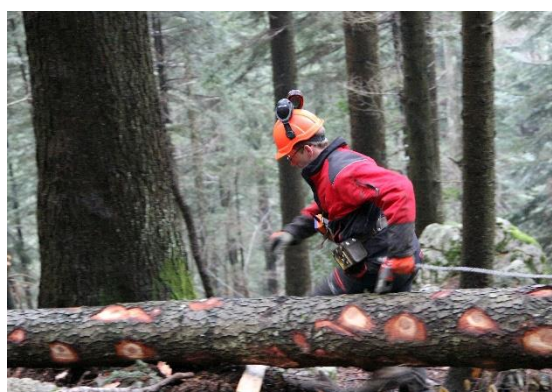




L'innovation organisationnelle des chantiers forestiers en montagne

Plan d'Exploitation Concerté Territorial incluant forêt privée – forêt publique

GORALSKI MAXIME

Domaine d'Approfondissement Gestion Forestière

Février - Août 2016

Source photo couverture : FCBA

L'innovation organisationnelle des chantiers forestiers en montagne

Plan d'exploitation concerté territorial incluant forêt privée et forêt publique

Résumé

Le développement d'un système de débardage par ballon permet de répondre à l'objectif de produire plus de bois en préservant mieux l'environnement. De façon complémentaire à cette innovation technologique, on s'est intéressé au développement d'une innovation organisationnelle pour réunir les conditions nécessaires à la récolte de bois supplémentaire en montagne.

La mutualisation (public/privé) et la massification de l'offre de bois ont été identifiées comme des leviers pertinents pour y parvenir

Un consortium représentant les acteurs de l'exploitation forestière a été réuni pour définir les critères du chantier « idéal ». Nous avons ensuite collectivement réfléchi à une méthodologie d'organisation des acteurs qui permette de réaliser un chantier mutualisé et massifié suivant ces critères.

La démarche ainsi proposée place le territoire d'accueil du chantier dans une position centrale pour encadrer et mettre en œuvre le projet de récolte. La méthodologie crée également des conditions d'équilibre entre les acteurs (respect contractuel des attentes de chacun, juste répartition de la valeur ajoutée). Elle permet de développer la confiance et met les propriétaires dans les meilleures dispositions pour l'exploitation forestière.

Un projet d'exploitation mutualisé et massifiée adapté au débardage par ballon sous-entend un chantier de récolte inhabituel en termes de surface, de volume et de durée. L'impact d'un tel prélèvement sur la forêt est un facteur de crainte qui peut conduire les acteurs à rejeter le projet d'exploitation. Pour sécuriser l'acceptation de cette innovation ; Il nous est donc apparu fondamental d'envisager l'impact potentiel d'une telle opération de récolte sur le plan paysager et sanitaire (scolyte). Après avoir identifié les facteurs de risque scolyte grâce à la littérature scientifique et l'expertise d'usage, nous avons identifié les pratiques à mettre en œuvre sur un chantier pour limiter le risque scolyte. Nous avons ensuite travaillé sur la modification du paysage suite à un chantier forestier de grande envergure. Pour se faire nous avons posé les bases d'un outil informatique de simulation d'impact paysager

Abstract

Tethered balloon logging enables to increase forest exploitation while preserving better the environment but it requires large scale timber yards. Thus, this technological innovation implies to find a new way to conceive and organize forest exploitation. We tried to find an organization that would enable to reach more efficiency in mountain forestry operation.

Pooling of private and public properties and massification of timber offer have been identified as key concepts.

We first gathered a consortium of actors to identify the characteristics of a successful operation according to different point of views. Then we identified a methodology for large scale operation which takes these characteristics into account. In that new organization, local public authorities take a leadership position to ensure the consideration of public interest and a balance between contradictory expectancies. The methodology enables to share the benefits of massification throughout the supply chain. Eventually, this way to proceed develops competence and confidence between actors.

A large scale timber yard with extensive timber harvest raises issues of environmental impacts. The fear of these impacts could lead some actors to dismiss the project. To address that issue we need to assess the impacts, and find how they can be reduced. We assessed the consequences such an operation could have on both landscape and bark beetle attacks. Through literature review and interviews of experts, we identified some logging practices that could be set up to decrease the risk of bark beetle attack. We then developed a computer program to assess landscape modification after large scale logging operations.

Remerciements

Au terme de ces six mois de stages, je tiens à témoigner toute ma gratitude et mon amitié à l'ensemble des personnes qui ont rendu cette expérience si passionnante.

En premier lieu je pense évidemment à Francis Bigot de Morogues pour son implication sans faille, sa bienveillance et la justesse de ses commentaires.

Paul Magaud, de par sa bonne humeur, son expertise et ses précieux conseils, a également fortement contribué à la qualité de mon expérience à la délégation sud-est du FCBA.

Qu'en aurait-il été si ce n'était Thomas Carette et ses compétences en informatique ? Je te souhaite bon courage pour la reprise en main de l'outil de simulation paysagère !

Merci à l'ensemble des partenaires du projet PECT-in pour leur bonne humeur et la dynamique qu'ils ont su insuffler au projet. Je n'oublierai pas leur entrain sans faille au cours de nos réunions « marathon ».

Je suis extrêmement reconnaissant à l'ensemble des personnes qui ont contribué à l'enquête « scolyte ».

Merci à Max Brucciamachie, tuteur de stage

Merci à Alain Thivolle-Cazat pour les blagues, les chansonnettes et autres drôleries (mais aussi pour les données IFN !)

Merci à Stéphane, Jérôme, Annick pour leur accueil chaleureux et bonne humeur, toujours de rigueur autour de la machine à café !

Que serais-je devenu si Christophe ne m'avait pas cédé son bureau ? (promis, je le range avant de partir !)

Merci à Thierry pour sa science sur l'apiculture et sa spiritualité.

Merci aux abeilles pour nous avoir si souvent distrait avec leurs essaimages à répétition et le bon miel qu'elles vont fournir.

Merci à Blanche, pour son entrain et sa précieuse aide en SIG.

