

Producto: Estrategia para el Aprovechamiento Forestal Sostenible de las Resinas Naturales Europeas.

Actividad: Creación de escenario de evolución del mercado internacional e impacto sobre la micro economía resinera.

Entregables:

- Manual para el análisis de rentabilidad de los escenarios resineros.
- Escenarios de evolución del mercado internacional de la resina.

Actividad: Evaluación de riesgos sobre la sostenibilidad del sistema resinero y propuesta de opciones de respuesta.

Entregables:

- Guía para el análisis de sostenibilidad.
- Seminario: análisis de sostenibilidad de los escenarios resineros.
- Análisis de sostenibilidad de los escenarios resineros.

Rentabilité du gemmage en Europe

“Manual para el análisis de la rentabilidad de diferentes escenarios resineros mediante la técnica del análisis de costo-beneficio”

“Manual for the analysis of the profitability of different resin scenarios using the technique of cost-benefit analysis”

“ Manuel pour l’analyse de rentabilité de différents scénarios de production de résine au moyen de la technique de l’analyse coût-bénéfice”

Projet SUSTFOREST+, livrable 1.4.1

Armand CLOPEAU, Christophe ORAZIO

**European Forest Institute
Planted Forests Facility**

16 août 2019

Résumé

Le marché mondial de la résine a connu des changements fondamentaux au cours des dernières années. Le projet SustForest+, visant à promouvoir la production de résine en Europe, est né dans ce contexte. A partir de données recueillies auprès des partenaires du projet ainsi que d'informations bibliographiques, cette étude présente une méthode d'analyse de la rentabilité de la production de résine en Europe. Ce rapport décrit dans un premier temps des systèmes sylvicoles orientés pour la production de résine et les méthodes de gemmage existantes en France, en Castille-et-León, au Portugal et en Galice. Ces informations techniques servent de références aux analyses coût-bénéfices de plusieurs scénarios sylvicoles incluant ou non la production de résine. L'analyse est basée sur trois prix de la résine établis à partir de prédictions de l'évolution du marché international (*Livrable SustForest+ 1.4.2*). Les résultats des analyses coût-bénéfice serviront de base à l'évaluation multicritère des scénarios de gemmage au cours d'une prochaine étude (*Livrable SustForest+ 1.5.1*)

Abstract

The global resin market has undergone fundamental changes over the past few years. SUSTFOREST+ project, aiming to promote the production of resin in Europe, was born in this context. Using the data collected from the partners of the project as well as bibliographic information, this study presents a method for analyzing the profitability of resin production in Europe. This report first describes silvicultural systems oriented towards resin production and existing tapping methods in France, Castile and León, Portugal and Galicia. This technical information is used as a reference for cost-benefit analyses of several silvicultural scenarios, including or not resin production. The analysis is based on three resin prices established from predictions of the evolution of the international market (*SustForest+ deliverable 1.4.2*). The results of the costs-benefit analyses will be used as a basis for the multi-criteria evaluation of tapping scenarios in a future study (*SustForest+ deliverable 1.5.1*).

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Javier Calvo, du CESEFOR pour son investissement dans le projet SUSTFOREST+ et pour son accueil à Soria (Espagne). Merci également à Alvaro Picardo Nieto de la Junta de Castilla-y-León pour les échanges réguliers et le partage de données concernant la production de résine dans la région de Castille-et-León. Pour la modélisation de scénarios sylvicoles dans cette région, je remercie Cristóbal Ordoñez Alonzo, de l'Université de Valladolid. Je souhaite aussi remercier Conchi Martínez, de Resinas Naturales, pour le partage de données économiques de références sur la production de résine.

Au Portugal, j'ai pu bénéficier du soutien de Teresa de Jesus Fidalgo Fonseca et Maria Emíla Silva (Utad - Universidade de trás-os-montes e alto duro) et de Paula Soares (Universidade de Lisboa) pour la construction des scénarios de production portugais. Merci aussi à António Salgueiro (Giff - Gestão Integrada e Fomento Florestal, Lda) et à Mariana Jorge Ferreira (Luresa Resinas) pour les informations apportées sur production de résine dans ce pays.

En France, j'ai pu bénéficier de l'appui de Luc Leneveu, de la société Holiste, pour la démonstration de la méthode de gemmage Biogemme et le partage de données de productivité. Je remercie aussi Francis Maugard, de l'ONF, pour avoir apporté des documents sur la sylviculture pratiquée dans la méthode de gemmage traditionnelle française.

Enfin, je remercie Enrique Martinez Chamorro du Centro de Investigación Forestal de Lourizán (Xunta de Galicia) pour avoir permis l'ajout de scénarios de gemmage galicien en apportant les informations nécessaires aux analyses coût-bénéfices.

Table des matières

Résumé	2
Abstract	2
Remerciements	3
Tables des illustrations	6
Figures.....	6
Tableaux.....	6
Le projet SustForest+	7
Introduction.....	8
Objectifs	9
1. Compatibilité des productions.....	10
2. Systèmes de gemmage.....	10
2.1. Sylvicultures dédiées à la production de gemme.....	11
2.1.1. France	11
2.1.2. Castille-et-León et Portugal.....	12
2.2. Méthodes de gemmage	14
2.2.1. Biogemme (France).....	14
2.2.2. Pica de corteza (Castille-et-León et Portugal).....	17
2.2.3. Borehole (Galice).....	20
3. Scénarios étudiés.....	24
3.1.1. France	25
3.1.2. Castille-et-León	27
3.1.3. Portugal.....	28
3.1.4. Galice.....	30
4. Valeurs du marché	31
4.1. Prix de vente du bois.....	31
4.1.1. Tarif en France.....	31
4.1.2. Tarif en Castille-et-León	32
4.1.3. Tarif au Portugal	32
4.1.4. Tarif en Galice.....	32
4.2. Prix de vente de la résine.....	33
5. Coûts des projets.....	35
5.1. Coûts liés à la sylviculture du pin maritime	35
5.1.1. France	35
5.1.2. Castille-et-León	35
5.1.3. Portugal.....	36

5.1.4.	Galice.....	36
5.2.	Coûts liés au gemmage.....	36
5.2.1.	France	36
5.2.2.	Castille-et-León	36
5.2.3.	Portugal	37
5.2.4.	Galice.....	38
6.	Recettes.....	38
6.1.	Production de bois.....	38
6.2.	Production de résine	38
6.2.1.	France	39
6.2.2.	Castilla-y-León.....	39
6.2.3.	Portugal	40
6.2.4.	Galice.....	41
7.	Flux de trésorerie.....	42
8.	Indicateurs économiques.....	43
8.1.	Valeur Actuelle Nette (VAN)	43
8.2.	Bénéfice Actualisé en Séquence Infinie (BASI)	44
9.	Résultats	44
9.1.	France	44
9.2.	Castille-et-León	45
9.3.	Portugal	46
9.4.	Galice	47
	Conclusion et ouverture.....	47
	Glossaire	48
	Bibliographie.....	Erreur ! Signet non défini.

Tables des illustrations

Figures

Figure 1 : Schéma explicatif de la sylviculture historique dédiée au gemmage dans les Landes (France).....	12
Figure 3 : Schéma d'organisation spatiale et temporelle d'un massif de pins gemmés, aménagé en 5 groupes de parcelles (R : groupe en phase de régénération ; D : groupe en phase de développement ; P : Groupe en phase de production)	14
Figure 4 : Évolution des caractéristiques d'un peuplement géré par la sylviculture dédiée à la production de gomme en Espagne	Erreur ! Signet non défini.
Figure 5 : Paires de cares ouvertes pendant une même saison de gemmage (le nombre de paires est normalement limité à 5)	15
Figure 6 : Prélèvement de la gomme en vase clos, dans des poches.....	16
Figure 7 : Outil de piquage utilisé dans la méthode Biogomme	17
Figure 8 : Piquage réalisé dans le sens ascendant, en bande, par la méthode Pica de corteza ...	18
Figure 9 : Activant déposé sur une care en raie réalisée par la méthode Pica de corteza	19
Figure 10 : Outil de piquage utilisé dans la méthode Pica de corteza	20
Figure 11 : Illustration de la méthode de gemmage Borehole. Cet exemple montre la collecte de résine en sac (à gauche) et en bouteille (à droite). La résine est prélevée dans les canaux résinifères longitudinaux et radiaux dans le secteur autour des trous de forage (Alan W. Hodges, 1997)	21
Figure 12 : Prélèvement de la gomme en vase clos, dans des bouteilles (<i>Centro de Investigaciones de Lourizán</i>).....	22
Figure 13 : Perçage des trous de collecte par la méthode Borehole.....	22
Figure 14 : Sylviculture et gemmage dans le scénario FR4	26
Figure 15 : Prix de vente du bois en fonction du volume unitaire dans les Landes de Gascogne, selon les ventes effectuées par l'ONF en octobre 2017 en forêt de Labouheyre	32
Figure 16 : Prix de vente du bois en fonction du volume unitaire en Galice.....	33
Figure 17 : Évolution du prix de la colophane sur la période 2010 - 2017 et prospective sur la période 2018 - 2022 (USD constant 2017).....	34
Figure 18 : Coût de production de la résine dans la région de Castille-et-León, en fonction du nombre d'années d'exploitation par le gemmeur (<i>Resinas Naturales</i>).....	37
Figure 19 : Comparaison de la valeur du BASI pour différents prix de la résine en France	44
Figure 20 : Comparaison de la valeur du BASI pour différents prix de la résine en Castille-et-León	45
Figure 21 : Comparaison de la valeur du BASI pour différents prix de la résine au Portugal	46
Figure 22 : Comparaison de la valeur du BASI pour différents prix de la résine en Galice.....	47

Tableaux

Tableau 1 : Scénarios retenus pour l'analyse coût-bénéfice.....	24
Tableau 2 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario FR1	25
Tableau 3 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario FR2	25
Tableau 4 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario FR3	26
Tableau 5 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario FR4	26
Tableau 6 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario CA1	27
Tableau 7 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario CA2	27
Tableau 8 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario CA3	28
Tableau 9 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario CA4	28
Tableau 10 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario PT1	29
Tableau 11 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario PT2	29
Tableau 12 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario PT3	29
Tableau 13 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario PT4	30
Tableau 14 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario GA1.....	30
Tableau 15 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario GA2.....	31
Tableau 16 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario GA3.....	31
Tableau 17 : Prix du bois en fonction du diamètre individuel dans la région de Castille-et-León ..	32
Tableau 18 : Prix de vente du bois en fonction du diamètre individuel au Portugal	32
Tableau 19 : Coût des opérations sylvicoles dans le système FR1 (Office National des Forêts) ...	35
Tableau 20 : Coût des opérations sylvicoles dans le système CA1	35
Tableau 21 : Coût des opérations sylvicoles dans le système PT1 (Mendes, 2004)	36
Tableau 22 : Coût des opérations sylvicoles dans le système GA1.....	36
Tableau 23 : Revenus liés au bois pour le scénario FR1	38
Tableau 24 : Recettes liées à la production de résine pour le scénario FR4, dans le cas où le prix de la résine est élevé (1,347 €/kg)	39
Tableau 25 : Recettes liées à la production de résine pour le scénario CA2, dans le cas où le prix de la résine est élevé (1,347 €/kg)	40
Tableau 26 : Recettes liées à la production de résine pour le scénario PT2, dans le cas où le prix de la résine est élevé (1,347 €/kg)	41
Tableau 27 : Recettes liées à la production de résine pour le scénario GA3, dans le cas où le prix de la résine est élevé (1,347 €/kg)	42
Tableau 28 : Flux de trésorerie correspondant au scénario FR1.....	42
Tableau 29 : Flux de trésorerie correspondant au scénario FR4.....	43

Le projet SustForest+

Le projet SustForest+ est un projet transnational financé par le programme Interreg Sudoe et par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER).

La filière européenne d'extraction de résine naturelle a traversé une période de crise profonde pendant la fin du siècle dernier. Des initiatives publiques et privées ont été portées en Espagne, en France et au Portugal. Celles-ci ont contribué à maintenir l'espoir d'un secteur prospère et compétitif.

Dans ce contexte, le projet SustForest est né en 2010 avec la conviction que la filière résinière européenne devait s'unir afin de faire face à un problème complexe : l'impact des marchés mondiaux sur les ressources en résine des forêts européennes, l'emploi rural et les produits à forte valeur ajoutée.

Le projet SustForest+ vise à capitaliser les acquis du projet SustForest en établissant des stratégies à plus long terme et en créant des réseaux stables de collaboration afin d'atteindre les objectifs suivants :

- Mobiliser la ressource européenne de résine afin d'approvisionner durablement l'industrie locale ;
- Améliorer les conditions de travail des gemmeurs, en générant de cette façon des emplois stables et de qualité dans les zones rurales de la région sud-ouest de l'Europe ;
- Développer des marchés pour les produits issus de la résine naturelle produite dans les forêts du sud-ouest de l'Europe en tant que ressource durable sur les plans social, économique et environnemental.

Ce document fait partie des 31 livrables du projet SustForest+. Il présente la méthode de l'analyse coût-bénéfice visant à comparer la rentabilité de différents projets d'investissement. Ces projets comprennent la production de bois, ajoutée ou non à la production de résine. Ils diffèrent de l'un l'autre par la région étudiée, le scénario sylvicole et la technique de gemmage.

Les résultats des analyses coût-bénéfices seront utilisés par la suite dans le cadre d'une évaluation multicritère de la durabilité des scénarios de gemmage (*Livrable 1.5.1 - Análisis de sostenibilidad de los escenarios resineros*). Cette étude aura pour objectif d'enrichir l'analyse par la prise en compte d'indicateurs environnementaux et sociaux.

Introduction

Le gemmage correspond à l'activité d'extraction d'oléorésine de pin. Cette résine est constituée d'une partie liquide volatile : l'essence de térébenthine, et d'une partie solide : la colophane. Ces matières premières sont utilisées dans de nombreux produits faisant partie de notre quotidien. La colophane obtenue à partir de la distillation de la gemme de pin est utilisée par exemple pour la fabrication de vernis, d'encres, de cosmétiques ou encore de chewing-gum.

En France, le gemmage a quasiment disparu depuis plus de 50 ans. Dans la péninsule ibérique, l'activité a été maintenue mais fortement contrainte. Bien qu'une ressource forestière suffisante existe dans le sud de l'Europe, une part importante de la résine consommée dans cette région est importée d'autres continents. Aujourd'hui, le développement du gemmage en Europe semble intéressant pour des questions de durabilité sur les plans économique, social et environnemental.

En 2016, la balance commerciale de la Chine s'est inversée et le Brésil est devenu le principal exportateur de colophane dans le monde. Ce changement de situation a modifié les modalités d'évolution du marché : les principaux facteurs qui influencent aujourd'hui le marché de la résine

en Europe sont les variations du prix du pétrole, l'augmentation de la production brésilienne et la consommation chinoise. Les entreprises de transformations européennes ont un intérêt à inclure la production locale dans leurs sources d'approvisionnement pour limiter la dépendance au marché international. De plus, la demande en produits biosourcés est en augmentation en Europe et la nouvelle stratégie européenne pour la bioéconomie¹ implique fortement le secteur forestier. Certains produits habituellement fabriqués à partir de résine d'hydrocarbures pourraient être fabriqués à l'avenir à partir de résine végétale. Enfin, le développement de la filière européenne permettrait de maintenir voire de créer des emplois, perspective souhaitable étant donné le taux de chômage actuel en Europe.

Le maintien d'un prix élevé pour la résine naturelle de pin sur le marché international est un scénario envisageable compte-tenu des variations du prix de la résine d'hydrocarbures, de l'augmentation de la demande mondiale en résine et de l'apparition récente de besoins importants en Chine. Toutefois, les possibilités de production européennes en résine ne dépendent pas uniquement du prix de la résine sur le marché international. L'amélioration des systèmes de gemmage en Europe, associée à une mobilisation plus importante des ressources humaines et financières, pourrait permettre une diminution des coûts de production pour cette matière première. Même si la rentabilité de la production européenne reste inférieure à celle du Brésil ou de l'Indonésie en raison d'un coût de main d'œuvre plus élevé et de conditions climatiques moins favorables, le gemmage pourrait être économique viable.

La rentabilité de la collecte de résine en Europe est étudiée dans ce document, au travers de la comparaison de scénarios de gemmage au moyen de l'analyse coût-bénéfice. Les données utilisées ont été recueillies auprès de nombreux partenaires européens présentés en partie *Remerciements*, dans le cadre du projet SustForest+. Des informations complémentaires, concernant notamment les modalités de gemmage et les méthodes d'évaluation économique, ont été apportées par des références bibliographiques citées à la fin de ce document.

Objectifs

Cette étude a pour objectif principal de fournir des bases méthodologiques pour la comparaison de systèmes sylvicoles incluant ou non la production de résine. Pour cela, plusieurs scénarios ont été considérés, correspondant aux situations rencontrées dans les principales régions de développement de la production de résine. En Castille-et-León (Espagne) et au Portugal, la production de résine connaît un nouvel essor et l'analyse coût-bénéfice est vue comme un outil de démonstration de l'intérêt du gemmage dans ces régions, ainsi qu'un moyen de développement de la performance des systèmes pour limiter la sensibilité de l'activité à la compétition internationale. Dans la région des Landes (France) et celle de Galice (Espagne), le gemmage est très peu pratiqué et cette production est vue comme une potentialité de valorisation supplémentaire des massifs gérés principalement pour la production de bois d'œuvre.

L'analyse s'appuie sur les systèmes existant dans ces régions et propose des scénarios alternatifs permettant de simuler la production de résine par différentes méthodes de gemmage. Les systèmes sont comparés à partir d'un indicateur économique obtenu au travers des analyses coût-bénéfice : le BASI (Bénéfices Actualisés en Séquence Infinie).

L'analyse est basée sur trois prix de la résine établis à partir de prédictions de l'évolution du marché international (*Livable 1.4.2 – Escenarios de evolución del mercado internacional de la resina*). Les résultats des analyses coût-bénéfice serviront de base à l'évaluation multicritère des scénarios de gemmage (*Livable 1.5.1 – Análisis de sostenibilidad de los escenarios resineros*). Cette étude

¹ <https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/index.cfm?pg=policy&lib=strategy>

sera réalisée dans le cadre du projet SustForest+ et complètera l'analyse économique en prenant en considération les valeurs environnementales et sociales de l'activité de gemmage.

1. Compatibilité des productions

Il est possible que le gemmage induise une légère perte de croissance des pins (Félix M. Pinillos Herrero, 2009). En l'absence de données dendrométriques concernant ce phénomène, les modèles de croissances appliqués en sylviculture orientée pour la production de bois d'œuvre seront utilisés pour l'estimation de la croissance des arbres gérés pour la production de gemme.

Selon la technique de gemmage employée, il peut aussi exister une dépréciation de la valeur du tronçon basal affecté directement par la collecte de résine. La méthode de gemmage à vie pratiquée en Espagne et au Portugal (Pica de corteza) affecte le bois plus profondément que la méthode Borehole car celle-ci est appliquée sur une durée d'environ 25 ans.

Il est possible d'estimer la différence de prix entre un bois gemmé et non gemmé en fonction de la différence d'utilisation du tronçon basal, qui peut être affecté par le gemmage. Lorsque la valeur du bois est faible, la différence d'usage et donc de prix entre un bois gemmé et non gemmé a peu d'importance en comparaison avec les revenus liés au gemmage. Dans les zones où la valeur du bois est supérieure, comme dans les peuplements de pin noir à croissance rapide du Portugal destinés au déroulage, le gemmage n'est réalisé que sur de courtes périodes (5 ans) précédant les coupes et celui-ci n'affecte par l'utilisation finale des grumes. C'est le cas du gemmage à mort pratiqué avant les éclaircies en Castille-et-León ou au Portugal, ou du gemmage par la méthode Biogemme pratiqué en France.

Le bois gemmé présente une densité plus élevée et moins de poches de résines que le bois non gemmé. Bien que sa couleur soit plus sombre, ces qualités peuvent être un avantage pour certaines utilisations où sa plus grande durabilité ou son plus grand pouvoir calorifique prévalent. Actuellement, il n'existe pas de valorisation différente des arbres non gemmés pour les arbres gemmés. Un seul prix de vente du bois est donc retenu pour chaque région étudiée, en conservant la possibilité d'entrer un facteur de dépréciation, ou au contraire d'augmentation de la valeur du bois.

2. Systèmes de gemmage

Les scénarios de gemmage envisagés pour l'analyse économique varient selon trois modalités : la région de production, la méthode de collecte de résine et la sylviculture appliquée aux peuplements :

- Région de production
 - France
 - Castille-et-León
 - Portugal
 - Galice
- Méthode de collecte de résine
 - Pica de corteza (campagne classique)
 - Pica de corteza (campagne réduite à 4 mois)
 - Biogemme
 - Borehole
- Sylviculture appliquée
 - Sylviculture dédiée à la production de bois
 - Sylviculture dédiée à la production de gemme

2.1.Sylvicultures dédiées à la production de gemme

2.1.1. France

La sylviculture présentée ici correspond à la sylviculture dédiée au gemmage qui était pratiquée dans les Landes jusqu'au déclin de l'activité, dans les années 1960 (Claude Taillentou). Cette sylviculture avait pour objectif de mener un peuplement de grande qualité à son stade final, tout en fournissant simultanément un maximum de gemme.

Les pins sont issus de semis naturel. Après plusieurs dépressages et éclaircies, le peuplement est constitué d'environ 450 tiges/ha à l'âge de 25 ans. Le diamètre moyen est alors de 25,5 cm. Dès l'âge de 25 ans, quelques 200 pins sont désignés et appelés « pins de place ». Ces pins sont choisis pour leur allure, leur vigueur, leur état sanitaire et leur répartition spatiale.

Pendant les 30-35 années suivantes, des éclaircies successives sont pratiquées à l'avantage des « pins de place » :

- Les « pins de place » désignés ne sont pas gemmés ;
- Les pins qui doivent disparaître à la prochaine éclaircie sont gemmés à mort (plusieurs cares) ;
- Les pins qui doivent disparaître aux éclaircies suivantes sont gemmés à vie (une care ouverte en plus tous les 4 ans).

Ces éclaircies aboutissent à une densité de pins comprise entre 180 et 200 tiges/ha dès l'âge de 50-55 ans. Ces pins ne sont gemmés que lorsqu'ils atteignent un diamètre de 59 cm. Ils sont d'abord gemmés à vie puis gemmés à mort, pouvant recevoir jusqu'à 4 cares.

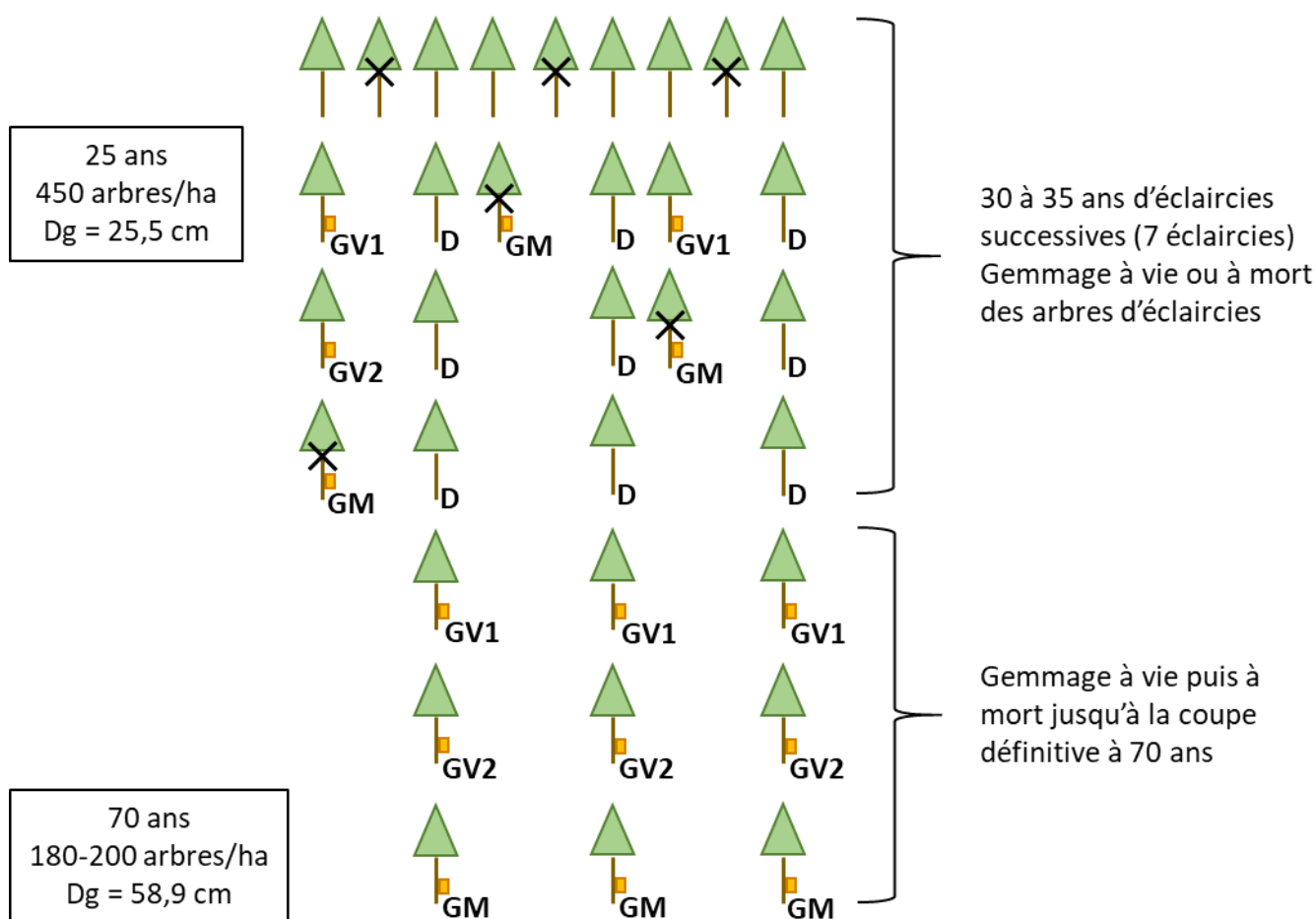


Figure 1 : Schéma explicatif de la sylviculture historique dédiée au gemmage dans les Landes (France)

Bien que ce mode de sylviculture ne soit plus pratiqué en raison du déclin de l'activité de gemmage dans les Landes à partir des années 1960, elle a été retenue dans l'analyse coût-bénéfice à travers le scénario FR2 (*partie 3.1.1.2*) dans l'éventualité d'un nouvel essor du gemmage en France.

2.1.2. Castille-et-León et Portugal

La sylviculture décrite dans cette partie correspond à la sylviculture mise en œuvre en Espagne et au Portugal pour la production de gomme. Les pinèdes gemmées sont gérées comme des peuplements purs réguliers. Afin de simplifier le gemmage, la vie des peuplements est découpée en trois phases (Cesefor, 2009) :

- 1) Une phase de développement jusqu'à ce que les peuplements atteignent l'âge de 50 ans, nécessaire pour les arbres atteignent un diamètre suffisant pour le gemmage. Les peuplements atteignent alors leur densité et leur configuration finale.
- 2) Une phase de production de résine dont la durée est fixée en fonction du temps nécessaire pour ouvrir sur chaque pin en moyenne 5 cares, chacune agrandie pendant 5 années consécutives (soit 25 ans). Aucune activité sylvicole n'a lieu pendant cette phase, sauf les coupes de bois mort.

- 3) Une phase de régénération pendant laquelle 4 coupes sont pratiquées sur une durée d'environ 25 ans.

1) Phase de développement

Les interventions en sylviculture dédiée au gemmage se caractérisent par leur précocité et leur intensité relatives. La densité est réduite très tôt à un faible nombre d'arbres par hectare afin d'obtenir des arbres de plus grand diamètre, avec un houppier très développé. Plus le diamètre des arbres est important, plus il est possible de réaliser un grand nombre de cares sur un même arbre et donc de le gemmer sur une longue période. De plus, le développement du houppier permet de maximiser la production de gomme (Aida Rodríguez-García, 2013). Les interventions sylvicoles ont un caractère sélectif, que ce soit pour les éclaircies par le bas ou par le haut. Les éclaircies par le haut sont pratiquées lorsqu'on souhaite homogénéiser la hauteur des arbres, en accordant une importance particulière à leur distribution en diamètre. Dans des conditions relativement homogènes, il est par la suite possible de réaliser un nombre constant de cares sur chaque arbre.

Le peuplement est conduit, au travers d'éclaircies successives, à une densité de 175 à 200 tiges/ha aux alentours de 50 ans. Généralement, le nombre d'éclaircies pratiquées pendant la phase de développement est de 3 ou 4 :

- La première éclaircie a lieu à l'âge de 20-25 ans. La densité du peuplement est alors réduite à 600-900 tiges/ha. A cet âge, il est possible de réaliser l'élagage des arbres à la hache, au maximum de la hauteur que peut atteindre un homme ;
- La seconde éclaircie est réalisée 10 ans après la précédente. La densité est réduite à 300-400 tiges/ha ;
- La troisième éclaircie est réalisée 10 ans après la seconde. La densité à la suite de cette éclaircie doit être proche de la densité finale souhaitée pour le peuplement (175-200 tiges/ha) ;
- Une quatrième éclaircie peut être pratiquée si nécessaire pour atteindre la densité finale.

Un élagage est pratiqué en même temps que chaque éclaircie, en fonction de la hauteur du peuplement, de façon à obtenir un bois de qualité. On cherche à obtenir des fûts élagués sur au moins 5 à 6 mètres de hauteur à la fin de la phase de développement.

2) Phase de production

La durée de la phase de production est ajustée en fonction de la possibilité de gemmage, qui dépend de la largeur des cares qui a été choisie, en général entre 30 et 34 cm. La période de production dure de 20 à 25 ans, avec l'ouverture de 4 ou 5 cares de gemmage. Si l'on souhaite ouvrir 5 cares, chacune permettant le gemmage pendant 5 ans en agrandissant la care de 50 à 60 cm par an, la période de gemmage s'étend à 25 ans. La densité et la structure du peuplement sont maintenues pendant cette phase et les interventions qui ont lieu servent uniquement à retirer les arbres morts. Des dégagements peuvent aussi être nécessaires pour faciliter les déplacements du gemmeur en cas d'envahissement important par la végétation.

3) Phase de régénération

La phase de régénération dure entre 20 et 25 ans et a pour objectif de reconstituer un peuplement à partir de la régénération naturelle. Il peut parfois être nécessaire de réaliser des compléments de régénération au travers de la plantation. En fonction des densités de régénération obtenues, des nettoisements et des éclaircies sont pratiqués de façon que la densité finale du peuplement à la fin de la phase de régénération atteigne 1000-1200 tiges/ha.

Méthode d'aménagement des massifs gemmés

A l'échelle du massif, la méthode d'aménagement des massifs est adaptée au gemmage. Les principaux facteurs qui conditionnent l'approvisionnement en résine sont :

- Le maintien d'une structure de peuplement régulière ;
- Une période de régénération multiple de la période de gemmage ;
- La concentration dans l'espace des arbres à gemmer.

La durée de la période de révolution est conditionnée par la durée de chacune des phases de production.

Dans un premier temps, les durées de la phase de régénération et de la phase de développement sont fixées en fonction des caractéristiques du peuplement et des conditions stationnelles. La durée de la phase de production est ensuite établie en fonction du plan de gemmage, qui définit la durée et le nombre de périodes de gemmage. La période de révolution doit être un multiple de la période de régénération. (Borregón, 2012). Généralement, les pinèdes destinées au gemmage ont une durée de révolution comprise entre 80 et 100 ans.

Par exemple, en prenant une durée de révolution de 100 ans, il est possible de créer 5 groupes :

- Un groupe de régénération : Gemmage à mort des semenciers pendant 25 ans ;
- Deux groupes en développement : Gemmage à mort des arbres d'éclaircies pendant 50 ans ;
- Un groupe en production : Gemmage à vie pendant 25 ans, soit 5 années consécutives pour chacune des 5 carres ouvertes.

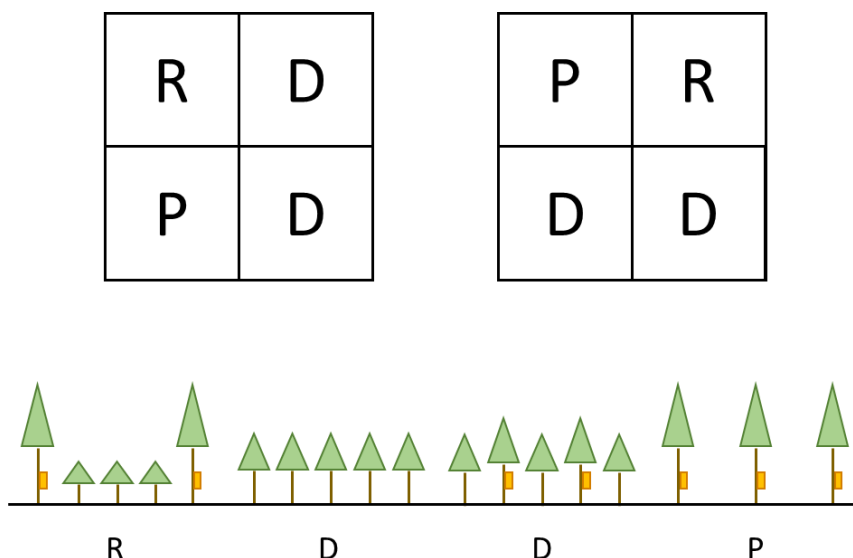


Figure 2 : Schéma d'organisation spatiale et temporelle d'un massif de pins gemmés, aménagé en 5 groupes de parcelles (R : groupe en phase de régénération ; D : groupe en phase de développement ; P : Groupe en phase de production)

2.2.Méthodes de gemmage

2.2.1. Biogemme (France)

Peuplements gemmés

Les pins peuvent être gemmés dès qu'ils atteignent le diamètre de 25 cm (à environ 20 ans). A la différence de la méthode *Pica de corteza* pour laquelle le diamètre minimum est défini en fonction de la durée de révolution du peuplement, le diamètre minimum dépend de la possibilité de faire

tenir une poche de collecte sur l'arbre déterminée par l'épaisseur de l'écorce. En futaie régulière orientée pour la production de bois d'œuvre, ce qui correspond au système sylvicole le plus couramment utilisé dans les Landes, le diamètre suffisant pour pouvoir gemmer est atteint 5 ans avant la troisième éclaircie.

La réutilisation de cares déjà ouvertes mais cicatrisées aboutit à la production d'une faible quantité de résine. Le nombre d'années de gemmage consécutives est donc limité par le diamètre de l'arbre et la taille du gemmeur (environ 2m). Lorsque la surface disponible sur l'arbre est insuffisante pour ouvrir des cares supplémentaires, la production de gemme est arrêtée. Le gemmage peut être réalisé durant 4 à 6 années consécutives sur un même arbre.

Méthode de récolte

L'opération de piquage consiste à réaliser deux trous d'environ 45 cm², jusqu'à effleurer le cambium. La quantité de gemme produite par arbre et par an augmente avec la surface totale de cares ouvertes. Toutefois, la production annuelle par care diminue avec la surface totale de cares ouvertes pendant l'année. Le nombre de cares choisi pour la méthode Biogemme appliquée dans le contexte des Landes tient donc d'un compromis entre le coût en main d'œuvre et en matériel lié à l'ouverture d'une care supplémentaire et le gain de production engendré. En outre, l'ouverture de cares supplémentaires limite le nombre d'années pendant lesquelles le gemmage est possible sur un même arbre.

Le nombre de cares ouvertes à chaque piquage est le même pour chaque arbre. Celui-ci ne dépend pas du diamètre des arbres gemmés.

L'orientation des cares par rapport à l'axe nord-sud reste le même durant une saison de production pour tous les arbres gemmés. Cela conduit à l'ouverture de 5 paires de cares alignées verticalement pendant une même saison, qui sont visibles sur tous les arbres d'un peuplement depuis un certain point de vue.



Figure 3 : Paires de cares ouvertes pendant une même saison de gemmage (le nombre de paires est normalement limité à 5)

Activation

Les chantiers actuels utilisent la technique du « gemmage activé ». La productivité en gemme est grandement améliorée en appliquant un mélange acide sur les cares après piquage (OUDIN, 1952). Le mélange activant est composé d'un acide alpha-hydroxylé en phase liquide et d'un support absorbant. L'altération des tissus qui en résulte provoque une accumulation d'oléorésine au niveau du cambium. La viscosité de l'enduit appliqué permet le passage de la résine et n'empêche donc pas l'écoulement. Le mélange est porté en dessous de la taille par le gemmeur, maintenu par une plaque de cuisse.

Fréquence de piquage

Le piquage consiste uniquement à ouvrir des cares supplémentaires. Les cares déjà existantes ne sont pas rafraichies. De nouvelles cares sont ouvertes toutes les deux à trois semaines en fonction de la production individuelle des arbres. Des arbres plus productifs sont plus fréquemment piqués.

Collecte de la gemme

La gemme est collectée en « vase clos » dans une poche fixée à l'arbre avec un embout de collecte. Cette méthode présente l'avantage de produire une résine avec peu d'impureté et présentant un taux de térébenthine élevé (environ 35 %).



Figure 4 : Prélèvement de la gemme en vase clos, dans des poches

Une fois que les poches sont remplies, elles sont vidées automatiquement par une machine puis la gemme est conditionnée en fûts métalliques.

Outil de collecte

Le piquage est réalisé avec une perceuse portable adaptée au métier. La perceuse dispose d'un guide qui se plante dans l'écorce pour éviter les torsions. Deux plaquettes en carbure entament l'écorce jusqu'à effleurer le cambium.



Figure 5 : Outil de piquage utilisé dans la méthode Biogemme

L'exécution mécanisée du piquage permet une réduction conséquente de la durée de l'opération, et de la pénibilité du travail. En outre, il n'est pas nécessaire de retirer l'écorce de l'arbre avant d'ouvrir une care.

Saison de gemmage

La période de gemmage varie avec les conditions météorologiques. Généralement, elle commence en juin et se termine en septembre, s'étalant ainsi sur une durée de 4 mois. La période peut être plus longue si la température atmosphérique reste élevée à la fin de la saison de production.

Productivité

La productivité de gemme par arbre présente une importante variabilité. La production par arbre par saison est généralement comprise entre 800 g et 5 kg. En moyenne, la production annuelle par arbre dans les Landes est de 3,0 kg/arbre/an.

Un gemmeur est en mesure d'exploiter environ 300 arbres/jour. Pour une journée de travail de 8h, cela correspond à une cadence de travail de 1,6 arbre/minute. Un gemmeur saisonnier gemme entre 4200 et 4500 arbres par saison pour produire entre 14 et 15 tonnes de gemme. Le picage plus régulier des arbres les plus productifs permet l'optimisation de la productivité horaire.

2.2.2. Pica de corteza (Castille-et-León et Portugal)

Peuplements gemmés

Les pins entrent en production de résine lorsqu'ils ont un diamètre proche de 30 cm, à un âge compris entre 55 et 75 ans. En général, le gemmage à vie est pratiqué pendant 20 ans, et le gemmage à mort pendant 5 ans.

La méthode du gemmage à vie se complète avec celle du gemmage à mort pour les arbres d'éclaircies et de la coupe définitive (80-100 ans). Dans ce cas, le gemmage à vie peut être pratiqué pendant les deux quinquennats précédant l'abattage et le gemmage à mort pendant le

quinquennat précédent la coupe. Tous les arbres sont gemmés, sans épargner les semenciers pendant la période de régénération.

