

INFORMATION ET DÉBATS

IMPACT DE LA PRODUCTION DE BOIS-ÉNERGIE SUR LES PRATIQUES SYLVICOLES EN RÉGION PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

Pauline CASTAING ¹

La région Provence-Alpes-Côte d'Azur a été identifiée par de nombreux porteurs de projets de bois-énergie comme un terrain fertile et d'avenir. Elle accueille ainsi un nombre croissant d'unités de production énergétique qui comptent sur l'accroissement actuel de la superficie forestière dans la région pour subvenir à leur besoin en bois.

En réponse à cette demande accrue, les propriétaires forestiers ont progressivement modifié leur pratique sylvicole pour finalement récolter du bois de qualité énergétique en complémentarité au bois de qualité d'œuvre. Nous évaluons le potentiel de revenus supplémentaires généré par cette pratique répandue chez les grands exploitants mais encore peu chez les petits propriétaires forestiers.

Les résultats de cette étude démontrent que, sans bouleverser le mode de gestion sylvicole des propriétaires forestiers, intégrer le marché du bois-énergie génère des gains financiers significatifs.

Une campagne d'information auprès des propriétaires forestiers, présentant les bénéfices espérés d'une valorisation des rémanents forestiers, peut réduire la sous-exploitation de la forêt dans une période où elle est largement sollicitée pour la production d'énergie renouvelable.

MOTS-CLÉS

Gestion forestière

Bois-énergie

Pin Sylvestre

¹ Chaire Economie du Climat

« L'auteur tient à remercier Marc Baudry et Philippe Delacote pour leur relecture prolifique de cet article »

Table des matières

Résumé.....	1
Table des matières.....	2
Introduction	3
1. Implantation et intensification du marché du bois-énergie en région PACA.....	5
1.1 Panorama des forêts en PACA	5
1.2 PACA : un territoire d'expérimentation des politiques de bois-énergie à grande échelle	7
1.3 Les freins à la mobilisation du bois-énergie	10
2. Application numérique à l'essence du Pin Sylvestre en région PACA.....	12
2.1 Croissance de la masse de bois-énergie en fonction de la masse de bois d'œuvre. 13	
2.2 Masse biologique du bois d'œuvre dans le temps pour un pin sylvestre de la région PACA	16
2.3 Impact financier et sylvicole de l'émergence d'un marché du bois-énergie sur la gestion du pin sylvestre en région PACA.....	17
Conclusion.....	20
Bibliographie	21

Introduction

Le Grenelle de l'Environnement a posé les termes de la transition énergétique en France. Des cibles quantitatives ont été établies pour la part relative des énergies renouvelables dans le bouquet national à l'horizon 2020. Comme l'illustre la Figure 1, le bois représente le premier poste d'énergies renouvelables en France en 2015 (40%), devant l'hydraulique (20%) ou l'éolien (8%). L'importance de ce secteur se retrouve dans le chiffre d'affaires national qui s'élève à 2,7 milliards d'euros (hors bois-bûche). Grâce à l'abondance de la ressource forestière qui occupe un tiers du territoire national, la biomasse est une composante majeure de l'énergie de demain.

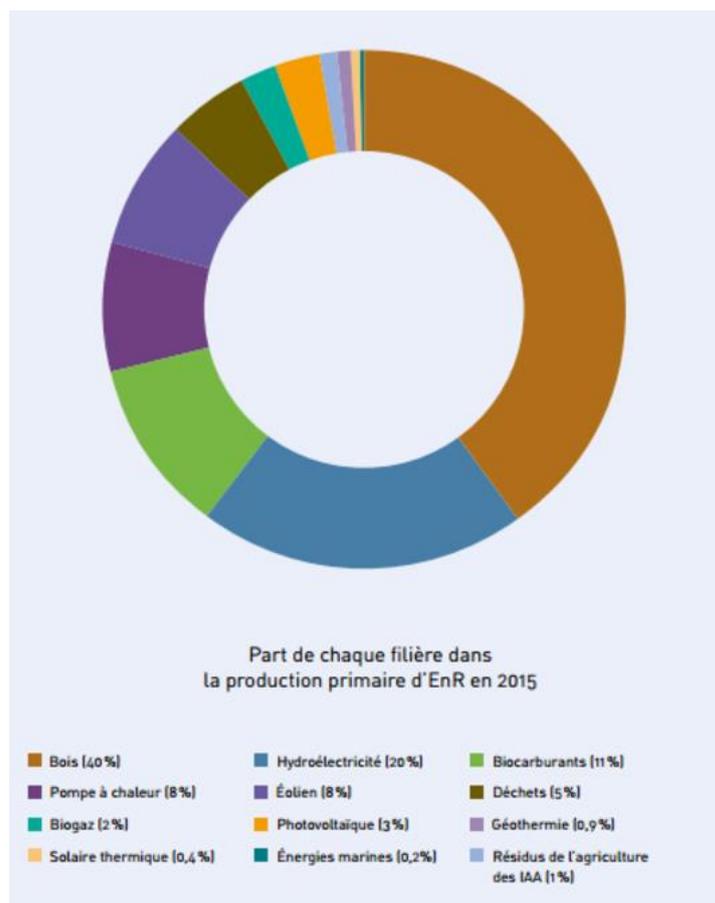


Figure 1 – Source : Syndicat des Énergies Renouvelables.

La stratégie bois-énergie croise deux échelles. Au niveau national, elle cherche à répondre aux engagements européens de la France qui fixent une part de 23% d'énergies renouvelables dans le mix énergétique de 2020, la biomasse devant représenter 17,9 Mtep contre 10 Mtep en 2012¹. Avec ses qualités de matériau durable, renouvelable et recyclable, le bois permet d'améliorer les performances thermiques et de réguler les dépenses énergétiques. Sur le plan local, l'intensification de la filière bois-énergie vise à faire émerger des ramifications économiques autour d'un projet de territoire centré sur la valorisation multifonctionnelle des espaces forestiers. La filière est riche d'une diversité de savoir-faire présent sur le territoire et non-délocalisable. La filière bois-énergie est en

¹ Scénario issu du comité opérationnel numéro 10 « énergies renouvelables » du Grenelle de l'environnement.

effet quatre fois plus génératrice d'emplois que le domaine des énergies fossiles: la production de 1000 tep requiert 4,2 à 6,3 emplois locaux dans la filière forestière contre 1,4 emplois non locaux dans la filière pétrole. Entre 2013 et 2020, la France espère ainsi la création de 15 000 à 20 000 emplois locaux². Le développement du bois-énergie apparaît comme un levier pour réinjecter de l'économie en forêt et répondre aux enjeux environnementaux et sociaux.

Pour autant, des préoccupations émergent quant aux conflits potentiels entre les deux échelles stratégiques, nationale et locale, et sur les risques de surexploitation qui résulterait du développement du bois-énergie. En Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), ces craintes se cristallisent autour de projets d'installation d'usines de production d'électricité à partir de biomasse comme « Provence 4 Biomasse » à Gardanne. Qualifié de « péninsule énergétique », ce territoire est particulièrement concerné par l'implantation de projets de grande ampleur pour étendre ses capacités électriques aujourd'hui arrivées à saturation. Cette autonomie électrique ne constitue cependant pas une raison suffisante pour les opposants au projet qui redoutent une disponibilité forestière insuffisante pour l'approvisionnement de l'ensemble des filières bois en PACA. Cette crainte résulte d'une perception de l'émergence du bois-énergie comme une menace à la pérennité des marchés forestiers traditionnels déjà établis dans la région (bois d'œuvre, pâte à papier, etc.). Pourtant, au-delà de la compétition, il existe une véritable synergie économique entre les différents usages possibles du bois. Le bois-énergie provient en grande partie des résidus du travail du bois d'œuvre. Selon l'Inventaire National Forestier (INF), la part de bois d'énergie liée à l'exploitation de bois d'œuvre s'établit entre 42 et 62 % du total. Les granulés de bois produits à partir des sciures ou les plaquettes forestières issues du broyage des branchages illustrent parfaitement les synergies entre les deux secteurs. Cette méconnaissance du marché bois-énergie de la part des propriétaires forestiers se combine à des problèmes de mobilisation du bois déjà considérables dans l'industrie forestière dans son ensemble. En effet, le volume annuel de prélèvements pour la France s'élève à 42,3 millions de m³ tandis que, dans le même temps, la production biologique se renouvelle chaque année à hauteur de 89,3 millions de m³ (IGN, 2013) [1]. Les arbres forment une population en croissance que peu de propriétaires forestiers considèrent utile ou rentable d'exploiter.