Merci à Kevin, compère de stage et de bureau ; Un jeune homme « *habile* » qui par ses stratagèmes de sudiste, aura su maintenir une température clémente dans le bureau malgré le cagnard Grenoblois. Je n'oublierai pas notre collaboration étroite et efficace pour PECT in : un duo de choc ! En revanche je ne sais pas si je dois te remercier pour tes pronostics de Football... En tout cas je compte sur toi pour me donner des nouvelles de Nath ! A bon entendeur, salut !

Enfin, merci à mes chers Colocataires, Romain et Faustine, pour ce si bon temps passé à Grenoble en leur compagnie.

TABLE DES MATIERES

1	Introduction	6
1.1	Contexte : Les problématiques multiples des forêts de montagne	6
1.1.1	Les forêts de montagne : une ressource en bois conséquente mais pas toujours exploitable	6
1.1.2	Des moyens d'exploitation spécifiques à la montagne mais limités sur le plan technique	6
1.1.3	Une forêt privée morcelée et des propriétaires parfois peu enclins à l'exploitation forestière	7
1.1.4	Les sylvicultures en montagne doivent répondre à une diversité d'enjeux	7
1.2	Le ballon de débardage : une innovation technique qui appelle une innovation organisationnelle	8
1.2.1	Principe de fonctionnement	8
1.2.2	Implications pour un chantier adapté au débardage par ballon	10
1.2.3	Etat des lieux de développement du système	12
1.3	Le projet <i>PECT in</i> : une innovation organisationnelle pour des chantiers mutualisés massifiés	13
1.3.1	Objectifs et périmètre du projet <i>PECT in</i>	13
1.3.2	Objectifs du stage	14
2	Méthodologie	16
2.1	Méthodologie de création de la démarche <i>PECT in</i>	16
2.1.1	Une réflexion Concertée	16
2.1.2	Trois phases de réflexion	16
2.1.3	Les critères du chantier idéal	17
2.1.4	Contribution à la démarche	19
2.2	Méthodologie de l'étude du risque scolyte	20
2.2.1	Les forêts de montagne sont prédisposées au risque scolyte	20
2.2.2	Un risque scolyte difficile à appréhender	20
2.2.3	Etat des lieux des connaissances théoriques par une étude bibliographique	21
2.2.4	Recueillir l'expertise d'usage pour identifier des facteurs de risques liés aux chantiers	21
2.3	Méthodologie pour l'analyse de sensibilité paysagère	23
2.3.1	Rejet d'une approche « sociologique »	23
2.3.2	Choix d'une approche informatique de simulation	23
2.3.3	Développement de l'outil sous R	25
3	La démarche <i>PECT in</i>	28
3.1	Préambule	28
3.2	Phase d'élaboration du projet de territoire	30
3.2.1	Donner un rôle central au territoire	30
3.2.2	Obtenir un prix unique par unité de produit pour le bois public et privé	30
3.2.3	Mettre les propriétaires dans les meilleures dispositions pour l'exploitation forestière	31
3.3	Phase de contractualisation	33
3.3.1	Mettre les exploitants en concurrence pour obtenir les meilleurs prix pour le bois	33
3.3.2	Contractualiser le projet de territoire pour assurer l'équilibre entre les acteurs	33
3.3.3	Etablir des contrats de vente avec chaque propriétaire pour sécuriser les conditions de la transaction ³⁴	

3.3.4	Déterminer l'offre de bois privé dans le cadre du projet de territoire	34
3.3.5	L'exploitant contractualise avec un ETF	36
3.4	Phase exploitation.....	36
3.4.1	Réaliser l'abattage, le débardage et le tri des produits sur la plateforme de stockage	36
3.4.2	Réceptionner les bois sur le chantier.....	36
3.4.3	Disposer des produits et des services sur la plateforme	37
3.4.4	Garantir une bonne gestion de la plateforme de stockage.....	37
3.4.5	Informar publiquement sur le déroulement du chantier	38
4	La gestion du risque scolyte	38
4.1	Identification des facteurs aggravant le risque scolyte	38
4.1.1	Les facteurs de risques non-spécifiques aux chantiers forestiers	38
4.1.2	Facteurs de risques liés aux chantiers forestiers.....	40
4.2	La mise en œuvre de la lutte phytosanitaire.....	41
4.2.1	Protocole d'intervention phytosanitaire dans les départements de Savoie et Haute-Savoie	41
4.2.2	Difficultés de la lutte phytosanitaire	42
4.2.3	Conclusion sur les moyens de lutte active	43
4.3	Intégrer le risque scolyte dans le chantier <i>PECT in</i>	44
4.3.1	Identifier le risque scolyte en amont du chantier	44
4.3.2	Adapter les prélèvements selon les risques identifiés	44
4.3.3	Mettre en œuvre les bonnes pratiques d'exploitation.....	44
4.3.4	Maîtriser l'exploitation	44
4.3.5	Anticiper le dispositif de lutte en cas d'attaque post-chantier.....	45
5	L'Analyse de sensibilité paysagère : exemple de fonctionnement de l'outil.....	46
5.1	Caractéristiques du site témoin et dimensionnement du prélèvement	46
5.2	Simulation simple de l'impact paysager	48
5.3	Simulation avec prise en compte de l'enjeu paysager	49
6	Conclusion.....	53
6.1	Conclusion sur la démarche PECT in	53
6.2	Conclusion sur l'étude des facteurs de risques scolytes	53
6.3	Conclusion sur l'analyse de sensibilité paysagère	54
7	Bibliographie	56
8	Liste des personnes rencontrées	60
1	Annexe 1 : Script R de l'outil Paysage.....	i
1.1	Packages et paramètres	i
1.2	Calcul des variables	i
1.3	Représentation des trouées	ii
1.4	Calcul de surface par catégorie (raster)	ii
2	Annexe 2 : Exemple de contrat de vente pour les propriétaires privés.....	iv
3	Annexe 3 : Exemple de bordereau de martelage	v
4	Annexe 4 : Exemple de Contrat de Prestation	vi

5	Biologie du scolyte.....	vii
5.2	Les ennemis naturels des scolytes	ix
5.2.1	Parasites et parasitoïdes	ix
5.2.2	Prédateurs	ix

