



HAL
open science

Mobiliser efficacement la biomasse forestière : une analyse conceptuelle et empirique des conditions de sécurisation de l’approvisionnement en bois des scieries en France

Ghenima Amer

► To cite this version:

Ghenima Amer. Mobiliser efficacement la biomasse forestière : une analyse conceptuelle et empirique des conditions de sécurisation de l’approvisionnement en bois des scieries en France. Economies et finances. Université Clermont Auvergne, 2022. Français. NNT : 2022UCFAD010 . tel-04000357

HAL Id: tel-04000357

<https://theses.hal.science/tel-04000357v1>

Submitted on 22 Feb 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES ÉCONOMIQUES,
JURIDIQUES, POLITIQUES ET DE GESTION
Université Clermont Auvergne

Ecole Doctorale des Sciences Economiques, Juridiques, Politiques et de gestion
UMR Territoires

Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
INRAE

**MOBILISER EFFICACEMENT LA BIOMASSE FORESTIERE :
UNE ANALYSE CONCEPTUELLE ET EMPIRIQUE DES CONDITIONS
DE SECURISATION DE L'APPROVISIONNEMENT EN BOIS DES
SCIERIES EN FRANCE**

Thèse Nouveau Régime

Présentée et soutenue publiquement le 14 octobre 2022

pour l'obtention du titre de Docteur en Sciences Economiques

par

Ghenima AMER

Membres du Jury

| | | |
|----------------------|--|--------------------|
| Emmanuel Raynaud | Directeur de recherche, INRAE (UMR SADAPT) | Rapporteur |
| Clarisse Cazals | Chargée de recherche HDR, INRAE (UR ETTIS) | Rapporteuse |
| Pascale Combes-Motel | Professeure des universités (LEO – UCA) | Présidente |
| Olivier Aznar | ICPEF HDR, VetAgro Sup (UMR Territoires) | Examinateur |
| Jean-Marc Callois | HDR, Ministère chargé de l'agriculture | Encadrant |
| Philippe Jeanneaux | Professeur, VetAgro Sup (UMR Territoires) | Directeur de thèse |

Résumé

La réalisation des enjeux socio-économiques et environnementaux du secteur forêt-bois est indissociable du développement de ses industries. En France, la sécurité de l'approvisionnement des industries du bois est l'un des défis majeurs que doit relever la filière. Les études de disponibilité de la ressource bois, les études du comportement des propriétaires forestiers privés et les études d'optimisation des chaînes d'approvisionnement offrent des éléments de compréhension utiles à l'analyse de cette problématique.

Dans cette thèse, nous proposons une approche plus intégrative basée sur la théorie des coûts de transaction, en mobilisant une double approche conceptuelle et empirique centrée sur les scieries. Dans un **premier article**, nous proposons un cadre d'analyse global à la problématique de sécurisation de l'approvisionnement en bois, issu de l'économie néoinstitutionnelle. Nous montrons ainsi que les caractéristiques physiques de la ressource, les interdépendances entre les marchés, et le comportement des vendeurs de bois sont à l'origine d'incertitudes qui pèsent sur l'approvisionnement en bois. Le cadre développé suggère que les contrats d'approvisionnement peuvent être un dispositif de sécurisation efficace. Dans un **deuxième article**, nous mettons en évidence l'impact des caractéristiques physiques de la forêt et du régime de la propriété forestière sur la production de sciage. En mobilisant des modèles de panel spatial, nous montrons que ces facteurs sont prépondérants pour la sécurité de l'approvisionnement des scieries mais qu'il existe des disparités entre feuillus et résineux et que les effets jouent à différentes échelles spatiales. Dans un **troisième article**, nous analysons l'efficacité des contrats d'approvisionnement dans la sécurisation de l'approvisionnement des scieries à travers une enquête menée auprès de scieurs de différents territoires de France. Les résultats montrent que l'efficacité des contrats d'approvisionnement est relative et dépend fortement du type d'acheteur.

L'ensemble de ces éléments nous amène à conclure que croiser l'économie néoinstitutionnelle et l'analyse des facteurs marchands classiques est une stratégie particulièrement féconde pour comprendre l'efficacité des stratégies d'approvisionnement.

Mots clés : Filière forêt-bois, Biomasse forestière, Scierie, Contrats d'approvisionnement, Sécurisation de l'approvisionnement, Economie néoinstitutionnelle, Théorie des coûts de transaction, Modèles de panel spatial, Régression logistique.

Abstract

Achieving the socio-economic and environmental stakes of the forest-wood sector is tightly related to the development of its industries. In France, security of supply of wood-based industries is one of the major challenges that the sector faces. Studies on the assessment of wood availability, studies of private forest owners' behaviors and studies of the optimization of wood supply chains offer useful elements of understanding the wood supply security issue. In this thesis, we propose a more integrative approach from the perspective of transaction costs theory, by mobilizing a conceptual and empirical approach centered on sawmills. In a **first article**, we propose a global analytical framework for the wood supply security issue, based on neoinstitutional economics. We thus show that physical characteristics of the resource, the interdependencies between markets, and the behavior of timber sellers are at the origin of the uncertainties that weigh on wood supply. The framework developed suggests that supply contracts may be an efficient device for wood supply security. In a **second article**, we highlight the effect of physical forest characteristics and their ownership regime on sawnwood production. Mobilizing spatial panel models, we show that these factors are preponderant for sawmills supply security. However, there are disparities between hardwood and coniferous, and the effects play at different spatial scales. In a **third article**, we analyze the efficiency of supply contracts in securing sawmills supply through a survey conducted with sawmillers in different French regions. The results show that the efficiency of supply contracts is relative and depend on the type of buyer.

All these elements lead us to conclude that combining neoinstitutional economics and the analysis of traditional market factors is a particularly fruitful strategy for understanding the effectiveness of supply strategies.

Key words: Wood sector, Forest biomass, Sawmill, Supply contracts, Supply securitization, Neoinstitutional economics, Transaction cost theory, Spatial panel models, Logistic regression.

À mes parents, Hamid At Eli et Lila At Ttaleb

I tlawin n lħif d nnif

Remerciements

« Après tout, qu'est-ce que la vie sinon une interminable mise à l'épreuve. Celui qui se relève de ses faux pas, aura gagné l'estime des dieux. De toutes les couleurs qu'on lui fait voir, il construira un arc en ciel. »

(Yasmina Khadra, Dieu n'habite pas La Havane)

Après tout, qu'est-ce que la thèse sinon une interminable mise à l'épreuve... J'aimerais remercier quelques personnes qui m'ont aidée à affronter les épreuves qui ont jalonné cette thèse.

Je remercie en premier lieu, Yves Poss dont la présence fut une chance inouïe. Merci pour votre implication avec sérieux et patience dans mon travail, pour vos éclairages toujours minutieux, pour nos échanges toujours stimulants, pour avoir partagé avec moi l'expérience de votre longue carrière, de m'avoir permis de côtoyer mon terrain (etc.). J'espère que mon travail vous aura apporté un retour, même infime.

Mes remerciements s'adressent également à Jean-Denis Mathias pour son aide inestimable sur une partie de cette thèse, pour ses précieux conseils, pour ses encouragements, et pour sa présence à chaque fois qu'il l'a fallu. Le travail avec lui fut une réelle opportunité de découvrir la recherche avec simplicité mais rigueur, et de toujours me surpasser.

Je remercie Jean-Marc Callois, d'abord pour m'avoir offert l'opportunité de faire cette thèse, puis pour son accompagnement indéfectible tout au long de ce parcours. Ce travail n'aurait pas abouti sans ses orientations, ses conseils toujours avisés et bienveillants, ses retours constructifs, ses encouragements et sa patience infinis. Merci de m'avoir toujours poussée à faire mieux et d'avoir fait ce qu'il fallait pour que cette thèse soit possible.

Je remercie également Mihai Tivadar pour son appui précieux sur une partie de cette thèse. Son aide dans la manipulation des bases de données, ses intuitions et ses idées ont beaucoup contribué à l'aboutissement de ce travail.

J'adresse mes remerciements à Clarisse Cazals et Emmanuel Raynaud qui ont accepté d'évaluer mon travail, et à Pascale Combes-Motel et Olivier Aznar qui ont accepté de faire partie du jury. Merci à Philippe Jeanneaux, pour avoir accepté d'être le directeur de cette thèse.

Je remercie tous les scieurs qui ont accepté de répondre à mes questions et de me donner de leur temps précieux. Je remercie également les acteurs institutionnels dont les échanges ont beaucoup fait avancer mes réflexions (Fibois AuRA, Unisylva, DRAAF AuRA, ADEME Clermont-Ferrand, FNCOFOR, ONF, Ecocentre Varenne-sur-Allier, etc.). Je remercie en particulier Maurice Chalayer de l'Observatoire du métier de la scierie pour ses nombreux éclairages et pour sa disponibilité à chaque fois que je l'avais sollicité.

Mes remerciements vont à Stéphanie Truchet et Sandrine Lagoutte (l'ange gardien de l'UMR Territoires) qui ont toujours veillé à ce que tout se passe bien pour moi au sein de l'UMR. Je remercie également tous mes collègues de l'UMR Territoires et d'INRAE d'Aubière pour leurs attentions, leur disponibilité, les pauses sportives, les balades ou simplement des discussions sympas partagées. Merci à Christine, Chloé, Laurence, les deux Geneviève, Pascale, Colette,

Kareen, Hélène, les deux Marie, Jacques, Kassoum, Qing, Olivier, Alain, Pierre, Jean-Bernard, Nadia, Sandra, Etienne, François Johanny, Adrian, Guillaume, Amélie, Adem Kilic, Vincent Chevallereau, et d'autres dont le passage fut court...

Je n'aurais sûrement pas entrepris cette thèse sans mes passages aux masters EDDE à l'UMMTO et ETADD à l'UVSQ. Merci à mes anciens professeurs et camarades pour avoir toujours cru en moi et pour m'avoir encourag e. Je remercie en particulier Laurent Dalmas qui m'a mise sur la voie de cette thèse.

Je remercie mes parents clermontois, Elisabeth et Nicolas, pour leur soutien sans faille depuis le premier pied que j'ai posé à Clermont et tout au long de ma thèse. Merci de m'avoir toujours ouvert grand les portes de vos c eurs et de votre maison, pour votre générosité sans limites et pour tout ce que j'ai appris à vos côtés.

Merci à tous les ami.e.s qui m'ont soutenue.   trois garçons en particulier : Jean-Galbert, Adil et Duy (alias le plus beau du monde), chacun pour ce qu'il a pu m'apporter. Et à trois filles : Horia et Lila pour vos encouragements et pour nos retrouvailles toujours reboostantes (mais pas que). Ghalia pour ta façon si particulière de m'écouter, de me comprendre et de me dire (et pour les retrouvailles aussi !).

Si je suis ce que je suis et que j'ai fait cette thèse, c'est parce que je suis la fille de mes parents. Merci pour tout ce que vous avez fait pour moi en tant que parents et que chacun peut imaginer. Merci en particulier d'avoir mis  sur l'essentiel dans ce que vous m'avez inculqué et pour la liberté de réfléchir et d'agir que vous m'avez toujours laiss e. Merci à toi, ma petite maman immense, pour avoir tous les jours été au rendez-vous, partagé avec le même plaisir des discussions sens es ou peu sens es, supporté parfois ma mauvaise humeur ou mon excès de bonne humeur, et pour avoir toujours su effacer mes doutes. Papa, tu as toujours été fier de nous, tes filles, et de nos études ; c'est à toi que je dédie cette thèse en premier.

Si je me suis permis cette thèse (et mes errances), c'est parce que je suis la s eur de ma s eur. Merci à toi, Nassima, d'assurer au quotidien en mon absence (et même en ma présence), merci de m'avoir donné deux merveilleux neveux comme Aksil et Aghilas dont l'existence m'a donné du courage au quotidien. Et merci tout simplement d'être ma s eur. Merci également à toi, Lyes, pour ta présence et ton soutien.

Si je suis ce que je suis et que j'ai fait cette thèse, c'est parce que je suis une fille de ma famille. Merci  , *Setti* Baya et à Djamila, pour votre amour et vos bénédictions. Merci   *Nanna* Saliha, *Khalti* Zahoua, *Khali* Salah et *Khali* Arab pour vos encouragements et pour votre présence aux côtés de mes parents. Merci   *Khali* Kaci et Fazia et à *Khalti* Doudou pour votre soutien et pour votre générosité. Merci à toi *Khalti* Aziza, pour avoir été une maman et une amie. L'aboutissement de cette thèse te doit énormément. Merci à mes cousins et cousines pour vos encouragements, en particulier Jedjiga, Kahina, Elissa, Douda et Lynda.

Ma pens e va à *Setti* Ghenima, *Nanna* Kheloudja et Nounou, que j'aurais aimé remercier aussi. Reposez en paix, je sais que vous veillez sur moi de là où vous êtes.

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| Introduction générale | 1 |
| 1. La filière forêt-bois française : des enjeux et des contraintes..... | 1 |
| 2. L'enjeu de l'approvisionnement au sein de la filière forêt-bois française | 3 |
| 2.1. Au sein des institutions publiques | 3 |
| 2.2. Dans la littérature scientifique et les études empiriques | 6 |
| 3. La dimension contractuelle : un aspect essentiel mais encore peu présent dans la littérature | 10 |
| 4. Problématique de la thèse : construire une approche de l'approvisionnement des scieries dans un cadre d'économie néoinstitutionnelle | 14 |
| Bibliographie..... | 18 |
| Article 1. Securing woody biomass supply: insights from neoinstitutional economics | 23 |
| Abstract | 24 |
| 1. Introduction..... | 25 |
| 2. Securing woody biomass supply using supply chain management..... | 28 |
| 2.1. Woody biomass supply chain management | 29 |
| 2.2. Securing woody biomass supply via supply chain management | 31 |
| 3. Uncertainty and transaction costs associated with woody biomass exchange..... | 33 |
| 3.1. Uncertainty within woody biomass exchange | 34 |
| 3.2. Transaction costs within woody biomass exchange | 39 |
| 4. Minimizing transaction costs: governance structures and institutional environment | 40 |
| 4.1. Governance structures | 41 |
| 4.2. Institutional environment | 42 |
| 5. Conclusion | 43 |
| References..... | 44 |
| Article 2. On the effect of forest upstream factors on sawnwood production: evidence from French sawmill industry | 52 |
| Abstract | 53 |
| 1. Introduction..... | 54 |
| 2. Scale of analysis | 55 |

| | | |
|------|---|-----------|
| 3. | Variables, data sources and handling | 56 |
| 3.1. | The dependent variable | 56 |
| 3.2. | Variables of interest..... | 57 |
| 3.3. | Control variables..... | 60 |
| 3.4. | Multicollinearity assessment | 63 |
| 4. | Method: spatial panel models use | 64 |
| 4.1. | Testing for the presence of individual specific effects | 64 |
| 4.2. | Testing for spatial dependence | 65 |
| 5. | Results | 66 |
| 5.1. | Direct effects | 68 |
| 5.2. | Indirect effects..... | 69 |
| 6. | Conclusion | 71 |
| | References..... | 72 |
| | Appendices | 75 |
| | Article 3. Sécurisation de l’approvisionnement en bois des scieries en France : quelle efficacité des contrats d’approvisionnement ? | 88 |
| | Résumé..... | 89 |
| 1. | Introduction..... | 90 |
| 2. | Terrain et enquête | 92 |
| 2.1. | Le terrain prévu | 92 |
| 2.2. | Le terrain enquêté | 93 |
| 2.3. | Le déroulement de l’enquête..... | 94 |
| 3. | Le questionnaire | 96 |
| 3.1. | Caractérisation des scieries..... | 96 |
| 3.2. | Les pratiques d’approvisionnement des scieurs et leur perception de leurs conditions d’approvisionnement | 97 |
| 3.3. | La perception de l’incertitude et l’évaluation des coûts de transaction..... | 97 |
| 4. | Méthode..... | 98 |
| 4.1. | Articuler les approches qualitative et quantitative | 98 |

| | |
|--|------------|
| 4.2. Principes de la régression logistique ordinaire..... | 99 |
| 5. Les résultats..... | 100 |
| 5.1. Description des scieries enquêtées | 100 |
| 5.2. L'efficacité des contrats dans la sécurisation de l'approvisionnement des scieries 102 | |
| 5.3. Synthèse des résultats | 121 |
| 6. Conclusion | 123 |
| Bibliographie..... | 125 |
| Annexes | 127 |
| Conclusion générale..... | 138 |
| 1. Rappel des principaux résultats..... | 138 |
| 2. Les principaux apports de la thèse | 140 |
| 3. Limites de la thèse | 141 |
| 4. Prolongements possibles | 142 |

Table des figures

| | |
|---|-----|
| Figure 1. Calcul de la disponibilité des bois par la méthode des réfections successives (source : Thivolle-Cazat et Le Net, 2014). | 8 |
| Figure 2. Les maillons de la filière forêt-bois et leurs interactions (source : FCBA). | 14 |
| Figure 3. Synthèse des facteurs pris en compte dans la thèse et leur articulation à travers les trois articles de la thèse. | 17 |
| Figure 4. Approaches for dealing with WB supply security issues. | 27 |
| Figure 5. WB supply chain security at different stages of the supply chain. | 30 |
| Figure 6. Interactions among uncertainty, WB supply security parameters, and transaction costs. | 35 |
| Figure 7. The logic of minimizing transaction costs. | 40 |
| Figure 8. Complementarity and competition linkages between sawmill and first and second transformation industries (source: inspired from Caurla, 2012). | 62 |
| Figure 9. The average annual volume of sawnwood produced per department in the period 2005-2012 (in m ³). | 66 |
| Figure 10. Relationships among the spatial panel models (source: Guliyev, 2020; Golgher and Voss, 2016). | 79 |
| Figure 11. Terrain d'enquête. | 94 |
| Figure 12. Synthèse des étapes de l'enquête. | 96 |
| Figure 13. Scores moyens attribués à la durée des tâches relatives à l'approvisionnement. . | 114 |

Table des tableaux

| | |
|---|-----|
| Table 1. Summary of the main information on the variables and data used..... | 63 |
| Table 2. Spatial panel models “all sawnwood” at the department scale. | 67 |
| Table 3. Direct, indirect and total effects of the independent variables of the SAC model “all sawnwood” at the department scale. | 70 |
| Table 4. Descriptive statistics of the variables at the department scale. | 75 |
| Table 5. Correlation matrix between the explanatory variables at the department scale..... | 76 |
| Table 6. Variance inflation factor analysis..... | 77 |
| Table 7. Estimation results for panel models. | 81 |
| Table 8. Spatial panel models “coniferous sawnwood” at the department scale. | 82 |
| Table 9. Spatial panel models “hardwood sawnwood” at department scale..... | 83 |
| Table 10. Spatial panel models “all sawnwood” at the arrondissement scale. | 84 |
| Table 11. Spatial panel models “coniferous sawnwood” at the arrondissement scale. | 85 |
| Table 12. Spatial panel models “hardwood sawnwood” at the arrondissement scale..... | 86 |
| Tableau 13. Caractéristiques du terrain d’enquête prévu. | 93 |
| Tableau 14. Statistiques descriptives de la variable « satisfaction »..... | 103 |
| Tableau 15. Estimation de la régression logistique ordinale pour la variable dépendante « satisfaction ». | 105 |
| Tableau 16. Statistiques descriptives de la variable « Souhait contrats ». | 108 |
| Tableau 17. Estimation des régressions logistiques ordinales pour la variable dépendante « Souhait contrat ». | 110 |
| Tableau 18. Estimation de la régression linéaire pour la variable dépendante « temps d’approvisionnement »..... | 116 |
| Tableau 19. Synthèse des méthodes de ventes, des modes de vente et des fournisseurs de bois avec leurs principales caractéristiques..... | 133 |
| Tableau 20. Répartition des scieries enquêtées selon les différentes modalités des variables. | 136 |

Introduction générale

1. La filière forêt-bois française : des enjeux et des contraintes...

La nécessité de revoir les modèles de production et d'utilisation des ressources naturelles a été montrée dès le début des années 1970. Les travaux du rapport Meadows « *The limits to growth* » ont montré qu'une croissance démographique et une exploitation des ressources naturelles se poursuivant au même rythme, allaient conduire à un effondrement du système planétaire. Pour éviter cet effondrement, le rapport avait alors préconisé de stabiliser la croissance démographique aussi bien que la croissance économique.

Poursuivant les réflexions du rapport Meadows, le rapport Brundtland « Notre avenir à tous » publié en 1987, puis le Sommet de la Terre à Rio en 1992 ont été porteurs de nouvelles perspectives. En proposant le développement durable comme un nouveau paradigme de développement, il était admis que la croissance économique devait se poursuivre, mais de concert avec la préservation des ressources naturelles, la minimisation des impacts négatifs sur l'environnement et l'accroissement du bien-être social.

Le secteur forêt-bois représente un levier considérable de concrétisation des principes du développement durable. Sur le plan environnemental, les forêts constituent un important réservoir de biodiversité et contribuent au maintien des sols et à la préservation de la qualité des eaux. Sur le plan socio-économique, la filière forêt-bois est génératrice de revenus et d'emplois non délocalisables pour les populations rurales. Les forêts sont en outre un lieu de pratique d'activités récréatives et touristiques, façonnent les paysages et sont porteuses de valeurs culturelles pour les populations.

Outre ces fonctions, le secteur forêt-bois se trouve au cœur des stratégies d'atténuation du changement climatique à l'amont comme à l'aval, par les trois mécanismes de séquestration, de stockage, et de substitution (énergie et matériaux). Ainsi, à l'amont, les forêts constituent des puits de carbone inestimables, grâce au mécanisme de la photosynthèse qui permet la

séquestration du carbone dans le sol et les arbres. À l'aval, l'utilisation de produits à longue durée de vie (bois de construction) permet de stocker le carbone dans ces produits et de retarder son retour dans l'atmosphère. En outre, la consommation de bois-énergie en substitution aux énergies fossiles et d'autres produits (construction, emballage, mobilier, etc.) en substitution aux produits issus d'autres filières, permet la réduction des émissions de carbone (Roux et al., 2017).

En 2020, la filière forêt-bois française comptait 440 000 emplois dont 190 000 dans la sylviculture et 250 000 dans les industries. Son chiffre d'affaires était de 60 milliards d'euros dont 20 milliards pour l'amont et 40 milliards pour l'aval (industrie de la transformation du bois) (Cour des comptes, 2020). En 2019, le puits de carbone de la forêt et des produits bois est estimé à 51,9 MtCO₂eq¹ correspondant à une séquestration d'environ 11 % des émissions de gaz à effets de serre des autres secteurs (ADEME, 2021). Pour 2050, La Stratégie nationale bas carbone prévoit un puits d'environ 82 MtCO₂eq, composé de 35 MtCO₂eq de puits forestier, et de 15 MtCO₂eq de produits bois (bois de construction, meubles, papier, carton, etc.) avec notamment le renforcement du développement des bois de construction, à longue durée de vie².

La réalisation du potentiel du secteur forêt-bois est indissociable du développement de l'usage du bois et de ses industries. Elle ne sera possible que « *si le bois pousse, s'il est récolté, s'il est transformé et utilisé.* » (Juillot, 2003). La France possède la quatrième plus vaste forêt d'Europe³, avec une superficie de 17 millions d'hectares, qui couvre 31% du territoire métropolitain et qui progresse de 0,7% par an depuis 1980 (IGN, 2018). Son stock de bois sur pied s'est accru de 60% entre 1958 et 2018 (IGN, 2018) et la production biologique annuelle a été estimée à 88,8 Mm³/an entre 2011 et 2019 (IGN, 2021). Malgré ce potentiel, le développement des produits bois se heurte à plusieurs contraintes.

La filière forêt-bois française souffre d'une crise structurelle depuis au moins deux décennies, se traduisant par un déficit commercial chronique. En 2019 par exemple, ce déficit est évalué à 7 milliards d'euros. Il est lié principalement au secteur des meubles et sièges en bois (déficit de 2,9 milliards d'euros), au secteur du papier et cartons (2,8 milliards d'euros) mais également au bois

¹ Millions de tonnes de CO₂ équivalentes.

² https://www.citepa.org/fr/2021_02_b07/

³ Derrière la Suède, la Finlande et l'Espagne (Alexandre, 2017).

d'œuvre conifère (500 millions d'euros). L'excédent commercial des bois ronds n'est que de 200 millions d'euros (Agreste, 2021a). L'exportation de produits à faible valeur ajoutée et l'importation massive de produits transformés, à forte valeur ajoutée, traduit le manque de compétitivité des industries de la filière bois. Cette situation s'explique principalement par le sous-investissement structurel dans la filière (Alexandre, 2017; Chalayer, 2019) mais aussi par les difficultés d'approvisionnement de ses industries. C'est ce second point qui fait l'objet de cette thèse.

Avant d'exposer les questions de recherche de cette thèse et de présenter son plan, nous allons présenter un panorama des travaux déjà réalisés sur cette question, tant au sein des institutions publiques que dans la littérature scientifique.

2. L'enjeu de l'approvisionnement au sein de la filière forêt-bois française

L'enjeu de l'approvisionnement est soulevé de manière récurrente dans les nombreux rapports réalisés sur la filière bois, ainsi que dans la littérature scientifique. Nous examinerons successivement la façon dont cette question est traitée dans les travaux visant à éclairer et modéliser les politiques publiques (2.1) puis dans la littérature et les travaux de terrain (2.2). Nous montrerons ensuite en quoi l'analyse de la dimension contractuelle et des coûts de transaction, actuellement peu présente dans la littérature, constitue un élément à approfondir (2.3).

2.1. Au sein des institutions publiques

La sécurité de l'approvisionnement des industries du bois a attiré l'attention des pouvoirs publics depuis au moins le début des années 1990. Le rapport du groupe de stratégie industrielle « bois » de 1990 mettait ainsi l'accent sur la dégradation de la structure des coûts d'approvisionnement des industries du bois, qu'il considérait comme un facteur aggravant de leur handicap de compétitivité face aux industries nord européennes (Bianco, 1998). Les conditions d'approvisionnement influent fortement sur la compétitivité des industries du bois et sur la viabilité de leur activité. La sécurité de leur approvisionnement est ainsi considérée comme un défi que doit relever la filière et un impératif pour son développement.

Les diagnostics établis se penchent sur deux types de facteurs pour expliquer la problématique de l'approvisionnement. D'un côté, le manque de mobilisation du bois dans les forêts. De l'autre, les coûts d'approvisionnement des bois récoltés. Le manque de mobilisation du bois s'explique par des facteurs techniques comme le morcellement du foncier, la manque d'organisation des acteurs du métier de la récolte (ETF⁴, exploitants, etc.) ainsi que les difficultés d'arbitrage entre valorisation économique et préservation écologique ou patrimoniale. La hausse des coûts d'approvisionnement est d'origine multiple : coûts d'« approche » des vendeurs, coûts de transport et d'exploitation, coûts de stock de sécurité (Juillot, 2003).

Pour faire face à cette situation, un ensemble de solutions a été proposé. Parmi ces solutions, la nécessité de soutenir l'offre de bois d'œuvre comme proposé par le second Contrat stratégique de la filière bois 2018-2022 (CNI, 2018), la nécessité de construire des partenariats durables et de confiance entre les acteurs de la filière, proposée par les Assises de la forêt et du bois de 2022 (Cattelot et al., 2022), et le renforcement de la mutualisation de l'offre de bois publique et privée (Alexandre, 2017). La proposition la plus consensuelle est néanmoins, la contractualisation des approvisionnements entre les scieries et les acteurs de l'amont et entre les industries de la première transformation et ceux de la deuxième transformation (Alexandre, 2017; Bianco, 1998; Cattelot et al., 2022; CNI, 2018; Juillot, 2003).

Si la problématique de la sécurisation de l'approvisionnement s'est posée en premier pour les industries de la première et de la deuxième transformation, elle concerne tout autant les unités de production d'énergie. La problématique s'est posée notamment dans le contexte des mesures de soutien à la production de bois-énergie à l'exemple du Fonds chaleur lancé en 2009. Les préoccupations se posent en termes de conséquences environnementales des projets et des éventuels conflits d'usage, mais également en termes de structuration de l'offre sur le plan à la fois logistique et d'organisation des acteurs de l'offre.

Cela apparaît par exemple à travers l'attention accordée aux plans d'approvisionnement des projets candidats au Fonds chaleur et aux aides de la Commission de régulation de l'énergie. Les plans d'approvisionnement des candidats sont ainsi soumis à plusieurs exigences. Ils doivent montrer la crédibilité des quantités de bois nécessaires annoncées, garantir la traçabilité et la

⁴ Entrepreneurs de travaux forestiers.

gestion durable des bois à utiliser, permettre de mobiliser du bois disponible dans des zones encore peu exploitées, et présenter des rayons d'approvisionnement cohérents⁵.

La préoccupation de l'approvisionnement se manifeste également à travers la mise en place des Plans d'approvisionnement territoriaux (PAT) par la FNCoFor⁶, suite au programme « 1000 chaufferies bois pour le milieu rural » (2007 à 2012). Plus qu'une étude, un PAT est un « tableau de bord » remis aux maîtres d'ouvrages des chaufferies (PNR LF, 2011) mais également aux élus, afin de leur faire prendre conscience du potentiel de leurs territoires et les inciter à prendre à bras le corps les problématiques d'approvisionnement pour les différents usages. Ils sont réalisés à l'échelle de territoires cohérents (PNR⁷, Communautés de Communes, Communes, etc.) et couvrent trois volets : le diagnostic de la ressource et l'estimation des coûts de sa mobilisation, la production de l'information sur la faisabilité des approvisionnements ainsi qu'un troisième volet portant sur les actions à mener quant à l'implantation des équipements de stockage, l'amélioration de la desserte forestière et la mobilisation du bois dans le respect des enjeux environnementaux.

Les difficultés d'approvisionnement en bois-énergie ont également été soulignées dans le rapport de mission de Jean Puech sur la filière bois (Puech, 2009). Le premier point souligné est le manque de structuration de l'offre de bois-énergie. Il considère ainsi que la filière est mal préparée pour répondre à la demande « brutale » suite à la mise en place du dispositif du Fonds chaleur : les délais de mise en place de structures d'approvisionnement en termes de main d'œuvre, de matériel (broyeurs, processeurs) et de plateformes d'approvisionnement seraient trop longs. Le second point évoqué est l'écart entre le volume théoriquement disponible et le volume réellement mobilisé. Il propose alors des actions fortes de soutien à l'offre : des actions en direction des propriétaires forestiers en termes de changement de pratiques de gestion et de mise en marché des rémanents sous forme de plaquettes, la création de dessertes et l'aménagement des places de dépôts, ainsi que des incitations financières et fiscales fortes pour les entreprises.

⁵ Source : Cahier des charges de l'appel d'offres portant sur les installations de production d'électricité à partir de biomasse.

⁶ Fédération nationale des communes forestières.

⁷ Parcs naturels régionaux.

2.2. Dans la littérature scientifique et les études empiriques

L'enjeu de l'approvisionnement était déjà identifié comme central dans la vaste prospective initiée par l'INRA (Institut national de la recherche agronomique) en 1998 pour structurer la recherche forestière (Sébillotte et al., 1998) : « *L'un des principaux (...) [désavantages comparatifs de la filière bois française] tient aux conditions d'approvisionnement en bois bruts des industries de première transformation. Ce problème, qui n'est d'ailleurs pas spécifique à la France mais concerne peu ou prou la plupart des pays d'Europe occidentale de la zone tempérée, est régulièrement souligné dans les analyses internationales* ». Le rapport identifie plus spécifiquement deux problèmes liés : un manque d'intégration verticale, de la forêt à l'usine, et la dispersion de l'offre de bois.

Les nombreux travaux réalisés depuis cette vaste étude fondatrice se sont cependant surtout focalisés sur la dispersion de l'offre. Plus précisément, au sein de la littérature scientifique et dans les études empiriques de la littérature grise, nous pouvons distinguer trois groupes de travaux qui offrent des éléments de compréhension à la problématique de sécurisation de l'approvisionnement en bois.

2.2.1. Les études de disponibilité de la biomasse forestière

Ces études sont les plus nombreuses. Elles se sont développées dans le contexte d'une forte demande de bois-énergie suite au Grenelle de l'environnement de 2007. Après les études pionnières commanditées par l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie⁸) dans le cadre du programme bois-énergie 2000-2006 (IF, 2005), plusieurs travaux ont été par la suite menés à l'échelle régionale (étude de l'IFN (Inventaire forestier national) en Auvergne (IFN, 2008), les études de l'IGN (Institut géographique national)⁹) et à l'échelle nationale (les études du Cemagref pour le Ministère de l'agriculture et de la pêche (Ginisty et al., 2009; Vallet et al., 2007) ; l'étude de l'IFN, du FCBA et de SOLAGRO commanditée par l'ADEME (Colin et al., 2009) ; l'étude de l'IGN et du FCBA pour le compte de l'ADEME (Colin et Thivolle-Cazat, 2016))¹⁰.

⁸ Devenue l'Agence de la transition écologique.

⁹ Des exemples d'études régionales peuvent être trouvés ici : <https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?article933>

¹⁰ Des analyses plus détaillées des études de disponibilité réalisées sont menées par (Thivolle-Cazat et Le Net, 2014; Vallet et al., 2007).

L'objectif de ces travaux est de produire l'information de référence pour les acteurs institutionnels et les utilisateurs sur les volumes de bois mobilisables, en tenant compte (1) de la ressource récoltable sur pied, (2) de l'offre, de la demande et de la compétition entre les usages de la ressource, (3) des évolutions futures de l'offre et de la demande (Thivolle-Cazat et Le Net, 2014).

Les calculs de disponibilité par la méthode des réfactions successives (Figure 1), utilisée dans plusieurs études, permettent de saisir la logique de ces évaluations ainsi que les facteurs pris en considération. Ainsi, (1) le calcul de la disponibilité totale brute s'appuie sur la simulation de l'évolution de la ressource en tenant compte des caractéristiques intrinsèques des arbres (différents compartiments des arbres, diamètres, âges, etc.), des caractéristiques des peuplements (essences, région, catégorie de propriété, etc.) ainsi que des scénarios de gestion des propriétés forestières. (2) Le calcul de la disponibilité technico-économique durable tient compte des contraintes d'exploitation liées aux critères environnementaux et de durabilité des sols mais également des conditions de marché qui conditionnent la rentabilité de la récolte, en l'occurrence le coût d'exploitation et les prix des bois. (3) La disponibilité technico-économique durable supplémentaire est la part de la disponibilité technico-économique non récoltée. Elle nécessite l'estimation de la récolte courante et de la récolte future calculée à partir de scénarios tendanciels. (4) La disponibilité supplémentaire reste néanmoins théorique. La disponibilité réellement mobilisable dépend des volumes mis sur le marché par les propriétaires, tributaires de leur consentement à offrir (en fonction des objectifs poursuivis : loisir, production de bois, gestion patrimoniale), des pratiques sylvicoles ainsi que des contraintes imposées à l'exploitant (Thivolle-Cazat et Le Net, 2014).

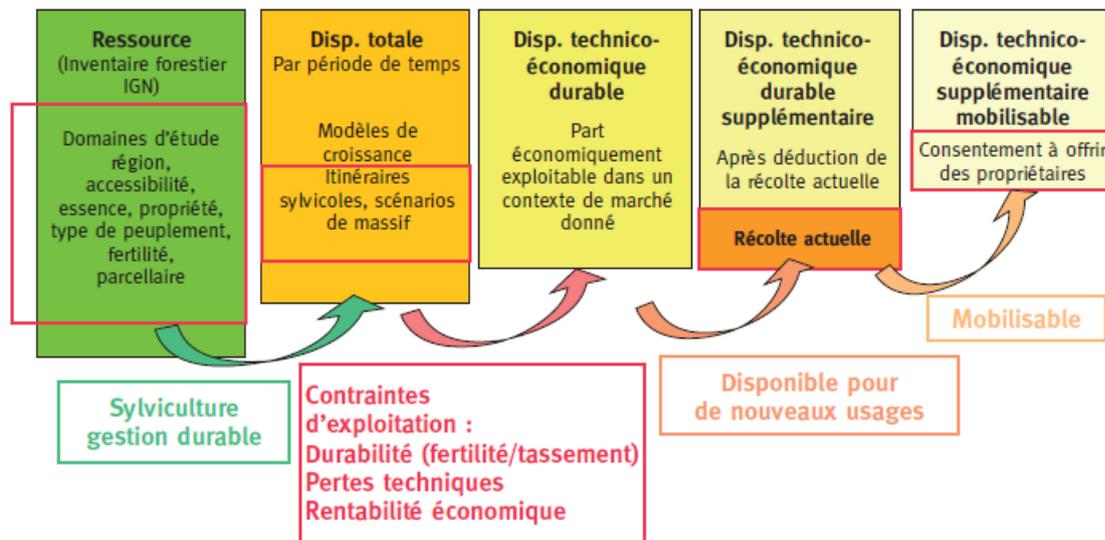


Figure 1. Calcul de la disponibilité des bois par la méthode des réfections successives (source : Thivolle-Cazat et Le Net, 2014).

2.2.2. Les études du comportement des propriétaires forestiers privés

Ces études sont réalisées suite au constat d'un écart important entre la récolte de bois possible et la récolte effective, dans le contexte d'une forêt appartenant pour 75% à des propriétaires privés. Parmi les études réalisées par des organismes publics, nous pouvons citer : (1) les études réalisées ou commanditées par le Ministère chargé de la forêt. Par exemple Le Jeannic et al. (2015), Toppan et Picard (2011), Bourcet et al. (2007), MAAF (2014) ; (2) les études du CNPF (Centre national de la propriété forestière) et des CRPF (centres régionaux de la propriété forestière). Par exemple Jay (2017), CNPF (2019), et CNPF (2021). (3) Dans le groupe des études des instituts de recherche, nous pouvons citer Elyakime et Cabanettes (2016), Elyakime et Cabanettes (2017), Garcia et al. (2014), Garcia et Kéré (2011), Deuffic et Banos (2020).

L'objectif de ces études est de comprendre les facteurs qui déterminent les pratiques sylvicoles des propriétaires ainsi que leur décision de récolte et de mise sur le marché. L'objectif *in fine* est de proposer des dispositifs permettant d'optimiser leurs pratiques de récolte et de gestion.

Les facteurs mis en avant par ces études sont notamment :

- La valeur patrimoniale de la forêt et la valorisation de ses aménités par le propriétaire. Plus cette valeur est importante, plus le consentement à vendre du propriétaire est faible.
- Les caractéristiques de la propriété forestière telle que la surface. Il existe une corrélation positive entre la surface de la parcelle et le consentement à vendre ainsi que la volonté de mise en gestion.
- Les caractéristiques du marché du bois. L'incertitude sur les prix influe négativement sur le consentement à vendre. Mais plus le niveau de prix est élevé, plus ce consentement est important.
- Les caractéristiques du propriétaire. Par exemple, la dépendance vis-à-vis des revenus de la forêt influence positivement la décision et l'intensité de la coupe. Par ailleurs, les jeunes propriétaires ont plus tendance à accepter la coupe de bois et la mise en gestion de leurs parcelles que les plus âgés.
- Les caractéristiques locales comme le volume et le diamètre des arbres ainsi que les volumes de bois sciés dans la région influencent positivement la décision et l'intensité de la coupe de bois.

2.2.3. Les études d'optimisation des chaînes d'approvisionnement

Celles-ci sont moins fréquentes que les deux premières. Elles s'inscrivent dans une optique d'optimisation des volumes de bois disponibles et/ou du coût de l'approvisionnement. Comme montré par exemple par l'étude de Bouvet et al. (2014), l'optimisation des coûts de l'approvisionnement est entre autres tributaire des choix des modes de transport (routier, ferroviaire, fluvial, etc.), de la localisation des plateformes de stockage et des unités de prétraitement, mais également des rayons d'approvisionnement.

Le travail d'Amblard et al., (2012) s'est intéressé à l'analyse des formes d'organisation des acteurs de l'offre de bois-énergie et à la compréhension des facteurs qui les déterminent. Il montre ainsi que les formes de coordination observées sont le fruit de stratégies particulières pour chaque acteur et obéissent à une logique de réduction des coûts de prospection dus au morcellement de la propriété forestière.

Avocat (2008), quant à elle, soutient que l'optimisation des processus d'approvisionnement en bois est indissociable de la prise en compte des caractéristiques des territoires. Il s'agit ainsi d'optimiser un « système territorial », en tenant compte de ses potentialités en termes d'offre de bois, des différents usages de la ressource et des projets de développement de ces territoires. Elle met l'accent, en outre, sur la nécessité de comprendre les relations entre les acteurs de la filière pour comprendre son fonctionnement.

L'importance de la dimension contractuelle dans la compréhension de l'efficacité des chaînes d'approvisionnement est cependant assez peu prise en compte dans ces travaux, alors que comme nous l'avons vu plus haut, la contractualisation est fortement préconisée dans plusieurs rapports publics.

