noter une grande stabilité en Franche-Comté, région qui compte de nombreuses entreprises et dont les flux de grumes s'égalisent presque parfaitement.

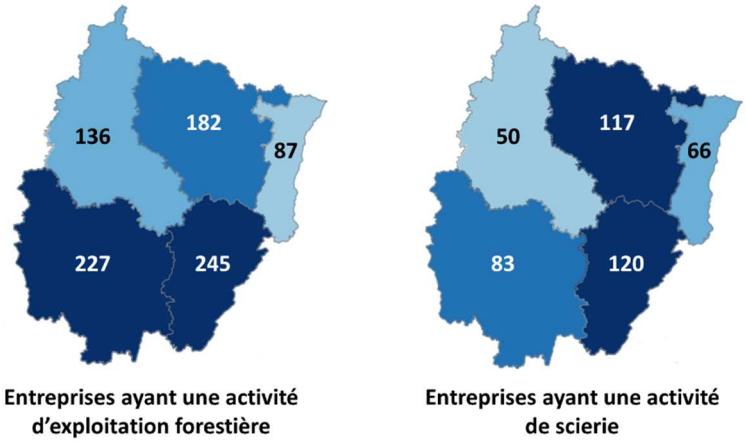


Figure 15. Nombre d'entreprises d'exploitation forestière et de sciage dans les 5 régions du Grand-Est.

Il est possible de réaliser le même type d'analyse à une échelle différente. La réforme territoriale qui entre en application au 1 er janvier 2016 prévoit notamment la fusion d'un certain nombre de régions. Nous nous sommes intéressés aux flux entrants et sortants de la future région Alsace-Lorraine-Champagne-Ardenne (Figure 16). Il apparaît très distinctement que le principal partenaire commercial de la région en termes de grumes est la région formée par l'agrégation de la Bourgogne et de la Franche-Comté. Les échanges avec les autres régions limitrophes sont bien plus faibles, tout comme avec le reste des régions françaises. On remarque aussi que le flux sortant est presque 1,5 fois plus important que le flux entrant. Le solde est donc négatif pour l'Alsace-Lorraine-Champagne-Ardenne (ALCA) qui est exportatrice nette de grumes, l'apport en valeur ajoutée s'effectuant alors sur d'autres territoires. Toutefois ce résultat est à relativiser, la grande majorité des échanges, et donc de la transformation, ayant lieu en interne.

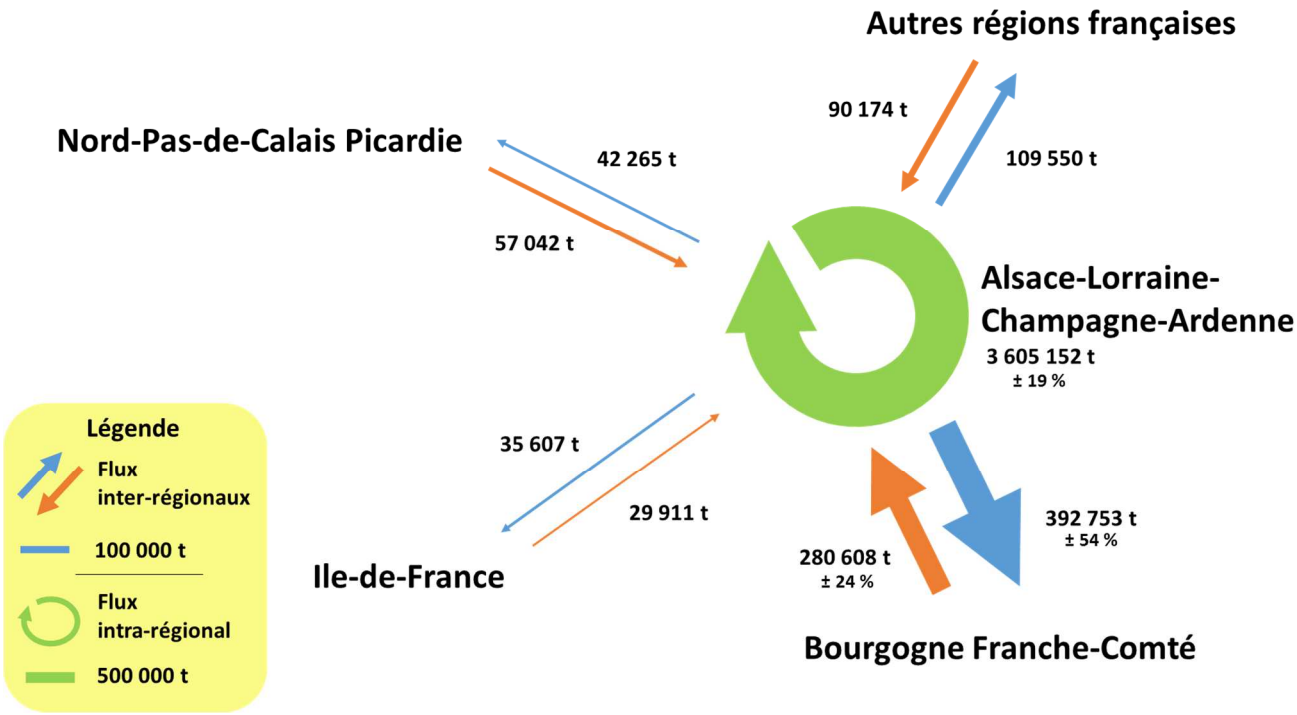


Figure 16. Flux de grumes de la future région Alsace-Lorraine-Champagne-Ardenne en interne et vers les régions limitrophes et le reste de la France.

2.2.2 Flux extra-nationaux

Afin de comprendre le fonctionnement global du système, il est indispensable de s'intéresser aux flux entrants et sortants du territoire national. L'import-export de grumes non transformées est un point de tension important au sein de la filière. L'export massif de bois rond est décrit comme étant le principal responsable des difficultés d'approvisionnement des scieries, notamment pour les bois de feuillus.

Les flux de grumes d'importation et d'exportation depuis et vers l'étranger sont donnés pour chaque région par la figure 17. Dans toutes les régions les flux d'export sont plus importants que les imports mais les quantités sont très variables selon les régions. Ainsi, si la Bourgogne, l'Alsace et la Franche-Comté exportent relativement peu, ce n'est pas le cas ni en Champagne-Ardenne ni en Lorraine. La situation géographique particulière de la région Champagne-Ardenne explique en grande partie le flux de bois rond sortant. Au total, plus d'un quart du bois récolté dans la région est destiné à l'export et cette proportion atteint 50% dans les Ardennes (INSEE, 2008). La grande majorité des bois sont à destination de la Belgique et des industries de panneaux des pays frontaliers. Mais la région qui subit le plus l'effet de l'export de grumes, du moins en quantité, est la région Lorraine. Cette situation est largement dénoncée localement par les industriels et les politiques qui affirment que, dans le domaine de la transformation de feuillus, l'outil de production ne fonctionne qu'à 50% de sa capacité (Todeschini, 2014). La situation est bien différente dans les autres régions comme par exemple en Alsace qui échange plus de grumes avec la Lorraine qu'elle n'en exporte à destination de l'étranger.

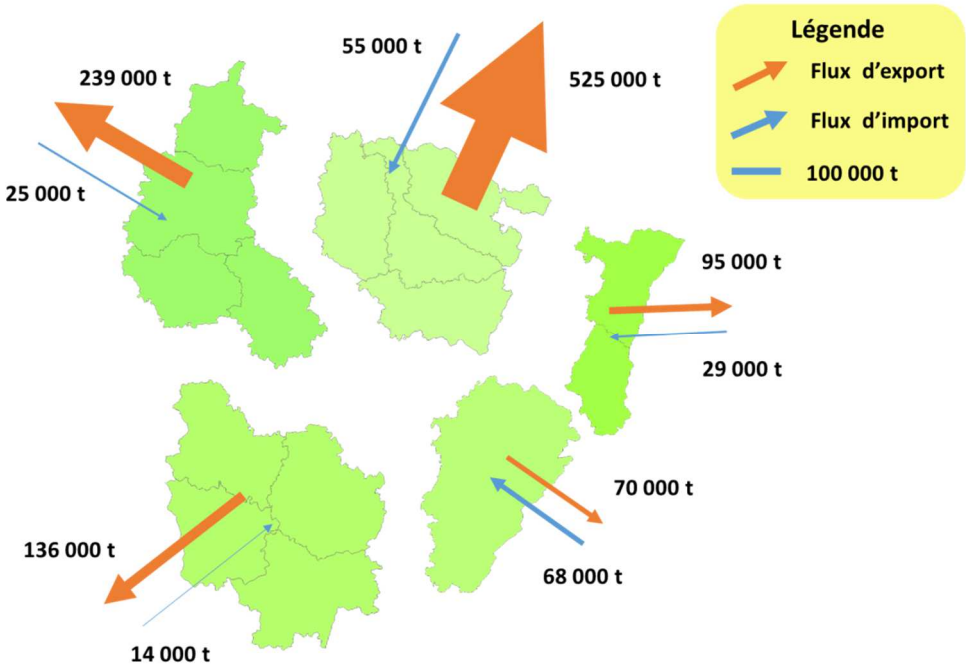


Figure 17. Flux d'import-export de grumes pour chaque région du Grand-Est

Il est aussi possible de s'intéresser à la première destination des bois exportés, c'est-à-dire le premier pays de déchargement après avoir quitté le territoire. Le tableau 10 reprend les quantités de grumes importées et exportées depuis la grande région Alsace-Lorraine-Champagne-Ardenne.