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Cartographie des zones accessibles au Skidder, au câble et au ballon de débardage dans le massif de la Chartreuse (Source : Thomas Carette, FCBA)	7
Figure 2 : Prototype du système de débardage par Ballon, Projet DEBAL Cap, Source FCBA.....	8
Figure 3: Schéma de principe d'une ligne de débardage par ballon filoguidé	9
Figure 4: Rayon d'action du ballon de débardage et ligne de débardage depuis la station d'accueil.....	10
Figure 5 : Longueur d'un billon d'Epicéa de 2 tonnes en fonction de son diamètre	11
Figure 6: Première simulation sur le site de fond de France (73).....	24
Figure 7 : Interface paramètres de chantier pour les trois scénarios.....	25
Figure 8 : Interface paramètres de gestion pour le scénario 1	26
Figure 9 : Les étapes de la démarche PECT in.....	29
Figure 10 : Carte des volumes à l'hectare, d'après les données Lidar, Site du Bouchet (38).....	46
Figure 11 : Simulation post-chantier Scénario 1	48
Figure 12 : Simulation post-chantier Scénario 2	48
Figure 13 : Simulation post-chantier Scénario 3	49
Figure 14 : Cartographie de l'enjeu paysager	50
Figure 15 : Simulation post chantier avec prise en compte des enjeux, scénario 1.....	51
Figure 16 : Simulation post chantier avec prise en compte des enjeux scénario 2.....	52
Figure 17: Cycle biologique de Ips typographus.....	vii

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Ordres de grandeurs en jeu sur un chantier débardé par ballon.....	11
Tableau 2 : Fonction d'intervisibilité sous différents logiciels	23
Tableau 3 : Description de la Forêt d'étude, Site du Bouchet (38)	46
Tableau 4 : Paramètres de chantier.....	47
Tableau 5 : Paramètres de gestion	47
Tableau 6 : Dimensionnement du prélèvement	47
Tableau 7 : Surfaces présentant un enjeu paysager	50
Tableau 8 : Paramètres de gestion pour prendre en compte l'enjeu paysager	51
Tableau 9 : Résultats avec prise en compte des enjeux paysager	51

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE : LES PROBLEMATIQUES MULTIPLES DES FORETS DE MONTAGNE

1.1.1 Les forêts de montagne : une ressource en bois conséquente mais pas toujours exploitable

D'après l'IFN¹, plus d'un quart de la superficie forestière française se situe à une altitude supérieure à 600 m, soit 4,4 millions d'hectares. Les forêts de montagne contiennent de l'ordre de 30% du volume sur pied global. Les essences de valeurs y sont présentes : les résineux sont majoritaires avec 60% du volume sur pied entre 600 et 1200m et plus de 75% au-delà de 1200m d'altitude. Le Sapin et l'Épicéa représente 60% du volume résineux de montagne, devant le pin sylvestre et le mélèze.

La pente et la difficulté d'accès rendent souvent l'exploitation difficile en montagne. La pente, bien qu'elle impose une contrainte supplémentaire pour l'exploitation n'est rédhibitoire que dans une faible partie des cas : les pentes supérieures à 100%, considérée inexploitable, représentent moins de 1% de la surface forestière du massif nord-alpin. En revanche le manque de desserte (pistes et routes forestières) est un facteur limitant l'exploitation dans bien des secteurs.

1.1.2 Des moyens d'exploitation spécifiques à la montagne mais limités sur le plan technique

Le débusqueur à câble (skidder) s'est imposé comme le moyen de débardage privilégié en zone de montagne. Il ne peut en revanche travailler dans des pentes supérieures à 35%. Dans la majeure partie des cas, le skidder treuille les grumes depuis les pistes forestières (150m en aval, 50m en amont). Le développement du skidder a contribué à la mise en place de pistes aux dépens de routes forestière. Néanmoins, sur la zone montagne des départements de l'Isère, de la Savoie et de la Haute Savoie, la moitié de la ressource sur pied en épicéa, sapin, mélèze, et hêtre est inexploitable au skidder (Office National des Forêts 2009).

Le débardage par câble aérien constitue dans certains cas une alternative technique performante mais il peine à s'implanter. En Rhône-Alpes, seuls 2% de la récolte régionale est réalisée au câble aérien². Le câble est notamment pénalisé par le manque de route forestière.

Les contraintes inhérentes à la montagne pèsent sur les coûts d'exploitation (choix de méthode ou de matériels spécifiques, moindre productivité du travail...). Ces couts sont difficilement compensés par le faible prix d'achat du bois.

Une innovation technologique d'exploitation forestière est en cours. Le FCBA participe en effet au développement d'un système de débardage par ballon gonflé à l'hélium. Ce système, doté d'une grande ligne (2000m de portée) permettrait d'accéder à des parcelles aujourd'hui inaccessibles tout en s'affranchissant de l'absence de routes forestières. Tant que les premières expériences grandeur nature n'auront pas été menées, une incertitude résidera sur la rentabilité du système. Néanmoins les premières estimations laissent penser que cette technologie pourrait fonctionner à un coût similaire à celui du débardage par câble aérien. Par ailleurs, les modèles d'accessibilité à la ressource disponibles montrent que l'opportunité de récolte créée par le ballon est considérable (cf. figure 2, en bleu sont les zones qui deviennent accessibles grâce au ballon).