3. La dimension contractuelle : un aspect essentiel mais encore peu présent dans la littérature

Trois caractéristiques fondamentales de la forêt : son caractère immobile, sa croissance lente, et les aléas liés à sa nature vivante, impliquent de manière évidente que l'analyse économique ne peut être conduite avec les hypothèses de la concurrence parfaite (Farsi et Krähenbühl, 2015). C'est pourtant l'hypothèse implicite que font les études prenant en compte uniquement les facteurs technico-économiques classiques (prix, taille de marché, etc.). En lien avec le caractère imparfait du marché, les acteurs du secteur forêt-bois ont développé des modes d'interaction très éloignés des marchés « idéaux », reposant, comme nous le verrons en détail dans le troisième article, sur les relations interpersonnelles et sur des arrangements contractuels particuliers.

La théorie des coûts de transaction propose d'éclairer l'analyse des relations économiques possibles dans différents contextes institutionnels. Elle traite du concept de transaction correspondant au « transfert d'un bien ou d'un service au niveau d'une interface technologiquement bien définie » (Williamson, 1985). Les coûts de transaction sont alors les coûts occasionnés par l'échange du bien ou du service concerné et sont bien sûr à distinguer des coûts de production. Ces coûts de transaction sont de différentes natures. Ils correspondent à des coûts *ex ante* engendrés lors de la définition des produits et des conditions de la transaction.

Mais comme la définition claire du produit et des conditions de la transaction n'étant pas possible ou très coûteuse *ex ante*, il en résulte des coûts *ex post* engendrés par un besoin d'adaptation et de coopération une fois la transaction conclue.

Selon la nature et l'ampleur des coûts de transaction, différents arrangements institutionnels seront choisis, entre le marché et les formes hiérarchiques et intégrées (la firme) en passant par des formes hybrides associant différentes formes organisationnelles. Les acteurs sont censés choisir l'arrangement qui minimisera les coûts de transaction (Williamson, 1991). En dehors de l'arrangement institutionnel, d'autres facteurs jouent sur le niveau des coûts de transaction :

(1) La spécificité des actifs. Lors des transactions, des investissements de long terme sont parfois nécessaires. S'ils présentent l'avantage de réaliser des économies d'échelle et d'écraser les coûts fixes, ils présentent le désavantage de ne pas pouvoir être réaffectés sans perte de valeur à une autre utilisation. Ce genre d'actif spécifique génère souvent des coûts de transaction importants car il suppose des efforts d'élaboration élevés pour sécuriser la transaction.

(2) La fréquence des transactions. Plus la fréquence est élevée et plus elle autorise des économies d'échelle, plus elle incite au rapprochement des parties pour aller jusqu'à l'intégration verticale et la forme hiérarchique. Elle tend donc à croître avec la spécificité de l'actif.

(3) Enfin, l'incertitude de la transaction liée en partie aux comportements opportunistes des parties de la transaction. De la nature et de l'intensité des coûts de transaction va découler le fait que divers arrangements contractuels n'auront pas le même degré d'efficacité dans différents contextes.

L'un des travaux prenant en compte les aspects contractuels est celui de Nullans (2007) qui s'intéresse aux pratiques de vente de l'ONF¹¹ (vente sur pied, enchères descendantes), et qui observe la lourdeur des coûts d'approvisionnement pour les acheteurs, la trop faible lisibilité de l'approvisionnement qui rend la planification et l'investissement problématiques, et le manque de régularité de l'offre au cours de l'année. Les contrats d'approvisionnement¹² permettraient

¹¹ Office national des forêts.

¹² En France, les ventes de bois sont soumises aux règles générales du droit commercial qui fixe les conditions de validité des contrats de vente, les modalités de paiement ou encore les conditions des recours en contentieux. Ce droit commercial appliqué aux ventes de bois intègre de règles supplémentaires définies par le Code Forestier. L'ONF dispose d'un monopole de commercialisation des bois pour les forêts soumises au régime forestier (forêts communales et domaniales). En même temps, le législateur a fait en sorte que la mise en concurrence soit instaurée avec la mise en œuvre des ventes aux enchères descendantes ou montantes lors des adjudications ou par

alors d'améliorer la lisibilité de l'approvisionnement pour ces acheteurs et de lever certaines limites attachées à la mise en vente de parcelles de bois sur pied par adjudication. Ce mode de vente ne permet pas de garantir la qualité de bois attendue, les lots étant très hétérogènes. Ces contrats permettraient en outre de mieux adapter l'offre à la demande en précisant les conditions d'exploitation des bois ainsi que les responsabilités des intervenants tout au long de la chaîne d'exploitation de la coupe.

Bien que la théorie des coûts de transaction ait été mobilisée par quelques travaux sur le secteur forêt-bois, elle a été peu appliquée à la question de l'approvisionnement des scieries, à l'exception de quelques travaux exploratoires tels que Costa et al. (2005) ou Ribeiro et al. (2019). Ainsi, la théorie des coûts de transaction nous semble être une piste prioritaire à approfondir pour dépasser les principales limites que nous avons pu identifier dans cette revue de littérature et que nous résumons comme suit.

(1) La sécurité de l'approvisionnement comporte un enjeu de disponibilité du bois mais également un enjeu de minimisation du coût de l'approvisionnement. Les études d'optimisation des chaînes d'approvisionnement sont focalisées sur la minimisation des coûts logistiques habituels mais ne prennent pas en compte les coûts de transaction induits par le processus d'approvisionnement.

(2) Les deux premières approches (i.e. les études de disponibilité de la biomasse forestière et les études du comportement des propriétaires forestiers privés) sont centrées sur l'analyse de l'offre de bois, avec l'analyse de la décision de gestion et de vente des bois par les propriétaires forestiers. La troisième approche (i.e. les études d'optimisation des chaînes d'approvisionnement) se focalise sur l'analyse de l'optimisation du coût de l'approvisionnement par les acheteurs. Ces approches n'analysent donc pas suffisamment les interactions entre les

soumissions au cours desquelles les acheteurs proposent leurs offres. La loi de 1964 a par ailleurs imposé la généralisation de la vente de bois sur pied et interdit l'extension de l'exploitation en régie par les communes. Ces règles de commercialisation ont marginalisé les transactions par la négociation amiable, dite vente de gré à gré, pratique commune dans le cadre de la vente des bois par les propriétaires privés. Le Code forestier offre la possibilité de conclure des contrats d'approvisionnement pluriannuels. Longtemps cette possibilité n'a pas été mobilisée tant la tradition de la vente sur pied et des enchères descendantes était forte. Néanmoins, certains aléas comme la tempête de 1999 ont eu pour conséquence de devoir commercialiser très vite des chablis et de révéler d'autres façons de négocier entre les différentes parties de la transaction.

différents maillons de la filière et plus particulièrement les interactions humaines entre acheteurs et vendeurs. Or, la filière bois ne peut être considérée comme un marché où les interactions sont anonymes et basées uniquement sur les prix.

(3) Développées dans le contexte de la promotion du bois-énergie, les études de disponibilité aussi bien que les études d'optimisation des chaînes d'approvisionnement se sont focalisées sur l'analyse de l'approvisionnement des industries de l'énergie (centrales thermiques, bioraffineries, etc.), avec peu de place réservée à l'analyse de l'approvisionnement des scieries. Or, ces dernières sont le maillon central de la filière forêt-bois de par leurs interactions avec l'ensemble des maillons de la filière. On peut en effet constater à travers la Figure 2 que la scierie se trouve non seulement à l'articulation entre l'amont forestier et l'aval (2^{ème} transformation), mais qu'en outre elle participe à l'approvisionnement de nombreuses autres activités (bois d'industrie, bois-énergie, chimie verte) à travers les coproduits que sont les connexes de scierie.

La finalité de cette thèse est donc de traiter la question de l'approvisionnement en bois avec un focus sur le maillon de la scierie, très peu abordé dans la littérature, et d'essayer de dépasser les limites des approches présentées plus haut, centrées sur l'amont forestier et sur les aspects technico-économiques.

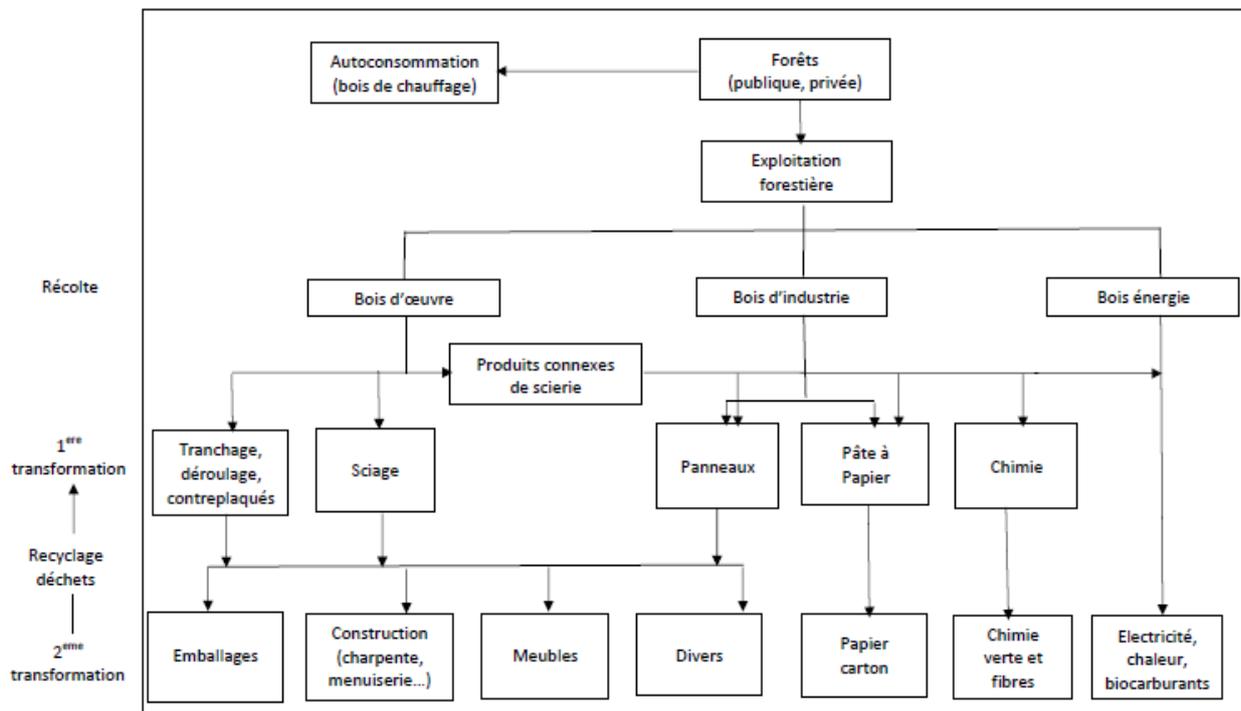


Figure 2. Les maillons de la filière forêt-bois et leurs interactions (source : FCBA).

4. Problématique de la thèse : construire une approche de l'approvisionnement des scieries dans un cadre d'économie néoinstitutionnelle

Dans cette thèse nous proposons de traiter la question de la sécurisation de l'approvisionnement en bois à travers une analyse sous l'angle de la théorie des coûts de transaction, centrée sur l'approvisionnement des scieries. Cette approche plus inclusive nous permettra de prendre en compte l'ensemble des facteurs économiques, humains et naturels qui ont un impact sur la sécurité de l'approvisionnement en bois, qu'ils soient des facteurs de l'amont ou des facteurs de l'aval de la filière bois.

La problématique générale de la thèse est donc la suivante :

Comment la prise en compte des coûts de transaction et des arrangements contractuels permet-elle d'éclairer l'analyse de la question de la sécurisation de l'approvisionnement en bois ?

Cette problématique se déclinera en trois sous-questions :

- Comment la théorie des coûts de transaction permet-elle de prendre en compte les facteurs analysés par les trois approches de la problématique de l’approvisionnement en bois présentées plus haut ?
- Comment ces facteurs influent-ils sur l’approvisionnement des industries du bois et plus particulièrement sur celui des scieries ?
- Quelle est l’efficacité des contrats d’approvisionnement dans la sécurisation de l’approvisionnement des industries du bois et plus particulièrement celui des scieries ?

Les coûts de transaction ne se prêtent pas aisément à une mesure quantitative. Pour tester l’hypothèse du caractère central des coûts de transaction pour comprendre la problématique de l’approvisionnement en bois, nous croiserons trois approches : une approche conceptuelle montrant en quoi les aspects institutionnels sont particulièrement imbriqués avec les aspects technico-économiques dans la filière bois, une approche quantitative mobilisant les données disponibles pour étudier l’activité des scieries, et une approche qualitative à partir de données déclaratives d’enquête. Nous tenterons donc de répondre aux questions ci-dessus à travers trois projets d’articles. La Figure 3 ci-dessous illustre comment ces articles intègrent les différents types de facteurs pour éclairer la problématique de l’approvisionnement en bois.

Le premier article intitulé « securing woody biomass supply : insights from neoinstitutional economics » a pour objectif de proposer un cadre d’analyse à la problématique de sécurisation de l’approvisionnement en bois. En nous appuyant sur une revue de la littérature, nous montrons qu’une analyse sous l’angle de l’économie des coûts de transaction est tout à fait pertinente pour traiter cette problématique. Dans un premier temps, cette approche nous permettra de cerner l’origine des coûts de transaction liés à l’approvisionnement en bois. Nous verrons ainsi que l’incertitude dite « environnementale » et l’incertitude comportementale sont à l’origine de ces coûts. La première est liée à une multitude de facteurs naturels, humains, économiques ou législatifs. La seconde résulte de la spécificité des actifs prenant une multitude de formes. Dans un second temps, cette approche nous permettra d’identifier les mécanismes qui permettent de réduire ces coûts. Nous verrons ainsi que le choix du mode d’approvisionnement approprié dépend d’un côté des caractéristiques de la transaction, de l’autre côté de l’environnement institutionnel qui entoure la transaction. Il est ainsi suggéré que les contrats

d'approvisionnement de long à moyen terme sont dans certains cas le dispositif qui permet de sécuriser l'approvisionnement en bois des industries de la filière.

Le deuxième article intitulé « On the effect of forest upstream factors on sawnwood production: evidence from the French sawmill industry » a pour objectif de mettre en évidence l'impact des caractéristiques physiques des forêts et de leur régime de propriété sur la production de sciage. Nous avons montré dans le premier article que ces facteurs peuvent avoir un impact considérable sur les coûts de transaction liés à l'approvisionnement en bois. Nous faisons ainsi l'hypothèse que ces facteurs ont également un impact sur la production de sciage. Pour mettre en évidence cet impact, nous mobilisons des modèles de panel spatial sur des données de la période 2005-2012 à l'échelle des départements et des arrondissements métropolitains. Nos résultats montrent que, comme attendu, la plupart des variables ont un effet significatif sur la production de sciage, à l'échelle de chaque unité spatiale mais également à l'échelle des unités spatiales voisines. Les résultats montrent néanmoins des disparités entre les sciages feuillus et les sciages conifères et entre les départements et les arrondissements. Bien que les coûts de transaction ne soient pas mesurés explicitement dans cet article, ses résultats permettent de montrer « en creux » l'importance des facteurs humains et institutionnels pour saisir l'activité des scieries. Une analyse plus qualitative basée sur des entretiens auprès des scieurs permettra de mieux comprendre ces facteurs.

Le troisième et dernier article intitulé « Sécurisation de l'approvisionnement en bois des scieries en France : quelle efficacité des contrats d'approvisionnement ? » a pour objectif de tester la proposition théorique selon laquelle les contrats d'approvisionnement de moyen et long terme permettent de sécuriser l'approvisionnement en bois des industries de la filière. À travers une enquête menée auprès de 38 scieurs de différents territoires en France, nous tentons (1) de comprendre si le fait d'acheter avec des contrats d'approvisionnement a un impact sur la satisfaction des scieurs de leurs conditions d'approvisionnement, (2) d'analyser la volonté des scieurs d'acheter avec ces contrats, (3) d'étudier le lien entre l'achat avec des contrats d'approvisionnement et les coûts de transaction liés à l'approvisionnement supportés par les scieurs. Nos résultats montrent une relative efficacité des contrats à sécuriser l'approvisionnement des scieurs, mais remettent partiellement en cause l'idée selon laquelle la contractualisation serait dans tous les cas à encourager.

Au final, ces trois contributions permettent de confirmer par trois approches différentes l'importance de l'inclusion des aspects contractuels et des coûts de transaction dans l'analyse de la question de l'approvisionnement dans la filière bois.

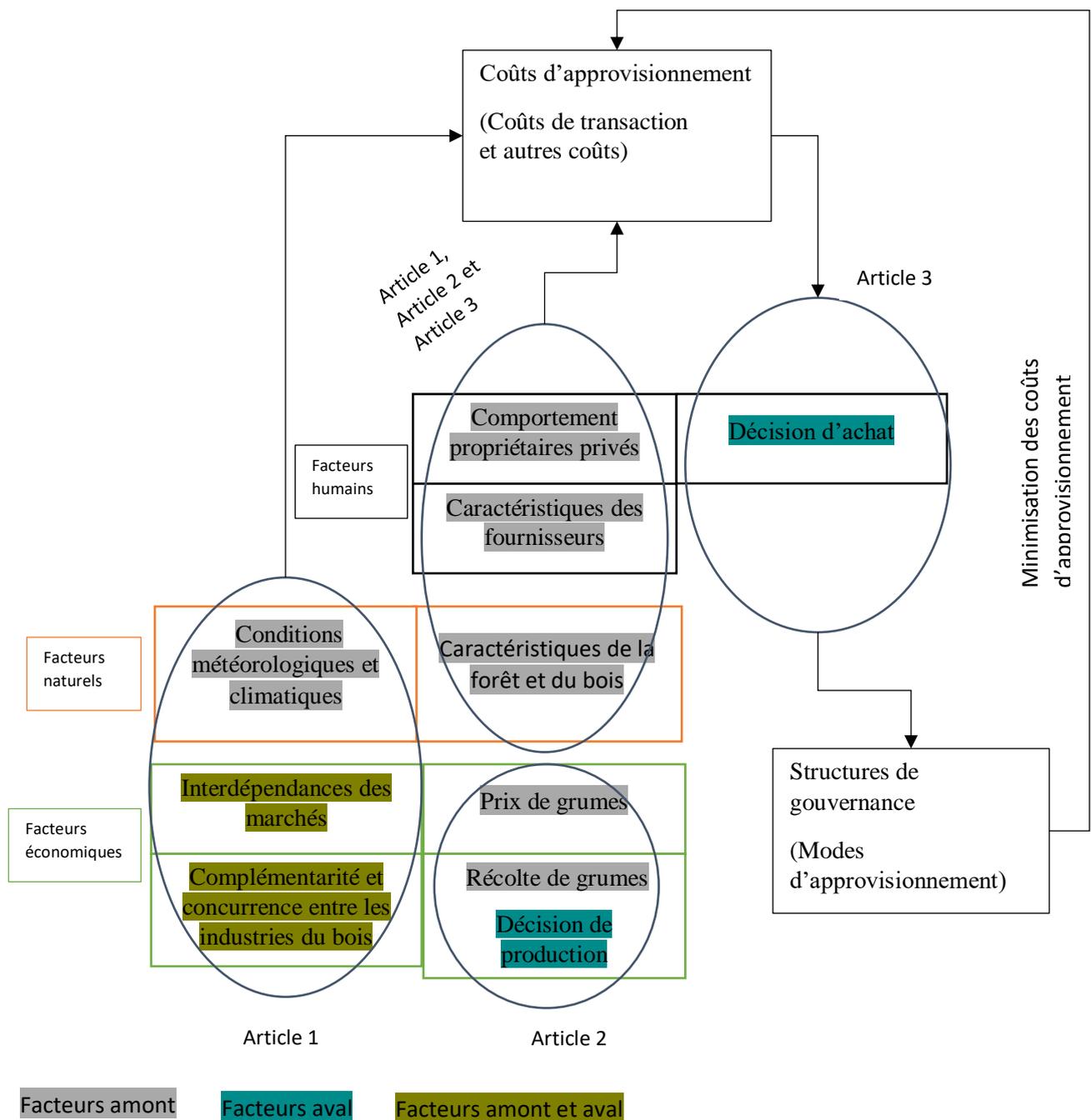


Figure 3. Synthèse des facteurs pris en compte dans la thèse et leur articulation à travers les trois articles de la thèse.

Bibliographie

- ADEME, 2021. Forêts et usages du bois dans l'atténuation du changement climatique. Expertises. 21 p.
- Agreste, 2021a. Commerce extérieur-bois et dérivés. En 2020, la crise sanitaire réduit les échanges. Synthèses conjoncturelles. 10 p.
- Alexandre, S., 2017. Rapport de mission de la déléguée interministérielle à la forêt et au bois (No. 011010-01).
- Amblard, L., Taverne, M., Guerra, F., 2012. L'organisation d'une filière d'énergie renouvelable : l'approvisionnement en bois-énergie en Auvergne. Colloque Les énergies renouvelables, Clermont-Ferrand.
- Avocat, H., 2008. Méthode pour une structuration territoriale des approvisionnements en bois-énergie : une approche par la modélisation., in: XLVe Colloque de l'ASRDLF "Territoires et Action Publique Territoriale : Nouvelles Ressources Pour Le Développement Régional". Rimouski, Canada, p. <http://asrdlf2008.uqar.ca/papiersenligne.html>.
- Bianco, J.-L., 1998. La Forêt : une chance pour la France. Rapport au Premier ministre. Rapport de J.-L. Bianco. Revue forestière française 50, 493-606. <https://doi.org/10.4267/2042/5567>
- Bourcet, J., Robert, P., Zeller, A., 2007. Audit de la forêt privée sur la première mise en marché des bois (No. 1217). Conseil Général de l'agriculture, de l'alimentation et des espaces ruraux.
- Bouvet, A., Cambazard, H., Penz, B., 2014. Logistics optimization of a biomass supply chain.
- Cattelot, A.-L., Drège, P.-O., Eddi, M., Fournier, M., Loisier, C., Piveteau, P., Rebeyrotte, R., Schillinger, P., 2022. Synthèse des travaux des Assises de la forêt et du bois 186.
- Chalayer, M., 2019. Scierie 2025: La scierie française en questions.
- CNI (Conseil national de l'industrie), 2018. Contrat stratégique de filière bois 2018/2022.
- CNPF (Centre national de la propriété forestière), 2021. Les chiffres clés de la forêt privée.
- CNPF (Centre national de la propriété forestière), 2019. La prise en compte des changements climatiques dans la gestion forestière des propriétaires privés. Réseau d'Observation de la Forêt Privée RESOFOP.

- Colin, A., Barnérias, C., Salis, M., Thivolle-Cazat, A., Coulon, F., Couturier, C., 2009. Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020. IFN, FCBA, SOLAGRO pour le compte de l'ADEME.
- Colin, A., Thivolle-Cazat, A., 2016. Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035. IGN, FCBA, ADEME.
- Costa, S., Tranquart, V., Guégan, O., 2005. Les coûts résultant des transactions commerciales du Sapin-Epicéa dans le massif des Vosges. *Revue Forestière Française*.
- Cour des comptes, 2020. La structuration de la filière forêt-bois, ses performances économiques et environnementales 151 p.
- Deuffic, P., Banos, V., 2020. Éprouver et s'adapter au changement climatique. Les forestiers landais et pyrénéens entre prudence, résistance, et résilience.
- Elyakime, B., Cabanettes, A., 2017. Quelle diversité des moyens de gestion des forêts privées familiales de France ? *Rev. For. Fr.* 147. <https://doi.org/10.4267/2042/64092>
- Elyakime, B., Cabanettes, A., 2016. Liens entre nature juridique et moyens de gestion des propriétaires forestiers privés français. *Revue forestière française* 269–282.
- Farsi, M., Krähenbühl, G. 2015. L'approvisionnement en bois brut dans un marché de concurrence imparfaite. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 166(5), 299-305.
- Garcia, S., Kéré, É.N., 2011. Déterminants de l'offre de bois des propriétaires forestiers privés : une analyse multi-niveaux des décisions de récolte. 2011 28 p.
- Garcia, S., Kere, E.N., Stenger, A., 2014. Econometric analysis of social interactions in the production decisions of private forest owners. *European Review of Agricultural Economics* 41, 177–198. <https://doi.org/10.1093/erae/jbt027>
- Ginisty, C., Chevalier, H., Vallet, P., Colin, A., 2009. Évaluation des volumes de bois mobilisables à partir des données de l'IFN "nouvelle méthode" Actualisation 2009 de l'étude "biomasse disponible" de 2007.
- CEP (Centre d'étude et de perspectives du ministère de l'agriculture), 2019. Les scieries de feuillus du futur: quel modèle industriel ? Centre d'études et de prospective.
- IF (Inventaire forestier), 2005. Bois-énergie: les forêts ont de la ressource! Septembre 2005.
- IFN (Inventaire forestier national), 2008. Analyse de la ressource et de la disponibilité forestière : l'exemple de l'Auvergne.
- IGN (Institut national géographique), 2021. Inventaire forestier, le mémento 2021.
- IGN (Institut national géographique), 2018. Inventaire forestier, le mémento 2018.

- IGN (Institut national géographique), 2016. Portrait forestier des treize régions métropolitaines. La feuille de l'Inventaire Forestier.
- IGN (Institut national géographique), 2014. La forêt en chiffres et en cartes. Le mémento 2014.
- Jay, D., 2017. Analyse des études portant sur le comportement des propriétaires forestiers et plus particulièrement des éléments déterminants pour la mise en gestion, la récolte et la commercialisation des bois.
- Juillot, D., 2003. La filière bois française : la compétitivité, enjeu du développement durable.
- Kere, E.N., 2013. Analyse économétrique des décisions de production des propriétaires forestiers privés non industriels en France (thesis). Université de Lorraine.
- Le Jeannic, F., Thivolle-Cazaat, A., Guinard, L., 2015. La forêt privée française: structure, propriétaires et potentiel de production. Agreste.
- MAAF (Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et de la forêt), 2018. La filière forêt-bois en France et en Bourgogne-Franche-Comté.
- MAAF (Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et de la forêt), 2014. Enquête sur la structure de la forêt privée en 2012. Agreste Chiffres et données.
- Nullans, L. 2007. Le changement des modes de ventes de bois en forêt publique française : une analyse du point de vue de la nouvelle économie des institutions. Mémoire de fin d'études, Nancy : AgroParisTech-ENGREF, 80 p.
- ONF (Office National des Forêts), 2008. Ventes de bois des forêts publiques-textes essentiels.
- ONF (Office National des Forêts), 2021. L'ONF en chiffres.
- PNR LF (Parc naturel régional Livradois-Forez), 2011. Plan d'approvisionnement territorial. Un outil d'aide à la décision pour les élus du territoire pour un développement du bois énergie au sein du Parc Naturel Régional Livradois-Forez (Rapport de synthèse).
- Puech, J., 2009. Mise en valeur de la forêt française et développement de la filière bois. Rapport de mission, 75 p.
- Ribeiro, A.R.B.M., Rodriguez, L.C.E., Zylbersztajn, D. 2019. Timber supply for pulp production: an application of transaction costs economics. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 38(4), 135-151
- Roux A., Dhôte J.F., Bastick C., Colin A. 2017. Quel rôle pour les forêts et la filière forêt-bois dans l'atténuation du changement climatique ? Une étude des freins et leviers forestiers à l'horizon 2050. Etude INRA-IGN pour le compte du ministère chargé de l'agriculture, 102 p.

- Sebillotte M., Cristofini B., Lacaze J.-F., Messéan D., Normandin D. 1998. Prospective :la forêt, sa filière et leurs liens au territoire. Tome 1. Synthèse et scénarios. Répercussions pour la recherche, INRA, 257 p.
- Thivolle-Cazat, A., 2014. Mobilization of forest resources today and tomorrow. *Revue Forestière Française* 14. <https://doi.org/10.4267/2042/56264>
- Thivolle-Cazat, A., Le Net, É., 2014. La mobilisation de la ressource forestière aujourd’hui et demain. *Rev. For. Fr. Fr.*, ISSN 0035. <https://doi.org/10.4267/2042/56558>
- Toppan, E., Picard, O., 2011. Les forestiers privés à la loupe. *Forêt-entreprise* 197:20-25.
- Vallet, P., Levesque, C., Ginisty, C., 2007. Biomasse forestière disponible pour de nouveaux débouchés énergétiques et industriels partie 1 et 2. Cemagref.
- Vautherin, P., 1998. Le coût de la fonction approvisionnement en scierie. CTBA INFO.
- Williamson, O.E., 1985. *The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contracting* (SSRN Scholarly Paper No. ID 1496720). Social Science Research Network, Rochester, NY.
- Williamson, O.E., 1991. Comparative economic organization: the analysis of discrete structural alternatives. *Administrative Science Quarterly*, 36, 269–296.

Article 1. Securing woody biomass supply: insights from neoinstitutional economics

Si la thèse est impulsée par le cas particulier de la France, l'enjeu de sécurisation de l'approvisionnement en bois n'est pas circonscrit à un espace géographique donné, comme l'attestent plusieurs travaux menés dans une multitude de pays. Ce premier article ne traite donc pas du cas spécifique de la France, ni d'une industrie du secteur forestier en particulier. Il a pour objectif de proposer un cadre d'analyse conceptuel global à la problématique de sécurisation de l'approvisionnement en bois. Plus précisément, (1) il montre comment la théorie des coûts de transaction offre un cadre de compréhension élargi des facteurs qui ont un impact sur la sécurité de l'approvisionnement en bois, (2) il discute des mécanismes de sécurisation de l'approvisionnement en bois que propose cette théorie. Les résultats de cette analyse théorique permettront d'alimenter les études empiriques menées dans le deuxième et troisième article sur le cas particulier de la sécurisation de l'approvisionnement en bois des scieries en France.

Il est envisagé de soumettre cet article à une revue en économie institutionnelle.

Abstract

Woody biomass (WB) is a major renewable resource that offers many possibilities for contributing to sustainable development. Securing its supply for industrial users is one of the main prerequisites in the long run. Existing approaches have studied this issue through the lens of the capacity of territories to provide this resource in a sustainable way, the willingness to harvest of private forest owners, and supply chain management. In this paper, we develop arguments on the relevance of a complementary and more inclusive approach based on transaction cost economics (TCE). We identify several sources of uncertainty regarding the price, availability and quality of WB that may increase transaction costs (TCs) related to its exchange. TCE suggests that dealing with these costs depends on the “right” design of governance structures considering the institutional environment within which they are set. We show that in the case of WB supply, formal contracts are not always the most efficient governance structures. In many cases, agents rely on their networks, where informal rules such as norms of conduct, trust and reputation prevail. This approach provides an insightful framework for public authorities to design efficient formal rules and public policies.

Key words: Woody biomass, Security of supply, Transaction costs, Supply chain management.

1. Introduction

Biomass-based economics considers all materials of biological origin (except fossil materials): aquatic plants and animals, algae, agricultural crops, trees and agricultural waste, forestry and wood residues, processing by-products and any other non-fossil organic material (FAO, 2019). With an estimated stock of 531 billions m³ that covers 30% of terrestrial area (FAO, 2015), forests are natural carbon sinks and are expected to provide a large share of biomass to achieve sustainable economic growth (Scarlat et al., 2015; Watanabe et al., 2018).

In addition to traditional wood products, forest biomass is also used as raw material to derive emerging products. Traditional products classically include a variety of well-known commercial products, such as firewood, sawnwood, wood-based panels, paper and paperboard, construction or furniture. Emerging products depend on recent technologies still under development such as biofuels or other biorefining products such as new chemicals and textiles (Amidon et al., 2008). To achieve the advantages expected from the traditional products and emerging product industries, enhancing their profitability and addressing sustainability issues are of prime importance.

The main sustainability issues are related to the negative externalities of wood extraction for ecosystem services, biodiversity and dynamic land use (Duden et al., 2017) as well as the low energy efficiency of production processes (Gustavsson, 1997). The profitability of these industries also depends on several factors, mainly the development of efficient techniques of wood conversion (Amidon et al., 2008) and pretreatment (Tribot et al., 2019), a better valorization of wood-based composites (Tribot et al., 2019; Wang et al., 2019), competition from fossil fuels (Budzianowski, 2017) and the security of their woody biomass (WB) supply.

Although all these factors have been broadly addressed in the literature, the security of WB supply has not been fully addressed despite its importance. Indeed, WB supply security is required for all industries regardless of the production process. It has recently been highlighted to be of prime importance in both institutional reports (e.g., FAO, 2019) and academic papers (e.g., Knight et al., 2015; Lewandowski, 2015; Natarajan et al., 2014; Niquidet and Friesen, 2014; Plieninger et al., 2009), where supply security refers to the long-term availability of WB while

quality and competitive costs are guaranteed. We identify three approaches for dealing with supply security issues in the literature.

The first, called *WB assessment approach*, focuses on assessing WB availability (shown in blue in Figure 4). WB assessments are conducted (1) at national level (e.g., Colin and Thivolle-Cazat, 2016); (2) at subnational level (Alderman, 1998; Thivolle-Cazat and Le Net, 2014); and (3) for specific industries (Viana et al., 2010). In the context of a growing demand for WB, these studies aim at assessing additional availability of WB with respect to current and prospective uses on one hand. On the other hand, their objective is to prevent the negative effects of wood extraction on the environment. This approach is based on the rationale that industrial activities draw their resources from territories where they are carried out and, in return, industries should maximize positive externalities and minimize negative externalities of their activities. Under this approach, the central role of public policies is to enhance the management of forests and design industrial projects with respect to the specificities of territories.

The second approach, called *forest owners' behaviors approach*, addresses the behaviors of nonindustrial private forest owners (shown in yellow in Figure 4). An extensive literature has paid attention to factors that determine silviculture practices and harvesting decisions (for example, Aguilar et al. (2014), Conway et al. (2003) and Pattanayak et al. (2002) for the United States, Karppinen (1998) for Finland, and Garcia et al. (2014) for France). The motivation of these studies is to explain the gap between the theoretical WB availabilities and the effective supply, in the context where forests belong largely to private owners. The role of public policies within this approach is the design of instruments that enhance the willingness to harvest of private forest owners (PFO) and improve their silviculture practices.

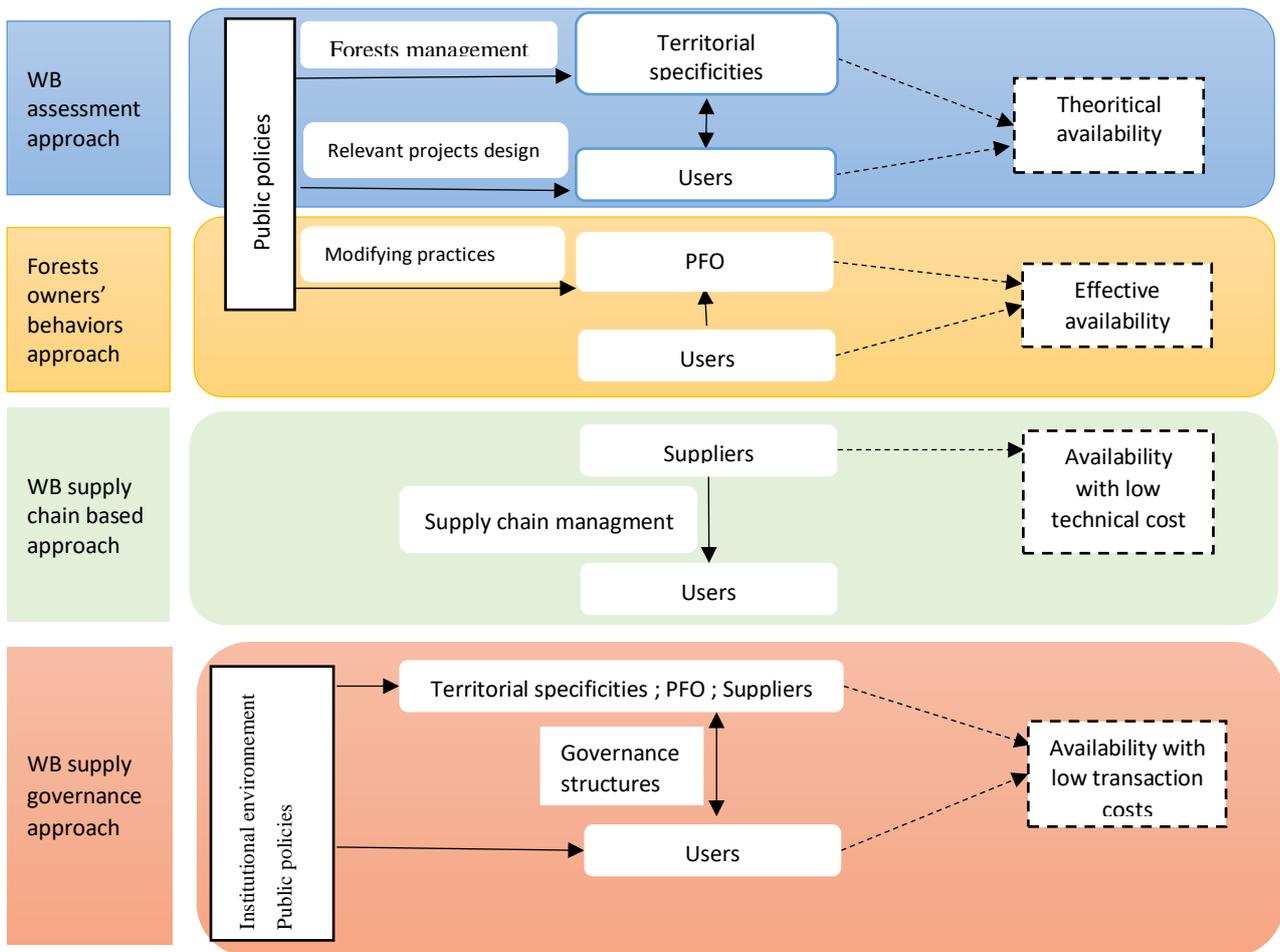


Figure 4. Approaches for dealing with WB supply security issues.

The third approach, called the *supply chain-based approach*, deals with supply chain management in order to minimize WB supply technical costs¹³ (depicted in green in Figure 4). The supply chain is composed of interrelated steps, including biomass collection, transportation, storage, processing and conversion (Balan, 2014; Gan and Smith, 2011). The optimal design and management of the supply chain ensure the long-term availability of biomass with the required quality at competitive cost (Cambero and Sowlati, 2014). Ensuring this availability involves many decisions at different levels of the supply chain, such as the size of conversion units (Gan and Smith, 2011), their locations (Natarajan et al., 2014), transportation modes (de Jong et al., 2017), etc. Analysis of the factors that affect these decisions has produced an enormous literature, which we detail in section 2.

¹³ We use the term « technical costs » to refer to the sum of logistical costs (storage, transportation, and distribution), harvesting costs, preprocessing costs and conversion costs. More details can be found in section 2.

The objective of this paper is to present arguments on the relevance of an inclusive and complementary approach, called the *Woody biomass supply governance approach*, which analyses the design of governance structures that allow minimizing WB supply TCs (depicted in orange in Figure 4). This approach is inclusive because on one hand it considers elements from the three previous approaches, especially in the analysis of the TCs sources (see section 3). On the other hand, it includes new elements, mainly the articulation between TCs and governance structures (see section 4). This approach can be considered complementary to the third one that deals with minimization of supply technical costs. The TCs theory highlights this as, “the objective of the economic agent is not to minimize transaction costs as such, but to minimize the sum of transaction costs and production costs¹⁴.” (Matthews, 1986). Therefore, “the analysis of transaction costs should be located within a larger economizing framework where the impact of both transaction and production costs should be evaluated.” (Williamson, 1985).

The remainder of the paper is organized as follows. In section 2, we analyze WB supply under the supply chain approach. We shed light on the components of WB supply technical costs and the supply chain management as means to minimize costs. In section 3, we provide a theoretical foundation of the TC concept and analyze TCs costs related to WB supply. In section 4, we emphasize the role of the institutional environment and governance structures in minimizing TCs related to WB supply. Section 5 is dedicated to the conclusion and perspectives of this work.

2. Securing woody biomass supply using supply chain management

Biomass supply chain management has received growing attention from the literature (De Meyer et al., 2014) since it tackles several issues that biomass users face. Based on this literature, we clarify the concept of supply chain management and how it tackles WB supply security issues by facing the constraints to its long-term availability and required quality at competitive cost.

¹⁴ Technical costs considered in this study are a part of production costs.

2.1. Woody biomass supply chain management

A key issue in securing WB supply is the management of WB supply chain. A supply chain is the movement of material from its source to end users (Sharma et al., 2013). In the case of WB, supply chain may be divided into three interlinked parts (see Figure 5): the upstream, midstream and downstream part. *The upstream part* is composed of several entangled operations encompassing harvesting of trees in forests; transportation of WB from its source (forest, sawmills, storage platforms) to conversion or storage facilities (in warehouses, platforms, or silos); and preprocessing of biomass, including debarking, chipping, and drying. To be precise, however, we should note that the need for storage is not systematic and preprocessing operations vary based on type of WB used, process of conversion, and the type of end product. *The midstream part* is associated with the conversion of WB into end products based on various processes, such as the cutting patterns in sawmills (D'Amours et al., 2008), combustion and gasification processes in biofuel facilities (Cambero and Sowlati, 2014). *The downstream part* is associated with the distribution of end products to end users (Cambero and Sowlati, 2014).