Le gemmage peut être pratiqué sur les peuplements gérés avec une sylviculture dédiée au gemmage, comme sur les peuplements gérés avec une sylviculture dédiée à la production de bois d'œuvre. La densité finale des peuplements conduits pour la production de bois est supérieure (250-350 arbres/ha) à la densité finale des peuplements conduits pour le gemmage (175-200 arbres/ha).

Méthode de récolte

Afin de faciliter les opérations de gemmage, l'écorce est retirée en partie dans la zone où seront réalisées les piques de la saison, en réduisant son épaisseur. La surface de l'écorce est rendue lisse sur une surface d'environ 20 x 80 cm, sans atteindre le bois. Cette opération (desroñar) a lieu avant la période de gemmage, c'est-à-dire entre février et mai.

Ensuite, deux lignes sont marquées à l'aide d'un outil appelé « trazador » qui permet de tracer deux lignes vertical espacées de 12 cm. Une fois que tous arbres ont été préparés, un premier piquage a lieu au mois d'avril. L'opération est complétée par l'installation de la plaque collectrice et du clou où le pot de collecte sera fixé.

L'opération de piquage consiste à réaliser une étroite incision horizontale pour retirer l'écorce jusqu'à effleurer le cambium, laissant ainsi les canaux résinifères découverts. Les piques sont généralement réalisées dans le sens ascendant. Il existe deux méthodes de picage : les piques standard d'environ 3 cm de largeur et les piques en raies (« Picas de rayón ») pour lesquelles les incisions sont de simples stries, beaucoup plus étroites que les précédentes.

La méthode des piques standard nécessite un effort plus important mais elle permet de récupérer le résidu de résine qui reste sur la care ouverte tout au long de la saison de gemmage. En outre, la méthode des raies ne permet pas de connaître le degré de pénétration de l'actif utilisé, invisible sous l'écorce de l'arbre. La pénétration de l'acide varie d'un arbre à l'autre.



Figure 6 : Piquage réalisé dans le sens ascendant, en bande, par la méthode Pica de corteza

La méthode des piques standard étant la plus utilisée, c'est celle que nous retiendrons comme cas d'étude. Par cette méthode, les piques réalisées ont une hauteur de 3 cm et une largeur de 12 cm, correspondant à la largeur marquée précédemment avec le traceur (« Trazador »).

Activation

Un activateur est appliqué à la suite de chaque piquage. Auparavant, l'activateur était pulvérisé directement sur les cares. Aujourd'hui, l'activateur est composé d'acide sulfurique concentré à 30-40%, mais également d'un absorbant à base d'argile (kaolin) (40%) et de chlorure de sodium (20 %). L'application d'une pâte au lieu de la pulvérisation permet la diffusion plus lente de l'acide. La care se referme ainsi plus lentement, diminuant le nombre de piquages nécessaires pendant une campagne de gemmage. L'efficacité du stimulant dépend en partie du climat local.



Figure 7 : Activant déposé sur une care en raie réalisée par la méthode Pica de corteza

Fréquence de piquage

Les cares sont agrandies par de nouvelles piques toutes les deux à trois semaines sur un même arbre. Les années suivantes sont réalisées d'autres piques, visant à agrandir par le haut la care ouverte l'année précédente. A chaque nouvelle saison de gemmage, le pot de collecte de la résine est fixé environ 50 cm plus haut que l'année précédente. Une même care est gemmée pendant cinq années consécutives, ce qui aboutit à une hauteur de gemmage de gemmage d'environ 2.5 m, en débutant le gemmage à hauteur du sol. La hauteur de piquage est limitée par la taille de gemmeur et de la perche utilisée pour le piquage.

Une fois que la hauteur maximale à laquelle il est possible de gemmer est atteinte, une nouvelle care est réalisée sur une autre face de l'arbre. Le gemmage d'un même arbre est ainsi possible pendant 25 années consécutives, en consacrant 5 années au gemmage à chacune des 5 cares. Le nombre d'années où le gemmage est possible est limité par le diamètre de l'arbre.

Collecte de la gemme

La gemme est collectée dans des pots en plastique ayant une contenance de 1.5 kg ou de 2 kg. Les pots sont fixés au tronc, en dessous d'une lamelle en métal servant de gouttière pour l'écoulement de la résine. Les pots sont ramassés deux à trois fois pendant une saison, en fonction du climat qui fait varier la période de production et de collecte. L'opération de ramassage est une tâche réalisée de façon séparée du piquage.

Le contenu de chaque pot est vidé dans un récipient de plus grande contenance (20-25 litres) déplacé sur un chariot transporté d'arbre en arbre. Une fois rempli, le contenu du récipient est déversé dans des barils qui seront transportés à l'usine.

Outil de collecte

Le piquage est réalisé avec un outil appelé *Escoda* en Espagne, monté sur un manche en métal ou en bois. Le manche peut être un complément pour piquer les cimes les plus hautes. Une bouteille d'activant peut également être placée sur le manche de façon à réaliser l'activation à la suite du piquage.



Figure 8 : Outil de piquage utilisé dans la méthode Pica de corteza

Saison de gemmage

La campagne de gemmage commence au début du mois de mars et se termine à mi-novembre. La quantité de résine obtenue dépend en grande partie du climat pendant la période de gemmage. Lorsque les conditions sont favorables, la saison de gemmage est étendue.

Productivité

La production de gemme par arbre dépend de la station et du climat. En Castilla-y-León, la production moyenne annuelle est de 2,8 kg/arbre/an. Un gemmeur est en mesure de collecter entre 5000 et 8000 arbres par saison pour produire entre 14 et 22 tonnes de gemme.

Une amélioration de la productivité de la méthode Pica de corteza serait possible en réduisant le nombre de mois où le piquage est réalisé et en concentrant l'effort pendant la période pendant laquelle les arbres sont le plus productifs. Il a été constaté que la production de gemme est nettement plus importante pendant les mois les plus chauds de l'année, c'est-à-dire de juin à septembre.

2.2.3. Borehole (Galice)

Peuplements gemmés

Le gemmage est techniquement possible sur tous les arbres, quel qu'en soit le diamètre. À la condition que la productivité en résine soit satisfaisante, le gemmage peut être réalisé sur les arbres destinés à être abattus dès la première éclaircie.

Le nombre d'années de gemmage consécutives est limité par le diamètre de l'arbre ou la surface disponible sur l'arbre pour ouvrir des cares supplémentaires. Le gemmage peut être réalisé durant 3 années consécutives sur un même arbre (Enrique Martínez Chamorro).

Méthode de récolte

Afin de faciliter le perçage et le maintien des réceptacles à résine, l'écorce est retirée dans les zones où des trous seront réalisés, en réduisant son épaisseur. La surface de l'écorce est rendue lisse dans atteindre le bois. Ensuite, trois forages de 3 cm de diamètre et de 10 cm de profondeur sont réalisés à environ 10 cm de hauteur. Cette hauteur de collecte a été choisie dans le but de ne pas détériorer la grume, coupée au-dessus des cares de gemmage.

Le nombre de cares ouvertes à chaque piquage est le même pour chaque arbre et ne dépend pas du diamètre des arbres gemmés.

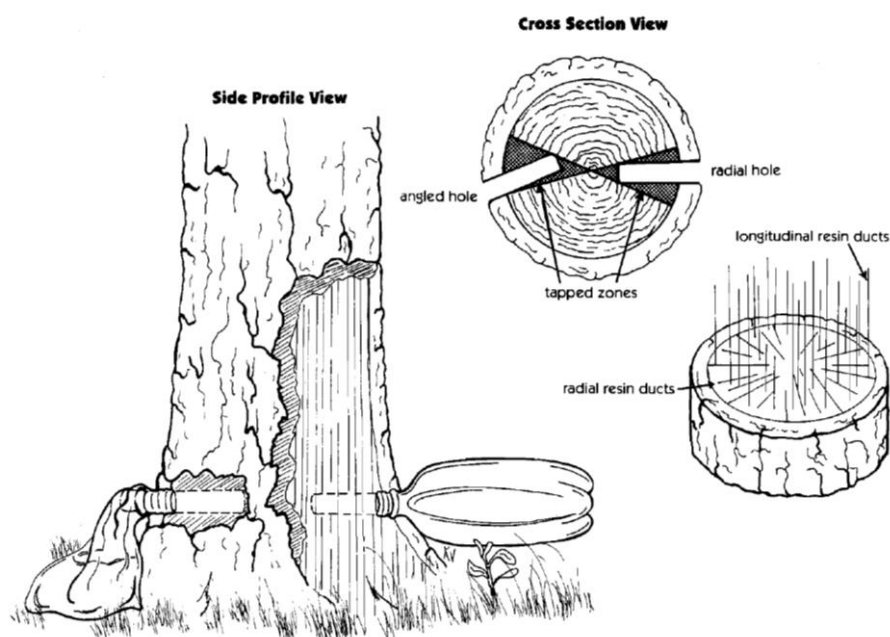


Figure 9 : Illustration de la méthode de gemmage Borehole. Cet exemple montre la collecte de résine en sac (à gauche) et en bouteille (à droite). La résine est prélevée dans les canaux résineux longitudinaux et radiaux dans le secteur autour des trous de forage (Alan W. Hodges, 1997)

Activation

Plusieurs stimulants sont actuellement à l'essai pour réduire la vitesse de cicatrisation des cares. L'objectif est de permettre l'écoulement de la résine sur la plus longue durée possible, limitant ainsi la fréquence de piquage.

Les stimulants proposés sont :

- ECOCIF, constitué uniquement d'acides organiques ;
- ETHREL, composé d'éthéphon et d'acide sulfurique.

Fréquence de piquage

Le piquage consiste uniquement à créer de nouveaux trous, à des endroits différents des trous déjà créés. Les stimulants actuellement utilisés en Galice permettent l'écoulement de la gomme pendant deux semaines. Avec le développement de stimulants plus performants, on peut envisager

qu'il devienne possible d'allonger la période d'écoulement de la résine à trois semaines, comme c'est le cas en France avec la méthode Biogemme. Dans ce cas, la fréquence de piquage pourrait être de 3 semaines.

Collecte de la gemme



Figure 10 : Prélèvement de la gemme en vase clos, dans des bouteilles (Centro de Investigaciones de Lourizán)

La gemme est collectée en « vase clos » dans des bouteilles en plastique dont le goulot a un diamètre égal à celui des trous. Les bouteilles sont simplement insérées dans les arbres, sans qu'un support supplémentaire soit nécessaire. Elle sont ensuite laissées en place pendant toute la durée d'écoulement de la résine, jusqu'à trois semaines.

Outil de collecte

Les trous sont réalisés au moyen d'une perceuse classique avec un forêt de 3 cm de diamètre et d'au moins 10 cm de longueur. Une fois que le trou est formé, il peut être nécessaire de retirer les copeaux de bois pour éviter le salissement de la résine dans la bouteille.



Figure 11 : Perçage des trous de collecte par la méthode Borehole (Centro de Investigaciones de Lourizán)

Saison de gemmage

La période de gemmage varie avec les conditions météorologiques. Généralement, elle commence en juin et se termine en septembre, s'étalant ainsi sur une durée de 4 mois. La période peut être plus longue si la température atmosphérique reste élevée à la fin de la saison de production.

Productivité

La gemme est une production fragile en Europe en raison de l'augmentation des coûts de production et de la sensibilité à la concurrence internationale. La méthode Borehole a été développée afin d'optimiser la productivité du travail (kg/h) par la diminution du coût de production lié à la main d'œuvre. Cette technique ne permet donc pas d'obtenir une forte productivité en

gemme par arbre par rapport aux autres systèmes de gemmage, mais demeure intéressante en regard du temps de travail qui y est associé.

La production en gemme par trou obtenue avec le *Pinus elliottii* dans l'essai d'Alan W. Hodges et de Jon D. Johnson (Alan W. Hodges, 1997) est de 657 g en moyenne. En revanche, la production moyenne obtenue pour le *Pinus pinaster* est de 34 g. Cette différence de production est en partie liée à la viscosité plus importante de la résine du *Pinus elliottii*, qui demeure entièrement liquide. Cette caractéristique de la gemme de pin maritime (*Pinus pinaster*) constitue la principale difficulté pour le gemmage, que le centre de recherche forestière de Lourizán (CIF) cherche à dépasser. Actuellement, l'écoulement de la gemme est rendu possible pendant deux semaines. Avec le développement de nouveaux stimulants plus performants, il semble possible de permettre l'écoulement de la résine pendant trois semaines et ainsi de produire 500 g/arbre/collecte.

En réalisant une collecte une seule fois par mois pendant les 4 mois les plus chauds de l'année, la production annuelle par arbre serait de 2,0 kg/arbre/an avec la méthode Borehole. Un gemmeur est en mesure de collecter 5000 arbres par an pour produire environ 10 tonnes de gemme.

3. Scénarios étudiés

Seuls des scénarios pour lesquels des données de production sont disponibles ont été retenus dans l'étude. Par exemple, la comparaison de la rentabilité de la méthode de gemmage Pica de corteza avec la méthode Biogemme en France est impossible en l'absence de données expérimentales. Les scénarios retenus pour l'étude sont les suivants :

Scénario	Région	Sylviculture				Gemmage		
		Type de production principal	Révolution (années)	Nombre d'éclaircies	Nombre d'arbres/ha avant la coupe définitive	Technique de gemmage	Nombre de mois de gemmage par an	Nombre maximal d'années de collecte par arbre
FR1	Landes	Bois	45	4	300	Sans gemmage		
FR2	Landes	Résine	70	10	200	Biogemme	4	5
FR3	Landes	Résine	45	3	187	Biogemme	4	5
FR4	Landes	Bois	45	4	300	Biogemme	4	5
CA1	Castille-et-León	Bois	70	3	300	Sans gemmage		
CA2	Castille-et-León	Résine	100	4	180	Pica de corteza	8	25
CA3	Castille-et-León	Résine	100	4	180	Pica de corteza	4	25
CA4	Castille-et-León	Bois	70	3	300	Pica de corteza	8	25
PT1	Portugal	Bois	70	4	240	Sans gemmage		
PT2	Portugal	Résine	100	3	260	Pica de corteza	8	25
PT3	Portugal	Résine	100	3	260	Pica de corteza	4	25
PT4	Portugal	Bois	70	4	240	Pica de corteza	8	25
GA1	Galice	Bois	40	3	300	Sans gemmage		
GA2	Galice	Bois	60	5	250	Borehole	4	3
GA3	Galice	Bois	40	3	300	Borehole	4	3

Tableau 1 : Scénarios retenus pour l'analyse coût-bénéfice

3.1.1. France

3.1.1.1. FR1

La sylviculture pratiquée dans le scénario FR1 correspond à la gestion du pin maritime de lande sur station de fertilité moyenne à objectif bois d'œuvre en France. Les caractéristiques dendrométriques sont prédites par le modèle de croissance de LEMOINE (Lemoine, 1995) sur CAPSIS à partir de peuplements standards. Dans ce modèle de référence, le gemmage n'est pas pratiqué.

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Dg (cm)	Hg (cm)	Vg (m3/arbre)	V éclaircie (m3)	Gemmage
14	1 ^{ère} éclaircie	1250	13,97		0,07	24,77	Sans
19	2 ^{nde} éclaircie	851	19,75		0,18	42,04	Sans
25	3 ^{ème} éclaircie	561	25,80		0,33	47,44	Sans
32	4 ^{ème} éclaircie	411	31,90		0,64	65,94	Sans
45	Coupe définitive	301	41,17		1,30	393,35	Sans

Tableau 2 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario FR1

3.1.1.2. FR2

Le scénario FR2 a été créé sur la base de la sylviculture dédiée au gemmage qui était pratiquée dans les Landes jusqu'au déclin de l'activité dans les années 1960 (TAILLENTOU). Cette sylviculture avait pour objectif de mener un peuplement de grande qualité à son stade final, tout en fournissant simultanément de la gemme (*voir partie 2.1.1*). Le gemmage est pratiqué pendant une longue durée, de la 3^{ème} à la 10^{ème} éclaircie, ainsi que sur les arbres de la coupe définitive. Bien que la collecte correspondant à ce système soit historiquement réalisée avec la méthode Hugues, ce scénario théorique envisage l'utilisation de la méthode Biogemme.

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Dg (cm)	Hg (cm)	Vg (m3/arbre)	V éclaircie (m3/ha)	Gemmage
14	1 ^{ère} éclaircie	1251			0,07	25,65	Sans
19	2 ^{nde} éclaircie	888			0,16	41,54	Sans
25	3 ^{ème} éclaircie	630		25,5	0,31	57,38	21 à 25 ans
29	4 ^{ème} éclaircie	447			0,46	20,72	26 à 29 ans
33	5 ^{ème} éclaircie	402			0,62	28,08	30 à 33 ans
37	6 ^{ème} éclaircie	356			0,80	31,03	34 à 37 ans
41	7 ^{ème} éclaircie	317			1,00	34,11	38 à 41 ans
45	8 ^{ème} éclaircie	283			1,22	38,91	42 à 45 ans
49	9 ^{ème} éclaircie	251			1,48	39,93	46 à 49 ans
53	10 ^{ème} éclaircie	224			1,76	44,11	50 à 53 ans
70	Coupe définitive	199		58,9	3,13	623,12	66 à 70 ans

Tableau 3 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario FR2

3.1.1.3. FR3

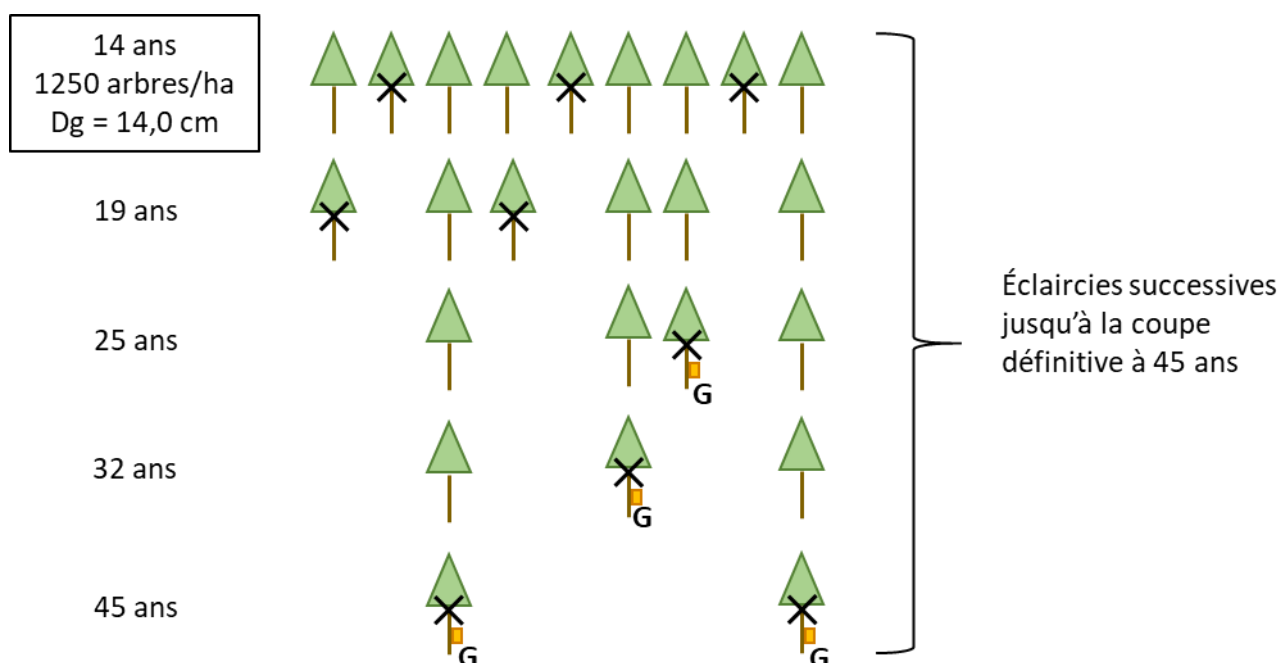
Le système sylvicole utilisé pour le scénario FR3 est une proposition théorique non modélisée, basée sur l'optimisation simultanée de la production de bois et de gemme. Le régime de coupes présenté est inspiré de la méthode de gestion des peuplements gemmés en Espagne, adaptée à la vitesse de croissance des peuplements en France. Le gemmage est pratiqué avec la méthode Biogemme durant les deux dernières éclaircies ainsi que sur les arbres de la coupe définitive.

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Dg (cm)	Hg (cm)	Vg (m3/arbre)	V éclaircie (m3)	Gemmage
19	1 ^{ère} éclaircie	1250			0,13	67,43	Sans
26	2 ^{nde} éclaircie	750			0,28	113,68	22 à 26 ans
33	3 ^{ème} éclaircie	350			0,60	98,18	29 à 33 ans
45	Coupe définitive	188			1,91	357,65	41 à 45 ans

Tableau 4 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario FR3

3.1.1.4. FR4

Le système sylvicole utilisé pour le scénario FR4 est identique à celui utilisé pour le scénario FR1, c'est-à-dire une gestion du pin maritime de lande sur station à fertilité moyenne, à objectif de bois d'œuvre. Les caractéristiques dendrométriques sont prédites par le modèle de croissance de LEMOINE (Lemoine, 1995) sur CAPSIS à partir de peuplements standards. A la différence du scénario FR1, le gemmage est pratiqué avec la méthode Biogemme sur les arbres des deux dernières éclaircies et de la coupe définitive.



G : arbre gemmé pendant 5 ans avant éclaircie

Figure 12 : Sylviculture et gemmage dans le scénario FR4

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Dg (cm)	Hg (cm)	Vg (m3/arbre)	V éclaircie (m3)	Gemmage
14	1 ^{ère} éclaircie	1250	13,97		0,07	24,77	Sans
19	2 ^{nde} éclaircie	851	19,75		0,18	42,04	Sans
25	3 ^{ème} éclaircie	561	25,80		0,33	47,44	21 à 25 ans
32	4 ^{ème} éclaircie	411	31,90		0,64	65,94	28 à 32 ans
45	Coupe définitive	301	41,17		1,30	393,35	41 à 45 ans

Tableau 5 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario FR4

3.1.2. Castille-et-León

3.1.2.1. CA1

La sylviculture pratiquée dans le scénario CA1 correspond à la gestion du pin maritime pour le bois d'œuvre sur station à haute fertilité dans la région espagnole de Castille-et-León. La croissance du peuplement a été estimée sous SIMANFOR à partir du modèle IBERO-Pt-2010 et du régime d'éclaircies proposé dans le guide de sylviculture du *Pinus pinaster* Ait. subsp. *mesogeensis* de Fieschi & Gaussen (Selvicultura de *Pinus pinaster* Ait. subsp. *mesogeensis* Fieschi & Gaussen, 2008). Dans ce modèle de référence, le gemmage n'est pas pratiqué.

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Dg (cm)	Ho (cm)	Vg (m3/arbre)	V éclaircie (m3)	Gemmage
30	1 ^{ère} éclaircie	1340	19,55	9,42	0,06	32,00	Sans
40	2 ^{nde} éclaircie	802	23,60	9,91	0,14	40,85	Sans
50	3 ^{ème} éclaircie	520	26,52	10,45	0,22	51,22	Sans
70	Coupe définitive	286	34,60	12,96	0,60	172,72	Sans

Tableau 6 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario CA1

3.1.2.2. CA2

Le système sylvicole employé pour le scénario CA2 est issu des travaux réalisés par 2011 selvi_simanfor, du Sustainable Forest Management Research Institute (SFMRI). De la même façon que pour le scénario CA1, la modélisation a été réalisée sous SIMANFOR à partir du modèle IBERO-Pt-2010 et de l'inventaire *modelización[P1]*. L'intensité des éclaircies est plus importante que pour le scénario CA1 dans le but d'améliorer la croissance en diamètre et l'étalement du houppier des arbres, caractéristiques favorables à la production de résine.

Dans ce modèle de production de résine simplifié, le gemmage est pratiqué avec la méthode Pica de Corteza pendant 8 mois par an :

- À mort sur tous les arbres retirés lors des 4 éclaircies pendant les 5 années consécutives précédant les coupes ;
- À vie sur tous les arbres de la coupe définitive pendant les 25 années précédant la coupe.

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Dg (cm)	Ho (cm)	Vg (m3/arbre)	V éclaircie (m3)	Gemmage
30	1 ^{ère} éclaircie	1340	19,55	9,42	0,08	55,94	26 à 30 ans (M)
40	2 ^{nde} éclaircie	602	24,77	9,92	0,17	39,01	36 à 40 ans (M)
45	3 ^{ème} éclaircie	372	27,91	10,52	0,25	27,61	41 à 45 ans (M)
50	4 ^{ème} éclaircie	260	30,65	11,17	0,23	27,75	46 à 50 ans (M)
100	Coupe définitive	180	41,45	15,19	1,03	184,98	51 à 75 ans (V)

(M) Gemmage à mort ; (V) Gemmage à vie

Tableau 7 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario CA2

3.1.2.3. CA3

Le scénario CA3 est identique au scénario CA2 mais la période de travail est réduite à 4 mois par an contre 9 mois et demi traditionnellement pour une campagne de gemmage effectif de 8 mois. En 40% du temps travaillé en système traditionnel, il est possible d'obtenir 70% de la production de gemme totale (José L. Pérez Rebollo).

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Dg (cm)	Ho (cm)	Vg (m3/arbre)	V éclaircie (m3)	Gemmage
30	1 ^{ère} éclaircie	1340	19,55	9,42	0,08	55,94	26 à 30 ans (M)
40	2 ^{nde} éclaircie	602	24,77	9,92	0,17	39,01	36 à 40 ans (M)
45	3 ^{ème} éclaircie	372	27,91	10,52	0,25	27,61	41 à 45 ans (M)
50	4 ^{ème} éclaircie	260	30,65	11,17	0,23	27,75	46 à 50 ans (M)
100	Coupe définitive	180	41,45	15,19	1,03	184,98	51 à 75 ans (V)

(M) Gemmage à mort ; (V) Gemmage à vie

Tableau 8 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario CA3

3.1.2.4. CA4

La sylviculture pratiquée dans le scénario CA4 est identique à celle du scénario CA1, c'est-à-dire la gestion du pin maritime pour le bois d'œuvre sur station à haute fertilité dans la région espagnole de Castille-et-León. La croissance du peuplement a été estimée sous SIMANFOR à partir du modèle IBERO-Pt-2010 et du régime d'éclaircies proposé dans le guide de sylviculture du *Pinus pinaster* Ait. subsp. *mesogeensis* de Fieschi & Gaussen (*Selvicultura de Pinus pinaster* Ait. subsp. *mesogeensis* Fieschi & Gaussen, 2008).

À la différence du scénario CA1, le gemmage est pratiqué avec la méthode Pica de corteza pendant 8 mois par an :

- À mort sur tous les arbres retirés lors des 3 éclaircies pendant les 5 années consécutives précédant les coupes ;
- À vie sur tous les arbres de la coupe définitive pendant les 20 années précédant la coupe.

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Dg (cm)	Ho (cm)	Vg (m3/arbre)	V éclaircie (m3)	Gemmage
30	1 ^{ère} éclaircie	1340	19,55	9,42	0,06	32,00	26 à 30 ans (M)
40	2 ^{nde} éclaircie	802	23,60	9,91	0,14	40,85	36 à 40 ans (M)
50	3 ^{ème} éclaircie	520	26,52	10,45	0,22	51,22	46 à 50 ans (M)
70	Coupe définitive	286	34,60	12,96	0,60	172,72	51 à 70 ans (V)

(M) Gemmage à mort ; (V) Gemmage à vie

Tableau 9 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario CA4

3.1.3. Portugal

3.1.3.1. PT1

La sylviculture pratiquée dans le scénario PT1 correspond à la gestion du pin maritime pour le bois d'œuvre sur station à haute fertilité au centre et au nord-ouest du Portugal. Les pins y poussent généralement sur sol sableux et les terrains sont relativement plats. La croissance des peuplements a été estimée avec le simulateur StandsSIM développé par Margarida Tomé, à partir du régime d'éclaircie proposé par Paula Soares de l'université de Lisbonne. Dans ce modèle de référence, le gemmage n'est pas pratiqué.

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Dg (cm)	Ho (cm)	Vg (m3/arbre)	V éclaircie (m3)	Gemmage
20	1 ^{ère} éclaircie	1200	11,9	10,5	0,03	9,4	Sans
30	2 ^{nde} éclaircie	880	18,1	15,3	0,13	43,9	Sans
40	3 ^{ème} éclaircie	540	23,8	19,0	0,35	70,3	Sans
50	4 ^{ème} éclaircie	340	29,1	22,0	0,55	55,3	Sans
70	Coupe définitive	240	37,4	26,4	1,11	267,5	Sans

Tableau 10 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario PT1

3.1.3.2. PT2

Comme pour le scénario PT1, le système sylvicole employé pour le scénario PT2 est issu d'une simulation produite avec StandsSIM. L'intensité des éclaircies est plus importante que dans le scénario PT1 dans le but d'améliorer la croissance en diamètre et l'étalement du houppier des arbres, caractéristiques favorables à la production de résine.

Dans ce modèle de production de résine simplifié, le gemmage est pratiqué avec la méthode Pica de Corteza pendant 8 mois par an :

- À mort sur tous les arbres retirés lors de la 3^{ème} éclaircie pendant les 5 années consécutives précédant la coupe ;
- À vie sur tous les arbres de la coupe définitive pendant les 25 années succédant la précédente éclaircie.

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Dg (cm)	Ho (cm)	Vg (m3/arbre)	V éclaircie (m3)	Gemmage
20	1 ^{ère} éclaircie	850	12,0	10,5	0,02	6,1	Sans
25	2 ^{nde} éclaircie	500	15,6	13,0	0,08	11,3	Sans
30	3 ^{ème} éclaircie	360	18,8	15,3	0,16	16,4	26 à 30 ans (M)
100	Coupe définitive	260	45,3	30,6	1,96	509,4	31 à 55 ans (V)

(M) Gemmage à mort ; (V) Gemmage à vie

Tableau 11 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario PT2

3.1.3.3. PT3

Le scénario PT3 est identique au scénario PT2 mais la période de travail est réduite à 4 mois par an contre 9 mois et demi traditionnellement pour une campagne de gemmage effectif de 8 mois. En 40% du temps travaillé en système traditionnel, il est possible d'obtenir 70% de la production de gemme totale (José L. Pérez Rebollo).

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Dg (cm)	Ho (cm)	Vg (m3/arbre)	V éclaircie (m3)	Gemmage
20	1 ^{ère} éclaircie	850	12,0	10,5	0,02	6,1	Sans
25	2 ^{nde} éclaircie	500	15,6	13,0	0,08	11,3	Sans
30	3 ^{ème} éclaircie	360	18,8	15,3	0,16	16,4	26 à 30 ans (M)
100	Coupe définitive	260	45,3	30,6	1,96	509,4	31 à 55 ans (V)

(M) Gemmage à mort ; (V) Gemmage à vie

Tableau 12 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario PT3

3.1.3.4. PT4

La sylviculture pratiquée dans le scénario PT4 est identique à celle du scénario PT1, c'est-à-dire la gestion du pin maritime pour le bois d'œuvre sur station à haute fertilité au centre et au nord-ouest du Portugal. La croissance des peuplements a été estimée avec le simulateur StandsSIM.

À la différence du scénario PT1, le gemmage est pratiqué avec la méthode Pica de corteza pendant 8 mois par an :

- À mort sur tous les arbres retirés lors des 3 dernières éclaircies pendant les 5 années consécutives précédant les coupes ;
- À vie sur tous les arbres de la coupe définitive pendant les 20 années précédant la coupe.

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Dg (cm)	Ho (cm)	Vg (m3/arbre)	V éclaircie (m3)	Gemmage
20	1 ^{ère} éclaircie	1200	11,9	10,5	0,03	9,4	Sans
30	2 ^{nde} éclaircie	880	18,1	15,3	0,13	43,9	26 à 30 ans (M)
40	3 ^{ème} éclaircie	540	23,8	19,0	0,35	70,3	36 à 40 ans (M)
50	4 ^{ème} éclaircie	340	29,1	22,0	0,55	55,3	46 à 50 ans (M)
70	Coupe définitive	240	37,4	26,4	1,11	267,5	51 à 70 ans (V)

(M) Gemmage à mort ; (V) Gemmage à vie

Tableau 13 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario PT4

3.1.4. Galice

3.1.4.1. GA1

La sylviculture pratiquée dans le scénario GA1 correspond à la gestion du pin maritime sur station de bonne fertilité, à objectif bois d'œuvre en Galice. Les caractéristiques dendrométriques sont prédites par le modèle de croissance de LEMOINE (Lemoine, 1995) sur CAPSIS à partir de peuplements standards. Dans ce modèle de référence, le gemmage n'est pas pratiqué.

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Dg (cm)	Hg (cm)	Vg (m3/arbre)	V éclaircie (m3)	Gemmage
12	1 ^{ère} éclaircie	1250	15,46	8,27	0,05	20,86	Sans
19	2 ^{nde} éclaircie	800	24,25	13,61	0,19	21,95	Sans
25	3 ^{ème} éclaircie	480	31,56	17,46	0,41	26,95	Sans
40	Coupe définitive	300	45,25	23,97	1,54	35,49	Sans

Tableau 14 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario GA1

3.1.4.2. GA2

Le système sylvicole utilisé pour le scénario GA2 est une alternative à celui utilisé pour le scénario GA1, dans laquelle les arbres sont conduits jusqu'à l'âge de 60 ans après 5 éclaircies. De la même façon que pour le scénario GA1, les caractéristiques dendrométriques sont prédites par le modèle de croissance de LEMOINE (Lemoine, 1995) sur CAPSIS à partir de peuplements standards.

Dans ce modèle de production de résine simplifié, le gemmage est pratiqué avec la méthode Borehole pendant les trois années consécutives précédant chaque coupe sur les arbres d'éclaircies et de la coupe définitive (Enrique Martínez Chamorro). À la différence des autres méthodes de gemmage présentées (Pica de corteza et Biogemme), on suppose que la méthode Borehole peut être appliquée sur tous les arbres, quelle que soit leur dimension.

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Dg (cm)	Hg (cm)	Vg (m3/arbre)	V éclaircie (m3)	Gemmage
12	1 ^{ère} éclaircie	1250	15,46	8,27	0,05	18,14	10 à 12 ans
17	2 ^{nde} éclaircie	850	22,09	12,22	0,14	40,19	15 à 17 ans
22	3 ^{ème} éclaircie	560	28,36	15,70	0,28	36,50	20 à 22 ans
27	4 ^{ème} éclaircie	430	33,88	18,59	0,47	47,26	25 à 27 ans
40	5 ^{ème} éclaircie	330	44,79	23,92	0,99	79,43	38 à 40 ans
60	Coupe définitive	250	57,68	28,67	2,96	740,71	58 à 60 ans

Tableau 15 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario GA2

3.1.4.3. GA3

La sylviculture pratiquée dans le scénario GA3 est identique à celle du scénario GA1, c'est-à-dire la gestion du pin maritime sur station de bonne fertilité, à objectif bois d'œuvre en Galice. Les caractéristiques dendrométriques sont prédites par le modèle de croissance de LEMOINE (Lemoine, 1995) sur CAPSIS à partir de peuplements standards.

A la différence du scénario GA1, le gemmage est pratiqué avec la méthode Borehole. Tous les arbres d'éclaircies et de la coupe définitive sont gemmés pendant les trois années consécutives précédant chaque coupe.

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Dg (cm)	Hg (cm)	Vg (m3/arbre)	V éclaircie (m3)	Gemmage
12	1 ^{ère} éclaircie	1250	15,46	8,27	0,05	20,86	10 à 12 ans
19	2 ^{nde} éclaircie	800	24,25	13,61	0,19	21,95	17 à 19 ans
25	3 ^{ème} éclaircie	480	31,56	17,46	0,41	26,95	23 à 25 ans
40	Coupe définitive	300	45,25	23,97	1,54	35,49	38 à 40 ans

Tableau 16 : Régime d'éclaircies pratiqué dans le scénario GA3

4. Valeurs du marché

4.1. Prix de vente du bois

4.1.1. Tarif en France

Le prix de vente des bois de pin maritime dépend de leur diamètre. Dans cette étude, le prix de vente des bois en forêt de Labouheyre en 2017 est utilisé comme référence. Sur le graphique ci-dessous sont représentés les prix de vente du bois en fonction du volume unitaire pour les 64 lots vendus :

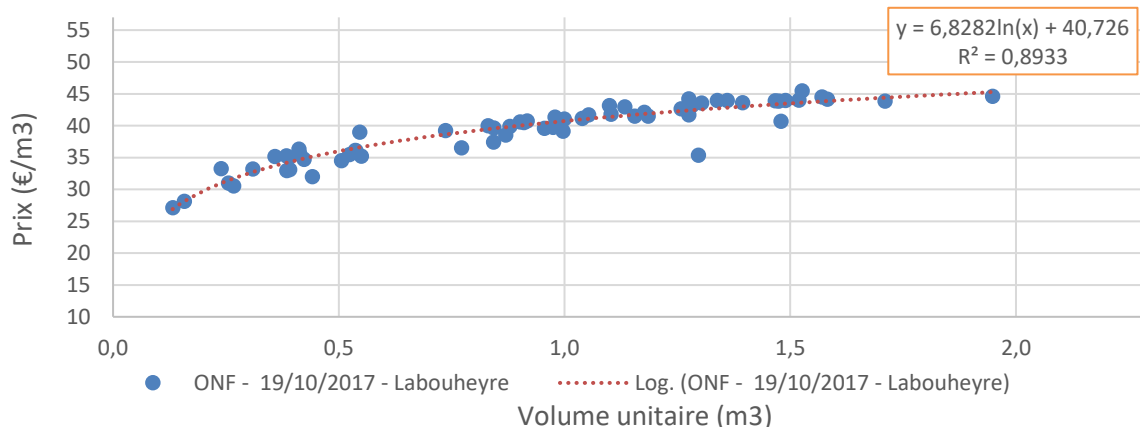


Figure 13 : Prix de vente du bois en fonction du volume unitaire dans les Landes de Gascogne, selon les ventes effectuées par l'ONF en octobre 2017 en forêt de Labouheyre

La surface des parcelles prises en compte varie entre 0,6 ha et 83 ha pour une moyenne de 16 ha. Le prix de vente peut être considéré comme une fonction logarithmique du volume unitaire :

$$\text{Prix de vente (€/m}^3\text{)} = 6,8282 \cdot \ln(Vu) + 40,726$$

Avec Vu = Volume unitaire.

4.1.2. Tarif en Castille-et-León

Le prix du bois dans la région de Castille-et-León est calculé en fonction du diamètre individuel des arbres, selon plusieurs catégories :

Diamètre individuel (cm)	Prix de vente (€)
$D < 20$	44
$D \in [20 ; 30[$	38
$D \in [30 ; 40[$	31
$D \geq 40$	25

Tableau 17 : Prix du bois en fonction du diamètre individuel dans la région de Castille-et-León (CESEFOR)

4.1.3. Tarif au Portugal

Le prix du bois au Portugal est calculé en fonction du diamètre individuel des arbres, selon plusieurs catégories :

Diamètre individuel (cm)	Prix de vente (€)
$D \in [7 ; 15[$	35
$D \in [15 ; 35[$	30
$D \geq 35$	20

Tableau 18 : Prix de vente du bois en fonction du diamètre individuel au Portugal (UTAD)

4.1.4. Tarif en Galice

Le prix du bois en Galice est calculé à partir de la fonction logarithmique :

$$\text{Prix de vente (€/m}^3\text{)} = 6,4567 \cdot \ln(Vu) + 32,718$$

Avec Vu = Volume unitaire.