Aujourd'hui, le prix du bois-énergie reste trop faible pour permettre un développement indépendant de la filière. Le bois énergie profite donc des profits joints que permet l'industrie forestière dans son ensemble. Cela revient à considérer qu'une parcelle forestière destinée à la production de bois-énergie exclusivement ne serait pas économiquement rentable car les coûts de production du combustible seraient trop élevés. Le bois-énergie se déploie actuellement sur un principe de recyclage des rémanents forestiers. Le bois-énergie, en tant que co-produit du bois d'œuvre, implique un changement des modes de gestion forestière dès lors que les cultures ne sont plus exclusivement dédiées à la production de bois d'œuvre. Ce marché conjoint crée-t-il de nouvelles opportunités financières pour le propriétaire forestier ? Comment influence-t-il les modes de gestion sylvicole en pratique dans la région PACA ? Beaucoup d'études ont déjà examiné divers aspects économiques du développement d'une filière bois-énergie en France, mais aucune ne s'est intéressée de près à la rentabilité de l'intégration de ce marché d'un point de vue du propriétaire forestier. Cette étude évalue l'impact de l'intégration d'un marché de bois-énergie sur la période de

² Source : Direction générale de l'énergie et du climat.

rotation optimale du Pin Sylvestre, essence emblématique de la région PACA, et estime les gains financiers potentiels en comparaison à un usage traditionnel du bois (scierie).

Après une présentation des éléments de contexte dans la section suivante, la section 2 s'appuie sur des simulations numériques pour établir l'impact du marché du bois-énergie sur les habitudes sylvicoles d'un propriétaire de peuplements de pin sylvestre en PACA. La dimension financière de l'ouverture à ce nouveau marché est également étudiée. La section 3 questionne la pertinence de nos résultats lorsque nous les confrontons à un contexte de changement climatique.

1. Implantation et intensification du marché du bois-énergie en région PACA

1.1 Panorama des forêts en PACA³

La région PACA est la deuxième région la plus boisée de France, après la Corse, avec un couvert forestier qui avoisine les 50% du territoire. Cette abondance de la ressource forestière en fait un territoire de choix pour l'implantation d'industries énergétiques qui s'appuient sur la consommation de bois. Établir un panorama de la forêt régionale permet ainsi de bien saisir les spécificités qui participent à son attractivité et sa prospérité.

À l'échelle nationale, la surface forestière est en constante expansion. Cette particularité se décline d'autant plus en région PACA où le taux de croissance de la surface forestière dépasse la moyenne nationale en s'élevant à 2% par an. Le taux de boisement élevé résulte d'une regradation biologique naturelle consécutive de la déprise agricole qui dure depuis cent ans et de l'évolution des pratiques pastorales. Les terrains agricoles laissés à l'abandon deviennent le terreau de la végétation ligneuse, à l'exception faite des zones littorales qui s'urbanisent. Les peuplements forestiers présentent également une croissance du volume en bois qui varie entre 0,5 et 2% selon les départements considérés. Cette disponibilité boisée additionnelle s'explique par un niveau de récolte inférieur à la production. Ce décalage est le résultat de deux caractéristiques régionales qui réduisent l'opportunité d'exploitation de la ressource. Premièrement, les nombreux parcs naturels régionaux et nationaux (Parcs du Mercantour, du Luberon, du Verdon, etc.) appartiennent au domaine public et à ce titre, sont gérés en réponse à des objectifs premiers qui ne concernent pas la production. Ces espaces boisés sous juridiction de l'Etat sont structurés par des réglementations environnementales qui contraignent le niveau d'extraction. Deuxièmement, le fait que la récolte soit inférieure à la production s'explique par la faible rentabilité de la forêt méditerranéenne. Le coût d'exploitation, lié aux caractéristiques des parcelles, est notamment très élevé dans les départements de haute montagne où la distance de débardage et les pentes abruptes les alourdissent. En témoigne une étude menée par l'Inventaire National des Forêts (IFN, 2010) [2] qui estime à 63% la part d'exploitants forestiers qualifiant de « difficile » voire « très difficile » l'extraction de la ressource.

³ Les données présentées sous cette section sont tirées de l'Inventaire Forestier National qui décline ses résultats d'inventaire 2005-2009 pour la région PACA dans un rapport disponible sur son site officiel. Toute référence supplémentaire sera signalée.

La région PACA s'inscrit dans les tendances nationales des statuts de propriétaires avec une majorité des parcelles qui sont la propriété d'acteurs privés. Comme l'illustre la Figure 2, 68% de la superficie forestière régionale appartient à des propriétaires privés, ce qui est légèrement inférieur à la moyenne nationale (75%). En termes de volume de bois, la forêt privée représente 59% du total. Parmi ces propriétaires privés, environ 70% possèdent moins d'un hectare de forêt ce qui implique qu'ils ne sont tenus par aucune obligation de gestion de leur parcelle forestière⁴. La fragmentation du paysage forestier en de nombreuses petites parcelles empêche une gestion continue et coordonnée de la forêt.

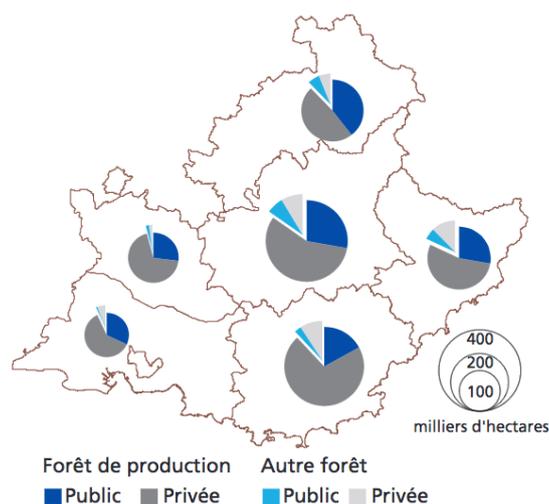


Figure 2 – Surface de la forêt par catégorie de forêt et par catégorie de propriété – IFN, 2010.

Le volume de bois sur pied se répartit entre un tiers de feuillus et deux tiers de conifères sur le territoire (Figure 3). Le pin sylvestre est l'essence emblématique et majoritaire puisqu'il représente presque un quart du volume de bois sur pied régional. Il est important de noter que, en forêt privée, les volumes de pin sylvestre sont nettement plus importants qu'en forêt publique.

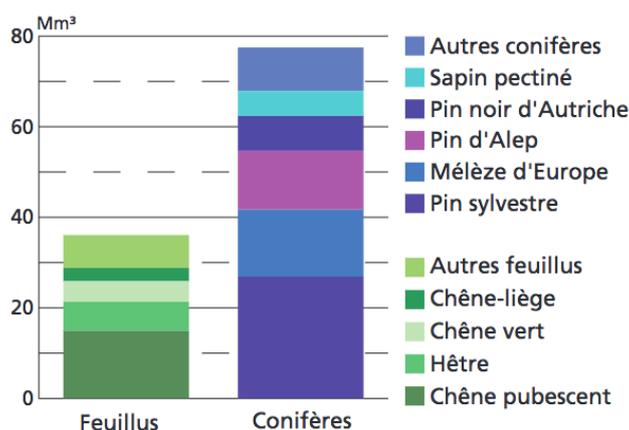


Figure 3 – Volume de bois en forêt de production inventorié par essences – IFN, 2010.

⁴ La législation française impose, depuis 1963, aux propriétaires d'une forêt d'une superficie supérieure à 25 ha, un plan simple de gestion censé garantir une gestion durable de la ressource.

Les bois se distinguent également en présentant des niveaux de qualité hétérogènes. Au niveau régional, 41% du volume de bois sur pied est considéré comme ayant une qualité adaptée à la production de bois d'œuvre. En résulte donc une large part du volume de bois dont la qualité moindre le destine à la production industrielle ou énergétique. Le pin sylvestre est très représentatif de cette tendance nationale toutes essences confondues avec seulement 40% de sa production de bois qui correspond aux critères de production de bois d'œuvre⁵.

1.2 PACA : un territoire d'expérimentation des politiques de bois-énergie à grande échelle

1.2.1 Des programmes nationaux pour dynamiser la filière bois-énergie

Le gouvernement affiche une solide volonté de soutien du secteur bois-énergie afin d'atteindre la cible, définie par une directive européenne, de 23% d'énergies renouvelables dans le mix énergétique total à l'horizon 2020. Divers programmes ont donc récemment été mis en œuvre et ont pour objectif de (1) structurer le secteur français de bois-énergie grâce à des incitations économiques, (2) changer le système domestique de chauffage grâce à l'installation de chaufferies collectives par exemple et (3) encourager le développement de centrales à biomasse de moyenne voire grande échelle.