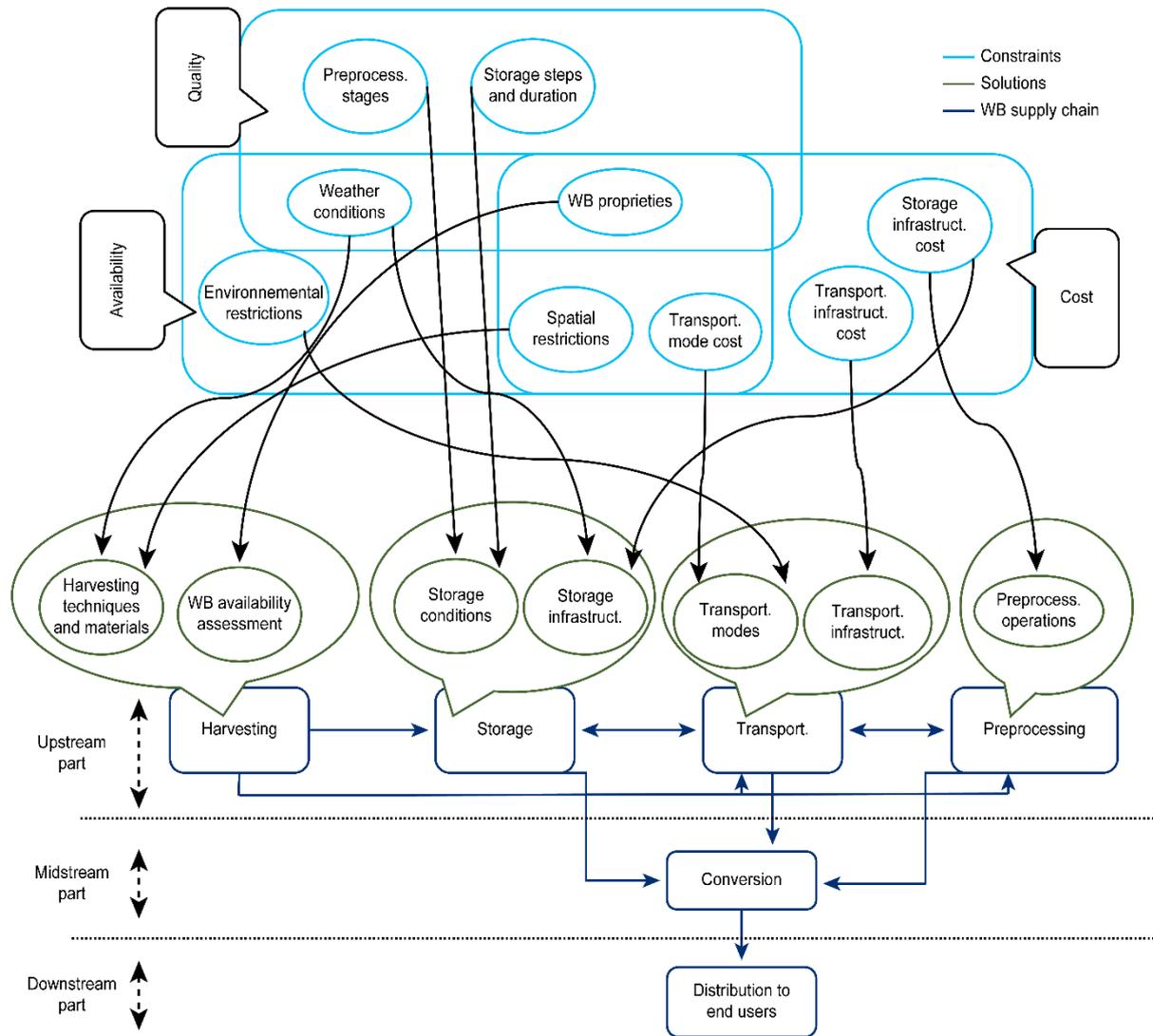


Figure 5. WB supply chain security at different stages of the supply chain.

Supply chain management is one means of helping improve the performance of many companies in the forest product industry (D'Amours et al., 2008). It deals with the planning and control of the material flow along the supply chain (Ellram, 1991), and its ultimate aim is to satisfy the end user while minimizing the overall cost of the supply chain (Sharma et al., 2013). Therefore, supply chain management depends on coordinating materials, information and flows (Sharma et al., 2013) through an integrative approach (Ellram, 1991) that involves simultaneously considering various activities of the supply chain and various decisions. For instance, in the case of bioproducts and bioenergy supply chains, at the midstream part, one of the crucial decisions concerns the type of conversion technology to use (e.g., a biochemical or thermochemical process). This technology must be selected with respect to the type of product desired (e.g., fuels,

chemicals) and the type of forest biomass available. At the downstream part, crucial decisions concern, for example, biofuel transportation. For instance, biofuel transportation systems (trucks, trains, and pipelines) must be planned and selected considering their cost and chemical and physical properties of biofuels (Cambero and Sowlati, 2014). WB supply security is one of the major stakes of supply chain management (Cambero and Sowlati, 2014; Gold and Seuring, 2011) and mainly concerns the upstream part of supply chain.

2.2. Securing woody biomass supply via supply chain management

As noted above securing WB supply depends on (1) ensuring its long-term availability (2) with required quality (3) at competitive cost. Supply chain management deals with each of these stakes. It consists of assessing different alternatives and selecting the most efficient alternatives.

Ensuring long-term *availability* depends on tackling four major issues. (1) The first is the design of storage facilities, which deals with variability in weather conditions during the year (e.g., Cambero and Sowlati, 2014; Kanzian et al., 2009). For example, in winter, some forests in mountainous regions are not accessible, and harvesting is not possible; in spring, for environmental considerations, the quality of soils renders harvesting impossible. (2) The second is the selection of reliable transportation modes. This selection depends on viability of their cost (Bouvet et al., 2014), a consideration of environmental and social impacts of transportation modes and distances of transportation to avoid resistance from citizens and communities (Gold and Seuring, 2011), and scheduling of vehicles to optimize their use (De Meyer et al., 2014; Iakovou et al., 2010; Sharma et al., 2013). (3) The third is the selection of harvesting techniques and materials that allow compliance with physical characteristics of regions and that avoid negative environmental impacts of harvesting (Gold and Seuring, 2011). This selection will allow compliance with legislation and prevent social resistance. (4) The fourth is the assessment of WB availability while considering technical aspects, such as harvesting and spatial restrictions, and economic considerations, such as competition over use (Gronalt and Rauch, 2007; Natarajan et al., 2014).

Ensuring *quality* of WB depends, above all, on selecting the types of WB that meet the needs for WB. However, ensuring appropriate storage conditions is another crucial condition. Therefore, storage systems (open air, roof covered, etc.) should be selected with respect to the climate in

regions and stages of biomass processing (Gold and Seuring, 2011) to maintain physical and chemical characteristics of WB, such as moisture content and chip size (Johansson et al., 2006). Moreover, the number of storage steps and storage duration affect the energy content of WB (Eriksson and Björheden, 1989; Gold and Seuring, 2011; Gunnarsson et al., 2004), causing energy losses or WB self-ignition (Johansson et al., 2006).

As explained above, the third component of securing biomass supply is the *cost*. The WB cost includes the ex-seller price and the costs of handling, storing, preprocessing and transporting (Cambero and Sowlati, 2014). Studies generally consider many of these costs simultaneously. For instance, Eriksson and Björheden (1989), Gunnarsson et al. (2004) and Kanzian et al. (2009) considered the costs of chipping, storing and transporting, while Bouvet et al. (2014) added the costs of handling and drying. However, the objective is generally to minimize transportation cost, which represents the largest part of the WB cost (40% to 50% according to (D'Amours et al., 2008; Shabani et al., 2013)). Gold and Seuring (2011) noted that transportation is the most frequently considered issue among the 54 studies they reviewed. Eriksson and Björheden (1989), Johansson et al. (2006) asserted that “optimizing forest-fuel production essentially means minimizing transport costs”.

Regardless of the cost considered, minimizing it is based on assessing cost of different alternatives and selecting the optimal alternatives. For instance, Johansson et al. (2006) compared the cost of using wood chips and the cost of using small-sized wood and bundling as a hauling technique. Eriksson and Björheden (1989) evaluated several biomass handling and processing alternatives. Kanzian et al. (2009) compared chipping in forests to the use of storage terminals for chipping biomass. Bouvet et al. (2014) compared use of an intermodal transportation system to reduce the supply radius and chipping and drying at forest sites. Gunnarsson et al. (2004) compared alternatives with regard to the sources of WB, the use or nonuse of storage and the types of storage infrastructures.

To evaluate these alternatives, the most frequent parameters that studies consider can be divided into three categories. (1) The first category is the characteristics of WB. The physical and chemical properties of WB mainly affect the cost of storage, preprocessing and transporting. The location of WB determines the distance of supply and frequency of harvesting during the year,

which thus affects the cost of transportation and storage since short harvesting periods entail a need for storage facilities (Gold and Seuring, 2011). The spatial distribution of WB affects the cost of collection and transportation. Therefore, the fragmentation of forests or the dispersion of suppliers increases the cost of harvesting and transportation (Gold and Seuring, 2011) and inhibits possible economies of scale. (2) The characteristics of transportation infrastructures substantially affect the cost of transportation. This category mainly includes modes of transportation (roads, rail, and rivers) (Bouvet et al., 2014), whose costs are variable, road properties such as tortuosity factors (Gan and Smith, 2011) and pricing (Gronalt and Rauch, 2007), and scheduling of vehicles (Gold and Seuring, 2011). (3) The third category is the characteristics of storage infrastructures and preprocessing operations. The need for biomass drying and chipping is among factors that justify the need for storage facilities. The number, size and type of storage facilities affect storage cost, and the location of such facilities affects transportation cost. Figure 5 summarizes the main constraints to WB supply security that supply chain management addresses at each stage of the supply chain.

The central stake of WB supply security is minimization of supply cost. The costs that supply chain management deals with are part of production costs. However, there are other types of costs that are not considered. Indeed, the uncertainties that hinder WB supply security combined with other parameters are at the origin of TCs that WB supply involves. As noted by (Asikainen et al., 2016), TCs associated with the supply of forest biomass are an important determinant of the final price of end products. North (1990) found that in the U.S. economy, more than 45% of national income was devoted to transacting. In the following section, we clarify the TC concept and the sources of uncertainty that generate TCs in the case of WB supply.

3. Uncertainty and transaction costs associated with woody biomass exchange

The construction of transaction cost economics (TCE) dates back to 1930s with Ronald Coase's seminal paper "The Nature of the Firm" (Williamson, 1985, 1989), which argued that organizing production through price mechanism (market) is not costless. He considered TCs to be costs of discovering relevant prices of products and services and costs of negotiating contracts (Coase, 1937). However, TC approach was rarely applied until Williamson operationalized the concept, providing details on the origins and consequences of these costs. Williamson made transaction

the basic unit of his analysis. He defined the transaction as a transfer of a good or service across a technologically separable interface (Williamson, 1989). He identified three characteristics of transactions as being at the origin of TCs; the uncertainty surrounding transaction, the specificity of investments that the transaction induces, and the frequency with which the transaction recurs. Moreover, he distinguished TCs based on whether they are incurred ex ante or ex post of the transaction. As the transaction that we consider in this work, WB exchange occurs under a high level of uncertainty that has several origins.

3.1. Uncertainty within woody biomass exchange

TCE distinguishes two types of uncertainties: (1) *environmental*, which is “innocent” and exogenous to agents’ decisions (Williamson, 1975), and (2) *behavioral*, which reflects the potential for opportunistic behaviors (Williamson, 1985). The environmental uncertainty within WB exchange has several origins (shown in Figure 6). Behavioral uncertainty is a result of natural opportunism of agents and is reinforced by development of specific assets.

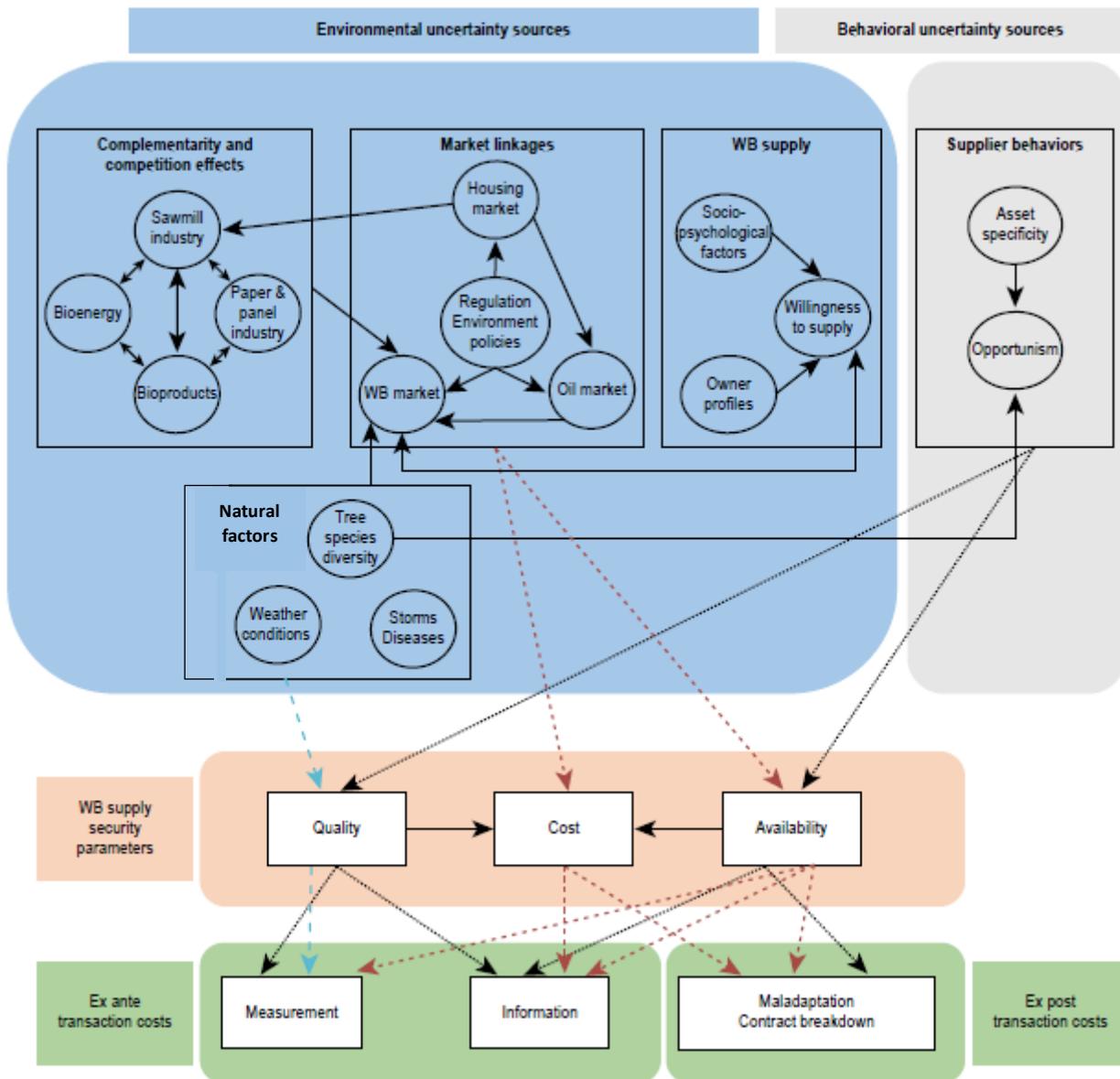


Figure 6. Interactions among uncertainty, WB supply security parameters, and transaction costs. Solid lines represent the main interactions among the different sources of uncertainty. Dotted lines their effects on each of the WB supply security parameters and the TCs induced.

3.1.1. Environmental uncertainty

According to Sutcliffe and Zaheer (1998), environmental uncertainty may be due to lack of knowledge about states of nature (e.g., natural events, changes in preferences, regulatory changes) or about the actions of other economic actors.

One of the major sources of uncertainty is the interdependencies between products of WB sector (*complementarity and competition effects*). On the one hand, from the perspective of a cascading use of wood, the availability of forest harvesting residues and sawmill residues is conditional on the performance of the sawmill industry. For instance, the decline of sawmill industry after the economic crisis of 2008 led to a decrease in residual chip supplies for pulp and paper mills and bioenergy power plants (Shabani et al., 2013). On the other hand, since different industries (paper and pulp, panels, bioenergy and bioproducts) compete for similar products, an increase in new consumers may lead to a diversion of WB from established consumers. Consequently, studies are regularly conducted to assess this risk in the context of the rapid development of bioenergy, which has been pushed by climate change policies. For instance, Duden et al. (2017) assessed impacts of increasing wood pellet demand on development of other wood product markets in southeastern United States. Hope et al. (2020) analyzed the impact of bioenergy development in Canada, fostered by development of carbon pricing and clean fuel standards, on the panel industry.

The examples presented above show two other sources of uncertainty. First, *the WB market has a global scope and is tied to other markets*. The most salient example is the worldwide effect of the U.S. housing market collapse in 2007. In addition, the downfall of the French sawmill industry is yet another example. The industry lost 2 million m³ sawlogs in ten years following this collapse (Chalayer, 2019). Yet another salient example is the linkage between WB and oil market. A considerable amount of research has investigated the effect of oil prices on WB prices (e.g., Härtl and Knoke, 2014) and demand (e.g., Roberts, 2008). Since forests are at the intersection of economic, environmental, and social objectives, the WB market is highly impacted by *regulation and environmental policies*. Examples of such impacts include regulations on harvesting practices (see, for instance, Ellefson et al., 2007) and climate change policies that foster the development of bioenergy based on WB.

Uncertainty owes to *natural factors as well*. Because of the diversity of tree species, the WB market is characterized by products with heterogeneous quality attributes and prices. The variability in quality may also be due to variability in harvesting methods and manufacturing processes, mainly in case of sawmill by-products and harvesting residues (Shabani et al., 2013). Furthermore, there are disturbances due to weather, storms, and diseases, leading to

fluctuations in WB prices and availability. The variability in weather conditions across seasons determines the demand for WB for bioenergy, leading to price fluctuations. Banaś and Kozuch (2019) conducted a time series analysis of the volume of timber production and prices of the principal tree species in Poland between 2005 and 2018. Their results showed irregular, cyclical and seasonal fluctuations. They associated cyclical price fluctuations with the domestic, European and global economies. Timber prices and supply seasonality were attributed to weather conditions as well as the seasonality of timber harvesting and timber demand. Irregular fluctuations are caused by random events that are difficult to anticipate.

Additionally, uncertainty comes from *the willingness to supply of private forest owners*, which renders the amounts of WB available in markets uncertain. As noted earlier, the decisions of private forest owners with regard to harvesting and silviculture practices are dictated by fluctuating and heterogeneous parameters: (1) parameters based on economic considerations, such as the price of WB, time preferences, and risk aversion, (2) parameters related to owner profiles (age group, revenues, etc.), and (3) socio-psychological parameters such as trust in purchasers, behavior of peers in the region, and the bequest value of forests.

3.1.2. Behavioral uncertainty (opportunism) and asset specificity

Behavioral or strategic uncertainty reflects opportunistic behaviors, which may take various forms. As noted by Wathne and Heide (2000), Williamson defines opportunism as “self-interest seeking with guile” (Williamson, 1985). He describes guile as “lying, stealing, cheating, and calculated efforts to mislead, distort, disguise, obfuscate, or otherwise confuse”. Opportunism manifests itself through various kinds of deliberate representation during relationship initiation (ex ante) and various forms of violations over the course of relationship (ex post). It results in an incapacity to honor contracts or fixed rules of interaction.

The existence of opportunism in WB sector has been highlighted by several studies. Signorini et al. (2005) identified opportunism as the cause of failure of Michigan’s Renewable Energy Plan. Bioenergy enterprises behaved opportunistically with loggers by not honoring concluded contracts and by using their market power to decrease contracted wood prices at the time of delivery. In the same vein, Helstad (2006) identified the power balance in relationships between Scandinavian sawmills and their suppliers as the major obstacle to the sawlog procurement

process. Opportunism may also be found with regard to the quality of wood and the environmental impacts of harvesting practices since they are not observable ex ante (Kimmich and Fischbacher, 2016). Indeed, ascertaining the quality of wood “requires professional skills, training, time, and effort”, which can be at prohibitive costs for some agents, such as nonindustrial private forest owners (Larson et al., 2007). Due to opportunism, Cambero and Sowlati (2014) also highlighted the need for optimization models of the WB supply chain to take into account the conflicts of interest among actors in the supply chain and the negotiations among them.

Moreover, the development of specific assets to conclude a transaction is one of the factors that exacerbates the tendency to engage in opportunism. An asset is specific to a transaction when its redeployability to another transaction (which means cancelling of transaction for which it is dedicated) is not possible or results in high costs (Saussier, 1999). Thus, when a specific asset is made, transactors are tied up in a lock-in effect (Saussier, 1999), and a transactor who undertook a specific investment is exposed to risk of opportunism by his or her partner.

Williamson (1991) identified six forms of asset specificity. WB users are concerned with at least four of them that may reinforce opportunism by suppliers. (1) Physical specificity refers to physical characteristics of an asset. WB conversion technology is one example. For instance, in the case of bioenergy production, internal combustion or gasifiers are unable to use fossil fuels instead of WB (Altman et al., 2007; Delvaux and Andres, 2011). (2) Site specificity refers to the localization of assets. It is high for WB users since their site localization decision mainly conforms to the proximity of suppliers (Altman et al., 2007). (3) Dedicated specificity refers to the fact that the redeployability of an asset is reduced by the limited number of partners. This is the case for WB users, where proximity of suppliers (site specificity) and characteristics of resource limit the number of suppliers. (4) Temporal specificity refers to the synchronization needed. It is reflected in the fact that the physical and chemical characteristics of WB change over time; a fall in demand and broken promises from buyers will affect the quality of biomass (Delvaux and Andres, 2011).

3.2. Transaction costs within woody biomass exchange

As noted above, the first insights into TCs were provided by Ronald Coase, who considered them to be costs of discovering prices of goods and services and costs of negotiating contracts. Based on transaction as the basic unit of analysis and considering any transaction as a contracting problem, Williamson (1985) divided TCs into two categories: ex ante costs, that incurred before contracting, and ex post costs, that are incurred once a contract is implemented. The first category generally includes costs of drafting, negotiating and safeguarding a contract (Williamson, 1985); the costs of information about distribution of the price and quality of goods and services; the costs of searching for potential buyers and sellers and their behavior and circumstances (Eggertsson, 1990); the costs of measuring valuable attributes of goods and services being exchanged; and the costs of measuring the performance of agents (North, 1987, 1990). The second category generally includes the costs of maladaptation incurred by the misalignment of transaction; the costs of contract breakdown and renegotiation (Williamson, 1985); the costs of contract monitoring to ensure partner compliance; and the costs of contract enforcement (Eggertsson, 1990).

Considering uncertainties discussed above, we may expect three types of TCs that WB users incur will be high. *Information costs* are the first. In uncertain and complex environments, we may expect that much time and effort will be required to obtain information on products (their intrinsic properties, prices, location, etc.), sellers (their reputation, market position, etc.), the evolution of market, regulations, and so on. *Measurement costs*, which are the costs of checking and validating some of the information obtained, are the second. For example, to validate WB attributes, in the case of sawmills that buy standing timber, this process involves visiting plots, inspecting characteristics of trees (species, dimensions, and quality), and checking the conditions of exploitability (accessibility of plots, environmental restrictions, etc.). In the case of wood chip users, it is necessary to validate the dimensions of chips, moisture content, ash content, and so on. This validation may entail paying for expert services. The measurement of performance of the seller regarding his or her ability to provide the products desired during the period desired consists of checking “the health” of the seller’s activity through a supplier risk analysis. *The costs of maladaptation and contract breakdown* are the third. Contract breakdown involves a break in supply and may be the result of either opportunism by suppliers or external conditions.

Maladaptation reflects other disturbances, such as an evolution in prices, nonconformity of biomass quality, and delays in delivery, which are external to the will of suppliers.

Measuring TCs is a challenging task, as Williamson recognized: “Transaction costs of both types [ex ante and ex post] are often difficult to quantify. Empirical research on transaction costs matters almost never attempt to measure such costs directly” (Williamson, 1985). However, TCE has provided a useful framework for dealing with these costs. Its central idea is to compare TCs under different governance structures.

4. Minimizing transaction costs: governance structures and institutional environment

The main directions for dealing with TCs are provided by the contributions of Williamson and North. Williamson (1985, 1991) suggested a continuum of three alternative ways (governance structures) to organize transactions: the market and hierarchy (vertical integration) at the extremes of continuum and hybrid forms between them. Using a heuristic model, he showed that minimizing TCs depends on the choice of the “right” governance structure. This choice is made with respect to the characteristics of transaction as well as formal and informal rules surrounding the transaction (Figure 7). In this section, we show how these principles can be applied to minimize TCs related to WB exchange.

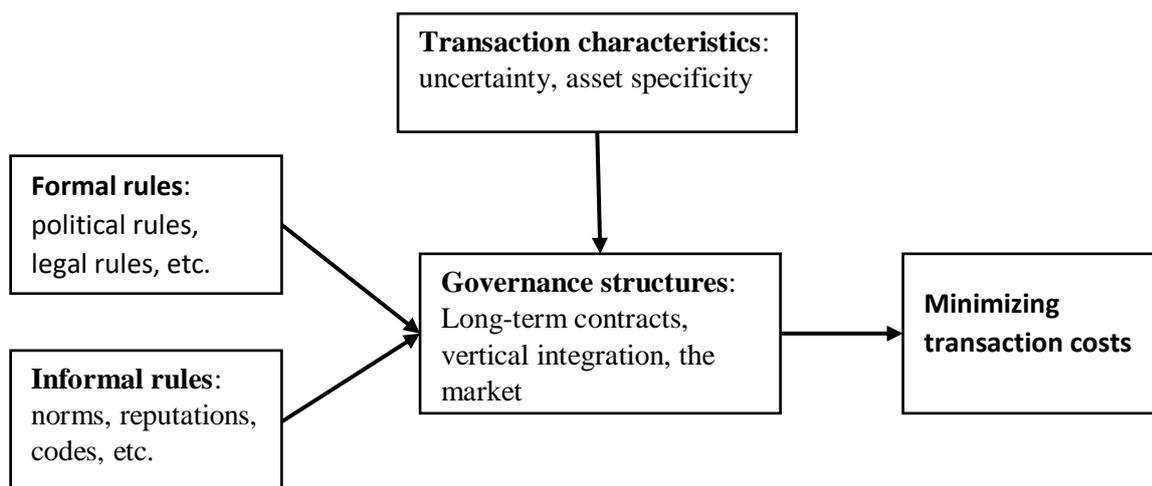


Figure 7. The logic of minimizing transaction costs.

4.1. Governance structures

Following Williamson's nomenclature users may acquire WB in three alternative ways. The most "intuitive" way is to purchase WB through the *market* mechanism. This means the exchange of WB for a sum of money occurs in a very short term or even instantaneously like in a spot market. Therefore, no dependency relationship exists between buyers and sellers, and their identity does not matter. The implication is that once the exchange is concluded, "each one can go its own way" (Williamson, 1991). In contrast, under *vertical integration* users do not purchase WB; instead, they integrate its harvesting. For instance, this is the case with sawmillers who own their forest plots and integrate upstream stages of supply chain (harvesting, preprocessing, transportation, etc.). Between the two alternatives, *hybrid forms* display some characteristics of market and some of vertical integration. In such a case users purchase WB. However, they are tied to suppliers by long-term contracts (or short-term contracts that are automatically renewable) (Ménard, 2004) either in formal or informal ways.

The criteria that determine the choice of one governance structure over another are the attributes of the transaction, namely, the uncertainty surrounding the transaction, the development of specific assets to conclude the transaction, and the frequency with which the transaction recurs. Williamson's heuristic model predicts that in the presence of uncertainty and specific assets hybrid forms and vertical integration are more efficient than the market mechanism. This prediction is justified by combination of transaction characteristics and hypotheses on behaviors of the agents. On one hand, the bounded rationality of agents and uncertainty hinder them (agents) from knowing a priori all contingencies that may arise during the transaction. Consequently, the contract that shapes the transaction (whether written or not) is unavoidably incomplete, in the sense that the obligations of the parties are not clearly specified (Joskow, 1984). On the other hand, the presence of specific assets creates a lock-in effect and increases the tendency to engage in opportunism. Under these conditions (presence of contractual hazards), the market mechanism is costly. Integration and hierarchy provide more credible mechanisms for guaranteeing the enforcement of the transaction.

As shown above, all three elements (uncertainty, asset specificity from the buyer side, and opportunism) surround WB exchange. Consequently, buyers are more likely to integrate WB

production or rely on long-term contracts. Research in the forest sector has followed this conclusion based on Williamson's model. Early research focused on explaining the motives of integration, while recent research insists on the role of long-term contracts (annual or multiyear) in securing WB supply. For instance, Globerman and Schwindt (1986) showed that asset specificity is the main determinant of vertical integration patterns within the Canadian forest product industry. Plieninger et al. (2009) identified the lack of long-term contracts as one of the major pitfalls of WB use in Germany's bioenergy sector. Marty and Préget (2010) discussed the strengths and issues in moving from auction sales to long-term contracts for French timber sales.

4.2. Institutional environment

Beyond the characteristics of the transaction, the choice of governance structures is determined by the institutional environment that surrounds the transaction. The institutional environment provides "rules of the game" to agents. It encompasses (1) formal (written) rules, such as political and legal rules, contract laws, and property rights, and (2) informal (unwritten) rules, such as codes of conduct, norms of behavior, conventions, customs, and traditions (North, 1990; Williamson, 2000). In other words, institutional environment "provides a basic set of coordination rules for agents" and "lends credibility to sanctions guaranteeing performance of contractual obligations" (Brousseau and Glachant, 2002).

One of the key questions that arises is the relative weight of each formal and informal rules. As argued by North (1987, 1990), one of the criteria that determines efficiency of one type compared to another is the scale of exchange. Thus, at a small scale, where personal exchange prevails, informal rules are enough to guarantee efficiency. Agents' familiarity with each other and repetition of the transaction reinforce trust, prevent opportunistic behaviors, and foster information sharing. Conversely, when the size and scope of exchange increase, formal rules enacted by public authorities are needed to guarantee the efficiency of transactions. These details complete the insights given above concerning the governance structures that WB users may choose. Thus, even the market will be inefficient due to uncertainties noted above, this inefficiency can be balanced by the presence of reputational effects. Furthermore, the need to write formal contracts in the case of long-term relationships might be relativized. Despite the redaction of formal contracts, making recourse to courts when conflicts arise is often unlikely.

Instead, agents use informal rules as complementary mechanisms. Moreover, in other cases, no formal contract is designed, and agents rely on their social networks, where informal rules prevail. In this case, they may make some investments to reinforce trust within their networks.

5. Conclusion

Securing WB supply is recognized as one of the prerequisites for fostering the contribution of WB to meet contemporary challenges. Despite the recurrence of the issue within discourses of both public and private actors, scientific research in this field remains insufficient. To the best of our knowledge, except for some partial analyses within the gray literature, no scientific framework has been proposed to deal with the global issue of WB supply security. This paper is an attempt to push research in that direction. We identified three areas of research that may contribute to the analysis of WB supply security: the assessment of WB availability; the analysis of the behaviors of nonindustrial private forest owners; and the management of the WB supply chain. We have presented arguments on the relevance of a complementary and inclusive approach: the minimization of TCs related to WB supply.

The TCs incurred when purchasing WB mainly include costs of obtaining and validating information concerning the resource and suppliers, as well as the costs of adaptation to possible disturbances. The characteristics of WB are at the center of the uncertainty that results in these costs. First, the diversity of tree species and properties increases the amount and complexity of information that a user should consider when purchasing product. Moreover, this diversity results in a need for specific skills to measure and check the quality of products and to decrease the risk of cheating by suppliers. Second, the WB market is highly affected by natural disturbances such as storms, diseases, and climate conditions, affecting the willingness to supply of forest owners and resulting in changes in market conditions and WB characteristics. Third, because forests play a key role in current environmental stakes, wood harvesting and use are highly affected by environmental policies that restrict or improve WB availability and intensify competition over its use, leading to uncertainty in the evolution of market conditions.

The way in which users acquire WB greatly affects the level of TCs. Specifically, there are three ways in which acquisition is possible: integrating the harvesting of WB, buying it through the spot

market, or relying on long-term relationships with suppliers. Negotiating among these three ways depends on the institutional environment, which encompasses formal and informal rules that provide a basic set of coordination rules and guarantee the credibility of sanctions.

Within the forest sector, mainly when exchange takes place at a small scale, agents rely on the long-term relationships within their social networks. In these networks, norms of conduct, trust, and reputation guarantee the credibility of sanctions (and prevent opportunism) and foster information sharing between agents. In terms of the design of efficient public policies in this field, the first implication of the institutional environment is the necessity to adapt policies to each case. Because of the embeddedness of such informal rules (North, 1990; Williamson, 2000), which means that they take a very long time to change (more than a century), formal rules mainly designed by public authorities might take this fact into consideration. The integrative framework proposed in this article can also guide private actors in better identifying core issues for securing supply beyond technical factors.

References

- Aguilar, F.X., Cai, Z., D'Amato, A.W., 2014. Non-industrial private forest owner's willingness-to-harvest: how higher timber prices influence woody biomass supply. *Biomass and Bioenergy*, 71, 202–215.
- Alderman, D.R.J., 1998. Assessing the Availability of Wood Residues and Residue Markets in Virginia (Thesis). Virginia Tech, Blacksburg, Virginia.
- Altman, I., Klein, P., Johnson, T., 2007. Scale and transaction costs in the U.S. biopower industry. *Journal of Agricultural & Food Industrial Organization*, 5, 1170.
- Amidon, T., Wood, C., Shupe, A., Wang, Y., Graves, M., Liu, S., 2008. Biorefinery: conversion of woody biomass to chemicals, energy and materials. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, 2, 100–120.
- Asikainen, A., Ikonen, T., Routa, J., 2016. Challenges and opportunities of logistics and economics of forest biomass, in: Thiffault, E., Berndes, G., Junginger, M., Saddler, J.N., Smith, C.T. (Eds.), *Mobilisation of Forest Bioenergy in the Boreal and Temperate Biomes*. Academic Press, Cambridge, MA, pp. 68–83.

- Balan, V., 2014. Current challenges in commercially producing biofuels from lignocellulosic biomass. *ISRN Biotechnology*, 2014, 463074.
- Banaś, J., Kozuch, A., 2019. The application of time series decomposition for the identification and analysis of fluctuations in timber supply and price: a case study from Poland. *Forests*, 10, 990.
- Bouvet, A., Cambazard, H., Penz, B., 2014. Logistics optimization of a biomass supply chain, in: 5th Forest Engineering Conference, Gerardmer, France.
- Brousseau, E., Glachant, J.-M., 2002. The economics of contracts and the renewal of economics, in: Brousseau, E., Glachant, J.-M. (Eds.), *The Economics of Contracts - Theories and Applications*. Cambridge University Press, Cambridge, MA, pp. 3–30.
- Budzianowski, W.M., 2017. High-value low-volume bioproducts coupled to bioenergies with potential to enhance business development of sustainable biorefineries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 793–804.
- Cambero, C., Sowlati, T., 2014. Assessment and optimization of forest biomass supply chains from economic, social and environmental perspectives – a review of literature. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 36, 62–73.
- Chalayer, M., 2019. *Scierie 2025: La Scierie française en questions*. L'Harmattan, Paris.
- Coase, R.H., 1937. The nature of the firm. *Economica*, 4, 386–405.
- Colin, A., Thivolle-Cazat, A., 2016. Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035. Rapport. IGN, FCBA, ADEME, France.
- Conway, M.C., Amacher, G.S., Sullivan, J., Wear, D., 2003. Decisions nonindustrial forest landowners make: an empirical examination. *Journal of Forest Economics*, 9, 181–203.
- Costa, S., Tranquart, V., Guégan, O., 2005. Les coûts résultant des transactions commerciales du Sapin-Epicéa dans le massif des Vosges. *Revue Forestière Française*. Doi: 10.4267/2042/5047.
- D'Amours, S., Rönnqvist, M., Weintraub, A., 2008. Using operational research for supply chain planning in the forest products industry. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 46, 265–281.
- de Jong, S., Hoefnagels, R., Wetterlund, E., Pettersson, K., Faaij, A., Junginger, M., 2017. Cost optimization of biofuel production – the impact of scale, integration, transport and supply chain configurations. *Applied Energy*, 195, 1055–1070.

- De Meyer, A., Cattrysse, D., Rasinmäki, J., Van Orshoven, J., 2014. Methods to optimise the design and management of biomass-for-bioenergy supply chains: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 657–670.
- Delvaux, G., Andres, P., 2011. Woodfuel Supply Chain Integration in the South West of England: A Transaction Costs Approach to Bioenergy Development, PhD in Politics. University of Exeter, Exeter, England.
- Duden, A.S., Verweij, P.A., Junginger, H.M., Abt, R.C., Henderson, J.D., Dale, V.H., Kline, K.L., Karssenber, D., Versteegen, J.A., Faaij, A.P.C., van der Hilst, F., 2017. Modeling the impacts of wood pellet demand on forest dynamics in Southeastern United States. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 11, 1007–1029.
- Eggertsson, T., 1990. *Economic Behavior and Institutions: Principles of Neoinstitutional Economics*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Ellefson, P.V., Kilgore, M.A., Granskog, J.E., 2007. Government regulation of forestry practices on private forest land in the United States: an assessment of state government responsibilities and program performance. *Forest Policy and Economics*, 9, 620–632.
- Ellram, L.M., 1991. Supply-chain management: the industrial organisation perspective. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 21, 113–122.
- Eriksson, L.O., Björheden, R., 1989. Optimal storing, transport and processing for a forest-fuel supplier. *European Journal of Operational Research*, 43, 26–33.
- FAO, 2015. *Global Forest Resources Assessment*. FAO, Rome, Italy.
- FAO, 2019. *Towards Sustainable Bioeconomy - Lessons Learned from Case Studies 130*. FAO, Rome, Italy.
- Gan, J., Smith, C.T., 2011. Optimal plant size and feedstock supply radius: a modeling approach to minimize bioenergy production costs. *Biomass and Bioenergy*, 35, 3350–3359.
- Garcia, S., Kere, E., Stenger, A., 2014. Econometric analysis of social interactions in the production decisions of private forest owners. *European Review of Agricultural Economics*, 41, 177–198.
- Globerman, S., Schwindt, R., 1986. The organization of vertically related transactions in the Canadian forest products industries. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 7, 199–212.
- Gold, S., Seuring, S., 2011. Supply chain and logistics issues of bio-energy production. *Journal of Cleaner Production*, 19, 32–42.

- Gronalt, M., Rauch, P., 2007. Designing a regional forest fuel supply network. *Biomass and Bioenergy*, 31, 393–402.
- Gunnarsson, H., Rönnqvist, M., Lundgren, J.T., 2004. Supply chain modelling of forest fuel. *European Journal of Operational Research*, 158, 103–123.
- Gustavsson, L., 1997. Energy efficiency and competitiveness of biomass-based energy systems. *Energy*, 22, 959–967.
- Härtl, F., Knoke, T., 2014. The influence of the oil price on timber supply. *Forest Policy and Economics*, 39, 32–42.
- Helstad, K., 2006. *Wood Design and Technology Managing Timber Procurement in Nordic Purchasing Sawmills*. Växjö University, Växjö.
- Hope, E., Gagnon, B., Avdić, V., 2020. Assessment of the impact of climate change policies on the market for forest industrial residues. *Sustainability*, 12, 1787.
- Huang, Y., Chen, C.-W., Fan, Y., 2010. Multistage optimization of the supply chains of biofuels. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46, 820–830.
- Iakovou, E., Karagiannidis, A., Vlachos, D., Toka, A., Malamakis, A., 2010. Waste biomass-to-energy supply chain management: a critical synthesis. *Waste Management*, 30, 1860–1870.
- Johansson, J., Liss, J.-E., Gullberg, T., Björheden, R., 2006. Transport and handling of forest energy bundles—advantages and problems. *Biomass and Bioenergy*, 30, 334–341.
- Joskow, P.L., 1984. Vertical integration and long-term contracts: the case of coal-burning electric generating plants. *Journal of Law, Economics, & Organization*, 1, 33–80.
- Kangas, H.-L., Lintunen, J., Pohjola, J., Hetemäki, L., Uusivuori, J., 2011. Investments into forest biorefineries under different price and policy structures. *Energy Economics*, 33, 1165–1176.
- Kanzian, C., Holzleitner, F., Stampfer, K., Kanzian, S., Ashton, K., 2009. Regional energy wood logistics - optimizing local fuel supply. *Silva Fennica*, 43, 113–128.
- Karppinen, H., 1998. Values and objectives of non-industrial private forest owners in Finland. *Silva Fennica*, 32, 699.
- Keenan, R.J., Reams, G.A., Achard, F., de Freitas, J.V., Grainger, A., Lindquist, E., 2015. Dynamics of global forest area: results from the FAO global forest resources assessment 2015. *Forest Ecology and Management*, 352, 9–20.