Tableau 10. Importations et exportations de grumes depuis la zone Alsace-Lorraine-Champagne-Ardenne (en tonnes)

Bois rond	Belgique	Luxembourg	Allemagne	Italie	Pays-Bas	Suisse
Export	396 309	364 458	132 042	16 168	4 686	15 222
Import	19 760	17 535	76 340		4 162	7 238
Différence	376 549	346 923	55 702	16 168	524	7 984

Plusieurs constats sont soulignés par ces chiffres. Tout d'abord, ALCA est exportatrice nette de bois ronds et ce avec chacun de ses partenaires commerciaux. Mais les chiffres qui ressortent le plus nettement sont probablement ceux de la Belgique et du Luxembourg. Or, l'industrie locale dans ces deux pays n'est pas en mesure d'absorber de telles quantités de matière première. Ces pays sont en effet les principales plateformes d'export lointain pour les grumes en provenance du Nord-Est de la France. Ceci est dû au caractère frontalier de ces pays avec le Grand-Est, mais aussi à l'implantation d'entreprises de négoce et de grands ports de commerce sur ces territoires (par exemple le port d'Anvers en Belgique). Ces chiffres reflètent donc bien un export massif de bois non transformés vers les industries des pays frontaliers, mais aussi et surtout à destination de pays non européens. Dans le cas de l'Allemagne en revanche, les échanges ne sont pas tirés par les activités de négoce et mettent en évidence la compétition entre industriels.

4 Conclusions et perspectives

4.1 Ce que nous dit l'analyse de flux

Une analyse de flux de matière conduite à deux niveaux permet d'une part de comprendre comment s'organisent les flux de bois au sein de la filière, c'est-à-dire entre les différents secteurs successifs, et d'autre part de mettre en évidence les échanges entre régions et entre pays afin d'en expliquer les conséquences. La représentation des flux sous forme de diagrammes de Sankey ou de cartes fournit une donnée objective et facilement utilisable. Il faut toutefois garder à l'esprit qu'il s'agit d'une représentation des flux *a posteriori*, image figée d'un système évolutif, d'où l'intérêt d'une continuité dans l'analyse.

Le Grand-Est est un territoire sur lequel la filière forêt-bois joue un rôle important. La ressource est abondante et diversifiée, les entreprises – bien que leur nombre décline – restent plus nombreuses qu'ailleurs en France et permettent de maintenir des emplois et de générer de l'activité y compris en milieu rural. L'inter-région possède des forces mais aussi des faiblesses, mises en évidence par l'analyse de flux. Ainsi, les entreprises de produits transformés à base de bois comme les panneaux et le papier-carton tirent l'activité de la filière locale. Ces entreprises sont généralement de grande taille et très performantes sur les questions d'innovation. De fait, elles sont efficientes, ce qui leur permet d'être compétitives sur les marchés nationaux et internationaux. Toutefois, ces entreprises ne permettent pas de valoriser la diversité et la qualité des bois que l'on retrouve dans les forêts du Grand-Est. La majorité du volume de bois récolté est constituée de bois d'œuvre, principalement à destination des scieries, or l'offre et la demande locales ne semblent pas être en adéquation. Un grand nombre de grumes de feuillus non transformées sont exportées à l'étranger, engendrant une perte significative de valeur ajoutée. Dans le même temps, les scieries de résineux sont contraintes d'importer des bois bruts pour satisfaire leur approvisionnement. En un mot, soit l'outil industriel n'est plus adapté à la réalité de la ressource et des marchés, soit l'exploitation forestière n'est pas optimisée pour répondre à la demande des industries, c'est-à-dire de ses clients. L'ouverture des marchés et la mondialisation des échanges de matière première, dont les grumes, ont largement contribué à modifier le contexte dans lequel évoluent les scieries. Traditionnellement, les industries du bois étaient localisées à proximité immédiate de la ressource. Avec la facilitation des échanges et le développement des transports, ceci n'est plus un prérequis. Le transport, même longue distance, ne représente plus la même barrière financière et il devient rentable pour les industriels de s'approvisionner dans des pays parfois très éloignés (INSEE, 2014). De ce fait, selon French Timber, la Chine se hisse au premier rang des importateurs de bois au niveau mondial mais se concentre uniquement sur les bois bruts. Dans l'état actuel des choses, l'export de grumes est donc un frein au développement voire au maintien des scieries locales (French Timber, 2007).

Cependant, des pistes de réflexion et d'amélioration sont envisageables. Une des possibilités consiste à fluidifier les échanges entre l'amont et l'avant. Si les transactions sont facilitées, l'approvisionnement des industries est plus facile à garantir. Ainsi, une intégration

économique plus importante du secteur pourrait être une réponse efficace face à l'export des grumes. Il s'agit plus exactement de rapprocher les exploitants forestiers des transformateurs, soit par le biais de contrats, soit de manière structurelle. De plus, ce type d'organisation aurait un impact faible voire positif sur les entreprises du territoire et permettrait de favoriser l'investissement, notamment en scierie (INSEE, 2015). La gestion des approvisionnements serait alors plus fine et sécurisée. En Lorraine par exemple, l'INSEE et l'interprofession Gipeblor (2015) estiment qu'une intégration optimale de la filière permettrait de créer 1300 emplois supplémentaires et débloquerait 50 M€ en capacité d'investissement. Face à la concurrence internationale et aux coûts de production très compétitifs de certains pays, une des stratégies peut être le positionnement sur des produits à forte valeur ajoutée. Ceci permettrait d'améliorer l'image globale de la filière et de valoriser au mieux les qualités présentes en forêt. L'autre piste de développement consiste à miser sur une production massive et hautement automatisée. C'est par exemple la stratégie adoptée par certaines grandes papeteries, usines et panneaux ou scieries de résineux. Toutefois cette option nécessite de lourds investissements qui ne sont ni envisageables ni à même de répondre aux besoins de toutes les entreprises de petite et moyenne taille comme les scieries de feuillues. Tout l'enjeu est de savoir si de telles structures peuvent coexister mais, à l'heure actuelle, il semblerait que les petites et moyennes entreprises misant sur des produits de milieu de gamme soient peu à même de perdurer sur un marché globalisé.

La question de la logistique est aussi fondamentale si l'on souhaite agir sur la gestion des flux de bois. Le bois est un produit complexe, hétérogène et à l'origine de flux divergents[6] ce qui complique fortement les aspects logistiques. Cependant, comme tout autre flux de matière, il obéit à certaines lois et peut tout à fait être optimisé. Ceci peut passer par une planification plus efficace, c'est-à-dire améliorer en premier lieu les flux d'informations afin de mieux formaliser les commandes et de renforcer la collaboration horizontale. Cette idée est très proche de celle d'intégration développée précédemment. Une réduction des aléas liés aux contraintes en forêt ou au transport par une meilleure anticipation des risques permettrait aussi de fluidifier les échanges et de créer un climat de confiance favorable à la filière locale. Ces thématiques sont actuellement à l'étude dans le cadre d'une expertise commanditée par les ORT du Grand-Est et réalisé par Xylolink et Forêt Logistique Conseil.

4.2 Un outil d'aide à la décision

L'analyse de flux de matière à l'échelle d'une filière permet d'identifier certains points clés ou simplement d'étudier la structure de cette dernière. Elle peut servir de base à des analyses complémentaires comme nous l'avons précédemment vu grâce au couplage avec le modèle FFSM. Même si les sorties du modèle restent impossibles à valider (étant donné que nous sommes face à des résultats prospectifs) les résultats permettent de comparer l'impact de différentes politiques, en faisant un outil puissant pour le décideur. Le couplage entre

[6] Des flux divergents sont engendrés lorsqu'un seul produit permet, par son désassemblage, la production de nombreux autres. C'est typiquement le cas d'une grume, à l'inverse, par exemple, de la production d'automobiles qui consiste à assembler différents éléments afin de n'en former qu'un seul.

l'AFM et FFSM apporte donc une plus-value aux deux modèles : elle ajoute une dimension temporelle au premier et consolide les hypothèses de calibration du second.

Toutefois, de nombreux couplages avec d'autres disciplines sont aussi envisageables. L'AFM a ainsi déjà été associée à d'autres modèles économiques mais aussi à des théories sociologiques et psychologiques (Binder, 2007a). L'objectif affiché est souvent de mettre au point des outils d'analyse intégratifs pouvant servir d'outils d'aide à la décision. Barles (2007) a proposé de systématiquement lier les résultats des AFM aux conditions socio-économiques de la zone d'étude afin de développer une compréhension holistique des systèmes, plus adaptée à la mise en place de politiques publiques. A titre d'exemple, Binder (2007b) a associé l'AFM à une analyse d'agents structurelle, permettant d'identifier les acteurs clés de la filière sur un territoire donné. Cette association avec des méthodes sociologiques a ensuite permis de formuler des propositions d'actions afin d'engendrer un processus de transition, c'est-à-dire d'aller vers un système plus optimisé sur le plan économique et environnemental. L'analyse de flux de matière est un outil d'aide à la décision en ce sens qu'elle amène à se poser des questions et à expliquer l'agencement du système. Le fait de présenter les résultats de manière très visuelle facilite la communication auprès des acteurs de la filière, ce qui a pour objectif de susciter le débat sur des bases objectives (Bunner *et al*., 1998). Une recherche de solutions collaboratives est alors envisageable. Courtonne *et al.* (2015) soulignent aussi le potentiel de l'AFM utilisée à l'échelle régionale. Elle permet en effet de comparer les différentes stratégies de spécialisation ou de diversification régionales et leur potentiel rôle pour un développement territorial durable.