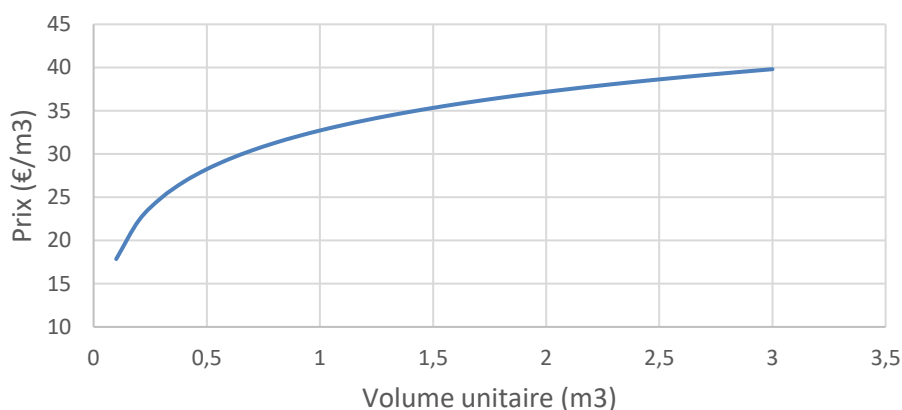


Figure 14 : Prix de vente du bois en fonction du volume unitaire en Galice

4.2. Prix de vente de la résine

Dans la péninsule ibérique, la résine est achetée aux producteurs par les transformateurs à un prix parfois supérieur au tarif d'achat sur le marché international. Les transformateurs ont un intérêt à préserver une filière locale pour limiter les risques liés aux fortes fluctuations du marché international. Les risques concernent aussi bien le prix que la qualité de la résine.

En France, le prix de vente de la résine dépend des marchés de niche par le biais desquelles la valorisation est nettement plus importante que sur le marché international. En Galice, le volume de résine produit est très faible et il n'existe pour l'instant pas de débouché spécifique.

Dans cette étude, il a été choisi d'estimer les possibilités de valorisation de la résine sur le marché international. Trois prix de ventes ont été considérés, selon les scénarios d'évolution du prix de la résine présentés dans le livrable 1.4.2 *Escenarios de evolución del mercado internacional de la resina* du projet SustForest+. Ces prix de vente ont été appliqués pour chaque scénario, quelle que soit la région de production. En effet, la viabilité économique du gemmage en Europe est en partie liée au cours mondial de la résine. Si le coût de production de la gomme et le prix de vente sont élevés en Europe, les utilisateurs auront tendance à s'orienter vers des produits issus du marché international.

L'estimation de l'évolution future des prix de vente de la résine a été faite à partir des prix observés depuis l'année 2010. En septembre 2022, le prix de la résine brute se situerait potentiellement dans la fourchette : [459 ; 1347] €. Dans un scénario favorable dans lequel on suppose que le prix de la résine maintiendrait son niveau actuel, le prix de vente serait de 1,347 €/kg. Dans un scénario défavorable, le prix de la résine reprendrait une valeur basse, atteinte en 2003, de 459 €/kg. Enfin, dans un scénario intermédiaire, le prix de la résine serait de 0,903 €/kg.

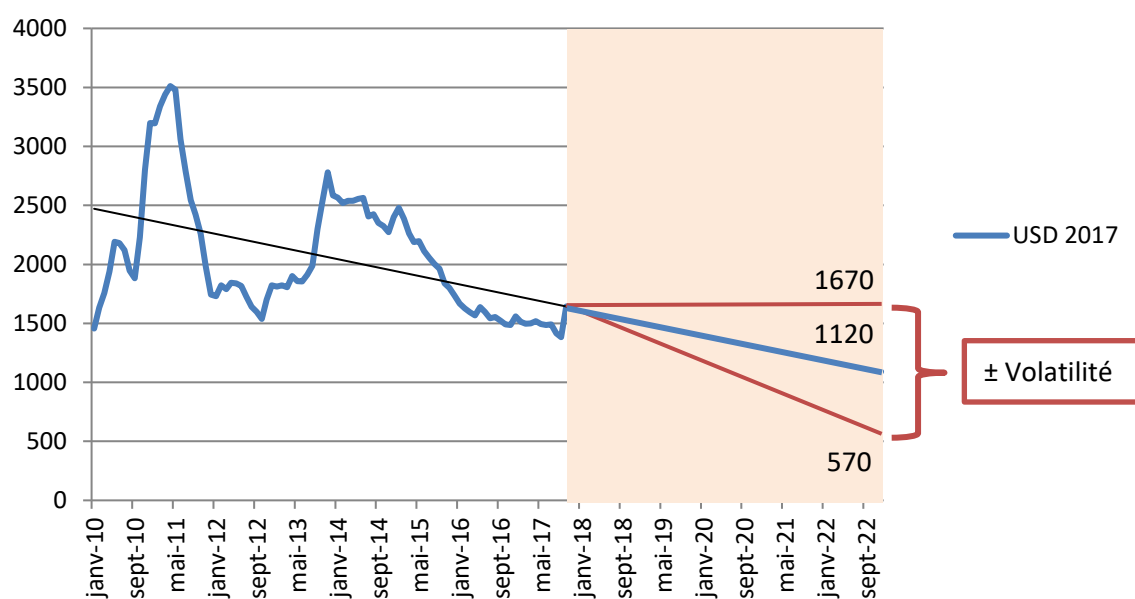


Figure 15 : Évolution du prix de la colophane sur la période 2010 - 2017 et prospective sur la période 2018 - 2022 (USD constant 2017)

5. Coûts des projets

5.1. Coûts liés à la sylviculture du pin maritime

Les tableaux suivants contiennent les coûts des opérations sylvicoles correspondant aux systèmes orientés pour la production de bois d'œuvre dans chacune des régions européennes considérées. Les coûts de production des autres scénarios ont été calculés à partir de ces références, en fonction des différents régimes d'éclaircies.

5.1.1. France

Année	Intervention	Coût (€ /ha)	Coût actualisé (€/ha)
0	Préparation du terrain	135	135,00
0	Peignage mécanisé	99	99,00
0	Fertilisation	68	68,00
0	Labour en plein	284	284,00
0	Arrosage	121	121,00
0	Préparation des lignes de plantation	43	43,00
0	Approvisionnement en plants	275	275,00
0	Plantation	250	250,00
1	Nettoyage	55	53,40
3	Nettoyage	100	91,51
14	Entretien des interlignes (1 ^{ère} éclaircie)	228	150,73
19	Entretien des interlignes (2 ^{nde} éclaircie)	228	130,03
19	Marquage	70	39,92
25	Entretien des interlignes (3 ^{ème} éclaircie)	228	108,89
25	Marquage	70	33,43
32	Entretien des interlignes (4 ^{ème} éclaircie)	228	88,54
32	Marquage	70	27,18
45	Entretien des interlignes (coupe définitive)	228	60,29
45	Marquage	70	18,51
TOTAL		2850	2077,45

Tableau 19 : Coût des opérations sylvicoles dans le système FR1 (Office National des Forêts)

5.1.2. Castille-et-León

Année	Intervention	Coût (€ /ha)	Coût actualisé (€/ha)
0	Labour, fertilisation, plantation	892	892,00
5	Nettoyage	130	112,14
10	Nettoyage	130	96,73
15	Nettoyage et élagage	508	326,07
30	Nettoyage (1 ^{ère} éclaircie)	130	53,56
40	Nettoyage (2 ^{nde} éclaircie)	130	39,85
50	Nettoyage (3 ^{ème} éclaircie)	130	29,65
TOTAL		2480	1550,00

Tableau 20 : Coût des opérations sylvicoles dans le système CA1

5.1.3. Portugal

Année	Intervention	Coût (€ /ha)	Coût actualisé (€/ha)
0	Plantation	1000	1000,00
1	Regarnis		
3	Contrôle de la végétation	250	228,79
8	Contrôle de la végétation	225	117,62
10	Nettoisement	400	297,64
15	Elagage des meilleurs arbres (300-500/ha)	350	224,65
20	Contrôle de la végétation (1 ^{ère} éclaircie)	225	124,58
25	Contrôle de la végétation (2 ^{nde} éclaircie)	225	107,46
30	Contrôle de la végétation (3 ^{ème} éclaircie)	225	92,70
100	Contrôle de la végétation (coupe définitive)	225	11,71
TOTAL		3125	2265,13

Tableau 21 : Coût des opérations sylvicoles dans le système PT1 (Mendes, 2004)

5.1.4. Galice

Année	Intervention	Coût (€ /ha)	Coût actualisé (€/ha)
0	Labour, fertilisation, plantation	740	740,00
5	Nettoyage	130	112,14
12	Nettoyage (1 ^{ère} éclaircie)	130	91,18
19	Nettoyage (2 ^{nde} éclaircie)	130	74,14
25	Nettoyage (3 ^{ème} éclaircie)	130	62,09
TOTAL		1260	1079,54

Tableau 22 : Coût des opérations sylvicoles dans le système GA1

5.2. Coûts liés au gemmage

5.2.1. France

En France, le gemmage est effectué par la méthode Biogemme. Le coût de production est estimé en fonction des données de productivité indiquées par la société Holiste®. Un gemmeur est en mesure de récolter au moins 3 kg/arbre sur 4500 arbres en une année. Celui-ci travaille en tant que saisonnier durant 4 mois à l'année et on suppose que le coût de la main d'œuvre correspond à celui d'un bûcheron en France (2000 €/mois). Le coût de la main d'œuvre calculé est de 0,5926 €/kg.

Le coût des charges autres que la main d'œuvre étant inconnu pour la méthode Biogemme, on suppose qu'elles sont équivalentes à celles de la méthode Pica de corteza en Castille-et-León, soit 0,3277 €/kg.

Au total, le coût de production de la gemme en France est estimé à **0,9203 €/kg**.

5.2.2. Castille-et-León

Le rendement en gemme augmente avec l'expérience du gemmeur. On estime qu'un gemmeur non expérimenté est en mesure d'exploiter 5000 pins/an. Avec l'expérience acquise au bout de 4 années de travail, il est en mesure d'exploiter 8000 pins/an.

Année	1	2	3	4	5
Nombre d'arbres exploités	5000	6000	7000	8000	8000
Production en résine (T)	9	12	15,4	20	20
Licence environnementale (€)	150	180	210	240	240
Location de la propriété (€)	850	1020	1190	1360	1360
IVA (Impuesto sobre el Valor Añadido) (€)	210	252	294	336	336
Charges variables (plaques, pointes et pots) (€)	1736,83	2084,196	2431,562	2778,928	2778,928
Sécurité sociale (€)	1213,66	1213,66	1213,66	1213,66	1213,66
Salaires (€)	4239	5652	7253,4	9420	9420
Déplacement du résinier en forêt (€)	36	48	61,6	80	80
Coûts indirects et imprévus (€)	792	1056	1355,2	1760	1760
Total des charges (€)	9227,49	11505,86	14009,42	17188,59	17188,59

Figure 16 : Coût de production de la résine dans la région de Castille-et-León, en fonction du nombre d'années d'exploitation par le gemmeur (Resinas Naturales)

Pour cette analyse, on suppose que l'exploitation de la résine est effectuée par un gemmeur expérimenté. Celui-ci peut produire 20 T de résine pour un total de charges incluant sa propre rémunération de 17188,59 €. Dans ce cas, le coût de production de la gemme est de **0,859 €/kg**.

Dans un système où la campagne de gemmage est réduite à 4 mois de collecte par an, il est possible d'obtenir 70 % de la production totale. Dans ce cas, le temps de travail est réduit à 40 % du temps travaillé en système traditionnel à 9,5 mois de travail par an (José L. Pérez Rebollo). Le coût de la main d'œuvre est proportionnel au temps de travail et on suppose que les autres charges d'exploitation sont proportionnelles à la quantité de résine produite.

$$\text{Coût annuel de la main d'œuvre en Castille-et-León} = 1\,213,66 + 9\,420 = 10\,633,66\text{€/an}$$

$$\text{Autres charges annuelles en Castille-et-León} = 17\,188,59 - 10\,633,66 = 6\,554,93\text{€/an}$$

$$\begin{aligned}\text{Coût de production en Castille-et-León (4 mois)} &= \frac{10\,633,66 \times 40\% + 6\,554,93 \times 70\%}{14\,000} \\ &= 0,632\text{€/kg}\end{aligned}$$

Lorsque la durée de la campagne de gemmage est réduite à 4 mois, le coût de production de la résine en Castille-et-León est de **0,632 €/kg**, soit 26% de moins par rapport à une campagne à 9 mois et demi.

5.2.3. Portugal

La technique de récolte étant similaire au Portugal et en Castille-et-León, les coûts de production autres que ceux liés à la main d'œuvre sont supposés identiques. Le salaire d'un gemmeur portugais est supposé correspondre à 79 % du salaire d'un gemmeur espagnol.

$$\text{Coût de la main d'oeuvre au Portugal} = 79\% \times \frac{1213,66 + 9420}{20\,000} = 0,4200\text{ €/kg}$$

En ajoutant les autres coûts de production d'un montant de 0,3273 €/kg, le coût total de production de la gemme au Portugal est de **0,747 €/kg**.

Dans un système où la campagne de gemmage est réduite à 4 mois de gemmage par an, il est possible d'obtenir 70 % de la production totale. Dans ce cas, le temps de travail est réduit à 40 % du temps travaillé en système traditionnel à 9,5 mois de travail par an. Le coût de la main d'œuvre

est proportionnel au temps de travail et on suppose que les autres charges d'exploitation sont proportionnelles à la quantité de résine produite.

$$\begin{aligned} \text{Coût de production au Portugal (4 mois)} &= \frac{8\,400,59 \times 40\% + 6\,554,93 \times 70\%}{14\,000} \\ &= 0,568 \text{ €/kg} \end{aligned}$$

Lorsque la durée de la campagne de gemmage est réduite à 4 mois, le coût de production de la résine au Portugal est de **0,568 €/kg**, soit 24% de moins par rapport à une campagne à 9 mois et demi.

5.2.4. Galice

En Galice, la résine est produite avec la méthode Borehole en contexte expérimental. Le gemmage n'est pas rentable dans ces conditions, principalement en raison du coût des bouteilles en plastiques dans lesquelles la résine est collectée. Dans cette analyse économique, on suppose un coût de production de la résine équivalent à celui de la région de Castille-et-León. Cette hypothèse repose sur l'amélioration de la méthode Borehole et la production de résine à une plus grande échelle. L'exemple du développement du système de production landais pour atteindre la rentabilité économique conforte cette hypothèse.

Le coût de production de la résine en Galice est donc considéré égal à **0,859 €/kg**.

6. Recettes

6.1. Production de bois

Les recettes liées à la production de bois sont calculées en fonction du volume des coupes et des tarifs présentés en partie 3.4. *Prix de vente du bois*.

A titre d'exemple, le calcul des recettes du bois pour le scénario FR1 est présenté dans le tableau ci-dessous :

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Vg (m3/arbre)	V éclaircie (m3)	Prix (€/m3)	Revenus (€/ha)	Revenus actualisés (€/ha)
14	1 ^{ère} éclaircie	1250	0,07	24,77	19,19	475,33	314,25
19	2 ^{nde} éclaircie	850,6	0,18	42,04	25,17	1058,20	603,48
25	3 ^{ème} éclaircie	560,6	0,33	47,44	28,77	1364,76	651,81
32	4 ^{ème} éclaircie	410,7	0,64	65,94	32,68	2154,79	836,78
45	5 ^{ème} éclaircie	300,9	1,30	393,35	36,87	14501,13	3834,66
TOTAL						19554,20	6240,98

Tableau 23 : Revenus liés au bois pour le scénario FR1

6.2. Production de résine

Les modalités de calcul des recettes liées au gemmage dépendent de la technique de production utilisée : Borehole, Biogemme ou Pica de corteza. La quantité de résine produite par arbre varie en fonction de nombreux facteurs tels que la technique de collecte, le développement du houppier ou le nombre d'années pendant lesquelles l'arbre a été gemmé. Pour simplifier, la production de résine par arbre est considérée égale à la production moyenne sur la révolution, quel que soit le diamètre ou l'âge considéré.

Le calcul de la production annuelle de résine est réalisé de la façon suivante :

$$Production\ annuelle\ (kg) = Prod.\ (kg/arbre/an) \times Nb \times Prix\ (\text{€}/kg)$$

Avec :

- *Prod.* = Productivité moyenne par arbre sur la révolution
- *Nb* = Nombre d'arbres gemmés pendant l'année
- *Prix* = Prix de la résine selon le marché international

6.2.1. France

Le gemmage est possible pendant 5 années consécutives sur un même arbre, dès que celui-ci atteint un diamètre de 20 cm.

On suppose que le gemmage est réalisé sur tous les arbres d'éclaircies pour lesquelles le diamètre quadratique moyen dépasse 20 cm, durant les 5 années consécutives précédant la coupe. Les arbres de la coupe définitive sont également gemmés pendant 5 années avant l'abattage.

En France, la productivité moyenne par arbre est de 3 kg/arbre/an avec la méthode Biogemme.

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Quantité de résine (kg)	Coût de production (€)	Revenus (€)	Bénéfices (€)	Bénéfices actualisés (€)
21	3 ^{ème} éclaircie	149,9	449,7	413,86	605,75	191,89	103,15
22	3 ^{ème} éclaircie	149,9	449,7	413,86	605,75	191,89	100,14
23	3 ^{ème} éclaircie	149,9	449,7	413,86	605,75	191,89	97,23
24	3 ^{ème} éclaircie	149,9	449,7	413,86	605,75	191,89	94,40
25	3 ^{ème} éclaircie	149,9	449,7	413,86	605,75	191,89	91,65
28	4 ^{ème} éclaircie	109,8	329,4	303,15	443,70	140,55	61,43
29	4 ^{ème} éclaircie	109,8	329,4	303,15	443,70	140,55	59,64
30	4 ^{ème} éclaircie	109,8	329,4	303,15	443,70	140,55	57,91
31	4 ^{ème} éclaircie	109,8	329,4	303,15	443,70	140,55	56,22
32	4 ^{ème} éclaircie	109,8	329,4	303,15	443,70	140,55	54,58
41	Coupe définitive	300,9	902,7	830,75	1215,94	385,18	114,64
42	Coupe définitive	300,9	902,7	830,75	1215,94	385,18	111,30
43	Coupe définitive	300,9	902,7	830,75	1215,94	385,18	108,06
44	Coupe définitive	300,9	902,7	830,75	1215,94	385,18	104,91
45	Coupe définitive	300,9	902,7	830,75	1215,94	385,18	101,86
TOTAL						3588,12	1317,122

Tableau 24 : Recettes liées à la production de résine pour le scénario FR4, dans le cas où le prix de la résine est élevé (1,347 €/kg)

6.2.2. Castilla-y-León

Le gemmage avec la méthode Pica de corteza est techniquement possible sur des arbres de diamètre inférieur à 25 cm, bien que cela ne soit pas pratiqué pour des raisons de réglementation et de productivité en Espagne. Par simplification, on suppose que tous les arbres retirés lors de la

première éclaircie sont gemmés dès 26 ans, même si le diamètre quadratique moyen est alors de 17,5 cm.

On suppose que le gemmage est réalisé sur tous les arbres d'éclaircies durant les 5 années consécutives précédant la coupe. Les arbres de la coupe définitive sont également gemmés pendant les 25 années consécutives suivant la précédente éclaircie.

En Castilla-y-León, la productivité moyenne par arbre est de 2,8 kg/arbre/an avec la méthode Pica de corteza (CESEFOR). La production de résine par arbre est considérée équivalente lors du gemmage à vie et du gemmage à mort, bien que le gemmage à mort permette en réalité d'augmenter la production de résine par arbre.

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Quantité de résine (kg)	Coût de production (€)	Revenus (€)	Bénéfices (€)	Bénéfices actualisés (€)
26	1 ^{ère} éclaircie	738	2067,52	1776,00	2784,95	1008,95	467,84
27	1 ^{ère} éclaircie	738	2067,52	1776,00	2784,95	1008,95	454,22
28	1 ^{ère} éclaircie	738	2067,52	1776,00	2784,95	1008,95	440,99
29	1 ^{ère} éclaircie	738	2067,52	1776,00	2784,95	1008,95	428,14
30	2 ^{nde} éclaircie	738	2067,52	1776,00	2784,95	1008,95	415,67
36	2 ^{nde} éclaircie	229	642,068	551,54	864,87	313,33	108,11
37	2 ^{nde} éclaircie	229	642,068	551,54	864,87	313,33	104,96
38	2 ^{nde} éclaircie	229	642,068	551,54	864,87	313,33	101,90
39	2 ^{nde} éclaircie	229	642,068	551,54	864,87	313,33	98,93
40	3 ^{ème} éclaircie	229	642,068	551,54	864,87	313,33	96,05
41	3 ^{ème} éclaircie	112	313,964	269,70	422,91	153,21	45,60
42	3 ^{ème} éclaircie	112	313,964	269,70	422,91	153,21	44,27
43	3 ^{ème} éclaircie	112	313,964	269,70	422,91	153,21	42,98
44	3 ^{ème} éclaircie	112	313,964	269,70	422,91	153,21	41,73
45	4 ^{ème} éclaircie	112	313,964	269,70	422,91	153,21	40,52
46	4 ^{ème} éclaircie	80	223,664	192,13	301,28	109,15	28,02
47	4 ^{ème} éclaircie	80	223,664	192,13	301,28	109,15	27,21
48	4 ^{ème} éclaircie	80	223,664	192,13	301,28	109,15	26,41
49	4 ^{ème} éclaircie	80	223,664	192,13	301,28	109,15	25,64
50	5 ^{ème} éclaircie	80	223,664	192,13	301,28	109,15	24,90
51	Coupe définitive	180	504	432,94	678,89	245,95	54,47
...	...	...	...	...	...	...	...
75	Coupe définitive	180	504	432,94	679,89	245,95	26,80
TOTAL						14072,01	4041,05

Tableau 25 : Recettes liées à la production de résine pour le scénario CA2, dans le cas où le prix de la résine est élevé (1,347 €/kg)

6.2.3. Portugal

Comme en Espagne, le diamètre minimal de gemmage des arbres est règlementé au Portugal. Pour simplifier, on suppose malgré cela que tous les arbres retirés lors de la troisième éclaircie sont gemmés dès l'âge de 26, même si le diamètre quadratique moyen est alors de 10 cm.

On suppose que le gemmage est réalisé dès 26 ans sur tous les arbres d'éclaircies durant les 5 années consécutives précédant la coupe. Les arbres de la coupe définitive sont également gemmés pendant les 25 années consécutives suivant la précédente éclaircie.

Au Portugal, la productivité moyenne par arbre est de 2,2 kg/arbre/an avec la méthode Pica de corteza (*RESIPINUS*).

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Quantité de résine (kg)	Coût de production (€)	Revenus (€)	Bénéfices (€)	Bénéfices actualisés (€)
26	3 ^{ème} éclaircie	140	308	230,08	414,88	184,80	85,69
27	3 ^{ème} éclaircie	140	308	230,08	414,88	184,80	83,19
28	3 ^{ème} éclaircie	140	308	230,08	414,88	184,80	80,77
29	3 ^{ème} éclaircie	140	308	230,08	414,88	184,80	78,42
30	3 ^{ème} éclaircie	140	308	230,08	414,88	184,80	76,14
31	Coupe définitive	260	572	427,28	770,48	343,20	137,28
...	...	...	...	...	...	...	...
55	Coupe définitive	260	572	427,28	770,48	343,20	67,53
TOTAL						9504,00	2866,32

Tableau 26 : Recettes liées à la production de résine pour le scénario PT2, dans le cas où le prix de la résine est élevé (1,347 €/kg)

6.2.4. Galice

Le gemmage est pratiqué avec la méthode Borehole pendant les trois années consécutives précédant chaque coupe sur les arbres d'éclaircies et de la coupe définitive (Enrique Martínez Chamorro). À la différence des autres méthodes de gemmage présentées (Pica de corteza et Biogemme), on suppose que la méthode Borehole peut être appliquée sur tous les arbres, quelle que soit leur diamètre.

On suppose que les arbres produisent une quantité de résine proche de celle obtenue dans l'essai le plus réussi du centre de recherche forestière de Lourizán (CIF) avec le stimulant ECOCIF, soit 500 g/arbre/collecte. Les stimulants actuellement utilisés permettent l'écoulement de la gemme pendant 2 semaines. Avec le développement d'un stimulant plus performant, il est probable que la gemme puisse s'écouler sur une période plus longue.

En réalisant une collecte par mois pendant 4 mois par an, la production annuelle par arbre est de 2,0 kg/arbre/an avec la méthode Borehole.

Année	Intervention	N (arbres/ha)	Quantité de résine (kg)	Coût de production (€)	Revenus (€)	Bénéfices (€)	Bénéfices actualisés (€)
10	1 ^{ère} éclaircie	450	900	773,10	1212,30	439,20	326,81
11	1 ^{ère} éclaircie	450	900	773,10	1212,30	439,20	317,29
12	1 ^{ère} éclaircie	450	900	773,10	1212,30	439,20	308,05
17	2 ^{ème} éclaircie	320	640	549,76	862,08	312,32	188,96
18	2 ^{ème} éclaircie	320	640	549,76	862,08	312,32	183,46
19	2 ^{ème} éclaircie	320	640	549,76	862,08	312,32	178,11
23	3 ^{ème} éclaircie	180	360	309,24	484,92	175,68	89,02
24	3 ^{ème} éclaircie	180	360	309,24	484,92	175,68	86,42
25	3 ^{ème} éclaircie	180	360	309,24	484,92	175,68	83,91
38	Coupe définitive	300	600	515,40	808,20	292,80	95,23
39	Coupe définitive	300	600	515,40	808,20	292,80	92,45
40	Coupe définitive	300	600	515,40	808,20	292,80	89,76
					TOTAL	3660,00	2039,45

Tableau 27 : Recettes liées à la production de résine pour le scénario GA3, dans le cas où le prix de la résine est élevé (1,347 €/kg)

7. Flux de trésorerie

Les flux de trésorerie des scénarios FR1 et FR4 sont présentés ici à titre d'exemples :

Année	Intervention	Production	Coût total (€)	Recette totale (€)	Flux de trésorerie
0	Plantation	Bois	1275		-1275
1	Débroussaillage	Bois	55		-55
3	Débroussaillage	Bois	100		-100
14	Entretien des interlignes, vente de bois	Bois	228	475	247
19	Entretien des interlignes et marquage, vente de bois	Bois	298	1058	760
25	Entretien des interlignes et marquage, vente de bois,	Bois	298	1365	1067
32	Entretien des interlignes et marquage, vente de bois,	Bois	298	2155	1857
45	Entretien des interlignes et marquage, vente de bois,	Bois	298	14501	14203

Tableau 28 : Flux de trésorerie correspondant au scénario FR1

Année	Intervention	Production	Coût total (€)	Recette totale (€)	Flux de trésorerie
0	Plantation	Bois	1275		-1275
1	Débroussaillage	Bois	55		-55
3	Débroussaillage	Bois	100		-100
14	Entretien des interlignes, vente de bois	Bois	228	475	247
19	Entretien des interlignes et marquage, vente de bois	Bois	298	1058	760
21	Gemmage 3ère éclaircie	Gemme	414	606	192
22	Gemmage 3ère éclaircie	Gemme	414	606	192
23	Gemmage 3ère éclaircie	Gemme	414	606	192
24	Gemmage 3ère éclaircie	Gemme	414	606	192
25	Entretien des interlignes et marquage, vente de bois, gemmage 3ème éclaircie	Bois et gemme	712	1971	1259
28	Gemmage 4ème éclaircie	Gemme	303	444	141
29	Gemmage 4ème éclaircie	Gemme	303	444	141
30	Gemmage 4ème éclaircie	Gemme	303	444	141
31	Gemmage 4ème éclaircie	Gemme	303	444	141
32	Entretien des interlignes et marquage, vente de bois, gemmage 4ème éclaircie	Bois et gemme	601	2598	1997
41	Gemmage coupe définitive	Gemme	831	1216	385
42	Gemmage coupe définitive	Gemme	831	1216	385
43	Gemmage coupe définitive	Gemme	831	1216	385
44	Gemmage coupe définitive	Gemme	831	1216	385
45	Entretien des interlignes et marquage, vente de bois, gemmage coupe définitive	Bois et gemme	1129	15717	14588

Tableau 29 : Flux de trésorerie correspondant au scénario FR4

Pour des systèmes sylvicoles équivalents, le gemmage permet d'obtenir des revenus plus réguliers et plus tôt à l'échelle de la révolution sylvicole. La régularité des revenus peut être un critère de choix d'investissement pour les propriétaires forestiers.

8. Indicateurs économiques

8.1.Valeur Actuelle Nette (VAN)

Le critère de la Valeur Actuelle Nette (VAN) est le critère de référence en matière de choix d'investissement. La VAN se définit, pour un projet dont la durée de vie est égale à N de la manière suivante (Nakhla, 2013) :

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{F_n}{(1+i)^n}$$

Où :

- I : montant de l'investissement initial

- F_n : flux de liquidité attendu de l'investissement pour la période n
- i : taux d'actualisation
- n : année quelconque
- N : durée de la révolution

8.2. Bénéfice Actualisé en Séquence Infinie (BASI)

Le critère de la VAN est insuffisant pour la comparaison de scénarios sylvicoles si ceux-ci ont des révolutions différentes. Pour cela, le critère du BASI permet de comparer des projets sylvicoles qu'on suppose reconduits à l'infini par le renouvellement des peuplements (Hanitra Rakotoarison, 2015). Ainsi, la durée de révolution est déterminante pour le choix d'un projet ou d'un autre.

Le BASI se calcule de la façon suivante :

$$BASI = VAN \frac{(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}$$

Où :

- VAN : Valeur Actuelle Nette
- i : taux d'actualisation
- n : année quelconque
- N : durée de la révolution

Le Bénéfice Actualisé en Séquence Infini (BASI), ou Soil Expectation Value (SEV), est l'indicateur de référence utilisé dans cette analyse pour la comparaison des scénarios.

9. Résultats

9.1. France

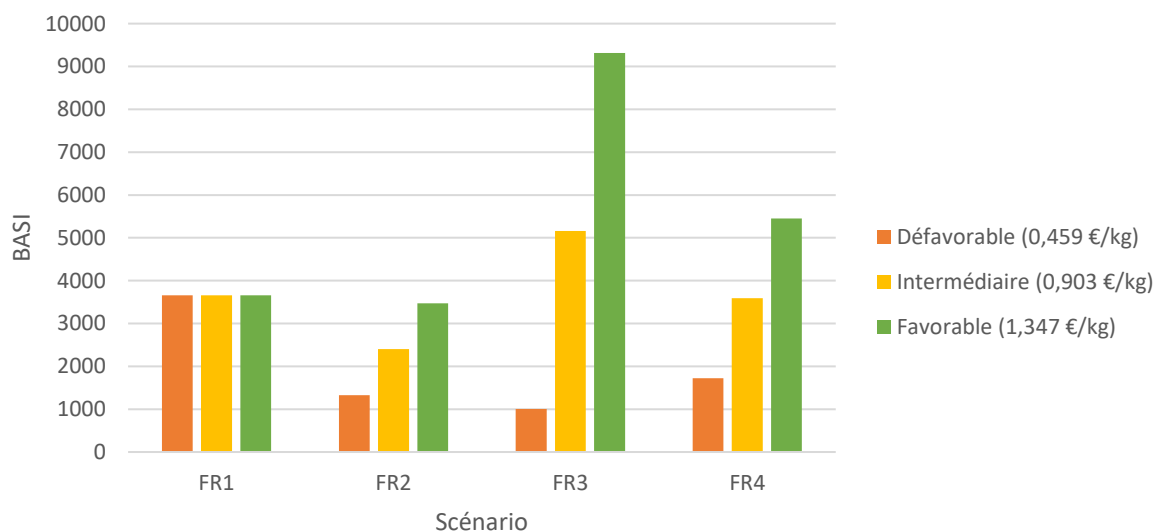


Figure 17 : Comparaison de la valeur du BASI pour différents prix de la résine en France

Le système sylvicole historiquement orienté pour la production de résine dans les Landes ne permet pas d'améliorer la valeur du BASI (scénario FR2), car les revenus de la gemme ne compensent pas la perte de bénéfices liés au bois.

Le scénario FR3 a été constitué sans modélisation dans le but d'optimiser à la fois les bénéfices liés à la gemme et ceux liés au bois. Les bénéfices liés au bois sont plus importants dans le scénario FR3 que dans le scénario FR1 en raison de la récolte de davantage de bois lors des premières éclaircies et du faible écart de prix entre les petits et les gros bois. Ce système ne semble pas réalisable compte-tenu de l'augmentation des risques de casse liés aux tempêtes qu'il entraîne. Les bénéfices liés au gemmage sont également améliorés car une quantité plus importante de résine est collectée plus tôt à l'échelle de la révolution.

Avec un système sylvicole identique, la valeur du BASI est plus importante dans le scénario FR4 que dans le scénario FR1 lorsque le prix de la gemme est élevé. On peut en conclure que le gemmage peut être une activité rentable en France en complément à la production de bois, à la condition que le prix de vente de la résine dépasse un certain seuil, compris entre 0,903 €/kg et 1,347 €/kg. En outre, ce seuil pourrait être abaissé avec l'adaptation de la sylviculture au gemmage.

9.2.Castille-et-León

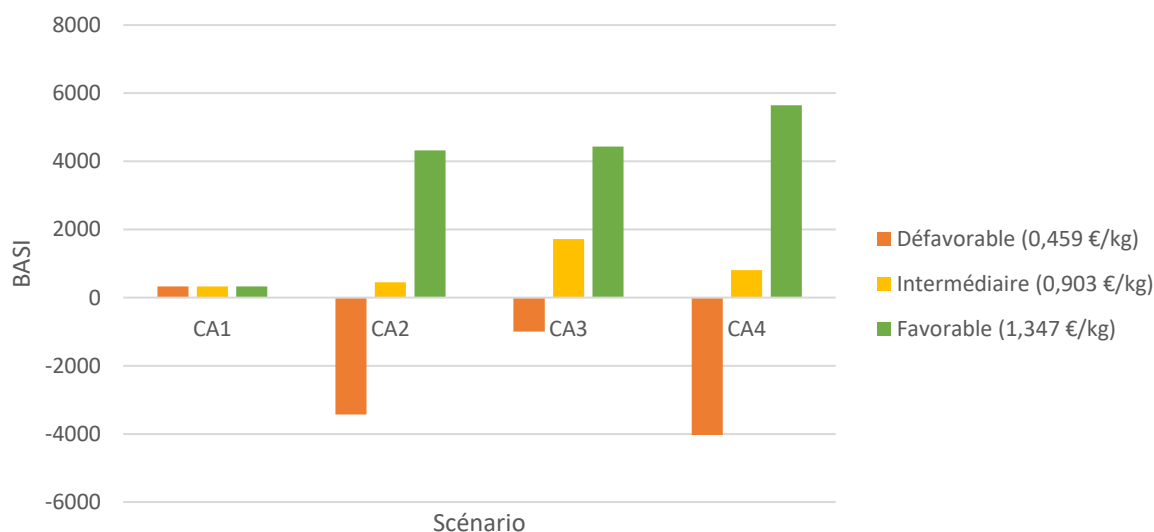


Figure 18 : Comparaison de la valeur du BASI pour différents prix de la résine en Castille-et-León

La valeur du BASI est très faible (326 €) pour le scénario CA1, orienté uniquement pour la production de bois. La production de bois est à la limite de la rentabilité économique en Castille-et-León avec les prix de vente et les coûts de production considérés. L'ajout de la production de résine, comme c'est le cas dans les scénarios CA2, CA3 et CA4, permet d'améliorer grandement les bénéfices dans le cas où le prix de vente de la résine est élevé.

Il apparaît que le raccourcissement de la campagne de gemmage à 4 mois (scénario CA3) améliore la rentabilité du système de production par rapport au gemmage sur une durée de 9 mois et demi, quel que soit le prix de vente de la résine. La diminution du coût de production compense la perte de production. En outre, l'abaissement du coût de production rend le système moins sensible aux aléas du marché. La différence de valeur du BASI entre les systèmes CA2 et CA3 est beaucoup plus importante lorsque le prix de la résine est moyen ou bas que lorsqu'il est élevé.

La valeur du BASI dans le scénario CA2, orienté pour la production de résine, est inférieure à celle du scénario CA4, orienté pour la production de bois. Il apparaît donc que la modification du système sylvicole pour la production de résine ne permet pas d'améliorer les bénéfices. Cette différence n'est pas due aux bénéfices liés au bois mais à ceux de la gemme, car le nombre d'arbres gemmés

est plus important dans le scénario CA4 que dans le scénario CA2. L'abaissement de la densité est plus précoce dans le scénario CA2 et la densité finale est moins élevée que dans le scénario CA4. Toutefois, la production de gomme est supérieure lorsque la densité d'arbres est plus faible en raison de l'étalement et de l'éclaircissement plus important des houppiers des arbres. Cette différence de production n'a pas été prise en compte dans l'analyse économique, en l'absence de données disponibles. Toutefois, il est probable que le gemmage d'un plus grand nombre d'arbres améliore effectivement la SEV, mais dégrade les bénéfices du gemmeur, dont le salaire dépend de la quantité de résine production par arbre.

9.3.Portugal

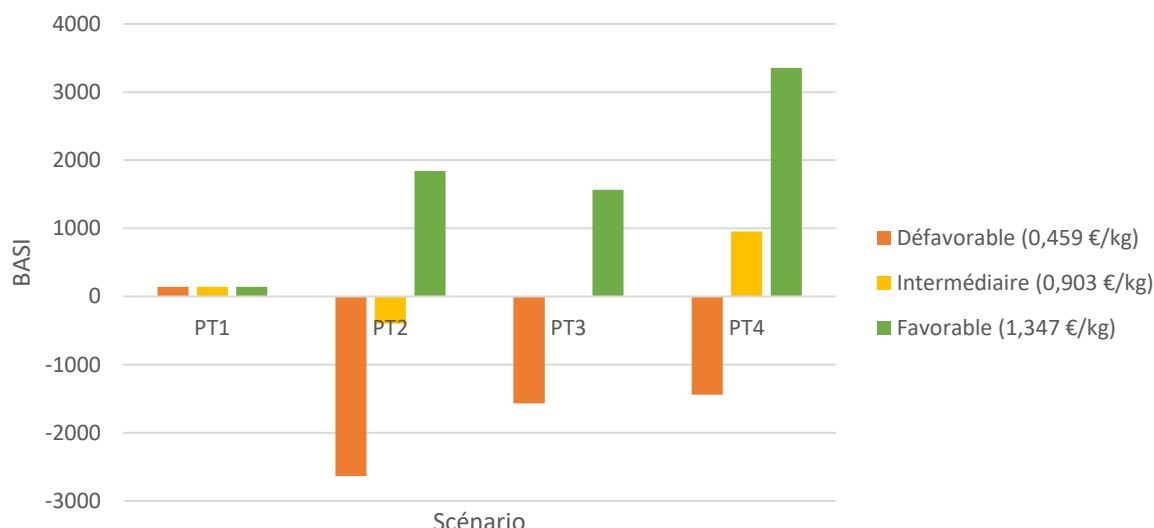


Figure 19 : Comparaison de la valeur du BASI pour différents prix de la résine au Portugal

A la différence de la situation observée en Castille-et-León (scénario CA3), le raccourcissement de la campagne de gemmage au Portugal (PT3) n'améliore pas la valeur du BASI lorsque le prix de vente de la résine est élevé. Néanmoins, la méthode limite tout de même la fragilité du système sur le plan économique puisque la valeur du BASI est améliorée par rapport au scénario PT2, lorsque le prix de vente de la gomme est moyen ou bas. L'abaissement de la durée de la campagne de gemmage est une pratique qui n'est intéressante économiquement qu'en dessous d'un certain seuil de prix de vente.