- Kimmich, C., Fischbacher, U., 2016. Behavioral determinants of supply chain integration and coexistence. *Journal of Forest Economics*, 25, 55–77.
- Knight, L., Pfeiffer, A., Scott, J., 2015. Supply market uncertainty: exploring consequences and responses within sustainability transitions. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 21, 167–177.
- Larson, E.D., Consonni, S., Katofsky, R.E., Lisa, K., Frederick, W.J., 2007. A Cost-Benefit Assessment of Gasification-Based Biorefining in the Kraft Pulp and Paper Industry (No. 912520). Princeton University, Princeton, NJ.
- Leffler, K.B., Rucker, R.R., 1991. Transactions costs and the efficient organization of production: a study of timber-harvesting contracts. *Journal of Political Economy*, 99, 1060–1087.
- Lewandowski, I., 2015. Securing a sustainable biomass supply in a growing bioeconomy. *Global Food Security*, 6, 34–42.
- Marty, G., Préget, R., 2010. A socio-economic analysis of French public timber sales. *Journal of Sustainable Forestry*, 29, 15–49.
- Matthews, R.C., 1986. The economics of institutions and the sources of growth. *The Economic Journal*, 96, 903–918.
- Ménard, C., 2004. The economics of hybrid organizations. *Journal of Institutional and Theoretical Economics (JITE)*, 160, 345–376.
- Natarajan, K., Leduc, S., Pelkonen, P., Tomppo, E., Dotzauer, E., 2014. Optimal locations for second generation Fischer Tropsch biodiesel production in Finland. *Renewable Energy*, 62, 319–330.
- Niquidet, K., Friesen, D., 2014. Bioenergy potential from wood residuals in Alberta: a positive mathematical programming approach. *Canadian Journal of Forest Research*, 44, 1586–1594.
- North, D.C., 1987. Institutions, transaction costs and economic growth. *Economic Inquiry*, 25, 419–428.
- North, D.C., 1990. *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press, Cambridge, MA.
- Pattanayak, S.K., Murray, B.C., Abt, R.C., 2002. How joint is joint forest production? An econometric analysis of timber supply conditional on endogenous amenity values. *Forest Science*, 48, 479–491.

- Plieninger, T., Thiel, A., Bens, O., Hüttl, R.F., 2009. Pathways and pitfalls of implementing the use of woodfuels in Germany's bioenergy sector. *Biomass and Bioenergy*, 33, 384–392.
- Roberts, D.G., 2008. Convergence of the fuel, food and fibre markets: a forest sector perspective 1. *International Forestry Review*, 10, 81–94.
- Saussier, S., 1999. Transaction cost economies and contract duration: an empirical analysis of EDF coal contracts. *Recherches Économiques de Louvain / Louvain Economic Review*, 65, 3–21.
- Scarlat, N., Dallemand, J.-F., Monforti-Ferrario, F., Banja, M., Motola, V., 2015. Renewable energy policy framework and bioenergy contribution in the European Union – an overview from national renewable energy action plans and progress reports. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 969–985.
- Shabani, N., Akhtari, S., Sowlati, T., 2013. Value chain optimization of forest biomass for bioenergy production: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, 299–311.
- Sharma, B., Ingalls, R.G., Jones, C.L., Khanchi, A., 2013. Biomass supply chain design and analysis: basis, overview, modeling, challenges, and future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 608–627.
- Signorini, G., Ross, R.B., Knudson, W., Pandey, V., Peterson, H.C., 2005. Assessing contract efficiency for biomass: a case study of the Upper Peninsula of Michigan. *International Journal of Management and Decision Making*, 14, 265–288.
- Sutcliffe, K.M., Zaheer, A., 1998. Uncertainty in the transaction environment: an empirical test. *Strategic Management Journal*, 19, 1–23.
- Thivolle-Cazat, A., Le Net, É., 2014. Mobilisation of forest resources today and tomorrow. *Revue Forestière Française*, 14. Doi: 10.4267/2042/56264.
- Tribot, A., Amer, G., Alio, M.A., de Baynast, H., Delattre, C., Pons, A., Mathias, J.-D., Callois, J.-M., Vial, C., Michaud, P., Dussap, C.-G., 2019. Wood-lignin: supply, extraction processes and use as bio-based material. *European Polymer Journal*, 112, 228–240.
- Viana, H., Cohen, W.B., Lopes, D., Aranha, J., 2010. Assessment of forest biomass for use as energy. GIS-based analysis of geographical availability and locations of wood-fired power plants in Portugal. *Applied Energy*, 87, 2551–2560.
- Visser, L., Hoefnagels, R., Junginger, M., 2020. Wood pellet supply chain costs – a review and cost optimization analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 118, 109506.

- Wang, H., Pu, Y., Ragauskas, A., Yang, B., 2019. From lignin to valuable products—strategies, challenges, and prospects. *Bioresource Technology*, 271, 449–461.
- Watanabe, C., Naveed, N., Neittaanmäki, P., 2018. Digital solutions transform the forest-based bioeconomy into a digital platform industry - a suggestion for a disruptive business model in the digital economy. *Technology in Society*, 54, 168–188.
- Wathne, K.H., Heide, J.B., 2000. Opportunism in interfirm relationships: forms, outcomes, and solutions. *Journal of Marketing*, 64, 36–51.
- Williamson, O.E., 1975. *Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implications: A Study in the Economics of Internal Organization* (SSRN Scholarly Paper No. ID 1496220). Social Science Research Network, Rochester, NY.
- Williamson, O.E., 1985. *The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contracting* (SSRN Scholarly Paper No. ID 1496720). Social Science Research Network, Rochester, NY.
- Williamson, O.E., 1989. Transaction cost economics, in: Schmalensee, R.L. (Ed.), *Handbook of Industrial Organization*. Elsevier, Amsterdam, NL, pp. 135–182.
- Williamson, O.E., 1991. Comparative economic organization: the analysis of discrete structural alternatives. *Administrative Science Quarterly*, 36, 269–296.
- Williamson, O.E., 2000. The new institutional economics: taking stock, looking ahead. *Journal of Economic Literature*, 38, 595–613.

Article 2. On the effect of forest upstream factors on sawnwood production: evidence from French sawmill industry

Dans le premier article nous avons adopté une approche conceptuelle pour identifier les facteurs à prendre en compte dans l'analyse de la problématique de sécurisation de l'approvisionnement en bois. Une analyse sous l'angle de la théorie des coûts de transaction a montré que les caractéristiques physiques des forêts et le comportement des propriétaires forestiers ont un impact incontournable sur les coûts d'approvisionnement en bois. Dans cet article, nous adoptons une approche empirique pour montrer l'effet de ces facteurs sur les coûts d'approvisionnement des scieries en France. En faisant l'hypothèse que ces coûts influent sur la production de sciage, l'objectif de cet article sera alors d'étudier l'effet des caractéristiques physiques des forêts et du régime de la propriété forestière sur la production de sciage. L'analyse à l'échelle des départements et des arrondissements métropolitains ainsi que la distinction des sciages feuillus et des sciages résineux, apporteront des éléments de compréhension intéressants à la compréhension de l'effet des facteurs en question. Elle mettra en particulier en évidence l'importance relative des différents facteurs, et montrera, en creux, l'importance d'aller au-delà des données disponibles dans les bases statistiques et de recueillir une information directement auprès des scieurs, ce qui sera l'objet du troisième article.

Il est prévu de soumettre cet article à une revue spécialisée en économie forestière.

Abstract

To contribute efficiently to the energy transition targets, French sawmill industry should overcome multiple challenges. One of these challenges is to ensure the security of wood supply and minimize the cost of supply. Physical characteristics of forests and their ownership regime highly affect the supply of sawmills. Assuming that the cost of supply affects the total cost of production and therefore the sawnwood production, the objective of this paper is to shed light on the effect of these factors on the production of sawnwood in France. For this purpose, we have used spatial panel models on data for the period 2005-2012. The analysis is conducted at the department and arrondissement scale. We have also differentiated coniferous sawnwood and hardwood sawnwood. Our results evidence the effect of these factors at the spatial units and the neighboring spatial units.

Key words: French sawmill, Sawnwood production, Spatial panel models, Forests characteristics.

1. Introduction

The development of energy transition as a pathway toward climate change mitigation focuses mainly on restructuring energy systems and promoting renewable energy from biomass, hydro-power, wind, or solar (Sergent, 2014). The European Union fixed at 32,5% the share of renewable energy in the energetic mix by 2030 (European Commission, 2014). In France, the Energy Transition for Green Growth Act¹⁵ fixed the share of renewable energy sources at 32% of the total energy consumption by 2030 (MEES, 2016). Heat production accounts for 50% of the total energy consumption and is mainly from fossil fuels (ADEME, 2014). By 2030, renewable sources would constitute 75% of the total heat mix and woody biomass would contribute with 45% to this target (ADEME, 2013). Within this context, an increase in wood-based energy facilities is expected (cogeneration, pellets, industrial boilers, collective boilers).

Sawmill industry has a prominent role in the supply of woody biomass for energy, either by providing directly sawmill residues or by triggering forest chips production. Sawmill residues include barks, chips, and sawdust, which are dedicated for various uses. For the period 2009-2015 for instance, sawmill industry was the major source of woody biomass in France with an average annual volume of residues estimated to 5,859 thousand tons. For the same period (i.e. 2009-2015), forest chips production was estimated to 5,257 thousand tons per year on average, as the second largest volume before industrial wastes (1,047 thousand tons)¹⁶. Following cascading use rule of woody biomass, forest chips production is closely tied to the harvesting of sawmill timber. Indeed, timber harvesting offset the loggings costs as well as the management costs of plots. It increases also the expected revenues for forest owners and encourage so that clearings cuts.

To contribute efficiently to the energy transition targets, French sawmill industry should overcome multiple challenges. In the period 2008-2016, French sawmills experienced around two Mm³ drop in the sawnwood production, which is due to the 2007 global economic crisis but also to multiple structural weaknesses. From a macroeconomic perspective, French sawmill products suffer from a lack of competitiveness, which is translated into massive importation of transformed wood products and chronic trade balance deficit (Alexandre, 2017). The

¹⁵ Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte – LTECV.

¹⁶ https://www.flux-biomasse.fr/resultats/sankey_bois/France

straightforward cause of this situation is the lack of investments in modern equipment (such as canters) and processes (drying, gluing, laminating, etc.), which allow offering products that meet market quality standards (CLT¹⁷, reconstituted wood, etc.). Other factors are implicated, such as labor shortage, high transformation costs (Chalayer, 2019), and the lack of collaboration with second transformation industries (Alexandre, 2017). The most invoked factors are however related to the bad supply conditions. It is often pointed out that, rather than focusing on the transformation process and their clients' requests, French sawmillers focus on the supply process, which is challenging.

Challenges that French sawmills face in terms of supply are related to various factors. Some of them are the massive exportation of French sawlogs (especially the oak), the lack of collaboration between the actors of the forest sector (Chalayer, 2019; Juillot, 2003), and the commercialization methods generally based on individual sales of small and heterogeneous lots of wood (Juillot, 2003). In this paper, we focus on the analysis of the effect of forest characteristics. More precisely, we shed light on the effects of physical forest characteristics and their ownership regime on the sawnwood production. The idea is that these factors have a high effect on the sawmills' supply cost and therefore the whole sawnwood production cost. Thus, we expect that the volume of sawnwood produced will be positively related to the variables that decrease the supply cost and negatively related to the variables that increase this cost. We use for this purpose spatial panel models on data for the period 2005-2012.

The rest of this paper is organized as follows. In section 2, we present the scale of the analysis. In section 3, we provide some details on the variables used and their sources. In section 4, we argue on the appropriateness of spatial panel models for our analysis. Section 5 is dedicated to the results, before concluding in section 6.

2. Scale of analysis

The analysis is conducted at the department and the *arrondissement* scales, which are fine enough to allow analyzing the disparities over the spatial units (as opposed to the region scale). Metropolitan France is divided into 95 departments and each department is composed of three *arrondissements* on average, so there are in total 320 *arrondissements*. To adapt to some

¹⁷ Cross-Laminated Timber.

constraints, some departments and *arrondissements* were aggregated and others were excluded from the analysis. Thus, the aggregation of some neighboring units is due to the statistical confidentiality rules that make keeping individual observations in our dataset impossible. Corsica was deleted because it has no neighbors so it does not make sense to include it in the spatial analysis. Finally, we have deleted the departments of the Île-de-France region and Eure-et-Loire and the southeastern departments. After aggregating them, they caused estimations bias, they were thus excluded as outliers.

3. Variables, data sources and handling

In this section we present some arguments on the choice of the variables used in the models as well as the data sources and their handling. Since these data are from various sources and available at different scales and for different periods (see Table 1), homogenizing them is therefore necessary to get a consistent dataset. The descriptive statistics of these variables are shown in Table 4 in the Appendices.

3.1. The dependent variable

As previously explained, we analyze the effects of forests characteristics on the sawnwood production. We use therefore as dependent variable the volume of sawnwood produced annually in each spatial unit (departments and *arrondissements*) in the period 2005-2012. In the models “all sawnwood”, the volume of sawnwood used includes coniferous sawnwood, hardwood sawnwood, staves, and railroad ties, according to the SSP¹⁸ survey classification. For consistency, we have excluded tropical sawnwood since we analyze the effect of independent variables that are measured only at the metropolitan France scale.

The data are from the Annual surveys of the industries « forest logging » and « sawmilling »¹⁹ produced by the SSP. They are available for the full period (2005-2012) at the levels of the establishments and enterprises. We have therefore aggregate these data at the departments and *arrondissements* scales.

¹⁸ The SSP (*Service de la Statistique et de la Prospective*) is the Statistics and forecasting department attached to the French ministry of agriculture and food.

¹⁹ *Enquêtes annuelles de branches « exploitation forestière » et « scieries ».*

3.2. Variables of interest

These variables are those that we seek measure the effect. They concern the physical forests characteristics and their ownership regime.

Forest area

Forest area is the most intuitive indicator of the gross availability of forest industries inputs, as highlighted by the studies on forest industries location. These studies show that the proximity of forests is one of the central factors that determine the settlement of forest-based industries (for example Aguilar and Vlosky, 2006; Brandeis and Hodges, 2017). This proximity, indeed, has a major effect on the transportation cost, which represents a high production cost for these industries.

This variable measures the absolute forest area in each department in thousand hectares. The data are from CORINE Land Cover (CLC), and available for the years 2006 and 2012 at the municipality level²⁰. To complete the data for the missing years (i.e. 2005, and 2007-2011), we have used a linear interpolation based on the data for 2006 and 2012 (i.e. a calculation of an average annual change rate between the two periods). This method is consistent since there is a very low evolution between the two years.

Forest area however appraises only the gross availability of forest industries inputs; a panoply of other factors should be considered to assess the net availability. These factors are related mainly to the plots' characteristics (species, ownership, physical accessibility, fertility, etc.), forestry rules, sustainable harvesting considerations (environmental constraints), economic profitability, etc. (Thivolle-Cazat, 2014).

The variables of interest that follow focus on the plots' characteristics, which greatly affect the cost of sawmill inputs availability.

²⁰ <https://www.eea.europa.eu/help/faq/what-is-corine-land-cover>

Coniferous area

The French metropolitan forest is composed of two main sets of species: coniferous (softwood) and broadleaved (hardwood²¹). Hardwood area accounts for 67% of the total area, and dominates especially in the plains and the zones of medium altitude. Coniferous for their part are major in mountainous regions, the *Massif des Landes*, and in western France (IGN, 2014).

Most of the French sawnwood produced is coniferous²², which is more competitive, although hardwood areas are dominant and the coniferous are available in mountainous regions (thus more costly to harvest). The lack of competitiveness of hardwood sawnwood is related to several factors, such as the weak adequacy of the harvesting and transformation equipment to the diversity of hardwood species and qualities rendering the labor costs more heavy (de l'Estoile, 2012), the collapse of traditional markets such as furniture, the Asian and the European competition. For this reason, we expect a positive effect of the coniferous areas on the volume of sawnwood.

For this variable as well as the variables Monospecific area, Difficult operability area, Stand density and Private area, we used the data from the forest inventory conducted by the French Institute of Geographic and Forest Information (IGN). This inventory is realized annually but the results are published only every five years, called the results for "an average year". We used therefore the results for the average year 2011 based on the inventory campaigns of 2009 to 2013, and available for each department²³. The data on the variables of areas (private, difficult, coniferous, monospecific) are provided in the absolute values. For the purpose of our study, we have calculated the relative values of these areas, which make more sense.

Monospecific area

The IGN forest inventory distinguishes two types of forest stands according to the diversity of their species: monospecific stands where one species accounts for more than three quarters of the tree cover, and mixed stands composed of two or more species. Monospecific stands

²¹ We use the term « hardwood » in the rest of the paper, which is more common than « broadleaves ».

²² For instance, in 2020, hardwood sawnwood production was estimated to 1,181 thousands m³ against 6,790 thousands m³ for coniferous (Agreste, 2021b).

²³ <https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?rubrique251>

accounts for around the half of the total metropolitan stands. The other half is shared by stands of two species (33%) or more (16%) (IGN, 2014).

Because most of the French sawmills are specialized in one particular species, we can expect that monospecific stands be more attractive because of a less costly logging. Logging mixed stands may, imply an extra-cost for loggers who should select the desired species to harvest and/or seek multiple buyers for multiple species, which may be also a costly operation. We can therefore expect that an increase in monospecific areas affect positively the volume of the sawnwood produced.

*Difficult operability area*²⁴

The IGN forest inventory retains five criteria that determine the operability of the stands, referring to the conditions in which wood is logged and loaded in trucks. These criteria are related to soil characteristics (bearing capacity and level of asperity) and skidding conditions (presence of skidding roads and their slopes, the skidding distance)²⁵. According to these criteria, the stands are classified as easily operable or difficultly operable. Difficult operability areas impose extra logging costs related mainly to the logging and transportation operations. We expect therefore a negative effect on the volume of the sawnwood produced.

Stand density

Stand density measures the volume of the standing timber (in m³) per hectare of production forest area. A high stand density may decrease the unit cost of logging and therefore have a positive effect on sawnwood production. This is what is drawn by some studies such as (Wirabuana et al., 2021) for Indonesia and (Cai et al., 2016) for China.

Private area

Metropolitan French forest belongs for 75% to private owners (individuals) and for 25% to public owners (State, municipalities and other territorial communities).

²⁴ For simplicity, we refer to this variable as « difficult area » in the rest of this paper.

²⁵ More details can be found in the methodology of the IGN forest inventory referred to as (IGN, 2014), and available here https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/methodologie_2013.pdf.

The predominance of private forest rises an issue for sawmills supply for two reasons. The first, is related to the low volume of wood harvested from private forests, which is due to the weak willingness to harvest of private owners and to their inappropriate silvicultural practices (Garcia et al., 2014; Jay, 2017; Kere, 2013). The second reason is the extra-costs that wood harvesting from private forests may generate due to the fragmentation of these forests. Indeed, private forest belongs to 3,3 million persons and only 50 thousand among them hold plots with an area more than 25 ha (CNPf, 2021). This generates an extra-cost of harvesting as well as transaction costs, since the different types of loggers have to deal with a great number of owners.

3.3. Control variables

In addition to the variables of interest, we include in the models other variables that may affect sawnwood production.

*Volume of sawlogs harvested*²⁶

This variable measures the volume of sawlogs harvested in a spatial unit by all physical and legal entities that practice logging as principal or secondary activity. This includes sawmillers, farmers, forest owners, forest loggers, etc. The possible effect of this variable on the volume of sawnwood produced can be justified by the local character of sawmills logs supply, a fact that can be related mainly to economic (transportation costs saving) and environmental considerations.

The variables of interest we used are likely to affect the volume of sawlogs harvested and lead to an endogeneity bias. However, as shown in the correlation matrix (Table 5 in the appendices), most of the correlation coefficients to the explanatory variables have an absolute value under than 0.1. For forest area and coniferous area, they are little higher (0.4 and 0.3, respectively) but remain acceptable. We have consequently kept the volume of sawlogs harvested among our control variables.

Price of sawlog

We use the price of sawlog as an indicator of the demand for sawmills products from second transformation industries, since wood market is highly driven by the demand from these

²⁶ The source and the handling of the data for this variable are the same than the variable sawnwood production, previously presented.

industries. We expect therefore a positive relation between sawlog price and sawnwood production.

The data are from the SSP²⁷, which conducts an annual survey on the price of the multiple categories of wood (logs, fuelwood, wood for industry and trituration). This survey is based on the prices reported by the companies that have a logging activity (sawmills, forest loggers, etc.).

Variables of forest based products industries

These variables measure the number of establishments in the spatial units for each industry. The objective is to take into account competition and complementarity effects between sawmills and the other industries, which may affect sawnwood production. Thus, as shown in Figure 8, veneer and plywood industry is in direct competition with the sawmill industry, because it uses the same input (i.e. logs). Conversely, the other industries are complementary with the sawmill industry because they are its outlets. Pulp industry uses sawmill byproducts, whilst second transformation industries uses a variety of sawnwood products. Second transformation industries include furniture, lumber, flooring, packages (crates, pallets, wood staves, etc.), and divers other objects like tools and a variety of household objects.

We have used the datasets *Démographie des entreprises et des établissements* from the French National Statistics Institute (INSEE) which study mainly the creation and the demise of the enterprises and establishments. These data are available each year at municipality level.

²⁷ These data are provided by OLEF (*L'Observatoire pour l'économie de la forêt*) of the laboratory BETA.

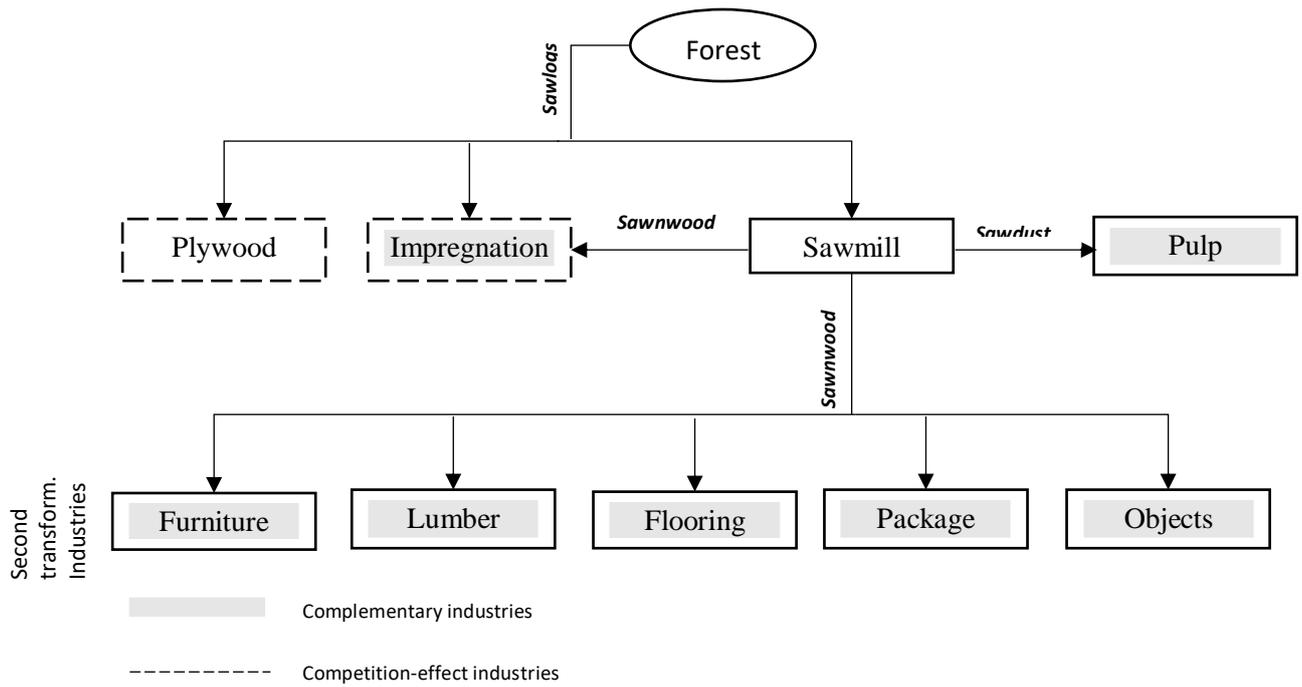


Figure 8. Complementarity and competition linkages between sawmill and first and second transformation industries (source: inspired from Caurla, 2012).

| Source | Variable | Measure | Period | Scale of availability | Scale of aggregation | Original /Calculated |
|--------|--|-------------------|---|---------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| SSP | Sawnwood production Sawlog harvest | m ³ | 2005-2012 | Entreprise Establishment | Department <i>/Arrondissement</i> | Original |
| SSP | Sawlog price | €/m ³ | 2005-2012 | National | National | Calculated |
| CLC | Forest area | ha | 2006 ; 2012 | Municipality | Departement <i>/Arrondissement</i> | Calculated |
| IGN | Coniferous area Monospecific area Difficult operability area Private area | % | Year average For the period 2009-2013 | Department | Department | Calculated |
| IGN | <i>Stand density</i> | ha/m ³ | Year average For the period 2009-2013 | Department | Department | Calculated |
| INSEE | Impregnation Plywood Furniture Lumber Flooring Package Pulp | Number of units | 2005-2012 | Municipality | Department <i>/Arrondissement</i> | Original |

Table 1. Summary of the main information on the variables and data used.

3.4. Multicollinearity assessment

Multicollinearity is a well-known statistical issue that threatens the proper specification and the effective estimation of a multiple regression model. Multicollinearity occurs when the regression model includes several explanatory variables that are significantly correlated to each other. Due to the nature of our explanatory variables, checking for multicollinearity that is likely to arise is of a crucial importance in our study. Indeed, on the one hand, because of a clustering phenomenon, establishments of complementary products may gravitate in the same departments, leading so that to a high correlation between the number of units in a department. On the other hand, the whole variables of forest characteristics are likely to affect the sawlogs harvesting.

To assess multicollinearity in our variables, we used Pearson correlation coefficients analysis and variance inflation factor analysis, which are two primary techniques that help checking the collinearity of the variables. The Pearson's correlation matrix of our explanatory variables is shown in Table 5 in the appendices. As we can observe, all the absolute values of the correlation coefficients are under 0.8, a threshold from which collinearity is likely to exist (Shrestha, 2020). Nevertheless, some coefficients are little high (over 0.5), we have therefore conducted a variance inflation factor analysis using a simple pooled Ordinary Least Square (OLS) regression. As the results in Table 6 in the appendices show, all the VIF factors of the variables are under 5 as a threshold indicating the existence of a problematic collinearity according to (Johnston et al., 2018). We have therefore kept all the explanatory variables presented.

4. Method: spatial panel models use

To elucidate the variables affecting the sawnwood production, we used spatial panel models. The main theoretical foundations of these models, their linkages and their formulation are given in Appendix.

Before running spatial panel models we might be interested in testing the appropriateness of such models. We proceed in two steps. First, we test for the presence of individual specific effects and choose the appropriate panel model. Second, we test for the presence of spatial dependence to confirm the appropriateness of spatial panel models.

4.1. Testing for the presence of individual specific effects

We test for the presence of individual specific effects by confronting: (1) Pooled OLS model to fixed effects (FE) model by the means of Fisher (F) test, (2) Pooled OLS model to random effects (RE) model by the means of Breusch and Pagan's Lagrange Multiplier (LM) test.

F-test tests for the null hypothesis that all individual intercepts are equal to zero i.e. $H_0: \alpha_i = 0$ in the regression model $y_{it} = x_{it}\beta + \alpha_i + \varepsilon_{it}$. With a p-value < 0.01 , we reject H_0 , which means that there is a significant fixed effect and the FE model is thus preferred than a Pooled OLS model.

LM test tests for the null hypothesis that all individual specific variance components are zero i.e. $H_0: \alpha_i = 0$ in the regression model $y_{it} = x_{it}\beta + \alpha + (\alpha_i + \varepsilon_{it})$. The p-value of the test is

small enough (p -value < 0.01) to reject H_0 . Therefore, there is a significant random effect and the RE model is preferred than the Pooled OLS model.

After confronting the pooled model to RE and FE models, another crucial task is to choose between FE and RE models. The common test used for this purpose is the Hausman test that tests for the existence of a correlation between the individual effects and the explanatory variables, i.e. between the specific error term α_i and the regressors x_{it} . In our case, the Hausman test does not work since its asymptotic assumptions are not met, because of the presence of time-invariant regressors (Stand density, Private area, Difficult area, Coniferous area, Monospecific area). However in such case (presence of time invariant regressors), as suggested by (Bell and Jones, 2015; Gujarati, 1988), RE specification is more appropriate, because FE model is not able to measure the effect of time-invariant variables. The results of the F-test and LM tests as well as the FE, RE and pooled models estimations are shown in Table 7 in the appendices.

4.2. Testing for spatial dependence

Before estimating spatial panel models, we need to determine whether there is a spatial dependence across the individuals in our panel dataset. One of the tests used for this purpose is the test of Pesaran (Pesaran, 2021) used for example by (Guliyev, 2020). The null hypothesis of this test is that residuals are not correlated cross individuals. With a p -value < 0.05 (p -value = $< 2.2e-16$), we reject the null hypothesis and conclude to the presence of spatial dependence, and therefore the necessity to run spatial panel models. The visual aspect of the map on the Figure 9 shows well the presence of the spatial dependence.

Spatial dependence test requires a spatial weight matrix that describes the spatial arrangement of cross-sections (individuals). We have used therefore a 73×73 row normalized 1st-order queen contiguity matrix, which matches with the number of department and aggregated departments included in the analysis. The use of contiguity matrix is appropriate since the sawmills supply is mainly local. Thus analysis the interactions between neighboring spatial units is enough to get relevant results.

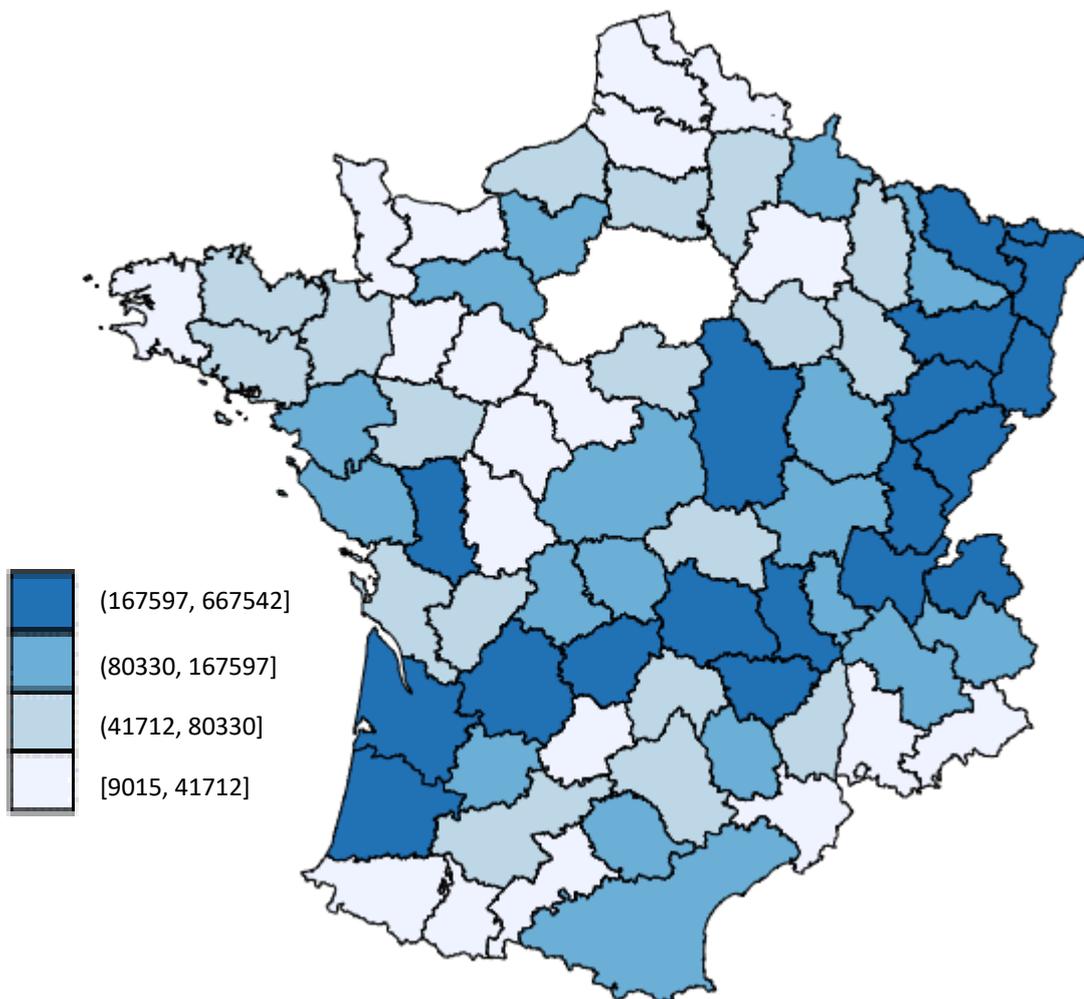


Figure 9. The average annual volume of sawnwood produced per department in the period 2005-2012 (in m³).

5. Results

The results for the six spatial panel models at the main scale of the analysis (“all sawnwood” at the department level) are shown in Table 2. Among the six models, the SAC model can be considered as the better-fitting model. To select the SAC model, following (Guliyev, 2020), we have firstly eliminated SAR and SEM models due to the non-significance of the spatial terms ρ and λ . Secondly, among SLX, SDM and SDEM models, the statistics pseudo-R², Akaike information criterion (AIC) and Bayesian information criterion (BIC) favor the SLX model, which has the highest pseudo-R² and the lowest AIC and BIC. Finally, between SAC and SLX models, we chose SAC model, which exhibits the best performance in terms of AIC and BIC criteria.

| Variable | SAR | SEM | SAC | SLX | SDM | SDEM |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Main | | | | | | |
| Sawlog price | 0.560*** | 0.606*** | 1.022*** | 0.501*** | 0.492*** | 0.500*** |
| Sawlog harvest | 0.010*** | 0.010*** | 0.010*** | 0.009*** | 0.009*** | 0.009*** |
| Forest area | 0.286*** | 0.291*** | 0.302*** | 0.327*** | 0.326*** | 0.329*** |
| Stand density | 0.229 | 0.241 | 0.320 | 0.181 | 0.179 | 0.177 |
| Private area | -2.357*** | -2.347*** | -2.319*** | -2.332*** | -2.336*** | -2.322*** |
| Difficult area | -2.187*** | -2.185*** | -2.118*** | -2.293*** | -2.294*** | -2.295*** |
| Coniferous area | 5.567*** | 5.556*** | 5.520*** | 6.144*** | 6.160*** | 6.135*** |
| Monospecific area | 1.600 | 1.597 | 1.579 | 0.996 | 0.992 | 0.978 |
| Impregnation | 0.048 | 0.087 | 0.252 | 0.054 | 0.059 | 0.064 |
| Plywood | -1.130 | -1.144 | -0.912 | -0.740 | -0.751 | -0.761 |
| Flooring | -7.691*** | -7.742*** | -6.830*** | -6.670*** | -6.680*** | -6.702*** |
| Lumber | -0.291 | -0.287 | -0.188 | -0.039 | -0.040 | -0.035 |
| Package | 0.073 | 0.080 | 0.158 | 0.105 | 0.103 | 0.100 |
| Objects | -0.390* | -0.380* | -0.287 | -0.206 | -0.205 | -0.211 |
| Pulp | -6.368* | -6.019 | -4.587 | -6.495* | -6.455* | -6.465* |
| Furniture | 0.257*** | 0.251*** | 0.210*** | 0.105 | 0.103 | 0.107 |
| Constant | -2.884 | -3.378 | 1.647 | 22.543 | 23.216 | 19.414 |
| Wx | | | | | | |
| Sawlog harvest | | | | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| Forest area | | | | -0.153 | -0.160 | -0.151 |
| Stand density | | | | -0.168 | -0.177 | -0.169 |
| Private area | | | | -0.144 | -0.105 | -0.118 |
| Difficult area | | | | 1.274 | 1.326 | 1.276 |
| Coniferous area | | | | -3.763* | -3.855* | -3.815* |
| Monospecific area | | | | 2.250 | 2.233 | 2.220 |
| Impregnation | | | | -1.117 | -1.106 | -1.102 |
| Plywood | | | | 1.924 | 1.952 | 2.011 |
| Flooring | | | | 1.111 | 1.322 | 1.690 |
| Lumber | | | | 0.257 | 0.266 | 0.293 |
| Package | | | | -0.041 | -0.027 | 0.054 |
| Objects | | | | -0.488 | -0.476 | -0.453 |
| Pulp | | | | -12.364 | -12.233 | -12.441 |
| Furniture | | | | 0.375*** | 0.370*** | 0.375*** |
| Spatial | | | | | | |
| ρ | 0.045 | | -0.415*** | | 0.018 | |
| λ | | 0.087 | 0.482*** | | | 0.070 |
| Variance | | | | | | |
| sigma_u | 97.631*** | 96.206*** | 87.147*** | 90.557*** | 90.852*** | 90.578*** |
| sigma_e | 20.830*** | 20.838*** | 20.031*** | 20.526*** | 20.514*** | 20.491*** |
| Observations | 584 | 584 | 584 | 584 | 584 | 584 |
| Pseudo R ² | 0.4939 | 0.5010 | 0.5343 | 0.5570 | 0.5562 | 0.5569 |
| Wald test of spatial terms | 0.62 | 1.77 | 19.13*** | 27.68** | 27.72** | 28.47** |
| AIC | 5621.822 | 5620.689 | 5617.949 | 5623.629 | 5625.545 | 5624.468 |
| BIC | 5709.220 | 5708.087 | 5709.717 | 5772.206 | 5778.492 | 5777.415 |

Table 2. Spatial panel models “all sawnwood” at the department scale.

* p < 0.10; ** p < 0.05; *** p < 0.01

Following (LeSage and Pace, 2009), the impact of the explanatory variables on the dependent variable is broken down into direct and indirect effects. The direct effect measures the impact of the change in the independent variable of one percent, on the dependent variable (i.e. volume of sawnwood) of the same unit (department). The indirect effect measures the impact of the change in the independent variable in one percent, on the dependent variable value of all neighbouring units.

5.1. Direct effects

For variables of interest, we comment three main interesting results.

Firstly, we observe that forest area and coniferous area have both a positive effect at 1% level in the models “all sawnwood”, at the department scale as well as the *arrondissement* scale (Table 2 and Table 10²⁸, respectively). Forest area however lose its significance in the models “hardwood sawnwood” at both the department and the *arrondissement* scale (Table 9 and Table 12, respectively). This result highlights on the one hand the predominance of coniferous transformation within French sawmills (relatively to hardwood). On the other hand, it confirms that forest area is an imperfect indicator of forest biomass availability.

As expected, private area and difficult operability area have both a negative effect at 1 % level in all the models at the department scale (“all sawnwood” (Table 2), “coniferous sawnwood” (Table 8), and “hardwood sawnwood” (Table 9)). In the models “coniferous sawnwood” at the *arrondissement* scale (Table 11), private area is no longer significant, and difficult operability area is significant only at 10% level. This result should be interpreted conservatively. Indeed, it can mean that coniferous sawnwood is less sensitive than hardwood to the negative effects (higher logging cost, lower harvesting) of private area and difficult operability area. However, this can be due to the scale of availability of the data, since these two variables are measured only at the department scale.

In contrast to what we expected, stand density and monospecific area have no significant effect in all models. The absence of the effect of stand density can be explained by the characteristics of the trees such as the diameter, the height and the volume of each compartment.

²⁸ Tables 8, 9, 10, 11 and 12 can be found in the appendices.

For variables of control, we have two main interesting results.

As expected, sawlog price and sawlog harvest have a positive effect at 1% level in the models “all sawnwood” at the department scale (Table 2). An increase in sawlog price reflects a high level of demand for sawnwood products and therefore an increase in sawnwood production. The effect of sawlog harvest suggests that sawmills supply is mainly local, since an increase in sawlog harvest in a department leads to an increase in sawnwood production in this department. The results for the models “hardwood sawnwood” at the department scale (Table 9) show on the one side that hardwood sawlog harvest has a lower effect in some models. On the other side, they show that hardwood sawlog price is no longer significant in the SDM model and has a lower effect in the other models. These results suggest that hardwood sawnwood has a different pattern than coniferous sawnwood, which drives “all sawnwood” models.