¹ (Inventaire Forestier National 2016)

² (Institut technologique FCBA, La récolte forestière en montagne nd)

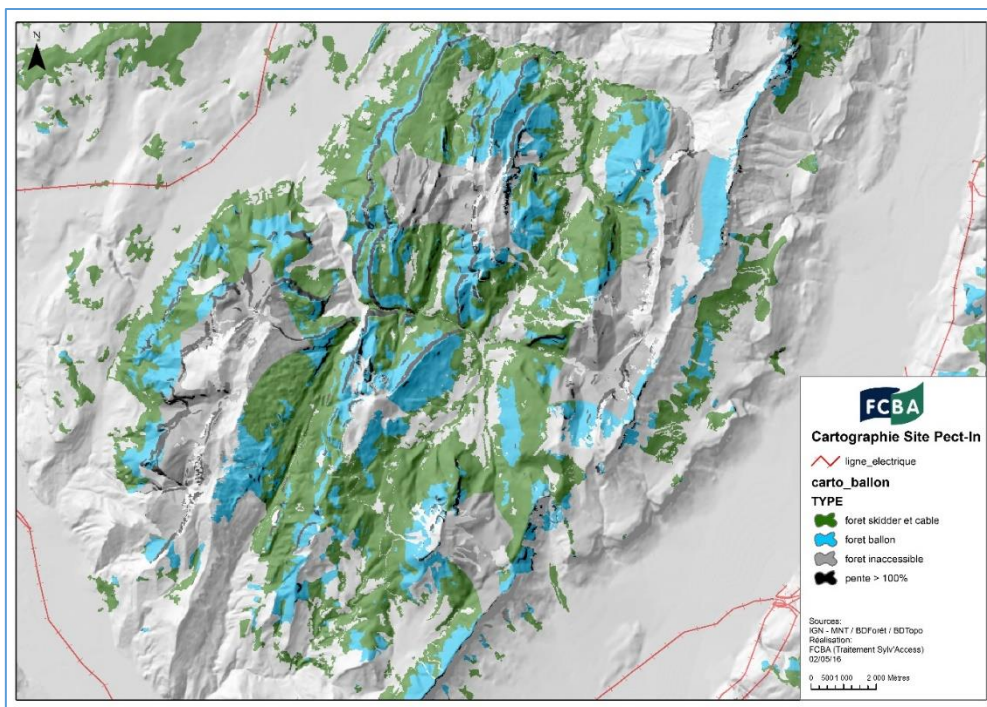


Figure 1 : Cartographie des zones accessibles au Skidder, au câble et au ballon de débardage dans le massif de la Chartreuse (Source : Thomas Carette, FCBA)

1.1.3 Une forêt privée morcelée et des propriétaires parfois peu enclins à l'exploitation forestière

Deux tiers de la forêt de montagne est privée. La part de forêt publique augmente avec l'altitude : 22% en dessous de 600m, 27% de 600 à 1 200m d'altitude, 54% à plus de 1200m. Avec une surface moyenne de 1,6ha de propriété forestière moyenne³, les départements Nord-Alpin (Isère, Savoie, Haute-Savoie) sont parmi les plus concernés par la micropropriété et le morcellement. Ces difficultés foncières sont le point de départ d'une grande inertie vis-à-vis de la gestion et de l'exploitation forestière en forêt privée. S'ajoute à cela une forte déconnexion des propriétaires vis-à-vis de leur patrimoine forestier, souvent hérité. La forêt privée en Rhône-Alpes est un patrimoine à valeur sentimentale plus qu'économique : plus de la moitié des propriétaires reconnaissent leur attachement affectif comme première motivation vis-à-vis de la forêt. (Couvent - Maurin 2014)

L'équilibre économique des chantiers est parfois limite et peut pousser les entreprises forestières à rechercher la productivité au dépend de la qualité. Cela peut induire une crainte de la part des propriétaires à l'égard de l'exploitation. (Couvent - Maurin 2014). Ainsi, nombreux sont les acteurs de la forêt qui déplorent une « perte de la culture forestière » qui freine la mobilisation du bois privé. Pourtant, dans tous les scénarios de mobilisation de bois supplémentaire, les gisements attendus se trouvent en forêt privée. (ADEME 2011)

1.1.4 Les sylvicultures en montagne doivent répondre à une diversité d'enjeux

Les forêts de montagne doivent répondre à des enjeux toujours plus nombreux et parfois contradictoires (production de bois pour la filière, gestion des risques naturels, espaces de loisir, réservoirs de biodiversité, puits de carbone, valeur paysagère et culturelle...). Ces enjeux s'exercent aussi bien sur la forêt privée que publique. Aussi il est nécessaire de déployer une gestion durable et multifonctionnelle pour répondre à ces enjeux tout en respectant les attentes des propriétaires privés et publics.

³ <http://www.cnpf.fr/rhonealpes/>

1.2 LE BALLON DE DEBARDAGE : UNE INNOVATION TECHNIQUE QUI APPELLE UNE INNOVATION ORGANISATIONNELLE

1.2.1 Principe de fonctionnement

Le système de débardage par ballon doit être capable de :

- Se déplacer jusqu'à un site d'exploitation.
- Débarder des grumes depuis un versant forestier jusqu'à une plateforme de réception/stockage situé en contrebas et connectée au réseau routier (station d'accueil).
- Le système doit pouvoir assurer le débardage de billons et grumes pesant jusqu'à 2 tonnes, sur une portée allant jusqu'à 2 km et à une vitesse importante afin d'assurer une productivité suffisante.

Pour réaliser ces deux objectifs, le projet AeroLifter propose de mettre au point un système de ballon bimodal :

- Un mode ballon dirigeable motorisé et piloté pour les phases de déplacement vers les différents sites de chantier ;
- Un mode ballon captif et filoguidé pour les phases de débardage sur un chantier donné.

Le ballon doit exercer une portance aérostatique suffisante pour soulever et déplacer une charge de deux tonnes (grume ou billon) à laquelle s'ajoute le poids du système supporté par le ballon (câble porteur, chariot et treuil pour le câble pêcheur). Cela implique de concevoir un ballon de plusieurs milliers de m³, gonflé à l'hélium.

Le ballon commercialisable mesurera donc une cinquantaine de mètres de long et une dizaine de mètres de diamètre, pour un volume de 4000 m³.

Cet aéronef devra pouvoir être maintenu au sol en position de sécurité pour les phases d'inactivité ou si les conditions météorologiques le requièrent. Une plateforme de stockage au sol, relativement plate et de taille suffisante (1ha), devra donc être prévue à cet effet.

Le dirigeable, qu'il soit en mode filoguidé ou libre dispose de tous les équipements de sécurité nécessaires : système de régulation de pression, dispositif de dégonflage rapide, balisage aérien, monitoring des paramètres de vol, ...