Nombre de projets de la dernière décennie témoignent de l'ambition gouvernementale de structurer et dynamiser davantage cette filière. Le programme « 1000 chaufferies bois pour le milieu rural », initié par l'ADEME et soutenu financièrement par le Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt, prévoyait l'accompagnement des maîtres d'ouvrage pour l'installation de 1000 nouvelles chaufferies au bois de 2007 à 2012.

Les porteurs de projets peuvent en outre compter sur les appels d'offre publiés par la Commission de Régulation Énergétique (CRE) qui visent à identifier, sur le territoire national, des projets de production conjointe de chaleur et d'électricité à partir de biomasse. L'Etat apporte son soutien au développement des centrales à biomasse grâce à la mise en place d'un tarif d'achat préférentiel pour l'électricité produite. Cet outil cherche à répondre aux objectifs de production d'électricité à partir de biomasse inscrits dans la Programmation Pluriannuelle de l'énergie (PPE) qui visent une puissance électrique de 540 MW d'ici 2018 et entre 790 MW et 1040 MW d'ici 2023.

Enfin, « Le fonds de chaleur renouvelable », géré par l'ADEME depuis 2009, soutient des projets de production de chaleur à partir d'énergies renouvelables. Doté de 1,5 milliards d'euros sur la période 2009-2015, le fonds permet de financer des investissements de création ou de remplacement d'installations permettant l'usage du bois-énergie. Durant cette même période, le fonds chaleur a permis le financement de plus de 3400 installations, représentant une production d'énergie à partir de biomasse de près de 1,2 Mtep/an (incluant le biogaz).

Les objectifs de production de chaleur à partir de biomasse inscrits dans la PPE sont les suivants : une consommation de chaleur renouvelable produite à partir de biomasse solide de 12 Mtep en 2018 et

⁵ Le bois d'œuvre est un bois de diamètre « fin bout » (à la plus petite extrémité du tronc) souvent supérieur à 7 cm et potentiellement valorisable sous une forme de bois d'œuvre. On considère a priori que les branches ne comportent pas de bois d'œuvre.

de 13 à 14 Mtep en 2023. En 2012, La France consommait environ 10 Mtep/an de bois-énergie, presque exclusivement pour la production de chaleur domestique. Les programmes récents de dynamisation du secteur espèrent ainsi augmenter la consommation de bois-énergie d'environ 15%, dont 66% concernerait la production d'électricité dans des centrales à cogénération, 28% pour la production de chaleur collective et 6% pour la production de chaleur domestique.

1.2.2 Une déclinaison des programmes au niveau de la région PACA

La région Provence-Alpes-Côte d'Azur se révèle être un territoire représentatif des différentes tentatives politiques de favoriser l'usage du bois pour la production d'énergie. Le dynamisme de ce secteur se perçoit à travers l'ouverture de nouvelles chaufferies sur la dernière décennie ainsi qu'une consommation en bois-énergie qui ne cesse de s'intensifier. En témoignent les chiffres publiés par Agreste PACA en 2015 [3].

A ce jour, le bois énergie concerne 37% de la récolte régionale de bois. Son volume a crû de 80% depuis 2006. En 2013, il était constitué pour deux tiers de bois de chauffage en bûches, plutôt utilisées par les ménages, et un tiers de plaquettes forestières à destination des chaufferies. Cette même année, le volume de plaquettes forestières a doublé en un an. Cette croissance spectaculaire est due à l'augmentation du nombre de chaufferies en région et à la mise en route de chaufferies de grande capacité. En 2015, les 289 chaufferies en fonctionnement représentaient une puissance de 111 MW pour une consommation annuelle estimée entre 85 et 90 000 tonnes de plaquettes (forestières et de scieries) et 10 406 tonnes d'autres combustibles (DIB, déchets d'élagage et sciures) comme l'illustrent les Figures 4 et 5⁶. Le territoire régional est maillé de 24 plateformes livrant des plaquettes et contribuant à alimenter le marché. Cet essor très marqué de la filière bois-énergie est le résultat de la mise en application de divers programmes nationaux qui se matérialisent sur le territoire PACA.

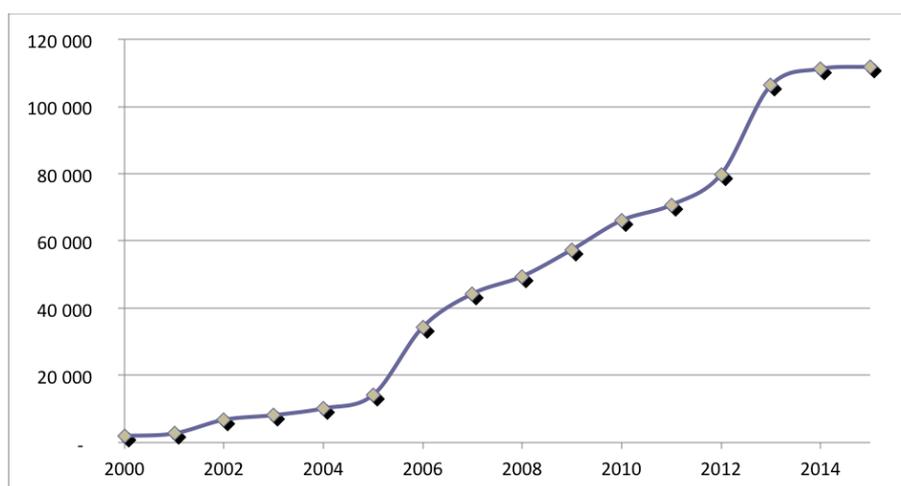


Figure 4 – Puissance totale (kW) des chaufferies en fonctionnement en PACA – ORECA, 2015.

⁶ Données départementales sur les installations, puissances et consommations bois-énergie collectives en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Les données sources sont issues d'un travail de collecte effectué par l'ORECA dans le cadre des installations aidées via le Contrat de Projets Etat-Région et la Mission Régionale Bois énergie.

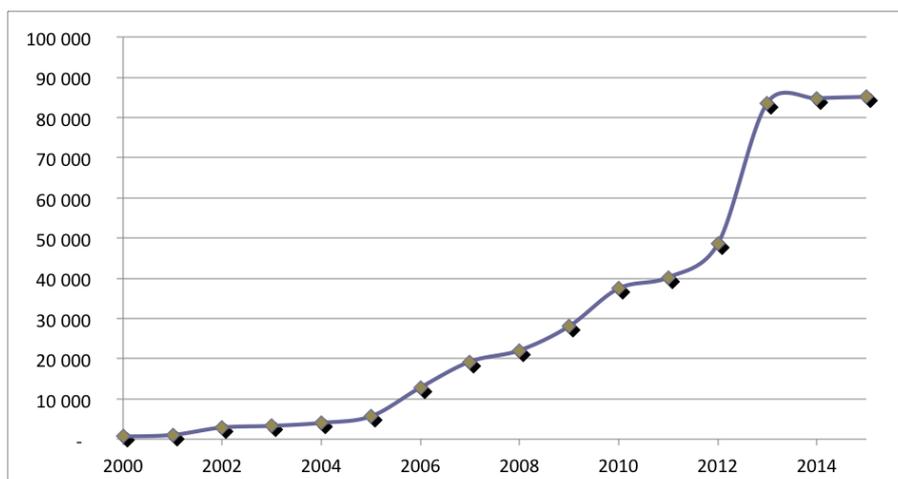


Figure 5 – Consommation annuelle de bois (tonnes) par les chaufferies en PACA – ORECA, 2015.

La région PACA comptait ainsi trois projets de nouvelles chaufferies en bois dans le cadre des « 1000 chaufferies bois pour le milieu rural », pour une puissance énergétique cumulée supérieure à 1 MW. L'atout de ce programme résidait dans l'accompagnement des maîtres d'ouvrage par les Communes Forestières dans la réalisation de leur projet de chaufferie bois, avec des conseils sur les plans technique, économique et financier.