Il n'y a donc pas de réel argument contre l'utilisation de l'analyse de flux de matière en tant qu'outil d'aide à la décision, d'autant plus lorsque celle-ci est utilisée en association avec d'autres techniques dans un cadre transdisciplinaire. Son utilité est avérée dans la mesure où l'AFM est utilisée en qualité d'outil et non vue comme une fin en soi, de la même manière que la seule possession d'un plan ne peut permettre d'ériger une habitation. La confrontation des résultats à la réalité de terrain est indispensable et, comme le souligne Caurla (2014), l'objectif est de « [mobiliser], en amont, la réflexion des scientifiques et [de susciter], en aval, la réflexion des utilisateurs des résultats ».

4.2 Pérennité de l'outil et analyse temporelle

L'intérêt à disposer d'un outil d'analyse de flux de matière automatisé est de pouvoir réitérer le processus à intervalles réguliers afin d'opérer un suivi dans le temps. Il est alors possible de quantifier l'ajustement dans la répartition des flux et de les relier aux évolutions socio-économiques ou réglementaires récentes. Ce suivi permet ainsi d'évaluer l'état de santé de la filière sur le territoire. La pérennité de l'outil peut être garantie de manière simple, en observant une veille, par exemple à l'aide d'un observatoire, qui permette d'actualiser régulièrement les données dans les tableaux d'emploi-ressource. Un pas de temps devrait être convenu à l'avance pour les versions ultérieures et le projet porté par des instances régionales comme les DRAAF afin de garantir la continuité du suivi.

Bibliographie

AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE (2014). *Etude de faisabilité pour l'évaluation des flux de matière de biomasse*. 26 p.

ATTALI, C., FRADIN, G., DE MENTHIERE, C., DEREIX, C. et LAVARDE, P. (2013). *Vers une filière intégrée de la forêt et du bois* [en ligne]. Rapport public. Disponible à l'adresse : http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/134000370/index.shtml [consulté le 8 juillet 2015]

ASSOCIATION FORET CELLULOSE (2007). Cartographie des flux de bois ronds en France et potentiel de report modal. *Information Forêt*, N°1, Fiche 742, 6 p.

BARKAOUI, A. ET DRAGICEVIC, A. (2014). Nash Bargaining and Renegotiation with Social Preferences: Case of the Roundwood Log Supply Contracts. *Cahiers du LEF*, 2014-08, 40 p.

BINDER, C. (2007). From material flow analysis to material flow management. Part I: social sciences modeling approaches coupled to MFA. *Journal of Cleaner Production*, N°15, pp. 1596-1604.

BINDER, C. (2007). From material flow analysis to material flow management. Part II: the role of structural agent analysis. *Journal of Cleaner Production*, N°15, pp. 1605-1617.

BÖSCH, M., JOCHEM, D., WEIMAR, H., DIETER, M. (2015). Physical input-output accounting of the wood and paper flow in Germany. *Resources, Conservation and Recycling*, N°94, pp. 99-109.

BRINGEZU, S., MORIGUCHE, Y. (2002). Material flow analysis. In Ayres RU, Ayres LW (eds). 2002. *A Handbook of Industrial Ecology*. Edward Elgar: Cheltenham, pp. 79-90.

BRUNNER, P., RECHBERGER, H. (2004). *Practical Handbook of Material Flow Analysis.* Lewis Publishers: London, 333 p.

BRUNNER, P., LAHNER, T. (1998). *Material accounting as a tool for decision making in environmental policy (Mac Tempo)*. Summary final report, Technische Universität Wien, April 1998, 12 p.

CAURLA, S. (2012). Modélisation de la filière forêt-bois française. Evaluation des impacts des politiques climatiques. Economies and finances. AgroParisTech, 398 p. (Thèse de doctorat)

CAURLA, S. (2014). Le modèle FFSM 1.0 : De l'outil de recherche en économie à son utilisation pour l'aide à la décision. *Revue forestière française*, N°66, pp. 313-324.

COMMISSARIAT GENERAL AU DEVELOPPEMENT DURABLE (2014). *Comptabilité des flux de matière dans les régions et les départements. Guide méthodologique.* 116 p.

CONSEIL GENERAL DE L'ALIMENTATION, DE L'AGRICULTURE ET DES ESPACES RURAUX (2014). *Vers une meilleure performance globale de la certification phytosanitaire des produits forestiers et bois, en France. Principes, Pratique, Propositions d'évolution*. Rapport N°13118, 99 p.

CONSEIL GENERAL DE L'ALIMENTATION, DE L'AGRICULTURE ET DES ESPACES RURAUX (2015). *La filière forêt bois. Synthèse de rapports*. Rapport N°14060, 72 p.

COURTONNE, J-Y., ALAPETITE, J., LONGARETTI, P-Y., DUPRE, D., PRADOS, E. (2015). Downscaling material flow analysis: the case of the cereals supply chain in France. Ecological Economics, N°118, pp. 67-80.

DARIUS, L., BURSTRÖM, F. (2001). Regional material flow analysis and data uncertainties: can the results be trusted? In *Sustainability in the information society.* Part 2: Methods/Workshop Paper. HILTI, L.M. & GILIGEN, P.W. (Eds.), Marburg: Metropolis Verlag.

ESTRADE A., MORIN G.-A. (2006). Historique de l'évolution du cadre législatif et réglementaire des modes de ventes des bois des forêts publiques. *Revue Forestière Française, Vol.* 58, N°3, pp. 245-256.

EUROSTAT (2001). Economy wide material flow accounts and derived indicators: A methodological guide. Luxembourg.

FCBA, IGN, DRAAF Lorraine (2011). Analyse de la ressource forestière et évaluation de la disponibilité en bois en Lorraine à l'horizon 2025. En ligne : http://www.draaf.lorraine.agriculture.gouv.fr/Analyse-de-la-ressource-forestiere [consulté le 03 août 2015]

FEDERATION NATIONALE DES COMUNES FORESTIERES (2007). Les contrats d'approvisionnement – Un mode de vente moderne au bénéfice des communes forestières et de la filière. *Communes forestières de France*, 2007-11, 4 p.

FRENCH TIMBER (2007). *Perspectives des marchés des produits bois, De l'aménagement intérieur et de la construction en Chine*, 187 p.

GROUPEMENT INTERPROFESSIONNEL DE LE PROMOTION DE L'ECONOMIE DU BOIS EN LORRAINE (GIPEBLOR) (2009). Evolution des modes de vente de bois en Lorraine et implications sur les entreprises. En ligne : http://www.gipeblor.com/donnees/cms/pdf/TELECHARGEMENT/2-evolution-des-modes-de-vente-des-bois-feuillus-bilan-contrats.pdf [consulté le 03 août 2015]

HEKKERT, M., JOOSTEN, L., WORRELL, E. (2000). Analysis of the paper and wood flow in The Netherlands. Resources, *Conservation and Recycling*, N°30, pp. 29-48.

HOUPERT, A., BOTREL, Y. (2015). *Rapport d'information fait au nom de la commission des finances sur l'enquête de la Cour des comptes relative aux soutiens à la filière forêt-bois.* Sénat, session ordinaire de 2014-205, N°382, 321 p.

INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES ECONOMIQUES (2015). Filière bois en Lorraine : une place de plus en plus importante dans le paysage industriel. *INSEE Analyses Lorraine*, N°18, 4 p.

INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES ECONOMIQUES (2014). La filière bois en Bourgogne : 12 000 emplois répartis sur tout le territoire. *INSEE Analyses Bourgogne*, N°3, 4 p.

INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES ECONOMIQUES (2008). La forêt et le commerce du bois en Champagne-Ardenne. *INSEE Flash Champagne-Ardenne*, N°88, 6 p.

INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES ECONOMIQUES (2014). LA filière forêt-bois en Franche-Comté – Edition 2013. *Les dossiers de l'INSEE Franche-Comté*, 30 p.

KONIJIN, P., DE BOER, S., VAN DALEN, J. (1997). Input-output analysis of material flows with application to iron, steel and zinc. *Structural Change and Economic Dynamics*, N°8, pp. 129-153.

LE COMMERCE DU BOIS (2015). Commerce international du bois. N°309.

LIFSET R, GRAEDEL T.E. (2002). Industrial ecology: goals and definitions. In AYRES, R.U., AYRES, L.W. (eds). 2002. *A Handbook of Industrial Ecology*. Edward Elgar: Cheltenham, pp. 3-15.

MARTY, G. (2013). *Sociologie des institutions marchandes : le cas de la mise en vente des bois publics en Lorraine*. [Thèse de doctorat] Sociologie. Paris : Université Paris-Sorbonne, 490 p.