Figure 2 : Prototype du système de débardage par Ballon, Projet DEBAL Cap, Source FCBA

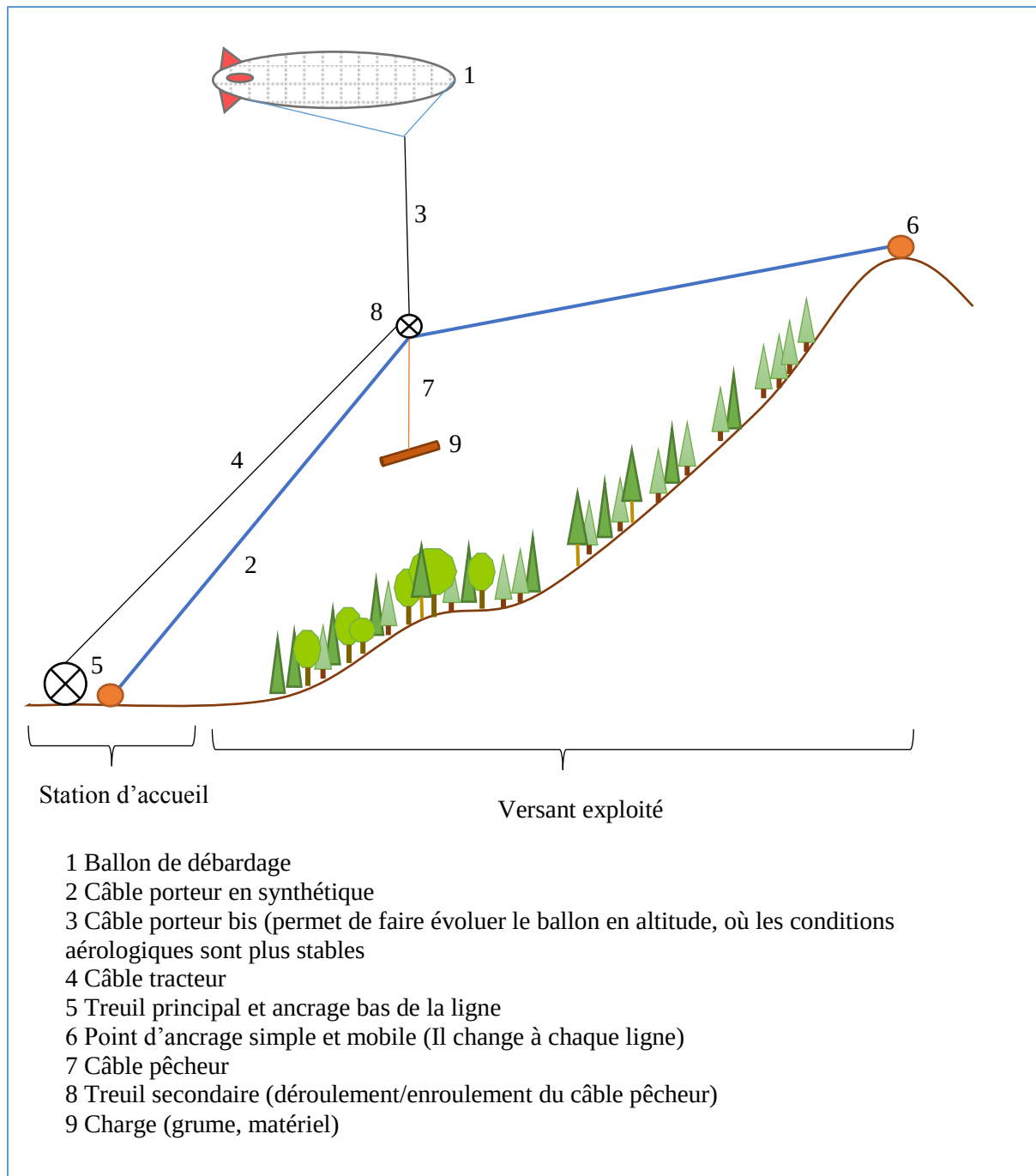


Figure 3 : Schéma de principe d'une ligne de débardage par ballon filoguidé

Le cycle de débardage

1. Positionnement du ballon à vide au-dessus de la charge à l'aide de la portance aérostatique
2. Accroche de la charge et sa remontée sous le ballon
3. Traction par le treuil du couple au faible lift {ballon et charge} vers la plateforme
4. Libération de la charge qui sera reprise par une pelle mécanique munie d'une tête d'abattage pour le façonnage
5. Début du cycle suivant.

Le cycle complet doit pouvoir se dérouler le plus rapidement possible, mais cela dépend de la longueur de ligne utilisée et de la pente moyenne d'un bout à l'autre de la ligne.

Le ballon est ancré en fond de vallée sur une station d'accueil positionnée au sein d'une plateforme connectée au réseau routier. Cette plateforme a de multiples usages ; amarrage au sol du ballon lors des phases d'inactivité, stockage/tri des bois ronds après leur réception (parc à grume), base de vie de l'équipe de chantier etc... Cette plateforme est donc une base logistique multi-services et constitue le point névralgique du système de débardage par ballon. Sa fonction de stockage et de tri est d'autant plus pertinente que les volumes débardés sont importants.

La possibilité d'implantation d'une telle surface, nécessairement plane, en fond de vallée est, avec des volumes de bois à récolter suffisants, une des conditions principales pour trouver les sites candidats à l'exploitation par ballon.