A l'issue de l'appel d'offre national «CRE4» paru en 2010 et portant sur des installations de production d'électricité à partir de biomasse, deux grands projets ont été retenus en PACA : UNIPER à Gardanne et Inova Var Biomasse à Brignoles. La filiale française de l'allemand Uniper se distingue notamment en remportant le projet de production d'électricité à grande échelle pour lequel l'objectif est un apport de 150 MW soit 6% de l'électricité de la région. Une fois en fonctionnement, la centrale à biomasse de Gardanne devrait alors bénéficier d'un prix de rachat de l'électricité de 115 euros par MWh pendant 20 ans (à comparer à des prix sur le marché gros de 35 euros/MWh). Son plan d'approvisionnement prévoit de consommer une quantité importante de ressources forestières. A l'horizon 2030, les prélèvements annuels prévus totaliseront environ 850 000 tonnes de bois d'origine locale, dont 50% seront en provenance d'élagage et recyclage. Ces besoins supplémentaires en bois-énergie vont nécessiter une restructuration de la filière forêt-bois régionale pour favoriser la mobilisation des bois, ainsi que prévenir les situations de tensions sur la ressource et de concurrence entre les différents usages. En raison de l'importance de ces deux dossiers et de leur impact sur la structuration de la filière, le préfet de région a mis en place en 2012 le Comité Régional Biomasse exigé par la Ministre de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie. Ce comité a pour dessein un développement important, harmonieux et concerté de la collecte de la biomasse locale pour l'énergie, de garantir la compatibilité des plans d'approvisionnement des projets retenus et de favoriser la mobilisation des acteurs locaux.

Parmi tous les instruments économiques qui existent pour atteindre des cibles de consommation de bois-énergie, certains ont un impact plus marqué sur les prix du bois-énergie. Cauria et al. [4] simulent trois alternatives de politique publique grâce au modèle FFSM⁷, qui répondent chacune à un

⁷ FFSM est un modèle bioéconomique de la filière forêt-bois française développé par le Laboratoire d'Economie Forestière. Il combine un module de ressource forestière, développé avec les chercheurs

objectif d'une hausse de 6 Mm³ de consommation de bois, afin d'évaluer les impacts sur les prix nationaux du bois à l'horizon 2020. L'une des trois politiques publiques étudiées par les auteurs est d'un intérêt particulier pour nous car elle se manifeste comme le catalyseur effectif de la consommation en bois-énergie en PACA : les contrats de demande fixe supplémentaire initiés par les pouvoirs publics sur le mode de celui de Gardanne. Sous ce scénario d'intervention étatique, la modalisation prédit une augmentation d'environ 10% du prix du bois-énergie au niveau national. Cela s'explique en grande partie par la raréfaction soudaine de la ressource, retirée du marché pour alimenter les centrales à biomasse, ce qui crée un décalage conséquent entre l'offre et la demande. En outre, le bois se caractérise par son offre peu flexible qui implique des temps longs de production et de récolte.

1.3 Les freins à la mobilisation du bois-énergie

1.3.1 Déterminant du comportement d'offre de bois des propriétaires forestiers

De nombreuses caractéristiques de la forêt française peuvent apparaître comme des freins à la mobilisation accrue de bois. L'effort de mobilisation repose avant tout sur les propriétaires privés qui détiennent environ 75% de la surface forestière française. Pourtant, près de 66% des propriétaires privés français indiquent posséder leur forêt pour des raisons affectives et seulement 33% pour produire du bois (Agreste, 2014 [5]), de sorte que la récolte de bois ne semble pas être leur objectif principal. Ces proportions se déclinent de la même façon à l'échelle de la région PACA comme nous l'avons observé en section 1.2.

Un tel constat soulève de nombreux questionnements en termes de faisabilité des objectifs français, d'efficacité de la gestion forestière et d'incitations des propriétaires forestiers à récolter. Les mécanismes incitatifs doivent s'accompagner d'efforts de sensibilisation afin d'encourager les propriétaires privés à récolter davantage de bois. Sans une compréhension plus fine des comportements de l'offre de bois des propriétaires privés, les politiques publiques qui cherchent à dynamiser la filière pourraient s'avérer vaines. Les propriétaires forestiers sont les acteurs de départ de la réalisation d'une chaîne d'approvisionnement en bois. Il est donc primordial que les décideurs publics s'intéressent de plus près aux motivations qui animent le choix de mise à disposition de bois des propriétaires forestiers afin d'en faire des leviers d'action potentiels.

Un pan de la littérature s'applique ainsi à déterminer les principales motivations de la récolte de bois des propriétaires forestiers. Conway et al. (2003) [6] informent sur l'intérêt pour les propriétaires de conserver un rôle d'aménités pour leur forêt. Les caractéristiques socio-économiques des propriétaires forestiers, principalement leur âge, le genre et le niveau des revenus forestiers et non-forestiers, sont des variables qui influencent leur comportement d'offre de bois (Stordal et al., 2008 [7]). À l'échelle de la France, les décisions de production des propriétaires forestiers peuvent varier en fonction du comportement constaté de leurs pairs, ce qui témoigne d'interactions sociales dans ce secteur (Garcia et al., 2014 [8]). On peut ainsi observer un comportement similaire d'offre de bois lorsque les caractéristiques régionales ou celles des pairs sont semblables. Enfin, les études

spécialistes de la ressource forestière, et un module de marché du bois, fonctionnant en équilibre partiel et en dynamique récursive.

empiriques sur les préférences face au risque des propriétaires forestiers français témoignent d'une véritable aversion : ils préféreraient abandonner de la rentabilité au profit d'un niveau de risque le plus bas possible. L'aversion au risque des propriétaires forestiers impacte significativement et positivement leur probabilité de récolte (M. Brunette et al., 2016 [9]).

1.3.2 L'information incomplète sur le marché du bois énergie

En France, les travaux existants se cantonnent à la compréhension du comportement d'offre des propriétaires forestiers privés sans étude véritable sur la particularité du marché du bois-énergie. Aux Etats-Unis cependant, nombre d'analyses économétriques ont été menées récemment afin d'appréhender plus spécifiquement les motivations des propriétaires forestiers à mettre à disposition leur bois pour les industries énergétiques.

Tout d'abord, la littérature existante constate qu'un pourcentage significatif de gestionnaires forestiers ne sont pas conscients du potentiel énergétique de leurs résidus forestiers ou bien ne sont pas correctement informés sur le prix à attendre d'une utilisation de leur biomasse à des fins énergétiques (Grebner et al., 2009 [10]). L'analyse économétrique de la récolte de biomasse peut être altérée par un biais de sélection de l'échantillon si on ne prend pas en compte la désinformation des propriétaires forestiers sur le bois-énergie (Sun et al., 2009 [12]).

L'article de Joshi et al. (2013) [13] recourt à la procédure d'estimation en deux étapes d'Heckman⁸ et soutient l'argument que les préférences des propriétaires forestiers pour fournir de la biomasse de qualité énergétique sont influencées par leur niveau de connaissance en la matière. Parmi les répondants, 59% n'avaient pas conscience, au moment de l'enquête, de la possibilité de valoriser les rémanents forestiers pour la production d'énergie. Les résultats de la phase de « sélection » indiquent que le niveau de savoir en matière de bioénergie est associé à la taille des parcelles, aux caractéristiques biophysiques de la forêt et au genre et lieu de résidence du propriétaire. Dans la phase de « résultats », la volonté des propriétaires d'abattre des arbres pour fournir de la biomasse à destination des industries énergétiques, pour ceux qui ont pleine conscience de ce marché, sont positivement et significativement associés à leurs croyances sur les bénéfices monétaires du bois-énergie.

Cette considération prononcée pour le potentiel économique du marché du bois-énergie vient confirmer les résultats préliminaires d'études qui n'avaient pas tenu compte du biais de sélection. Dans l'enquête de Conrad et al. (2011) [14] par exemple, 90% des propriétaires témoignent d'une volonté de vendre leur biomasse à des industries énergétiques si un prix adéquat leur est offert. La méthode d'évaluation contingente par classement confirme ce résultat : dès lors qu'un revenu financier suffisant est proposé au propriétaire pour sa récolte de bois, celui-ci est plus enclin à préférer un scénario d'utilisation de la biomasse de qualité énergétique à un scénario de coupe rase (Gruchy et al., 2012 [15]).

Bien que les résultats présentés soient le fruit de travaux d'enquête menés aux Etats-Unis, cette méconnaissance du marché du bois-énergie en comparaison au marché traditionnel du bois d'œuvre

⁸ La procédure d'estimation d'Heckman permet de corriger le biais de sélection. Il s'agit d'une approche statistique en deux étapes : la première permet d'estimer les déterminants à la sélection tandis que la deuxième concerne la régression sur les *outcomes* initiaux.

ou du bois d'industrie se ressent également chez les propriétaires français au dire des experts. Le manque de preuve des plus-values économiques engendrées par ce secteur forestier émergent ralentit encore davantage la volonté des propriétaires de participer au marché du bois-énergie. Cette étude s'attache justement à évaluer le potentiel de gains économiques pour des propriétaires forestiers de peuplement de Pin Sylvestre dès lors que le marché de bois-énergie intègre la filière bois traditionnelle.