Les autres tendances observées au Portugal sont identiques à celles observées pour la Castille-et-León. Dans les deux cas, la méthode de calcul proposée ne montre pas d'avantage économique à l'adaptation des systèmes sylvicoles pour la production de résine (scénarios CA2 et PT2).

9.4. Galice

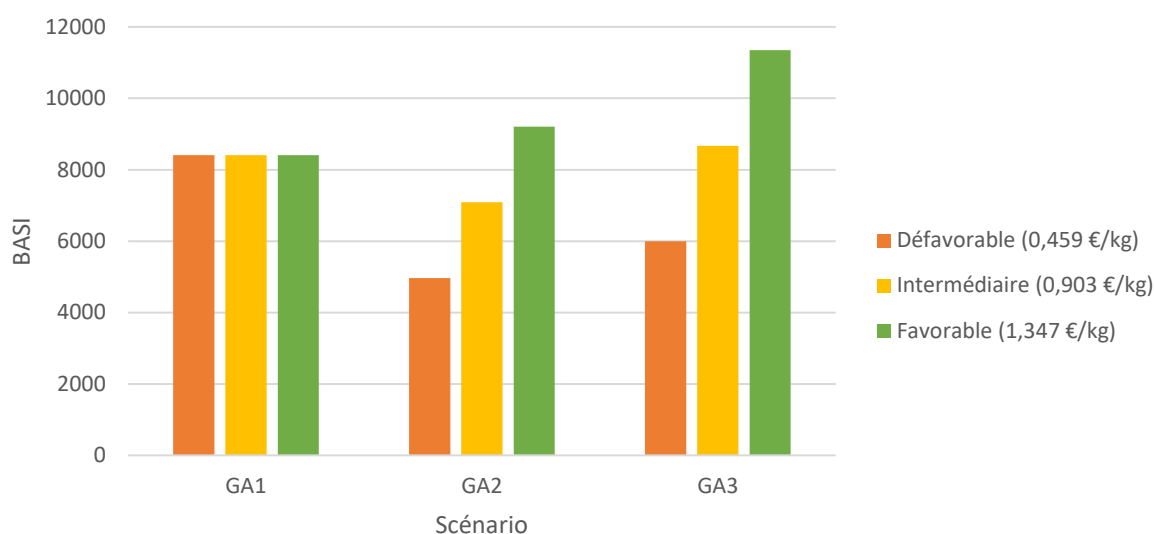


Figure 20 : Comparaison de la valeur du BASI pour différents prix de la résine en Galice

Pour un système sylvicole identique orienté pour la production de bois à rotation de 40 ans, la valeur du BASI est plus importante dans le scénario GA3 que dans le scénario GA1 lorsque le prix de la résine est élevé ou moyen. On peut en conclure que la production de résine est économiquement rentable en Galice lorsque le prix de vente est supérieur à 0,903 €/kg.

Au taux d'actualisation fixé (3%), l'allongement de la période de rotation de 40 (scénario GA3) à 60 ans (scénario GA2) diminue en proportions égales les bénéfices actualisés liés à la gemme et ceux liés au bois. A partir des exemples de scénarios sylvicoles choisis, il paraît plus intéressant de conserver le système orienté pour la production de bois d'œuvre à plus courte rotation (40 ans).

Conclusion et ouverture

Dans les Landes et en Galice, le gemmage peut être une activité rentable en complément de la production de bois, à la condition que le prix de vente de la résine se maintienne à un niveau favorable sur le marché international. De plus, les méthodes de gemmage en « vase clos » Borehole et Biogemme permettent la production d'une résine de qualité supérieure à la résine importée. Il est probable que la colophane issue de cette résine soit davantage recherchée à l'avenir, présentant une meilleure aptitude à être travaillé dans des applications telles que le caoutchouc et les adhésifs. Enfin, il existe des possibilités de valorisation de la colophane et de la térébenthine de pin avec des marchés de niches, à un prix supérieur à celui du marché international.

Dans les régions traditionnellement productrices de résine d'Espagne (Castille-et-León) et du Portugal, le gemmage améliore grandement les bénéfices attendus de terres exploitées uniquement pour la production de bois. Le raccourcissement de la campagne de gemmage à 4 mois par an est une adaptation intéressante du système traditionnel à 9 mois et demi dans le cas où le prix de vente de la résine viendrait à chuter. Bien que les bénéfices annuels du gemmeur diminueraient, l'abaissement du coût de production permettrait le maintien de la rentabilité de la production. En l'absence de données expérimentales suffisantes, l'utilisation d'autres méthodes de gemmage telles que Borehole ou Biogemme en Castilla-et-León et au Portugal n'a pas été étudiée. Toutefois, il est probable que le développement de méthodes de gemmage alternatives dans ces régions puisse augmenter la rentabilité de cette activité par l'optimisation de la productivité horaire et l'amélioration de la qualité de la résine.

Quelle que soit la région considérée, il est possible d'adapter les systèmes sylvicoles pour maximiser la valeur du BASI lorsque la production de gemme est ajoutée à celle du bois. Pour valider les hypothèses de scénarios, il demeure néanmoins nécessaire de modéliser la production de gemme qui dépend en partie de variables dendrométriques. Ce travail complémentaire pourrait être utile si la rentabilité du gemmage s'avère être atteinte et que la production est envisagée sur le long terme.

Même si les bénéfices du gemmage en Europe sont inférieurs à ceux du Brésil ou de l'Indonésie en raison d'un coût de main d'œuvre plus élevé et de conditions climatiques moins favorables, l'activité peut être économiquement rentable. De plus, le gemmage permet une diversification des productions pour le propriétaire forestier, limitant ainsi les risques tout en raccourcissant le temps de retour sur investissement. Enfin, l'évaluation des politiques publiques doit prendre en compte d'autres paramètres propres aux régions de production, tels que la création d'emplois, la prévention des incendies par la surveillance, les services écosystémiques ou encore le maintien des traditions.

Glossaire

Taux d'actualisation : Taux fixé afin de prendre en compte la valeur temporelle de l'argent : la préférence pour la jouissance immédiate et l'aversion au risque. En sylviculture, ce taux est généralement fixé à 3%. *Anglais : discount rate. Espagnol : tasa de descuento.*

Gemmage : Opération qui consiste à inciser le tronc d'un pin pour en recueillir la résine. *Synonymes : amasse (Landes), résinage. Anglais : pine tapping, resin extraction. Espagnol : resinación.*

Gemmage à vie : Collecte modérée de résine sur un arbre permettant une récolte sur de nombreuses années. *Anglais : light continuous tapping. Espagnol : resinación a vida*

Gemmage à mort : Collecte maximale de résine sur un arbre durant les années précédant l'abattage par l'ouverture de nombreuses cares. *Anglais : heavy tapping, tapping to death. Espagnol : resinación a muerte*

Care : La care est le nom donné dans les Landes de Gascogne à une entaille faite au tronc du pin maritime pour en extraire la résine lors du gemmage. *Anglais : notch. Espagnol : cara.*

Colophane : La colophane est le résidu solide obtenu après distillation de la gemme récoltée à partir d'arbres résineux. *Anglais : Rosin. Espagnol : colofonia.*

Oléorésine : sécrétion naturelle récoltée à partir d'arbres résineux lors du gemmage. *Anglais : oleoresin. Espagnol : oleorresina.*

Essence de térébenthine : huile essentielle obtenue par purification puis par distillation de térébenthine, une oléorésine récoltée à partir d'arbres résineux. *Anglais : turpentine. Espagnol : trementina.*

Activation : Application d'une solution sur une care afin de freiner la cicatrisation des tissus et ainsi provoquer une accumulation d'oléorésine au niveau du cambium. L'acide sulfurique est l'actif le plus utilisé. *Synonyme : stimulation. Anglais : stimulation. Espagnol : estimulación.*

Bibliographie

- Aida Rodríguez-García, R. L. (2013, Octubre 29). Resin yield in *Pinus pinaster* is related to tree dendrometry, stand density and tapping-induced systemic changes in xylem anatomy. *Forest Ecology and Management*.
- Alan W. Hodges, J. D. (1997). Borehole Oleoresin Production from Slash Pine. *SJAF* 21(3), pp. 108-115.
- Borregón, T. (2012). La regeneración natural de *Pinus pinaster* Ait. en la Tierra de Pinares. In C. R. Gordo J, *La regeneración natural de los pinares en los arenales de la Meseta Castellana* (pp. 237-248). Valladolid, España, Castilla-y-León: Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (Universidad de Valladolid-INIA).
- Cesefor. (2009). *La resina: Herramienta de conservación de nuestros pinares*. España.
- Enrique Martínez Chamorro, E. G.-G. (n.d.). *Obtención de oleoresinas mediante el método de taladro basal (borehole method) en montes cuyo aprovechamiento principal es maderero*. Xunta de Galicia, Centro de investigación forestal Lourizán, Pontevedra.
- Félix M. Pinillos Herrero, A. P.-A. (2009). *La resina: Herramienta de conservación de nuestros pinares*. Spain: CESEFOR.
- Hanitra Rakotoarison, P. C. (2015, Juin). Plantations résineuses en conditions forestières : analyse économique des itinéraires dédiés et semi-dédiés pour augmenter la produciton de bois. (AgroParisTech, Ed.) *Revue Forestière Française*, LXVII, pp. 515-538.
- José L. Pérez Rebollo, S. F. (n.d.). Estudio de la viabilidad de nuevas técnicas para España - La resinación. *Forestal*, pp. 37-46.
- Lemoine, B. (1995, Septembre). Un modèle de croissance pour le pin maritime dans les Landes de Gascogne. *Revue Forestière Française*, pp. 116-119.
- Mendes, A. M. (2004). *The Portuguese Forests - Evaluating Financing of forestry in Europe*. Country level report delivered to the EFFE Project, Portuguese catholic university, Faculty of Economics and Management, Porto.
- Nakhla, M. (2013). *Calcul économique : Méthodologie de Choix de projets d'investissement*. AgroParisTech.
- UDIN, A. (1952, février). Activation de la production de gomme par vaporisation de solutions d'acide sulfurique. *Revue Forestière Française*(2), pp. 77-87.
- Selvicultura de *Pinus pinaster* Ait. subsp. *mesogeensis* Fieschi & Gaussen. (2008, January). *Compendio deSelvicultura Aplicada en España*, pp. 400-430.
- TAILLENTOU, C. (n.d.). Le Gemmage du pin maritime dans les Landes. (p. 7). Association mémoire du Marensin.

Marché international de la résine

“Escenarios de evolución del mercado internacional de la resina”

“Scenarios of evolution of the international resin market”

“Guide de création de scénarios pour l'évolution du marché international de la gemme”

“Cenários de evolução do mercado internacional da resina”

Projet SUSTFOREST+, livrable 1.4.2

Armand CLOPEAU, Christophe ORAZIO

European Forest Institute
Planted Forests Facility

19 février 2019

Interreg
Sudoe

European Regional Development Fund



EUROPEAN UNION



SOE2/P5/E0598

www.sust-forest.eu

SÓCIOS | PATERNAIRES | PARCEIROS | PARTNERS



Proyecto cofinanciado por el Programa Interreg Sudoe a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Résumé

Le marché mondial de la résine a connu des changements fondamentaux au cours des dernières années. Le projet SUSTFOREST+, visant à promouvoir la production de résine en Europe, est né dans ce contexte. A partir de données recueillies auprès des partenaires du projet ainsi que d'informations bibliographiques, cette étude apporte des informations sur la situation du marché de la résine en Europe et dans le monde. Ce rapport décrit dans un premier temps les différents contextes de production dans le monde et les systèmes associés. Ces informations techniques sont complétées par des données économiques concernant le marché passé et actuel de la résine. Cet état des lieux permet de formuler des prévisions concernant l'évolution future du marché international de la résine. Plusieurs scénarios sont proposés, favorables ou non au développement de la production de résine en Europe. Ces résultats permettront d'estimer les potentialités de production européennes au cours d'une prochaine étude (livrable SUSTFOREST+ 1.4.2), au travers d'analyses coûts-bénéfices pour les différents systèmes de production existants dans les pays européens.

Abstract

The global resin market has undergone fundamental changes over the past few years. SUSTFOREST+ project, aiming to promote the production of resin in Europe, was born in this context. Using the data collected from the partners of the project as well as bibliographic information, this study provides information about the situation of the resin market in Europe and around the world. This report first describes the different contexts of production in the world and the associated systems. This technical information is completed with economic data about the past and current market of resin. This assessment allows to make assumptions about the future evolution of the international resin market. Several scenarios are proposed, favorable or unfavorable to the development of resin production in Europe. These results will make it possible to estimate the European production potentialities in a future study (SUSTFOREST+ deliverable 1.4.2), through cost-benefit analyzes for the different production system existing in the European countries.

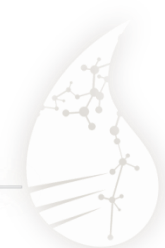
Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Javier CALVO, du CESEFOR pour son investissement dans le projet SUSTFOREST+ ainsi que son accueil à Soria (Espagne). De façon plus globale, je souhaite remercier des partenaires du projet pour leur collaboration. Merci également à Alejandro Cunningham, de PCA (Pine Chemicals Association International) pour son expertise au sujet du marché international de la résine et à Antonio Romero, de Luresa pour avoir orienté mes recherches.



Table des matières

Résumé	2
Abstract	2
Remerciements	2
Table des illustrations	5
Figures.....	5
Tableaux.....	6
Le projet SustForest+	7
Introduction.....	7
Objectifs	8
1 Gemmage dans le monde.....	8
1.1 Gemmage en Chine.....	10
1.1.1 Description de la zone de production	10
1.1.2 Technique de production	11
1.1.3 Conditions de travail.....	11
1.2 Gemmage au Brésil.....	11
1.2.1 Description de la zone de production	11
1.2.2 Technique de production	12
1.2.3 Conditions de travail.....	12
1.3 Gemmage en Indonésie.....	13
1.3.1 Description de la zone de production	13
1.3.2 Techniques de production	13
1.3.3 Conditions de travail.....	14
1.4 Gemmage en Europe	14
1.4.1 Contexte français.....	14
1.4.2 Contexte espagnol.....	16
1.4.3 Contexte portugais	17
1.5 Aperçu du gemmage dans les autres pays producteurs	19
1.5.1 Inde.....	19
1.6 Vietnam	19
1.6.1 Argentine.....	19
1.6.2 Mexique.....	19
1.7 Autres sources de production de résine	20



2	Marché mondial de la résine et scénarios pour l'avenir.....	20
2.1	Évolution de l'offre et de la demande mondiale	20
2.1.1	Demande en résine de pin.....	20
2.1.2	Offre en résine et en produits dérivés.....	22
2.1.3	Coûts de production de la résine	25
2.2	Tendances d'évolution du prix de la résine importée en Europe	27
2.3	Scénarios d'évolution du prix de la résine	31
2.3.1	Scénario le plus favorable au développement du gemmage en Europe	33
2.3.2	Scénario le plus défavorable au développement du gemmage en Europe.....	34
2.3.3	Scénario intermédiaire.....	35
2.3.4	Calcul du prix de la résine.....	35
	Conclusion et perspectives.....	36
	Glossaire	37
	Bibliographie	38
	Annexe 1 – Suivi du marché international de la résine.....	40
	Annexe 2 – Rendement en résine par espèce de pin.....	40
	Annexe 3 – Catégories de colophane	41



Table des illustrations

Figures

Figure 1 : Production de gemme en Chine par province en 2016 (kg/an) (Sources : AR Eldorado, Song Lifeng, Nanjing & Eric Wang, Zhao Mingui, ROSINNET, Rosineb from PineTappingWorld)....	10
Figure 2 : Proportion de la production de colophane par province chinoise en 2015 (Sources : AR Eldorado, Song Lifeng, Nanjing & Eric Wang, Zhao Mingui, ROSINNET, Rosineb from PineTappingWorld)	10
Figure 3 : Récolte de résine par la méthode chinoise (Crédit : ©FAO/Masakazu Kashio)	11
Figure 4: Production de gemme au Brésil par province sur la période 2014/2015 (kg/an) (Sources : Sidra/IBGE et Aresb (Giovanna I.B. de MEDEIROS, 2017)).....	12
Figure 5 : Récolte de résine par la méthode américaine (Crédit : PDC, Inc.)	12
Figure 6 : Récolte de résine par la méthode « Hugues ».....	13
Figure 7 : Récolte de résine par la méthode « Mazek » ou « Rill » (Dr Kulwant Rai Sharma, 2014).....	14
Figure 8 : Production de gemme en Espagne par province en 2013 (kg/an) (Source : Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal).....	16
Figure 9 : Récolte de résine par la méthode « Pica de corteza » (Montes, 2005).....	17
Figure 10 : Production de gemme au Portugal par commune en 2017 (kg/an) (Divisão de Apoio à Produção Florestal e Valorização de Recursos Silvestres , 2018)	17
Figure 11 : Application d'activant sur une care fraîchement ouverte dans un peuplement gemmé à vie au Portugal.....	18
Figure 12 : Proportion de colophane importée par rapport à la consommation dans les trois principaux pays importateurs d'Asie (Source : Future Market Insights, 2018).....	21
Figure 13 : Répartition de la production globale de résine par origine en 2016 (Pine Tapping World)	23
Figure 14 : Cours du baril de pétrole en dollars US sur la période 2000-2018 (PRIXDUBARIL.com)	23
Figure 15 : Évolution du salaire mensuel minimal dans les deux principales régions productrices de résine en Chine (CEIC)	23
Figure 16 : Évolution de la production de colophane et de la balance commerciale en Chine (Exportations – Importations) (Source : China National Chemical Information Center from PineTappingWorld)	24
Figure 17 : Prix de la colophane et de la térébenthine (USD/T) (Keijo A. Ukkonen).....	28
Figure 18 : Évolution du prix de la colophane sur la période 1930 – 2017 (USD constant 2017) (Source : PineTappingWorld)	28
Figure 19 : Évolution du prix de la colophane sur la période septembre 1998 – septembre 2017 (USD constant 2017) (Source : PineTappingWorld).....	29
Figure 20 : Évolution du prix de la colophane en Chine et au Brésil sur la période 2003-2017 (Cunningham A. , 2016).....	30
Figure 21 : Production globale de colophane de pin (jaune), d'huile de tall (bleu) et de résines d'hydrocarbures (gris) sur la période 2010 - 2016 (Cunningham A. , 2016).....	30
Figure 22 : Comparaison avec un Indice en base 100 en 2003 de l'évolution du prix du pétrole brut avec le prix des résines.....	31
Figure 23 : Évolution du prix de la colophane sur la période 2010 – 2017 et prospective sur la période 2018 - 2022 (USD constant 2017).....	32



Figure 24 : Estimation du prix de la colophane dans le scénario le plus favorable à la production européenne (en rouge)	33
Figure 25 : Estimation du prix de la colophane dans le scénario le plus défavorable à la production européenne (en rouge)	34
Figure 26 : Estimation du prix de la colophane dans un scénario intermédiaire	35

Tableaux

Tableau 1 : Estimation de la production de colophane et de térébenthine de pin en 2015 (kT/an) (Keijo A. Ukkonen)	9
Tableau 2 : Quantité annuelle d'oléorésine produite par essence sur la période 2009/2010 (Cunningham A. , Estudio de mercado de los productos resinosos, 2009)	9
Tableau 3 : Principaux importateurs de colophane dans le monde et quantités importées en 2015 (en Tonnes) (Pine Tapping World)	21
Tableau 4 : Principaux importateurs de colophane en Europe et quantités importées en 2015 (en Tonnes) (Pine Tapping World).....	21
Tableau 5 : Estimation de la production mondiale de colophane (kT/ an) (Sources : Song Lifeng, Rosineb, Michel Baumassy from PineTappingWorld)	22
Tableau 6 : Production de colophane par an et par province en Chine (milliers de T/an) (Sources : AR Eldorado, Song Lifeng, Nanjing & Eric Wang, Zhao Mingui, ROSINNET, Rosineb from PineTappingWorld)	25
Tableau 7 : Estimation des coûts de production de la résine dans le monde (sources : Alejandro Cunningham (Cunningham A. , Advocating for a sustainable pine tapping practice, 2014), Holiste, Cesefor, Organisation Mondiale du Travail), Resipinus.....	26
Tableau 8 : Estimation du prix de la résine en fonction du coût de transformation en Espagne ...	35
Tableau 9 : Production de résine par essence forestière (Equipe Técnica da Cia. Agro Florestal, 1978)	40
Tableau 10 : Catégories de colophane (COURAU, 1999)	41



Le projet SustForest+

Le projet SustForest+ est un projet transnational financé par le programme Interreg Sudoe et par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER).

La filière européenne d'extraction de résine naturelle a traversé une période de crise profonde pendant la fin du siècle dernier. Des initiatives publiques et privées ont été portées en Espagne, en France et au Portugal. Celles-ci ont contribué à maintenir l'espoir d'un secteur prospère et compétitif.

Dans ce contexte, le projet SustForest est né en 2010 avec la conviction que la filière résinière européenne devait s'unir afin de faire face à un problème complexe : l'impact des marchés mondiaux sur les ressources en résine des forêts européennes, l'emploi rural et les produits à forte valeur ajoutée.

Le projet SustForest+ vise à capitaliser les acquis du projet SustForest en établissant des stratégies à plus long terme et en créant des réseaux stables de collaboration afin d'atteindre les objectifs suivants :

- Mobiliser la ressource européenne de résine afin d'approvisionner durablement l'industrie locale ;
- Améliorer les conditions de travail des gemmeurs, en générant de cette façon des emplois stables et de qualité dans les zones rurales de la région sud-ouest de l'Europe ;
- Développer des marchés pour les produits issus de la résine naturelle produite dans les forêts du sud-ouest de l'Europe en tant que ressource durable sur les plans social, économique et environnemental.

Ce document fait partie des 31 livrables du projet SustForest+. Il apporte des scénarios d'évolution future du marché de la résine, en vue d'estimer les potentialités de production européenne de résine.

Introduction

Le gemmage correspond à l'activité d'extraction d'oléorésine de pin. Cette résine est constituée d'une partie liquide volatile : l'essence de térébenthine, et d'une partie solide : la colophane. Ces matières premières sont utilisées dans de nombreux produits faisant partie de notre quotidien. La colophane obtenue à partir de la distillation de la gomme de pin est utilisée par exemple pour la fabrication de vernis, d'encres, de cosmétiques ou encore de chewing-gum.

En France, le gemmage a disparu depuis plus de 50 ans. Dans la péninsule ibérique, l'activité a été maintenue mais fortement contrainte. Bien qu'une ressource forestière suffisante existe dans le sud de l'Europe, une part importante de la résine consommée dans cette région est importée d'autres continents. Aujourd'hui, le développement du gemmage en Europe semble intéressant pour des questions de durabilité sur les plans économique, social et environnemental.

La qualité et le prix de la résine produite localement sont moins sensibles aux aléas du marché (spéculation, prix des hydrocarbures...) que la résine importée. La diversification des sources d'approvisionnement est intéressante pour les entreprises de transformation afin d'éviter la dépendance au marché international.



En outre, la demande en produits biosourcés est en augmentation en Europe et la nouvelle stratégie européenne pour la bioéconomie¹ implique fortement le secteur forestier. Certains produits habituellement fabriqués à partir de résine d'hydrocarbures pourraient être fabriqués à l'avenir à partir de résine végétale. Le coût environnemental de la résine importée doit également être pris en compte dans sa comparaison écologique avec la résine locale.

Enfin, le développement de la filière européenne permettrait de maintenir voire de créer des emplois. Cette perspective est souhaitable compte-tenu du taux de chômage existant en Europe.

Les informations présentées dans ce document ont été recueillies auprès de nombreux partenaires européens présentés à la fin de ce document, dans le cadre du projet SUSTFOREST+. Des compléments concernant l'évolution du marché international ont été apportés par une étude de marché, essentiellement bibliographique.

Objectifs

Cette étude a pour objectif principal de fournir des prévisions concernant l'évolution du marché international de la résine par le biais de la création de scénarios prospectifs. Ceux-ci permettront d'estimer par la suite les potentialités de production européenne.

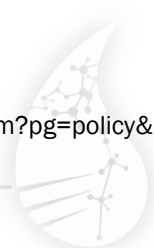
La connaissance des systèmes de production actuellement employés en Europe et dans le monde est nécessaire à l'étude du marché. Le contexte de gemmage propre à chaque région de production est présenté dans ce document, ainsi que l'évolution des techniques jusqu'aux méthodes employées actuellement. La description des systèmes de production présente une importance capitale car les niveaux de technicité qui y sont associés conditionnent l'avenir de la filière.

Dans un second temps, ce document présente l'évolution passée et les prédictions futures concernant le marché international de la résine. Ces prédictions serviront de base de référence à des analyses coûts-bénéfices permettant d'évaluer l'impact des fluctuations du marché sur la microéconomie résinière et sa complémentarité avec la production de bois (livrable 1.4.2). Par la suite, cette étude sera complétée par une analyse multicritère qui permettra d'évaluer les techniques de production en fonction des priorités régionales (livrable 1.5.1).

1 Gemmage dans le monde

L'industrie de la résine a beaucoup évolué depuis les années 1950. La main d'œuvre devenant de plus en plus coûteuse dans les pays industrialisés, les centres de production se sont déplacés. En Europe et aux États-Unis, la collecte de résine s'est arrêtée ou maintenue à un bas niveau. En Inde s'est ajouté un problème de pénurie en arbres aptes à être gemmés. Pendant ce temps, le Brésil est devenu dans les années 1980 un important producteur de résine sur le marché mondial et l'Indonésie a accru elle aussi grandement sa production. (J.J.W. Coppen, 1995). La Chine demeurerait jusqu'à présent le plus important producteur de résine mais la diminution récente de ses capacités de production associée à son importante consommation de résine ne lui permet plus d'être le principal exportateur dans le monde.

¹ <https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/index.cfm?pg=policy&lib=strategy>



Actuellement, la production se concentre dans trois pays : la Chine, le Brésil et l'Indonésie :

Tableau 1 : Estimation de la production de colophane et de térébenthine de pin en 2015 (kT/an) (Keijo A. Ukkonen)

Producteur	Colophane	Térébenthine
Chine	600	100
Indonésie	90	30
Brésil	60	25
Union Européenne	30	15
Reste du monde	70	20
TOTAL	850	190

D'autres pays produisent de la résine comme l'Espagne, la Russie, le Portugal et les îles Fidji mais la production totale de ces pays est inférieure à 22 kT/an. Les principaux exportateurs de résine sont l'Indonésie (68 506 T en 2015) et le Brésil (61 093 T en 2015) (Pine Tapping World).

Les espèces de pin utilisées pour le gemmage varient en fonction des conditions stationnelles existantes dans les pays. Le tableau suivant présente les espèces de pin les plus utilisées dans le monde pour le gemmage par les principaux producteurs que sont la Chine, le Brésil et l'Indonésie :

Tableau 2 : Quantité annuelle d'oléorésine produite par essence sur la période 2009/2010 (Cunningham A. , Estudio de mercado de los productos resinosos, 2009)

Espèce	Chine	Brésil	Indonésie	Autres	Total	%
<i>Pinus massoniana</i>	510 000				510 000	50
<i>Pinus yunnanensis</i> , <i>Pinus simao kesiya</i>	175 000				175 000	17
<i>Pinus elliottii</i>	54 000	48 000		32 000	134 000	13
<i>Pinus merkusii</i>	4 000		70 000		74 000	7
<i>Pinus caribaea</i>	7 000	38 000		28 000	73 000	7
Autres espèces		8 000	4 000	37 500	49 500	6
Total	750 000	94 000	74 000	97 500	1 015 000	100

Sources: ROSINET, ARESB, Rosineb, Perum-Perhutani. Données estimées pour la période 2009/2010

D'autres essences sont utilisées comme le *Pinus pinaster* (Méditerranée et Europe), le *Pinus kesiya* (Asie), le *Pinus oocarpa* (Amérique Centrale, Mexique), le *Pinus roxburghii* (Himalaya) ou encore le *Pinus tabulaeformis* (Asie). Les volumes de résine extraite par les principaux pays producteurs ont évolué depuis cette estimation des volumes par essence datant de la période 2009/2010 (voir Tableau 1 : Production de résine de pin par pays en 2016). L'annexe 2 présente le rendement en résine pour certaines espèces de pin au Brésil.



1.1 Gemmage en Chine

1.1.1 Description de la zone de production

En 2016, la Chine a produit environ 360 000 tonnes de colophane. L'essentiel de la production de résine est concentré au sud du pays :

Figure 1 : Production de gemme en Chine par province en 2016 (kg/an) (Sources : AR Eldorado, Song Lifeng, Nanjing & Eric Wang, Zhao Mingui, ROSINNET, Rosineb from PineTappingWorld)

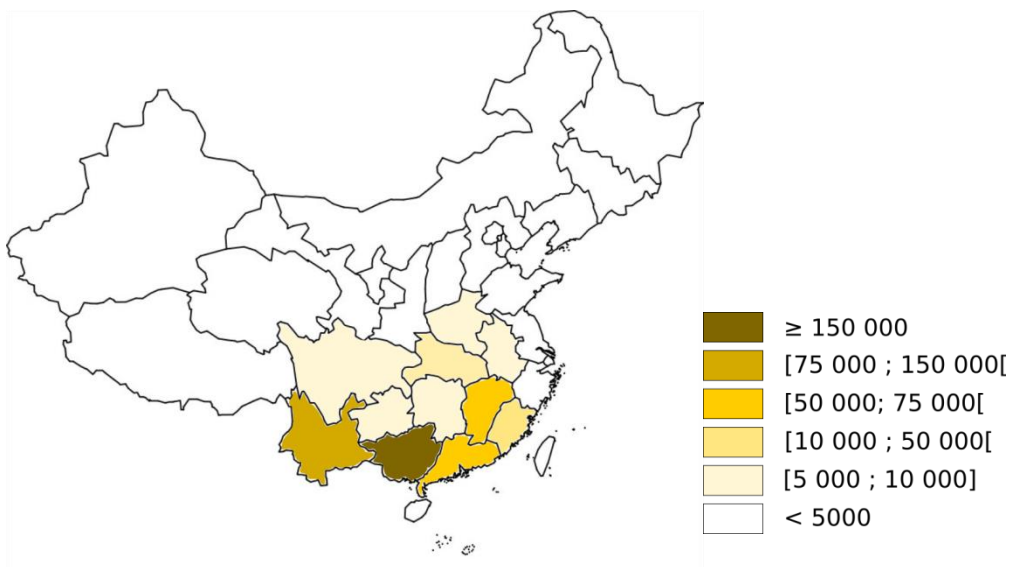
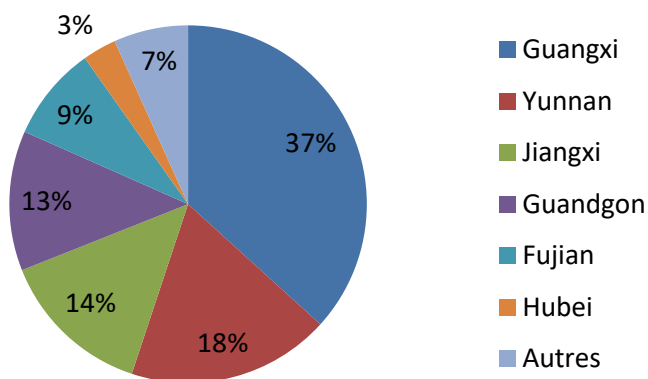


Figure 2 : Proportion de la production de colophane par province chinoise en 2015 (Sources : AR Eldorado, Song Lifeng, Nanjing & Eric Wang, Zhao Mingui, ROSINNET, Rosineb from PineTappingWorld)



Les essences les plus gemmées en Chine sont le *Pinus massoniana* (68 %), le *Pinus yunnanensis*, le *Pinus kesiya* et le *Pinus elliotti*. Le *Pinus elliotti* est une variété étrangère d'abord introduite pour son bois. Il s'est avéré par la suite qu'il offrait de meilleurs rendements en résine que l'espèce gemmée auparavant.



1.1.2 Technique de production

Une care en forme de « V » est quotidiennement rafraîchie sans application d'activateur. Les cares sont ouvertes en sens descendant à une profondeur atteignant le xylème secondaire. La première strie est réalisée à environ 1,20m de hauteur et les suivantes sont pratiquées en dessous. Les stries ouvertes couvrent environ la moitié de la circonférence de l'arbre.

Figure 3 : Récolte de résine par la méthode chinoise (Crédit : ©FAO/Masakazu Kashio)



1.1.3 Conditions de travail

Le secteur de la résine emploie de nombreuses personnes en Chine ($\approx 100\,000$). Il peut s'agir d'un travail saisonnier ou continu. La rémunération des travailleurs est dépendante de la production. En Chine, un gemmeur récolte environ 1750 arbres par an et la productivité moyenne des arbres est d'environ 2 kg/arbre.

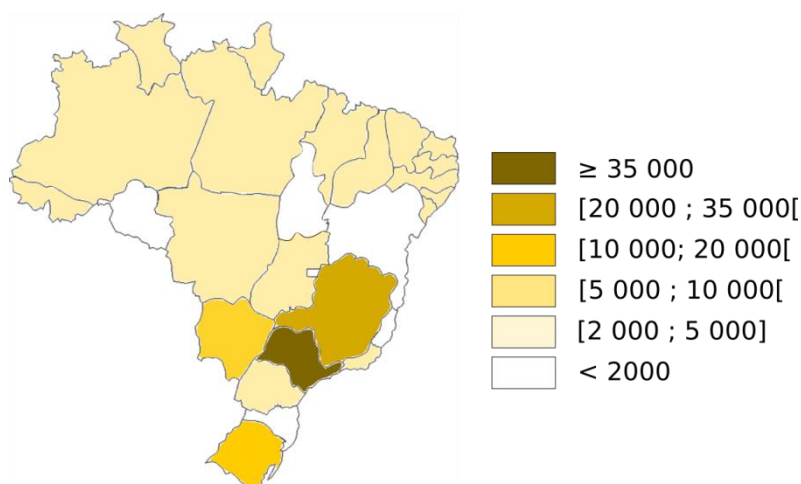
1.2 Gemmage au Brésil

1.2.1 Description de la zone de production

Des espèces variées de pin occupent d'importantes surfaces au Brésil : le *Pinus caribaea* et le *Pinus oocarpa* au nord, le *Pinus elliotii* et le *Pinus tadea* (au faible rendement en résine) au sud. La production de résine à grande échelle a débuté dans les années 70 jusqu'à atteindre 65 000 T au début des années 1980. En 2016, le Brésil a produit 115 000 tonnes de colophane.



Figure 4: Production de gomme au Brésil par province sur la période 2014/2015 (kg/an) (Sources : Sidra/IBGE et Aresb (Giovanna I.B. de MEDEIROS, 2017))



Les essences les plus gemmées au Brésil sont le *Pinus elliottii* (51 %) et le *Pinus caribaea* (40 %).

1.2.2 Technique de production

Une care horizontale est agrandie toutes les 2 à 3 semaines et un stimulant à base d'acide sulfurique est appliqué. La première care est ouverte à une hauteur d'environ 20 cm à partir du sol puis les suivantes sont réalisées dans le sens ascendant en retirant uniquement l'écorce et le phloème. Les cares ont une largeur équivalente au tiers de la circonférence de l'arbre. Ce système, appelé « Américain », est également utilisé en Argentine.

Figure 5 : Récolte de résine par la méthode américaine (Crédit : PDC, Inc.)



1.2.3 Conditions de travail

Contrairement aux autres pays producteurs, les gemmeurs brésiliens sont salariés dans des entreprises employant entre 25 et 500 gemmeurs (Ferreira, 2001). Au total, environ 3000 personnes sont employées pour la collecte de résine et les rendements de collecte sont élevés. Un gemmeur est en mesure d'exploiter environ 8500 arbres par an produisant en moyenne 4 kg de résine chacun.



1.3 Gemmage en Indonésie

1.3.1 Description de la zone de production

La production de résine de pin en Indonésie se concentre presque exclusivement sur l'île de Java. Elle est issue de plantations de *Pinus merkusii* gérées par Perum-Perhutani, l'organisme d'Etat chargé des forêts (PT.INDOPICRI, 2013). Perum-Perhutani s'occupe également des opérations de récolte et de traitement bien que quelques usines aient été privatisées.

La surface de forêt plantée à Java mais aussi à Sumatra, Sulawesi et Kalimantan est en expansion du fait de la demande grandissante en pâte à bois. Le potentiel d'accroissement de la production de résine est par conséquent très important, mais celui-ci est conditionné par la disponibilité en main d'œuvre. (COURAU, 1999). En 2016, l'Indonésie a produit 50 000 tonnes de colophane.

1.3.2 Techniques de production

1.3.2.1 Système « Hugues »

Les cares, d'une largeur d'environ 8-10 cm, sont ouvertes dans le sens vertical et rafraîchies tous les 10 à 15 jours. Les cares sont ouvertes dans le sens ascendant et peuvent atteindre une hauteur de 1,80 m à partir du sol après 2 années de collecte. Elles sont ouvertes jusqu'au xylème secondaire. Le pot suit chaque année la montée de la care. Ce système a été développé en France dans les années 1850.

Figure 6 : Récolte de résine par la méthode « Hugues »



1.3.2.2 Système « Mazek » ou « Rill »

Des stries de 2 à 3 mm de largeur sont ouvertes tous les 3 à 7 jours. Les stries sont réalisées les unes après les autres dans le sens ascendant. Un stimulant à base d'acide chlorhydrique et d'acide sulfurique est appliqué sous forme de spray. Ce système, appelé « Mazek » ou « Rill » est



aussi utilisée en Inde.

Figure 7 : Récolte de résine par la méthode « Mazek » ou « Rill » (Dr Kulwant Rai Sharma, 2014)



1.3.3 Conditions de travail

En Indonésie, le métier de gemmeur est exercé en complément d'autres professions, la plupart du temps agricoles. Les travailleurs ne disposent pas de moyen de transport et vivent de façon permanente dans des maisons construites en bambou proches des forêts de production. Les gemmeurs sont rémunérés à la quantité de résine produite et gagnent entre 400 000 et 500 000 IDR/mois (25 à 30 €/mois) (International Labour Organization, 2010). Ce revenu est inférieur aux salaires minimaux provinciaux de Java. Selon Perum-Perhutani, les conditions de travail difficiles associées à des bas revenus et une faible productivité (2,2 kg/arbre, 2,2 T/gemmeur/an) engendrent des difficultés à trouver de la main d'œuvre.

1.4 Gemmage en Europe

Le pic de production européen a été atteint en 1965 avec 250 000 tonnes de résine produites. Depuis, la production a progressivement diminué à cause du manque de compétitivité avec la colophane produite à l'étranger et les substituts pétroliers. Dans les années 1990, la production européenne de résine a presque cessé. Aujourd'hui, un changement de situation du marché international de la résine semble permettre une relance de la filière en Espagne, au Portugal et en France.