Lorsque le ballon a débardé l'ensemble du bois prélevé sur une ligne, celle-ci pourrait être déplacée à la main par des manipulations de corde. Ce faisant on peut parcourir les versants forestiers en rayonnant par tranche d'exploitation autour de la station d'accueil. (cf. ci-dessous)

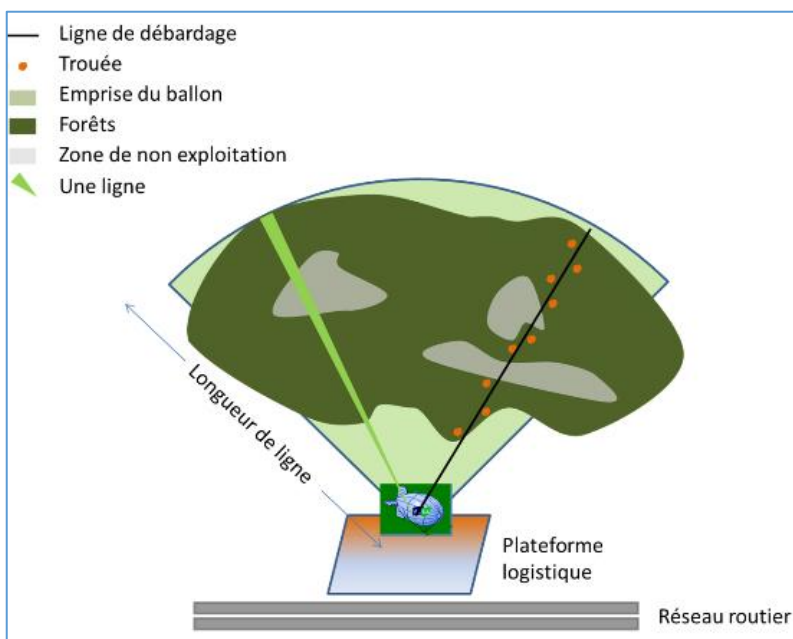


Figure 4 : Rayon d'action du ballon de débardage et ligne de débardage depuis la station d'accueil

En fin de chantier, on détache le ballon de son câble porteur, on retire son treuil pêcheur et on installe une nacelle motorisée. Le ballon, désormais « dirigeable » peut alors rejoindre un autre chantier en mode de convoyage. Cette capacité de transformation de ballon filoguidé en dirigeable permet de conserver l'hélium du ballon d'un chantier à l'autre et durant plusieurs années.

1.2.2 Implications pour un chantier adapté au débardage par ballon

1.2.2.1 Un chantier de grande ampleur en terme de surface, de durée et de volume récolté

L'objectif pour les constructeurs est de concevoir un système qui permette de débarder du bois à des coûts similaires à ceux du débardage par câble aérien. Cependant, le coût d'acquisition initial du système, son coût de déplacement et d'installation ainsi que l'ensemble des coûts annexes (plateforme de stockage ...), sont des frais sans bien supérieurs ceux en jeu pour les méthodes de débardage classique. Aussi, le débardage par ballon doit compenser cette différence par une productivité accrue et des économies d'échelles. Une équipe de trois opérateurs doit pouvoir opérer le système et débarder avec le ballon de l'ordre de 100 m³ par jour. C'est approximativement le double d'une équipe opérant un câble téléphérique.

Plus le ballon reste longtemps sur un même site plus il est rentable. L'importance des frais fixes du système de débardage par ballon, conduisent donc à envisager des chantiers de grande ampleur. Il s'agit d'utiliser le ballon au maximum sur son rayon d'action. Cela implique de mener une opération de récolte concertée à l'échelle d'un massif forestier cohérent. Il s'agit d'un projet de récolte extensif et non pas forcément intensif : la récolte d'un volume important est permise par une exploitation sur une très grande surface.

Les contraintes techniques et technologiques imposent des contraintes sur le modèle économique et réciproquement. A l'heure actuelle, la solution technique à mettre en œuvre n'est pas encore stabilisée.

Par ailleurs, sans un premier retour d'expérience, les données du modèle économique sont théoriques (productivité, volume débardé total...). Il est cependant nécessaire de donner les ordres de grandeur théorique du chantier « ballon » :

Critère	Ordre de grandeur
Surface de chantier effective ⁴	Entre 100 et 300 ha avec une emprise totale jusqu'à 600 ha
Durée du chantier	Plusieurs mois voire supérieure à l'année
Prélèvement moyen	Entre 60 et 120 m ³ /ha (en petites trouées, pied à pied ou arêtes de poisson)
Prélèvement total du chantier	Entre 4 500 et 35 000 m ³
Volume débardé par jour	Autour de 100 m ³
Plateforme de stockage aval	De 1 à 2 ha

Tableau 1 : Ordres de grandeurs en jeu sur un chantier débardé par ballon

La solution « ballon » ne peut exister que si un chantier adapté en terme de productivité. Il faut donc trouver le moyen de concentrer un grand nombre d'opération de récolte dans une unité de temps et d'espace et d'organiser la logistique aval au sein du territoire d'accueil. Dans un contexte de montagne, première destination de ce système, où les forêts d'altitude sont généralement publiques et les forêts aval privées, il s'agit de massifier des chantiers publics et privés et de fluidifier la sortie des bois. Là est l'essence du projet *PECT in*. (Voir p. 13)

1.2.2.2 Le débardage des gros bois en billons court

La limite fixée en termes de charge utile du ballon débardeur est de deux tonnes. Cela implique de billonner les arbres selon leur diamètre pour optimiser la charge sans dépasser 2 tonnes. Ci-dessous est un exemple pour l'Epicéa⁵ :

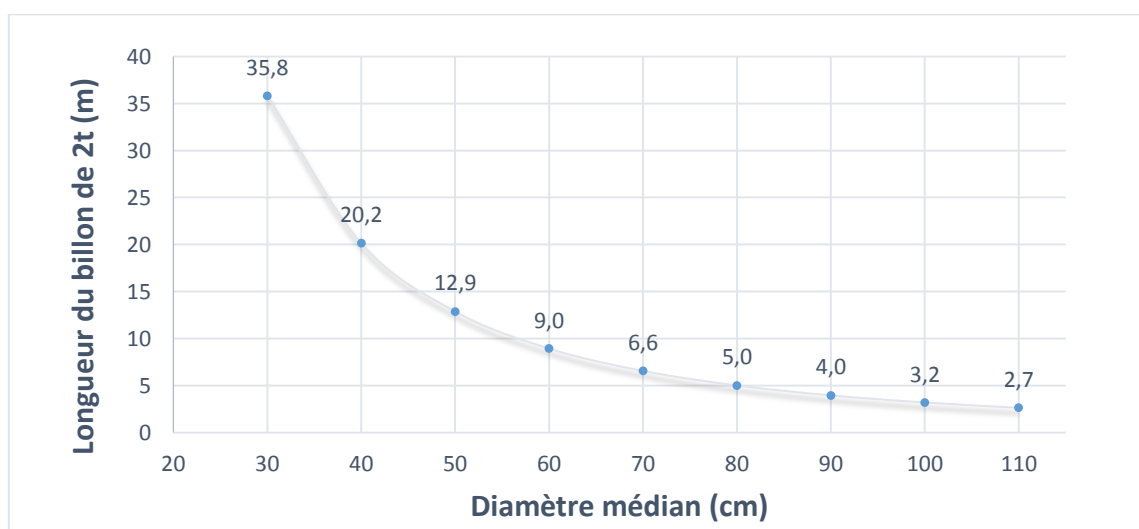


Figure 5 : Longueur d'un billon d'Epicéa de 2 tonnes en fonction de son diamètre

On voit qu'un billon de 80 cm de diamètre médian doit mesurer 5m. Cela pose la question de l'acceptation des gros bois en billon court par l'industrie de transformation. Effectivement si 90% des