Cet aperçu de la composition forestière en région PACA, ainsi que de l'émergence du marché du bois-énergie, met en évidence des observations clés qui motivent l'approche adoptée dans ce travail. Premièrement, le Pin Sylvestre s'illustre comme l'essence forestière la plus répandue sur le territoire régional. Sa forte concentration dans les forêts privées justifie l'intérêt que nous lui portons puisque nous évaluons les gains financiers supplémentaires du traitement du bois à des fins énergétiques du point de vue d'un propriétaire forestier. Il s'avère en outre que le pin sylvestre est une essence qui fournit aussi bien du bois d'œuvre de grande qualité que du bois de qualité énergétique. La composition biologique de cette espèce forestière répond donc à nos critères de partage de la valeur du bois. Les implications économiques de l'inclusion du marché du bois énergie, du point de vue du propriétaire forestier, sont évaluées dans la section qui suit.

2. Application numérique à l'essence du Pin Sylvestre en région PACA

La règle de Faustmann et son application avec un marché du bois-énergie

- **Modèle traditionnel de Faustmann** (1849, [16])

La valeur d'une forêt est définie par la somme actualisée des revenus nets que celle-ci est en mesure d'engendrer dans le futur sachant qu'après chaque coupe on procède à une nouvelle plantation. A l'instant où a lieu la coupe d'un peuplement, cette valeur est donnée par l'expression $V(T)$ qui s'écrit comme suit :

$$V(T) = \sum_{k=1}^{\infty} e^{-r k T} (R(T) - c)$$

Où l'indice k désigne les peuplements successifs, r est le taux d'intérêt sans risque (dans la version de base du modèle il n'y a pas d'aversion au risque), T est la durée de maintien sur pied d'un peuplement (période de rotation), c est le coût de constitution d'un peuplement, $R(T)$ est le revenu tiré de la coupe d'un peuplement d'âge T . Pour des variables de contexte économique inchangées et des conditions de croissance stables dans le temps, le problème est identique pour chaque nouveau peuplement. T n'a alors pas de raisons d'être différent pour chaque peuplement. La valeur de la forêt peut dans ce cas se réécrire sous la forme

$$V(T) = \frac{R(T) - c}{e^{rT} - 1}$$

On montre que la durée T^* de maintien sur pied d'un peuplement qui maximise la valeur $V(T)$ de la forêt est solution de la relation suivante, appelée règle de Faustmann :

$$R'(T) = r (R(T) - c) + r \frac{R(T) - c}{e^{rT} - 1}$$

Le terme de gauche de cette relation donne l'accroissement de revenu d'une coupe qui résulterait du report d'une unité de temps de cette coupe. Le terme de droite donne le coût d'opportunité de ce report composé d'un premier élément associé au fait de ne pas pouvoir réinvestir au taux d'intérêt r le profit retiré du remplacement du peuplement actuel et d'un second élément associé au même report de placement pour les peuplements futurs (la valeur du site). Il n'existe généralement pas de solution analytique à cette condition mais des tables permettant d'approcher sa résolution analytique.

- **Prise en compte dans le modèle de Faustmann du marché du bois-énergie**

Si on considère que la forêt produit deux biens qui sont le bois d'œuvre et le bois énergie, valorisables à des prix distincts, le revenu $R(T)$ tiré du remplacement peut s'écrire

$$R(T) = p f(s(T)) + s(T)$$

Avec $s(T)$ la masse du tronc mesurée en unité physique lors de la coupe, qui détermine la quantité de bois d'œuvre, et $f(s)$ la masse du bois énergie mesurée en unité physique et exprimée en fonction de la masse exploitable sous forme de bois d'œuvre. Par commodité, le prix du bois d'œuvre est normalisé à un de sorte que p s'interprète comme le prix relatif du bois énergie par rapport au bois d'œuvre, compris entre 0 et 1. L'application de la règle de Faustmann à ce revenu permet d'analyser l'arbitrage fait entre bois d'œuvre et bois énergie. Nous nous intéressons plus spécifiquement à l'impact de l'évolution de la valeur relative p de la biomasse à usage énergétique sur la période de rotation optimale T^* . On montre que cet impact est négatif si $f(s)$ est concave, c'est-à-dire que la masse de bois énergie augmente avec celle de bois d'œuvre mais de plus en plus faiblement.

Si cette propriété est vérifiée, alors il est optimal pour un propriétaire de raccourcir sa période de rotation lorsque le bois de qualité énergétique gagne en valeur relativement au bois d'œuvre. Cette conclusion est dépendante de la forme de la fonction de production de bois-énergie. Notre travail consiste ainsi à déterminer si notre essence d'intérêt, le pin sylvestre, répond aux propriétés d'une fonction de production jointe concave.

2.1 Croissance de la masse de bois-énergie en fonction de la masse de bois d'œuvre

Dans la partie aérienne de l'arbre, différentes parties du bois peuvent être ralliées à différents usages. Certains usages du bois nécessitent des caractéristiques particulières (diamètre minimum,

absence de nœud, densité du bois). On peut donc définir des usages potentiels des bois en fonction de leurs caractéristiques dimensionnelles (grosesse, longueur). Clarke et Shrestha (1986) [17] développent une théorie en distinguant le bois de « bonne qualité » du bois de « mauvaise qualité ». Nous les assimilons respectivement au bois d'œuvre et au bois-énergie. Étant de qualité différente, ces deux extractions forestières sont vendues à des prix différents. L'objectif du propriétaire forestier est alors de choisir un régime unique de récolte qui génère le meilleur rendement total de la biomasse sur les divers usages. L'encadré présente succinctement comment la prise en compte de ces usages divers modifie la décision de coupe par rapport à un usage unique.

Nous choisissons de baser notre analyse sur les pratiques actuellement observées dans la production de bois-énergie en France. Nous considérons ainsi que le bois d'œuvre et le bois énergie sont produits simultanément. Nous étudions la production de bois énergie comme une fonction de la composition biologique de l'arbre. Une étape cruciale concerne le calibrage numérique de la fonction de biomasse d'une essence forestière. Une étude réalisée par Marklund (1988) [18] est d'une aide précieuse pour spécifier cette relation de dépendance. Cet auteur se base sur un échantillon d'arbres inventoriés dans les forêts scandinaves pour estimer la fonction de biomasse de différentes essences forestières dont le pin sylvestre.

Pour spécifier notre fonction de biomasse, plusieurs variables sont sollicitées:

- $s(t)$: la fonction de production relative au temps du tronc de l'arbre en kg ou m^3 . Cela correspond à la partie de l'arbre qui produit du bois d'œuvre.
- $f=f(s(t))$: f est la masse énergétique dans la partie restante de l'arbre, exprimée en fonction de $s(t)$

Nous cherchons donc à calibrer une fonction de la forme $f = f(s(t))$: il s'agit de comprendre comment se déploie la masse de bois de qualité énergétique de l'arbre lorsque le volume du tronc s'alourdit. La Figure 6 représente les fonctions de bois-énergie, $f(d)^9$, et de bois d'œuvre, $s(d)^{10}$, pour le pin sylvestre telles qu'estimées par Marklund (en abscisses le diamètre en cm et en ordonnées la masse en kg). Cela illustre bien le fait que lorsque la masse du tronc s'accroît suite à un élargissement du diamètre, la masse du bois-énergie augmente également mais dans des proportions moindres.