The results for the variables of the industries in the models “all sawnwood” at the department scale (Table 2) are non-intuitive, since most of the variables have not significant effects. For example, the fact that lumber and packages have not significant effects is surprising, since these industries are major outlets for sawmills (lumber for high quality sawnwoods and packages for lower quality sawnwoods). The variables Flooring, Objects, and Pulp have negative effects. Only furniture have a positive effect (1% level). A possible interpretation of these results is that the exchange of the products between sawmills and second transformation industries has a supra-departmental character. This interpretation however, should be conservative since these variables measure the number of industries per department, which is an imperfect indicator of the demand of these products. At least, these variables should be weighted to the size of the establishments.

5.2. Indirect effects

The estimation results for the SAC model “all sawnwood” at the department scale show that the spatial effect of the volume of sawnwood, ρ , is negative and significant at 1% level (Table 1). This means that an increase in the volume of sawnwood produced in the neighboring departments affects negatively the volume of sawnwood produced in a department. The examination of the

direct and indirect effects of the explanatory variables (Table 3) suggests that the negative sign of ρ is partly due to the effects of the significant explanatory variables in the model. Thus, we can observe that for indirect effects, the variables keep roughly the same level of significance that within the direct effects, but with an opposite sign. The error term λ that measures the effect of omitted variables has a positive effect at 1%.

| Variables | Direct effects | Indirect effects | Total effects |
|-------------------|----------------|------------------|---------------|
| Sawlog price | 1.058*** | -0.335** | 0.723*** |
| Sawlog harvest | 0.010*** | -0.003*** | 0.007*** |
| Forest area | 0.313*** | -0.099** | 0.214*** |
| Stand density | 0.331 | -0.105 | 0.226 |
| Private area | -2.399*** | 0.760** | -1.639*** |
| Difficult area | -2.192*** | 0.694*** | -1.498*** |
| Coniferous area | 5.711*** | -1.809*** | 3.902*** |
| Monospecific area | 1.633 | -0.517 | 1.116 |
| Impregnation | 0.261 | -0.083 | 0.178 |
| Plywood | -0.944 | 0.299 | -0.645 |
| Flooring | -7.067*** | 2.238** | -4.829** |
| Lumber | -0.194 | 0.062 | -0.133 |
| Package | 0.163 | -0.052 | 0.112 |
| Objects | -0.297 | 0.094 | -0.203 |
| Pulp | -4.746 | 1.503 | -3.243 |
| Furniture | 0.217*** | -0.069** | 0.149** |

Table 3. Direct, indirect and total effects of the independent variables of the SAC model “all sawnwood” at the department scale.

* $p < 0.10$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$

At the infra-scales of the analysis, we can note firstly that the estimation results for the models “coniferous sawnwood” at the department scale (Table 8) as well as at the *arrondissement* scale (Table 11) are close to those of the models “all sawnwood” at the department scale (Table 2). Mainly, the spatial parameters for the SAC model remain significant and keep the same sign, with a lower significance level at the department scale. Conversely, for the models “hardwood sawnwood” at the department scale (Table 9) and at the *arrondissement* scale (Table 12), the spatial parameters of the SAC model have the opposite signs (ρ becomes positive and λ becomes negative). Moreover, λ has a lower significance at the department level and lose its significance at the *arrondissement* scale.

Interestingly, the estimation results for the SAC model in “all sawnwood” at the *arrondissement* scale (Table 10) show the same structure than those in “hardwood sawnwood” at the *arrondissement* scale (Table 12) conversely to the results at department scale. Put differently, the driver at the department scale is the coniferous, whilst at the *arrondissement* scale the driver is the hardwood. Broadly, we can note more spatial effects at the *arrondissement* scale and within “hardwood sawnwood” at the department scale, with ρ and λ which are significant in more models.

Finally, we observe some changes within the explanatory variables. Mainly, we can note that forest area has a negative significant effect in the models “hardwood sawnwood” at the department scale (Table 9). Sawlog harvesting has a positive significant effect in the SLX and SDEM models within “hardwood sawnwood” at the *arrondissement* scale (Table 12).

6. Conclusion

This work aimed to investigate the effects of physical characteristics of forests and their ownership regime on the sawnwood production. We used for this purpose spatial panel models based on the data for the period 2005-2012 at the department and the *arrondissement* scale. We have firstly conducted the analysis for all types of sawnwood, then we have distinguished coniferous sawnwood and hardwood sawnwood.

Our results evidence the effect of physical characteristics of forests and their ownership regime on the sawnwood production. Thus, we found that forest area and relative coniferous area in a department have a positive effect on the volume of sawnwood produced in this department. Contrariwise, relative private area and relative difficult operability area in a department have a negative effect on the volume of sawnwood (all sawnwood) produced in this department. Beside these direct effects, these variables have an indirect effect on the neighboring spatial units. This effect is reflected in the presence of a strong spatial interaction between spatial units, which spreads through the lag of the outcome variable (the volume of sawnwood produced).

Our results show disparities, on the one hand, between coniferous sawnwood and hardwood sawnwood, on the other hand between the department scale and the *arrondissement* scale. First, we observe that at the department scale, the global pattern is dominated by the coniferous pattern with a negative autocorrelation of the lag of sawnwood and a positive autocorrelation of

the errors. Conversely, at the *arrondissement* scale, it is the hardwood pattern that dominates the global pattern, with a positive effect of the lag of the endogenous variable (volume of sawnwood) and negative autocorrelation of errors. Second, the disparities are present between coniferous and hardwood. Thus for coniferous, the parameter ρ that captures the endogenous interaction effect is positive and the parameter λ that captures the correlation of error terms is negative. For hardwood, the signs of the two parameters are reversed, with a lower effect of the parameter λ . These results have two main implications. On the one hand, they appeal the necessity of the study of the more relevant scale of policies implementation. On the other hand, they show that the positive externalities (spillovers) of neighbors are lower for hardwood than coniferous. These results suggest that public policies at neighboring scales should be coordinated to get efficient results. Moreover, a differentiation should be operated between the species.

References

- ADEME, 2014. Fonds chaleur, un second souffle. ADEME & vous.
- ADEME, 2013. Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050 (Synthèse).
- Agreste, 2021b. Récolte de bois et production de sciage en 2020. Chiffres & données.
- Aguilar, F.X., Vlosky, R.P., 2006. Spatial Analysis of Forests Products Manufacturer Clusters in Louisiana. *Wood and Fiber Science* 38, 121–131.
- Anderson, N., Germain, R., Bevilacqua, E., 2011. Geographic Information System-Based Spatial Analysis of Sawmill Wood Procurement. *Journal of Forestry* 109, 34–42.
- Baltagi, B.H., Song, S.H., Koh, W., 2003. Testing panel data regression models with spatial error correlation. *Journal of Econometrics* 117, 123–150. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(03\)00120-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(03)00120-9)
- Bell, A., Jones, K., 2015. Explaining Fixed Effects: Random Effects Modeling of Time-Series Cross-Sectional and Panel Data*. *Political Science Research and Methods* 3, 133–153. <https://doi.org/10.1017/psrm.2014.7>
- Bouayad Agha, S., Le Gallo, J., Védrine, L., 2018. 7. Spatial econometrics on panel data. <https://www.semanticscholar.org/paper/7.-Spatial-econometrics-on-panel-data-Salima/8468a74726f9a30a7dafa49157b02dab5dd5185>
- Brandeis, C., Hodges, D.G., 2017. Sawmill Industry in Tennessee: Assessing Location Pattern Changes and Their Effects on Sawlog Procurement Distribution. *Forest Science*. <https://doi.org/10.5849/FS-2016-124>
- Cai, H., Di, X., Chang, S., Jin, G., 2016. Stand density and species richness affect carbon storage and net primary productivity in early and late successional temperate forests differently. *Ecological Research* 31. <https://doi.org/10.1007/s11284-016-1361-z>

- Caurla, S., 2012. Modélisation de la filière forêt-bois française Évaluation des impacts des politiques climatiques (Thesis). Paris, AgroParisTech.
- Chalayer, M., 2019. Scierie 2025: La scierie française en questions. Edition L'Harmattan. 204 p.
- Das, S., Rahman, R.M., 2011. Application of ordinal logistic regression analysis in determining risk factors of child malnutrition in Bangladesh. *Nutrition Journal* 10, 124. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-10-124>
- de l'Estoile, M., 2012. La valorisation de la forêt française. Avis du Conseil économique, social et environnemental. Journal officiel de la république française.
- Debarsy, N., Ertur, C., 2010. Testing for spatial autocorrelation in a fixed effects panel data model. *Regional Science and Urban Economics* 40, 453–470. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2010.06.001>
- Elhorst, J., 2010. *Applied Spatial Econometrics: Raising the Bar*. <https://doi.org/10.1080/17421770903541772>
- European Commission, 2014. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030.
- Floch, J.-M., Le Saout, R., 2018. Spatial econometrics-common models.
- Garcia, S., Kere, E.N., Stenger, A., 2014. Econometric analysis of social interactions in the production decisions of private forest owners. *European Review of Agricultural Economics* 41, 177–198. <https://doi.org/10.1093/erae/jbt027>
- Ginisty, C., Chevalier, H., Vallet, P., Colin, A., 2009. Évaluation des volumes de bois mobilisables à partir des données de l'IFN "nouvelle méthode" Actualisation 2009 de l'étude "biomasse disponible" de 2007.
- Golgher, A.B., Voss, P., 2016. How to Interpret the Coefficients of Spatial Models: Spillovers, Direct and Indirect Effects. <https://doi.org/10.1007/S40980-015-0016-Y>
- Gujarati, D.N., 1988. *Basic Econometrics*. McGraw-Hill edition. 746 p.
- Guliyev, H., 2020. Determining the spatial effects of COVID-19 using the spatial panel data model. *Spatial Statistics* 38, 100443. <https://doi.org/10.1016/j.spasta.2020.100443>
- Hausman, J.A., 1978. Specification Tests in Econometrics. *Econometrica* 46, 1251–1271. <https://doi.org/10.2307/1913827>
- Hsiao, C., 2014. *Analysis of panel data*. Cambridge university press.
- IGN, 2014. *La forêt en chiffres et en cartes. Le mémento 2014*.
- Johnston, R., Jones, K., Manley, D., 2018. Confounding and collinearity in regression analysis: a cautionary tale and an alternative procedure, illustrated by studies of British voting behaviour. *Quality & Quantity* 52, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s11135-017-0584-6>
- Juillot, D., 2003. *La filière bois française : la compétitivité, enjeu du développement durable*.

- Kapoor, M., Kelejian, H., Prucha, I., 2007. Panel Data Model with Spatially Correlated Error Components. *Journal of Econometrics* 140, 97–130. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2006.09.004>
- Kere, E.N., 2013. Analyse économétrique des décisions de production des propriétaires forestiers privés non industriels en France (thesis). Université de Lorraine.
- LeSage, J., Pace, R.K., 2009. Introduction to spatial econometrics. Chapman and Hall/CRC.
- Manski, C.F., 1993. Identification of Endogenous Social Effects: The Reflection Problem. *The Review of Economic Studies* 60, 531–542. <https://doi.org/10.2307/2298123>
- MEES (Ministry of environment, energy and sea), 2016. Energy Transition for Green Growth Act in action - Regions, citizens, business.
- Pesaran, M.H., 2021. General diagnostic tests for cross-sectional dependence in panels. *Empir Econ* 60, 13–50. <https://doi.org/10.1007/s00181-020-01875-7>
- Sergent, A., 2014. Sector-based political analysis of energy transition: Green shift in the forest policy regime in France. *Energy Policy* 73, 491–500. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.06.008>
- Shrestha, N., 2020. Detecting Multicollinearity in Regression Analysis. *American Journal of Applied Mathematics and Statistics* 8, 39–42. <https://doi.org/10.12691/ajams-8-2-1>
- Thivolle-Cazat, A., 2014. Mobilization of forest resources today and tomorrow. *Revue Forestière Française* 14. <https://doi.org/10.4267/2042/56264>
- Vega, S.M.H., Elhorst, J.P., 2017. The SLX model: Extensions and the sensitivity of spatial spillovers to W. *Papeles de Economía Española* 152, 34–50.
- Wirabuana, P., Setiahadi, R., Sadono, R., Lukito, M., Martono, D., 2021. The Influence of stand density and species diversity into timber production and carbon stock in community forest. *Indonesian Journal of Forestry Research* 8, 13–22. <https://doi.org/10.20886/ijfr.2021.8.1.13-22>

Appendices

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|---------------------|-----|---------|-----------|--------|----------|
| Sawnwood production | 584 | 123.42 | 139.281 | 9.015 | 735.079 |
| Sawlog price | 584 | 60.25 | 7.635 | 46 | 75 |
| Sawlog harvest | 584 | 405.2 | 730.868 | 13.361 | 8591.473 |
| Forest area | 584 | 173.321 | 111.259 | 21.315 | 685.25 |
| Stand density | 584 | 178.363 | 45.97 | 80 | 319 |
| Private area | 584 | 76.571 | 20.083 | 23.529 | 100 |
| Difficult area | 584 | 23.193 | 23.605 | 0 | 83.929 |
| Coniferous area | 584 | 24.642 | 13.652 | 4 | 66.154 |
| Monospecific area | 584 | 44.251 | 12.539 | 5.641 | 75.847 |
| Impregnation | 584 | 8.003 | 7.748 | 0 | 47 |
| Plywood | 584 | 2.202 | 2.187 | 0 | 10 |
| Flooring | 584 | .313 | .597 | 0 | 3 |
| Lumber | 584 | 28.753 | 19.156 | 3 | 121 |
| Package | 584 | 14.193 | 10.949 | 0 | 62 |
| Objects | 584 | 27.072 | 17.813 | 4 | 139 |
| Pulp | 584 | .175 | .487 | 0 | 3 |
| Furniture | 584 | 152.315 | 78.183 | 31 | 447 |

Table 4. Descriptive statistics of the variables at the department scale.

| Variables | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) | (15) |
|-----------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| (1) Sawlog price | 1.000 | | | | | | | | | | | | | | |
| (2) Sawlog harvest | 0.051 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | |
| (3) Forest area | 0.001 | 0.404* | 1.000 | | | | | | | | | | | | |
| (4) Stand density | 0.000 | 0.010 | -0.058 | 1.000 | | | | | | | | | | | |
| (5) Private area | 0.000 | -0.061 | -0.173* | -0.424* | 1.000 | | | | | | | | | | |
| (6) Difficult area | 0.000 | -0.074 | 0.324* | 0.026 | -0.120* | 1.000 | | | | | | | | | |
| (7) Coniferous area | 0.000 | 0.330* | 0.209* | 0.197* | 0.020 | 0.402* | 1.000 | | | | | | | | |
| (8) Monospecific area | 0.000 | -0.002 | 0.025 | -0.390* | 0.587* | 0.035 | -0.018 | 1.000 | | | | | | | |
| (9) Impregnation | 0.004 | 0.219* | 0.313* | -0.151* | 0.007 | 0.138* | 0.215* | 0.149* | 1.000 | | | | | | |
| (10) Plywood | 0.014 | 0.341* | 0.063 | -0.113* | -0.093* | -0.270* | 0.093* | 0.019 | 0.209* | 1.000 | | | | | |
| (11) Flooring | -0.008 | 0.039 | 0.050 | 0.029 | -0.083* | -0.225* | -0.134* | 0.033 | 0.073 | 0.168* | 1.000 | | | | |
| (12) Lumber | -0.064 | 0.178* | 0.289* | -0.070 | 0.096* | 0.104* | 0.218* | 0.196* | 0.692* | 0.306* | 0.177* | 1.000 | | | |
| (13) Package | 0.033 | 0.147* | 0.197* | -0.048 | 0.021 | -0.173* | 0.058 | 0.053 | 0.439* | 0.427* | 0.284* | 0.623* | 1.000 | | |
| (14) Objects | -0.010 | 0.164* | 0.412* | 0.145* | -0.165* | 0.220* | 0.206* | -0.161* | 0.452* | 0.184* | 0.099* | 0.548* | 0.417* | 1.000 | |
| (15) Pulp | -0.015 | 0.216* | 0.100* | -0.167* | 0.024 | -0.067 | 0.017 | 0.082* | 0.355* | 0.167* | 0.006 | 0.166* | 0.208* | 0.104* | 1.000 |

Table 5. Correlation matrix between the explanatory variables at the department scale.

* $p < 0.1$

| Variable | VIF |
|-------------------|-------|
| Lumber | 4.225 |
| Furniture | 4.074 |
| Impregnation | 3.095 |
| Package | 2.13 |
| Private area | 2.114 |
| Objects | 1.989 |
| Difficult area | 1.967 |
| Monospecific area | 1.906 |
| Forest area | 1.808 |
| Coniferous area | 1.774 |
| Stand density | 1.764 |
| Sawlog harvest | 1.705 |
| Plywood | 1.649 |
| Pulp | 1.252 |
| Flooring | 1.184 |
| Sawlog price | 1.078 |
| Mean VIF | 2.107 |

Table 6. Variance inflation factor analysis.

The main theoretical foundations of the spatial panel models

1. Panel models

Panel models have multiple advantages such as improving the accuracy of estimates by giving larger sample sizes, and modelling dynamic relations (Gujarati, 1988; Hsiao, 2014). Mainly, panel models allow accounting for the presence of unobservable heterogeneity of individuals²⁹, which is modeled either in fixed effects (FE) models or in random effects (RE) models. (1) In the FE model, it is assumed that individual effects are correlated to the explanatory variables and may hence bias their coefficients. To remove (or control for) these effects and keep only the effects of the explanatory variables, we model these individual effects³⁰ that are then captured by the estimated parameters. (2) In the RE model, individual effects are assumed not correlated with the explanatory variables; they are therefore a component of the error term. Arbitrating between the two models relates to conceptual considerations or the running of the Hausman specification test (Hausman, 1978).

²⁹ Also called individual heterogeneity, time-invariant effects or individual specific effects.

³⁰ One of the ways is the introduction of dummy variables.

2. Spatial panel models

Panel models are however based on the assumption that individuals are independent from one another and do not therefore take spatial interaction that may exist between individuals (Bouayad Agha et al., 2018). "Ignoring these interactions leads at the best, to inefficient OLS estimators and biased statistical inference, and at worst to biased and inconsistent OLS estimators" (Debarsy and Ertur, 2010). Therefore, to specify correctly panel models, spatial effects are introduced.

There are three possible ways to introduce these effects, according to the founding model of Manski (Floch and Le Saout, 2018; Manski, 1993). (1) Endogenous interaction that measures the impact of the dependent variable (Y), (2) exogenous interaction that measures the impact of the explanatory variables (X), and (3) spatial correlation of the effects that measures the impact of the error term (u) observed in other cross-sectional units j than unit i on the dependent variable of unit i .

The model of Manski is written in the matrix form as follows (Floch and Le Saout, 2018).

$$Y = \rho.WY + X.\beta + WX.\theta + u$$

$$u = \lambda.Wu + \varepsilon$$

With parameters:

β for exogenous explanatory variables

ρ for the endogenous interaction effect (of dimension 1) referred to as spatial autoregressive

θ ³¹ for exogenous interaction effects (of dimension equal to the number of exogenous variables K)

λ for the spatial correlation effect of errors known as spatial autocorrelation

The spatial econometric literature distinguishes six different types of spatial econometric models according to the type and number of spatial lags that are included (Vega and Elhorst, 2017). Indeed, some models contain only one spatial interaction effect whilst others contain more than one spatial interaction effect (Elhorst, 2010). The formulations of these models and the relationship between these models is shown in Figure 10 bellow.

³¹ θ is noted γ in the models of Figure 10.

Not all these models are presented in an economic study. The statistical criteria and consistency with the economic question to be addressed help determine when one specification should be selected over another (Floch and Le Saout, 2018).

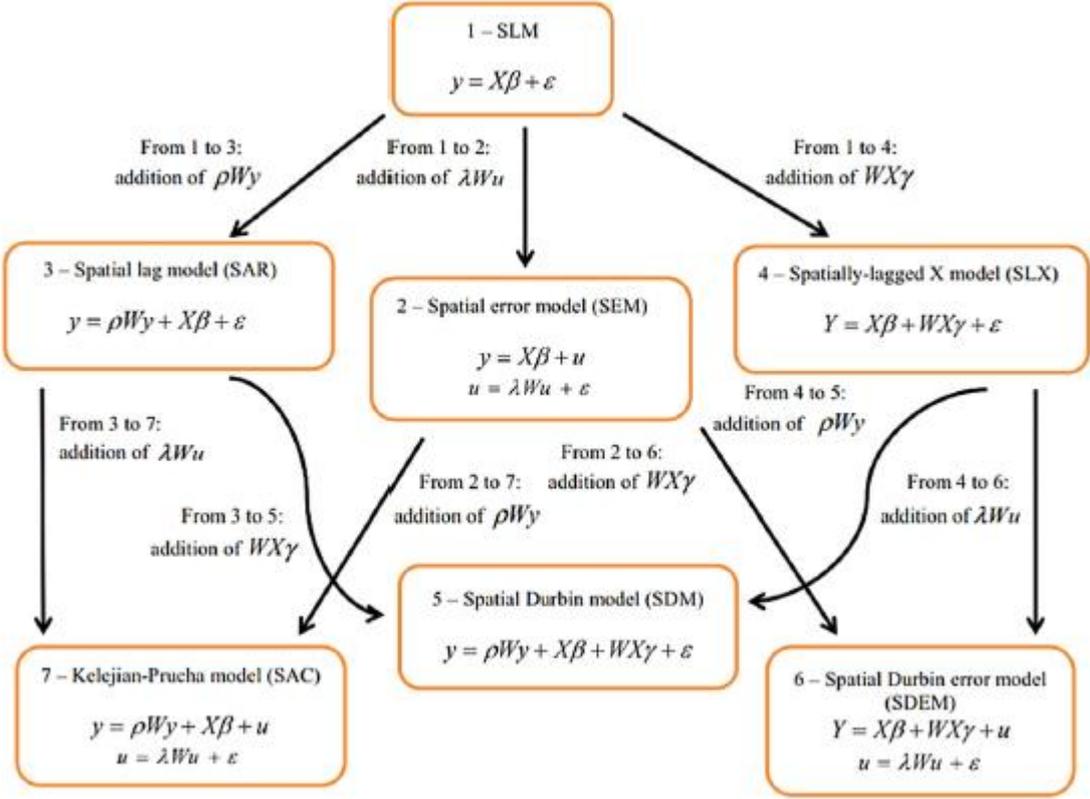


Figure 10. Relationships among the spatial panel models (source: Guliyev, 2020; Golgher and Voss, 2016).

3. Formulations of the spatial panel models

- Spatial autoregression model (SAR) models the spatial dependence through the introduction of the spatial lag term of the dependent variable. It is written as follows.

$$y_{it} = \rho \sum_{i \neq j} w_{ij} y_{it} + x_{it}\beta + \alpha + u_{it}$$

$$u_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

Where $\varepsilon_{it} \stackrel{i.i.d.}{\sim} N(0, \sigma^2)$, $\rho \sum_{i \neq j} w_{ij} y_{it}$ is the spatial lag of the dependent variable.

- Spatial error model (SEM) models the effect of the omitted variables on the observation of the dependent variable in a spatial unit.

Two specifications are proposed in the literature (Bouayad Agha et al., 2018).

- In the first specification proposed by (Baltagi et al., 2003), the spatial effect is considered only for the idiosyncratic error term and not for the random individual effect

$$y_{it} = x_{it}\beta + u_{it}$$

$$u_{it} = \alpha_i + \lambda \sum_{i \neq j} w_{ij} u_{jt} + v_{it}$$

Where $v_{it} \stackrel{i.i.d.}{\sim} N(0, \sigma^2)$.

- In the second specification RE-SEM suggested by (Kapoor et al., 2007) referred to as KKP, spatial autocorrelation structure applies both to the individual effects and to the remaining component of the error term

$$y_{it} = x_{it}\beta + \alpha + u_{it}$$

$$u_{it} = \lambda \sum_{i \neq j} w_{ij} u_{jt} + v_{it}$$

$$v_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

Where $\varepsilon_{it} \stackrel{i.i.d.}{\sim} N(0, \sigma^2)$.

- Spatially lagged X model (SLX) models spatial effect by the introduction of the spatial lag term of the independent variables.

$$y_{it} = x_{it}\beta + \theta \sum_{i \neq j} w_{ij} x_{jt} + \varepsilon_{it}$$

Where $\varepsilon_{it} \stackrel{i.i.d.}{\sim} N(0, \sigma^2)$, $\theta \sum_{i \neq j} w_{ij} x_{jt}$ is the spatial lag of the independent variable.

- Spatial autocorrelation model (SAC) baptized Kelejian and Prucha model is the combination of the SAR and SEM. We write it as follows.

$$y_{it} = \rho \sum_{i \neq j} w_{ij} y_{jt} + x_{it}\beta + \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

$$\varepsilon_{it} = \lambda \sum_{i \neq j} m_{ij} \varepsilon_{jt} + v_{it}$$

- Spatial Durbin model (SDM) combines the SAR and SLX and is written as follows.

$$y_{it} = \rho \sum_{i \neq j} w_{ij} y_{jt} + x_{it} \beta + \sum_{i \neq j} w_{ij} x_{jt} \theta + \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

- Spatial Durbin error model (SDEM) is a combination of SEM and SLX. It is written as follows.

$$y_{it} = x_{it} \beta + \sum_{i \neq j} w_{ij} x_{jt} \theta + \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

$$\varepsilon_{it} = \lambda \sum_{i \neq j} w_{ij} \varepsilon_{jt} + v_{it}$$

| Variable | POOLED | RE | FE |
|-------------------|-------------|-----------|-----------|
| Sawlog price | 0.514 | 0.587*** | 0.598*** |
| Sawlog harvest | 0.062*** | 0.011*** | 0.010*** |
| Forest area | 0.278*** | 0.331*** | 0.028 |
| Stand density | 0.539*** | 0.261 | (omitted) |
| Private area | -1.434*** | -2.252*** | (omitted) |
| Difficult area | -1.023*** | -2.187*** | (omitted) |
| Coniferous area | 3.565*** | 5.448*** | (omitted) |
| Monospecific area | 1.451*** | 1.528 | (omitted) |
| Impregnation | -2.968*** | -0.068 | 0.283 |
| Plywood | 13.154*** | -0.544 | -2.177* |
| Flooring | -4.251 | -7.721*** | -7.806*** |
| Lumber | -0.140 | -0.291 | -0.386 |
| Package | 0.074 | 0.198 | -0.256 |
| Objects | 0.551** | -0.350 | -0.535** |
| Pulp | 47.940*** | -5.795 | -7.396* |
| Furniture | 0.118 | 0.261*** | 0.269*** |
| Constant | -137.761*** | -18.868 | 73.150** |
| R ² | 0.682 | 0.516 | 0.002 |

Table 7. Estimation results for panel models.

* p<.1; ** p<.05; *** p<.01

F-test

F (72, 500) = 162.06 Prob > F = 0.0000

LM test

chibar2(01) = 1288.09

Prob > chibar2 = 0.0000

| Variable | SAR | SEM | SAC | SLX | SDM | SDEM |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Main | | | | | | |
| Conif. sawlog price | 0.737*** | 0.740*** | 1.000*** | 0.794*** | 0.810*** | 0.792*** |
| Conif. sawlog harvest | 0.008*** | 0.008*** | 0.008*** | 0.007*** | 0.007*** | 0.007*** |
| Forest area | 0.266*** | 0.267*** | 0.277*** | 0.314*** | 0.315*** | 0.315*** |
| Stand density | 0.166 | 0.168 | 0.216 | 0.089 | 0.091 | 0.089 |
| Private area | -1.874*** | -1.872*** | -1.840*** | -1.809*** | -1.804*** | -1.806*** |
| Difficult area | -1.877*** | -1.877*** | -1.834*** | -2.024*** | -2.023*** | -2.025*** |
| Coniferous area | 5.900*** | 5.898*** | 5.877*** | 6.495*** | 6.480*** | 6.493*** |
| Monospecific area | 1.649 | 1.659 | 1.602 | 0.976 | 0.982 | 0.972 |
| Impregnation | 0.228 | 0.249 | 0.321 | 0.168 | 0.163 | 0.172 |
| Plywood | -0.416 | -0.433 | -0.359 | -0.185 | -0.179 | -0.188 |
| Flooring | -6.357*** | -6.314*** | -5.818** | -5.779** | -5.776** | -5.790** |
| Lumber | -0.369* | -0.375* | -0.381* | -0.208 | -0.205 | -0.208 |
| Package | -0.015 | -0.008 | 0.086 | 0.097 | 0.098 | 0.095 |
| Objects | -0.326 | -0.311 | -0.240 | -0.161 | -0.164 | -0.161 |
| Pulp | -4.897 | -4.743 | -3.976 | -5.335 | -5.369 | -5.329 |
| Furniture | 0.242*** | 0.236*** | 0.250*** | 0.149* | 0.151** | 0.150** |
| Constant | -62.131 | -62.806 | -63.944 | -92.175 | -94.236 | -93.068 |
| Wx | | | | | | |
| Conif. Sawlog harvest | | | | -0.002 | -0.001 | -0.001 |
| Forest area | | | | -0.049 | -0.042 | -0.049 |
| Stand density | | | | -0.101 | -0.092 | -0.100 |
| Private area | | | | 0.217 | 0.179 | 0.224 |
| Difficult area | | | | 0.970 | 0.915 | 0.971 |
| Coniferous area | | | | -3.560* | -3.443 | -3.575* |
| Monospecific area | | | | 2.137 | 2.162 | 2.130 |
| Impregnation | | | | -0.850 | -0.866 | -0.834 |
| Plywood | | | | 1.514 | 1.513 | 1.509 |
| Flooring | | | | -1.492 | -1.740 | -1.378 |
| Lumber | | | | 0.722 | 0.714 | 0.726 |
| Package | | | | -0.405 | -0.430 | -0.377 |
| Objects | | | | -0.653* | -0.666* | -0.647* |
| Pulp | | | | -10.284 | -10.372 | -10.317 |
| Furniture | | | | 0.289** | 0.294** | 0.288** |
| Spatial | | | | | | |
| ρ | 0.001 | | -0.295* | | -0.021 | |
| λ | | 0.040 | 0.327** | | | 0.014 |
| Variance | | | | | | |
| sigma_u | 92.220*** | 92.136*** | 86.028*** | 85.738*** | 85.483*** | 85.724*** |
| sigma_e | 19.055*** | 19.048*** | 18.744*** | 18.861*** | 18.866*** | 18.860*** |
| Observations | 584 | 584 | 584 | 584 | 584 | 584 |
| Pseudo R ² | 0.5042 | 0.5050 | 0.5323 | 0.5706 | 0.5713 | 0.5708 |
| Wald test of spatial terms | 0.00 | 0.36 | 5.27 * | 21.94 | 22.10 | 21.91 |
| AIC | 5522.230 | 5521.868 | 5520.808 | 5529.146 | 5531.033 | 5531.100 |
| BIC | 5609.628 | 5609.266 | 5612.576 | 5677.722 | 5683.980 | 5684.046 |

Table 8. Spatial panel models “coniferous sawnwood” at the department scale.

* p < 0.10; ** p < 0.05; *** p < 0.01

| Variable | SAR | SEM | SAC | SLX | SDM | SDEM |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Main | | | | | | |
| Hard. sawlog price | 0.094*** | 0.129*** | 0.061*** | 0.037* | 0.032 | 0.039* |
| Hard. sawlog harvest | 0.005*** | 0.005** | 0.004** | 0.005** | 0.005** | 0.005** |
| Forest area | 0.024 | 0.023 | 0.023 | 0.011 | 0.011 | 0.011 |
| Stand density | 0.041 | 0.045 | 0.038 | 0.053 | 0.054 | 0.052 |
| Private area | -0.468*** | -0.474*** | -0.466*** | -0.492*** | -0.491*** | -0.496*** |
| Difficult area | -0.301*** | -0.299*** | -0.301*** | -0.264*** | -0.264*** | -0.264*** |
| Coniferous area | -0.259* | -0.270** | -0.252* | -0.299** | -0.291** | -0.286** |
| Monospecific area | -0.019 | -0.013 | -0.016 | 0.049 | 0.047 | 0.052 |
| Impregnation | -0.216* | -0.160 | -0.268** | -0.129 | -0.113 | -0.151 |
| Plywood | -0.374 | -0.416 | -0.294 | -0.219 | -0.245 | -0.238 |
| Flooring | -0.367 | -0.503 | -0.142 | 0.275 | 0.255 | 0.273 |
| Lumber | 0.004 | 0.036 | -0.016 | 0.103* | 0.113* | 0.102* |
| Package | 0.092 | 0.094 | 0.073 | 0.022 | 0.022 | 0.034 |
| Objects | -0.074 | -0.098* | -0.034 | -0.028 | -0.035 | -0.035 |
| Pulp | -1.545 | -1.414 | -1.612 | -1.075 | -0.998 | -1.060 |
| Furniture | 0.025 | 0.013 | 0.033** | -0.032* | -0.035* | -0.032* |
| Constant | 44.428*** | 45.930*** | 42.826*** | 98.117*** | 92.476** | 98.400*** |
| Wx | | | | | | |
| Hard. sawlog harvest | | | | 0.002 | 0.001 | 0.002 |
| Forest area | | | | -0.066* | -0.067* | -0.066* |
| Stand density | | | | -0.106 | -0.106 | -0.110 |
| Private area | | | | -0.352 | -0.309 | -0.355 |
| Difficult area | | | | 0.082 | 0.108 | 0.081 |
| Coniferous area | | | | -0.075 | -0.055 | -0.066 |
| Mono area | | | | 0.138 | 0.151 | 0.145 |
| Impregnation | | | | -0.737*** | -0.725*** | -0.862*** |
| Plywood | | | | 0.490 | 0.553 | 0.641 |
| Flooring | | | | 1.823 | 1.785 | 1.902 |
| Lumber | | | | -0.464*** | -0.445*** | -0.438*** |
| Package | | | | -0.212 | -0.235 | -0.224 |
| Objects | | | | 0.262** | 0.266** | 0.273** |
| Pulp | | | | -2.413 | -2.098 | -2.167 |
| Furniture | | | | 0.157*** | 0.152*** | 0.156*** |
| Spatial | | | | | | |
| ρ | 0.192*** | | 0.395*** | | 0.090 | |
| λ | | 0.230*** | -0.313* | | | 0.139** |
| Variance | | | | | | |
| sigma_u | 13.315*** | 13.421*** | 13.408*** | 12.875*** | 13.009*** | 12.910*** |
| sigma_e | 5.741*** | 5.736*** | 5.572*** | 5.397*** | 5.372*** | 5.360*** |
| Observations | 584 | 584 | 584 | 584 | 584 | 584 |
| Pseudo R ² | 0.4967 | 0.4761 | 0.5065 | 0.5231 | 0.5182 | 0.5213 |
| Wald test of spatial terms | 11.76*** | 10.69*** | 21.85*** | 90.76*** | 93.63*** | 89.89*** |
| AIC | 4019.836 | 4021.307 | 4019.975 | 3974.801 | 3974.543 | 3972.348 |
| BIC | 4107.234 | 4108.705 | 4111.743 | 4123.377 | 4127.489 | 4125.295 |

Table 9. Spatial panel models “hardwood sawnwood” at department scale.

* p < 0.10; ** p < 0.05; *** p < 0.01

| Variable | SAR | SEM | SAC | SLX | SDM | SDEM |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Main | | | | | | |
| Sawlog price | 393.294*** | 430.681*** | 317.183*** | 414.705*** | 392.548*** | 414.701*** |
| Sawlog harvest | 8.050*** | 7.979*** | 8.085*** | 5.175** | 5.018** | 5.211** |
| Forest area | 0.191*** | 0.190*** | 0.187*** | 0.202*** | 0.202*** | 0.204*** |
| Stand density | -3.914 | 0.148 | -14.763 | -11.845 | -13.343 | -11.143 |
| Private area | -495.481 | -521.314* | -444.496 | -357.938 | -365.041 | -356.936 |
| Difficult area | -576.069** | -574.469** | -571.788** | -601.723** | -608.197** | -608.787** |
| Coniferous area | 1889.791*** | 1940.577*** | 1787.749*** | 1946.228*** | 1941.477*** | 1948.701*** |
| Monospecific area | 275.680 | 286.258 | 254.701 | 244.540 | 268.116 | 241.930 |
| Plywood-Furniture | -5.442 | -5.267 | -5.684 | -7.578 | -7.651 | -7.552 |
| Flooring-Lumber | 14.378 | 14.686 | 13.194 | 14.285 | 14.497 | 14.848 |
| Impregnation | -105.623 | -80.060 | -184.226 | -87.873 | -75.439 | -79.018 |
| Package | -7.925 | -15.846 | 24.236 | 24.883 | 17.300 | 17.565 |
| Objects | 127.294* | 132.151* | 111.835 | 121.883 | 124.429* | 124.988* |
| Pulp | 462.376*** | 478.683*** | 421.033*** | 339.732*** | 336.133*** | 337.084*** |
| Constant | -197.268 | 1731.721 | -3300.000 | 35000.000 | 35000.000 | 35000.000 |
| Wx | | | | | | |
| Sawlog harvest | | | | 12.509*** | 11.962*** | 12.829*** |
| Forest area | | | | -0.039 | -0.052 | -0.029 |
| Stand density | | | | -56.431 | -50.933 | -53.851 |
| Private area | | | | -344.810 | -292.730 | -346.077 |
| Difficult area | | | | 185.846 | 229.937 | 168.837 |
| Coniferous area | | | | 86.568 | -46.589 | 87.878 |
| Monospecific area | | | | -180.607 | -246.047 | -200.828 |
| Plywood-Furniture | | | | 2.195 | 2.768 | 2.834 |
| Flooring-Lumber | | | | -1.865 | -2.774 | -2.558 |
| Impregnation | | | | -994.428 | -985.019 | -1.1e+03* |
| Package | | | | 279.491 | 298.867 | 351.843 |
| Objects | | | | -60.756 | -68.435 | -66.262 |
| Pulp | | | | 280.633 | 254.623 | 287.175 |
| Spatial | | | | | | |
| ρ | 0.084** | | 0.255* | | 0.053 | |
| λ | | 0.079* | -0.218 | | | 0.083* |
| Variance | | | | | | |
| sigma_u | 6.6e+04*** | 6.6e+04*** | 6.7e+04*** | 6.6e+04*** | 6.6e+04*** | 6.6e+04*** |
| sigma_e | 1.3e+04*** | 1.3e+04*** | 1.3e+04*** | 1.3e+04*** | 1.3e+04*** | 1.3e+04*** |
| Observations | 1,208 | 1,208 | 1,208 | 1,208 | 1,208 | 1,208 |
| Pseudo R ² | 0.2417 | 0.2389 | 0.2441 | 0.2292 | 0.2287 | 0.2297 |
| Wald test of spatial terms | 4.12** | 2.89* | 7.84** | 23.97** | 25.56** | 26.42** |
| AIC | 27208.230 | 27209.440 | 27208.890 | 27212.630 | 27213.110 | 27211.380 |
| BIC | 27299.970 | 27301.180 | 27305.730 | 27365.530 | 27371.110 | 27369.380 |

Table 10. Spatial panel models “all sawnwood” at the arrondissement scale.