⁴ La surface effective d'un chantier est définie par la surface forestière couverte par le rayon d'action du ballon (surface potentielle) diminuée des zones non forestière et des parcelles ne passant pas en coupe pour diverses raisons

⁵ On approximera le billon à un cylindre parfait. En considérant une masse volumique ρ , « fresh felled density » pour l'Epicéa de 790 kg/m³ (Institut technologique FCBA, Mémento FCBA 2014, Supplément spécial 5th Forest Engineering Conference 2014) , l longueur du billon (m), d diamètre (m), $m = 2000$ Kg ; on a :

$$l = \frac{4m}{\rho \pi d^2}$$

bois d'industrie sont façonnés en billons de 2m ou 2m50, avec une augmentation forte du billon 4m (sous l'influence scandinave), les gros bois sont quant à eux traditionnellement commercialisés en bois long⁶.

1.2.2.3 La mise en place d'une servitude de passage⁷d'intérêt général

Dans le système, le chariot est porté par le câble porteur. Le câble porteur est lui-même porté par la force aérostatique exercée par le ballon. En dehors des phases d'activité (la nuit, ou quand les conditions météorologiques l'exigent) le ballon est mis en position de sécurité sur la plateforme : il ne supporte plus le câble porteur. Par conséquent celui repose sur la canopée. Bien que ce câble soit en matière synthétique, il n'est pas exclu que cela engendre quelques dégâts involontaires (bris de cimes, ou de branches). Il est peu vraisemblable que chaque propriétaire privé ayant une parcelle au sein du périmètre de chantier donne, dans le temps imparti, son autorisation pour ce « surplomb ». Par conséquent il faut prévoir un dispositif juridique qui permette le survol du ballon et le surplomb du câble dans toutes les parcelles afin de ne pas empêcher les propriétaires volontaires de bénéficier de l'exploitation par ballon.

1.2.3 Etat des lieux de développement du système

Les projets DEBAL Cap et DEBAL +, portés par FCBA, ont montré la pertinence technique et économique du débardage par ballon. Le projet Aerolifter, porté par Airstar, engage le développement d'un prototype opérationnel de deux tonnes de charge utile à horizon 2018. Le système opérationnel prévu dans Aerolifter permet de débarder un volume de l'ordre de 100 m³ commercial par jour.

⁶ (<http://www.biomasse-normandie.org> 2016)

⁷ (Nardini 2016)

1.3 LE PROJET *PECT in* : UNE INNOVATION ORGANISATIONNELLE POUR DES CHANTIERIS MUTUALISES MASSIFIES

La répartition de la propriété des forêts de montagne se caractérise souvent par des bois publics sur les hauteurs et des bois privés en aval. Pour rentabiliser une récolte par ballon, mais aussi par câble mât pourvu de longues lignes, il est opportun de mobiliser en même temps des bois de ces deux types de propriétaires.

Cependant, les difficultés pour réaliser une opération groupée de récolte de bois en forêt publiques et privées sont nombreuses :

- Contraintes (réglementaire, animation, ...),
- Diversités des opérateurs concernés (propriétaires privés, communes, ONF, CRPF, opérateurs techniques, ...)
- Définition de la gouvernance de l'opération (portage, répartition des produits...)
- ...

Ainsi à l'innovation technologique du ballon débardeur il est nécessaire d'associer une innovation organisationnelle pour lever ces freins.

En toile de fond du projet *PECT in*, est un fort enjeu de mobilisation des acteurs liés de près ou de loin à la gestion de la forêt. Cette adhésion des acteurs ne peut se faire que dans une démarche concertée avec une dimension territoriale marquée.

1.3.1 Objectifs et périmètre du projet *PECT in*

Le projet *PECT in* (Plan d'Exploitation Concerté Territorial incluant forêt privée et forêt publique) est un projet de R&D qui vise à définir une méthodologie de mise en œuvre de ces opérations de récolte groupées (public/privée) et/ou extensives.

Pour ce faire, FCBA fait appel à un groupe de travail composé du CRPF, ONF, COFORET, Bois du Dauphiné, de l'Union régionale des COFOR et de Jean Charles Mogenet (ECHOFORET, exploitant forestiers partenaire des différents projets de R&D concernant le ballon). « Ces acteurs sont à même d'identifier les attentes et les contraintes sur l'ensemble du déroulé d'un chantier : de la prospection d'un site au paiement final des différents acteurs. Cela recouvre les aspects sylvicole, organisationnel et réglementaire. Au-delà des aspects techniques, commerciaux et réglementaires il s'agit de concevoir par l'expertise d'usage, une manière de faire ad hoc. »⁸

Une première réunion de travail s'est tenue en mai 2015 et a permis d'identifier les problématiques les plus importantes à traiter pour déterminer une méthodologie opérationnelle et reproductible. L'essentiel des points de vigilance relevés et de nouveautés organisationnelles anticipées réside aux interfaces entre les acteurs.

L'approche s'organise en deux phases :

- *PECT in 1* : 2016 : Identification d'une approche et d'une méthode ad hoc et production des outils associés (cahiers de charges de site, modèle de contrat, organisation logistique, ...) ;
- *PECT in 2* : 2017 – 2018 : Mise en œuvre concrète pour disposer d'un site prêt en 2018 ; développement complémentaire d'outils préfigurés dans *PECT in 1*.