1.4.1 Contexte français

1.4.1.1 Description de la zone de production

En France, le pin maritime est la seule essence actuellement utilisée pour la récolte de résine. Le gemmage existe en France depuis l'époque gallo-romaine mais la phase industrielle débuta au cours du XVII^{ème} siècle. L'essor du gemmage a eu lieu dans les landes à partir du XIX^{ème} siècle avec les plantations massives qui ont eu lieu dans les landes de Gascogne. Le 23 octobre 1920, le gouvernement français interdit les exportations de résine (Bussy, 1971). De ce fait, les pays



voisins (Portugal et Espagne) développent la production de résine. En 1937, environ 100 000 L de résine sont produits dans les landes (Document du Service Economique des Bois de la Direction générale des Eaux et Forêts). La production de gemme française a décliné à partir des années 1960 et a totalement disparu en forêt landaise en 1990.

De 2011 à 2014, la société Holiste a mené une étude sur la faisabilité du gemmage en Aquitaine. Depuis, l'entreprise a démarré une nouvelle activité de collecte de résine dans le but principal de produire de l'essence de térébenthine. En 2018, sa production de gemme a été de 45 tonnes.

1.4.1.2 Technique de production

Par la méthode « BioGemme® », chaque arbre est gemmé durant 4 à 5 années consécutives. 2 cares sont ouvertes toutes les 2 à 3 semaines dans le sens ascendant jusqu'à atteindre une hauteur d'environ 2 m. Les cares sont réalisées à la perceuse jusqu'à une profondeur atteignant le xylème secondaire. La gemme est récoltée en vase clos pour limiter les impuretés et augmenter le taux de térébenthine (35 %).



1.4.1.3 Conditions de travail

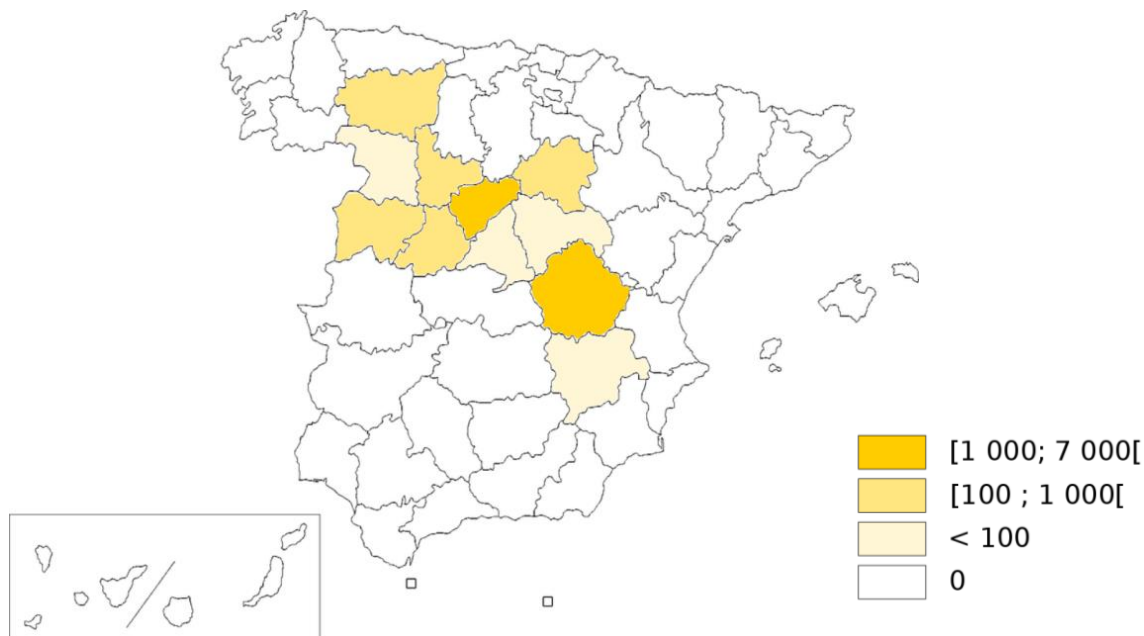
L'entreprise Holiste n'emploie pas de gemmeurs salariés. Les gemmeurs sont des autoentrepreneurs saisonniers. Le gemmage comme seule activité ne permet pas d'assurer un revenu suffisant pour une année entière mais permet une rémunération de mai à septembre, période de gemmage. Un gemmeur est en mesure de collecter 4500 arbres au cours d'une saison de production, produisant en moyenne 3 kg/arbre.



1.4.2 Contexte espagnol

1.4.2.1 Description de la zone de production

Figure 8 : Production de gomme en Espagne par province en 2013 (kg/an) (Source : Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal)



En Espagne, le gemmage a commencé durant la seconde moitié du XIX^{ème} siècle. Au départ, la résine était collectée sur les *Pinus nigra* puis sur les *Pinus pinaster*, *Pinus pinea* et *Pinus halepensis* (Serrada, 2002). Depuis 1929, seuls les *Pinus pinaster* ssp. *mesogeensis* et *Pinus pinaster* ssp. *atlantica* sont gemmés. A une époque, la surface collectée a atteint 270 000 ha, dont une part importante dans les provinces de Segovia, Avila et Valladolid (Abreu, 1985). Le manque de compétitivité de la résine de pin espagnole avec les dérivés du pétrole et la résine étrangère ont entraîné le déclin de la production à partir des années 1980. Il faudra attendre la dernière décennie pour observer une augmentation de la production de résine en Espagne.

1.4.2.2 Technique de production

Le système utilisé en Espagne est nommé « Pica de corteza », semblable au système américain. Une care horizontale est agrandie toutes les 2 à 3 semaines et un stimulant à base d'acide sulfurique est appliqué. Après l'ouverture d'une première care d'une largeur maximale de 12 cm, les suivantes sont réalisées dans le sens ascendant en retirant uniquement l'écorce et le phloème.



Figure 9 : Récolte de résine par la méthode « Pica de corteza » (Montes, 2005)



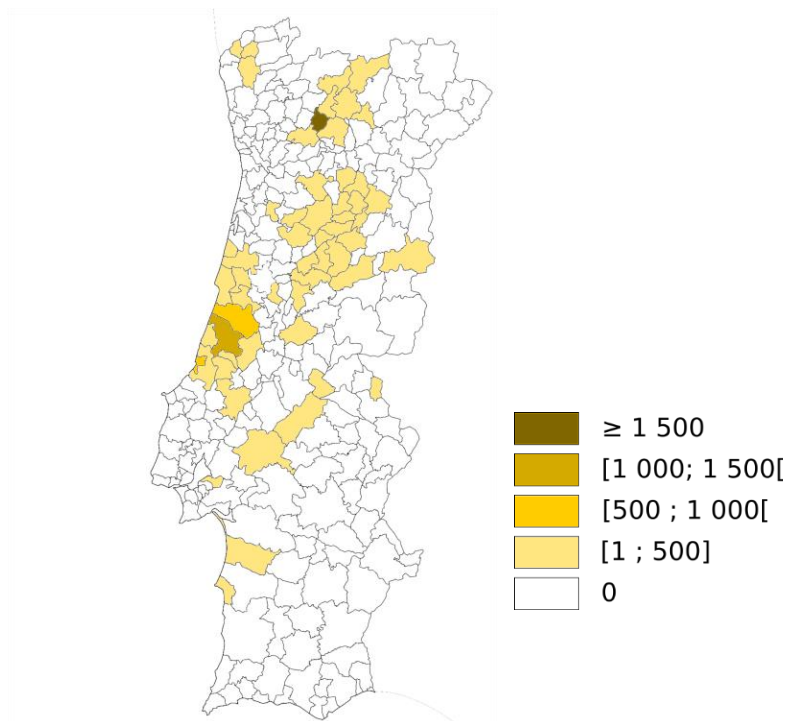
1.4.2.3 Conditions de travail

On estime qu'il y a actuellement 1600 gemmeurs consacrés à temps plein à la récolte de résine en Espagne (Corralo, 2017), produisant environ 12 000 T de résine chaque année (Hernández, 2015). Un gemmeur est en mesure de collecter 7000 arbres/an produisant chacun en moyenne 2 kg/an en Castille-et-Léon, principale région productrice. Les gemmeurs sont des travailleurs indépendants.

1.4.3 Contexte portugais

1.4.3.1 Description de la zone de production

Figure 10 : Production de gomme au Portugal par commune en 2017 (kg/an) (Divisão de Apoio à Produção Florestal e Valorização de Recursos Silvestres , 2018)



Au Portugal, le gemmage a débuté en 1857 avec la méthode dite « portugaise ». Des entailles très profondes étaient alors formées dans le tronc. Deux ans plus tard est construite la première usine de distillation qui permet en 1871 de distiller 295 000 kg de résine collectée sur 276 000 arbres. Dans les années 1920, le système de gemmage portugais est remplacé par le système français (Hugues). Les cares sont moins profondes et produisent davantage de résine. Le secteur de la résine connaît une croissance rapide et occupe une place importante dans le marché mondial. Dans les années 1930, des plantations à grande échelle de pin maritime permettent l'augmentation des exportations de résine. En 1950, le système français est remplacé par le système américain permettant de préserver le bois du tronc. En même temps, on généralise l'utilisation de l'acide sulfurique pour activer les cares. En 1975, le Portugal devient le 2^{ème} exportateur mondial de résine avec une production de 170 000 Tonnes. Par la suite, la production de résine diminue à cause de la concurrence internationale.

Aujourd'hui, les principales zones productrices de résine sont localisées sur le littoral de la région Centre (Leiria et Coimbra) et à l'intérieur des régions Centre et Nord. L'essence principalement gemmée est le pin maritime (*Pinus pinaster*) présent sur 714 000 ha, et dans une moindre mesure le pin pignon (*Pinus pinea*) présent sur 176 000 ha.

1.4.3.2 Technique de production

Figure 11 : Application d'activant sur une care fraîchement ouverte dans un peuplement gemmé à vie au Portugal



La technique de collecte employée correspond à la méthode américaine, également pratiquée en Espagne. Toutefois, le gemmage est encadré par la loi au travers de certaines règles concernant par exemple la taille des cares, leur profondeur et leur hauteur maximale. Lors du gemmage à mort, les cares doivent être réalisées à une distance horizontale minimale de 8 cm. Le plus fréquemment, les cares sont ouvertes progressivement dans le sens ascendant.



1.4.3.3 Conditions de travail

La production de résine a diminué jusqu'en 2008 avant de connaître un nouvel essor. En 2015, il y avait environ 500 gemmeurs au Portugal (Barbosa, 2015). La production, en augmentation, a été de 8000 tonnes en 2017. Un gemmeur est en mesure de collecter environ 6000 arbres/an produisant chacun en moyenne 2,2 kg/an.

1.5 Aperçu du gemmage dans les autres pays producteurs

1.5.1 Inde

L'Inde a produit de la résine durant de nombreuses années. Des forêts naturelles et plus récemment plantées de *Pinus roxburghii* ont été utilisées pour le gemmage dans les états de Jammu, Kashmir, Uttar Pradesh et Himachal Pradesh, au nord du pays. Le *Pinus wallichiana* pousse à des altitudes plus élevées mais son faible rendement en résine fait qu'il est peu utilisé. La production de résine a atteint son maximum en 1975 avec 75 000 T produites. La production a ensuite régulièrement diminué jusqu'aux années 1990. En 2016, 23 000 T de résine ont été produites par l'Inde. La principale raison du déclin de la production indienne a été le manque d'arbres mobilisables pour le gemmage. Certains arbres ayant atteint la fin de leur cycle de production n'ont pas été remplacés, et d'autres ont subi des dommages causés par des méthodes de gemmage mal appliquées. En même temps la demande de l'industrie indienne en résine a crû et le pays est devenu importateur. En 2015, l'Inde importait 25 600 T de résine. La technique utilisée pour le gemmage en Inde est similaire à celle utilisée en Indonésie, c'est-à-dire le système « Mazek » ou « Rill ».

1.6 Vietnam

Pendant longtemps, la production de résine au Vietnam s'est maintenue à un faible niveau. En 1996, le Vietnam produisait 2500 tonnes de résine à partir de *Pinus merkusii*. L'ouverture de ce pays aux entrepreneurs étrangers a engendré une importante augmentation de la production au cours de la dernière décennie. En 2016, 30 000 T de résine ont été produites.

1.6.1 Argentine

La majeure partie de la production de résine d'Argentine provient de plantations de *Pinus elliotii* gemmées dans les provinces de Corrientes, Entre Rios et Misiones, au nord-est du pays. L'Argentine produisait approximativement 21 000 T de colophane en 1993. Sa production a ensuite beaucoup diminué, probablement en raison de la concurrence chinoise, pour atteindre 9 000 T en 2007. La production a ensuite à nouveau augmenté pour atteindre le niveau de 25 000 T en 2016.

La technique utilisée pour la collecte de résine en Argentine correspond au système « Américain », également employé au Brésil.

1.6.2 Mexique

Bien que des espèces mélangées de pin soient gemmées au Mexique, la principale espèce présente est le *Pinus oocarpa*. La production est concentrée dans les états de Michoacán, Jalisco et Mexico. Au début des années 1980, la production de résine atteignait 60 000 T/an. Celle-ci a chuté jusqu'à atteindre 16 000 T en 2007. Comme en Argentine, la production a ensuite augmenté pour atteindre 25 000 T en 2016.



1.7 Autres sources de production de résine

Au début du XX^{ème} siècle, le gemmage était le mode dominant, et la plupart le seul moyen d'obtenir de la colophane et de la térébenthine. Le déracinement des arbres et l'extraction des s se sont développés dans de grandes régions telles que les États-Unis et l'Union Soviétique. Les souches sont laissées en terre durant une dizaine d'année après l'exploitation. Pendant cette période, l'écorce et l'aubier se décomposent et le duramen riche en résine demeure. La résine est ensuite extraite des souches de résineux ramassées. (Benedek, 2006)

La récupération de l'huile de tall et de sulfate de térébenthine comme sous-produits de la fabrication des pâtes chimiques (procédé Kraft) à partir du bois de pin a également commencé durant les années 1950. L'huile de tall a tendance à cristalliser mais hautement distillée, elle permet de produire des esters qui sont compétitifs avec les dérivés de la colophane issue du gemmage et celle issue des souches d'arbres.

Enfin, les résines d'hydrocarbures sont produites à partir de matière première issue du pétrole soit aliphatique (C5), aromatique (C9), DCPD (dicyclopentadiène), ou un mélange de ces matières premières. Les résines d'hydrocarbures couvrent l'ensemble des utilisations de l'huile de tall et de la gemme.

2 Marché mondial de la résine et scénarios pour l'avenir

Les contextes de production de résine sont très différents d'un pays producteur à l'autre, présentant certains avantages ou inconvénients. Il en résulte une importante hétérogénéité dans les coûts de production qu'il est indispensable de prendre en compte. En complément, l'étude du marché international permet de connaître les facteurs influençant le prix de la résine pour estimer les potentialités de production européennes qui en dépendent en partie.

2.1 Évolution de l'offre et de la demande mondiale

2.1.1 Demande en résine de pin

Des pays traditionnellement producteurs tels que l'Espagne et le Portugal ont vu leur capacité de production diminuer à partir des années 1960. Comme ces pays disposaient déjà d'une infrastructure de traitement de la résine, devenue alors excédentaire, il leur était souhaitable de trouver des sources externes de résine brute. Par conséquent, la vente de résine brute a par la suite augmenté, permettant ainsi aux pays excédentaires en production d'avoir des revenus supplémentaires sans investissement important en infrastructure de traitement. Une fois les demandes intérieures satisfaites, il était parfois plus rentable pour les nouveaux pays producteurs d'exporter la résine brute que d'exporter des produits transformés.

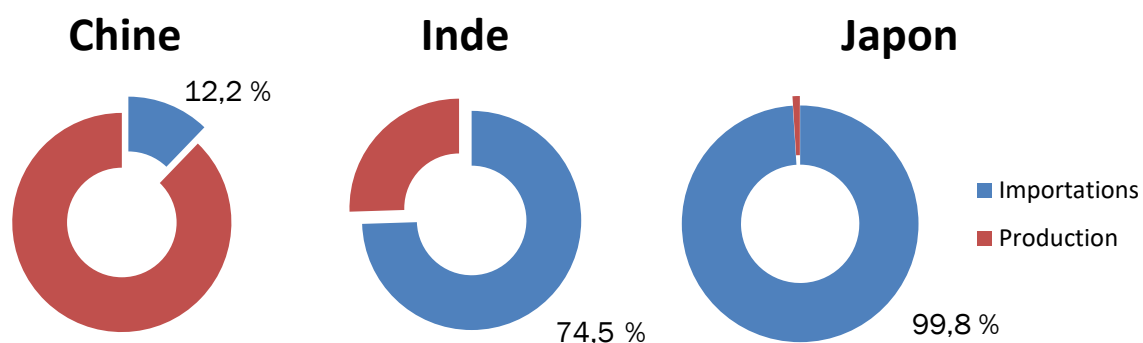
Quasiment tous les pays non-producteurs et une partie des producteurs importent des produits issus de la résine de pin. Les principaux importateurs mondiaux sont situés sur les continents européen et asiatique. Le tableau suivant est un classement des pays par la quantité de colophane importée en 2015 :



Tableau 3 : Principaux importateurs de colophane dans le monde et quantités importées en 2015 (en Tonnes) (Pine Tapping World)

Japon	34 300
Pays-Bas	29 500
Portugal	26 100
Inde	25 600
Taiwan	12 600
Belgique	11 500
USA	11 300
Espagne	11 100
Corée	10 100

À cette date, la Chine était encore auto-suffisante en résine de pin. Après 2016, elle est devenue importatrice de produits issus de la résine de pin et en 2017, le pays a importé 12,2 % de la colophane consommée.

Figure 12 : Proportion de colophane importée par rapport à la consommation dans les trois principaux pays importateurs d'Asie (Source : Future Market Insights, 2018)

Une part importante des importations de colophane se concentre en Europe de l'Ouest :

Tableau 4 : Principaux importateurs de colophane en Europe et quantités importées en 2015 (en Tonnes) (Pine Tapping World)

Pays-Bas	29 500
Portugal	26 100
Belgique	11 500
Espagne	11 100
Allemagne	5 000
France	4 900
Italie	1 800
Grèce	1 000
Pologne	800



Aujourd'hui, la demande industrielle européenne en produits issus de la résine est estimée à 300 000 tonnes par an. La demande croissante en matériaux biosourcés de la part de multiples industries de produits finis est l'un des principaux facteurs qui alimentent les investissements dans la résine de pin. Dans les années à venir, la demande en colophane pour la fabrication d'encre d'imprimerie et d'adhésifs restera certainement soutenue, dépassant au total 400 000 tonnes en 2019. La demande en colophane et en térébenthine pour la fabrication de peintures et de revêtements devrait quant à elle significativement augmenter.

2.1.2 Offre en résine et en produits dérivés

La production mondiale de produits dérivés de la résine a atteint son maximum en 2007. La production de colophane était alors de 1 050 000 T et celle de térébenthine de 170 000 T. Actuellement, l'activité du gemmage se concentre dans trois pays : la Chine, le Brésil et l'Indonésie. En 2009, ces trois pays produisaient 90 % de la résine mondiale. En 2016, ils en produisaient 80 % :

Tableau 5 : Estimation de la production mondiale de colophane (kT/ an) (Sources : Song Lifeng, Rosineb, Michel Baumassy from PineTappingWorld)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Chine	794	555	569	599	772	697	555	615	490	360
Brésil	78	67	67	69	70	70	75	82	95	115
Indonésie	56	55	55	52	52	52	50	50	50	50
Vietnam					15	30	25	27	30	30
Argentine	9	9	9	11	13	22	23	23	25	25
Mexique	16	16	16	22	22	22	22	24	25	25
Inde	35	35	35	33	31	30	28	28	27	23
Autres	17	17	13	15	17	21	22	20	23	22
TOTAL	1 037	754	772	818	992	944	800	869	765	650

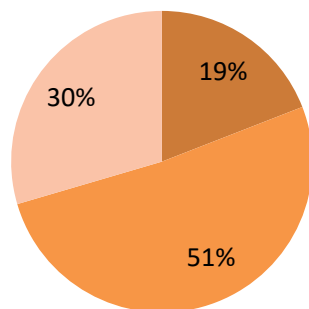
Avec une production annuelle de 15 000 T de résine, l'Europe ne participe qu'à 2,3 % de la production mondiale de résine de pin.

Le marché de la résine de pin est lié à celui de la résine produite à partir d'hydrocarbures car certaines utilisations de ces produits sont similaires. Ainsi, la diminution de la production globale de résine de pin a entraîné une augmentation de la production de résine issue d'hydrocarbures au cours des 10 dernières années (Pine Tapping World). Le diagramme ci-dessous représente la répartition de la production globale de résine par origine en 2016 :



Figure 13 : Répartition de la production globale de résine par origine en 2016 (Pine Tapping World)

■ Forêts de pin ■ Hydrocarbures ■ Huile de tall



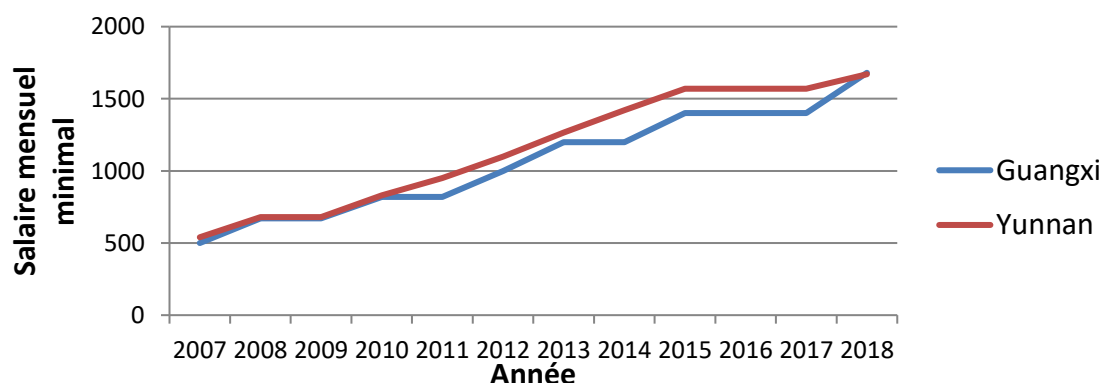
Les résines dérivées des hydrocarbures représentent une production mondiale annuelle de 1 130 000 T. Cette production élevée influence le prix des autres dérivés et génère une grande instabilité due à la variabilité du prix du pétrole.

Figure 14 : Cours du baril de pétrole en dollars US sur la période 2000-2018 (PRIXDUBARIL.com)



En Chine et en Indonésie, la production de résine est en déclin en raison de la faible productivité des méthodes utilisées associée à l'augmentation rapides des salaires. Le graphique ci-dessous représente l'évolution des salaires mensuels minimaux dans les deux principales régions productrices de résine en Chine : Guangxi et Yunnan. Dans ces régions, le salaire a doublé au cours des 10 dernières années :

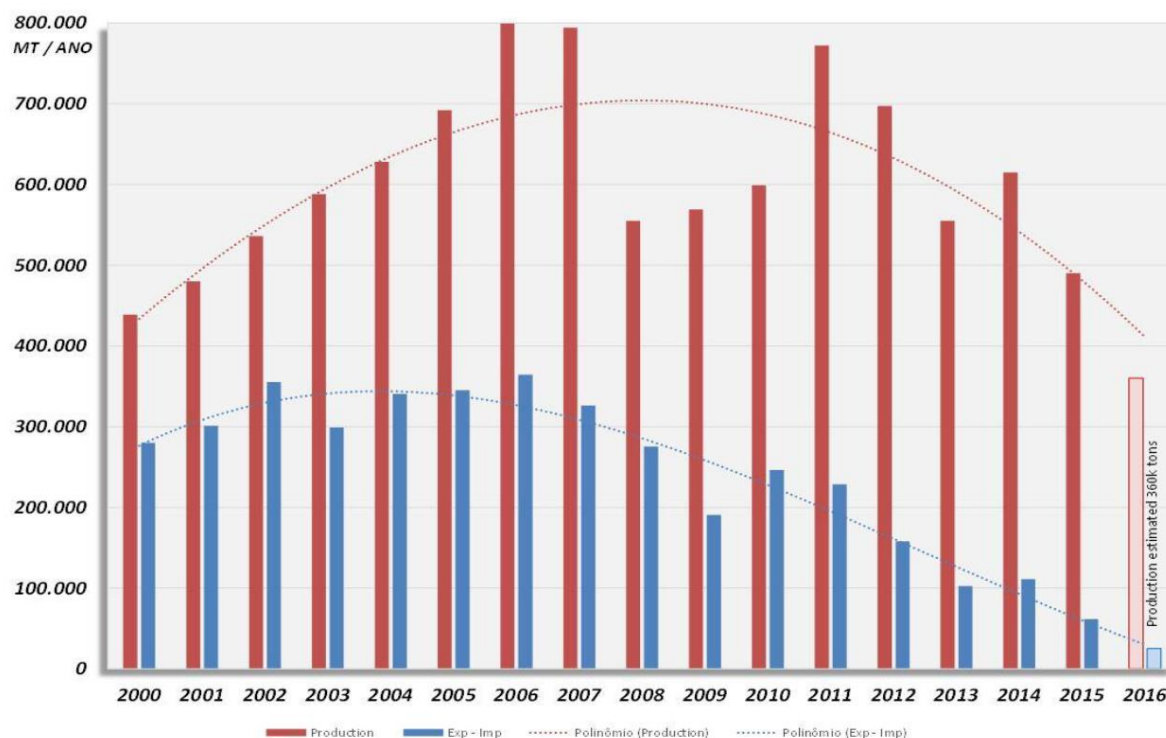
Figure 15 : Évolution du salaire mensuel minimal dans les deux principales régions productrices de résine en Chine (CEIC)



Ces provinces connaissent d'importants bouleversements socio-économiques qui entraînent un exode des populations rurales vers des emplois mieux rémunérés et plus attractifs dans les grandes villes.

Le déclin de la production de résine en Chine, associé à une consommation importante de cette matière première par le pays, a entraîné une diminution des exportations depuis 2006. En 2016, la balance commerciale s'est inversée et la Chine est actuellement importatrice de résine :

Figure 16 : Évolution de la production de colophane et de la balance commerciale en Chine (Exportations – Importations) (Source : China National Chemical Information Center from PineTappingWorld)



Les forêts chinoises ont subi une surexploitation qui a donné lieu à de nouveaux mouvements de conservation des ressources forestières. Ceux-ci ont entraîné une diminution des ressources disponibles pour le gemmage.

Il existe d'importantes différences d'évolution de la production de résine à travers les provinces chinoises. La province de Guangxi est celle qui produit actuellement le plus de résine et qui maintient son niveau de production. Globalement, les autres provinces voient leur production de résine diminuer, notamment celle de Yunnan qui a chuté de 60 % au cours des quatre dernières années.



Tableau 6 : Production de colophane par an et par province en Chine (milliers de T/an) (Sources : AR Eldorado, Song Lifeng, Nanjing & Eric Wang, Zhao Mingui, ROSINNET, Rosineb from PineTappingWorld)

	Province							Total
	Guangxi	Yunnan	Jiangxi	Guandgong	Fujian	Hubei	Autres	
2000	170	41	24	125	47	8	24	439
2001	200	44	25	130	46	8	27	480
2002	246	53	27	126	38	12	34	536
2003	260	65	30	140	35	15	43	628
2004	270	70	40	145	45	15	43	692
2005	280	75	72	155	52	15	43	804
2006	300	112	85	164	55	20	68	794
2007	260	90	100	165	55	30	94	555
2008	180	100	37	95	39	36	68	569
2009	160	146	50	80	32	50	51	599
2010	160	168	57	83	49	30	52	772
2011	210	230	75	101	62	25	69	697
2012	190	180	84	100	54	28	61	555
2013	190	130	65	60	35	20	55	615
2014	210	140	75	75	50	22	43	490
2015	180	90	68	62	42	15	33	370

Autres : Anhui, Guizhou, Hunan, Sichuan, Hainan, Shanxi, Chongqing et Zhejiang

Compte-tenu de la place qu'occupe la Chine dans la production mondiale de résine et de l'importante baisse de ses exportations, ce pays est le premier responsable des fluctuations du marché. La production chinoise de colophane a chuté de 55 % en 10 ans, entraînant une baisse de 37 % de la production mondiale.

La disponibilité forestière et la relative efficacité des méthodes de production utilisées au Brésil permettent l'augmentation de la production dans ce pays. Aujourd'hui, l'accroissement de la production résinière du Brésil est limité uniquement par la disponibilité de la main d'œuvre. Pour cette raison, des recherches sur l'amélioration des rendements et l'utilisation d'autres essence que le *Pinus massoniana* sont en cours en Amérique du Sud, continent où se trouvent désormais les principaux concurrents pour l'Europe sur le marché international de la résine. Etant donné les niveaux de production de l'Europe, celle-ci n'a pas d'incidence sur le marché international. Néanmoins, les possibilités de production européennes dépendent de ce marché.

2.1.3 Coûts de production de la résine

Le coût de production de la résine de pin varie grandement d'un pays à l'autre en fonction des conditions stationnelles, du rendement par personne, de la durée de la saison de production, et du coût de la main d'œuvre :



Tableau 7 : Estimation des coûts de production de la résine dans le monde (sources : Alejandro Cunningham (Cunningham A. , Advocating for a sustainable pine tapping practice, 2014), Hollste, Cese-for, Organisation Mondiale du Travail), *Resipinus*)

Pays	Type de forêt principal	Densité des peuplements (arbres/ha)	Durée de la saison de production (mois/an)	Nombre d'arbre gemmés par personne par an (arbres/personne/an)	Rendement en résine par arbre (kg/arbre/an)	Coût de la main d'œuvre (€/mois)
Indonésie	Plantée	350	9	1 000	2,2	30
Brésil	Plantée	1 100	10	8 500	3,8	557
Argentine	Plantée	1 100	8	4 000	3,6	412
Portugal	Naturelle gérée	200	7	6 000	2,2	700
Castille-et-León	Naturelle gérée	200	8,5	7 000	2,0	1 275
France	Naturelle gérée	280	4	4 500	3,2	1 588*
Chine	Naturelle	300	6	1 750	2,0	456

*Cette information n'a pas pu être obtenue. A défaut, le salaire minimum (SMIC) brut a été utilisé.

Pays	Productivité annuelle (T/personne/an)	Productivité par hectare (kg/ha/an)	Surface gemmée par personne (ha/personne/an)	Productivité horaire (kg/personne/heure)	Coût de production (€/T)
Indonésie	2	770	2,9	1,4	164
Brésil	32	4 180	7,7	18,4	207
Argentine	14	3 960	3,6	10,2	343
Portugal	13	440	30,0	10,7	636
Castille-et-León	14	400	35,0	9,4	1 093
France	14	896	16,1	20,5	1 323
Chine	4	600	5,8	3,3	1 563



Les systèmes de production de résine utilisés en Indonésie sont peu efficaces. Les rendements par personne (1000 arbres/personne/an) et par arbre (2 kg/arbre/an) sont faibles. Un coût de main d'œuvre extrêmement faible (salaire d'environ 30 €/mois) permet d'assurer la rentabilité de la production.

Le Brésil dispose d'une forêt plantée dense et vaste. Avec une productivité par arbre élevée (3,8 kg/arbre/an), un bon rendement de collecte (8500 arbres/personne/an) et un coût de main d'œuvre relativement bas (salaire d'environ 557 €/mois), le coût de production de la résine au Brésil est très faible (207 €/T). Les potentialités d'accroissement de la production de ce pays sont importantes compte-tenu de la disponibilité en ressource forestière et en main d'œuvre.

L'Argentine bénéficie de conditions de production équivalentes à celles du Brésil mais son plus faible niveau de technicité limite le rendement par personne (4000 arbres/personne/an). Le coût de production de la résine y est plus élevé qu'au Brésil (343 euros/T) malgré un coût de main d'œuvre plus faible (salaire d'environ 412 €/mois).

Dans la région espagnole de Castille-et-Léon, le rendement moyen en résine par arbre est faible (2kg/arbre) et le coût de la main d'œuvre est élevé (salaire d'environ 1275 €/mois). Une amélioration des techniques de production permettrait de diminuer le coût de production.

Les conditions de production du Portugal sont sensiblement les mêmes qu'en Espagne mais un coût de main d'œuvre plus faible (salaire d'environ 700 €/mois) permet un coût de production 40 % plus faible qu'en Espagne (636 €/T).

En France, la technique de gemmage utilisée est très efficace. Un gemmeur est en mesure de récolter 14 tonnes de gomme en 4 mois d'activité. Le coût de production est maintenu élevé en raison de l'important coût de la main d'œuvre (coût avec charges patronales de 1588 €/mois).

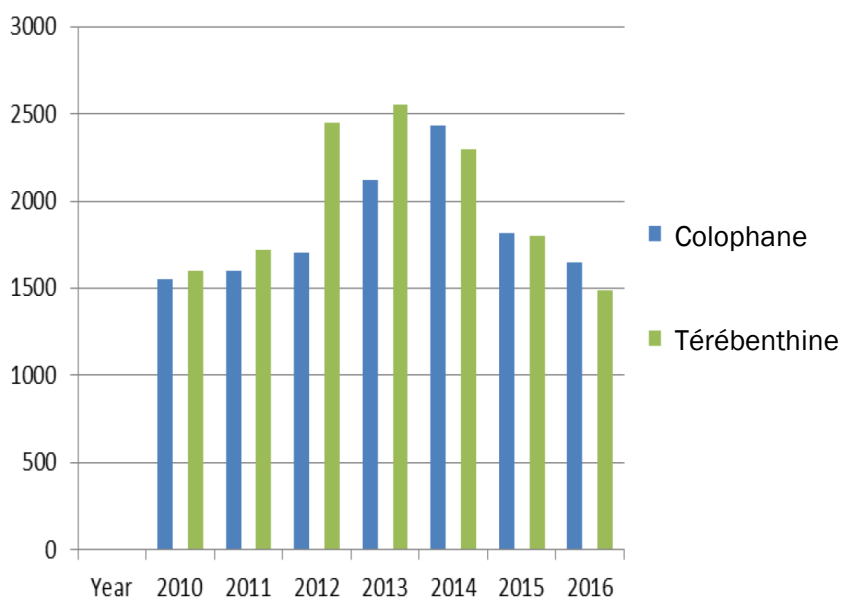
La faible efficacité du système de production chinois (1750 arbres/personne/an, 2 kg/arbre/an) associée à un coût de main d'œuvre de plus en plus élevé engendre une augmentation du coût de production (1563 €/T en 2014).

2.2 Tendances d'évolution du prix de la résine importée en Europe

Le prix de la colophane et de la térébenthine sont liés entre eux, variant en fonction du prix de la résine brute :

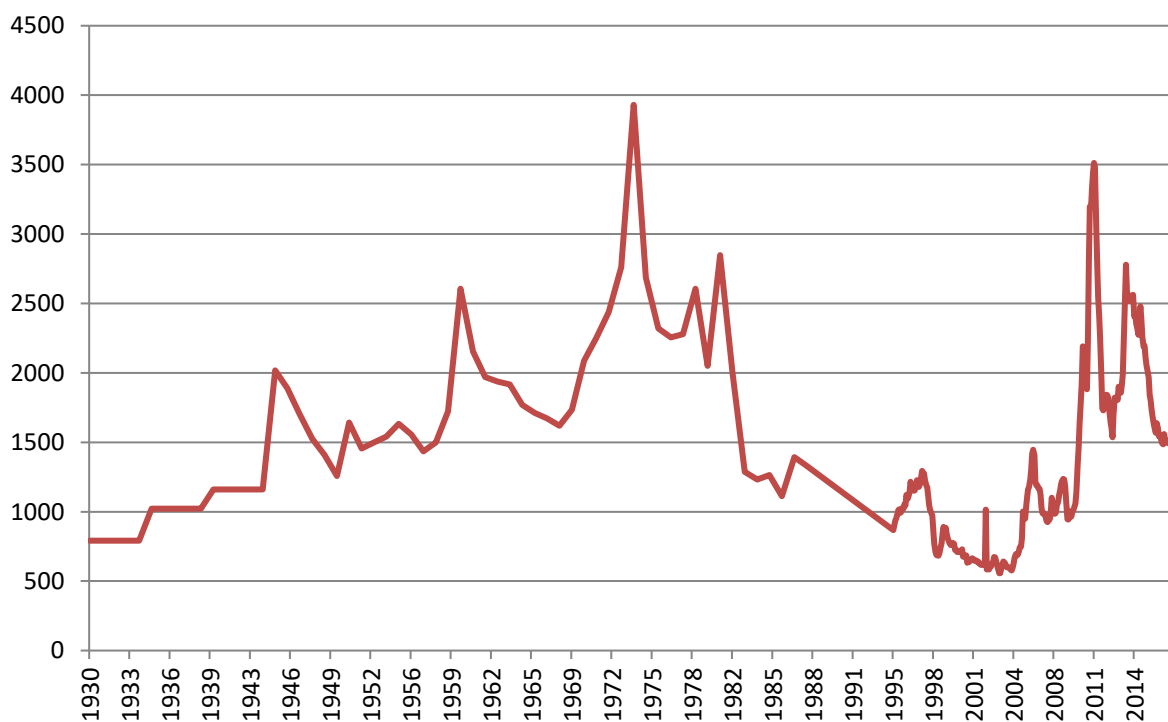


Figure 17 : Prix de la colophane et de la térébenthine (USD/T) (Keijo A. Ukkonen)



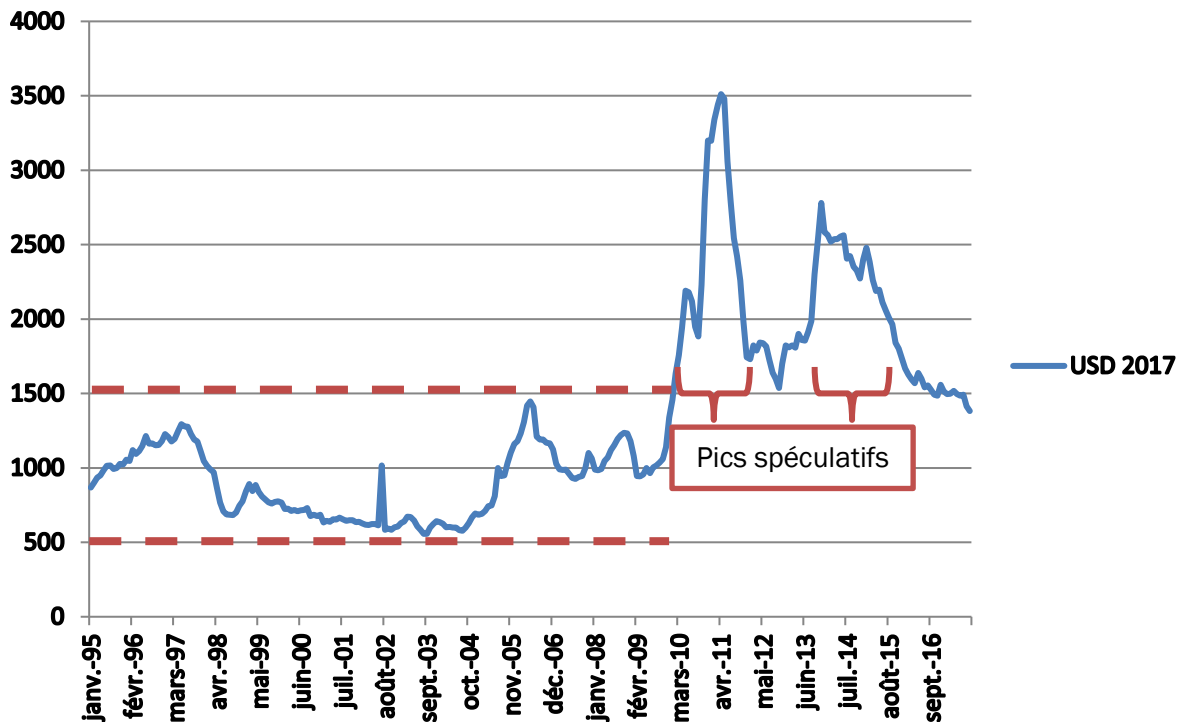
L'observation du marché de la colophane sur une longue période permet donc d'apprécier l'importance des changements qui ont eu lieu pour le marché de la résine au cours de la dernière décennie :

Figure 18 : Évolution du prix de la colophane sur la période 1930 - 2017 (USD constant 2017) (Source : PineTappingWorld)



Le marché de la colophane a toujours connu des fluctuations mais des changements importants et rapides ont eu lieu au cours des dix dernières années. Le graphique ci-dessous représente l'évolution du prix de la colophane depuis 1995 :

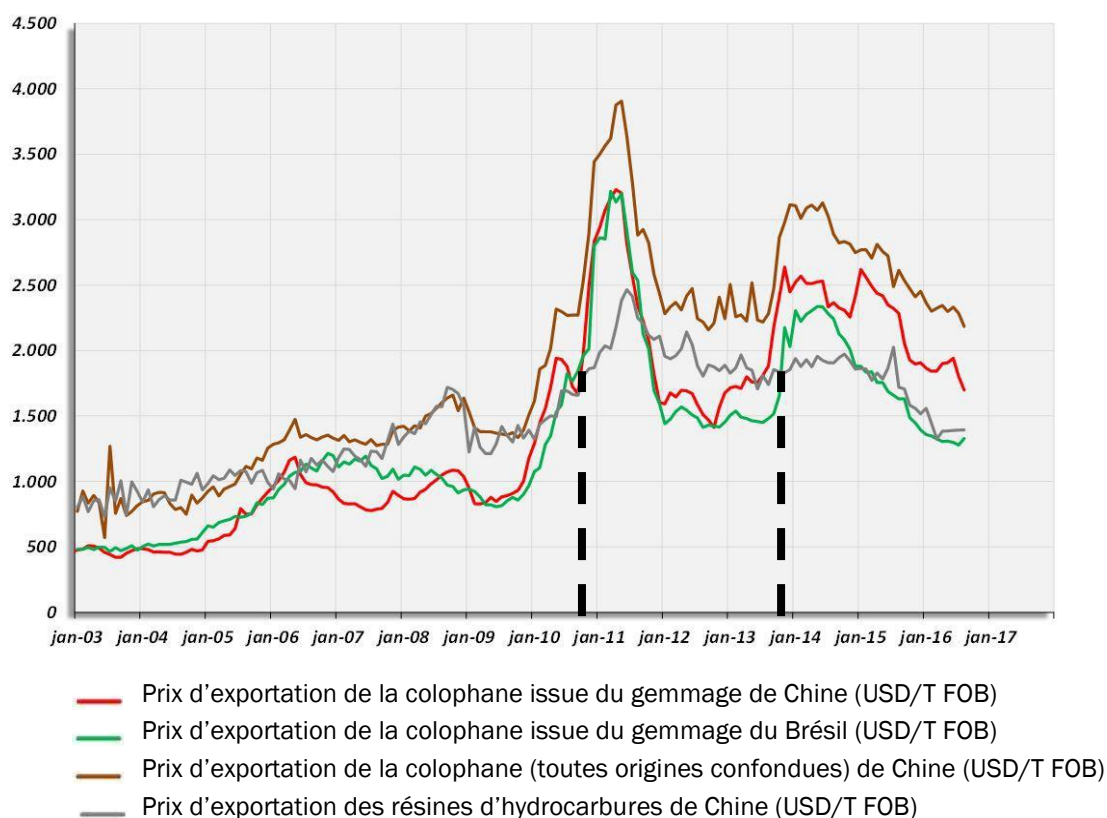
Figure 19 : Évolution du prix de la colophane sur la période septembre 1998 – septembre 2017 (USD constant 2017)
(Source : PineTappingWorld)



Sur la période janvier 1995 – novembre 2009, le prix de vente de la colophane est resté relativement stable. Celui-ci était compris entre 557 USD et 1446 USD. En 2010, des spéculations couplées à une baisse de production de résine en Chine ont entraîné une envolée des prix. En septembre 2010, le prix de la colophane de pin a dépassé celui de la résine produite à partir d'hydrocarbures. Le même phénomène s'est à nouveau produit en juin 2014.