MARTY, G., 2010. Des enchères de bois public aux contrats d'approvisionnement ? *Économie rurale, Agricultures, alimentations, territoires*. N°318–319, pp. 111–122. DOI : 10.4000/economie rurale.2792

MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE (2013). *Deuxième feuille de route pour la transition écologique*. Paris.

OFFICE NATIONAL DES FORETS (2009). Contrats d'approvisionnement. *L'actu de l'élu forestier*, N°2, 2 p.

OFFICE NATIONAL DES FORETS (2014). *Rapport d'activité et de développement durable 2013*. 143 p.

SCHMIDT, M. (2008). The Sankey diagram in energy and material flow management. *Journal of Industrial Ecology*, N°12, Vol 2, pp. 173–185.

SERVICE DE L'ECONOMIE, DE L'EVALUATION ET DE L'INEGRATION DU DEVELOPPEMENT DURABLE (2014). L'écologie industrielle et territoriale, un levier pour mobiliser les acteurs de terrain en faveur de la transition écologique. MEDDE, *Le point sur*, N°185, 4 p.

SERVICE DE LA STATISTIQUE ET DE LA PROSPECTIVE (2015). Agreste Conjoncture - Bois et dérivés. MAAF, *Agreste infos rapides* N°1/2, 7 p.

TODESCHINI, J-M. (2014). Avenir de la filière bois en Lorraine. Question orale sans débat N°071S de M. Jean-Marc TODESCHINI (Moselle – SOC) publiée dans le JO Sénat du 27/02/2014, p. 500.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMISSION FOR EUROPE (2011). *The European forest sector outlook study II: 2010-2030*. Geneva: United Nations, 111 p.

WEIMAR, H. (2011). *Der Holzfluss in der Bundesrepublik Deutschland 2009 – Methode und Ergebnis der Modellierung des Stoffflusses von Holz*. Johan Heinrich von Thünen – Institut für Forst- und Holzwirtschaft, Arbeitsbericht.

WERNICK, I.K., AUSUBEL, J.H. (1995). National material flows and the environment. *Annual review of energy and the environment*, N°20, Vol 1, pp. 463-492.

WHITE, R. (1994), 'Preface', in BRADEN R. ALLENBY and DEANNA J. Richards (Eds), *The Greening of Industrial Ecosystems*, Washington, DC: National Academy Press.

Liste des personnes rencontrées

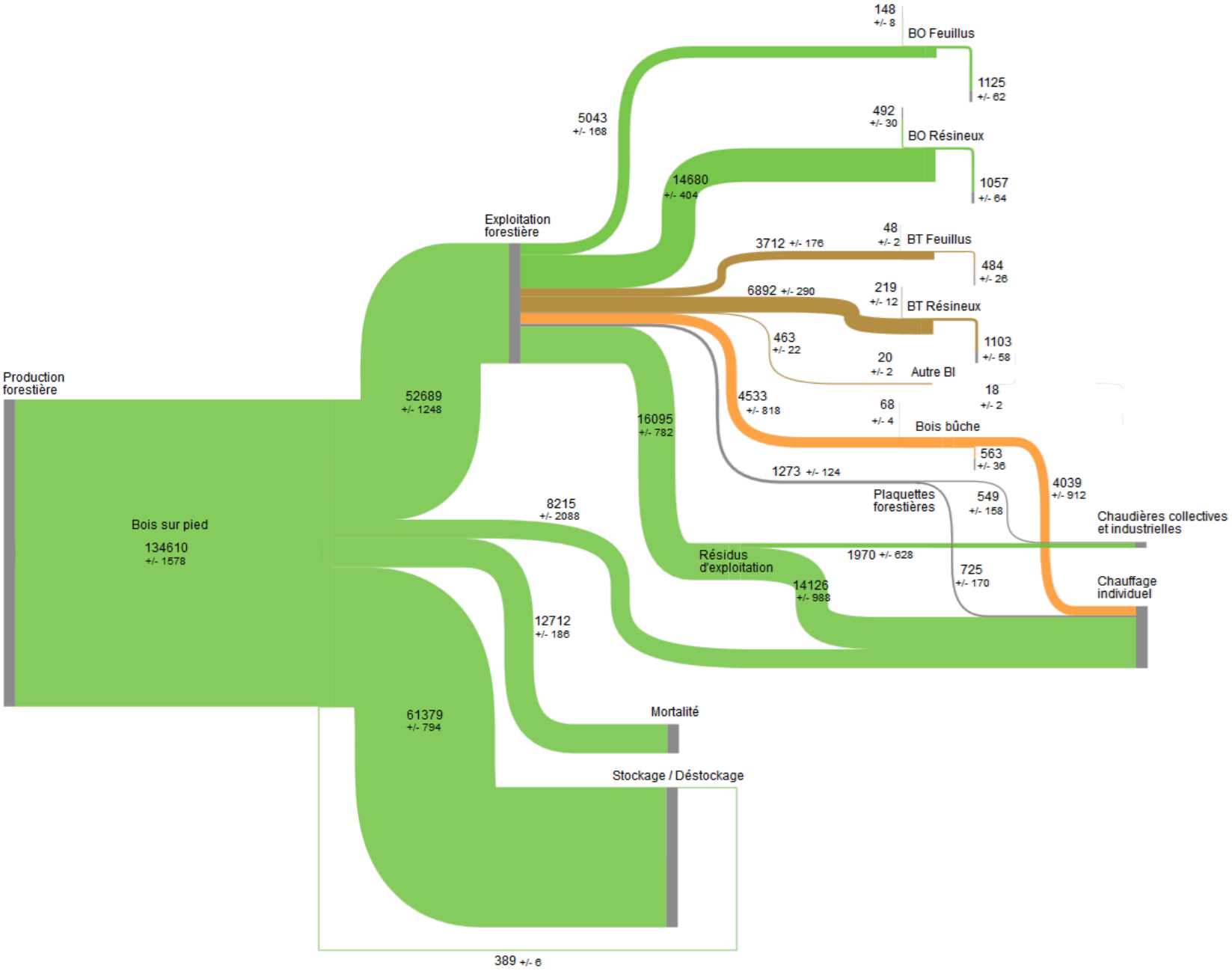
Prénom NOM	Organisme	Contact
Adrien Arraiolos	Xylolink	adrien.arraiolos@xylolink.com
Antoine Colin	IGN – Inventaire forestier	antoine.colin@ign.fr
Bernard Kientz	GIPEBLOR	bernard.kientz@gipeblor.com
Christian Simon	SRAL – DRAAF Lorraine	christian.simon@agriculture.gouv.fr
Etienne Deslauriers	Vosges Bois Développement	
Pierre BRUYAS	SRISE – DRAAF Lorraine	pierre.bruyas@agriculture.gouv.fr
Richard Emeyriat	Forêt Logistique Conseil	richard.emeyriat@foretlogistique.eu

Annexes

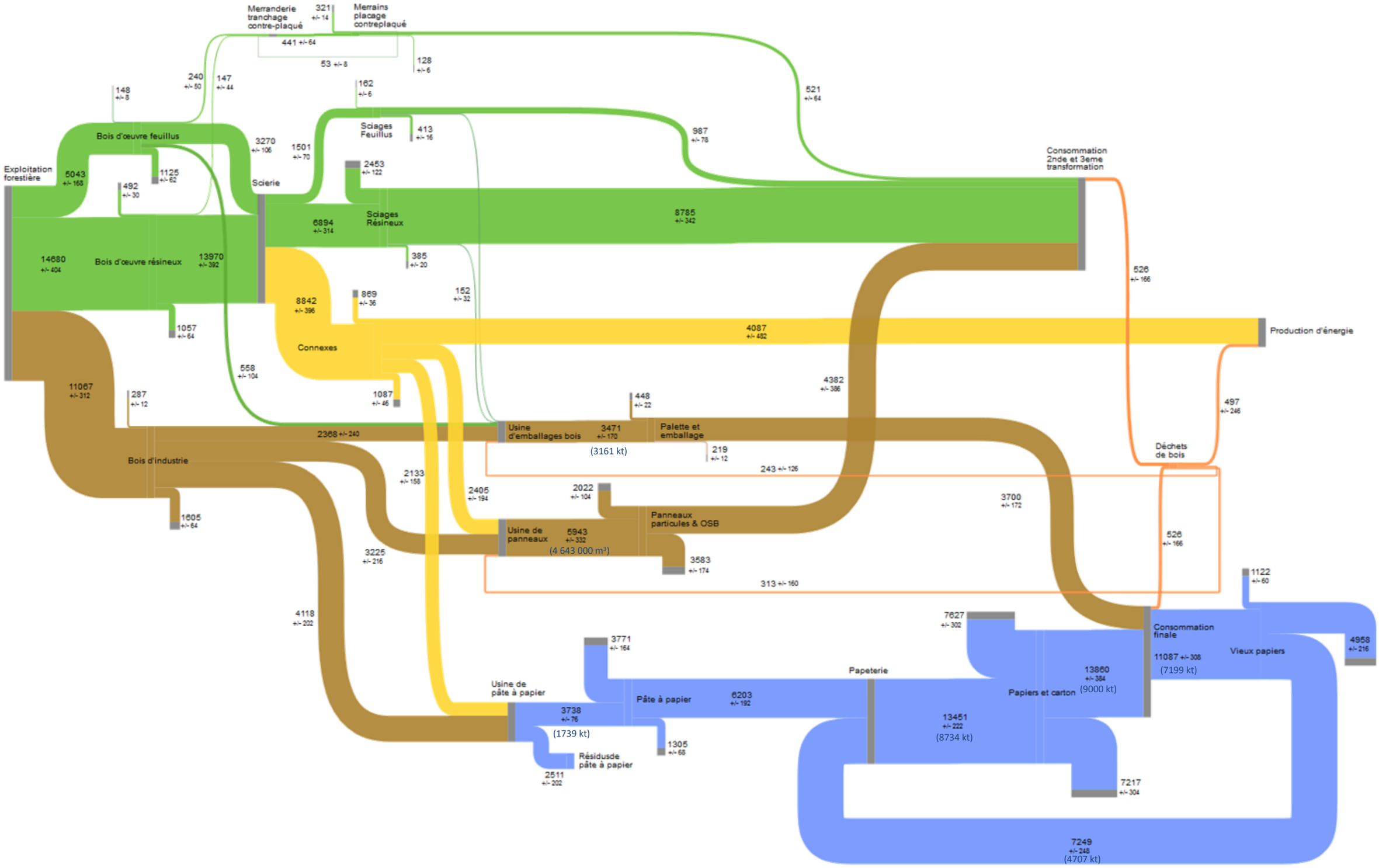
Annexe 1. Tableau d'emploi-ressource, niveau national, données non réconciliées..... 52
Annexe 2. Diagramme de Sankey centrage « Forêt », échelle nationale 53
Annexe 3. Diagramme de Sankey centrage « Industrie », échelle nationale 54
Annexe 4. Diagramme de Sankey centrage « Bois d'œuvre », échelle nationale 55
Annexe 5. Diagramme de Sankey centrage « Forêt », échelle Grand-Est 56
Annexe 6. Diagramme de Sankey centrage « Industrie », échelle Grand-Est..... 57
Annexe 7. Diagramme de Sankey centrage « Bois d'œuvre », échelle Grand-Est..... 58
Annexe 8 Compte-rendu du premier comité de pilotage (9 avril 2015)..... 59
Annexe 9 Compte-rendu du second comité de pilotage (3 juin 2015)..... 62