⁹ La part de bioénergie se définit par l'ajout de la masse des branches vivantes à la masse des branches mortes, duquel on soustrait toute la biomasse correspondante aux aiguilles. Pour le Pin Sylvestre, Marklund estime la forme fonctionnelle : $f(d) = e^{9.1015 \cdot \frac{d}{d+10} - 2.8604} + e^{9.5938 \cdot \frac{d}{d+10} - 5.3338} - e^{7.7681 \cdot \frac{d}{d+17} - 3.7987}$

¹⁰ La masse sèche du tronc, ou la part dite de qualité bois d'œuvre, est mesurée en kg et évolue avec son diamètre de la façon suivante : $s(d) = e^{11.3264 \cdot \frac{d}{d+13} - 2.3388}$

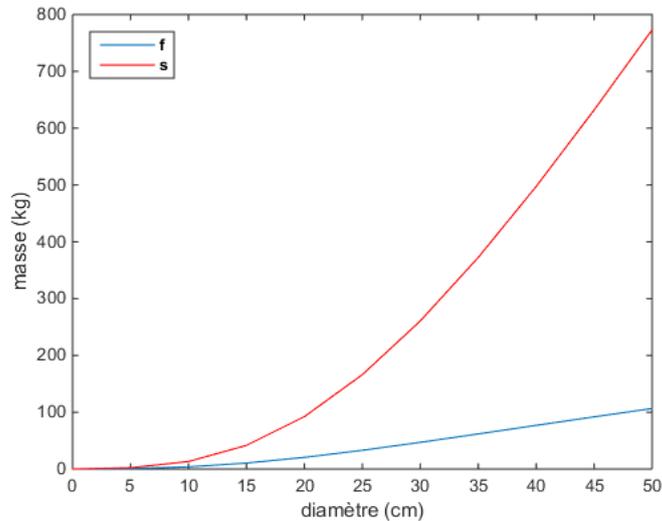


Figure 6 – Masse du bois d’œuvre (s) et du bois-énergie (f) en fonction de son diamètre (d)

On peut combiner ces relations afin d’obtenir l’évolution de la masse de bois-énergie en fonction de la masse de bois d’œuvre. Cette évolution est, par souci de facilitation des calculs, approximée par une fonction Cobb Douglas qui s’ajuste plutôt bien aux observations de Marklund (1998):

$$f = f(s(t)) = Bs^\gamma \text{ avec } B= 0.391 \text{ et } \gamma= 0.846$$

La Figure 7 illustre cette relation. La forme de la fonction $f(s)$ apparaît clairement comme étant concave, à savoir que lorsque la masse du tronc augmente, la part de bois-énergie croît de façon marginalement décroissante. Le pin sylvestre répondant bien aux propriétés d’une fonction de production concave, il nous reste à étudier l’évolution de la masse de bois d’œuvre au cours du temps.

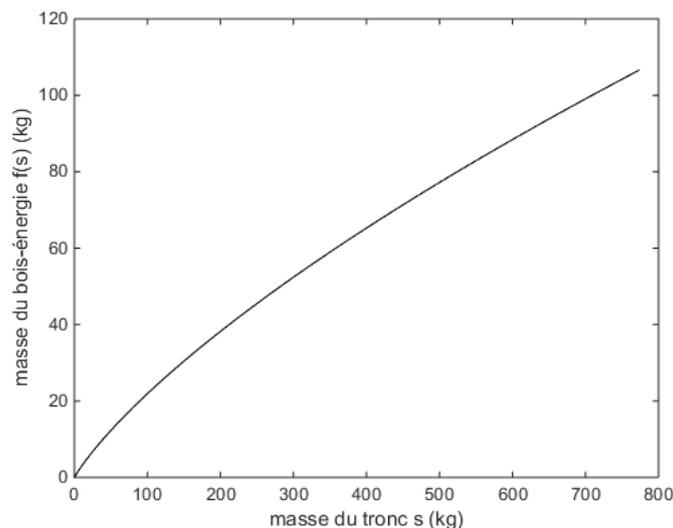


Figure 7 – Relation entre la masse de bois d’œuvre (s) et la masse de bois-énergie (f(s)) du pin sylvestre.

2.2 Masse biologique du bois d'œuvre dans le temps pour un pin sylvestre de la région PACA

Nous cherchons à présent à estimer la masse biologique du bois de haute qualité (bois d'œuvre) en fonction du temps t . Van Kooten et al. (1995) [19] suggèrent une forme fonctionnelle qui possède l'avantage d'être robuste et facile à estimer. Elle s'écrit

$$s(t) = At^\eta e^{-\kappa t}$$

où A , η et κ sont des paramètres positifs. Pour estimer les valeurs des paramètres de cette fonction, il est important cette fois-ci de contextualiser le mode de gestion sylvicole et les conditions stationnelles (climat et sol) dans leurs spécificités régionales. Les pratiques sylvicoles étant très hétérogènes d'une région à l'autre, il est primordial de restreindre notre échantillon à notre territoire d'intérêt. L'estimation de la fonction ci-dessus passe donc par l'utilisation de données désagrégées au niveau des régions ainsi que des essences forestières qui fournissent de l'information sur la croissance des arbres.

Les données de l'IFN mises à disposition par l'Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN), sont issues de campagnes de terrain qui produisent des résultats nationaux et régionaux précis. Sur chaque point d'inventaire, de 0 à n arbres (une dizaine en moyenne) ont été levés. Les équipes d'inventaire présentent un maximum d'indications sur les arbres inventoriés, parmi lesquelles quatre variables permettent d'estimer notre fonction :

- L'identifiant du point d'inventaire correspondant à l'arbre inventorié : il indique la position géographique et nous permet de ne sélectionner que les arbres se situant dans les départements de la région PACA.
- La variable précisant le code de l'espèce végétale de l'arbre nous permet de ne retenir que les pins sylvestres.
- La variable de l'âge présente le nombre d'années écoulées depuis que l'arbre a passé le seuil des 1,30 m. Cette indication n'est disponible dans les données brutes sur les arbres vivants qu'à partir de la campagne de 2008 ce qui correspond donc à notre année initiale dans l'extraction des données.
- Le volume de l'arbre est une donnée calculée par application des tarifs de cubage¹¹ IGN. Le volume calculé par tarif prend en compte la tige principale jusqu'à la découpe « bois fort » (découpe « fin bout » de 7 cm). Ce volume est exprimé en mètres cubes dans la table de données.

¹¹ Le principe de base d'un tarif de cubage repose sur le fait que des arbres de même essence, de même grosseur, de même hauteur et de même forme, ayant grandi dans des milieux de croissance comparables ont un volume qui oscille autour d'un volume moyen pouvant être exactement déterminé.

Table 1 – Statistiques descriptives des pins sylvestres recensés en PACA entre 2008 et 2014 par l’IFN

Variable	N Obs.	Moyenne	Minimum	Maximum
Âge à partir de 1,30 m	1 347	67.3	7	293
Volume (tarif de cubage)	1 347	0.4	0.007	2.724

Grâce au recensement de 1 347 pins sylvestres en région PACA, dont nous présentons les statistiques descriptives (Table 1), les estimations obtenues pour les paramètres sont $A = 1.33 \cdot 10^{-4}$, $\eta = 2.051$, et $\kappa = 0.0122$. La qualité de prédiction du modèle est correcte, avec une variance expliquée de l’ordre de 60% de la variance totale observée. Selon cette relation, le volume du bois d’œuvre augmente d’abord à un taux croissant, puis à un taux décroissant. La croissance biologique de l’arbre atteint un maximum pour enfin décroître (Figure 8).

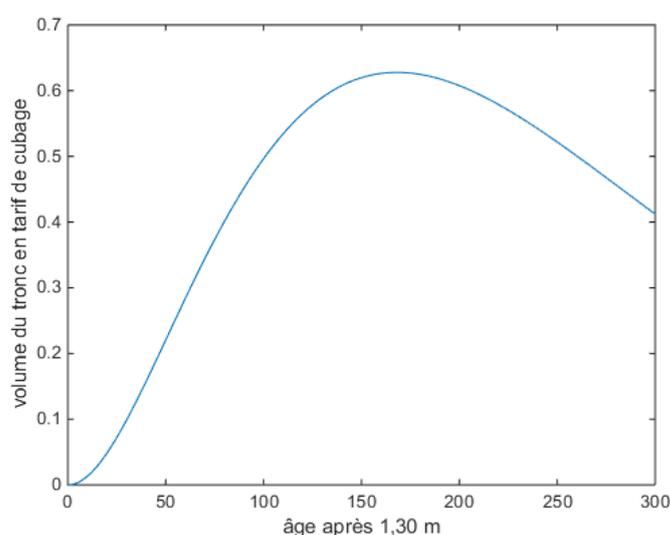


Figure 8 – Croissance biologique du bois d’œuvre (s) en fonction du temps (t)

2.3 Impact financier et sylvicole de l’émergence d’un marché du bois-énergie sur la gestion du pin sylvestre en région PACA

2.3.1 Présentation des données économiques

Outre les données biologiques, l’analyse numérique proposée ici nécessite une prise en compte des données de prix et de coûts de revient du bois-énergie et du bois d’œuvre. Ces informations sont disponibles à l’échelle nationale mais peu d’estimations sont accessibles au niveau régional. L’utilisation de données nationales serait pourtant approximative dès lors que la région PACA possède une dynamique très particulière du reste de la France qui induit des prix bien plus élevés. Nous présentons donc un cas d’étude qui permet d’approximer le prix relatif du bois-énergie par rapport au bois d’œuvre au plus proche de sa valeur effective en région PACA.