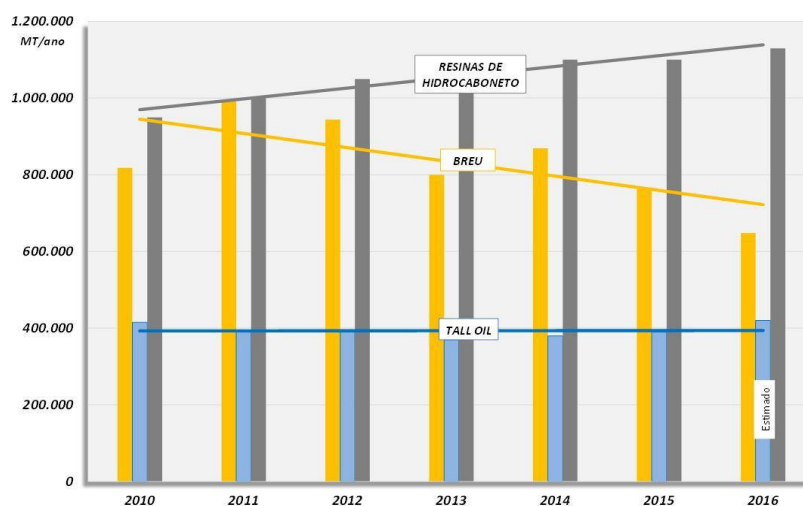


Figure 20 : Évolution du prix de la colophane en Chine et au Brésil sur la période 2003-2017 (Cunningham A. , 2016)



L'instabilité des prix de la résine végétale entraîne une augmentation de la production de résine d'hydrocarbures. Progressivement, on observe une substitution de la colophane de pin à de la résine produite à partir d'hydrocarbures, et plus récemment d'huile de tall :

Figure 21 : Production globale de colophane de pin (jaune), d'huile de tall (bleu) et de résines d'hydrocarbures (gris) sur la période 2010 - 2016 (Cunningham A. , 2016)



Aujourd'hui, l'huile de tall représente 39 % de la production mondiale de résines. L'Europe et les

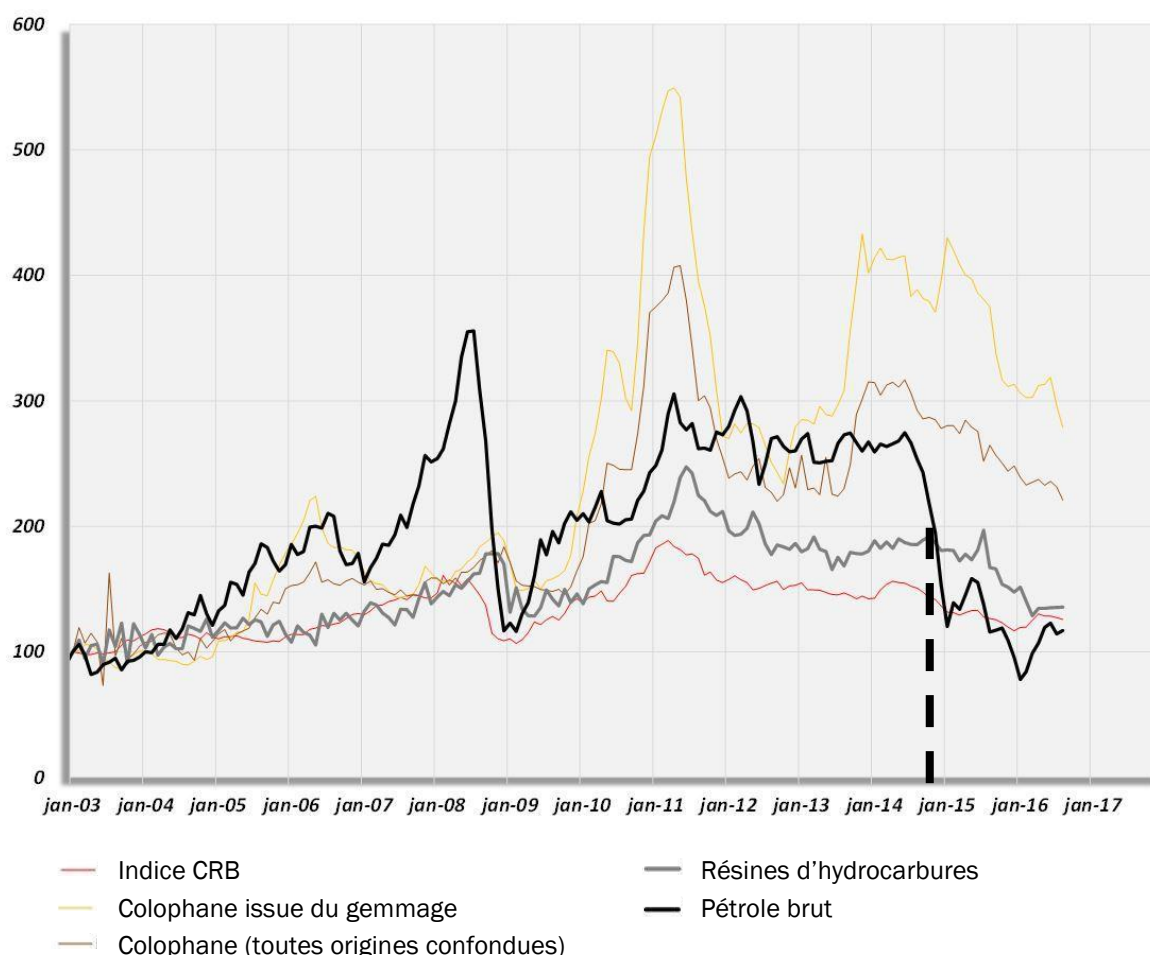
Colophane Huile de tall Résine d'hydrocarbures



États-Unis sont les principaux fournisseurs de cette huile, produisant respectivement 205 000 T/an et 180 000 T/an d'huile de tall.

Le phénomène de substitution de la colophane de pin à la résine produite à partir d'hydrocarbures a pu être accentué depuis 2015 par une baisse du cours de pétrole, celui-ci conditionnant le prix de la résine d'hydrocarbures :

Figure 22 : Comparaison avec un indice en base 100 en 2003 de l'évolution du prix du pétrole brut avec le prix des résines

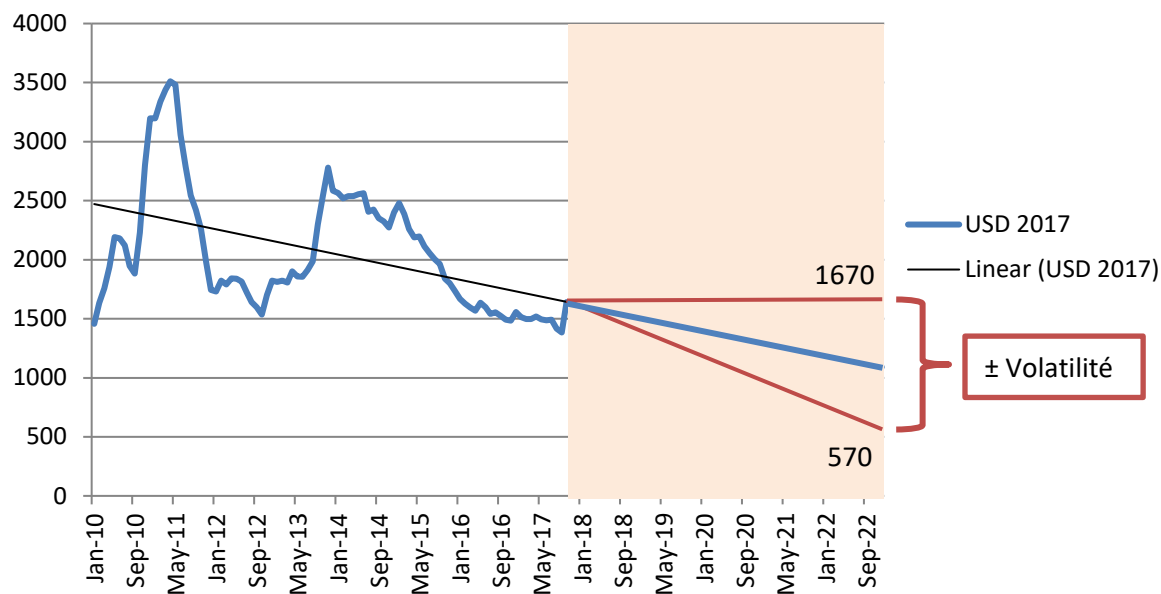


2.3 Scénarios d'évolution du prix de la résine

Compte-tenu des importantes variations de prix qui ont eu lieu en 2010, une première estimation de l'évolution future des prix de la colophane peut être faite à partir des prix observés depuis l'année 2010. Il peut être attendu que le prix de la colophane baisse après les croissances excessives liées à la spéculation. Le graphique ci-dessous représente une projection du prix de la colophane sur la période 2018 – 2022, d'après la courbe de régression linéaire obtenue à partir de l'évolution du prix depuis 2010. La plage d'incertitude indiquée correspond à la volatilité historique calculée à partir de 2010 et projetée sur 5 ans :



Figure 23 : Évolution du prix de la colophane sur la période 2010 – 2017 et prospective sur la période 2018 - 2022 (USD constant 2017)



Le prix de la colophane en septembre 2022 se situerait potentiellement dans la fourchette [570 : 1670] USD (régression linéaire $\pm$ volatilité historique calculée à partir de 2010). En outre, cette fourchette de valeurs correspond à celle de variation du prix sur la période antérieure (1995 – 2010).

L'observation de l'évolution passée des prix constitue une première méthode de prédiction de l'évolution future des prix de la colophane. Celle-ci doit être complétée par des éléments d'étude de marché.

En 2016, la balance commerciale de la Chine s'est inversée et le Brésil est devenu le principal exportateur de colophane dans le monde. Ce changement de situation modifie les modalités d'évolution du marché : les principaux facteurs qui influencent aujourd'hui le marché de la colophane en Europe sont les variations du prix du pétrole, l'augmentation de la production brésilienne et de la consommation chinoise.

Les tendances de consommation de la Chine sont difficiles à prévoir. Malgré tout, la croissance de l'industrialisation et de la consommation intérieure risquent de maintenir une demande importante en colophane importée. Il y a de fortes chances pour que cette demande maintienne les prix à un niveau élevé. Les prix dépendront également de la production du Brésil et de l'Indonésie, principaux pays exportateurs dans le monde. Le niveau de production en Indonésie a peu varié au cours de la dernière décennie et a même diminué. En revanche, le niveau de production du Brésil a augmenté de façon importante. Les projets d'amélioration des techniques de production au Brésil et la disponibilité forestière en feront certainement l'acteur majeur du marché international au cours des années à venir. Son influence demeurera néanmoins limitée par la disponibilité en main d'œuvre.



L'Europe ne pourra pas être concurrentielle sur les marchés mondiaux si ses coûts de production de la résine sont beaucoup plus élevés que ceux des principaux pays exportateurs que sont l'Indonésie et le Brésil. Les rendements en résine en Europe sont influencés par les conditions stationnelles et les variétés de pin mais surtout par la productivité de la main d'œuvre et les méthodes de collecte employées.

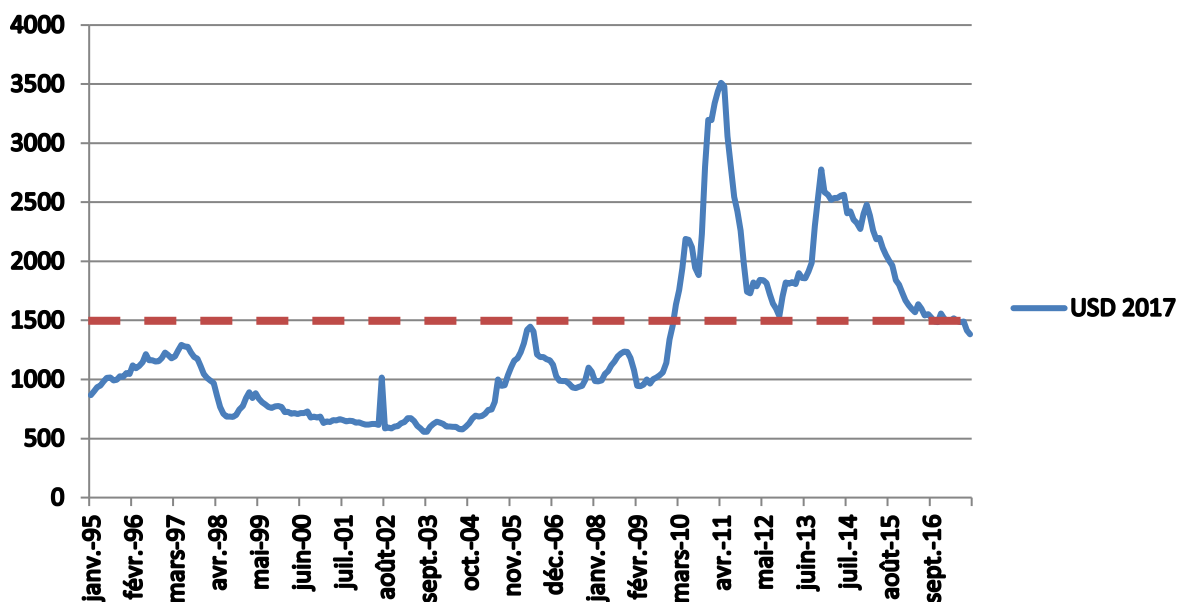
A partir de ces suppositions, plusieurs scénarios peuvent être envisagés.

2.3.1 Scénario le plus favorable au développement du gemmage en Europe

2.3.1.1 Évolution envisagée

Dans ce scénario, le prix de la colophane maintient son niveau actuel, existant après le déclin de la production chinoise. On suppose un prix de vente de la résine de **1670 USD/tonne**.

Figure 24 : Estimation du prix de la colophane dans le scénario le plus favorable à la production européenne (en rouge)



2.3.1.2 Facteurs possibles d'incidence sur le maintien du prix actuel

- Développement limité de la production de résine au Brésil ;
- Augmentation du prix du pétrole et par voie de conséquence, de celui de la résine produite à partir d'hydrocarbures ;
- Augmentation de la demande mondiale en résine, notamment par l'apparition de besoins importants en Chine.

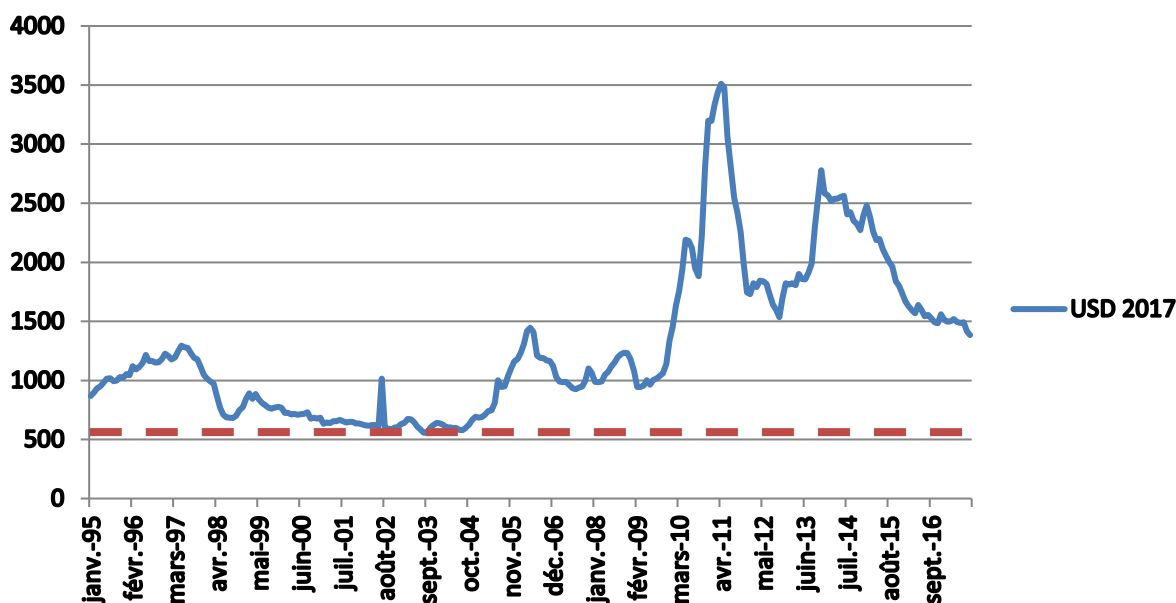


2.3.2 Scénario le plus défavorable au développement du gemmage en Europe

2.3.2.1 Évolution envisagée

Dans ce scénario, le prix de la colophane reprend sa valeur existante en 2003, lorsqu'il était au plus bas. On suppose un prix de vente de la colophane de **570 USD/tonne**.

Figure 25 : Estimation du prix de la colophane dans le scénario le plus défavorable à la production européenne (en rouge)



2.3.2.2 Facteurs possibles d'incidence sur la diminution du prix

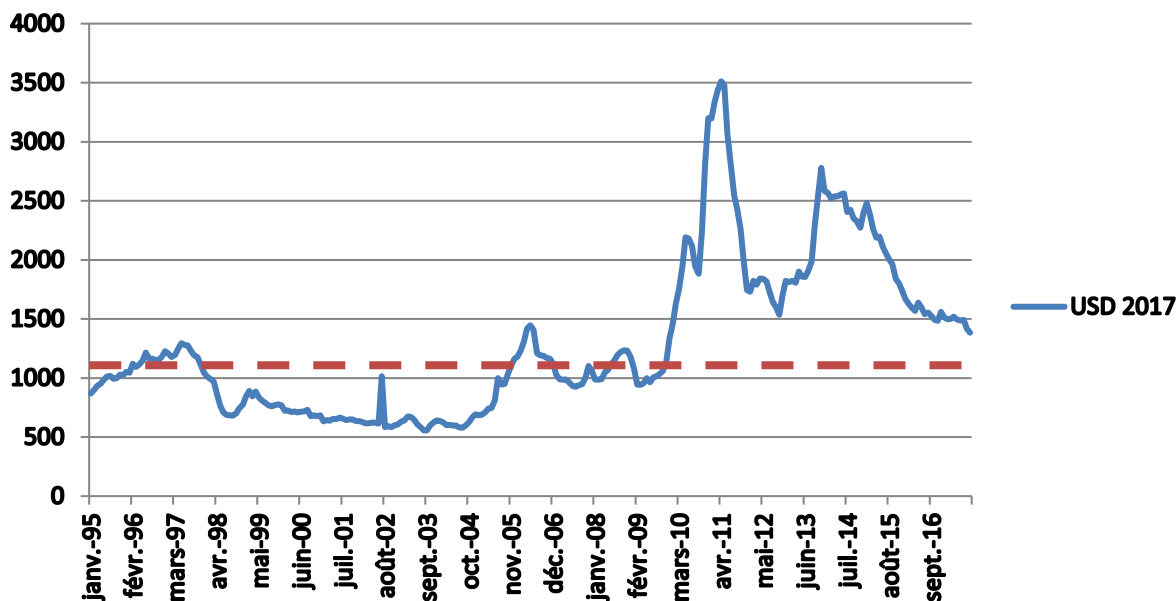
- Augmentation importante de la production à faible coût de résine au Brésil. Le Brésil, comme les autres principaux acteurs du marché de la colophane investissent en recherche et développement pour obtenir des volumes de production élevés et un meilleur rendement du capital investi.
- Diminution du prix du pétrole et de la résine d'hydrocarbures entraînant un gain d'intérêt pour cette autre matière première au détriment de la colophane de pin ;
- Limitation de la demande mondiale en résine par la chute de la production de produits issus de dérivés de la résine de pin en Chine ;



2.3.3 Scénario intermédiaire

Dans ce scénario, le prix de la colophane correspond à la moyenne des prix supposés dans les scénarios favorable et défavorable. On suppose un prix de vente de la colophane de **1120 USD/tonne**.

Figure 26 : Estimation du prix de la colophane dans un scénario intermédiaire



2.3.4 Calcul du prix de la résine

Il est possible de donner une estimation du prix de la résine brute à partir du prix de la colophane en retranchant le coût de transformation. En Espagne, la résine est achetée au gemmeur à un prix variant entre 0,95 €/kg et 1,05 €/kg. La colophane est ensuite vendue par le transformateur à un prix compris entre 1,15 €/kg et 1,25 €/kg (S. Ortuño Perez, 2013). On peut donc supposer que le coût de transformation de la résine en Espagne est de l'ordre de 0,20 €/kg. En convertissant la devise utilisée en euro courant et en prenant en compte cette estimation du coût de transformation, les prix suivants sont obtenus pour chacun des scénarios :

Tableau 8 : Estimation du prix de la résine en fonction du coût de transformation en Espagne

	Prix de la colophane (USD 2017)	Prix de la colophane (USD courant)	Prix de la colophane (€ courant)	Prix de la résine (€ courant)
Scénario favorable	1670	1715	1513	1347
Scénario intermédiaire	1120	1150	1015	903
Scénario défavorable	570	585	516	459

L'estimation du prix de la résine peut être adaptée de cette façon en fonction du coût de transformation propre à chacun des pays producteurs.



Conclusion et perspectives

Les données recueillies au cours de cette étude ont permis de formuler des hypothèses et d'établir des scénarios d'évolution du prix de la résine. Ces scénarios seront utilisés dans une prochaine étude prévue dans le cadre du projet SustForest+ qui visera à estimer la viabilité économique des différents systèmes de gemmage utilisés dans les pays européens.

Toutefois, il est important de garder en vue que les possibilités de production européenne de résine ne sont pas uniquement liées au prix de la résine sur le marché international. Par exemple, l'amélioration des techniques de gemmage en Europe, associée à une mobilisation plus importante des ressources forestières et humaines, pourrait permettre une diminution des coûts de production de cette matière première. Bien que les coûts de production européens puissent difficilement devenir inférieurs aux coûts de production du Brésil et de l'Indonésie en raison d'un coût de main d'œuvre plus élevé, une réduction de l'écart de prix serait favorable au maintien voire à l'essor de la filière. En effet, les transformateurs ont un intérêt à préserver une filière locale pour limiter les risques liés aux fortes fluctuations du marché international. Les risques concernent aussi bien le prix que la qualité de la résine. Dans le passé, les différentes variétés de pin utilisées par les principaux pays producteurs de produits résineux mis sur le marché international conféraient à ces produits des propriétés intrinsèques auxquelles les utilisateurs étaient habitués. Avec le développement du commerce international, la qualité des produits est plus difficile à prévoir. Néanmoins, il y a de fortes chances pour qu'une résine de plus haute qualité soit recherchée. Dans les années à venir, les ventes de colophane de qualité WW augmenteront et dépasseront probablement les ventes de colophane de qualité inférieure (WG). La colophane de catégorie WW, plus pure, présente une meilleure aptitude à être travaillée dans des applications telles que le caoutchouc synthétique et les adhésifs (Future Market Insights, 2019). Le gemmage en vase clos tel qu'il est pratiqué en France, permet d'obtenir une résine de qualité encore supérieure à la catégorie WW (Voir annexe 3 – Catégories de colophane).

En outre, l'intérêt récent et croissant de la société envers l'utilisation de produits renouvelables joue en faveur du développement de produits finis issus de résine de pin, au détriment de ceux utilisant de la résine d'hydrocarbures. Enfin, l'utilisation de produits locaux permettrait de réduire l'emprunte carbone liée au transport des matières premières pour les produits finis tout en créant des emplois en zones rurales. D'autres bénéfices liés au gemmage doivent également être pris en compte lors de l'élaboration de politiques publiques tels que les services écosystémiques, la prévention des incendies par la surveillance ou le maintien des traditions.



Glossaire

Gemmage : Opération qui consiste à inciser le tronc d'un pin pour en recueillir la résine. *Synonymes :* amasse (Landes), résinage. *Anglais :* pine tapping, resin extraction. *Espagnol :* resinación.

Gemmage à vie : Collecte modérée de résine sur un arbre permettant une récolte sur de nombreuses années. *Anglais :* light continuous tapping. *Espagnol :* resinación a vida

Gemmage à mort : Collecte maximale de résine sur un arbre durant les années précédant l'abattage par l'ouverture de nombreuses cares. *Anglais :* heavy tapping, tapping to death. *Espagnol :* resinación a muerte

Care : La care est le nom donné dans les Landes de Gascogne à une entaille faite au tronc du pin maritime pour en extraire la résine lors du gemmage. *Anglais :* notch. *Espagnol :* cara.

Colophane : La colophane est le résidu solide obtenu après distillation de la gemme récoltée à partir d'arbres résineux. *Anglais :* rosin. *Espagnol :* colofonia.

Oléorésine : sécrétion naturelle récoltée à partir d'arbres résineux lors du gemmage. *Anglais :* oleoresin. *Espagnol :* oleorresina.

Essence de térébenthine : huile essentielle obtenue par purification puis par distillation de térébenthine, une oléorésine récoltée à partir d'arbres résineux. *Anglais :* turpentine. *Espagnol :* trementina.

Huile de tall : sous-produit de la transformation du bois en pâte à papier (procédé kraft) lorsque le bois employé se compose essentiellement de conifères. *Synonyme :* essence de colophane. *Anglais :* tall oil. *Espagnol :* tall oil.

Activation : Application d'une solution sur une care afin de freiner la cicatrisation des tissus et ainsi provoquer une accumulation d'oléorésine au niveau du cambium. L'acide sulfurique est l'activant le plus utilisé. *Synonyme :* stimulation. *Anglais :* stimulation. *Espagnol :* estimulación.



Bibliographie

- Abreu, J. (1985). Resina, corcho y frutos forestales. En Bosques y monte de España. *Boletín de información agriaria el Campo*(98).
- Aide Rodríguez-García, R. L. (29 de Octubre de 2013). Resin yield in Pinus pinaster is related to tree dendrometry, stand density and tapping-induced systemic changes in xylem anatomy. *Forest Ecology and Management*.
- Barbosa, J. D. (2015). *Resinagem em Portugal: Um Foco de Esperança*. Agrotec.
- Benedek, I. (2006). *Pressure-Sensitive Design and Formulation, Application*. New York: CRC Press.
- BRUNET, R. (s.f.). *Le pin maritime*. Paris: Maison rustique.
- Bussy, J.-C. (mars de 1971). La gemme et les produits résineux en France. *Revue Forestière Française*, XXIII, págs. 377-384.
- CEIC. (s.f.). *China Standard of Monthly Minimum Wage: Guangxi*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2018, de CEIC Data: <https://www.ceicdata.com/en/china/standard-of-monthly-minimum-wage/standard-of-monthly-minimum-wage-guangxi>
- CNRTL. (s.f.). *ARCANSON : Définition de ARCANSON*. Recuperado el 13 de 11 de 2018, de Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales: <http://www.cnrtl.fr/lexicographie/arcanson>
- Corralo, D. L. (7 de mars de 2017). España ya cuenta con 1.600 resineros. *madera-sostenible*.
- COURAU, C. (1999). *La relance du gemmage en forêt de Gascogne*. Cressé, France: Editions des Régionalismes.
- Cunningham, A. (2009). *Estudio de mercado de los productos resinosos*.
- Cunningham, A. (2014). Advocating for a sustainable pine tapping practice. *PCA International Conference* (págs. 9-11). Seattle, WA, USA: areldorado.com.ar.
- Cunningham, A. (2016). Uma Nova Dinâmica. *Encontro de Pine Chemicals São Paulo*. São Paulo.
- Divisão de Apoio à Produção Florestal e Valorização de Recursos Silvestres . (2018). *Regime Jurídico da resinagem e da circulação de resina*. Lisbonne: Instituto da Conservação da Natureza e dad Florestas.
- Dr Kulwant Rai Sharma, D. B. (2014). *Network project on "Harvesting, processing and value addition of natural resin and gums"*. Nauni, India: Department of Forestry Products, Dr YS Parmar University of Horticulture and Forestry.
- EPA. (s.f.). *Expansión + Encuesta de Población Activa de las Comunidades Autónomas*. Recuperado el 9 de 11 de 2018, de datosmacro: [https://datosmacro.expansion.com/paro-epa/espana-comunidades-autonomas/castilla-](https://datosmacro.expansion.com/paro-epa/espana-comunidades-autonomas/castilla)



leon

- Equipe Técnica da Cia. Agro Florestal. (1978). RESINA DE Pinus Implantados no Brasil. En I. -I. florestais (Ed.), *Resinagem em escala comercial*, 3.1.4. Piracicaba.
- Ferreira, J. P. (2001). *Análise da cadeia produtiva e estrutura de custos do setor brasileiro de produtos resinosos*. Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil.
- Future Market Insights. (2019). *Gum Rosin Demand Soars as Sustainable Production Initiatives Drive Adoption of Bio-based Materials*.
- Giovanna I.B. de MEDEIROS, T. J. (30 de Janvier de 2017). Análise da competitividade da cadeia produtiva de oleresina de Pinus Brasileira. *Revista Espacios*, 38(27), pág. 29.
- Hernández, J. L. (24 de novembre de 2015). La resinación del Pino obtiene en torno a 200.000 kilos de producción. *SER Norte de extremadura*.
- International Labour Organization. (2010). *Labour Conditions in Forestry in Indonesia*. Job Opportunities for Youth Project.
- J.J.W. Coppen, G. H. (1995). *Gum naval stores: turpentine and rosin from pine resin*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Keijo A. Ukkonen, N. O. (s.f.). Pine Chemicals - Global view., (pág. 25).
- Montes, C. d. (2005). *Prontuario forestal*. Mundi Prensa.
- LOUDIN, A. (février de 1952). Activation de la production de gomme par vaporisation de solutions d'acide sulfurique. *Revue Forestière Française*(2), págs. 77-87.
- Pine Tapping World. (s.f.). Obtenido de <http://pinetappingworld.com/>
- PRIXDUBARIL.com. (s.f.). *Cours du baril de pétrole en dollar*. Recuperado el 14 de Novembre de 2018, de <https://prixdubaril.com/>
- PT.INDOPICRI. (30 de Juillet de 2013). *Indonesia Gum Rosin (IGR)*. Recuperado el 27 de Décembre de 2018, de Paper Chemicals & Resin Manufacturers: <http://indopicri.co.id/indonesia-gum-rosin-2/>
- S. Ortuño Perez, F. G. (2013). *La resina : incidencia demografica y rentabilidad economica*. Coca, Segovia: SustForest.
- Serrada, R. (2002). *Apuntes de Silvicultura*. U.P.M. Madrid: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal.
- Siswamartana, S. (s.f.). *Teak forest management in Indonesia*.



Annexe 1 – Suivi du marché international de la résine

Le marché mondial des produits dérivés de la résine peut être suivi à partir des références suivantes :

- **MDIC** (<http://www.mdic.gov.br/>) : Les données d'exportations et d'importations de résine au Brésil sont publiées mensuellement.
- **CNCIC – China National Chemical Information Center** (<http://www.chem.cn/>) : Les données d'exportation et d'importation de résine en Chine sont publiées mensuellement.
- **Rosinnet** (<http://www.rosinnet.com/>) : Informations sur le marché des produits dérivés de la résine en Chine (données pour les abonnés).
- **Rosineb** (<http://www.rosineb.com/>) : Évolution journalière des prix du marché local de la résine en Chine (donnée pour les abonnés).
- **PCA** (<http://pinechemicals.org/>) : Situation mondiale du marché de la résine présentée pendant la réunion du Gum Resin Committee.
- **Pine Tapping World** (<http://pinetappingworld.com/>) : Plateforme d'information sur le développement du gemmage dans le monde.

Annexe 2 – Rendement en résine par espèce de pin

Afin d'obtenir des données indicatives de la productivité de différentes espèces de pin, des mesures ont été réalisées dans le cadre de projets de recherches dans des plantations de la CAFMA (Certificado de Abono Forestal para Manejo de bosque) au Brésil. Les moyennes suivantes ont été obtenues :

Tableau 9 : Production de résine par essence forestière (Equipe Técnica da Cia. Agro Florestal, 1978)

Espèce	Production (kg/arbre)		Nombre de collectes
	Par collecte	Par an	
<i>Pinus elliottii</i> var <i>elliottii</i>	0,163	3,26	150
<i>Pinus keisya</i>	0,107	2,14	150
<i>Pinus caribaea</i> var <i>bahamensis</i>	0,106	2,12	70
<i>Pinus elliottii</i> var <i>densa</i>	0,104	2,08	70
<i>Pinus caribaea</i> var <i>hondurensis</i>	0,100	2,00	150
<i>Pinus caribaea</i> var <i>caribaea</i>	0,100	2,00	70
<i>Pinus patula</i>	0,089	1,78	150
<i>Pinus oocarpa</i>	0,064	1,28	150
<i>Pinus strobus</i> var <i>chiapensis</i>	0,040	0,80	40



Annexe 3 – Catégories de colophane

Composition de la térébenthine diffère en fonction de la région de provenance et des espèces de pin utilisées pour le gemmage. La qualité moyenne de la colophane mise en vente sur le marché international est de type WG ou WW. Avec la méthode de gemmage en vase clos, il est possible d'obtenir une colophane de catégorie 7A.

Tableau 10 : Catégories de colophane (COURAU, 1999)

Produits	Classement
Brais noir	
Brais demi-clairs	D ou E
Brais	F-G-H-I ou N
Colophane	M ou N
Colophane	WG ou WW
Colophane	X ou Y
Colophane extra-pâle	2A-3A-4A-5A-6A-7A-8A ou 9A



Durabilité des systèmes résiniers

“Análisis de sostenibilidad de los escenarios resineros”

“Sustainability analysis of the resin scenarios”

“ Analyse de durabilité des scénarios de production de résine”

“Análise de sustentabilidade de cenários resineiros”

Projet SUSTFOREST+, livrables 1.5.1, 1.5.2, 1.5.3

Armand CLOPEAU, Christophe ORAZIO

**European Forest Institute
Planted Forests Facility**

3 janvier 2020

Résumé

Différents systèmes de gemmage sont actuellement employés en Europe. Ces systèmes diffèrent d'une région de production à l'autre par le scénario sylvicole et la technique de gemmage. Basée sur une approche d'analyse multicritère, cette étude compare les performances de durabilité des différents systèmes, identiques à ceux étudiés dans le livrable 1.4.2. Ce rapport vise à compléter ce livrable en y ajoutant les dimensions sociale et environnementale, indispensables pour tenir compte des externalités positives du gemmage. Dans la péninsule ibérique, les qualités sociales des systèmes de gemmage ont une grande importance car l'activité y est traditionnelle et ne s'est jamais arrêtée, surtout en Castille-et-León. Au Portugal, le critère environnemental prend une importance plus grande que dans les autres zones de production en raison des feux de forêts. Enfin, en Galice et en France, les aspects économiques sont prioritaires pour le développement de l'activité en complément de la production de bois. L'analyse de durabilité des systèmes de production souligne le besoin de mieux prendre en compte l'importance des externalités positives du gemmage pour la pérennisation l'activité dans le sud de l'Europe.