Supply	Production	Stock	Mortalité	Exploitation	Scierie F	Scierie R	Merranderi	Usine de	Usine de	Usine de	Parquetteri	Usine de	Papeterie,	Usine	Import	Chaudières	Chauffage	Consommat	Conso
Bois sur pied	132228.0	0.0																	
BO Feuillus				5138.8											141.9				
BO Résineux				15118.4											475.5				
BT Feuillus				4078.6											49.4				
BT Résineux				7572.4											224.4				
Autre BI				480.0											19.6				
Bois bûche				4008.7											62.0				
Plaquettes forestières				1272.7															
Résidus d'exploitation				16094.9															
Traverse					129.8										45.3				
Merrain							63.0								0.00				
Sciages, avivés Fs					1318.0										116.7				
Sciages, avivés Rx						6774.3									2452.9				
PCS					1061.6	4201.0									518.2				
Plaquettes de scierie					570.8	2652.0									339.3				
Placages									58.8						32.7				
Panneaux particules & OSB								6145.7							2021.7				
Contre-plaqué										308.4					285.7				
Parquet						1.28					48.6				64.2				
Palette et emballage														3384.6	447.8				
Pâte à papier						2.15367196						3914			4482.3				
Vieux papiers															1230.8				
Papiers et carton													12994		8208.7				
Résidus pâte à papier												2295.8							
Déchets bois																			
Energie																5049.9	34200.0		
Somme	0	0		53764.3996	3080.08672	13630.7266	62.9948	6145.7185	58.84575	308.41824	48.5727263	6209.3283	12993.827	3384.63749	21219.1	5049.94579	34200	0	0
Use	Production	Stock	Mortalité	Exploitation	Scierie F	Scierie R	Merranderi	Usine de	Usine de	Usine de	Parquetteri	Usine de	Papeterie,	Usine	Export	Chaudières	Chauffage	Consommat	Conso
Bois sur pied		62121	12945																
BO Feuillus					3564.1				27.1	223.8				780.1	1178.4				
BO Résineux						14748.4			31.8	151.9					1095.3				
BT Feuillus								790.5				1126.9			471.9				
BT Résineux								2183.6				3174.9			1075.3				
Autre BI														480.0	18.8			52.0	
Bois bûche															622.8		6000.0		
Plaquettes forestières																			
Résidus d'exploitation																			
Traverse															92.5				
Merrain															0.0				
Sciages, avivés Fs														169.2	320.2				
Sciages, avivés Rx														169.2	385.4				
PCS								1495.6				1519.8			651.8	782.1			
Plaquettes de scierie								915.9				930.7			448.3	478.9			
Placages										93.1					36.2			18.6	
Panneaux particules & OSB															3582.7				
Contre-plaqué															94.1				
Parquet															15.9				
Palette et emballage															218.8				
Pâte à papier															1126.4				
Vieux papiers													7796.3		4554.5				
Papiers et carton															6738.8				
Résidus pâte à papier																			
Déchets bois								268.908516						326.073902		302.3			
Energie																			
Somme	0	62121	12945	0	3564.1058	14748.4438	0	5654.51103	58.84575	468.75	0	6752.30383	7796.2962	1924.60905	22728.1	1563.33521	6000	70.6154	0

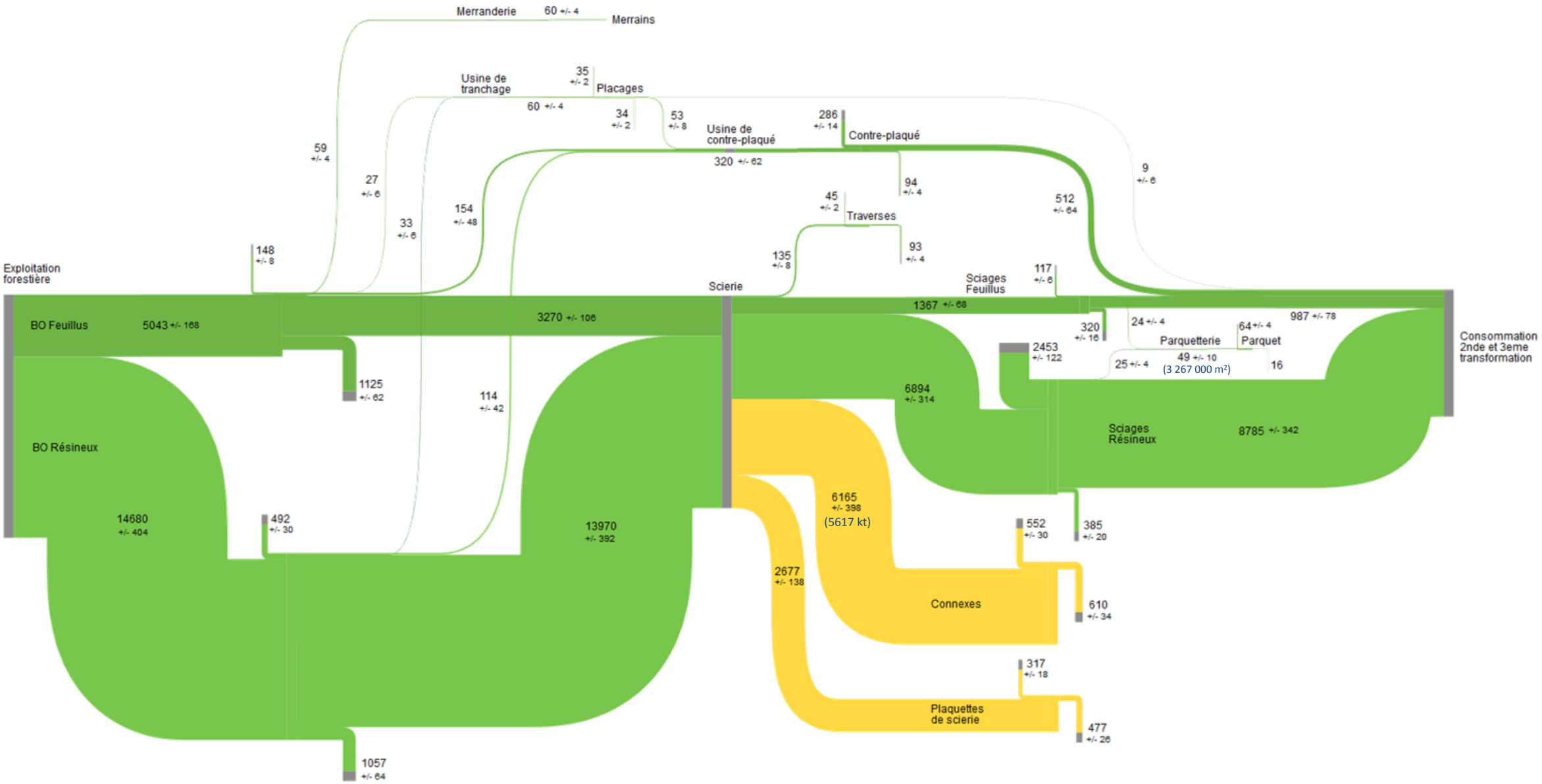
Annexe 1. Tableau d'emploi-ressource, niveau national, données non réconciliées