Une première estimation du prix relatif du bois énergie s’inspire de l’information d’un rapport technique paru dans la revue *Forêt Méditerranéenne* (De Guisa et alii, 2015 [20]): il analyse le

potentiel technico-économique du prélèvement du pin sylvestre dans la perspective d'une contractualisation de l'approvisionnement avec la centrale de Gardanne. Les auteurs y présentent, pour un chantier spécifique d'une commune des Alpes de Haute-Provence (PACA), les coûts et bénéfices associés à la transaction de plaquettes forestières avec la centrale à biomasse de Gardanne.

De par sa puissance énergétique (150 MWh), la centrale accepte une grande variabilité dans la qualité des plaquettes forestières qu'elle reçoit. Le prix s'établit sur la base combinée du tonnage et du Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI). Étant donné que le groupe industriel s'est engagé sur un prix de vente fixe du kilowattheure dans le cadre de l'appel d'offre CRE4, il préfère rémunérer le bois sur la base des mégawattheures pour simplifier la comptabilité. Plus le PCI contenu dans les plaquettes forestières est important, plus le consentement à payer de la centrale est élevé. Selon la qualité énergétique intrinsèque aux plaquettes, le « prix d'achat entrée usine » s'échelonne entre 50 et 100 €/t. Ce prix est à mettre en regard des coûts induits par la transformation du bois en plaquettes forestières. Pour connaître les coûts de production d'une tonne de plaquettes forestières (exprimés en €/t), plusieurs indications sur le prix de revient du capital humain et matériel sont nécessaires. En considérant un itinéraire sylvicole spécifique, les auteurs évaluent le coût total de transformation de bois en plaquettes forestières à 48 €/t. En prenant 24,33 €/MWh à 50% d'humidité (24 + 0,33 €/MWh du bonus certification¹²) comme prix d'achat (entrée usine Uniper), soit 52,57 €/t, la marge faite sur la production d'une tonne de billons issue du chantier d'étude est de 9,5%. Les conditions économiques semblent difficiles pour ce chantier et la valeur ajoutée reste faible. Le rapport précise que le bois de ce chantier est acheté 8 €/t sur pied. Sous les conditions technico-économiques spécifiques à ce site, le prix relatif du bois-énergie vaut $p = 0.57$ ¹³. Cette valeur, essentiellement indicative, est soumise à une étude de sensibilité présentée dans la sous-section suivante.

Étant donné que d'une part les propriétaires forestiers gèrent peu leur forêt¹⁴, et que d'autre part le boisement de pin sylvestre est souvent issu d'une colonisation naturelle¹⁵, nous assumons que le coût de plantation est égal à 0. Cette simplification résulte également de l'absence d'information sur le coût de constitution d'un peuplement à des échelles nationales ou régionales.

2.3.2 Présentation des résultats

La Table 2 fournit la périodicité optimale des rotations (t^*) pour différentes valeurs du prix relatif du bois-énergie et du taux d'intérêt réel. Notre raisonnement théorique prédit une baisse de t^* lorsque que le prix relatif du bois-énergie augmente. La simulation numérique effectuée sur un échantillon de pins sylvestres en région PACA confirme cette tendance, pour des taux d'actualisation allant de 1% à 7%, bien que l'effet reste modeste. Dans un contexte de forte demande en bois à des fins énergétiques, la hausse du prix du bois-énergie mène les propriétaires forestiers à réajuster la gestion sylvicole de leur peuplement en pins sylvestres.

¹² Le bonus certification s'applique en cas de mobilisation de bois respectant l'un des schémas de certification de gestion forestière durable. Dans ce cas, le groupe Uniper versera un bonus de 0,33 €/MWh pour la biomasse livrée suivant un contrat apportant les garanties de traçabilité.

¹³ $p = (52,57 - 48) / 8$

¹⁴ Voir l'argumentaire en section 2.3

¹⁵ Voir l'argumentaire en section 2.1

Table 2 – Période de rotation optimale t^* pour différentes combinaisons de prix et de taux d'intérêt

		p					
		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
r	0.01	59.4	58.4	57.6	56.8	56.2	55.6
	0.03	35.3	34.5	33.9	33.3	32.9	32.5
	0.05	24.9	24.3	23.8	23.3	23.0	22.7
	0.07	19.2	18.7	18.2	17.9	17.6	17.4

Dans le cas d'un taux d'intérêt réel à 1%, la période de rotation optimale qui est de 59,4 ans dans le modèle de Faustmann standard ($p=0$) se raccourcit à 56,8 années si l'on envisage une production jointe de bois-énergie et de bois d'œuvre, notamment en direction de la centrale de Gardanne ($p=0,6$). Il est optimal pour un propriétaire de la région PACA qui passe d'une situation où il ne valorisait pas ses rémanents forestiers à une situation où ceux-ci sont valorisés à $p=0,6$ de réduire la durée de rotation de sa parcelle de pins sylvestres.

La Table 3 présente les évolutions de la valeur actualisée maximale du pin sylvestre en fonction du prix relatif du bois-énergie en vigueur. L'interprétation des valeurs absolues de la valeur actualisée de la forêt est complexe du fait du raisonnement en prix relatifs, c'est pourquoi nous avons préféré une analyse en variation relative d'un prix à un autre. Pour un taux d'intérêt réel donné, le tableau nous présente l'évolution de la valeur de la parcelle quand le prix relatif des deux usages du bois passe au dixième pair supérieur tandis que la deuxième ligne décrit l'évolution globale de la valeur entre $p=0$ et $p=1$.

Table 3 – Variations de la valeur maximale du pin sylvestre suite à une évolution du prix relatif du bois-énergie

		p					
		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
r	0.01	Δ 9.5%	Δ 8.7%	Δ 8.1%	Δ 7.5%	Δ 6.0%	+ 47.9%
	0.03	Δ 10.8%	Δ 9.7%	Δ 8.9%	Δ 8.3%	Δ 7.5%	+ 54.1%
	0.05	Δ 11.7%	Δ 10.5%	Δ 9.8%	Δ 8.9%	Δ 7.9%	+ 59.3%
	0.07	Δ 12.6%	Δ 11.7%	Δ 10.0%	Δ 9.1%	Δ 8.8%	+ 64.2%

En valorisant les rémanents forestiers à des fins énergétiques plutôt que de les exclure du processus de production, le propriétaire forestier garantit un supplément de revenu. Dans le cas extrême où le bois-énergie serait valorisé au même prix que le bois d'œuvre ($p=1$), la parcelle qui fournit ces deux marchés distincts assure des rendements financiers à son propriétaire deux fois plus importants qu'en l'absence d'exploitation du bois de qualité énergétique (+54% de la valeur forestière maximale pour $r = 3\%$).

Dans la section 2.3.2, il a été souligné que la décision des propriétaires forestiers de fournir leur biomasse à l'industrie énergétique est positivement influencée par l'opinion sur les bénéfices espérés pour cette opération. Les résultats de cette étude démontrent que, sans bouleverser le mode de gestion sylvicole des propriétaires forestiers, s'insérer dans le marché du bois-énergie génère des gains financiers substantiels. Une campagne d'information auprès des propriétaires forestiers, présentant les bénéfices espérés d'une valorisation des rémanents forestiers, peut réduire la sous-exploitation de la forêt dans une période où elle est largement sollicitée pour la production d'énergie renouvelable.

Conclusion

Un système énergétique durable sera nécessairement moins dépendant des énergies fossiles que l'actuel. Dans cette étude, nous avons porté notre attention sur un intermédiaire clé dans la transition vers un tel système énergétique, la forêt. En tant que substitut direct aux énergies fossiles, les ressources boisées sont de plus en plus prisées pour la production d'électricité et de chaleur. La région Provence-Alpes-Côte d'Azur a été identifiée par de nombreux porteurs de projets de bois-énergie comme un terrain fertile et d'avenir. Elle accueille ainsi un nombre croissant d'unités de production énergétique qui comptent sur l'accroissement actuel de la superficie forestière dans la région pour subvenir à leur besoin en bois. En réponse à cette demande accrue, les propriétaires forestiers ont progressivement modifié leur pratique sylvicole pour finalement récolter du bois de qualité énergétique en complémentarité au bois de qualité d'œuvre. Nous nous sommes alors intéressés au potentiel de revenu supplémentaire généré par cette pratique répandue chez les grands exploitants mais encore peu chez les « petits » propriétaires forestiers. En traitant ce problème dans le cadre d'un modèle à la Faustmann, nous démontrons qu'il est profitable au propriétaire forestier de raccourcir ses échéances de rotation en comparaison à une production de bois d'œuvre exclusivement. Une telle réduction de la durée de rotation du Pin Sylvestre génère un supplément de valeur pour le propriétaire forestier. Cependant, nos simulations numériques effectuées sur des fonctions de production déterminées empiriquement nuancent la magnitude d'une telle réduction.