Abstract

Several tapping systems are currently used in Europe. These systems differ from one production region to another depending on the silvicultural scenario and the tapping technique. Based on a multi-criteria analysis approach, this study compares the sustainability performances of the different systems, identical to the ones studied in the deliverable 1.4.1. This report aims to complete this deliverable by adding the social and environmental dimensions, which are essential to take into account the positive externalities of tapping. In the Iberian Peninsula, the social qualities of the tapping systems are of great importance because the activity is remains traditional and never stopped, especially in Castile and León. In Portugal, the environmental criterion takes on more importance than in other production areas due to forest fires. Finally, in Galicia and in France, economic aspects are a priority for the development of the activity as a complement to wood production. The sustainability analysis of the production systems highlights the need to better take into account the importance of the positives externalities of tapping to ensure the continuity of the activity in Southern Europe.

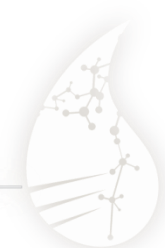
Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Javier CALVO, du CESEFOR pour son investissement en tant que coordinateur du projet SUSTFOREST+. Pour la modélisation de scénarios sylvicoles, je remercie Cristóbal Ordoñez Alonzo, de l'Université de Valladolid et Conchi Martínez, de Resinas Naturales. Au Portugal, j'ai pu bénéficier du soutien de Teresa de Jesus Fidalgo Fonseca et Maria Emíla Silva (Utad - Universidade de trás-os-montes e alto duro) et de Paula Soares (Universidade de Lisboa) pour la construction des scénarios de production portugais. Merci aussi à António Salgueiro (Giff - Gestão Integrada e Fomento Florestal, Lda) et à Mariana Jorge Ferreira (Luresa Resinas) pour les informations apportées sur production de résine dans ce pays. Merci également à Enrique Martinez Chamorro du Centro de Investigación Forestal de Lourizán (Xunta de Galicia) pour sa contribution au scénario de production galicien. Enfin, je remercie João Lobo, président de la Chambre Municipale de Proença-a-Nova, pour son accueil dans la municipalité où s'est conduit l'atelier d'évaluation multicritère.



Table des matières

Résumé	2
Abstract	2
Remerciements	2
Table des illustrations	5
Figures.....	5
Tableaux.....	5
Le projet SustForest+	6
Introduction.....	6
Objectifs	7
1 Dimensions de la durabilité	7
1.1 Définition.....	7
1.2 Durabilité des systèmes de production	8
2 Méthode d'analyse multicritère.....	9
2.1 Objectifs de la méthode	9
2.2 Choix d'une méthode	10
3 Systèmes étudiés	10
4 Définition de critères et d'indicateurs.....	12
4.1 Critère économique.....	14
4.1.1 Rentabilité.....	14
4.1.2 Flexibilité et adaptabilité.....	16
4.2 Critère environnemental	17
4.3 Critère social.....	18
4.3.1 Conditions sociales	18
4.3.2 Demande sociétale	19
5 Acteurs consultés pour l'analyse.....	20
5.1 Evaluation des systèmes de gemmage.....	20
5.2 Pondération des indicateurs.....	22
6 Interprétation des résultats	23
6.1 Analyse multicritère globale.....	23
6.1.1 France	24
6.1.2 Castille-et-León	24
6.1.3 Portugal.....	25



6.1.4	Galice.....	25
6.2	Sélection d'indicateurs	26
6.2.1	France	26
6.2.2	Castille-et-León et Portugal.....	27
6.2.3	Galice.....	27
6.3	Discussion.....	27
Conclusion et perspectives.....		28
Glossaire		29
Bibliographie.....		30



Table des illustrations

Figures

Figure 1 : Méthodes utilisées pour le projet SustForest+ en réponse aux questions soulevées	9
Figure 2 : Représentation schématique de l'évaluation multicritère.....	9
Figure 3 : Représentation cartographique des zones de production de résine considérées pour l'analyse multicritère	10
Figure 4 : Gemmage par la méthode Pica de corteza.....	11
Figure 5 : Gemmage par la méthode Biogemme	11
Figure 6 : Gemmage par la méthode Borehole	11
Figure 7 : Critères, objectifs de durabilité et indicateurs retenus pour l'analyse multicritère des scénarios de production	13
Figure 8 : Représentation graphique d'une fonction de préférence linéaire de paramètre p.....	14
Figure 9 : Nombre d'acteurs consultés par zone de production pour l'évaluation des systèmes de gemmage	22
Figure 10 : Nombre d'acteurs consultés en fonction de leur relation avec le secteur de la gemme pour l'évaluation des systèmes de gemmage	22
Figure 11 : Nombre d'acteurs consultés par zone de production pour la pondération des indicateurs	23
Figure 12 : Nombre d'acteurs consultés en fonction de leur relation avec le secteur de la gemme pour la pondération des indicateurs	23
Figure 13 : Classement des scénarios de gemmage avec l'outil <i>Walking Weights</i> de <i>Prométhée</i> lorsque les critères ont tous une importance égale, en considérant tous les indicateurs retenus	23
Figure 14 : Classement des scénarios de gemmage avec l'outil <i>Walking Weights</i> de <i>Prométhée</i> lorsque les critères ont tous une importance égale, en considérant un groupe réduit d'indicateurs	26

Tableaux

Tableau 1 : Scénarios retenus pour l'analyse multicritère (voir partie 3 du livrable 1.4.1, projet SustForest+)	12
Tableau 2 : Impact sur la qualité du bois des méthodes de gemmage considérées	15
Tableau 3 : Indicateurs de productivité en résine pour la France, la Castille-et-León et le Portugal	16
Tableau 4 : Liste des entreprises représentées par des acteurs consultés	21
Tableau 5 : Evaluation des systèmes de gemmage retenus dans l'analyse multicritère	31



Le projet SustForest+

Le projet SustForest+ est un projet transnational financé par le programme Interreg Sudoe et par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER).

La filière européenne d'extraction de résine naturelle a traversé une période de crise profonde pendant la fin du siècle dernier. Des initiatives publiques et privées ont été portées en Espagne, en France et au Portugal. Celles-ci ont contribué à maintenir l'espoir d'un secteur prospère et compétitif.

Dans ce contexte, le projet SustForest est né en 2010 avec la conviction que la filière résinière européenne devait s'unir afin de faire face à un problème complexe : l'impact des marchés mondiaux sur les ressources en résine des forêts européennes, l'emploi rural et les produits à forte valeur ajoutée.

Le projet SustForest+ vise à capitaliser les acquis du projet SustForest en établissant des stratégies à plus long terme et en créant des réseaux stables de collaboration afin d'atteindre les objectifs suivants :

- Mobiliser la ressource européenne de résine afin d'approvisionner durablement l'industrie locale ;
- Améliorer les conditions de travail des gemmeurs, en générant de cette façon des emplois stables et de qualité dans les zones rurales de la région sud-ouest de l'Europe ;
- Développer des marchés pour les produits issus de la résine naturelle produite dans les forêts du sud-ouest de l'Europe en tant que ressource durable sur les plans social, économique et environnemental.

Ce document fait partie des 31 livrables du projet SustForest+. Il présente la méthode de l'analyse multicritère visant à comparer la durabilité de différents projets. Ces projets comprennent la production de bois, ajoutée ou non à la production de résine. Ils diffèrent de l'un à l'autre par la région étudiée, le scénario sylvicole et la technique de gemmage.

L'analyse multicritère est basée sur les résultats des analyses coût-bénéfices présentés dans le livrable 1.5.1 du projet SustForest+ (*Livrable 1.4.1 Manual para el análisis de la rentabilidad de diferentes escenarios resineros mediante la técnica del análisis de costo-beneficio*). Cette étude a pour objectif d'enrichir l'analyse par la prise en compte d'indicateurs environnementaux et sociaux.

Introduction

Le gemmage correspond à l'activité d'extraction d'oléorésine de pin. Cette résine est constituée d'une partie liquide volatile : l'essence de térébenthine, et d'une partie solide : la colophane. Ces matières premières sont utilisées dans de nombreux produits faisant partie de notre quotidien. La colophane obtenue à partir de la distillation de la gomme de pin est utilisée par exemple pour la fabrication de vernis, d'encre, de cosmétiques ou encore de chewing-gum.

En France, le gemmage a disparu depuis plus de 50 ans. Dans la péninsule ibérique, l'activité a été maintenue mais fortement contrainte. Bien qu'une ressource forestière suffisante existe dans le sud de l'Europe, une part importante de la résine consommée dans cette région est importée



d'autres continents. Aujourd'hui, le développement du gemmage en Europe semble intéressant pour des questions de durabilité sur les plans économique, social et environnemental.

La qualité et le prix de la résine produite localement sont moins sensibles aux aléas du marché (spéculation, prix des hydrocarbures...) que la résine importée. La diversification des sources d'approvisionnement est intéressante pour les entreprises de transformation afin d'éviter la dépendance au marché international. En outre, la demande en produits biosourcés est en augmentation en Europe et la nouvelle stratégie européenne pour la bioéconomie¹ implique fortement le secteur forestier. Certains produits habituellement fabriqués à partir de résine d'hydrocarbures pourraient être fabriqués à l'avenir à partir de résine végétale. Le coût environnemental de la résine importée doit également être pris en compte dans sa comparaison écologique avec la résine locale.

Enfin, le développement de la filière européenne permettrait de maintenir voire de créer des emplois en zones rurales particulièrement affectées par la désertification et le chômage. Cette perspective est souhaitable compte-tenu du taux de chômage existant en Europe.

Les systèmes de production de résine s'intègrent dans leurs contextes territoriaux et sont soumis à des contraintes de plusieurs natures. L'étude du marché de la résine et de la rentabilité des méthodes de collecte permet d'apporter des réponses concernant la durabilité des systèmes sur le plan économique. Toutefois, la durabilité économique n'est qu'un aspect de la durabilité et la question doit également être posée sur les dimensions environnementale et sociale. L'analyse multicritère permet de prendre en compte cette diversité d'indicateurs pour avoir une idée des performances de durabilité des systèmes.

Objectifs

Le but de cette étude est de fournir des éléments de méthodologie et de comparaison de la durabilité de systèmes sylvicoles incluant ou non la production de résine. Pour cela, plusieurs scénarios ont été considérés, correspondant aux situations rencontrées dans les principales régions de production ou de développement de la production de résine en Europe. L'analyse multicritère est également vue comme un moyen d'évaluer et de mettre en avant les externalités positives du gemmage.

L'analyse multicritère est basée sur les systèmes existants dans ces régions et propose des scénarios alternatifs permettant de simuler la production de résine par différentes méthodes de gemmage. Les systèmes sont comparés au travers d'une série d'indicateurs économiques, environnementaux et sociaux.

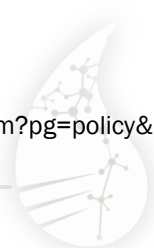
Dans un premier temps, il est nécessaire de définir le contexte et les dimensions de la durabilité appliquée au gemmage, puis de choisir une méthode d'évaluation multicritère.

1 Dimensions de la durabilité

1.1 Définition

La durabilité est basée sur un principe simple : tout ce qui est nécessaire à notre survie et notre

¹ <https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/index.cfm?pg=policy&lib=strategy>



bien-être dépend, directement ou indirectement, de notre environnement naturel.

La durabilité crée et maintient les conditions sous lesquelles l'homme et la nature peuvent exister dans une harmonie productive, qui permet de remplir entre autres les exigences économiques et sociales des générations présentes et futures (EPA).

La gestion durable des forêts a été définie lors de la deuxième Conférence interministérielle pour la protection des forêts en Europe à Helsinki en 1993. Six critères applicables à l'Europe ont été choisis :

- Conservation et amélioration appropriée des ressources forestières et de leur contribution aux cycles mondiaux du carbone ;
- Maintien de la santé et de la vitalité des écosystèmes forestiers ;
- Maintien et encouragement des fonctions de production des forêts ;
- Maintien, conservation et amélioration appropriée de la diversité biologique dans les écosystèmes forestiers ;
- Maintien et amélioration appropriée des fonctions de protection de la gestion des forêts (notamment sols et eau) ;
- Maintien d'autres bénéfices et conditions socio-économiques.

Ces critères ont servi de base de référence pour le choix de facteurs d'évaluation de la durabilité des systèmes de gemmage.

1.2 Durabilité des systèmes de production

En fonction du contexte de gemmage, la production de résine peut être rentable en Europe (livrable 1.4.1, projet SustForest+). En plus d'améliorer la valeur du BASI (Bénéfices Actualisés en Séquence Infinie), le gemmage permet une diversification des productions pour le propriétaire forestier, limitant ainsi les risques tout en raccourcissant le temps de retour sur investissement. Toutefois, cet équilibre reste fortement dépendant du prix de vente de la résine, lié aux fluctuations du prix de la résine sur le marché international. Plusieurs facteurs pourraient contribuer à une diminution du prix des dérivés de la résine dans les années à venir :

- L'augmentation de la productivité et de la production de résine au Brésil. Le Brésil investit en recherche et développement pour améliorer la rentabilité du gemmage.
- La diminution du prix du pétrole et de la résine d'hydrocarbures entraînant un regain d'intérêt pour cette autre matière première, au détriment de la colophane de pin.
- La limitation de la demande mondiale en résine dans le cas où la Chine se tournerait vers l'utilisation d'autres matières premières.

La durabilité des systèmes de production dépend également leur impact sur l'environnement. La résine naturelle européenne est plus intéressante que la résine issue d'hydrocarbures sur le plan environnemental. Entre autres, son empreinte carbone est bien plus faible que les produits de substitution à base de pétrole ou les résines importées d'outre-mer. Sur le plan social, l'activité de gemmage est en mesure de générer des emplois en zones rurales européennes, inexistants si d'autres produits de la résine sont importés.

La revitalisation du secteur de la gemme au cours des deux dernières décennies et la demande



croissante en produits biosourcés offrent des perspectives de développement pour ce produit d'origine naturelle. Dans ce contexte, la durabilité des systèmes de production existant en Europe doit être étudiée au-delà des aspects économiques.

2 Méthode d'analyse multicritère

2.1 Objectifs de la méthode

Ce document est écrit dans la continuité du livrable 1.4.1 du projet SustForest+, focalisé sur la rentabilité économique des systèmes de gemmage. L'évaluation multicritère vise à prendre du recul sur l'analyse réalisée en intégrant des dimensions sociales et environnementales. La catégorie d'acteurs concernés par l'analyse est élargie à l'ensemble de la communauté, intégrant la filière du gemmage en France, en Espagne et au Portugal.

Acteurs concernés	Question soulevée	Méthode utilisée
Gemmeurs	En fonction des investissements, des dépenses variables et des coûts de location, est-il rentable de gemmer ?	Analyse de rentabilité (<i>livrable 1.4.1, SustForest+</i>)
Sylviculteurs	Est-il rentable d'inclure la production de résine dans la sylviculture choisie ?	Analyse coût-bénéfice (<i>livrable 1.4.1, SustForest+</i>)
Communauté	Le gemmage est-il une activité profitable à l'ensemble de la société (filière, consommateur, territoires, etc.)	Analyse multicritère (<i>livrable 1.5.1, SustForest+</i>)

Figure 1 : Méthodes utilisées pour le projet SustForest+ en réponse aux questions soulevées

L'analyse multicritère permet de prendre une ou plusieurs décisions lorsqu'un choix existe entre plusieurs alternatives. Le choix est fait sur la base de plusieurs critères en fonction de leur importance. Ce type d'évaluation permet de tenir compte du fait qu'il n'existe pas de solution idéale au regard de tous les critères et vise à faire émerger des compromis.

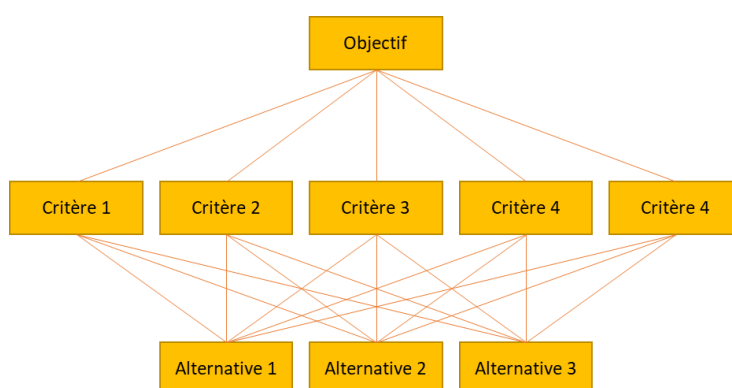
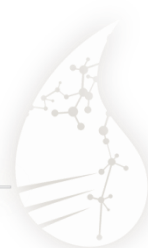


Figure 2 : Représentation schématique de l'évaluation multicritère



2.2 Choix d'une méthode

La méthode d'analyse multicritère choisie pour l'étude est la méthode du surclassement. Les méthodes d'agrégation présentent le problème de commensurabilité des scores sur différents critères (Roy, 1974). Ce problème n'existe pas dans la méthode du surclassement qui permet une comparaison critère par critère. La méthode du surclassement prend mieux en compte la complexité de la décision humaine et elle est préconisée lorsqu'on souhaite comparer un faible nombre d'alternatives sur un grand nombre de critères.

La méthode Prométhée adopte un système référentiel de préférences fondé sur la notion de surclassement. Cette méthode permet d'employer différentes unités de mesure sans avoir à procéder à une codification numérique supplémentaire et accepte l'incomparabilité de scénarios. Enfin, la mise en application de la méthode avec le logiciel Prométhée offre un cadre dynamique dans lequel la pondération et la discussion directe des classements obtenus est possible avec les acteurs participant à l'évaluation.

Pour l'ensemble des raisons énoncées, la méthode Prométhée a été choisie pour l'analyse multicritère des scénarios de production. Le choix des indicateurs utilisés a été effectué par un groupe d'experts du gemmage. Par la suite, la pondération des indicateurs s'est déroulée durant les journées internationales « El aprovechamiento resino : montes con futuro » du projet SustForest+ à Proença-a-Nova (Portugal), le 30 mai 2019. L'atelier a regroupé des acteurs de chaque région de production.

3 Systèmes étudiés

Les scénarios de gemmage envisagés pour l'analyse multicritère sont identiques aux scénarios présentés dans le livrable 1.4.1 du projet SustForest+. Ceux-ci ont été sélectionnés en fonction de trois modalités : la région de production, la méthode de collecte et la sylviculture appliquée aux peuplements :

- Région de production
 - France
 - Castille-et-León
 - Portugal
 - Galice

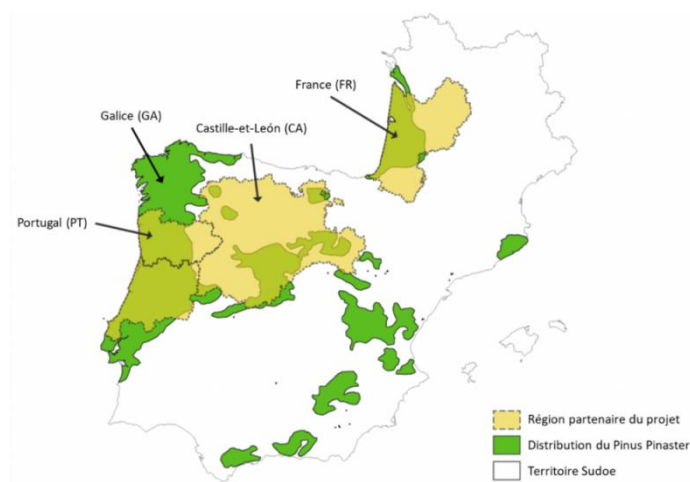


Figure 3 : Représentation cartographique des zones de production de résine considérées pour l'analyse multicritère



- Méthode de collecte de résine
 - Pica de corteza (campagne classique)
 - Pica de corteza (campagne réduite à 4 mois)
 - Biogemme
 - Borehole



Figure 4 : Gemmage par la méthode Pica de corteza



Figure 5 : Gemmage par la méthode Biogemme



Figure 6 : Gemmage par la méthode Borehole

- Sylviculture appliquée
 - Sylviculture dédiée à la production de bois
 - Sylviculture dédiée à la production de gomme

Seuls les scénarios pour lesquels des informations de référence existent ont été retenus pour l'étude. Par exemple, il n'existe pas de données suffisantes concernant la possibilité d'application de la méthode Biogemme au Portugal. Il est donc impossible de fournir une évaluation de la durabilité pour ce scénario hypothétique. Les scénarios retenus sont les suivants :

Scénario	Région	Sylviculture				Gemmage		
		Type de production principal	Révolution (années)	Nombre d'éclaircies	Nombre d'arbres/ha avant la coupe définitive	Technique de gemmage	Nombre de mois de gemmage par an	Nombre maximal d'années de collecte par arbre
FR1	Landes	Bois	45	4	300	Sans gemmage		
FR2	Landes	Résine	70	10	200	Biogemme	4	5
FR3	Landes	Résine	45	3	187	Biogemme	4	5
FR4	Landes	Bois	45	4	300	Biogemme	4	5



Scénario	Région	Sylviculture				Gemmage		
		Type de production principal	Révolution (années)	Nombre d'éclaircies	Nombre d'arbres/ha avant la coupe définitive	Technique de gemmage	Nombre de mois de gemmage par an	Nombre maximal d'années de collecte par arbre
CA1	Castille-et-León	Bois	70	3	300	Sans gemmage		
CA2	Castille-et-León	Résine	100	4	180	Pica de corteza	8	25
CA3	Castille-et-León	Résine	100	4	180	Pica de corteza	4	25
CA4	Castille-et-León	Bois	70	3	300	Pica de corteza	8	25
PT1	Portugal	Bois	70	4	240	Sans gemmage		
PT2	Portugal	Résine	100	3	260	Pica de corteza	8	25
PT3	Portugal	Résine	100	3	260	Pica de corteza	4	25
PT4	Portugal	Bois	70	4	240	Pica de corteza	8	25
GA1	Galice	Bois	40	3	300	Sans gemmage		
GA2	Galice	Bois	60	5	250	Borehole	4	3
GA3	Galice	Bois	40	3	300	Borehole	4	3

Tableau 1 : Scénarios retenus pour l'analyse multicritère (voir partie 3 du livrable 1.4.1, projet SustForest+)

4 Définition de critères et d'indicateurs

Les indicateurs pertinents pour décrire les systèmes de gemmage ont été choisis par un collectif d'experts de la résine. Un indicateur pertinent se caractérise par :

- La qualité scientifique ;
- La faisabilité d'obtention du résultat ;
- L'utilité.

Les indicateurs ont été classés par objectif de durabilité selon 3 critères : économique, environnemental et social. Ils caractérisent au mieux les fonctions et services associés à la pinède en gemmage tout en étant pertinents.



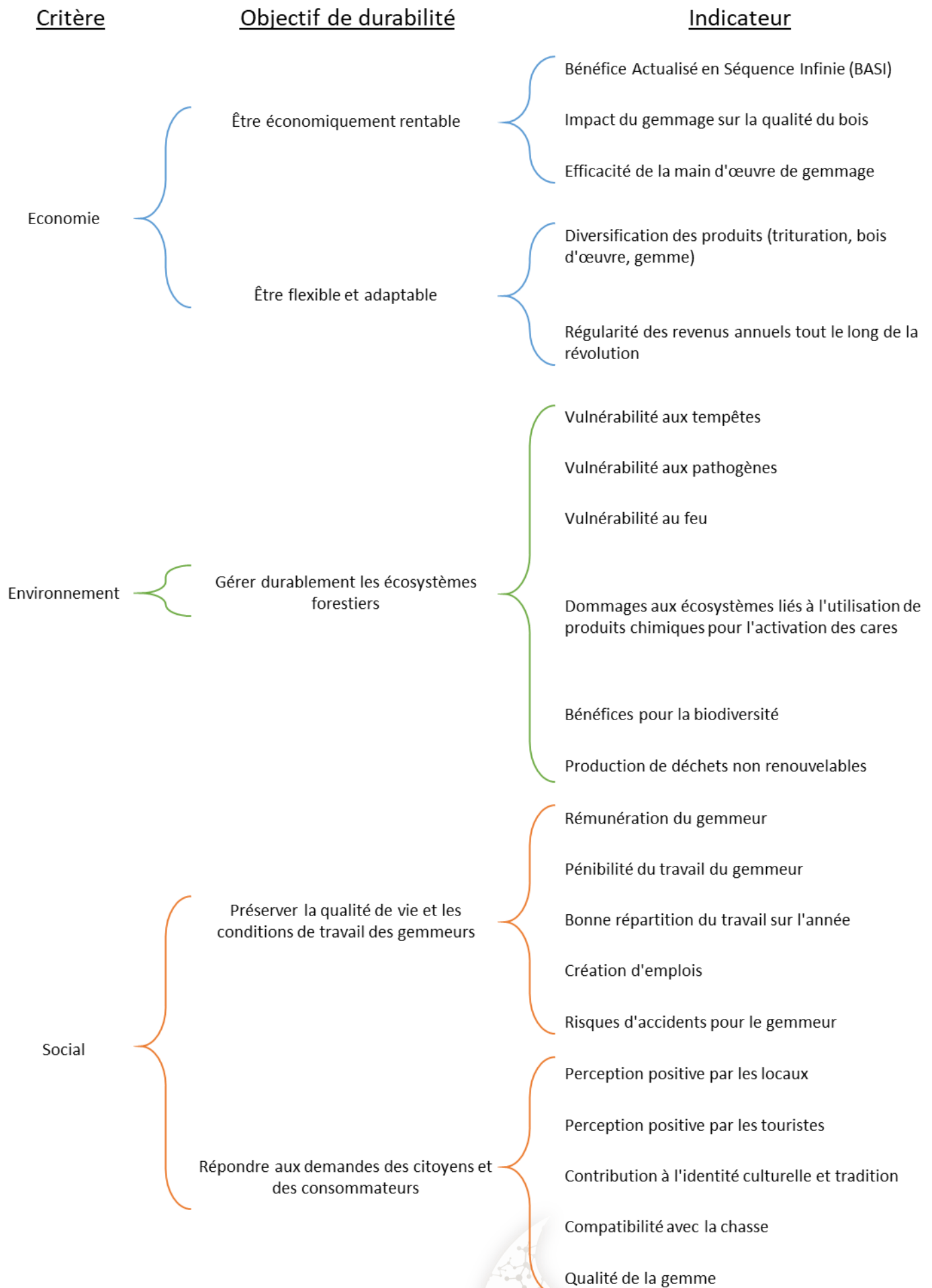


Figure 7 : Critères, objectifs de durabilité et indicateurs retenus pour l'analyse multicritère des scénarios de production

Peu de données quantitatives sont disponibles pour évaluer les systèmes de gemmage en fonction des indicateurs retenus. De plus, il est nécessaire de renseigner des valeurs pour tous les indicateurs et pour l'ensemble des zones de production, même si certaines sont limitées à un contexte expérimental. Par conséquent, tous les indicateurs retenus à l'exception du BASI sont de nature qualitative.

La méthode d'évaluation Prométhée est basée sur la différence entre les évaluations de deux actions sur un indicateur donné. De façon à tenir compte des écarts et des échelles de mesure des indicateurs, un critère généralisé est associé à chaque indicateur. Une fonction de préférence $P(a,b)$ est définie, donnant le degré de préférence de a sur b pour chaque indicateur. Le degré de préférence $P(a,b)$ est normalisé entre 0 et 1, évoluant ainsi de l'indifférence à préférence stricte (Waaub, 2012).

Les indicateurs choisis dans cette étude ont été pondérés avec une préférence linéaire à un paramètre p , qui représente un seuil de préférence stricte (J.P. Brans, 1986). Ce type de critère généralisé permet d'éliminer les sauts dans le degré de préférence au voisinage du seuil. Il existe donc une préférence croissante donnant lieu à une préférence stricte dès que $d > p$. Quand d est nulle, il y a indifférence entre les actions a et b .

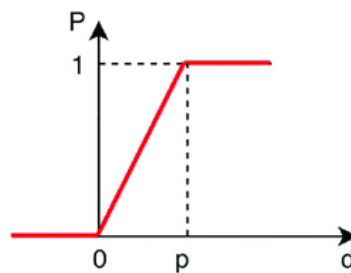


Figure 8 : Représentation graphique d'une fonction de préférence linéaire de paramètre p

4.1 Critère économique

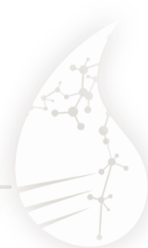
Les indicateurs pouvant être classés dans le critère économique ont été divisés en deux catégories. Les indicateurs de la première catégorie permettent d'évaluer la rentabilité économique de la production de gomme. La seconde catégorie contient des indicateurs caractérisant la robustesse du modèle économique par son caractère souple et adaptable.

4.1.1 Rentabilité

Revenus pour le propriétaire forestier :

Le Bénéfice Actualisé en Séquence Infinie (BASI), ou Soil Expectation Value (SEV), est l'indicateur de référence utilisé dans les analyses coût-bénéfice des scénarios de gemmage (livrable 1.4.1, projet SustForest+).

Le BASI est calculé à partir de la VAN (Valeur Actuelle Nette), critère de référence en matière de choix d'investissement. Le BASI permet de comparer des projets sylvicoles qu'on suppose reconduits à l'infini par le renouvellement des peuplements (Hanitra Rakotoarison, 2015). Ainsi, la durée de révolution est déterminante pour le choix d'un projet ou d'un autre.



Le BASI se calcule de la façon suivante :

$$BASI = VAN \frac{(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}$$

Où :

- VAN : Valeur Actuelle Nette
- i : taux d'actualisation
- n : année quelconque
- N : durée de la révolution

Les valeurs du BASI calculées pour chaque scénario de gemmage sont utilisées au travers d'un indicateur quantitatif de rentabilité. Cet indicateur caractérise la rentabilité associée aux différentes utilisations possibles du sol et comprend à la fois la production de bois et la production de gomme.

Impact du gemmage sur la qualité du bois :

Selon la technique de gemmage employée, la valeur du tronçon basal affecté par la collecte de résine peut être dépréciée.

Le bois gemmé présente une densité plus élevée et moins de poches de résine que le bois non gemmé. Bien que sa couleur soit plus sombre, ces qualités peuvent être avantageuses pour certaines utilisations où sa plus grande durabilité ou son plus grand pouvoir calorifique prévalent. Toutefois, il n'existe actuellement pas de valorisation différente des arbres non gemmés pour les arbres gemmés.

Méthode de gemmage Impact sur la qualité du bois

Biogemme	Avec la méthode Biogemme, l'écorce est retirée mécaniquement jusqu'au cambium. Le gemmage est réalisé durant les 5 années consécutives qui précèdent l'abattage. Il n'existe donc pas de blessure profonde due au gemmage.
Pica de corteza	Contrairement à l'ancienne méthode de gemmage « Hugues », l'écorce est retirée jusqu'à effleurer le cambium. Le gemmage à vie avec la méthode Pica de corteza peut affecter le bois en profondeur car cette technique est pratiquée sur une durée d'environ 25 ans. Des éléments métalliques laissés par le gemmage peuvent éventuellement être retrouvés dans les grumes, causant une légère dévaluation. En Espagne et au Portugal, le gemmage est réalisé dans les peuplements de moins bonne qualité. Ainsi, la perte de qualité due est gemmage a peu d'importance car les usages du bois sont différents (ex : palette).
Borehole	Le gemmage par la méthode Borehole permet l'extraction de la résine à une faible hauteur, à environ 10 cm du sol. De cette façon, la grume est coupée au-dessus des cares de gemmage.

Tableau 2 : Impact sur la qualité du bois des méthodes de gemmage considérées



Efficacité de la main d'œuvre de gemmage :

Les trois indicateurs présentés dans le tableau ci-dessous donnent une information sur la productivité des systèmes de gemmage :

Région	Productivité par hectare (kg/ha)	Productivité par arbre (kg/arbre)	Productivité horaire (kg/h)
France	1120	3,2	20,5
Castilla-et-León	560	2,8	13,1
Portugal	440	2,2	10,7

Tableau 3 : Indicateurs de productivité en résine pour la France, la Castille-et-León et le Portugal

L'indicateur de la productivité horaire donne un renseignement sur la performance des techniques de gemmage, qui varie fortement d'un système de collecte à l'autre. Il permet d'identifier les systèmes les plus intéressants pour limiter le coût de la main d'œuvre, principal poste de dépense de l'activité.

En Galice, la résine est produite avec la méthode Borehole en contexte expérimental. Il n'existe donc pas encore de donnée suffisante pour estimer la productivité horaire du gemmage par cette méthode.

Toutefois, il peut être envisagé que cette méthode soit la meilleure selon le critère de la productivité horaire mais la moins bonne selon le critère de la production totale annuelle. Le gemmage avec la méthode Borehole au Brésil est plus efficace car la gomme s'écoule pendant une plus longue période, permise par la viscosité de la résine des essences en place (ex. : *Pinus elliottii*). Ainsi, la mise en œuvre de la méthode Borehole permet d'améliorer la productivité horaire du gemmage d'au moins 50% dans ce pays. Néanmoins, cette méthode n'est pas mise en œuvre à grande échelle au Brésil car l'objectif principal est de maximiser la production par arbre.

4.1.2 Flexibilité et adaptabilité

Diversification des produits (trituration, bois d'œuvre, gomme) :

La diversification des productions permet de limiter les risques d'exploitation, en compensant un éventuel recul de la rentabilité d'un produit. Le gemmage peut ainsi être vu comme un moyen d'améliorer la flexibilité d'un modèle sylvicole, en assurant en même temps des revenus plus précoces à l'échelle de la révolution.

En Castille-et-León et au Portugal, le gemmage est pratiqué sur les arbres des peuplements de pins les plus pauvres, qui la plupart du temps ne sont pas destinés à la production de bois d'œuvre. En Galice et en France, le gemmage est vu comme une activité complémentaire à la production de bois d'œuvre et les méthodes employées (respectivement Borehole et Biogemme) sont compatibles avec cette production.

Régularité des revenus annuels tout le long de la révolution :

La régularité des revenus annuels est un critère de choix d'investissement pour les propriétaires forestiers. Le gemmage permet au propriétaire d'obtenir des revenus plus réguliers et plus tôt à l'échelle de la révolution sylvicole. Plus la révolution sylvicole est longue, plus le gemmage permet



de réduire le temps de retour sur investissement.

4.2 Critère environnemental

Vulnérabilité aux tempêtes :

Les interventions en sylviculture dédiées au gemmage se caractérisent par leur précocité et leur intensité relatives. La densité est réduite très tôt à un faible nombre d'arbres par hectare afin d'obtenir des arbres de plus grand diamètre, avec un houppier très développé. Plus le diamètre des arbres est important, plus il est possible de réaliser un grand nombre de cares sur un même arbre et donc de gemmer sur une longue période. De plus, le développement du houppier permet de maximiser la production de gomme (Aida Rodríguez-García, 2013).

Toutefois, l'abaissement plus précoce de la densité des peuplements augmente la vulnérabilité de ceux-ci aux tempêtes. La sensibilité au vent est également corrélée à la hauteur du peuplement, différente d'une région de production à l'autre (F. Colin, 2009). Les différents scénarios sylvicoles étudiés n'induisent donc pas le même niveau de risques de dommage liés aux tempêtes.

Les risques liés aux tempêtes sont évalués au travers d'une estimation non quantitative par un collectif d'experts. Il serait possible de fournir une estimation quantitative plus précise en utilisant des modèles de risque de dommages liés au vent tel que ForêtTempête en Aquitaine, adapté de l'outil ForestGALES (Hale, Nicoll, & Gardiner).

Vulnérabilité aux pathogènes :

Le gemmage inflige des blessures aux arbres avec le retrait d'une partie de leur écorce. Les tissus sous-jacents sont ainsi davantage exposés à des pathogènes envahissants comme les champignons et les bactéries (Ward Gauthier, E. Fountain, & Missun, 2015).

La résine de pin forme en séchant une barrière protectrice contenant des éléments antimicrobiens qui luttent contre la pénétration des pathogènes et sont répulsives pour les herbivores (Langenheim, 2003).

En vue de différencier les systèmes de gemmage pour l'évaluation multicritère, il est admis que le gemmage augmente la vulnérabilité des arbres aux pathogènes. De plus, il est supposé le gemmage en vase clos (Borehole, Biogemme) limite les risques d'envahissement par des pathogènes, les dispositifs de collecte mis en place assurant une protection supplémentaire.

Vulnérabilité au feu :

Les feux de forêt génèrent de nombreuses pertes qui affectent directement la forêt et la vie de la population qui bénéficie directement ou indirectement de ses biens et services. Par la gestion sylvicole et le nettoyage intensif du sous-bois qui y est associée et la surveillance assurée par les gemmeurs, la pinède en gemmage est moins soumise aux risques d'incendies (Rodríguez García, López Rodríguez, Ortuño Pérez, & Soliño Millán).

Toutes les méthodes de gemmage permettent d'assurer une surveillance contre les incendies pendant les mois les plus chauds de l'année, correspondant à la période de gemmage. Il est



supposé que les sylvicultures adaptées au gemmage réduisent les risques d'incendies en abaissant plus tôt la densité des peuplements, limitant ainsi la continuité horizontale et verticale.

Dommages aux écosystèmes liés à l'utilisation de produits chimiques pour l'activation des cares :

En l'absence de documentation spécifique concernant les dommages causés à l'environnement liés à l'utilisation de stimulants pour le gemmage, il est supposé que l'utilisation d'acide citrique est moins néfaste que celle d'acide sulfurique.

De plus, à quantité de résine produite égale, l'utilisation d'acide est plus importante lorsque la campagne de gemmage est plus longue. Le rapport entre la quantité d'acide utilisée et la quantité de gemme produite est d'environ 2‰ pendant une campagne de gemmage normale en Espagne (8 mois). L'abaissement de la durée de gemmage à 4 mois diminue de 40% la quantité de résine utilisée, à production de gemme équivalente.

Bénéfices pour la biodiversité :

Les entretiens réalisés régulièrement dans les peuplements gemmés favorisent le maintien d'une strate herbacée, au détriment d'autres plantes concurrentielles comme la fougère. Lorsque la sylviculture est adaptée au gemmage, la densité d'arbres est réduite et l'éclaircissement relatif au sol est plus important. Ces conditions favorisent la présence d'espèces végétales davantage héliophiles.

De façon plus générale, la conservation ou la mise en place du gemmage dans certaines pinèdes permet la présence d'une plus grande diversité de plantes vasculaires. Cette diversité existe grâce à l'hétérogénéité induite par l'existence de parcelles gemmées et non gemmées (José Miguel Montoya Oliver, 1998).

Production de déchets non recyclables :

Le gemmage nécessite l'utilisation de matériel réutilisable (pots de collecte, méthode Pica de corteza) ou non (sacs de collecte, méthode Biogemme). Toutes les méthodes de collecte évaluées impliquent l'usage de produits non recyclables en plastique. La quantité utilisée varie principalement en fonction de la méthode et de la quantité de résine collectée.

4.3 Critère social

Les indicateurs pouvant être classés dans le critère social ont été divisés en deux catégories. La première catégorie regroupe les indicateurs permettant la préservation ou l'amélioration de la qualité de vie et des conditions de travail des gemmeurs. La seconde catégorie d'indicateurs contribue à répondre aux demandes des citoyens et des consommateurs.

4.3.1 Conditions sociales

Rémunération du gemmeur :

Dans l'ensemble des régions de production prises en compte pour l'étude, la rémunération des gemmeurs est fixée en proportion de la quantité de gemme récoltée. Le niveau de rémunération dépend donc de la productivité de la technique employée, de l'expérience du gemmeur et des



caractéristiques du peuplement.

Pénibilité du travail du gemmeur :

La pénibilité du gemmage est différente d'une technique à l'autre. Les méthodes de gemmage mécanisées ont été considérées moins pénibles que la méthode Pica de corteza.