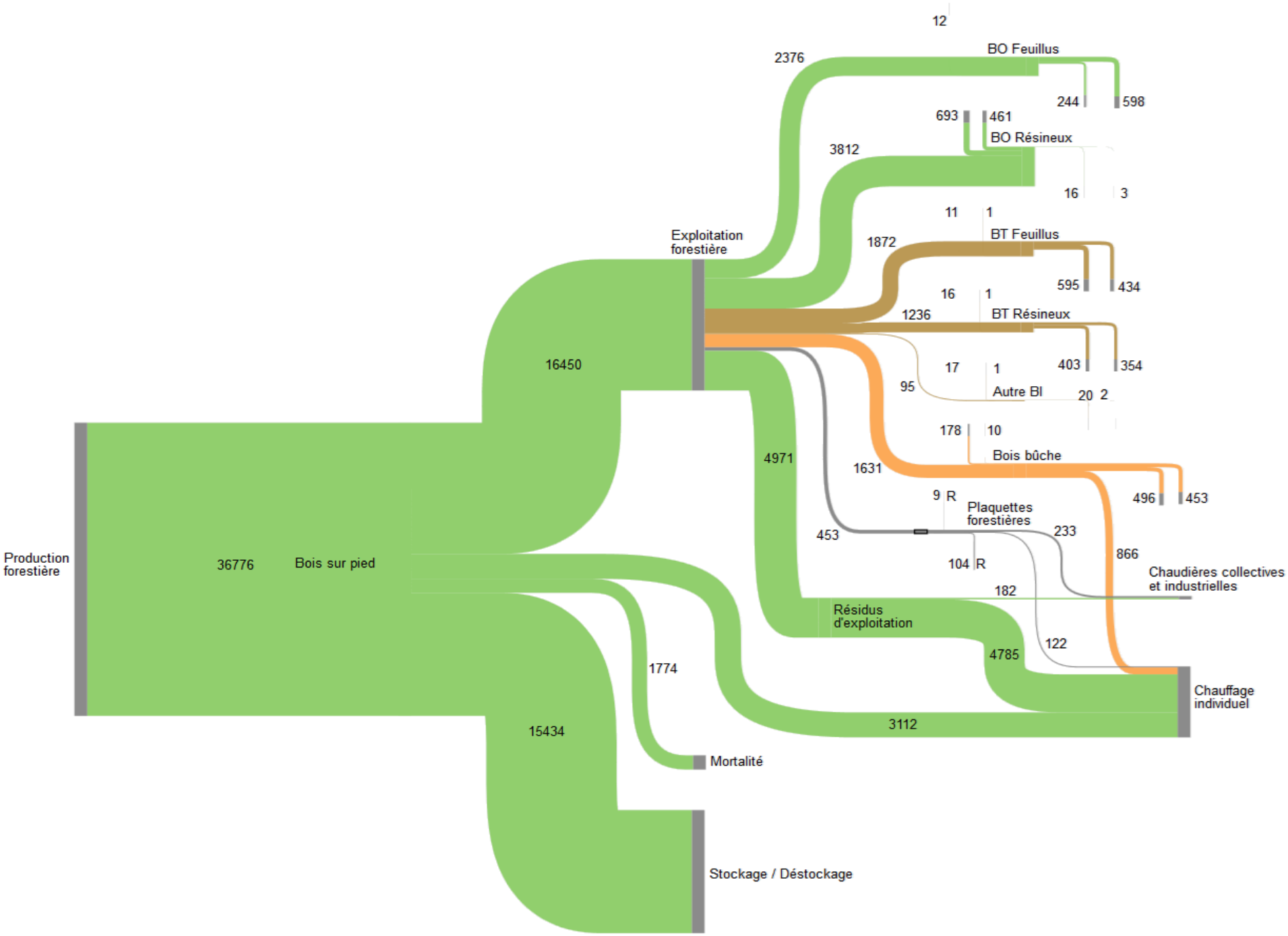
Annexe 2. Diagramme de Sankey centrage « Forêt », échelle nationale, période 2009-2013



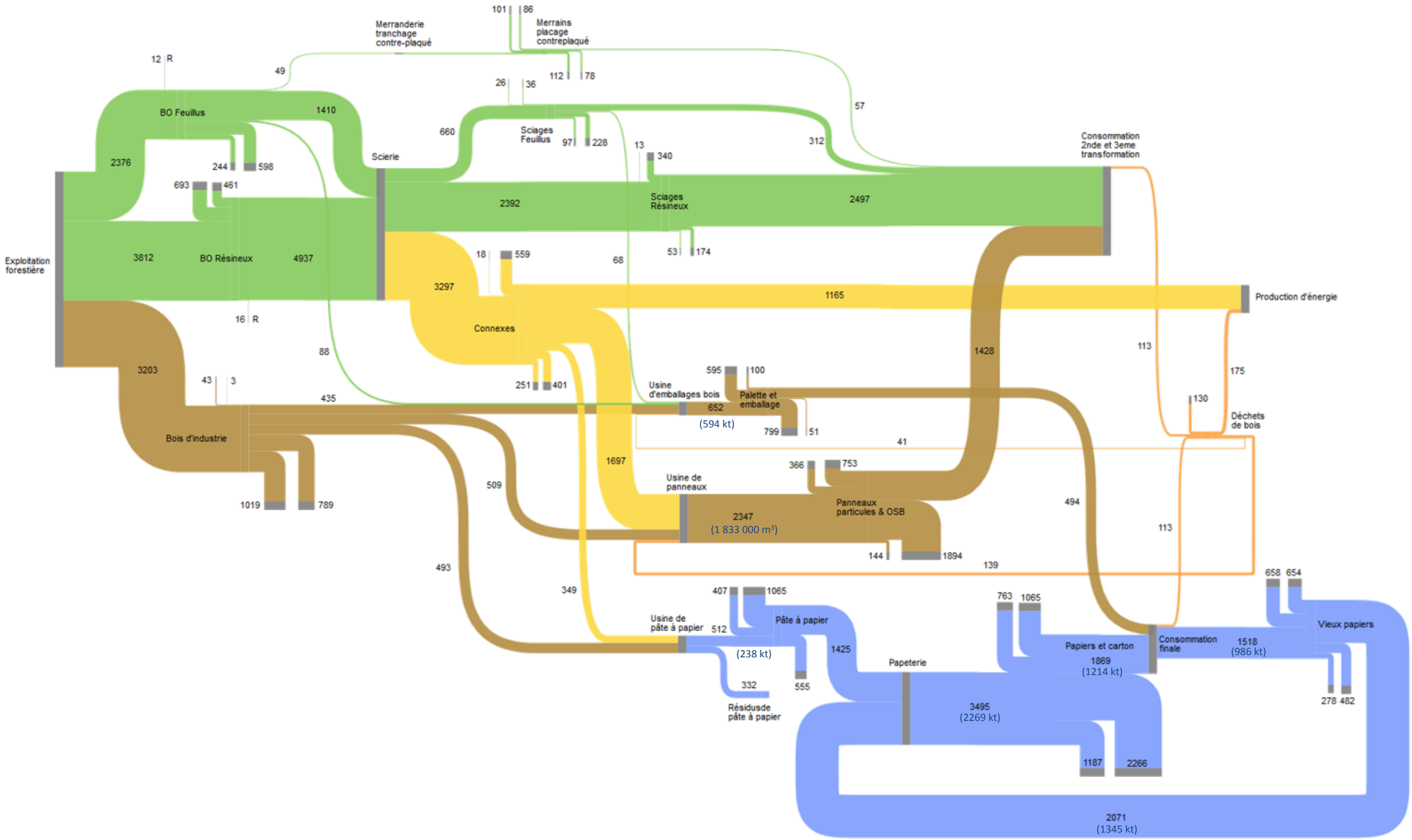
Annexe 3. Diagramme de Sankey centrage « Industrie », échelle nationale, période 2009-2013