Une première perspective pour les travaux à venir est de mieux appréhender le degré de connaissance et d'information des propriétaires forestiers sur les opportunités et les perspectives d'un marché du bois-énergie. Dans un deuxième temps, il s'agit de comprendre quels sont, pour les agents conscients et informés, les déterminants qui agissent sur leur volonté de mobiliser du bois en direction de l'industrie énergétique. Sans une analyse plus fine des motivations intrinsèques, tous les projets impulsés par des politiques publiques rencontreront une résistance à l'origine de la chaîne d'approvisionnement, c'est à dire auprès des propriétaires forestiers. Ils constituent un maillon essentiel sans lequel toute tentative d'expansion et de développement de la filière de bois-énergie serait vaine. Si le supplément de valeur espéré de la récolte du bois énergie est de l'ordre de 25%, la diffusion de l'information sur ces chiffres auprès des propriétaires forestiers est cruciale pour l'aide à la décision. En effet, l'intégration de la production de bois-énergie pour un propriétaire forestier n'ayant considéré jusqu'alors que des opérations forestières traditionnelles s'accompagne de gains

financiers qui peuvent être considérables sous certaines conditions d'exploitation (en négligeant les coûts d'exploitation par exemple). En outre, cette valorisation supplémentaire de la production n'implique pas de bouleversement dans la gestion sylvicole, avec une rotation optimale qui diminue de quelques années seulement (2 à 4 ans).

Bibliographie

- [1] IGN, « Données brutes de l'Inventaire Forestier National », 2008 – 2014.
- [2] IFN, « La forêt française : les résultats issus des campagnes d'inventaire de 2005 à 2009- Région Provence-Alpes-Côte d'Azur », rapport technique, 2010.
- [3] G. Bernades et L. Bernard, « Récolte de bois et production de sciages : en 2013, un nouveau doublement de la récolte dédiée aux plaquettes bois-énergie », *SRISE Provence-Alpes-Côte d'Azur*, vol. 84, 2015.
- [4] S. Caurla, P. Delacote, F. Lecocq, et A. Barkaoui, « Stimulating fuelwood consumption through public policies : An assessment of economic and resource impacts based on the French forest sector model », *Energy Policy*, vol. 63, pp. 338 – 347, 2013.
- [5] Agreste, « Enquête sur la structure de la forêt privée en 2012 », *Chiffres et données*, vol. 222, 2014.
- [6] C. Conway, G. Amacher, J. Sullivan, et D. Wear, « Decisions nonindustrial forest landowners make : an empirical examination », *Journal of Forest Economics*, vol. 9, pp. 181 – 203, 2013.
- [7] S. Stordal, G. Lien, et S. Baardsen, « Analyzing determinants of forest owners' decision-making using a sample selection framework », *Journal of Forest Economics*, vol. 14, pp. 159 – 176, 2008.
- [8] M. Brunette, E. Nazindigouba Kere, et A. Stenger, « Econometric analysis of social interactions in the production decisions of private forest owners », *Journal of Forest Economics*, vol. 41, pp. 177 – 198, 2014.
- [9] S. Garcia, E. Nazindigouba Kere, et J. Foncel, « Attitude face au risque et décision de récolte des propriétaires forestiers privés français », *Revue Forestière Française*, 2016.
- [10] D. Grebner, G. Perez-Verdin, J. Henderson, and A. Londo, « Bioenergy from woody biomass, potential for economic development and the need for extension », *Journal of Extension*, vol. 47, 2009.
- [12] X. C. Sun, I. Munn, et A. Hussain, « Knowledge of three regeneration programs and application behavior among Mississippi nonindustrial private forest landowners : A two-step sample selection approach », *Journal of Forest Economics*, vol. 15, pp. 187 – 204, 2009.
- [13] O. Joshi, D. Grebner, A. Hussain and S. Grado, « Landowner knowledge and willingness to supply woody biomass for wood-based bioenergy: Sample selection approach », *Journal of Forest Economics*, vol. 19, pp. 97 – 109, 2013.

[14] J. Conrad, C. Bolding, R. Smith, et M. Aust, « Wood-energy market impact on competition, procurement practices, and profitability of landowners and forest products industry in the U.S South», *Biomass and bioenergy*, vol. 35, pp. 280 – 287, 2011.

[15] S. Gruchy, D. Grebner, I. Munn, O. Joshi, et A. Hussain, « An assessment of nonindustrial private forest landowner willingness to harvest woody biomass in support of bioenergy production in Mississippi : A contingent rating approach», *Forest Policy and Economics*, vol. 15, pp. 140 – 145, 2012.

[16] M. Faustmann, « Berechnung des werthes, welchen waldboden, sowie noch nicht haubare holzbestände für die waldwirtschaft», *Allgemeine Forst- and Jagdzeitung*, pp. 441 – 455, 1849.

[17] H. Clarke and R. Shrestha, « Long-run equilibrium properties of renewable resource management models », *Resource and Energy*, pp. 279 – 308, 1986.

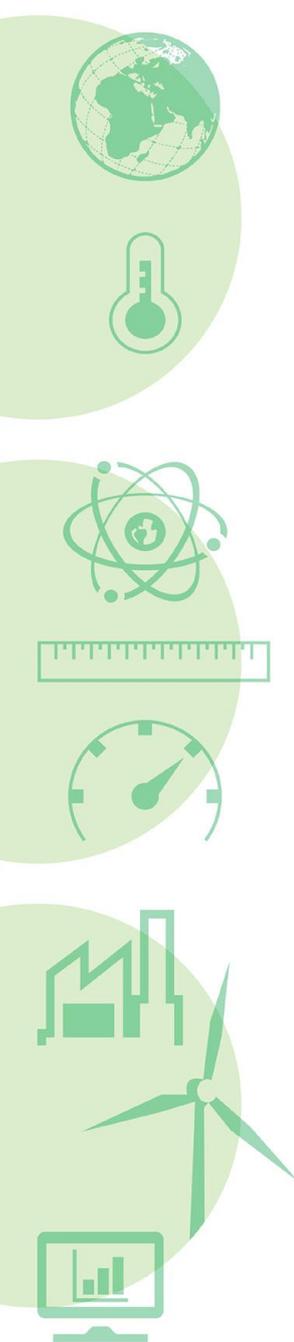
[18] L. Marklund, « Biomassafunktioner för tall, gran och björk i sveriges lantbruksuniversitet », Institutionen för skogstaxering, 1988.

[19] G.C. Van Kooten, C.S. Binkley, et G. Delcourt, « Effect of carbon taxes and subsidies on optimal forest rotation age and supply of carbon services», *American Journal of Agricultural Economics*, vol.77, 1995.

[20] M. De Guisa et G. Martinez, « Évaluation économique et technique du potentiel de prélèvement de pin sylvestre dans la perspective d'une contractualisation de l'approvisionnement avec la centrale de Gardanne», *Forêt Méditerranéenne*, pp. 299 – 310, 2015.

INFORMATION ET DÉBATS

DERNIERES PARUTIONS

- 
- L'accord de Paris : "un passager clandestin" nommé Trump** **N°53**
Christian de PERTHUIS
- Contributions nationales et trajectoires de décarbonation profonde :
une approche pragmatique** **N°52**
Patrick CRIQUI, Sandrine MATHY
- Freins à l'adoption de mesures d'atténuation des gaz à effet de serre
dans l'agriculture** **N°51**
Marielle BRUNETTE, Caroline ORSET, Camille TEVENART
- Autoconsommation et transfert de richesses entre consommateurs** **N°50**
Olivier REBENAQUE
- Effets des taxes à l'achat et à l'usage des véhicules sur les émissions
de CO₂** **N°49**
Bénédicte MEURISSE
- Les malfaçons dans la production contemporaine de l'habitat** **N°48**
Vincent RENAULD-GIARD
- L'analyse économique de la transition forestière** **N°47**
Philippe DELACOTE, Serge GARCIA, Julien WOLFERSBERGER
- Les impacts d'un prix-plancher du CO₂ dans le secteur électrique** **N°46**
Christian de PERTHUIS, Boris SOLIER, Raphaël TROTIGNON

Directeur des publications Information et Débats : Marc Baudry

Les opinions exprimées dans ces documents par les auteurs nommés sont uniquement
la responsabilité de ces auteurs.

Ils assument l'entière responsabilité de toute erreur ou omission.

La Chaire Économie du Climat est une initiative de l'Université Paris Dauphine, de la
CDC, de Total et d'EDF, sous l'égide de la Fondation Institut Europlace de Finance.