* p < 0.10; ** p < 0.05; *** p < 0.01

| Variable | SAR | SEM | SAC | SLX | SDM | SDEM |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Main | | | | | | |
| Conif. sawlog price | 402.783*** | 461.110*** | 600.674*** | 448.741*** | 396.215*** | 453.091*** |
| Conif. sawlog harvest | 2.650*** | 2.605*** | 2.394** | 2.198** | 2.128** | 2.235** |
| Forest area | 0.187*** | 0.186*** | 0.179*** | 0.194*** | 0.193*** | 0.198*** |
| Stand density | -30.815 | -24.436 | -13.031 | -42.314 | -46.720 | -40.791 |
| Private area | -399.140 | -434.991 | -519.605* | -161.007 | -179.215 | -160.363 |
| Difficult area | -492.146* | -490.689* | -476.591* | -491.151* | -506.222* | -503.867* |
| Coniferous area | 2156.712*** | 2234.606*** | 2418.899*** | 2225.836*** | 2216.014*** | 2228.234*** |
| Monospecific area | 325.007 | 344.941 | 390.102 | 200.954 | 260.647 | 200.503 |
| Plywood-Furniture | -7.903* | -7.973* | -7.866* | -8.140* | -8.469* | -8.300* |
| Flooring-Lumber | 12.747 | 12.956 | 12.658 | 15.735 | 16.256 | 16.782 |
| Impregnation | 102.392 | 135.964 | 176.435 | 128.164 | 138.920 | 140.472 |
| Package | 87.614 | 64.583 | 44.155 | 112.974 | 87.623 | 98.356 |
| Objects | 136.929* | 144.931* | 151.581** | 139.961* | 145.923* | 144.872* |
| Pulp | 403.947*** | 422.739*** | 440.476*** | 362.020*** | 355.835*** | 355.012*** |
| Constant | -2.20e+04 | -2.00e+04 | -1.60e+04 | 19000.000 | 20000.000 | 18000.000 |
| Wx | | | | | | |
| Conif. sawlog harvest | | | | 2.704 | 2.365 | 2.922 |
| Forest area | | | | -0.028 | -0.053 | -0.007 |
| Stand density | | | | -43.256 | -23.696 | -36.713 |
| Private area | | | | -548.082 | -427.733 | -548.806 |
| Difficult area | | | | 132.896 | 225.712 | 101.356 |
| Coniferous area | | | | 111.745 | -230.671 | 107.758 |
| Monospecific area | | | | -193.229 | -336.290 | -220.649 |
| Plywood-Furniture | | | | 5.526 | 6.779 | 6.583 |
| Flooring-Lumber | | | | 2.730 | 0.099 | 0.402 |
| Impregnation | | | | -281.164 | -333.581 | -435.119 |
| Package | | | | 551.822* | 555.890* | 641.794** |
| Objects | | | | -92.020 | -110.965 | -104.864 |
| Pulp | | | | 119.247 | 71.437 | 131.233 |
| Spatial | | | | | | |
| ρ | 0.121*** | | -0.280** | | 0.121*** | |
| λ | | 0.146*** | 0.397*** | | | 0.154*** |
| Variance | | | | | | |
| sigma_u | 6.6e+04*** | 6.6e+04*** | 6.6e+04*** | 6.5e+04*** | 6.6e+04*** | 6.5e+04*** |
| sigma_e | 1.3e+04*** | 1.3e+04*** | 1.3e+04*** | 1.3e+04*** | 1.3e+04*** | 1.3e+04*** |
| Observations | 1,208 | 1,208 | 1,208 | 1,208 | 1,208 | 1,208 |
| Pseudo R ² | 0.2388 | 0.2365 | 0.2263 | 0.2422 | 0.2417 | 0.2422 |
| Wald test of spatial terms | 8.85*** | 10.97*** | 26.79*** | 8.81 | 17.26 | 20.37 |
| AIC | 27188.810 | 27186.790 | 27185.980 | 27212.710 | 27206.500 | 27202.780 |
| BIC | 27280.550 | 27278.540 | 27282.820 | 27365.610 | 27364.490 | 27360.780 |

Table 11. Spatial panel models “coniferous sawnwood” at the arrondissement scale.

* p < 0.10; ** p < 0.05; *** p < 0.01

| Variable | SAR | SEM | SAC | SLX | SDM | SDEM |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Main | | | | | | |
| Hard. sawlog price | 71.599*** | 79.847*** | 66.489*** | 81.927*** | 75.683*** | 81.794*** |
| Hard. sawlog harvest | 2.648*** | 2.710*** | 2.636*** | 1.391 | 1.356 | 1.422 |
| Forest area | 0.019* | 0.019 | 0.020* | 0.016 | 0.016 | 0.016 |
| Stand density | 22.961 | 21.648 | 23.609 | 30.103 | 31.017 | 30.038 |
| Private area | -99.273** | -104.000** | -96.337** | -176.875*** | -175.600*** | -176.573*** |
| Difficult area | -122.823*** | -122.360*** | -122.851*** | -127.871*** | -127.982*** | -128.209*** |
| Coniferous area | -233.546*** | -236.218*** | -231.577*** | -236.395*** | -237.812*** | -235.871*** |
| Monospecific area | -35.842 | -35.105 | -36.060 | 17.872 | 16.414 | 17.189 |
| Plywood-Furniture | 1.498 | 1.555 | 1.474 | 0.569 | 0.568 | 0.621 |
| Flooring-Lumber | -0.620 | -0.606 | -0.623 | -1.042 | -1.060 | -1.082 |
| Impregnation | -53.100 | -53.055 | -58.050 | -38.656 | -31.297 | -39.834 |
| Package | -15.076 | -16.081 | -14.905 | -4.319 | -3.558 | -4.097 |
| Objects | -10.578 | -10.355 | -10.776 | -6.220 | -6.254 | -6.082 |
| Pulp | 61.028** | 65.573*** | 58.175** | 25.071 | 25.007 | 26.128 |
| Constant | 1.3e+04** | 1.4e+04** | 1.3e+04** | 15000.000 | 14000.000 | 15000.000 |
| Wx | | | | | | |
| Hard. sawlog harvest | | | | 3.158* | 2.874 | 3.209* |
| Forest area | | | | 0.004 | 0.003 | 0.005 |
| Stand density | | | | -34.289 | -36.127 | -34.257 |
| Private area | | | | 126.439 | 129.755* | 126.105 |
| Difficult area | | | | 28.185 | 32.649 | 26.451 |
| Coniferous area | | | | 39.651 | 55.692 | 40.153 |
| Monospecific area | | | | -50.106 | -48.145 | -51.797 |
| Plywood-Furniture | | | | 1.645 | 1.385 | 1.457 |
| Flooring-Lumber | | | | -0.080 | 0.039 | 0.108 |
| Impregnation | | | | -505.363*** | -484.888*** | -496.155*** |
| Package | | | | -26.797 | -24.356 | -20.733 |
| Objects | | | | -18.667 | -16.378 | -14.377 |
| Pulp | | | | 54.346 | 49.737 | 55.942 |
| Spatial | | | | | | |
| ρ | 0.103** | | 0.168** | | 0.075* | |
| λ | | 0.081* | -0.089 | | | 0.055 |
| Variance | | | | | | |
| sigma_u | 9642.736*** | 9678.252*** | 9636.198*** | 9441.987*** | 9392.173*** | 9434.907*** |
| sigma_e | 4013.593*** | 4019.132*** | 4001.274*** | 3989.582*** | 3984.768*** | 3986.500*** |
| Observations | 1,208 | 1,208 | 1,208 | 1,208 | 1,208 | 1,208 |
| Pseudo R ² | 0.2490 | 0.2540 | 0.2445 | 0.2870 | 0.2884 | 0.2878 |
| Wald test of spatial terms | 5.62** | 2.73* | 6.86** | 27.42** | 30.34*** | 28.38** |
| AIC | 24095.300 | 24098.130 | 24096.570 | 24097.770 | 24097.010 | 24098.550 |
| BIC | 24187.040 | 24189.880 | 24193.400 | 24250.680 | 24255.010 | 24256.550 |

Table 12. Spatial panel models “hardwood sawnwood” at the arrondissement scale.

* p < 0.10; ** p < 0.05; *** p < 0.01

Article 3. Sécurisation de l'approvisionnement en bois des scieries en France : quelle efficacité des contrats d'approvisionnement ?

L'approche conceptuelle du premier article a conclu que l'achat du bois dans le cadre de contrats d'approvisionnement de moyen à long terme est le mode d'approvisionnement le plus approprié pour sécuriser l'approvisionnement en bois des industries de la filière. Cette suggestion est par ailleurs répandue chez les acteurs de la filière forêt-bois en France mais n'a pas été démontré empiriquement, à notre connaissance. Le deuxième article a mis en évidence le rôle significatif des facteurs physiques et du régime de la propriété forestière, mais a montré également qu'il restait une part largement non expliquée de la variabilité de la production de sciages. L'objectif de cet article sera alors de vérifier empiriquement si les contrats d'approvisionnement permettent effectivement de sécuriser l'approvisionnement des scieries françaises. Nous chercherons ainsi à comprendre (1) si le fait d'acheter avec des contrats d'approvisionnement augmente la satisfaction des scieurs à propos de leurs conditions d'approvisionnement. (2) d'analyser le souhait des scieurs d'acheter avec des contrats d'approvisionnement. (3) de voir si les contrats d'approvisionnement permettent de réduire les coûts de transaction liés à l'approvisionnement en bois des scieries. Les résultats de cette étude empirique offrent des éléments d'appréciation des suggestions théoriques concernant les contrats d'approvisionnement.

Il est prévu de soumettre cet article à une revue spécialisée en économie forestière.

Résumé

Plusieurs travaux ont montré que le niveau des coûts de transaction supportés par les agents économiques peut les dissuader de s'engager dans une transaction. Les coûts de transaction liés à l'approvisionnement en bois des scieries peuvent dissuader l'investissement dans des projets de scieries. Pour minimiser ces coûts, les scieurs peuvent avoir recours aux contrats d'approvisionnement. Nous avons testé dans cet article la suggestion selon laquelle les contrats d'approvisionnement permettent de réduire les coûts de transaction liés à l'approvisionnement en bois. Pour cela nous avons mené une enquête auprès de 38 scieurs de différents territoires en France. Les réponses ont fait l'objet d'une analyse qualitative du discours des enquêtés et d'une analyse quantitative en mobilisant principalement des régressions logistiques. Nous avons analysé la satisfaction des scieurs de leurs conditions d'approvisionnement, leur souhait d'acheter avec les contrats d'approvisionnement et le lien entre le fait d'acheter avec les contrats d'approvisionnement et le temps passé sur l'approvisionnement. Nos résultats montrent que les contrats d'approvisionnement ont une efficacité relative dans la minimisation des coûts de transaction liés à l'approvisionnement des scieries.

Mots clés : Contrats d'approvisionnement, Scierie française, Coûts de transaction, Régression logistique.

1. Introduction

Plusieurs travaux ont montré que le niveau des coûts de transaction supportés par les agents économiques peut dissuader ces derniers de s'engager dans une transaction. Si le gain engendré par la réalisation potentielle de la transaction est inférieur aux coûts de transaction nécessaire à son existence, cette transaction n'aura pas lieu. Les choix des contrats permettant de limiter ces coûts sont primordiaux. Les coûts de transaction liés à l'approvisionnement en bois peuvent ainsi être à l'origine des réticences à l'investissement dans des projets de scieries, qui sont pourtant le maillon central de la filière forêt-bois.

En France, les travaux qui se sont intéressés à l'analyse des coûts de transaction liés à l'approvisionnement en bois sont rares. Le CTBA³² (Vautherin, 1998) a évalué les coûts d'approvisionnement supportés par les scieries en Bourgogne, en les distinguant selon les essences qu'elles utilisent (feuillus, résineux et peuplier) et selon qu'elles aient une activité d'exploitation forestière ou non. La méthode employée peut s'interpréter directement en termes de coût de transaction. Le travail de Costa et al. (2005)³³ a été réalisé sur le Massif des Vosges. Outre les scieries, l'évaluation des coûts de transaction a été étendue aux papeteries et aux usines de panneaux, ainsi qu'aux fournisseurs de bois (les propriétaires et les gestionnaires forestiers). Marty (2015) pour sa part a analysé l'efficacité du catalogue de vente comme dispositif mis en place par l'ONF (Office national des forêts) dans le but de réduire les coûts de visite et d'estimation des bois, représentant une part importante des coûts de transaction liés à l'approvisionnement.

Le choix d'une structure de gouvernance (d'un mode d'achat), comme nous l'avons vu précédemment, est l'un des moyens qui permettent de réduire les coûts de transaction. Les contrats d'approvisionnement de long terme qui s'apparentent aux formes de gouvernance hybrides sont souvent considérés comme la structure qui permet de réduire les coûts de transaction liés à l'approvisionnement en bois et de sécuriser cet approvisionnement. C'est par exemple ce que suggèrent Costa et al. (2005) et Amblard et al. (2012). Néanmoins, à notre connaissance, cette suggestion basée sur des considérations théoriques n'a pas été

³² Centre technique du bois et de l'ameublement, devenu FCBA.

³³ Bien que le travail a été publié en 2005, les enquêtes dont il est issu ont été réalisées en 1998 et 1999.

démontrée empiriquement. De plus, des travaux ont montré que les scieurs ne sont pas toujours favorables à acheter avec des contrats d'approvisionnement.

Les réticences à adopter les contrats d'approvisionnement par les scieurs en France sont expliquées selon deux approches dans la littérature. La première approche est celle de « la dépendance au sentier » (Lenglet, 2018; Marty, 2010). Elle explique le manque d'acceptation des contrats d'approvisionnement favorisés par le code forestier de 2005, par le bouleversement de l'équilibre que garantissaient les ventes aux enchères comme le mode d'approvisionnement historique en France. Ainsi, l'adoption des contrats oblige les scieurs à de nouvelles adaptations et recompositions dans leur secteur. La deuxième approche est liée aux caractéristiques, à la fois de la ressource sciée, et des scieries (Lenglet, 2020). Ainsi, D'une part, les contrats d'approvisionnement conviennent plus aux scieurs de résineux qu'aux scieurs de feuillus, les résineux étant plus homogènes que les feuillus. D'autre part, les petits scieurs sont moins favorables à ces contrats, du fait qu'ils soient attribués en priorité aux gros scieurs.

Dans ce travail, nous proposons d'apporter un éclairage nouveau à la question de l'efficacité des contrats à sécuriser l'approvisionnement en bois des scieries. Dans un premier temps, nous analyserons la perception des scieurs de leurs conditions d'approvisionnement ainsi que leur position par rapport aux contrats et ses déterminants. Dans un second temps, nous tenterons d'évaluer les coûts de transaction supportés par les scieurs, d'identifier les facteurs qui les impactent et de déterminer si les contrats d'approvisionnement permettent vraiment de réduire ces coûts. Par rapport aux travaux existants, notre approche se veut plus intégrative puisqu'elle cherche à prendre en compte plusieurs aspects de la problématique de la sécurisation de l'approvisionnement en bois des scieries. Par ailleurs, contrairement aux études de Costa et al. (2005) et de Vautherin (1998) qui se sont focalisées sur un territoire unique, le fait de travailler sur plusieurs territoires est un enrichissement de notre analyse.

Le reste de ce chapitre est structuré comme suit. La section 2 sera consacrée à la présentation du terrain d'étude et au déroulement de l'enquête. La section 3 présentera le questionnaire mobilisé pour l'enquête avec un focus sur les parties les plus essentielles. Les sections 4 et 5 seront respectivement consacrées à la présentation de la méthodologie et aux résultats. Nous concluons dans la section 6.

2. Terrain et enquête

Nous présenterons dans un premier temps le terrain enquêté, puis dans un second les étapes de l'enquête que nous avons menée.

2.1. Le terrain prévu

Le terrain que nous avons initialement ciblé comprend les régions Auvergne Rhône-Alpes (AuRA) et Grand Est ainsi que le Massif des Landes.

Le choix de ces territoires est d'abord motivé par leur caractère forestier, du fait de leurs taux de boisement et des volumes de sciage qu'ils produisent. Ainsi, avec des taux de boisement de 35% pour la région AuRA et de 33% pour le Grand Est, ces deux régions sont classées respectivement en cinquième et septième positions parmi les 13 régions métropolitaines (IGN, 2016). Le Massif des Landes, quant à lui, est le plus grand massif forestier de France avec près d'un million d'hectares de surface boisée qui couvre 50% de la superficie des départements des Landes et de Gironde sur lesquels il s'étend. Pour la production de sciage, d'après les statistiques de l'Agreste (Agreste, 2021c), en 2020 le Grand Est a contribué à 18% au sciage métropolitain (1 402 milliers de m³ sciés) et la région AuRA avec 29% (1 989 milliers de m³). La Nouvelle Aquitaine quant à elle a contribué à 21% (1 742 milliers de m³) dont 55% en pin maritime, essence dominante du massif landais.

La deuxième raison est la structure de la propriété forestière dans ces territoires, avec une forêt majoritairement privée en AuRA (80% de la superficie totale) et dans les Landes (90% de la superficie totale) et une forêt plutôt publique dans le Grand Est (54% de la superficie totale). Nous pensons que le régime de la propriété forestière est une variable clé dans l'étude de l'approvisionnement des scieries et devrait avoir un rôle considérable dans la détermination des pratiques d'approvisionnement.

Enfin, le Massif des Landes se distingue par une essence spécifique qui est le pin maritime qui couvre 95% de sa superficie. Par ailleurs, bien que la forêt appartient très majoritairement à des propriétaires privés, les parcelles sont beaucoup moins morcelées qu'en région AuRA, et les grandes propriétés de plus de 25 ha sont majoritaires, conférant un mode de gestion spécifique. Ces parcelles sont en effet couvertes par des documents de gestion durable comme les plans simples de gestion, le règlement type de gestion et le code de bonnes

pratiques sylvicoles. Le Tableau 13, donne une synthèse des principales caractéristiques des trois territoires d'intérêt.

| | AuRA | Grand Est | Massif Landais |
|--|---------------|----------------|--|
| Taux de boisement | 35% | 33% | 50% de la superficie des départements des Landes et de Gironde |
| Part du volume de sciage métropolitain en 2020 | 29% | 18% | 11% |
| Propriété forestière | Privée à 80% | Publique à 54% | Privée à 90% |
| Structure de la forêt | Très morcelée | Morcelée | Grandes parcelles |
| Essence spécifique | - | - | Pin maritime |

Tableau 13. Caractéristiques du terrain d'enquête prévu.

2.2. Le terrain enquêté

Au fil de l'avancement de l'enquête, par rapport à ce que nous avons prévu, seule la région AuRA présentait un effectif de scieries satisfaisant.

Pour remédier à la faiblesse de l'effectif dans le Grand Est, nous avons étendu l'enquête à trois départements franc-comtois (le Doubs, le Jura et la Haute-Saône) dont les caractéristiques sont similaires. En effet, en plus de leur proximité géographique avec le Grand Est, la forêt publique représente 53% de superficie forestière de ces départements. Par ailleurs, Bourgogne Franche-Comté compte parmi les grandes régions forestières de France, avec un taux de boisement de 37% qui la classe en troisième position à l'échelle métropolitaine (IGN, 2016), et une production de sciage de quelques 1 508 milliers de m³ en 2020 représentant 19% de la production nationale (Agreste, 2021c).

Concernant le Massif des Landes, comme il s'agit d'un territoire très singulier, il n'a pas été possible de compléter l'effectif en suivant la même démarche adoptée pour le Grand Est. Néanmoins, comme la taille de l'échantillon enquêté est relativement modeste, nous avons décidé de garder les deux scieries enquêtées dans ce Massif. Par ailleurs, pour la même raison (la taille modeste de l'échantillon enquêté), nous avons inclus quatre scieries enquêtées dans

des départements proches de notre territoire d'intérêt initial. Néanmoins ce choix est cohérent, dans la mesure où ces scieries se trouvent à proximité. La Figure 11 montre la carte des terrains prévus et ceux enquêtés.

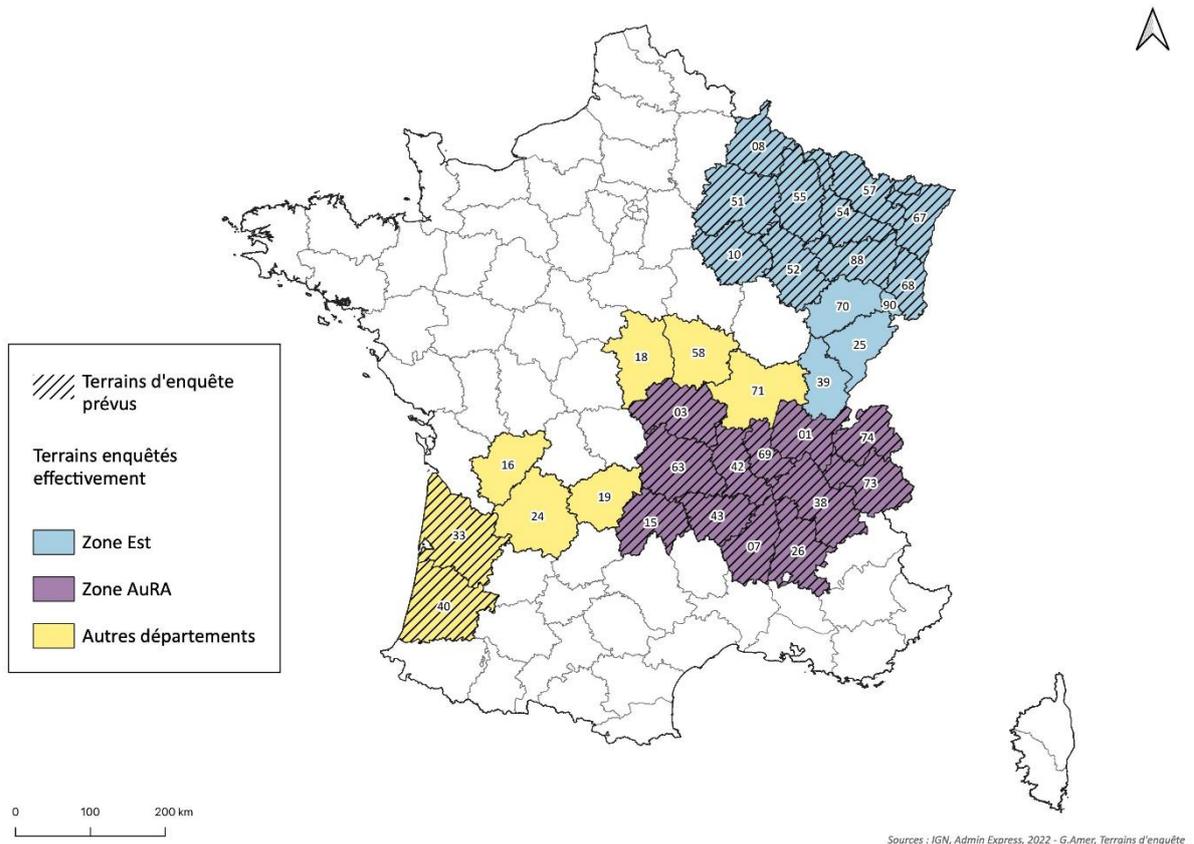


Figure 11. Terrain d'enquête.

2.3. Le déroulement de l'enquête

L'enquête s'est déroulée en deux phases : la phase de pré-enquête et l'enquête définitive.

2.3.1. La pré-enquête

Avant le lancement de l'enquête définitive, nous avons procédé à une pré-enquête sur un échantillon de 8 scieries, en deux phases.

La première phase s'est déroulée durant le mois d'octobre 2020 auprès de 4 scieries. Les entretiens se sont déroulés exclusivement par téléphone après prise de rendez-vous auprès

des enquêtés. Cette étape a servi d'un côté à tester les aspects formels du questionnaire, comme sa structure, la formulation des questions, le timing, etc. D'un autre côté, les réponses des scieurs, notamment aux questions ouvertes, nous ont permis d'enrichir davantage le contenu du questionnaire. Cette étape a été d'autant plus constructive que deux des scieurs enquêtés sont des connaissances de personnes-ressources de notre réseau. Cela a en effet considérablement enrichi l'échange, dans la mesure où les scieurs ont été à l'aise et ont répondu en toute confiance.

Après les ajustements opérés sur le questionnaire à l'issue de la première phase, la deuxième phase s'est déroulée en janvier 2021 sur 4 autres scieries. En plus de deux entretiens téléphoniques, nous avons cette fois essayé l'option d'un questionnaire auto-administré auprès de deux autres scieries. Ainsi, après avoir établi un premier contact téléphonique et expliqué la démarche aux personnes concernées, nous leur avons envoyé le questionnaire par e-mail et avons demandé qu'il soit renvoyé par le même moyen. L'avantage principal de ce mode d'enquête est qu'il permet une acceptabilité de réponse plus élevée que l'enquête téléphonique ou en face à face. Il est en effet moins mobilisateur pour l'enquêté et lui offre plus de flexibilité sur le choix du moment de réponse. Son inconvénient principal, c'est que le taux de retour des questionnaires est dans les faits plus faibles que le taux d'acceptabilité de réponse. Par ailleurs, sur certaines questions, notamment les questions ouvertes, l'échange oral est beaucoup plus propice, en permettant des relances, des demandes d'éclairage, etc. Ainsi, pour ces raisons, nous avons opté pour le premier mode, à savoir le mode oral.

2.3.2. L'enquête définitive

Après les derniers ajustements réalisés, l'enquête définitive s'est déroulée du 27 janvier au 8 avril 2021. Nous avons contacté 233 scieries et enquêté effectivement 38, soit un taux de réponse de 16,3%. Les entretiens se sont déroulés par téléphone, après prise de rendez-vous et explication de la démarche de l'enquête auprès des enquêtés, par téléphone et/ou par e-mail. Les répondants sont des dirigeants des scieries pour 29 scieries et des responsables de l'approvisionnement pour le reste (9 scieries). La durée moyenne des entretiens est d'environ 25 minutes, avec une durée minimum de 15 minutes et une durée maximum d'une heure.

La Figure 12 présente une synthèse des étapes de l'enquête.

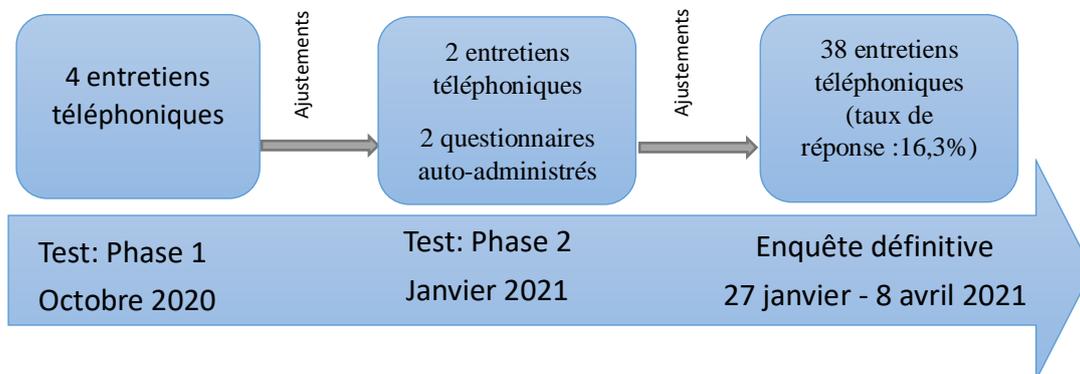


Figure 12. Synthèse des étapes de l'enquête.

3. Le questionnaire

Le questionnaire (Annexe 1) comprend trois parties. La première partie vise à connaître les caractéristiques des scieries enquêtées. Dans la deuxième partie, nous nous intéressons aux pratiques d'approvisionnement des scieurs et à leur perception de leurs conditions d'approvisionnement. Enfin, dans la troisième partie nous cherchons à évaluer les coûts de transaction supportés par les scieurs à travers la durée qu'ils consacrent à l'approvisionnement.

3.1. Caractérisation des scieries

Cette partie est dédiée à des questions de portée générale permettant de caractériser les scieries enquêtées dans le but, d'un côté, d'orienter le reste de l'entretien, d'un autre côté parce que certaines de ces caractéristiques sont susceptibles d'avoir un impact sur les coûts de transaction supportés. Ces questions portent sur le volume de bois moyen acheté annuellement (comme indicateur de la taille des scieries), l'année de création de la scierie, les essences sciées, les produits de la scierie, son insertion dans un réseau professionnel. En effet, des études ont montré que les caractéristiques de ceux qui réalisent la transaction « transactors » ont un impact sur les coûts de transaction supportés par ces derniers. Ces caractéristiques sont : l'expérience des agents dans la réalisation de la transaction et un effet

« learning by doing », la confiance envers les partenaires et l'information diffusée, les préférences communes, le lien social (social connectedness) (Coggan et al., 2013; Shahab et al., 2019), la taille de l'entreprise (Nootboom, 1993).

3.2. Les pratiques d'approvisionnement des scieurs et leur perception de leurs conditions d'approvisionnement

Ici nous trouvons des questions à réponses objectives et d'autres à réponses plus subjectives. Les réponses objectives permettent de connaître les pratiques d'approvisionnement des scieurs à travers la répartition des volumes de bois achetés, par type de fournisseurs, méthodes de vente et modes de vente. La typologie utilisée est présentée en Annexe 2. Elle se base sur les pratiques les plus courantes en France.

Les réponses subjectives portent sur l'appréciation des scieurs de leurs conditions d'approvisionnement, en l'occurrence les difficultés qu'ils rencontrent, leur niveau de satisfaction de leurs conditions d'approvisionnement et leur souhait d'acheter avec des contrats d'approvisionnement.

3.3. La perception de l'incertitude et l'évaluation des coûts de transaction

L'objectif de cette partie est d'évaluer les coûts de transaction associés à l'approvisionnement des scieurs ainsi que de connaître leur perception des facteurs susceptibles de réduire ces coûts. Pour réaliser cette évaluation, nous avons utilisé comme proxy la durée passée sur les différentes tâches relatives à l'approvisionnement (Annexe 3). Concrètement, la démarche a consisté à demander à chaque scieur d'attribuer à chaque tâche un score allant de 1 à 5 en fonction de la durée qu'il lui consacre, 1 étant une durée très courte et 5 une durée très longue. La durée de l'approvisionnement de chaque scierie est alors calculée comme étant la moyenne des scores attribués à l'ensemble des tâches.

Cette démarche présente un bon compromis entre l'analyse que nous souhaitons mener et les ressources dont nous disposons. En effet, une évaluation plus précise du temps et du coût de l'approvisionnement est possible, en suivant nous-même le processus d'approvisionnement de chaque scieur, comme cela a été fait par Vautherin (1998) et Costa et al. (2005), ou en demandant à chaque scieur de réaliser lui-même ce travail d'évaluation. Néanmoins, du fait du temps et du budget nécessaires, cela nous contraindrait à réduire

l'échelle géographique de notre enquête, au détriment de la richesse de notre analyse (notamment la dimension comparative). Par ailleurs, cela risquerait d'accroître le refus des chercheurs de répondre à notre enquête compte tenu du temps et de l'effort que ce travail requiert.

4. Méthode

Dans un premier temps, nous soulignerons l'intérêt de combiner les approches qualitative et quantitative, puis dans un second temps, nous présenterons les principes de la régression logistique.

4.1. Articuler les approches qualitative et quantitative

L'analyse que nous avons menée repose sur l'articulation de deux approches. Une approche qualitative basée sur l'analyse du discours des enquêtées et une approche quantitative reposant sur des analyses économétriques.

Longtemps considérées comme étant antagonistes, dès les années 1960 et surtout après les années 1980, plusieurs travaux ont cherché à dépasser la frontière dressée entre les approches qualitatives et quantitatives, et à montrer qu'elles sont complémentaires plutôt qu'antagonistes (Silva and Sousa, 2016). L'articulation de ces deux approches offre donc plusieurs avantages comme suggéré dans la littérature (par exemple, (Gondard Delcroix, 2006; Lemerrier et al., 2015; Silva and Sousa, 2016)). Ainsi, selon (Silva and Sousa, 2016), combiner le quantitatif et le qualitatif peut permettre une plus grande connaissance du sujet étudié, une meilleure vision de la réalité ainsi que la validation des résultats obtenus.

La mobilisation de l'une ou l'autre des deux approches est définie par plusieurs critères. Ainsi, l'approche quantitative est généralement utilisée lorsqu'un phénomène est bien connu d'un point de vue théorique (Silva et Sousa, 2016). Elle permet alors de le traduire en variables qui permettent de le capter empiriquement. Son objectif est ainsi, de percevoir les corrélations entre les variables, de mettre en avant les régularités dans la manifestation d'un phénomène et de généraliser sur une population les résultats obtenus sur un échantillon (Gondard Delcroix, 2006). L'approche qualitative pour sa part est préconisée lorsqu'un sujet n'est pas suffisamment connu, ou qu'un phénomène est difficilement quantifiable, ou bien lorsqu'on souhaite recueillir des données sur la représentation des acteurs d'un phénomène. Elle a par

ailleurs comme perspective d'explorer des situations singulières plutôt que de souligner des régularités.

Malgré la distinction opérée, les deux approches ne sont pas complètement étanches. Ainsi, au-delà de son usage courant, l'approche quantitative peut également être utilisée à des fins exploratoires lorsqu'un sujet n'est pas suffisamment connu (Lemercier et al., 2015). L'approche qualitative, quant à elle, peut chercher de nouvelles informations y compris sur un sujet a priori connu et exploré (Lenglet, 2020) et peut servir à montrer des situations tendancielle (Gondard Delcroix, 2006).

Dans le présent travail, la combinaison du qualitatif et du quantitatif offre plusieurs des avantages présentés. Ainsi, les régressions économétriques nous permettront à la fois de tester l'effet de variables bien connues sur les variables que nous cherchons à expliquer, mais également d'élucider l'effet d'autres variables peu connues. La décision de généraliser ces résultats se fera en fonction de critères statistiques qui seront expliqués plus loin. L'analyse du discours des scieurs nous permettra d'un côté de découvrir et de comprendre des aspects de la problématique de l'approvisionnement, jusque-là peu connus ou peu quantifiables à l'image des aspects relationnels. D'un autre côté, cette analyse nous permettra une explication plus riche des résultats économétriques et en particulier de mieux interpréter certaines variables. Enfin, de manière générale, une comparaison des résultats des deux approches sera utile pour faire valider le résultat final et d'expliquer d'éventuels écarts.

4.2. Principes de la régression logistique ordinale

L'usage de la régression logistique étant moins courant et son fonctionnement moins intuitif que la régression linéaire (utilisée également dans ce travail), nous présentons ici brièvement les principes de cette régression.

Soit Y la variable dépendante à j modalités ($j = 1, 2, \dots, J$). Soit k variables indépendantes x , qualitatives (nominales, ordinales, binaires) et/ou quantitatives (discrètes ou continues). La régression logistique estime l'effet des variables x sur le logarithme de l'odds ratio (noté log odds) que la variable Y prenne des valeurs élevées plutôt que des valeurs faibles. Ainsi, contrairement à la régression linéaire où Y peut prendre un nombre infini de valeurs, dans le cas de la régression logistique, Y est compris entre 0 et 1 (Eboli et Mazzulla, 2009). La relation entre x et Y est exprimée par la fonction logit ci-après (Eboli et Mazzulla, 2009).

$$\log \left[\frac{p(Y \leq J | x)}{p(Y > J | x)} \right] = \alpha_j - \beta_1 x_1 - \dots - \beta_k x_k = \alpha + X\beta$$

Les constantes α_j ($j = 1, 2, \dots, J - 1$) indiquent le log odds que la variable Y prenne des valeurs faibles plutôt que des valeurs élevées dans le cas où tous les x sont nulles (Eboli and Mazzulla, 2009; Murad et al., 2003). Les paramètres β_k représentent la variation du log odds associée à l'augmentation d'une unité des variables x_k .

Le modèle à rapports de chance proportionnels (proportional odds model) est le modèle de régression logistique le plus utilisé (Ari, 2014). La validité des résultats qu'il fournit repose sur l'hypothèse des droites parallèles. Cette hypothèse stipule que les paramètres β_k sont identiques pour toutes les modalités de Y . Autrement dit, les effets d'une variable explicative x sont proportionnels pour tous les niveaux de la variable Y . Il existe plusieurs tests qui permettent de vérifier cette hypothèse, à l'exemple du test du Chi 2 (Das et Rahman, 2011; Eygu et Gulluce, 2017), le test du ratio de vraisemblance (Likelihood ratio test) (Ari, 2014) et le test de Brant. L'hypothèse des droites parallèles H_0 et l'hypothèse alternative H_1 sont formées ainsi (Eygu et Gulluce, 2017) :

H_0 : les coefficients β_k sont les mêmes pour tous les niveaux de Y

H_1 : les coefficients β_k sont différents pour tous les niveaux de Y

5. Les résultats

Nous présenterons les résultats de l'enquête en deux temps. Nous nous intéresserons dans un premier temps aux caractéristiques générales des scieries enquêtées, puis nous nous focaliserons sur les résultats permettant de répondre à notre question principale, à savoir l'analyse du potentiel des contrats dans la sécurisation de l'approvisionnement.

5.1. Description des scieries enquêtées

Le Tableau 20 en annexes donne la répartition des scieries enquêtées selon les différentes modalités des variables. La représentativité de notre échantillon apparaît à travers plusieurs variables comme nous l'expliquons ci-après.

Le volume de bois acheté

Relativement aux statistiques nationales fournies par le FCBA (FCBA, 2020), seules les scieries de la deuxième classe ([20 000-75 000]) sont bien représentées dans notre échantillon (20 % à l'échelle nationale). En effet, les scieries de la première classe (moins de 20 000) représentent 80% à l'échelle nationale tandis que les scieries de la dernière classe (plus de 75000) ne représentent que 1%. Ce décalage s'explique d'une part par la difficulté que nous avons eu à atteindre les petits scieurs du fait de l'indisponibilité de leurs coordonnées ou de l'impossibilité à les joindre, puisqu'étant très peu présents dans les « bureaux » et souvent ne disposant pas de secrétaires. D'autre part, le taux de refus est plus important chez ces scieurs, par manque de temps ou parce qu'ils considèrent qu'« ils ne font pas le poids » et que leur participation serait sans intérêt pour notre enquête. Bien que les petites scieries aient un rôle important dans l'équilibre de la filière sciage, la limite de ce manque de représentativité est à relativiser puisque ces petites scieries, bien qu'elles soient importantes en nombre, représentent moins de 10 % du volume total du sciage national ; environ 6 % selon (Chalayer, 2019).

L'âge des scieries

60% des scieries de l'échantillon ont été créées avant 1970. Il s'agit dans la plupart des cas de scieries familiales transmises entre les générations. Cette répartition est cohérente avec l'évolution du nombre de scieries en France. En effet, la filière a perdu 40% de son effectif entre 1960 et 1973, et 84% entre 1973 et 2017. Cette perte s'est faite au profit d'une plus grande concentration de la production (CEP, 2019), notamment pour les scieries de résineux. Ainsi les créations plus récentes de scieries sont souvent des extensions de scieries existantes par le rachat des petites et de moyennes scieries.

L'essence sciée

La répartition des scieries selon l'essence sciée est également conforme à la répartition nationale. Dans notre échantillon les scieries de résineux représentent 63,2% du total, contre 38,8% pour les scieries de feuillus. La répartition en France métropolitaine est de 70% pour le résineux et 30% pour le feuillus selon les données de l'Agreste de 2020 (Agreste, 2021b). Le volume moyen scié reflète bien également le fait que la proportion des petites scieries soit plus importante pour le feuillu que pour le résineux (CEP, 2019). En effet, en résineux, le

volume moyen acheté dans notre échantillon est de 46 995 m³ contre 24 000 m³ pour le feuillu. En résineux, les principales essences sciées sont le sapin, l'épicéa et le douglas qui sont complétées par du mélèze et du pin sylvestre essentiellement. En feuillus, le chêne détient la part la plus importante des essences sciées, suivi par le frêne et le hêtre, et de façon plus marginale par d'autres essences comme le charme, le peuplier, le châtaigner et le merisier.

Les pratiques d'approvisionnement

Toutes régions confondues, la part de l'approvisionnement auprès de l'ONF est satisfaisante dans notre échantillon: 30% contre 35% à l'échelle nationale (ONF, 2021). Pour les autres méthodes d'approvisionnement, nous n'avons pas connaissance de données nationales qui nous permettraient de comparer. À l'échelle des régions, notre échantillon fait ressortir de manière cohérente les disparités entre la région Est et les régions AuRA et « Autre », traduisant l'influence de la structure de la propriété forestière. Ainsi, l'ONF représente 52% des volumes achetés en région Est contre 17% dans les autres régions, et les propriétaires privés représentent 29% dans les autres régions, contre seulement 12% en région Est. Les disparités ressortent bien également pour les méthodes d'approvisionnement. Le gré à gré domine fortement dans les autres régions (65%) où la propriété est majoritairement privée. C'est également le cas des contrats qui représentent 32% en région Est contre seulement 9% dans les autres régions. Enfin, du fait que l'achat de gré à gré concerne principalement les propriétaires privés et implique une vente sur pied, le volume sur pied représente 54% dans les autres régions, contre 27% en région Est, et le volume bord de route représente 60% en région Est contre 30% dans les autres régions.

5.2. L'efficacité des contrats dans la sécurisation de l'approvisionnement des scieries

Pour étudier l'efficacité des contrats dans la sécurisation de l'approvisionnement des scieries, nous nous appuyons sur les résultats des analyses quantitatives et qualitatives de (1) la satisfaction des scieurs de leurs conditions d'approvisionnement, (2) leur souhait d'acheter avec des contrats d'approvisionnement, et (3) leur évaluation des coûts de transaction liés à leur approvisionnement (approché par le temps passé sur leur processus d'approvisionnement).

5.2.1. La satisfaction des conditions d'approvisionnement et les difficultés d'approvisionnement

Globalement, et comme le montre le Tableau 14, 57,9% des scieurs enquêtés se déclarent satisfaits (47,4%) ou très satisfaits (10,5%) de leurs conditions d'approvisionnement, contre seulement 10,5% qui sont insatisfaits (5,3%) ou très insatisfaits (5,3%). Les 31,6% restants sont à une position intermédiaire (ni satisfaits, ni insatisfaits) qui peut s'interpréter comme un refus ou une incapacité de se prononcer ou comme une satisfaction relative (ou avec des réserves).

| Niveau de satisfaction | Fréquence (n) | Pourcentage (%) |
|------------------------------|------------------|--------------------|
| Très insatisfait | 2 | 5,3 |
| Insatisfait | 2 | 5,3 |
| <u>Total</u> | <u>4</u> | <u>10,6</u> |
| Ni satisfait, ni insatisfait | 9 | 31,6 |
| Satisfait | 17 | 47,4 |
| Très satisfait | 4 | 10,5 |
| <u>Total</u> | <u>21</u> | <u>57,9</u> |

Tableau 14. Statistiques descriptives de la variable « satisfaction ».