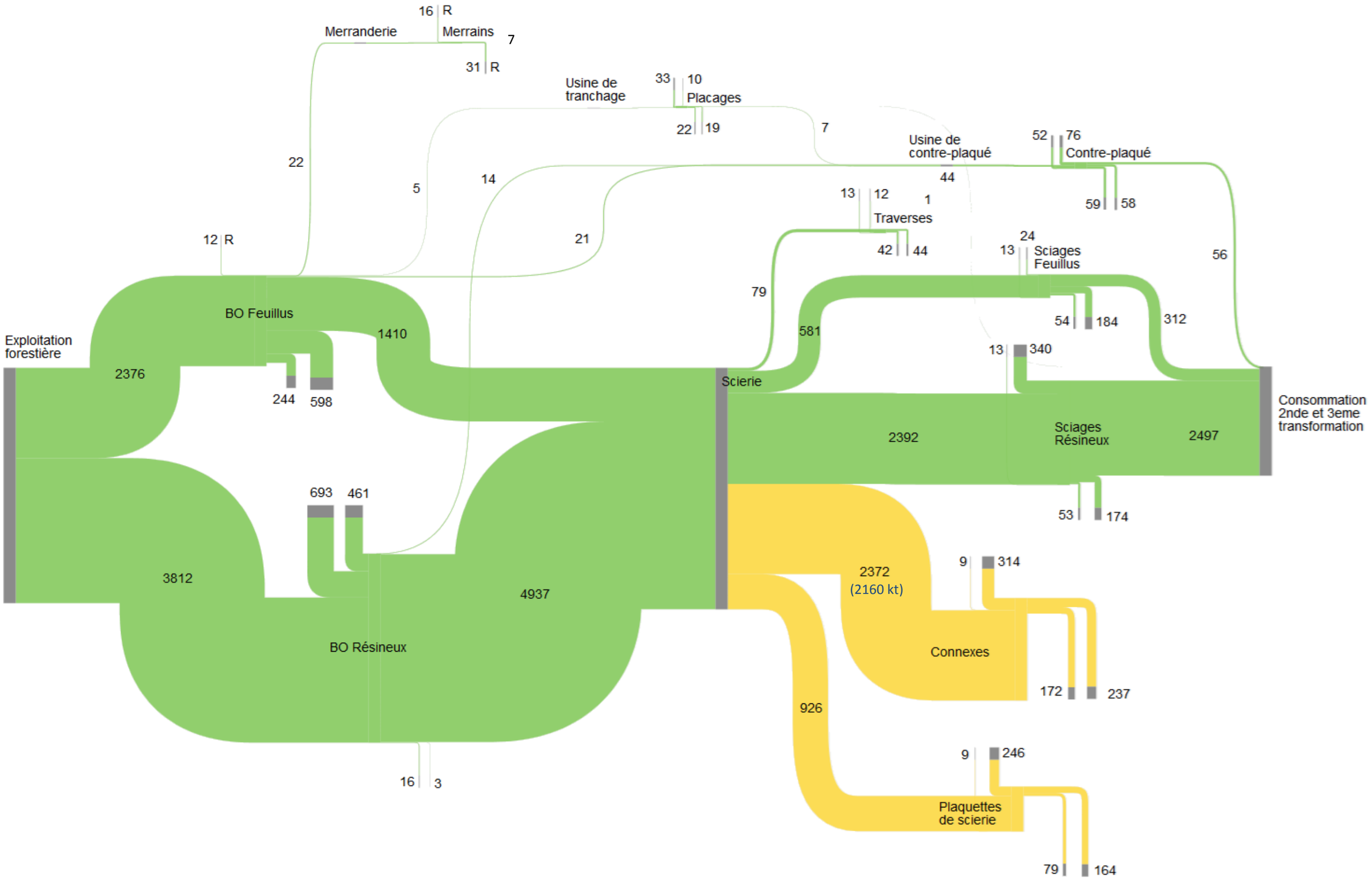
Annexe 4. Diagramme de Sankey centrage « Bois d'œuvre », échelle nationale, période 2009-2013



Annexe 5. Diagramme de Sankey centrage « Forêt », échelle Grand-Est, période 2009-2013



Annexe 6. Diagramme de Sankey centrage « Industrie », échelle Grand-Est, période 2009-2013



Annexe 7. Diagramme de Sankey centrage « Bois d'œuvre », échelle Grand-Est, période 2009-2013

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PREFET DE LA REGION LORRAINE

Direction régionale
de l'alimentation, de l'agriculture
et de la forêt

Service régional de l'économie agricole, de l'agroalimentaire et de la forêt

Dossier suivi par : Mélanie LUCAS
Courriel : melanie.lucas@agriculture.gouv.fr

Tél : 03 55 74 10 73
Fax : 03 55 74 11 01

Compte-rendu du comité de suivi du stage « Circuits de commercialisation du bois dans le Grand Est » – 09 avril 2015

Le premier comité de suivi du stage « Circuits de commercialisation du bois dans le Grand Est » s'est tenu à Nancy le jeudi 09 avril 2015.

Étaient présents à cette réunion :
Aude Barlier (GIPEBLOR),
Renaud Bayle (DREAL),
Pierre Bruyas (DRAAF Lorraine – SRISE),
Sylvain Caurla (LEF),
Antoine Colin et deux stagiaires (IGN),
Jean-Yves Courtonne (INRIA),
Margaux Lebecque (CRL),
Jonathan Lenglet (AgroParisTech),
Pierre-Yves Longaretti (INRIA),
Mélanie Lucas (DRAAF Lorraine),
Delphine Nicolas (URCOFOR),
Benjamin Piton (DRAAF Champagne-Ardenne),
Christophe Schilt (DRAAF Alsace),
Camille Vauchelet (CRPF),

L'ordre du jour était le suivant :

1. Présentation générale du contexte de l'étude, enjeux et attentes.
2. Présentation du Laboratoire d'Économie Forestière (LEF) et de son observatoire (OLEF)
3. Détails concernant l'étude et le déroulement du stage. Méthodes proposées pour les phases de diagnostic et de prospective. Présentation des modèles FFSM et du laboratoire STEEP.
4. Questions diverses.

Contexte général et points clés

Lors du lancement de la réunion, il a été rappelé par M. Lucas et S. Caurla le contexte économique de cette étude et son ancrage dans l'actualité. L'accent a été mis sur les difficultés d'approvisionnement auxquelles font face les entreprises de la première transformation, notamment des scieries de feuillus. Il a aussi été souligné que d'importantes tensions au niveau de la ressource existaient, en particulier sur les secteurs de l'emballage et de l'ameublement.
L'étude aura pour principal objectif l'identification des flux de matière le long de la chaîne de valeur ainsi que la mise en évidence des flux d'import-export pour chaque maillon de la filière.

Orientation du diagnostic

Identification des produits et secteurs

Dans un premier temps, les discussions ont principalement porté sur le choix des produits à considérer. Ces choix sont principalement fonction des données disponibles via les différents services statistiques (Agreste, INSEE, Unions professionnelles).
La liste de produits proposée est la suivante : BO Feuillus, BO Résineux, BI Feuillus, BI Résineux, BE, Traverse, Merrain, Sciages Fs, Sciages Rx, Produits connexes, Placages, (Tonneaux), Panneaux particule et OSB, Contre-plaqué, Parquet, Éléments de menuiserie et construction, (Articles en bois), Palette et emballage, Pâte à papier, Papiers et Cartons, (Articles en papier-carton).

Suite aux discussions, différents points ont été validés :

- ✔ Ajouter une catégorie « Bois abouté et contrecollé », les données seront à recueillir en contactant les entreprises du domaine dans le Grand Est.
- ✔ Détailler davantage la catégorie « Bois-énergie » avec, par exemple, la distinction entre « Bois bûche » et « Plaquettes forestières ».
- ✔ Il n'est pas nécessaire de descendre trop en aval pour certains produits (produits entre parenthèses ci-dessus).

Dans cette étude, il faut bien considérer qu'il n'y a pas de distinction entre bois d'industrie et bois-énergie, ces bois ne sont pas dissociables. Ils sont utilisés par des industries qui sont très interdépendantes.

Réflexions sur la zone d'étude

La zone d'étude composée des régions Alsace, Bourgogne, Champagne-Ardenne, Franche-Comté et Lorraine semble pertinente compte tenu des liens existant entre les acteurs de la filière forêt-bois sur ce territoire. Le périmètre des unités d'études a été discuté et il en est ressorti qu'une étude à l'échelle de l'inter-région était probablement suffisante et assez ambitieuse. Descendre à l'échelle régionale entraînerait une diminution de fiabilité des résultats et ne présenterait pas de réel intérêt pour les professionnels de la filière. Il a en outre été rappelé que l'objectif, in fine, était bien de répondre aux questions et aux besoins des industries du bois de l'inter-région.

L'objectif est de définir et de quantifier les flux entrants et sortant du périmètre de l'étude, pour cela il est indispensable d'évaluer et de connaître les besoins de l'inter-région.

Méthodologie d'analyse des flux

La méthode et le modèle proposés pour la réalisation du diagnostic a été présenté par J-Y. Courtonne et P-Y. Longaretti du laboratoire STEEP de l'INRIA Grenoble.
Cette technique repose sur une méthode de réconciliation de données, tout en s'appuyant sur les experts régionaux pour apporter leur connaissance sur la précision d'un flux (ex. impact du marché noir…). Les données utilisées pour alimenter le modèle proviennent de différentes bases de données : Agreste, statistiques des unions professionnelles, INSEE, SitraM (transport de marchandises), douanes. La première étape consiste à concilier ces différentes sources afin d'obtenir le maximum de données fiables et exploitables.
Par la suite, un travail plus approfondi sur quelques flux stratégiques pourra être réalisé.
Le laboratoire STEEP travaille actuellement à estimer l'incertitude théorique des données de la base TRM (Transport Routier des Marchandises). Les résultats de cette étude devraient être communiqués en juin 2015.
Les résultats qui pourraient être obtenus en développant ce modèle sur la filière forêt-bois du Grand Est semblent correspondre aux attentes des différentes parties représentées.