Bonne répartition du travail sur l'année :

En Espagne et au Portugal, l'activité du gemmage pendant une saison de production allant jusqu'à 9 mois permet la rémunération du travailleur sur l'année entière. Généralement, les gemmeurs n'exercent pas d'activité complémentaire. En France, le gemmage n'est pratiqué que pendant les 4 mois les plus chauds de l'année et il est donc nécessaire pour les gemmeurs d'exercer une ou plusieurs activités complémentaires.

Sur le plan social, il est préférable que le gemmage permette de générer des emplois sur l'année. Toutefois, cette situation peut être compromise par une éventuelle diminution du prix d'achat de la résine par les transformateurs.

Création d'emplois :

Le gemmage est une source d'emploi qui permet l'installation de populations en zones rurales, surtout lorsque l'activité permet d'assurer leur rémunération sur l'année. Le gemmage, lorsqu'il est réalisé uniquement pendant la période estivale, constitue davantage une activité complémentaire aux travaux sylvicoles.

Risques d'accidents pour le gemmeur :

Les principaux risques pour le gemmeur ne concernent pas les méthodes de collecte mais la forêt elle-même avec les risques d'incendies et de chutes de branches. Aucune différence n'a donc été notée pour cet indicateur entre les systèmes incluant la production de résine.

4.3.2 Demande sociétale

Perception positive par les locaux :

Le gemmage est mieux perçu dans les régions où l'activité est connue des populations locales. Dans ces zones de production (Castille-et-León, Portugal), les avantages du gemmage (création d'emplois, diminution des risques liés aux incendies ...) sont connus par les populations rurales.

Perception positive par les touristes :

Dans les régions où l'activité se développe ou se redéveloppe, les poches de collecte visibles sur les arbres ne font pas encore partie du paysage connu des touristes. On suppose une moins perception de ces derniers des méthodes de gemmage mécanisées (Borehole et Biogemme) mais le recul est encore insuffisant pour pouvoir l'affirmer avec certitude.

Contribution à l'identité culturelle et tradition :

Le maintien ou le développement du gemmage permet d'accroître la cohésion territoriale, de



préserver la vie des zones rurales, leur environnement naturel et leur patrimoine historique et culturel.

Compatibilité avec la chasse : La saison de chasse débute en septembre et coïncide donc avec la fin de la période de gemmage. De longues périodes de gemmage (8 mois) s'étendent davantage sur la période de chasse et sont donc moins compatibles avec cette activité. Même si les risques demeurent limités, on suppose que les poches de collecte (Borehole, Biogemme) sont davantage susceptibles d'être percées que les pots (Pica de corteza).

Qualité de la gemme :

Les techniques de gemmage en vase clos fournissent une gemme très pure, avec un taux de térébenthine élevé (COURAU, 1999). La qualité de la gemme obtenue est meilleure avec les techniques Borehole et Biogemme qu'avec la technique Pica de corteza.

5 Acteurs consultés pour l'analyse

La mise en œuvre de l'analyse multicritère avec la méthode Prométhée nécessite de consulter les acteurs de la filière considérée à deux reprises. Dans un premier temps, les systèmes de gemmage doivent être évalués en attribuant une note à chacun des indicateurs sélectionnés. Cette notation permet de définir les qualités de chacun des systèmes dont l'importance relative est ensuite évaluée lors d'un atelier. Au cours de cet événement qui fait une seconde fois appel aux acteurs de la filière, les critères ou indicateurs sont pondérés de différentes façons pour aboutir à un choix entre les systèmes étudiés.

5.1 Evaluation des systèmes de gemmage

Le tableau ci-dessous liste les 27 organismes auxquels appartiennent les 30 acteurs consultés pour l'évaluation des systèmes de gemmage. L'enquête a été proposée à un ou deux acteurs de chaque entreprise. Bien que les entreprises puissent exercer plusieurs activités, les relations de celles-ci avec le secteur de la gemme ont été résumées par une activité principale : gestion forestière, production de résine, transformation ou recherche. Les zones de production indiquées correspondent aux quatre régions de production de résine choisies pour être étudiées dans l'analyse multicritère : France, Castille-et-León, Portugal et Galice. La zone de production renseignée sur chaque ligne est celle qui est la plus connue des acteurs interrogés.

Organisme	Relation avec la résine	Zone de production
Rincón de la Vega S.A.L.	Production de résine	Castille-et-León
Asociación Nacional de Resineros	Production de résine	Castille-et-León
Federación de Asociaciones Forestales de Castilla y León	Gestion forestière	Castille-et-León
Groupement de Producteurs Forestiers du sud Gironde	Gestion forestière	France
Sociedad de Resinas Naturales, S.A.	Transformation	Castille-et-León
Industrial Resinera Valcan, S. A.	Transformation	Castille-et-León



United Resins – Produção de Resinas S.A.	Transformation	Portugal
Associação Florestal do Vale do Douro Norte	Gestion forestière	Portugal
Dirección General del Medio Natural de la Junta de Castilla y León	Gestion forestière	Castille-et-León
Essência Química – Resinas e Derivados	Transformation	Portugal
Resipinus - Associação de Destiladores e Exploradores de Resina	Transformation	Portugal
Geoterra (representante de Proença-a-Nova y Penela)	Recherche	Portugal
Holiste	Production de résine	France
Centre National de la Propriété Forestière	Gestion forestière	France
Office National des Forêts	Gestion forestière	France
CESEFOR	Recherche	Castille-et-León
Luresa Resinas	Production de résine	Castille-et-León
Junta de Castilla-y-León	Gestion forestière	Castille-et-León
Universidad Politécnica de Madrid	Recherche	Castille-et-León
Centro de Investigación Forestal de Lourizán	Recherche	Galice
Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária	Recherche	Portugal
Universidade de Lisboa	Recherche	Portugal
AGROGES	Recherche	Portugal
Instituto Superior de Agronomia	Recherche	Portugal
Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas	Gestion forestière	Portugal
European Forest Institute – Planted Forests Facility	Recherche	France
Asociación Forestal de Segovia	Gestion forestière	Castille-et-León

Tableau 4 : Liste des entreprises représentées par des acteurs consultés

Sur les diagrammes circulaires suivant, les acteurs sont classés en fonction de la principale zone de production connue et de leur relation avec le secteur de la gemme.



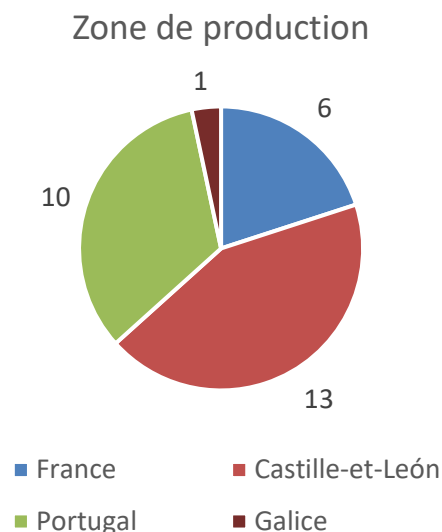


Figure 9 : Nombre d'acteurs consultés par zone de production pour l'évaluation des systèmes de gemmage

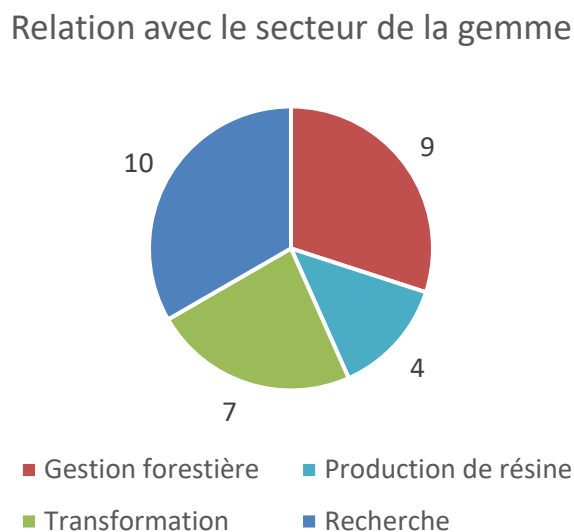


Figure 10 : Nombre d'acteurs consultés en fonction de leur relation avec le secteur de la gemme pour l'évaluation des systèmes de gemmage

En Galice, la production de résine avec la méthode Borehole est réalisée à titre expérimental. Cela explique le faible nombre d'acteurs consultés dans cette région. Le faible nombre d'acteurs interrogés en Galice est compensé par la consultation de davantage d'acteurs en France, où les conditions de production et les enjeux sont comparables.

D'avantage d'acteurs espagnols ont été interrogés car c'est dans ce pays que la production de résine est la plus importante.

La question de la durabilité des systèmes de gemmage concerne l'ensemble des acteurs de la filière. La catégorie des chercheurs est surreprésentée dans l'analyse car ce sont les acteurs qui connaissent le mieux les différences existantes entre systèmes de production.

Les évaluations individuelles des systèmes de gemmage ont été synthétisées en une unique évaluation présentée en annexe (*Annexe 1 – Evaluation des systèmes de gemmage retenue dans l'analyse multicritère*).

5.2 Pondération des indicateurs

De la même façon que pour l'évaluation des systèmes de gemmage, les relations de chaque acteur avec le secteur de la gemme ont été résumées à une activité principale. A la différence de l'évaluation des systèmes, la catégorie des acteurs territoriaux a été ajoutée. Cette distinction supplémentaire a paru pertinente dans la mesure où un nombre plus important d'acteurs étaient présent au cours de l'atelier (68 personnes) qu'à l'évaluation des systèmes (27 personnes) et que davantage d'acteurs du territoire étaient présents. La liste des participants à l'atelier de pondération des indicateurs est disponible en annexe 2.



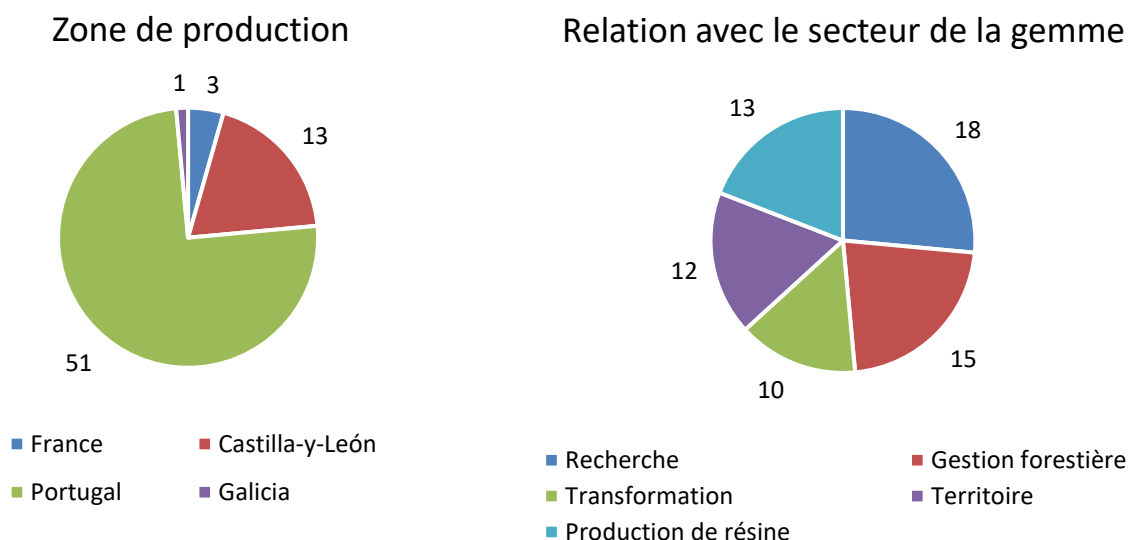


Figure 11 : Nombre d'acteurs consultés par zone de production pour la pondération des indicateurs

Figure 12 : Nombre d'acteurs consultés en fonction de leur relation avec le secteur de la gemme pour la pondération des indicateurs

Les acteurs portugais sont surreprésentés par rapport à l'importance qu'ils devraient occuper dans la pondération des indicateurs. L'atelier s'étant déroulé au Portugal, les acteurs portugais ont eu davantage de facilité à se rendre à la conférence. Les acteurs ayant des connaissances sur le gemmage tel qu'il est pratiqué en Castille-et-León sont plus nombreux que ceux de France et de Galice car le gemmage s'est maintenu dans cette zone de production.

La distinction des acteurs en fonction de leur relation avec le secteur de la gemme fait apparaître une bonne répartition entre catégories. La présence d'acteurs du territoire est susceptible de limiter la variabilité des résultats car les intérêts de cette catégorie devraient, par essence, correspondre à ceux de l'ensemble de la filière.

6 Interprétation des résultats

6.1 Analyse multicritère globale

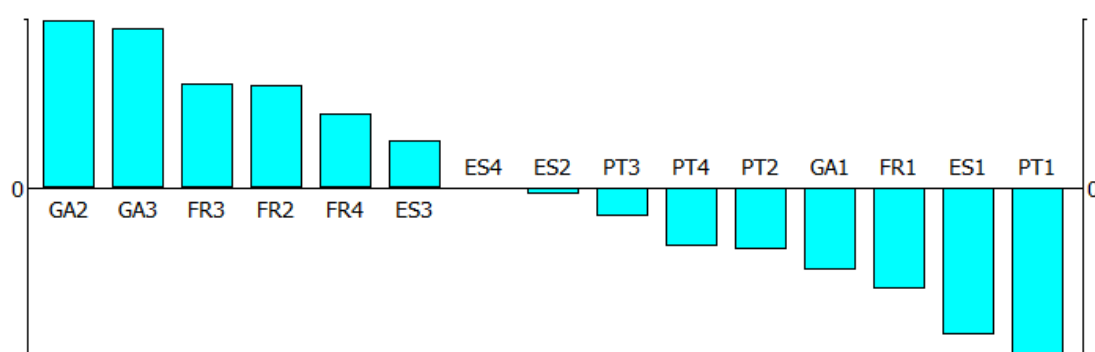


Figure 13 : Classement des scénarios de gemmage avec l'outil *Walking Weights* de *Prométhée* lorsque les critères ont tous une importance égale, en considérant tous les indicateurs retenus



6.1.1 France

Si on accorde une importance égale (pondération = 33%) aux trois critères de durabilité (économique, environnemental et social), les scénarios retenus pour la France sont classés dans l'ordre :

- **FR3>FR2>FR4>FR1.**

En France, la possibilité de développement du gemmage est principalement conditionnée par la rentabilité économique de l'activité. Les acteurs du gemmage en France accordent donc une plus grande importance au critère économique, notamment au travers de l'indicateur du BASI.

Si on accorde une plus grande importance aux indicateurs économiques au travers de la pondération, le scénario FR3 reste celui qui est sélectionné. Ce scénario présente les avantages suivants :

- Bonne efficacité de la main d'œuvre du gemmage ;
- Maximisation du BASI ;
- Vulnérabilité aux incendies réduite ;
- Meilleure rémunération du gemmeur.

Toutefois, on s'orientera vers le scénario FR4 si on souhaite accorder une plus grande importance aux risques liés aux tempêtes sans trop détériorer le BASI.

6.1.2 Castille-et-León

Si on accorde une importance égale (pondération = 33%) aux trois critères de durabilité (économique, environnemental et social), les scénarios retenus pour la région de Castille-et-León sont classés dans l'ordre :

- **CA3>CA4>CA2>CA1.**

Le scénario CA3 sélectionné présente les avantages suivants :

- Bonne efficacité de la main d'œuvre de gemmage ;
- Vulnérabilité aux incendies réduite ;
- Meilleure rémunération du gemmeur ;
- Bonne potentialité de création d'emplois ;
- Bonne compatibilité avec la chasse ;
- Dommages pour l'environnement liés à l'utilisation d'actifs réduits.

Dans la région espagnole de Castille-et-León, les acteurs du gemmage accordent davantage d'importance au critère social que dans les autres régions étudiées. Toutefois, il est impossible d'atteindre un optimum unique en augmentant l'importance de l'ensemble des critères sociaux.

Si on accorde le plus d'importance à la bonne répartition du travail le long de l'année ainsi qu'à la préservation de l'identité culturelle et de la tradition, alors les scénarios CA4 et CA2 seront privilégiés. En revanche, il on préfère accorder davantage d'importance à la rémunération des



gemmeurs et à la création d'emplois, le scénario CA3 sera sélectionné.

Le scénario CA3 se différencie du scénario CA2 par la campagne de gemmage réduite à 4 mois. Bien que le raccourcissement de la campagne de gemmage permette d'augmenter la productivité horaire, cette perspective n'est envisageable que si les gemmeurs exercent une ou plusieurs activité(s) complémentaire(s) au cours de l'année. Si la possibilité d'exercer des activités complémentaires au gemmage est inexistante, alors l'effet est inverse et la désertification des zones rurales est favorisée.

6.1.3 Portugal

Si on accorde une importance égale (pondération = 33%) aux trois critères de durabilité (économique, environnemental et social), les scénarios retenus pour le Portugal sont classés dans l'ordre :

- **PT3>PT4>PT2>PT1.**

Comme pour le scénario Castilla-léonais CA3, le scénario PT3 sélectionné présente les avantages suivants :

- Bonne efficacité de la main d'œuvre de gemmage ;
- Vulnérabilité aux incendies réduite ;
- Meilleure rémunération du gemmeur ;
- Bonne potentialité de création d'emplois ;
- Bonne compatibilité avec la chasse ;
- Dommages pour l'environnement liés à l'utilisation d'actifs réduits.

Au Portugal, les feux croissants en nombre de départs et en surface incendiée affectent les populations et les possibilités de gemmage. Dans ce pays, les acteurs de la résine accordent donc une grande importance au critère de la vulnérabilité au feu.

Si on accorde davantage d'importance à ce critère qu'aux autres, le classement des scénarios de gemmage ne change pas et le scénario PT3 demeure sélectionné.

6.1.4 Galice

Si on accorde une importance égale (pondération = 33%) aux trois critères de durabilité (économique, environnemental et social), les scénarios retenus pour la région de Galice sont classés dans l'ordre :

- **GA2>GA3>GA1**

A la différence de la région de Castille-et-León, la Galice ne possède pas une tradition de gemmage et les forêts ont essentiellement pour fonction la production de bois. Les potentialités de développement du gemmage dépendent donc principalement de la rentabilité économique de l'activité. C'est donc le critère économique qui a le plus retenu l'attention des acteurs présents.

Si une plus grande importance est accordée aux indicateurs relevant du critère économique,



alors le scénario GA3 est sélectionné. Ce scénario présente les avantages suivants :

- Maximisation du BASI ;
- Meilleure rémunération du gemmeur.

6.2 Sélection d'indicateurs

L'analyse multicritère réalisée avec l'ensemble des indicateurs retenus met en évidence la prépondérance de certains d'entre eux. Un faible nombre d'indicateurs apparaissent comme vecteurs d'importantes différences entre systèmes :

- Critère économique
 - Efficacité de la main d'œuvre de gemmage
 - BASI
- Critère environnemental
 - Vulnérabilité au feu
 - Dommages aux écosystèmes liés à l'utilisation de produits chimiques pour l'activation des cares
- Critère social
 - Rémunération du gemmeur
 - Création d'emploi

La réalisation d'une nouvelle analyse multicritère avec ce groupe réduit d'indicateurs aboutit à la classification suivante, lorsque qu'une importance égale est accordée aux critères :

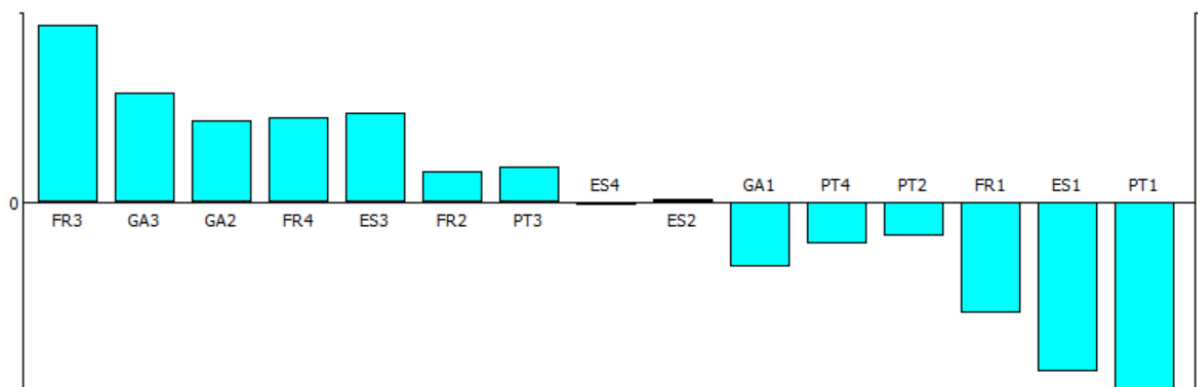


Figure 14 : Classement des scénarios de gemmage avec l'outil *Walking Weights* de *Prométhée* lorsque les critères ont tous une importance égale, en considérant un groupe réduit d'indicateurs

6.2.1 France

Si on accorde une importance égale (pondération = 33%) aux trois critères de durabilité (économique, environnemental et social), les scénarios retenus pour la France sont classés dans l'ordre :

- FR3>FR4>FR2>FR1.

Contrairement à la classification obtenue lors de l'analyse multicritère réalisée avec l'ensemble



des indicateurs, le scénario FR2 est classé après le scénario FR4.

Ce classement avec un nombre réduit d'indicateurs semble davantage pertinent car il prend mieux en compte l'importance du critère économique pour les acteurs. Le scénario FR2 est nettement moins intéressant du point de vue économique que le scénario FR4.

6.2.2 Castille-et-León et Portugal

Si on accorde une importance égale (pondération = 33%) aux trois critères de durabilité (économique, environnemental et social), les scénarios retenus pour la région de Castille-et-León et pour le Portugal sont classés dans les ordres :

- CA3>CA4>CA2>CA1
- PT3>PT4>PT2>PT1

Ces classifications correspondent à celles obtenues lors de l'analyse multicritère réalisée avec l'ensemble des indicateurs.

6.2.3 Galice

Si on accorde une importance égale (pondération = 33%) aux trois critères de durabilité (économique, environnemental et social), les scénarios retenus pour la région de Galice sont classés dans l'ordre :

- GA3>GA2>GA1

Contrairement à la classification obtenue lors de l'analyse multicritère réalisée avec l'ensemble des indicateurs, le scénario GA2 est classé après le scénario GA3.

Ce classement avec un nombre réduit d'indicateurs semble davantage pertinent car il prend mieux en compte l'importance du critère économique pour les acteurs. Le scénario GA3 est plus intéressant du point de vue économique que le scénario GA2.

6.3 Discussion

Le choix du meilleur scénario de gemmage pour chacune des régions de production n'est pas figé mais donne une image des principales tendances. Comme à l'issue de toute analyse multicritère, les résultats obtenus seront susceptibles de changer avec le temps en fonction d'un certain nombre de paramètres.

L'activité de gemmage en Europe évoluera dans les années à venir en raison des fluctuations du prix de la résine sur le marché international, du développement des techniques de production et de l'intérêt croissant de la société pour les produits d'origine biosourcée.

Ainsi, le groupement d'acteurs concerné sera amené à changer dans sa constitution, sa représentation et également sa perception. De la même façon, les indicateurs retenus évolueront avec l'obtention de références scientifiques et la variation de leur utilité.

Une importance particulière devra être accordée aux indicateurs utilisés pour la seconde analyse multicritère (voir partie 6.2). Ces indicateurs présentent une importance majeure pour le développement du gemmage en Europe.



Conclusion et perspectives

Les critères de choix des scénarios de gemmage varient d'une région à l'autre en fonction des conditions de production et des acteurs de la filière. Dans la péninsule Ibérique, les qualités sociales des systèmes de gemmage ont une grande importance car l'activité est traditionnelle, surtout en Castille-et-León. L'extraction de résine y a constitué pendant plus d'un siècle une activité fondamentale dans l'économie rurale, avec des effets positifs sur la conservation des forêts de pins et les modes de vie qui y sont associés (Hernández, 2009).

Au Portugal, le critère environnemental prend une importance plus grande que dans les autres zones de production en raison des feux de forêt. Enfin, en Galice et en France, les aspects économiques sont prioritaires pour le développement de l'activité en complément de la production de bois.

En Castille-et-León et au Portugal, le secteur de la résine naturelle a connu d'importants changements au cours des deux dernières décennies. L'augmentation du prix d'achat de la résine par les transformateurs a permis de générer des emplois en zones rurales, en période de chômage élevé. La rentabilité économique de l'activité a été atteinte mais cette situation est conditionnée par le prix de vente de la résine sur le marché international. La diminution du prix de la résine entraînerait le déclin de l'activité si les externalités positives du gemmage ne sont pas considérées au travers de subventions, qui pourraient notamment se justifier au titre de la protection des forêts contre les incendies. Dans cette perspective défavorable, le maintien du gemmage dépendrait de la forme de travail des gemmeurs et de la rentabilité de leur production.

Le basculement du métier depuis l'entrepreneuriat vers des contrats de travail limités à des campagnes de gemmage réduites pourrait être un moyen d'améliorer la rentabilité du gemmage à l'échelle du système, tout en sécurisant des emplois. Toutefois, une telle mesure irait à l'encontre des traditions et de l'installation durable des populations en zones rurales s'il n'y existe pas d'activité(s) complémentaire(s) au gemmage.

La mécanisation du travail permettrait d'augmenter l'efficacité de la main d'œuvre en Castille-et-León et au Portugal. Aujourd'hui, cette option n'est pas acceptée par les gemmeurs, faute de connaissances sur les méthodes de gemmage mécanisées, du poids de la tradition et de l'absence d'adaptation du reste de la filière au gemmage en vase clos.

Ces exemples de perspectives pourraient permettre d'assurer une meilleure rémunération aux gemmeurs et de générer des emplois, qui seraient néanmoins différents en termes de pénibilité et de forme de travail. Le développement de l'activité sous cette forme permettrait de maintenir ou d'accroître le rôle de surveillance des incendies que jouent les gemmeurs.

En France et en Galice, les questions de préservation de l'emploi et des traditions ne se posent pas car l'activité est en phase de développement. Dans ces zones de production, la rentabilité économique de l'activité est prioritaire. Les méthodes de gemmage privilégiées sont mécanisées et il existe des potentialités de maximisation du BASI au travers de l'adaptation de la sylviculture pour combiner la production de bois au gemmage.



Glossaire

Taux d'actualisation : Taux fixé afin de prendre en compte la valeur temporelle de l'argent : la préférence pour la jouissance immédiate et l'aversion au risque. En sylviculture, ce taux est généralement fixé à 3%. *Anglais :* discount rate. *Espagnol :* tasa de descuento.

Gemmage : Opération qui consiste à inciser le tronc d'un pin pour en recueillir la résine. *Synonymes :* amasse (Landes), résinage. *Anglais :* pine tapping, resin extraction. *Espagnol :* resinación.

Gemmage à vie : Collecte modérée de résine sur un arbre permettant une récolte sur de nombreuses années. *Anglais :* light continuous tapping. *Espagnol :* resinación a vida

Gemmage à mort : Collecte maximale de résine sur un arbre durant les années précédant l'abattage par l'ouverture de nombreuses cares. *Anglais :* heavy tapping, tapping to death. *Espagnol :* resinación a muerte

Care : La care est le nom donné dans les Landes de Gascogne à une entaille faite au tronc du pin maritime pour en extraire la résine lors du gemmage. *Anglais :* notch. *Espagnol :* cara.

Colophane : La colophane est le résidu solide obtenu après distillation de la gomme récoltée à partir d'arbres résineux. *Anglais :* Rosin. *Espagnol :* colofonia.

Oléorésine : sécrétion naturelle récoltée à partir d'arbres résineux lors du gemmage. *Anglais :* oleoresin. *Espagnol :* oleorresina.

Essence de térébenthine : huile essentielle obtenue par purification puis par distillation de térébenthine, une oléorésine récoltée à partir d'arbres résineux. *Anglais :* turpentine. *Espagnol :* trementina.

Activation : Application d'une solution sur une care afin de freiner la cicatrisation des tissus et ainsi provoquer une accumulation d'oléorésine au niveau du cambium. L'acide sulfurique est l'activant le plus utilisé. *Synonyme :* stimulation. *Anglais :* stimulation. *Espagnol :* estimulación.



Bibliographie

- Aida Rodríguez-García, R. L. (2013, Octobre 29). Resin yield in *Pinus pinaster* is related to tree dendrometry, stand density and tapping-induced systemic changes in xylem anatomy. *Forest Ecology and Management*.
- COURAU, C. (1999). *La relance du gemmage en forêt de Gascogne*. Cressé, France: Editions des Régionalismes.
- F. Colin, P. R.-N. (2009). Relations entre résistance au vent, descripteurs du peuplement et sylviculture. *Innovations Agronomiques*(6), 39-49.
- Hale, S., Nicoll, B., & Gardiner, B. (n.d.). ForestGALES - A wind risk decision support tool for forest management in Britain: UserManual, Version 2.5. Forestry Commission. Retrieved from <https://www.forestry.gov.uk/forestgales>
- Hanitra Rakotoarison, P. C. (2015, Juin). Plantations résineuses en conditions forestières : analyse économique des itinéraires dédiés et semi-dédiés pour augmenter la production de bois. (AgroParisTech, Ed.) *Revue Forestière Française*, LXVII, pp. 515-538.
- Hernández, L. (2009). *La profesión de resinero; el ocaso de un oficio centenario*. (M. d. Marino, Ed.) Madrid, Espagne: Centro de Publicaciones.
- J.P. Brans, P. V. (1986). How to select and how to rank projects: The Promethee method. (P. 2. Vrije Universiteit Brussel, Ed.) *European Journal of Operational Research*(24), pp. 228-238.
- José Miguel Montoya Oliver, A. T. (1998). Repercusiones ambientales de la resinación. *Primer simposio de aprovechamiento de resinas naturales. Actas científicas*.
- Langenheim, J. H. (2003). *Plant Resins. Chemistry, Evolution, Ecology, and Ethnobotany*. Timber Press.
- Rodríguez García, A., López Rodríguez, R., Ortuño Pérez, S., & Soliño Millán, M. (n.d.). Marco teórico para la evaluación de los servicios ecosistémicos asociados al pinar en resinación. *6° Congreso Forestal Español*, 2-13.
- Roy, B. (1974, January-February). Critères multiples et modélisation des préférences (L'apport des relations de surclassement). *Revue d'économie politique*, 84(1), pp. 1-44.
- Waaub, J.-P. (2012). Aide multicritère à la décision comme outil de mise en oeuvre de l'EE. In E. d. SIFEE-IEPF (Ed.), (pp. 73-85).
- Ward Gauthier, N., E. Fountain, W., & Missun, T. (2015). *Tree Wounds - Invitations to Wood Decay Fungi*. Plant Pathology Fact Sheet, University of Kentucky college of agriculture, food and environment, Cooperative extension service.



Annexe 1 – Evaluation des systèmes de gemmage retenue dans l'analyse multicritère

Indicateur	Système														
	FR1	FR2	FR3	FR4	ES1	ES2	ES3	ES4	PT1	PT2	PT3	PT4	GA1	GA2	GA3
BASI (quantitatif)	3660	3473	9317	5451	326	4326	4437	5646	143	1840	1565	3353	8407	9210	11348
Impact du gemmage sur la qualité du bois	1	3	3	3	1	7	7	6	1	8	8	7	1	1	1
Efficacité de la main d'œuvre de gemmage	5	7	9	8	5	3	6	5	5	3	6	5	5	10	10
Diversification des produits (trituration, bois d'oeuvre, gemme)	2	9	6	7	2	8	8	6	2	8	8	6	2	9	9
Régularité des revenus annuels tout le long de la révolution	2	8	7	6	3	8	8	6	3	7	7	6	2	8	7
Vulnérabilité aux tempêtes	3	2	9	3	3	7	7	3	3	7	7	3	3	1	3
Vulnérabilité aux pathogènes	3	5	5	5	3	7	7	7	3	7	7	7	3	5	5
Vulnérabilité au feu	5	3	2	4	6	1	1	3	7	1	1	3	5	4	4
Dommages aux écosystèmes liés à l'utilisation de produits chimiques pour l'activation des cares	1	4	3	3	1	8	7	9	1	8	7	9	1	5	5
Bénéfices pour la biodiversité	2	7	5	4	3	9	9	7	3	9	9	7	2	5	5
Production de déchets non renouvelables	1	8	7	6	1	8	9	7	1	8	9	7	1	7	7
Rémunération du gemmeur	1	7	9	8	1	8	10	7	1	8	10	7	1	6	7
Pénibilité du travail du gemmeur	1	4	4	4	1	7	7	7	1	7	7	7	1	5	5
Bonne répartition du travail sur l'année	1	4	4	4	1	8	4	8	1	8	4	8	1	3	3
Création d'emplois	1	7	7	7	1	8	10	7	1	8	10	7	1	6	6
Risques d'accidents pour le gemmeur	1	6	6	6	1	6	6	6	1	6	6	6	1	6	6
Perception positive par les locaux	5	7	7	7	4	9	9	9	4	9	9	9	5	7	7
Perception positive par les touristes	5	4	4	4	5	7	7	7	5	7	7	7	5	4	4
Contribution à l'identité culturelle et tradition	3	6	6	6	3	9	8	9	2	9	8	9	4	5	5
Compatibilité avec la chasse	8	5	5	5	8	4	6	4	8	4	6	4	8	5	5
Qualité de la gemme	1	10	10	10	1	7	7	7	1	7	7	7	1	10	10

Tableau 5 : Evaluation des systèmes de gemmage retenus dans l'analyse multicritère

Annexe 2 – Liste des participants à l’atelier de pondération des indicateurs

Nom	Institution	Relation avec le secteur de la gemme	Zone de production
Aída Rodríguez García	UPM	Recherche	Castilla-y-León
Alexandra Ricardo	Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, IP - ICNF	Gestion forestière	Portugal
Alvaro Picardo Nieto	Junta de Castilla y León	Territoire	Castilla-y-León
Amélia Maria Viegas Palma	INIAV, IP	Recherche	Portugal
Ana Filipa Brites de Abreu Lopes	Geoterra Estudos e Serviços Integrados, Lda.	Recherche	Portugal
Ana Sofia Frescata dos Santos Joaquim	SOCIDESTILDA	Transformation	Portugal
Angela Garcia de Arana	Cesefor	Territoire	Castilla-y-León
António Gil Martins Dias		Territoire	Portugal
António Louro	Município de Mação	Territoire	Portugal
António Mendes Ferreira	United Resins - Produção de Resinas SA	Transformation	Portugal
António Salgueiro	Resipinus	Production de résine	Portugal
António Zamora de Pedro	Resinas Navas de Oro	Transformation	Castilla-y-León
Ariolindo Santos	Socidestilda	Transformation	Portugal
Burno Nunes	Município de Penela	Territoire	Portugal
Cátia Antunes	SerQ	Recherche	Portugal
Christophe Orazio	European Forest Institute	Recherche	France
Armand Clopeau	European Forest Institute	Recherche	France
Cristina Nunes	Município da Sertã	Territoire	Portugal
Cristina Santos	Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, IP - ICNF	Gestion forestière	Portugal
Custódio Sousa Henriques	Freguesia de Seiça	Territoire	Portugal
Daniel Lopez Palomares	I & D Ferjojusa Segovia	Recherche	Castilla-y-León

Domingos Patacho	Quercus - ANCN	Gestion forestière	Portugal
Enrique Martínez Chamorro	Centro de Investigación Forestal de Lourizán	Recherche	Galicia
Filipe heitor	Trabalhador independente	Production de résine	Portugal
Garcia	Freguesia de Seiça	Territoire	Portugal
Hilário Costa	Resipinus	Production de résine	Portugal
Hugo dias	Associação de Produtores Florestais de Proença-a-Nova	Gestion forestière	Portugal
Hugo Miguel Knoblich Esteves Lopes	Geoterra Estudos e Serviços Integrados, Lda.	Recherche	Portugal
Ignacio Bodega Calle	Resinas Alfonso Criado	Transformation	Castilla-y-León
Isabel Carrasquinho	INIAV	Recherche	Portugal
Isabel Cristina da Costa Rebelo Gomes Rosa	Geoterra Estudos e Serviços Integrados, Lda.	Recherche	Portugal
Javier Calvo Simón	Fundación CeseFor	Gestion forestière	Castilla-y-León
João Lobo	Município de Proença-a-Nova	Territoire	Portugal
Joao Silva	Companhia Agricola de Apostiça	Production de résine	Portugal
Jorges Lopes	União de freguesias de Rio de Couros e Casal dos Bernardos	Territoire	Portugal
José Angel Astorga Ruiz	Resinas Navas de Oro	Transformation	Castilla-y-León
José Bernardino Cardoso Dias	Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, IP - ICNF	Gestion forestière	Portugal
Juan António	Riesco	Production de résine	Castilla-y-León
Lourdes Sanchez-Arjona Valls	Revista Tierra de Pinares	Production de résine	Castilla-y-León
Luís Esteves	Aflomação	Gestion forestière	Portugal
Luis Vaz Freire	CERTIS	Gestion forestière	Portugal
Maria Manuela Simões Ferraz	Município de Penela	Territoire	Portugal
Nuno Gomes Lopes	Alvamater	Gestion forestière	Portugal



Núria Garcia Forner	Centre for Functional Ecology, Sciences for the People and the Planet, Department of Life Sciences, Universidade de Coimbra	Recherche	Portugal
Olga González Raposo	FAFCYLE	Gestion forestière	Castilla-y-León
Paula Soares	Instituto Superior Agronomia	Recherche	Portugal
Paulo Verdasca	Aimmp - Associação das Indústrias de Madeira e Mobiliário de Portugal	Gestion forestière	Portugal
Pedro Joaquim de Sousa Alvim Calado Cortes	Geoterra Estudos e Serviços Integrados, Lda.	Recherche	Portugal
Pedro Reis	INIAV	Recherche	Portugal
Raquel Ribeiro Alves	Aproflora - Associação de Produtores Florestais e Agrícolas da Zona do Pinhal	Production de résine	Portugal
Ricardo Manuel Dias Pereira	CELPA - Associação da Indústria Papeleira	Gestion forestière	Portugal
Rogério Marques	Respol Resinas S.A.	Transformation	Portugal
Rosana López Rodríguez	UPM	Recherche	Castilla-y-León
Rui Santos	United Resins - Produção de Resinas SA	Transformation	Portugal
Santiago Michavila	UMP	Production de résine	Castilla-y-León
Silvino Alves Salgueiro	Florecho Forest Solutions S.A.	Gestion forestière	Portugal
Sofia Cardoso	ISA	Recherche	Portugal
Sónia Martins	AFLOSOR - Associação dos Produtores Agro-florestais da Região de Ponte de Sor	Production de résine	Portugal
Thibaut Lemaire	Resin producer	Production de résine	France
Luís Matias	Presidente da Camara Municipal de Penela	Territoire	Portugal



Viriato Garcez	Instituto de Conservação da Natureza e das Florestais	Gestion forestière	Portugal
Marta Corella	Comissão de Municípios florestais	Gestion forestière	Portugal
Fransisco Gomes da Silva	Agroges	Recherche	Portugal
Miguel Marques	Resipinus	Production de résine	Portugal
Diamantino Malho	Diamantino Malho	Transformation	Portugal
Amilcar Aleixo	Proresina	Production de résine	Portugal
Marco Aleixo	Proresina	Production de résine	Portugal
Luís Carpalhoso	Costa & Irmãos	Transformation	Portugal