L'analyse économétrique

Pour tester l'effet des variables dont nous disposons sur le niveau de satisfaction des scieurs de leurs conditions d'approvisionnement, nous avons réalisé une régression logistique ordinaire où nous avons recodé la variable dépendante « satisfaction » à trois modalités : « insatisfait », « ni satisfait, ni insatisfait » et « satisfait ». En d'autres termes, nous avons regroupé les modalités dont les effectifs sont faibles (« très insatisfait » et « insatisfait », « satisfait » et « très satisfait »).

Les résultats de la régression (Tableau 15) montrent que les pratiques d'approvisionnement ont un effet indéniable sur la satisfaction des scieurs de leurs conditions d'approvisionnement. Ainsi, lorsqu'on augmente *le volume de bois acheté de gré à gré* d'une unité (1%), l'odds ratio d'être satisfait (relativement à « insatisfait » ou « ni satisfait, ni insatisfait ») est multiplié par 1,08. De la même manière, lorsqu'on augmente *le volume acheté rendu-usine* d'une unité, l'odds ratio d'être satisfait est multiplié par 1,06. Ces résultats suggèrent un effet positif de

ces deux pratiques sur la satisfaction des scieurs et donc leurs avantages, qu'il conviendrait d'identifier.

Les autres variables qui ont un effet significatif, sont l'année de création de la scierie (l'âge de la scierie), l'essence sciée, et l'adhésion à une structure collective. Ainsi, l'augmentation de *l'année de création* d'une unité (une année) engendre une augmentation de 1,02 de l'odds ratio d'être satisfait. Ce résultat peut s'expliquer par un effet d'expérience que les scieries accumulent avec le temps et qui fait qu'elles adaptent mieux leurs pratiques d'approvisionnement que les jeunes scieries. Les résultats montrent également que les scieurs de résineux sont 12 fois plus satisfaits que les scieurs de feuillus, suggérant de meilleures conditions d'approvisionnement des scieurs de résineux par rapport aux scieurs de feuillus. Les ressources feuillues se distinguent par exemple par une plus forte hétérogénéité, donc une plus grande difficulté de trouver les qualités recherchées. Enfin, nous pouvons également voir que les scieurs qui sont dans des *structures collectives* sont 25 fois plus satisfaits que les scieurs qui ne le sont pas, ce qui peut s'expliquer par des effets positifs de ces structures, comme l'effet réseau, un pouvoir de négociation plus fort et une solidarité entre les membres d'une même structure.

Le volume annuel de bois acheté (indicateur de la taille de la scierie), *la région de localisation* et *la situation financière* ont en revanche un effet non significatif. En d'autres termes, ces variables n'ont pas d'impact sur la satisfaction des scieurs de leurs conditions d'approvisionnement. Notons que nous prenons ici la situation financière comme une variable de contrôle, puisque l'appréciation des scieurs de leurs conditions d'approvisionnement peut être influencée par leur performance financière.

| Variable | Estimations avec les variables explicatives une par une | Modèle 1 | |
|-----------------------------------|---|------------------------|------------------------|
| | Coefficient β | Coefficient β | Exponentiel(β) |
| Situation financière=correcte | - 1,02 | 1,76 | 5,81 |
| Année création Scierie | 0,007 | 0,02** | 1,02 |
| Volume annuel acheté | $4,8 \cdot 10^{-6}$ | $- 5,80 \cdot 10^{-6}$ | 0,99 |
| Essence sciée=résineux | 2,19*** | 2,49** | 12,06 |
| Diamètre moyen scié | - 0,04** | | |
| Localisat. scierie=AuRA et Autre | 0,52 | 0,22 | 1,24 |
| Adhésion structure collective=Oui | 1,12* | 3,23** | 25,43 |
| Volume ONF | - 0,01* | | |
| Volume coop. | 0,003 | | |
| Volume prop. privés | - 0,0004 | | |
| Volume exploitants | 0,03* | | |
| Volume appel d'offre | - 0,03** | | |
| Volume contrat | -0,008 | | |
| Volume gré à gré | 0,02* | 0,08** | 1,08 |
| Volume sur pied | - 0,01 | | |
| Volume bord de route | - 0,0009 | | |
| Volume rendu-scierie | 0,05* | 0,06* | 1,06 |
| | | $R^2 = 0,43$ | |

Tableau 15. Estimation de la régression logistique ordinaire pour la variable dépendante « satisfaction ».

L'analyse verbatim

Les difficultés d'approvisionnement rencontrées par les scieurs concernent le triptyque habituel : tensions sur les prix, difficulté de gestion du flux de bois, et baisse de la qualité des bois. Les scieurs attribuent ces difficultés à des facteurs naturels, économiques ou humains, assez bien connus. Néanmoins, les facteurs humains sont plus soulignés et sont moins bien acceptés que les facteurs naturels et économiques.

Les facteurs naturels évoqués sont notamment les aléas météorologiques qui réduisent la durée d'exploitabilité des parcelles et restreignent leur accessibilité, ainsi que les scolytes et le dépérissement des bois, conséquents au changement climatique, qui impactent également la disponibilité, le prix et la qualité des bois.

« On a beaucoup de bois scolytés, tout le monde nous propose du bois, les propriétaires fidèles auxquels on achète toujours du bois, on est quelque part obligé aussi de prendre leur bois sec, ces fournisseurs avec lesquels on a un contrat, comme l'ONF chaque année, comme on est partenaires, on est aussi obligé de jouer le jeu sur les bois secs et scolytés. La difficulté est de faire face à un afflux de bois trop important on va dire sur les bois blancs, et à l'inverse sur le douglas on ressent l'inverse avec une forte demande de la filière et une offre à l'unité, et donc une forte concurrence et donc une difficulté d'approvisionnement en douglas liée au marché. »

« La difficulté depuis 15, 20 ans c'est la baisse de qualité. On sélectionne les beaux lots dans les catalogues mais on constate chaque année la baisse de la qualité de ces lots. Deux raisons: 1) avec le réchauffement climatique il y a de plus en plus d'essences fragilisées (maladies, dépérissements suite à la sécheresse), il y a plus de chêne rouge qu'avant. 2) la plupart des belles forêts où on allait avant elles ont déjà été exploitées ou disparu après la tempête. Le bois qu'on achète il a entre 80 et 120 ans. »

Les facteurs économiques sont liés à la globalisation du marché du bois et à l'apparition de nouveaux concurrents à l'échelle locale, ce qui se traduit notamment par une tension sur les prix des bois achetés. Le chêne et le douglas semblent être plus concernées que les autres essences.

« On a eu des tensions sur le sapin épicéa il y a trois quatre ans et aujourd'hui on a plus une tension sur le douglas...on n'a pas le volume qu'on souhaite avec les qualités qu'on souhaite. C'est lié à l'apparition de nouveaux concurrents ou à d'autres facteurs. C'est dû à une demande mondiale sur un certain type de bois. »

Les facteurs humains se traduisent par une absence de mesures, comme celles qui faciliteraient la diffusion de l'information sur l'offre de bois, ou par des mesures jugées excessives ou lourdes, comme les procédures administratives relatives à l'approvisionnement, les restrictions réglementaires à l'exploitabilité des bois, ou la montée des mouvements écologistes. Néanmoins, ce sont les pratiques des vendeurs comme les coopératives et surtout l'ONF qui sont les plus pointées du doigt. Ces pratiques qui ont conduit à un accroissement de la concurrence internationale notamment sur le chêne (mais également, nationale et locale) seraient orientées par une logique de profit au détriment de la durabilité de la filière. Comme

nous le verrons plus loin, la mauvaise perception des pratiques de l'ONF par les scieurs est la raison principale qui explique leur perplexité quant à l'efficacité des contrats dans la sécurisation de leur approvisionnement.

« Le problème avec les indivisions, c'est que si c'est des héritages de famille, ils peuvent être je ne sais pas combien, et vous ne savez pas qui gère la parcelle, et parfois la parcelle est gérée par un expert. Parfois je vois des parcelles qui ont du potentiel, je vais à la mairie pour voir qui est le propriétaire, je ne retrouve pas le numéro de téléphone, et l'adresse et le nom ne font pas que vous ayez la bonne personne. Donc il n'y a pas assez de transparence sur la parcelle, et l'administration ne va pas assez vite, et il n'y a pas de mise à jour des informations. Quand je fais du gré à gré, c'est souvent parce que quelqu'un m'en a parlé, c'est du bouche à oreille, aujourd'hui c'est que de ça. De la même façon, le propriétaire ne sait pas que tel scieur a son numéro... Au jour d'aujourd'hui il n'y a pas de revue qui publie quoi que ce soit. Il y a le Bois International, mais c'est une revue spécialisée qui est reçue par des professionnels du bois (qui sont abonnés) mais pas par les propriétaires forestiers. Donc c'est pour ça qu'on fait une partie de chasse sur les parcelles, et ça nous donne une porte d'accès... c'est la limite de notre activité. »

« ... en ce moment faire de l'exploitation en forêt, ça devient vraiment compliqué. Avec les procédures administratives, de plus en plus de papiers... »

« Il y a des élus qui interdisent l'exploitation à certains endroits pendant la période de dégel, parce que c'est trop humide...Parfois c'est excessif. »

« Les périodes de dégel qui sont mises massivement par l'ONF. Il fut un temps, les périodes de dégel se mettaient en place, mais lorsqu'on avait des hivers très longs, très rigoureux. Actuellement, les fonctionnaires qu'on a en face, si c'est 5 jours que ça dégèle, ils vous bloquent les routes 15 jours de plus. On peut se retrouver pendant un mois sans possibilité d'approvisionnement. »

« La principale difficulté est liée à notre approvisionnement sur pied...Et après c'est les acheteurs venus de nulle part qui achètent du bois pour le vendre à l'export. »

« En feuillus, je suis un peu déprimée si je prends l'exemple du frêne..., je me bats quasiment tous les jours et il faut que je fasse plusieurs personnes pour pouvoir avoir des frênes, parce que la plupart partent à l'étranger. Et c'est pour ça d'ailleurs que je ne travaille pas avec l'ONF. On est plusieurs à avoir crié, sur le frêne c'est vraiment flagrant, parce qu'il s'est coupé énormément de frênes à cause de la maladie. »

« Il y a 20 ans l'ONF faisait une grande vente par département, mais il y avait beaucoup de volume. Maintenant, on fait beaucoup de ventes, une par mois ou une toutes les trois semaines, mais il y a très peu de volume. [...] Avec internet on fait évoluer les systèmes de vente de l'ONF et des coopératives. Les bois bord de route, ça a tué le volume de bois, parce que quand vous achetez sur pied, il y a le métier, donc pour nous c'est le métier. Quand c'est bord de route, chacun prend un décamètre et mesure les bois, c'est facile. Les coopératives font ça pour attirer de plus en plus de monde. Parfois les bois partent à 500 km de chez vous, mais c'est ça, c'est la règle de jeu. »

« Les coopératives nous font une concurrence sur le marché et vendent le bois à l'extérieur sur de longues distances. Ça nous met une pression sur l'approvisionnement. »

5.2.2. Le souhait d'acheter avec des contrats d'approvisionnement

Comme le montre le Tableau 16, plus de la moitié des scieurs (55,2 %) sont favorables (36,8%) ou très favorables (18,4) à acheter (ou acheter plus) avec des contrats d'approvisionnement, contre 18,4% qui ne souhaiteraient pas du tout acheter avec des contrats d'approvisionnement. 26,3% sont soit indifférents ou ne peuvent pas se prononcer.

| Souhait contrats | Fréquence (n) | Pourcentage (%) |
|------------------------------|------------------|--------------------|
| Très défavorable | 4 | 10,5 |
| Défavorable | 3 | 7,9 |
| <u>Total</u> | <u>7</u> | <u>18,4</u> |
| Ni favorable, ni défavorable | 10 | 26,3 |
| Favorable | 14 | 36,8 |
| Très favorable | 7 | 18,4 |
| <u>Total</u> | <u>21</u> | <u>55,2</u> |

Tableau 16. Statistiques descriptives de la variable « Souhait contrats ».

L'analyse économétrique

Comme nous l'avons fait pour la variable satisfaction, nous réalisons une régression logistique ordinaire pour mettre en évidence les variables qui déterminent le souhait des scieurs d'acheter (ou d'acheter plus) avec des contrats d'approvisionnement. Pour les mêmes raisons évoquées précédemment, nous regroupons les modalités « très défavorable » et « défavorable » et réduisons ainsi le nombre de modalités de la variable « Souhait contrats » à quatre modalités au lieu de cinq.

Les résultats des estimations (Tableau 17) montrent l'effet de plusieurs variables sur le souhait de contractualiser. Ainsi les modèles 1, 2 et 3 montrent que les scieries de résineux sont moins favorables aux contrats d'approvisionnement que les scieries de feuillus. Cela peut s'expliquer par le fait que les essences résineuses subissent moins de pression que le chêne qui est, rappelons-le, l'essence principale en feuillus. De ce fait, les scieurs de chêne verraient plus le besoin de contrats qui leurs garantiraient un flux sur la durée et une plus grande stabilité des prix.

Les modèles 1 et 2 montrent que lorsqu'on augmente *le volume acheté de gré à gré* d'une unité (1%), l'odds ratio d'être très favorable aux contrats d'approvisionnement est multiplié par 1,03 (modèle 2) et 1,04 (modèle 1). Ce résultat peut s'expliquer par le besoin des scieurs d'équilibrer leur portefeuille d'approvisionnement à mesure que le volume acheté de gré à gré s'accroît. En effet, au regard de leurs avantages et inconvénients, ces deux méthodes d'approvisionnement (contrats et gré à gré) peuvent être complémentaires.

Le modèle 1 montre que les scieurs des régions AuRA et « Autre » sont 0,24 fois moins favorables aux contrats d'approvisionnement que les scieurs de la région Est. L'une des explications qu'on peut avancer est que, comme il ressort des propos de certains enquêtés, les scieurs de la région Est « croient » plus à la possibilité des contrats du fait de la dominance des forêts publiques, celles-ci étant gérées par l'ONF, principal fournisseur en contrats. Ce résultat est néanmoins à interpréter avec prudence, puisque l'effet de la région disparaît lorsqu'on introduit la variable « volume coopératives » dans les modèles 2 et 3. En effet, le fait d'être dans les régions AuRA et « Autre » a un effet significatif positif sur le volume acheté auprès des coopératives au seuil de 10% ($R^2 = 0,05$; $\beta = 9,88$).

Les modèles 1 et 2 montrent que lorsqu'on augmente l'année de création d'une unité (une année), l'odds ratio d'être favorable aux contrats d'approvisionnement baisse de 0,97% (modèle 1) et de 0,98% (modèle 2). Néanmoins, dans le modèle 3, l'effet de cette variable est absorbé par l'effet du volume acheté auprès des coopératives. En effet, l'année de création a un effet significatif positif sur le volume acheté auprès des coopératives au seuil de 5% ($R^2 = 0,11$; $\beta = 0,18$). Lorsqu'on augmente le volume acheté auprès des coopératives d'une unité (1%), l'odds ratio d'être favorable aux contrats baisse de 0,96%.

| Variables | Modèle avec les variables explicatives une par une | Modèle 1 | | Modèle 2 | | Modèle 3 | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|
| | β | β | Exp(β) | β | Exp(β) | β | Exp(β) |
| Année création scierie | -0,009 | -0,02** | 0,97 | -0,01** | 0,98 | -0,01 | 0,98 |
| Volume annuel acheté | $8,45 \cdot 10^{-7}$ | $5,47 \cdot 10^{-6}$ | 1 | $7,35 \cdot 10^{-6}$ | 1 | $7,13 \cdot 10^{-6}$ | 1 |
| Essence sciée=résineux | -1,01 | -2,46*** | 0,08 | -2,64*** | 0,07 | -1,65** | 0,19 |
| Diamètre moyen scié | -0,008 | | | | | | |
| Localisat. Scierie = AuRA et autres | -0,52 | -1,4* | 0,24 | -1,11 | 0,32 | -0,12 | 0,88 |
| Adhésion structure collective = oui | -0,45 | 0,71 | 2,04 | 0,64 | 1,9 | 0,25 | 0,77 |
| Volume ONF | -0,0001 | | | | | | |
| Volume coop. | -0,03** | | | -0,02 | 0,97 | -0,03* | 0,96 |
| Volume privés | 0,01 | | | | | | |
| Volume exploitants | 0,01 | | | | | | |
| Volume appels d'offre | -0,009 | | | | | | |
| Volume contrats | 0,005 | | | | | | |
| Volume gré à gré | 0,01 | 0,04** | 1,04 | 0,03** | 1,03 | | |
| Volume sur pied | -0,0009 | | | | | | |
| Volume bord de route | 0,005 | | | | | | |
| Volume rendu-scierie | -0,008 | | | | | | |
| | | R ² = 0,16 | | R ² = 0,17 | | R ² = 0,10 | |

Tableau 17. Estimation des régressions logistiques ordinales pour la variable dépendante « Souhait contrat ».

Note : *** : significativité à 1% ; ** : significativité à 5% ; * : significativité à 10%

L'analyse verbatim

À travers les propos des scieurs, on peut distinguer deux positions par rapport aux contrats d'approvisionnement : une position par rapport au principe et une position par rapport à la faisabilité et l'efficacité.

Sur le principe

Comme nous l'avons vu, 55% des scieurs sont favorables à acheter (ou acheter plus) avec des contrats d'approvisionnement. Ils les considèrent comme un dispositif permettant d'économiser le temps et l'argent dépensés dans la recherche de fournisseurs, l'estimation des bois et l'exploitation forestière. Ceci est particulièrement vrai dans le cas des grosses scieries.

« À terme, je vais passer à deux tiers en contrats d'appro. Les contrats ça sécurise pas mal, surtout qu'on commence à passer pas mal de volume. »

« Si j'ai les contrats d'approvisionnement, je m'enlève les problèmes d'exploitation. »

« C'est pour ça que le contrat m'arrange, parce que je ne vais pas aller voir le bois, je ne le fais que lors de la réception. J'ai été hier matin pour la réception, et comme c'est à côté de chez moi, j'ai mis 5, 10 min pour m'y rendre, en prenant le temps de discuter avec l'agent ONF en question, en prenant le temps de voir quelques bois pour vérifier le volume et les qualités (parce qu'il y a des qualités A, B, C, D, pour une grosse quantité, ça me coûte une à deux heures pour 600 m³. Si je ne fais que ça, sur une année, ça me coûterait 40 heures (une semaine). Ce n'est pas comme ça tout le temps, ce n'est pas très court mais c'est court. »

« C'est surtout la partie estimation qui prend du temps. Compte tenu du mode d'achat, vous n'achetez à peu près en moyenne que 5 à 10% de ce que vous visitez. Ça fait partie de l'intérêt du contrat. La personne qui s'occupe de l'estimation fait 80000 km/an. »

Cependant, d'un point de vue stratégique, certains considèrent les contrats comme un dispositif qui manque de souplesse et qui accroît la dépendance vis-à-vis des fournisseurs. En conséquence, ces scieurs sont, soit complètement défavorables ou ne souhaitent acheter qu'une partie de leurs bois en contrats.

« Je suis défavorable [aux contrats] parce qu'il faut diversifier les sources d'approvisionnement. »

« On est en train de bâtir notre modèle, je ne vois pas pourquoi je vais aller à l'encontre de mon modèle. »

« Oui, je suis favorable, mais il ne faut pas que la proportion soit trop grande, sinon c'est malsain. On dit généralement qu'il ne faut pas dépasser un tiers, je pense que c'est le maximum qu'on peut faire. »

« Le but n'est pas d'acheter tout en contrat, mais si on peut avoir 30 à 40% ça serait bien. »

« Oui, mais ça dépend avec qui. Par exemple avec les coopératives on a prévu de faire un contrat écrit, pour savoir qu'on est là, mais il faut un peu de souplesse suivant le boulot. Je ne veux pas verrouiller les exploitants et je ne veux pas qu'ils me verrouillent s'il y a des chutes de ventes ou des choses comme ça...je préfère avoir des gens en face, où on sent qu'il y a du feeling, où on sent que ça passe très bien, où on peut s'organiser et que tout le monde est compréhensif. »

Sur la faisabilité et l'efficacité

Malgré une adhésion importante au principe des contrats, les scieurs affichent plusieurs réserves quant à la faisabilité de ces contrats et à leur capacité à sécuriser leurs approvisionnements. Bien que les contrats ne soient pas exclusifs à l'ONF, celui-ci (l'ONF) reste la référence principale des scieurs lorsqu'ils évaluent ce dispositif. Ainsi, les réticences qu'ils affichent sont liées, soit à des mauvaises expériences de contrats passés avec l'ONF, ou à leurs critiques de la politique de gestion de ce dernier. En effet, les scieurs ont souligné plusieurs difficultés pour l'ONF d'exécuter les contrats tels qu'ils sont prévus, avec notamment la non-conformité de la qualité des bois et des problèmes de cadencement. Ils considèrent par ailleurs que l'ONF en tant que gestionnaire de forêts publiques doit mener une gestion orientée par une logique de durabilité de la filière plutôt qu'une logique de profit. Est soulignée notamment, l'impasse faite sur le non-respect de la procédure de labellisation censée contrer la fuite des bois vers l'étranger.

« Parce qu'il faut que les intervenants puissent les [les contrats] respecter, il faut qu'ils puissent avoir les volumes au bon moments...ce n'est pas forcément facile pour eux aussi. Donc les contrats ça permet de sécuriser un peu mais ça ne fait pas tout non plus. En théorie ça serait très bon, mais ce n'est toujours évident. Plusieurs gens veulent la même chose au même moment, donc ce n'est pas évident à respecter. Donc pour nous ce n'est pas suffisant, c'est un outil mais ça ne peut pas être le seul. »

« Vu notre relief et les habitudes de certains...moi j'ai des coopératives qui me font un contrat d'approvisionnement et qui savent le tenir. L'ONF c'est plus compliqué... »

« Les contrats d'approvisionnement se font parce que l'ONF a beaucoup de bois bord de route. Ils mettent toute la bonne qualité bord de route, après, tout ce qui est moindre ils le font en contrats. Moi je préférerais qu'ils mettent toutes les qualités sur pied et qu'ils mettent plus de bois sur pied aux ventes,

ni plus ni moins. Mais l'ONF comme les coopératives préfèrent mettre leurs bois bord de route parce qu'ils attirent beaucoup plus de monde, et les contrats, on est derrière, on prend ce qui fait tourner les scieries quoi. Pour moi, le contrat d'approvisionnement ça sert uniquement à pallier le manque de bois ponctuel, parce que les bois ne sont pas abattus, quelque chose comme ça. C'est un dépannage en cas de problèmes. »

« Je ne sais pas quoi vous répondre...ce qui ne me convient pas dans un contrat d'appro, c'est le tarif. et puis l'ONF ne trie pas correctement la qualité des bois. Leurs bucherons ou leurs débardeurs qui trient et ne connaissent pas forcément nos besoins en tant que petits scieurs et on n'est pas sur la même échelle avec les gros scieurs qui passent toute qualité de bois parce qu'ils ont diversifié beaucoup plus leur activité. »

« Petites tensions sur les contrats avec l'ONF. Problème de cadencement. Parfois on n'a pas les volumes qu'on veut et parfois on a trois fois plus. Parfois les bois qu'on veut en mai on les aura qu'en août. »

« ...l'ONF ne fait plus de gestion de forêts mais fait du business...Quand les bois sont un peu trop loin, ils ont la flemme de marcher et au lieu de couper les gros bois, ils coupent des petits et après les bois sont trop gros et il n'y a plus de scieries pour scier ces bois-là. [...] Ils ont le monopole donc ils font ce qu'ils veulent. Avec l'ONF on a des contrats d'approvisionnement, mais ce qu'on peut dire, c'est qu'on ne peut pas trop compter sur eux, on leur demande des bois pour le mois de mai, on l'aura qu'en juin ou juillet. Et en février quand on en veut pas, ils vont nous couper 1 000 m³...Ils sont mal organisés. »

« ...mais on a déjà eu des soucis parce qu'on n'a pas les qualités souhaitées...le contrat n'est pas respecté, l'ONF n'arrivait pas à nous livrer les bois convenus... parfois on a des bois pourris et pas propres alors qu'on les a payés au prix fort. Ce sont des phénomènes qui sont liés au fait que le bois soit un produit naturel. Le gros souci qu'on a eu récemment, c'est la différence de prix par rapport à de gros scieurs qui achètent à des prix inférieurs, et ça, on trouve injuste. Ça nous est arrivé de voir 3 €, 4 €/m³ de différence avec un gros scieur et ça nous a énervés. On trouve que ce n'est pas la bonne méthode car ça handicape les petites scieries. »

« L'autre difficulté, c'est que les marchés sont extrêmement volatiles, on a beaucoup de mal à se battre contre les gens qui exportent les grumes vers l'Asie, ça c'est un problème récurrent. Alors on a mis en place la labellisation, mais elle est assez facilement contournée. Et même si l'ONF apprend qu'un client contourne et ne respecte pas la charte de la labellisation, ils ne font strictement rien parce qu'ils perdent un client, donc c'est de la poudre aux yeux...Par conséquent, vous aurez de moins en moins de scieries. Sur mon secteur je suis le dernier à exister. Et je suis le dernier parce que grosso modo j'ai choisi de ne

plus être une scierie, je fais 70% du chiffre d'affaire avec du produit connexe. C'est presque le comble pour un scieur de vivre essentiellement de déchets, mais c'est le prix à payer pour survivre. »

« Il y a la labellisation qui est mise en place mais personne ne vérifie dans la réalité que les bois soient transformés en France ou ailleurs. L'ONF a plus ou moins une politique étatique dans ce sens, notamment à travers les contrats; ils ont mis en place la labellisation qui fait que normalement les contrats sont réservés à ceux qui transforment le bois sur le territoire européen, mais comme dans la profession on a des gens qui trichent, c'est compliqué. »

5.2.3. L'évaluation des coûts de transaction liés à l'approvisionnement des scieries

Pour rappel, nous avons évalué les coûts de transaction liés à l'approvisionnement à partir de la durée des tâches entrant dans l'approvisionnement. Plus précisément, nous avons demandé aux scieurs d'attribuer à chaque tâche une note de 1 jusqu'à 5 selon la durée qu'elle leur prend (1 correspond à une durée très courte et 5 à une durée très longue). À partir des scores moyens de chaque tâche, nous avons calculé le score moyen pour l'ensemble des tâches, qui correspond donc à la durée moyenne totale de l'approvisionnement. Comme le montre la Figure 13, cette durée est plutôt moyenne avec un score de 2,38/5. Les procédures administratives ainsi que la visite et l'estimation détiennent les scores les plus élevés, respectivement 3,11 et 3,08. Le contrôle détient un score de 2,37 suivi de la prospection (1,95), la négociation (1,95) et la recherche l'information (1,82).

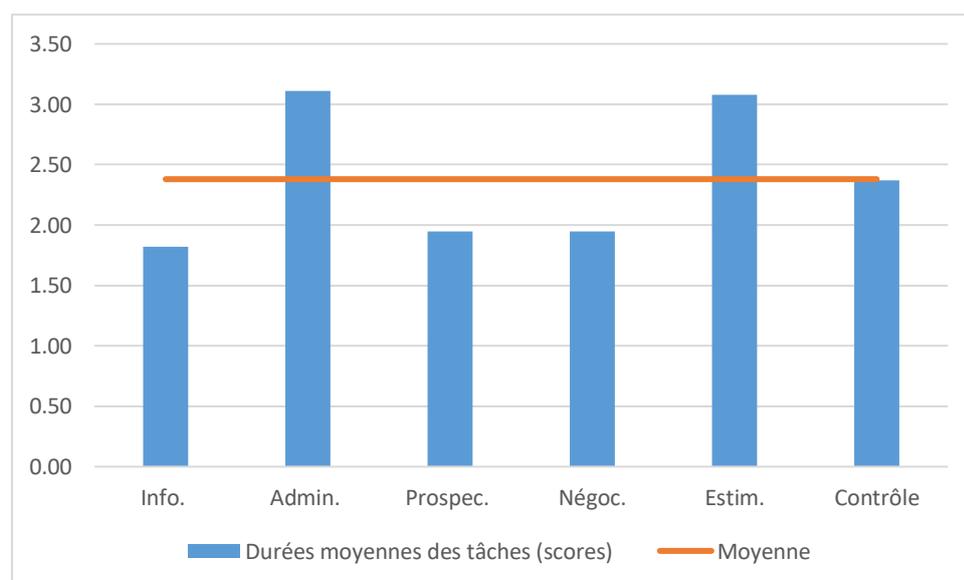


Figure 13. Scores moyens attribués à la durée des tâches relatives à l'approvisionnement.

L'analyse économétrique

Pour mettre en évidence les facteurs qui ont un effet sur la durée de l'approvisionnement, nous utilisons une régression linéaire où la variable dépendante est la durée moyenne totale de l'approvisionnement.

Les résultats de la régression (Tableau 18) montrent tout d'abord que *le volume acheté en contrat d'approvisionnement* n'a pas un effet significatif sur le temps de l'approvisionnement, alors qu'en théorie les contrats sont supposés réduire les coûts de transaction.

Plusieurs variables ont un effet significatif. Ainsi, sans surprise, *le volume annuel acheté* a un effet significatif positif, suggérant que plus le volume acheté est élevé, plus le temps consacré à l'approvisionnement est important. *Le volume acheté en enchères ou appels d'offre* a également un effet positif. Ce résultat peut s'expliquer par le travail d'estimation réalisé par les scieurs en amont de la soumission pour un lot. Comme nous l'avons vu, le temps passé sur l'estimation détient un score moyen élevé (3,08) relativement aux autres tâches.

Le volume acheté auprès des coopératives, a un effet significatif négatif. Autrement dit, l'augmentation du volume acheté auprès des coopératives entraîne une baisse de la durée consacrée à l'approvisionnement. Ce résultat peut s'expliquer d'un côté par le fait que les coopératives vendent des volumes relativement plus importants en bord de route et en rendu-usine que les autres fournisseurs. Comme nous l'avons vu, le contrôle bord de route ou sur le parc à bois de la scierie (en cas de vente rendu-scierie) nécessite une durée plus courte que l'estimation en forêt. D'un autre côté, comme certains scieurs l'ont expliqué, la relation avec les coopératives est souvent régie par une confiance mutuelle et par un accord verbal « en serrant une poignée de mains ». Cela contribue à réduire la durée de toutes les autres tâches associées à l'approvisionnement. Enfin, le fait d'être dans une *structure collective* a également un effet négatif, ce qui peut s'expliquer par un « effet réseau » facilitant la diffusion de l'information, la mutualisation des moyens comme la mobilisation d'un acheteur commun par les membres d'un groupement, ou la réalisation d'achats en commun.

| Variable | Coefficient |
|--------------------------|---------------------------|
| Constante | -4,44 |
| Année création scierie | 0,003 |
| Volume acheté | 7,16*10 ⁻⁶ *** |
| Essence sciée=résineux | 0,31 |
| Diamètre grumes sciées | 0,008 |
| Structure collective=Oui | -0,42* |
| Volume coop. | -0,01*** |
| Volume appels d'offre | 0,01*** |
| Volume contrats | 0,005 |
| R ² = 0,52 | |

Tableau 18. Estimation de la régression linéaire pour la variable dépendante « temps d'approvisionnement ».

Note : *** : significativité à 1% ; ** : significativité à 5% ; * : significativité à 10%

L'analyse verbatim

Il ressort des propos des enquêtés que, globalement, la comptabilisation du coût et du temps des différentes étapes de l'approvisionnement n'est pas une pratique habituelle chez les scieurs, notamment ceux qui ne disposent pas d'acheteurs dédiés. On y trouve par ailleurs plusieurs explications aux scores attribués aux différentes tâches.

- La recherche d'information

La rapidité de la recherche d'informations, notamment sur le cours des bois, s'explique par le fait que cette recherche se fait souvent de manière spontanée et informelle, par exemple lors des ventes aux enchères ou à travers les relations avec les fournisseurs.

« Vous allez à une vente et vous avez vite pris la température. »

« Je suis allé ce matin à une vente et j'ai tout de suite vu que les prix ont augmenté de 20%, donc il y a une forte concurrence. »

« [la recherche d'informations] C'est du contact avec les fournisseurs de tous les jours. Ce n'est pas un travail en soi-même. On est sur le terrain, on voit quelqu'un, on parle...c'est très aléatoire...c'est pas quantifiable. »

- La prospection

Trois raisons expliquent la rapidité de la prospection. La première est liée au fait que la prospection se fasse également dans le sens inverse, c'est-à-dire des fournisseurs vers les scieurs. La deuxième raison tient à la petite taille du marché des grumes. En effet, le cycle de croissance des bois fait que l'apparition de nouveaux fournisseurs n'est pas fréquente, qu'ils soient propriétaires ou gestionnaires des forêts. Ensuite, pour des raisons de coût, les scieurs cherchent à réduire leurs rayons d'approvisionnement. Enfin, cette rapidité est permise par les moyens de communication, le téléphone en l'occurrence.

« C'est les propriétaires qui viennent à nous, puisqu'il y a beaucoup de bois sur le marché. »

« Je ne vais pas dire qu'on passe du temps à trouver une nouvelle offre ou un nouveau fournisseur mais on est en permanence sollicité pour faire de la prospection. J'ai tout le temps sur mon bureau une pile de catalogues de vente de bois, d'articles de propriétaires qui me proposent des choses à aller voir, donc c'est chronophage, c'est une charge de travail très forte. »

« Les coopératives et les exploitants y en a pas 50, et pour trouver des nouveaux il faut aller plus loin, et ça on n'a pas intérêt. »

« Dès qu'il y a un nouveau fournisseur je le contacte, mais il ne s'en crée pas tous les ans, des fournisseurs. »

« C'est du démarchage des propriétaires forestiers, c'est une demi-journée par semaine on va dire. Nous on est sur des produits de faible qualité donc on ne va pas démarcher des gens à plus 200 km sachant qu'on ne pourra pas leur proposer des prix concurrentiels. »

« On a leur numéro, donc c'est rapide on les appelle et ils nous disent s'ils ont ou pas. »

- L'estimation

Relativement aux autres étapes de l'approvisionnement, les scieurs arrivent à mieux évaluer le temps passé sur la visite et l'estimation des bois. Cela peut s'expliquer par le nécessaire déploiement d'une ou plusieurs personnes qui se déplacent en forêt pour la réalisation du travail. Le temps consacré à l'estimation varie en fonction de la nécessité ou non du marquage des arbres à estimer. Ainsi, lorsque le vendeur est un propriétaire privé, c'est au scieur qu'incombe généralement le marquage contrairement aux autres fournisseurs qui marquent les bois au préalable.

La longueur de cette opération par rapport aux autres peut être justifiée par deux raisons. La première est l'enjeu qu'elle représente, puisqu'elle permet d'estimer le prix des bois et de déterminer leurs caractéristiques. La deuxième raison est le rapport entre les volumes de bois estimés et ceux qui sont effectivement achetés. En effet, dans le cas d'une vente de gré à gré auprès des propriétaires privés, l'effectivité de l'achat est soumise au résultat de la négociation entre le propriétaire et le scieur. Dans le cas des ventes avec appel à la concurrence (appels d'offres ou enchères), le résultat dépend des propositions de prix par les concurrents.

« C'est la visite qui prend le plus de temps car c'est là qu'il y a un enjeu majeur sur le prix. Les bois déjà abattus sont plus faciles à contrôler. »

« Si vous visitez une coupe qui a déjà été marquée, le marquage est fait sur un catalogue, vous avez le cube, le nombre de pieds, vous n'avez plus qu'à passer dans la coupe et regarder les arbres, sur une parcelle de 10 ha pour 200 m³, je mets à peu près une heure et demie pour sonder et faire une estimation. Si vous passez sur une parcelle où il n'y a rien de marqué, faire l'estimation et donner le prix, c'est trois heures. De gré à gré avec les propriétaires, c'est moi qui marque les bois. Parfois on passe plus de trois heures, on passe une demie journée parce qu'il faut discuter. Je parle avec le proprio, ce qu'il veut faire de la parcelle, pourquoi il veut couper, qu'est-ce qu'il veut couper, comment il veut couper, où sont ses sorties. »

« Si vous achetez dans un cahier de ventes, ça va relativement vite. Si vous achetez chez des propriétaires comme vous pouvez acheter sur le capot de la voiture comme ça peut être pesant. J'ai dû mettre 2 ans pour acheter un bout de bois! ça dépend s'il veut vendre, s'il veut juste un prix... »

« L'estimation, ça dépend... Par exemple, dans les ventes publiques, vous pouvez visiter 40 lots et en acheter 2. »

« Pour les scieries qui ont un acheteur ça coûte. Ça coute le carburant, ça coute le chauffeur, c'est trois quatre jours, et si il va à une vente et qu'il n'achète rien, tout ça fera que le mètre cube va coûter plus cher. »

« L'estimation, c'est une personne à temps plein. Vous allez en forêt, vous allez voir 20 000 m³ de bois, vous ne savez pas si vous allez avoir un seul lot. Vous passez une semaine, deux semaines complètes en forêt, vous passez le week-end à calculer vos fiches, vous allez à la vente, si vous n'avez pas de chance, vous avez rien. Ou vous aurez 200 m³, 300 m³ et vous n'aurez pas d'explication...donc vous êtes obligé de fouiller tout partout. »

« C'est surtout la partie estimation qui prend du temps. Compte tenu du mode d'achat, vous n'achetez à peu près en moyenne que 5 à 10% de ce que vous visitez. Ça fait partie de l'intérêt du contrat. La personne qui s'occupe de l'estimation fait 80 000 km/an. »

« Les bois vendus sur catalogue par les coopératives ou les experts, on gagne du temps, par contre avec moins de résultats. Par exemple, je peux visiter 15 parcelles et acheter une ou pas du tout. »

- Les procédures administratives

Pour rappel, les procédures administratives englobent plusieurs opérations comme celles relatives à l'organisation de la logistique, les opérations de facturation, les procédures de déclarations de chantiers, etc. Ce sont néanmoins les procédures relatives à la labellisation (labellisation PEFC et label UE, à titre d'exemple) qui semblent peser. En effet, dans certains cas, les scieurs sont tenus de fournir à leurs acheteurs des documents de traçabilité des bois garantissant l'origine des bois ainsi que le respect des contraintes environnementales. On note toutefois un effet « perception » qui peut faire que ces procédures ne soient pas objectivement longues mais que les scieurs les évaluent ainsi parce qu'ils trouvent qu'elles ne sont pas respectées par les concurrents ou qu'ils trouvent la procédure lourde.

« L'administratif c'est pas grand-chose. C'est vérifier les factures à la fin du mois...ce qui prend du temps tous les jours c'est le PEFC. »

« [les procédures administratives, y'en a forcément, ne serait-ce que par rapport aux contrats d'exploitation forestière, aux déclarations de chantiers, aller demander aux propriétaires forestiers des certificats d'origine non controversée. Ça ne prend pas un temps colossal mais c'est quelque chose qu'on n'aime pas faire et qui n'est pas agréable. »

« Dans les procédures administratives, ce qui prend le plus de temps, c'est tout ce qui est relatif à la labellisation, au PEFC. C'est bien de le faire, mais tout le monde ne le fait pas et beaucoup trichent, et ils ne sont pas sanctionnés. »

- La négociation

La rapidité de la négociation est favorisée par des facteurs comme un accès facile à l'information sur le prix ainsi qu'une relation de confiance entre l'acheteur et le fournisseur. Néanmoins, cette étape peut s'avérer longue lorsque le fournisseur est un propriétaire privé. En effet, il s'agit dans ce cas d'une négociation asymétrique puisqu'elle se déroule entre un professionnel (le scieur) et un particulier (le propriétaire forestier). De ce fait, le propriétaire

sera particulièrement vigilant sur les conditions d'exploitation de sa parcelle et sur l'offre de prix que lui fera le scieur d'autant plus qu'en général il ne vendra ses bois qu'une fois ou deux dans sa vie. Cette vigilance peut se justifier également par la mauvaise réputation que semble détenir les scieurs du fait de vieilles pratiques abusives (malhonnêtes).

« La relation de confiance fait que ça va vite. »

« C'est le prix de marché, tout le monde est au courant. »

« Parfois ça va vite et parfois non. Et quand ça traîne, c'est qu'on aura pas le lot et que le gars est en train de faire une surenchère avec un autre collègue. Mais quand on s'est mis d'accord sur le lot, on fait signer le contrat sur le champ, on pose un chèque, et terminé. »

« Avec les privés, on fait une offre, mais qui sert à vendre au plus cher. »

« Parfois il vaut mieux être persuasif avec un proprio et passer une demie journée, que de perdre une semaine de visite pour avoir 200 m³ de bois. Mais le problème c'est que, si vous n'arrivez pas à convaincre le proprio et qu'il a des doutes -parce que notre métier est considéré comme un métier de maquignons à cause d'une certaine réputation de scieurs qui a duré très longtemps, parce qu'ils ont un marquage et des offres comme des fous- qu'il pense que sa parcelle est maltraitée, qu'on lui a pas fait une offre valable, tout le travail de marquage que j'ai fait, ça sera un autre collègue qui a proposé plus qui aura le lot. Donc quand on démarche un proprio, il faut le convaincre. Cette idée qu'ont les gens qu'on est des voleurs, c'est très dur... »

- Le contrôle

La durée de cette procédure peut dépendre du type de bois acheté, des outils mobilisés, mais aussi du niveau de confiance du scieur envers son fournisseur.