Concernant les aspects techniques de la mise en œuvre, différentes actions ont été prescrites :

- ✔ Contacter au plus vite les Observatoires Régionaux des Transports du Grand Est ainsi que le consortium formé par Forêt Logistique et XyloLink pour travailler en commun sur la question de l'évaluation des flux de l'amont de la filière – de la forêt à la porte des usines de 1ère transformation (cf. Étude logistique bois dans le Grand Est, en cours).
- ✔ Travailler sur une période allant de 2009 à 2013 (2014 lorsque les données sont disponibles), ce qui permet de tirer au mieux avantage des différentes bases de données, d'obtenir une vue actuelle de la filière et d'éviter l'effet « après-tempête » encore perceptible avant 2009.

- ✔ Travailler sur la définition des produits pris en compte. La définition des produits est différente selon les bases de données. Il est nécessaire de bien les définir avant de pouvoir les agréger, les comparer…

Il a également été rappelé la nécessité de conserver toutes les hypothèses qui ont été prises ainsi que toutes les règles de hiérarchisation qui ont été appliquées au cours de cette étude. Ceci est indispensable afin de pouvoir la modifier ou la réactualiser plus facilement par la suite.

Poursuite de l'étude et perspectives

L'organisation d'un second comité de suivi avant l'été est jugée nécessaire afin de valider les hypothèses de travail sur la base des premiers résultats. La période fin mai-début juin semble appropriée.

Une phase de prospective économique est prévue dans un second temps, suite à la réalisation du diagnostic. L'objectif est de mettre à profit le modèle FSSM présenté par S. Caurla afin de tester l'impact de différentes politiques potentielles (à définir par la suite). Cette phase de prospective portera principalement sur la thématique de l'export de bois brut à l'étranger.

Fait à Metz, le 27 avril 2015,
Rédaction : Jonathan Lenglet

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PREFET DE LA REGION LORRAINE

Direction régionale
de l'alimentation, de l'agriculture
et de la forêt

Service régional de l'économie agricole, de
l'agroalimentaire et de la forêt

Dossier suivi par : Mélanie LUCAS
Courriel : melanie.lucas@agriculture.gouv.fr

Tél : 03 55 74 10 73
Fax : 03 55 74 11 01

Compte-rendu du comité de suivi intermédiaire du stage « Circuits de commercialisation du bois dans le Grand Est » – 03 juin 2015

Le second comité de suivi du stage « Circuits de commercialisation du bois dans le Grand Est » s'est tenu à Nancy le mercredi 03 juin 2015.

Étaient présents à cette réunion :
Aude Barlier (GIPEBLOR),
Pierre Bruyas (DRAAF Lorraine – SRISE),
Sylvain Caurla (LEF),
Jean-Yves Courtonne (INRIA),
Antoine Daclin (FBE),
Jonathan Lenglet (AgroParisTech),
Mélanie Lucas (DRAAF Lorraine),
Stéphane Viader (DRAAF Lorraine).

L'ordre du jour était le suivant :
1. Rappel des objectifs du projet et des actions réalisées.
2. Présentation de l'avancée de la phase de modélisation et premiers résultats.
3. Présentation des méthodes d'analyse choisies pour la seconde phase du projet.
4. Questions diverses.

Avancée des travaux de modélisation

En introduction, un récapitulatif des actions menées jusqu'à maintenant a été présenté.
La modélisation des flux de bois à l'échelle nationale touche à sa fin, quelques ajustements sont encore nécessaires. Les participants ont proposé de s'intéresser au détail des données utilisées et de transmettre un retour sur le sujet, suite à leur expertise. Les différents tableaux-source leur seront donc transmis à l'échelle nationale et régionale (Lorraine ou Nord-Est).

Des points d'intérêt ont par ailleurs été soulevés sur certains produits parmi lesquels le bois autoconsommé, les emballages bois, les placages et le bois abouté contrecollé. Ces données étant difficilement accessibles au niveau national, elles pourront néanmoins faire l'objet d'une

attention particulière à l'échelle du Nord-Est et pourraient être obtenues en contactant les entreprises ou grâce aux interprofessions régionales.
Concernant le bois autoconsommé, les résultats obtenus seront comparés à ceux de l'enquête « Structure de la forêt privée en 2012 » (données DISAR).

Le choix de l'unité de référence a été validé, il s'agit du m^3 équivalent bois fibre (m^3[f]), déjà décrit dans la littérature scientifique. Cette unité est plus à même de répondre aux exigences d'une analyse de flux de matière que ne l'est le m^3 équivalent bois rond qui induit des doubles comptages (de produits connexes notamment). Un tableau d'équivalence (m^3 eq. bois fibre par rapport aux autres unités) sera transmis au comité de pilotage.

Le diagramme de flux de bois présenté en quantité pourra être comparé avec un diagramme en valeur. Cependant, la difficulté à évaluer la valeur du bois autoconsommé (et provenant de circuits courts) a été soulevée.

Les prochaines et dernières étapes du processus de modélisation sont présentées ci-dessous :

1. Ajout des incertitudes pour chaque flux (intervalles de confiance pour chaque donnée sortie du modèle).
2. Finalisation du modèle régionalisé afin d'obtenir des tables d'emploi-ressource pour les 22 régions métropolitaines.
3. Réalisation de diagrammes de flux (diagramme de Sankey) pour ces mêmes régions avec une attention particulière accordée aux 5 régions du quart Nord-Est.

À l'issue de cette phase, l'outil d'analyse de flux sera opérationnel et permettra d'engager la seconde partie de l'étude.

Seconde phase de l'étude

Analyse d'agent

L'analyse d'agent consiste en une approche plus sociologique et qualitative de la structure de la filière au niveau territorial. Basée sur la théorie de la structuration, elle identifie les acteurs et points clés d'un système ainsi que leurs interactions afin d'étudier le potentiel de transition de la structure (passage de l'état actuel vers un état optimisé). Cette analyse se base sur des entretiens d'acteurs et se déroule sur 5 étapes :

1. Identification des acteurs clés grâce aux diagrammes de flux, aux experts et à la littérature.
2. Analyse de la structure de régulation (en relation directe avec les points sensibles identifiés).
3. Réalisation d'un diagramme Agent-Structure.
4. Mise en évidence des interactions, options, restrictions, potentialités du système.
5. Actions éventuelles et effet potentiel sur la structure.

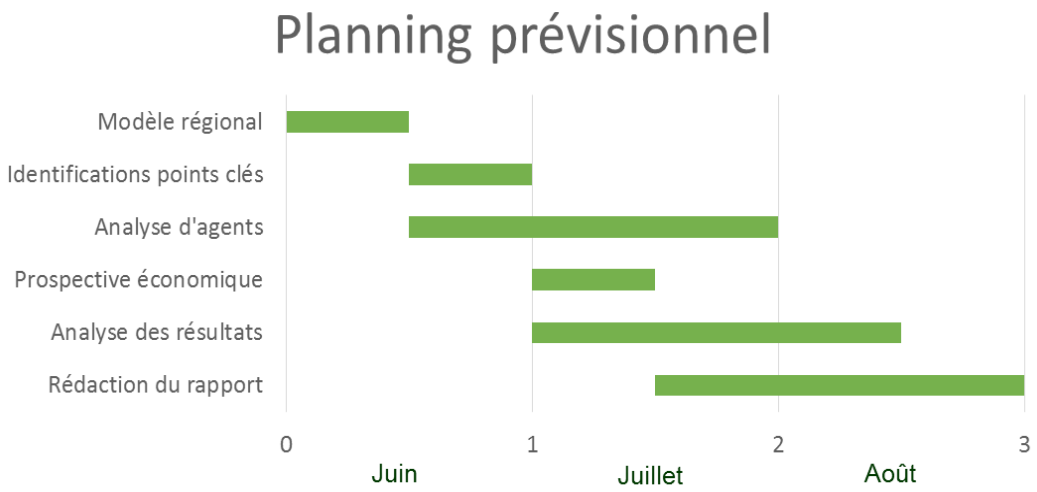
Cette analyse sera principalement orientée vers les aspects bois d'œuvre, secteur qui concentre le plus de tensions actuellement. Cette analyse pourra se baser sur une collaboration avec l'équipe réalisant l'étude ORT sur la logistique bois dans le quart Nord-Est (Xylolink et Forêt Logistique).

Prospective économique

En parallèle, et en s'appuyant sur les résultats de la première phase et de l'analyse d'agent, un exercice de prospective économique sera réalisé en s'appuyant sur les travaux du laboratoire d'économie forestière (LEF) grâce à un ajustement du modèle économique de la filière forêt-bois française (FSSM). Cet aspect a été développé en détail lors du premier comité de suivi du 09 avril 2015.

Échéancier indicatif

L'organisation prévisionnelle pour la suite de l'étude est la suivante :



Un dernier comité de suivi sera organisé à la fin du mois d'août pour faire le point sur l'avancement final du projet. La présentation publique des résultats de l'étude devrait avoir lieu lors de la semaine 40, du 28 septembre au 2 octobre 2015 sur le site d'AgroParisTech Nancy. La date précise sera communiquée ultérieurement.

La question de la révision de l'étude après le stage a été abordée. L'intérêt étant de pouvoir voir l'évolution des flux dans le temps. La méthodologie pourra être réutilisée. Un travail de redéfinition des nomenclatures (qui pourraient avoir évoluée) devra cependant être réalisé au préalable. La base de données de l'INRIA est réutilisable (open-source) mais un temps de « prise en main » pourra être nécessaire.

Fait à Metz, le 10 juin 2015,
Rédaction : Jonathan Lenglet