« Ça [le contrôle] se fait de manière régulière mais c'est assez rapide. On a un système de photo pour identifier les bois. »

« On [le cubeur de la scierie] fait du contrôle des billons qui rentrent et on voit s'il y a des rebuts. Si c'est des bois de première éclaircie du douglas on sait qu'on aura des problèmes, mais sur d'autres bois, il n'y a pas de raison. Il y a un facteur humain qui est le chauffeur de machine, et qui va donc faire plus ou moins de la qualité sur sa coupe. Ça nous prend à peu près une heure par semaine. »

« Pour vérifier le cubage, on fait deux trois sondages dans le lot et on voit tout de suite. Et puis on connaît les fournisseurs. »

« C'est pour ça que le contrat m'arrange, parce que je ne vais pas aller voir le bois, je ne le fais que lors de la réception. J'ai été hier matin pour la réception, et comme c'est à côté de chez moi, j'ai mis cinq dix minutes pour m'y rendre. En prenant le temps de discuter avec l'agent ONF en question, en prenant le temps de voir quelques bois pour vérifier le volume et les qualités (parce qu'il y a des qualités A, B, C, D), pour une grosse quantité, ça me coûte une à deux heures pour 600 m³. Si je ne fais que ça (achat par contrat), sur une année, ça me coûterait 40 heures (une semaine). Ce n'est pas comme ça tout le temps, ce n'est pas très court, mais c'est court. »

« Le contrôle de la qualité en bord de route ou sur le parc à bois, ça me prend 70% du temps [de l'approvisionnement]. »

« Je ne fais confiance à aucun de mes fournisseurs. Je fais une estimation en forêt et une autre en bord de route. »

« Je fais un contrôle systématique de toutes les grumes achetées. »

5.3. Synthèse des résultats

L'analyse que nous avons menée montre que la comptabilisation des coûts de transaction n'est pas une pratique habituelle chez les scieurs. La moyenne des scores attribués aux tâches de l'approvisionnement est de 2,36/5, indiquant que le processus d'approvisionnement occupe une durée plutôt moyenne chez les scieurs. Les scores les plus élevés sont détenus par les procédures administratives (3,11/5), la visite et l'estimation des bois en forêt (3,08/5) ainsi que le contrôle des bois en bord de route ou en scierie (2,37/5). Pour le contrôle, mais surtout l'estimation, ces scores se justifient par l'importance de vérifier la qualité des bois qui joue un rôle primordial dans la rentabilité de l'activité des scieurs. Pour les procédures administratives, ce sont les démarches de labellisation qui justifient cette longueur. La recherche d'informations sur les prix, la prospection pour trouver un fournisseur ou une nouvelle offre ainsi que la négociation, détiennent des scores plutôt faibles (1,82 pour la recherche d'information et 1,95 pour les deux autres). La rapidité de ces opérations est favorisée par des facteurs comme le réseau informel, la confiance envers le fournisseur ainsi qu'une taille de marché réduite.

En analysant la volonté des scieurs d'acheter avec des contrats d'approvisionnement, on trouve que 55% des enquêtés sont favorables à ce dispositif. L'avantage attendu réside notamment dans le gain de temps et monétaire sur les opérations d'exploitation forestière,

l'estimation des bois en forêt ainsi que le contrôle en bord de route. Le refus ou les réticences à acheter avec des contrats, qui concernent respectivement 18 et 26% des enquêtés, ont deux origines. Premièrement, sur le principe, les contrats sont critiqués par rapport à leur manque de souplesse et à la dépendance qu'ils induisent vis-à-vis du fournisseur. Par conséquent, d'un point de vue stratégique, cette méthode d'achat est considérée comme non viable et ne doit concerner qu'une proportion des bois achetés. Deuxièmement, sur la faisabilité et l'effectivité des avantages espérés, c'est la politique de gestion de l'ONF et surtout sa capacité à appliquer les contrats comme prévus qui sont remis en cause. En effet, d'une part, la politique de gestion de l'ONF est jugée par certains scieurs comme orientée par le profit et non la durabilité de la filière. D'autre part, des expériences passées de contrats ont montré le déficit de ce dispositif concernant le cadencement et la qualité des bois vendus. Ce succès mitigé des contrats est confirmé par l'analyse empirique. En effet, le volume acheté en contrats d'approvisionnement n'a pas un effet significatif, ni sur la satisfaction des scieurs de leurs conditions d'approvisionnement ni sur la durée de l'approvisionnement.

Les pratiques d'approvisionnement ont un effet incontestable sur les conditions d'approvisionnement des scieurs. Ainsi, nous avons montré que lorsqu'on augmente le volume acheté de gré à gré d'une unité, l'odds ratio d'être satisfait est multiplié par 1,08. De la même manière, l'augmentation d'une unité du volume acheté rendu-scierie multiplie l'odds ratio d'être satisfait par 1,06. Nous avons également trouvé que le volume acheté en appels d'offre a un effet significatif positif sur la durée de l'approvisionnement avec un coefficient de 0,01. Enfin, le volume acheté auprès des coopératives a un effet significatif aussi bien sur la durée de l'approvisionnement que sur la volonté d'acheter avec des contrats d'approvisionnement. Ainsi, lorsque le volume acheté auprès des coopératives augmente d'une unité, l'odds ratio de vouloir acheter avec des contrats baisse de 0,96% et le temps de l'approvisionnement est réduit de 0,01.

Concernant les autres variables, la forte pression subie par le chêne est bien montrée dans les résultats, puisque les scieurs de résineux sont 12 fois plus satisfaits de leurs conditions d'approvisionnement que les scieurs de feuillus. Par ailleurs, le fait d'être un scieur de résineux réduit de 7% le souhait d'acheter avec des contrats d'approvisionnement. L'effet de la région à proprement parler n'apparaît pas. Néanmoins, les statistiques descriptives de notre échantillon font bien ressortir la distinction entre la région Est et les régions AuRA et Autres

en termes de pratiques d'approvisionnement. Ainsi, on peut dire que l'effet des pratiques d'approvisionnement traduit dans une certaine mesure l'effet de la région. Cela apparaît explicitement dans l'estimation des modèles avec la variable dépendante « souhait contrat », puisque l'effet de la région est capté par la variable « volume coopératives ». Enfin, empiriquement, il ressort que les scieurs qui sont dans des structures collectives sont 25 fois plus satisfaits que ceux qui ne le sont pas. Par ailleurs, le fait d'être dans ces structures a un effet significatif négatif sur le temps passé sur l'approvisionnement. Ces résultats suggèrent un éventuel « effet réseau » qu'il convient d'explorer davantage.

6. Conclusion

Dans ce travail, nous avons proposé d'étudier le potentiel des contrats d'approvisionnement comme dispositif de sécurisation de l'approvisionnement en bois des scieries. Nous avons analysé d'un côté la perception des scieurs de leurs conditions d'approvisionnement et leur position par rapport à ces contrats. D'un autre côté, nous nous sommes intéressés à l'impact de ces derniers (les contrats) sur les coûts de transaction supportés par les scieurs. Nos résultats montrent que la comptabilisation des coûts de transaction n'est pas une pratique courante chez les scieurs et que le processus d'approvisionnement occupe une durée relativement moyenne. Néanmoins, 55% des scieurs interrogés se déclarent favorables ou très favorables aux contrats d'approvisionnement. La motivation principale de ce choix est la réduction du temps de visite et d'estimation des bois, notamment dans le cas de scieries de taille importante. Les résultats statistiques ont en effet bien confirmé que l'estimation en forêt est l'opération la plus longue et que la durée de l'approvisionnement augmente à mesure que le volume de bois acheté s'accroît.

Ces premiers résultats qui plaident en faveur des contrats sont néanmoins nuancés. En effet, les scieurs ont exprimé plusieurs réserves à l'égard des contrats. Sur le plan stratégique, les contrats sont considérés comme une solution non viable du fait de leur manque de souplesse et de la dépendance qu'ils créent vis-à-vis des fournisseurs. Sur la faisabilité et l'efficacité, l'expérience de certains scieurs montre que les contrats n'ont pas toujours l'effet attendu. Les problèmes de cadencement et de qualité constatés sont à l'origine du manque de confiance à l'égard de l'ONF. Les résultats empiriques corroborent ce succès mitigé des contrats, puisque

le fait d'acheter avec des contrats n'a pas un effet significatif, ni sur la satisfaction des scieurs de leurs conditions d'approvisionnement ni sur la durée de leur approvisionnement.

Alternativement aux contrats, la confiance, la souplesse des relations avec les fournisseurs ainsi que le réseau informel ont un rôle central dans l'amélioration des conditions d'approvisionnement des scieurs. Nos résultats montrent en effet que l'accès à l'information sur le prix et sur l'offre via des sources informelles réduit la durée des opérations de prospection et de recherche d'information. Une relation de confiance avec les fournisseurs facilite quant à elle la négociation et réduit le temps de contrôle de la qualité des bois. Le rôle de ces facteurs apparaît en outre à travers l'effet significatif du volume acheté auprès des coopératives sur plusieurs des variables expliquées. La relation avec les coopératives est décrite par certains scieurs comme une relation fondée sur la souplesse et souvent régie par un simple accord verbal. Ainsi, on a vu que l'augmentation du volume acheté auprès des coopératives réduit la durée de l'approvisionnement et entraîne une baisse de la probabilité de vouloir acheter en contrats d'approvisionnement.

La cohérence des résultats auxquels notre étude a abouti montre la pertinence de notre méthodologie consistant à mixer les approches quantitative et qualitative. Notre étude comporte néanmoins quelques limites qui dessinent quelques horizons pour des travaux futurs. Premièrement, malgré la cohérence des statistiques descriptives de notre échantillon et la robustesse de nos résultats, l'extension de l'enquête à un plus grand nombre de scieries sur les territoires enquêtés et sur d'autres territoires, apporterait une plus grande richesse à l'analyse, notamment grâce à une plus grande diversité de profils de scieries. Deuxièmement, l'utilisation du temps de l'approvisionnement comme proxy pour évaluer les coûts de transaction est à la fois cohérente et nous a permis de dépasser plusieurs contraintes de moyens et de méthodes. Néanmoins, les résultats seraient plus précis avec le calcul du coût de transaction monétaire. Enfin, nous avons centré l'analyse sur les scieurs. Or ces derniers, ne sont qu'une partie des transactions liés à l'approvisionnement. Il serait ainsi intéressant de d'inclure les fournisseurs dans l'analyse. Poss (2007) par exemple, soutient que les coûts de transaction liés à la vente des bois par les propriétaires forestiers privés peuvent être un frein majeur au consentement à vendre de ces derniers.

Bibliographie

- Amblard, L., Taverne, M., Guerra, F., 2012. L'organisation d'une filière d'énergie renouvelable : l'approvisionnement en bois-énergie en Auvergne. Colloque "Les énergies renouvelables", Clermont-Ferrand, 30 septembre 2011.
- CESER Auvergne, 2012. La forêt en Auvergne: quel futur pour une ressource d'avenir?
- Chalayer, M., 2019. Scierie 2025: La scierie française en questions. Edition L'Harmattan. 204 p.
- Coggan, A., Buitelaar, E., Whitten, S., Bennett, J., 2013. Factors that influence transaction costs in development offsets: Who bears what and why? *Ecological Economics* 88, 222–231. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.12.007>
- Costa, S., Tranquart, V., Guégan, O., 2005. Les coûts résultant des transactions commerciales du Sapin-Epicéa dans le massif des Vosges. *Revue Forestière Française*.
- Eygu, H., Gulluce, A.C., 2017. Determination of Customer Satisfaction in Conservative Concept Hotels by Ordinal Logistic Regression Analysis. *Journal of Financial Risk Management* 06, 269. <https://doi.org/10.4236/jfrm.2017.63020>
- FCBA, 2020. Memento FCBA 2020.
- Gondard Delcroix, C., 2006. La combinaison des analyses qualitative et quantitative : pour une étude des dynamiques de pauvreté en milieu rural malgache (Thèse de doctorat). Bordeaux 4.
- IGN (Institut géographique national), 2016. Portrait forestier des treize régions métropolitaines. La feuille de l'Inventaire Forestier.
- IGN (Institut géographique national), 2014. La forêt en chiffres et en cartes. Le memento 2014.
- Lemercier, C., Ollivier, C., Zalc, C., 2015. Articuler les approches qualitatives et quantitatives. Plaidoyer pour un bricolage raisonné, in: *Devenir Chercheur: Écrire Une Thèse En Sciences Sociales*. Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales.
- Lenglet, J., 2020. Quand la filière sort du bois : les nouvelles dynamiques territoriales des ressources et des proximités au sein du secteur forêt-bois.
- Lenglet, J., 2018. Réorganisation institutionnelle et recomposition territoriale de la filière forêt-bois française : exemples du Grand-Est et de la Franche-Comté. *Annales de géographie* N° 721, 254–278.
- Marty, G., 2015. Le catalogue des ventes de l'ONF. *Revue d'anthropologie des connaissances* Vol. 9, n° 1, 83–100.

- Marty, G., 2010. Des enchères de bois public aux contrats d’approvisionnement ? *Économie rurale. Agricultures, alimentations, territoires* 111–122.
<https://doi.org/10.4000/economierurale.2792>
- Murad, H., Fleischman, A., Sadetzki, S., Geyer, O., Freedman, L., 2003. Small Samples and Ordered Logistic Regression. *American Statistician - AMER STATIST* 57, 155–160.
<https://doi.org/10.1198/0003130031892>
- Nooteboom, B., 1993. Firm Size Effects on Transaction Costs. *Small Business Economics* 5, 283–295.
- Office National des Forêts, 2008. *Ventes de bois des forêts publiques-textes essentiels*.
- ONF, 2021. *L’ONF en chiffres*.
- Poss, Y., 2007. Le prix de la tranquillité. *Revue forestière française*.
- Porter, M.E., 1982. *Choix stratégique et concurrence*. Edition Economica. 426 p.
- Porter, M.E., 1989. How Competitive Forces Shape Strategy. In: *Readings in strategic management*. Palgrave. London, 1989 p. 133-143.
- Shahab, S., Clinch, J.P., O’Neill, E., 2019. An Analysis of the Factors Influencing Transaction Costs in Transferable Development Rights Programmes. *Ecological Economics* 156, 409–419. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.05.018>
- Silva, O., Sousa, Á., 2016. Gestion de la qualité dans la recherche en sciences sociales et humaines: articulation entre les méthodes qualitatives et quantitatives 171–181.
- Vautherin, P., 1998. Le coût de la fonction approvisionnement en scierie. *CTBA INFO*.

Annexes

Annexe 1. Guide d'entretien

Bonjour, je m'appelle Ghenima Amer, je suis étudiante en doctorat à l'INRAE et à l'université de Clermont-Ferrand. Mon travail de recherche porte sur les possibilités de développement de la filière bois en France. Je m'intéresse entre autres aux pratiques d'approvisionnement en bois des scieurs et à leur perception de leurs conditions d'approvisionnement.

Les réponses sont bien sûr confidentielles et seront traitées de manière anonyme.

L'entretien devrait durer environ 20 minutes.

Nom de l'entreprise :

Département de localisation :

Statut du répondant :

Date de l'entretien :

I/Questions d'identification

1. En quelle année votre scierie a-t-elle été créée ?
2. Quel est le volume moyen de bois que vous achetez annuellement (mètre cube bois rond au réel et sur écorce)?
3. Quel est le volume grumes moyen que vous sciez annuellement (c'est l'écart entre le volume acheté et la perte de matière)?

4. Quels sont les pourcentages de feuillus et de résineux que vous sciez ?

Feuillus Résineux

5. Quelles sont les essences que vous sciez ?

Essence principale

Essences autres

6. Quels sont les diamètres minimum et maximum des grumes que vous sciez (en cm)?

Minimum

Maximum

7. Quels sont les produits de votre scierie ?

Produit principal

Produits autres

8. Quels sont les départements de votre approvisionnement ?

| |
|--|
| |
|--|

9. Quel est le nombre de salariés de votre entreprise ?

10. Est-ce que vous appartenez à un groupement de scieurs ?

Oui non

11. Combien de responsables des achats avez-vous?

II/ Les pratiques d'approvisionnement

12. Quels sont les volumes de bois que vous achetez auprès de chacun de vos fournisseurs (en pourcentage)?

| Fournisseur | Volume |
|------------------------|--------|
| ONF | |
| Coopératives | |
| Propriétaires privés | |
| Exploitants forestiers | |
| Autres | |

13. Indiquez le volume correspondant (en pourcentage) à chacune des procédures d'achat suivantes

Enchères (adjudication, ventes groupées)

Appel d'offre (soumission cachetée)

Contrat d'approvisionnement

Gré à gré (contrat simple, besoin ponctuel)

14. Indiquez le volume correspondant (en pourcentage) pour chacun des modes d'achat suivants

Sur pied Bord de route Rendu scierie

15. Quels sont les critères qui déterminent votre choix de fournisseurs ?

16. Quelles sont les éventuelles difficultés que vous avez rencontrées dans votre approvisionnement (sur les 5 dernières années) ?

17. Quel est votre niveau de satisfaction de vos conditions d'approvisionnement (sur les cinq dernières années)?

Très insatisfait 1 Insatisfait 2 Ni satisfait, ni insatisfait 3 Satisfait 4 Très satisfait 5

18. Dans quelle mesure seriez-vous favorable à acheter plus dans le cadre de contrats d'approvisionnement?

Très défavorable Défavorable Ni défavorable, ni favorable
Favorable Très favorable

Pourquoi ?

III/Perception de l'incertitude et des coûts de votre approvisionnement

19. Comment estimez-vous la durée que vous passez sur chacune des tâches suivantes

(1 pour pas du tout longue, 5 pour très longue)

Recherche d'informations (suivi des cours de bois, connaissance de la concurrence dans votre bassin d'approvisionnement, connaissance de l'offre, etc.)

1 2 3 4 5

Procédures administratives

1 2 3 4 5

Prospection (trouver un nouveau fournisseur ou une nouvelle offre)

1 2 3 4 5

Négociation-achat (définir les termes de l'échange lors d'un achat)

1 2 3 4 5

Visite et estimation des coupes

1 2 3 4 5

Contrôle de la qualité en bord de route ou sur le parc à bois

1 2 3 4 5

20. Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec chacune des affirmations suivantes (1 pas du tout d'accord, 5 tout à fait d'accord) ?

L'incertitude et le coût de mon approvisionnement sont réduits par

-Une bonne insertion dans un réseau d'acheteurs

1 2 3 4 5

-Le fait que mon achat soit régi par un contrat écrit

1 2 3 4 5

-Une relation de confiance avec mon fournisseur

1 2 3 4 5

-Le fait d'acheter dans le cadre d'un contrat d'approvisionnement

1 2 3 4 5

Annexe 2. Typologie des fournisseurs, méthodes de vente et modes de vente de bois des scieries

1. Les fournisseurs

Les fournisseurs de bois des scieries en France peuvent être répartis en quatre groupes.

L'Office national des forêts. Il s'occupe de la gestion et de la vente des bois issus des forêts des propriétaires publics, État (forêts domaniales), communes et autres collectivités territoriales (Office National des Forêts, 2008).

Les coopératives. Elles s'occupent de la gestion et de la vente des bois des forêts de leurs adhérents qui sont des propriétaires privés.

Les propriétaires forestiers privés qui vendent les bois issus de leurs forêts.

Les exploitants forestiers sont des négociants qui peuvent acheter soit à l'ONF, soit aux propriétaires privés et revendent (parfois après découpe et tri) aux scieurs.

On trouve également d'autres fournisseurs comme les experts forestiers qui assurent des prestations pour le compte de propriétaires privées, en général de surfaces assez conséquentes (CESER Auvergne, 2012), des scieurs qui revendent des bois qui ne correspondent pas à leurs besoins, les syndicats de propriétaires forestiers, etc.

2. Les méthodes d'approvisionnement

Chacun des fournisseurs présentés a la possibilité de vendre avec une ou plusieurs méthodes. On peut distinguer deux familles de méthodes : les ventes avec mise en concurrence des acheteurs et les ventes de gré à gré (sans mise en concurrence).

Les ventes avec mise en concurrence : il s'agit des ventes où le vendeur fait connaître aux acheteurs potentiels, par différents moyens, les conditions de vente (volume, qualité et emplacement) des lots qu'il propose ainsi que les clauses de vente générales et particulières. Il reçoit par la suite les propositions de prix des candidats, et le lot en question est attribué au plus offrant. Dans le cas des *ventes aux enchères descendantes*, la concurrence est orale et la vente est conclue dès que l'acheteur se déclare. Dans le cas des *appels d'offre*, la procédure est écrite puisque les acheteurs présentent souvent « sous pli cacheté » ou par voie électronique le montant qu'ils proposent et le plus offrant acquiert le lot. Quelle que soit la procédure de soumission, avant de proposer un prix, les acheteurs potentiels réalisent une estimation des lots proposés à la vente.

Les ventes de gré à gré : ce sont les ventes où l'acheteur et le vendeur peuvent négocier le prix, la quantité et les clauses de vente sans qu'il n'y ait mise en concurrence. Le vendeur peut choisir, le cas échéant, de consulter deux ou plusieurs acheteurs potentiels, et de conclure avec celui dont la proposition se révélera la plus intéressante. On distingue ici les contrats de vente simple (appelés « gré à gré » communément) et les contrats d'approvisionnements. Dans le cas d'une *vente simple*, le lot de bois vendu répond à un besoin ponctuel. Il est mis à la disposition de l'acheteur en une seule fois, et la mise à disposition se matérialise par la délivrance du permis d'exploiter. *Le contrat d'approvisionnement* répond à un besoin sur une plus longue durée (six mois à cinq ans). Il donne lieu à des mises à disposition ou livraisons successives pendant toute la durée prévue. Les révisions de prix sont généralement prévues à chaque fin de période.

3. Les modes d'approvisionnement

On les distingue notamment par la manière qui permet de mettre le produit à la disposition de l'acheteur. Il existe trois modes.

La vente sur pied : elle consiste à vendre des bois sur pied préalablement marqués ou désignés, à charge pour l'acheteur de les exploiter.

La vente de bois façonnés bord de route : le vendeur se charge d'exploiter les bois et de les livrer dans une place de dépôt en bord de route, à charge pour l'acheteur de les retirer de ces places de dépôt.

La vente rendu-scierie : Le vendeur se charge de l'exploitation et du transport des bois jusqu'à la scierie.

L'ensemble des relations entre les fournisseurs, les méthodes et les modes de vente de bois est synthétisé dans le Tableau 19.

| Méthode de vente | | Fournisseurs possibles | Modes de vente | | |
|--|---|------------------------|---|---|--|
| | | | Sur pied | Bord de route | Rendu-scierie |
| Ventes en mise avec concurrence | Appel d'offre (soumission sous pli cacheté) | ONF | -Exploitation à la charge de l'acheteur -Estimation à la charge du fournisseur et du vendeur | -Exploitation à la charge du fournisseur -Première estimation par le vendeur et estimation contradictoire par l'acheteur | Non concerné |
| | Enchères (concurrence orale) | Coop. | | | |
| | | Exploit. | | | |
| Vente de gré à gré (sans mise en concurrence, négociation entre acheteurs et vendeurs) | Contrat simple (besoin ponctuel) | Prop. privés | -Exploitation à la charge de l'acheteur | Non concerné | Non concerné |
| | | ONF | -Exploitation à la charge du fournisseur ou de l'acheteur | -Première estimation par le vendeur et estimation contradictoire par l'acheteur | -Transport des bois jusqu'à la scierie, assuré par le fournisseur -Cubage contradictoire réalisé par l'acheteur |
| | | Coop. | | | |
| | | Exploit. | | | |
| | Contrat d'appro. (approvisionnement sur une longue durée) | ONF | Non concerné | | |
| | Coop. | | | | |

Tableau 19. Synthèse des méthodes de ventes, des modes de vente et des fournisseurs de bois avec leurs principales caractéristiques.

Annexe 3. Les tâches relatives à l'approvisionnement à l'origine des coûts de transaction

Le processus d'approvisionnement en bois des scieries est constitué de plusieurs tâches.

1. la recherche d'informations

Elle se fait préalablement à l'achat des bois et revêt une importance stratégique pour les scieurs. Les informations collectées concernent principalement l'évolution des cours des grumes, puisque ces cours conditionnent grandement la rentabilité des scieries (Anderson et al., 2011), la connaissance de la concurrence dans le bassin d'approvisionnement, la connaissance de l'offre « spontanée » des bois, notamment dans le contexte d'une forêt appartenant majoritairement aux propriétaires privés.

La collecte de ces informations peut se faire via des canaux formels et/ou informels tels que le suivi des publicités pour les ventes avec appel à la concurrence, les relations avec les propriétaires des bois et les gestionnaires forestiers, les visites de prospection et les relations personnelles, pour les bois qui ne sont pas spontanément offerts.

2. la négociation de l'achat

Il s'agit d'un temps de rencontre entre le fournisseur et l'acheteur où les échanges peuvent porter sur différents éléments d'une transaction future et éventuellement passée, à savoir les qualités, les prix, les volumes, les cadencements et les relations de manière générale.

Le pouvoir de négociation peut dépendre de plusieurs facteurs. Du côté de l'acheteur, comme Michael Porter l'a précisé dans plusieurs de ses travaux (par exemple (Porter, 1982, 1989)), ce pouvoir dépend du nombre de fournisseurs, du degré de différenciation des produits qu'ils proposent et du coût que peut entraîner pour l'acheteur le fait de changer de fournisseur.

3. la visite et l'estimation des bois

Cette opération concerne les scieurs qui achètent le bois sur pied. Elle consiste à se rendre sur la coupe afin d'évaluer la qualité et le volume des lots de bois. Le volume est calculé à partir des tarifs de cubage qui se présentent sous la forme d'un tableau chiffré (appelé aussi table de cubage), d'un graphique ou encore d'une équation qui fournit le volume d'un arbre en fonction d'une ou plusieurs caractéristiques dendrométriques directement mesurables, relatives à celui-ci comme la hauteur, le diamètre, le défilement, la manière dont la tige diminue progressivement de diamètre, etc. Le volume total du lot est la somme de ces évaluations des tiges marquées (avec la marge d'erreur sur les mesures de diamètres, sur l'évaluation de la hauteur, sur le choix du tarif).

Lorsque le vendeur est un propriétaire forestier privé, l'estimation est généralement réalisée uniquement par le scieur, plus « professionnel » que le vendeur, pour que les deux s'entendent ensuite sur les arbres à couper et le prix de vente. Dans le cas des ventes aux enchères ou d'appels d'offres, organisés par l'ONF ou par d'autres fournisseurs, l'estimation des bois consiste en une visite de vérification. En effet, dans ce type de ventes, préalablement à l'estimation, le scieur reçoit du vendeur un catalogue (nommé aussi cahier-affiche pour l'ONF) qui décrit les lots proposés à la vente. L'estimation est alors une visite contradictoire qui vise à vérifier que les lots proposés correspondent à ce qui est décrit dans le catalogue.

Cette visite aide alors l'acheteur potentiel à choisir les lots pour lesquels il va soumissionner et à proposer un prix.

4. la réception, le cubage et le contrôle de qualité

On parle de réception lorsque les bois sont achetés façonnés en grumes ou en billons de sciage. Elle peut être réalisée sur le parterre de coupe en forêt, en bord de route ou sur le parc à bois en scierie. L'objectif du cubage est, soit de réaliser une première détermination du volume du bois, si cela n'a pas été fait par le fournisseur, soit de comparer au volume annoncé par le fournisseur (auquel cas on parle de « mesure contradictoire »). En effet, le cubage lorsqu'il est réalisé en forêt, notamment par le bûcherons manuellement, et notamment lorsque les conditions météorologiques sont défavorables, peut donner lieu à un manque de précision et des erreurs de report. Par ailleurs, les billons peuvent être mélangés sur les places de dépôts. Le cubage peut être manuel ou automatisé. Le contrôle de qualité peut se faire visuellement ou par le moyens d'outil (un système photo qui permet d'identifier les bois).

5. les procédures administratives

Il s'agit de ce qui n'est pas fait sur le terrain, donc du travail de bureau qui peut être à cheval sur les différentes étapes. Ces procédures concernent par exemple l'établissement des contrats et des factures, la prise de connaissance et la vérification de la conformité à des mesures gouvernementales, les démarches de labellisation, les opérations d'organisation de la logistique relative à l'approvisionnement, les démarches relatives à l'exploitation forestière et aux déclarations de chantiers, etc.

| Variable | | Pourcentage dans l'échantillon | | |
|------------------------------------|----------------------|--------------------------------|--------|----------|
| Année de création de la scierie | Avant 1970 | 60,52 | | |
| | 1970-2000 | 23,68 | | |
| | Après 2000 | 15,78 | | |
| Volume de bois acheté | Moins de 20 000 | 55,26 | | |
| | [20 000-75 000] | 31,57 | | |
| | Plus de 75 000 | 13,15 | | |
| Essences sciées | Résineux | 63,2 | | |
| | Feuillus | 38,8 | | |
| Diamètre moyen scié | [15-35[| 5,26 | | |
| | [35-57,5[| 31,57 | | |
| | [57,5-85] | 60,52 | | |
| Localisation | AuRA | 50 | | |
| | Est | 36,84 | | |
| | Autre | 13,15 | | |
| Appartenance à un groupement | Oui | 63 | | |
| | Non | 37 | | |
| Situation financière ³⁴ | Très fragile | 7,89 | | |
| | Fragile | 7,89 | | |
| | Moyenne | 15,78 | | |
| | Correcte | 7,89 | | |
| | Bonne | 31,57 | | |
| | Très bonne | 28,94 | | |
| Fournisseur | | Est | AuRA | et Autre |
| | Volume ONF | 30,26% | 52,71% | 17,11% |
| | Volume Coop. | 19,86% | 13,57% | 23,55% |
| | Volume Privés | 22,69% | 11,92% | 29% |
| | Volume Exploitants | 19,89% | 15,71% | 22,34% |
| | Volume Autre | 7,28% | 6,07% | 8% |
| Méthode de vente | Volume Enchères | 29,89% | 36,26% | 25,95% |
| | Volume Contrats | 18,30% | 32,74% | 9,39% |
| | Volume Gré à gré | 51,80% | 30,98% | 64,65% |
| Mode de vente | Volume Sur pied | 44,51% | 27,14% | 54,64% |
| | Volume Bord de route | 41,14% | 59,64% | 30,34% |
| | Volume Rendu-scierie | 14,34% | 13,21% | 15% |

Tableau 20. Répartition des scieries enquêtées selon les différentes modalités des variables.

³⁴ Nous avons évalué la situation financière des scieries enquêtées à partir des données de la dernière année déclarée auprès des Greffes des Tribunaux de Commerce. Notre évaluation tient compte de quatre indicateurs en priorité: l'excédent brut d'exploitation, le chiffre d'affaires, le taux d'amortissement, et le taux d'endettement.

Conclusion générale

1. Rappel des principaux résultats

La sécurité d’approvisionnement des industries du secteur forestier est une question récurrente en France, aussi bien dans les discours institutionnels que chez les acteurs de la filière forêt-bois. En dépit de ce constat, il n’existe pas, à notre connaissance, de travail intégrant l’ensemble des facteurs, technicoéconomiques et institutionnels, l’essentiel des efforts de recherche s’étant concentré sur l’amont forestier ou sur l’analyse macroéconomique de la filière. Nous avons identifié trois groupes de travaux qui offrent des éléments de compréhension des facteurs en jeu et des mécanismes de sécurisation : les études de disponibilité de la ressource forestière, les études du comportement des propriétaires forestiers privés et les études d’optimisation des chaînes d’approvisionnement. Notre travail a montré que l’analyse sous l’angle de la théorie des coûts de transaction permet une approche intégrative en prenant en compte des éléments d’analyse existants et en ajoutant de nouveaux éléments.

Le cadre d’analyse développé dans le premier article a mis en exergue trois groupes de facteurs qui ont un effet sur la sécurité d’approvisionnement en bois : les effets de compétition et de complémentarité entre les industries de la filière forêt-bois, les interdépendances entre les marchés (produits bois, construction, énergie), les facteurs naturels (caractéristiques de la ressource, conditions climatiques et météorologiques) et le comportement des vendeurs de bois et des propriétaires forestiers privés. Les interactions entre ces facteurs déterminent le prix du bois, sa disponibilité et sa qualité, qui se répercutent *in fine* sur les coûts d’approvisionnement supportés par les industriels. Ces facteurs traduisant la présence de l’incertitude, de la spécificité des actifs et de l’opportunisme, la théorie des coûts de transaction suggère que pour minimiser les coûts de transaction liés à l’approvisionnement, les acteurs peuvent avoir recours aux contrats de moyen à long terme (alternativement à l’intégration verticale ou au recours au marché spot). Ces propositions théoriques ne sont pas spécifiques à l’industrie du bois, mais plusieurs caractéristiques de cette filière (durée de constitution de la ressource en bois, dispersion et hétérogénéité de la ressource) suggèrent une importance particulière des coûts de transaction. Parce que

l'industrie du sciage est le maillon central de la filière forêt-bois et qu'elle a bénéficié de peu d'attention dans la littérature, nous avons choisi de tester empiriquement ces propositions théoriques sur l'approvisionnement des scieries en France.

Dans le deuxième article, en supposant que les coûts d'approvisionnement des scieries ont un fort impact sur leur coût de production et donc sur les volumes de sciage produits, nous avons testé l'effet des caractéristiques physiques de la forêt et du régime de la propriété forestière sur la production de sciage en France. Profitant de la possibilité de travailler sur des données de panel spatialisées, nous avons mené l'analyse à l'échelle des départements et des arrondissements métropolitains, en utilisant des modèles de panel spatiotemporels. Nos résultats confirment l'effet de ces facteurs. Ainsi, la surface de la propriété forestière et la surface relative en conifères ont un effet significativement positif sur la production de sciage, tandis que la superficie relative de forêt privée et la surface relative difficilement exploitable ont un effet significativement négatif. Ces variables ont un effet à l'échelle des unités spatiales où elles sont mesurées mais également à l'échelle des unités spatiales voisines. Il ressort par ailleurs des disparités dans les effets estimés entre les sciages feuillus et les sciages conifères et entre le département et l'arrondissement.

Dans le troisième et dernier article, nous avons testé la proposition selon laquelle les contrats d'approvisionnement de moyen à long terme permettent de sécuriser l'approvisionnement des scieries. Pour cela, nous avons mené une enquête auprès de 38 scieurs de différents territoires en France. Les réponses ont fait l'objet d'une double analyse, qualitative et quantitative. Nos résultats montrent que 55% des scieurs interrogés se déclarent favorables ou très favorables aux contrats d'approvisionnement. Ils sont principalement motivés par la réduction du temps de visite et d'estimation des bois, notamment dans le cas des scieries de taille importante. Ce résultat est néanmoins plus nuancé qu'on aurait pu s'y attendre. Les scieurs ont exprimé plusieurs réserves à l'égard des contrats. Sur le plan stratégique, les contrats sont considérés comme une solution non viable du fait de leur manque de souplesse et de la dépendance qu'ils créent vis-à-vis des fournisseurs. Concernant leur faisabilité et leur efficacité, l'expérience de certains scieurs montre que les contrats n'ont pas toujours l'effet attendu. Les problèmes de cadencement et de qualité constatés sont à l'origine du manque de confiance à l'égard de l'ONF. Alternativement aux contrats, la confiance, la souplesse des

relations avec les fournisseurs ainsi que le réseau informel jouent un rôle central dans l'amélioration des conditions d'approvisionnement des scieurs.

2. Les principaux apports de la thèse

Les apports de la thèse se situent essentiellement à trois niveaux.

Sur le plan conceptuel, la proposition d'un cadre d'analyse complet constitue une avancée considérable pour la compréhension de la problématique de la sécurisation de l'approvisionnement en bois et offre des perspectives intéressantes pour des travaux futurs. Le cadre proposé nous apparaît pertinent parce qu'il permet de saisir la diversité des facteurs qui sont en jeu. Il montre par ailleurs que l'analyse de la problématique de sécurisation de l'approvisionnement en bois doit faire face, avant tout, à la grande complexité des interactions entre les facteurs à prendre en considération. Ces facteurs sont d'origine naturelle, économique, humaine et institutionnelle. Ils sont liés aux caractéristiques de la ressource bois mais également à celles des acteurs de la filière forêt-bois (acheteurs, vendeurs, acteurs institutionnels, etc.).

Sur le plan empirique, la thèse propose des approches et des méthodes d'analyse innovantes en comparaison des travaux antérieurs sur la question de l'approvisionnement en bois. Dans le deuxième article, l'apport réside notamment dans la valorisation de données issues de diverses sources et dans la constitution d'une riche base de données, redéployable dans d'autres analyses. La prise en compte conjointe des dimensions spatiale et temporelle permet de traiter de façon plus réaliste les relations entre les différentes variables. Enfin, l'analyse à l'échelle des départements et des arrondissements permet une modélisation plus fine que l'échelle régionale habituellement mobilisée. Dans le troisième article, le mixage des approches qualitative et quantitative permet une plus grande robustesse de l'analyse. En outre, il permet une meilleure prise en compte de la diversité des aspects analysés. Les études empiriques menées montrent cependant que l'analyse de la problématique de sécurisation de l'approvisionnement en bois se heurte au défi majeur de disponibilité des données et de leur qualité.

Sur le plan opérationnel, au vu de la diversité des facteurs qui influent sur l'approvisionnement en bois, la thèse montre que la sécurisation de l'approvisionnement des industries du bois doit être le fruit d'actions jointes à plusieurs niveaux. Elle confirme la nécessité de la prise en

compte des spécificités de chaque territoire, de chaque acteur et des caractéristiques de chaque ressource pour sécuriser l'approvisionnement. Cela est apparu notamment sur deux points. Tout d'abord, dans le deuxième article, à travers la divergence des résultats pour la ressource feuillue et conifère, et entre le niveau des départements et le niveau de l'arrondissement. D'autre part, à travers les résultats du troisième article montrant la position des scieurs par rapport au contrat qui va à l'encontre de l'idée répandue de l'efficacité des contrats.

3. Limites de la thèse

Nos résultats présentent cependant certaines limites, qui appelleront des travaux complémentaires futurs. Certaines de ces limites sont inhérentes aux données accessibles. Ainsi, il n'a pas été possible de capter à une échelle satisfaisante les conditions de marché (par exemple les prix des bois), et donc de pouvoir peser leur importance par rapport aux facteurs physiques et au régime de la propriété forestière. Lors des entretiens, il a également été difficile d'accéder à des données fiables sur les conditions économiques des scieries individuelles. Il en résulte que les résultats obtenus correspondent avant tout aux perceptions des scieurs, qui comportent nécessairement une part de subjectivité.

Par ailleurs, au-delà des données disponibles, l'état actuel du développement de la théorie des coûts de transaction ne permet pas aisément de formuler des modèles structurels testables, ce qui nous a amené à adopter une stratégie croisant plusieurs méthodes employées séparément, mais corroborant globalement l'hypothèse d'un rôle prépondérant des coûts de transaction dans l'efficacité des différentes stratégies d'approvisionnement.

Une autre limite est enfin l'impossibilité matérielle qui a été la nôtre, de pouvoir comparer explicitement différents choix organisationnels dans une situation donnée. Le nombre de variables à considérer étant trop élevé, et le nombre d'entretiens possibles limité, il n'a pas été possible d'arriver jusqu'à cette étape qui aurait permis d'aller jusqu'au stade d'un véritable modèle (ou procédure) d'aide à la décision.

4. Prolongements possibles

Au-delà des travaux complémentaires pour dépasser les limites soulignées, cette thèse offre au moins deux pistes de prolongements possibles.

Premièrement, dans l'application empirique réalisée, nous nous sommes focalisés notamment sur l'analyse de l'impact des caractéristiques de la ressource (article 2) et sur le positionnement des scieurs par rapport à une structure de gouvernance, en l'occurrence les contrats d'approvisionnement, censés sécuriser leur approvisionnement (article 3). Or, le cadre d'analyse de l'économie des coûts de transaction est plus large. Une analyse de l'impact des différentes institutions formelles et informelles (identification de règles partagées par les acteurs de la filière, qui peuvent différer selon les territoires) serait un prolongement enrichissant pour le travail réalisé dans cette thèse.

Deuxièmement, comme nous l'avons souligné dans le premier article, la théorie des coûts de transaction prend en compte aussi bien les coûts de production classiques que les coûts de transaction, or dans le troisième article nous n'avons été en mesure de prendre en compte que les coûts de transaction, du fait des limitations sur les données économiques accessibles. Des prolongements en utilisant des données financières et comptables seraient donc utiles pour pouvoir comparer l'impact relatif des différents facteurs de la sécurisation de l'approvisionnement.