Les cinq tâches de *PECT in 1*

1. Construire une vision « massif » de long terme ;
2. Identifier un modèle d'organisation performant ;
3. Identifier un modèle économique pertinent ;

⁸ Descriptif projet *PECT in*, FCBA

4. Réaliser une communication active (non pris en charge dans ce projet pour des raisons budgétaires) ;
5. Prospecter les territoires.

Les tâches 2 et 3 consistent à trouver un schéma d'organisation reproductible qui minimise les coûts, de transaction entre acteurs, et maximise la valeur des bois dans le cadre général d'un chantier de grande ampleur. Ce schéma d'organisation doit notamment clarifier les relations entre les acteurs de ce chantier.

La tâche 1 implique de réfléchir à l'impact qu'un tel prélèvement peut engendrer. L'ampleur d'un chantier d'exploitation par ballon implique de se poser la question des impacts notamment sur le plan paysager et du risque sanitaire. En amont du premier chantier test, il faut identifier les risques ainsi que les éventuels points de vigilance et bonnes pratiques à mettre en œuvre afin de ne pas nuire au développement de l'innovation organisationnelle (*PECT in*) et technologique (AeroLifter).

La durée d'exécution est de l'ordre de 12 mois avec un début en janvier 2016. Cette période permet de construire le projet « *PECT in 2* » dans de bonnes conditions.

1.3.2 Objectifs du stage

J'ai consacré mon stage à l'avancée de différentes tâches du projet *PECT in*. Ce stage de 6 mois s'est déroulé en trois phases (1, 2a, 2b) abordant différentes tâches de *PECT in*

Phase 1) Contribuer à la réflexion et à l'avancement de la méthodologie de chantier *PECT in* (tâches 2, 3 et 5)

En tant que partie prenante du groupe de travail, j'ai eu pour mission de participer à l'élaboration de la méthodologie : préparer les réunions, y participer et formaliser l'avancée du travail.

Fournir une réflexion sur les impacts potentiels d'un chantier *PECT in* (tâche 1) Phase 2) Identifier, prévenir et réduire le risque scolyte

Le massif nord-alpin connaît depuis 2014 une nouvelle épidémie de scolytes sur les départements de Haute-Savoie et de Savoie. D'après les autorités compétentes, les peuplements concernés par des attaques de scolytes correspondent soit à des pessières d'origine naturelles de structure plutôt irrégulière soit à des peuplements réguliers souvent déstabilisés par une coupe. (DRAAF Auvergne Rhône Alpes 2016). Effectivement, plusieurs exemples récents de chantiers forestiers d'envergure réalisés au câble ont donné lieu à d'importants foyers de scolytes portant préjudice à de grandes surfaces forestières (exemple : Hauteluce, 73).

Il est absolument nécessaire, que les premiers chantiers *PECT in* ne donnent pas lieu à une attaque massive de scolyte. Il faut donc prendre en compte le risque scolyte dans la conception du chantier *PECT in*.

Il s'agira de répondre aux questions suivantes :

- ❖ Quels sont les facteurs de risques scolytes connus ?
- ❖ Les chantiers forestiers induisent-ils un risque vis-à-vis du scolyte ?
- ❖ Si oui, peut-on identifier les bonnes pratiques en termes d'exploitation et de gestion forestière pour le réduire ?

Le résultat attendu est un document de synthèse fournissant des recommandations pour limiter le risque sur un chantier.

Phase 3) Identifier et prévenir l'impact paysager dans le cadre d'un chantier *PECT in*

Dans un premier temps, il faudra identifier une méthode pour appréhender la question paysagère dans un projet de récolte *PECT in*.

Par la suite, il a été demandé de poser les bases d'un outil d'aide à la décision pour évaluer cet impact. L'outil en question n'a pas pour objectif d'être prêt à l'emploi car son développement final aura lieu dans *PECT in 2*.

Les sorties de cet outils doivent pouvoir servir à la communication auprès des futurs partenaires (collectivités, propriétaires etc...). Cet outil à portée pédagogique doit rester visuel et explicite.

2 METHODOLOGIE

2.1 METHODOLOGIE DE CREATION DE LA DEMARCHE *PECT in*

2.1.1 Une réflexion Concertée

La méthode se base sur 8 réunions thématiques rassemblant les différents partenaires. Il s'agit essentiellement de mobiliser l'expertise d'usage des partenaires avec des phases de préparation en amont et des phases de formalisation des résultats en aval

Le groupe de travail est constitué de :

- David Billaut - Chambre d'agriculture de l'Isère
- Antoine Bethenod - Bois du Dauphiné (Scierie)
- Thomas Carrette - FCBA
- Francis de Morogues - FCBA
- Arnaud Duperrier - URACOFRA
- Maxime Goralski - FCBA
- Didier Joud - COFORET
- Jean-Luc Mabboux - ONF
- Paul Magaud - FCBA
- Jean Charles Mogenet – ECHOFORET (Entrepreneur de Travaux Forestiers)
- Kevin Nardini - FCBA
- François Xavier Nicot - ONF
- Denis Pelissier - CRPF
- Bruno Rigoulot - ONF
- René Sabatier - CRPF

2.1.2 Trois phases de réflexion

Pour concevoir la méthodologie d'organisation de chantier *PECT in*, nous avons procédé en trois phases.

- 1 *Phase de créativité* : Cette phase a consisté à établir les critères du chantier forestier idéal selon les points de vue des différents acteurs. Il a fallu s'affranchir des barrières psychologiques liées à notre perception des verrous actuels. Cette phase a permis de s'inspirer pour formuler des propositions novatrices.
- 2 *Phase d'approfondissement des concepts* : Cette phase a permis de développer les idées soulevées lors de la phase de créativité et de comparer avec la situation actuelle. Un développement plus approfondi de chaque point a permis de formuler des pistes d'amélioration à mettre en œuvre dans *PECT in*

Dans les cas de suggestions divergentes, une discussion approfondie complétée parfois par une analyse « Force/Faiblesse/Risque/Opportunité a permis d'évoluer vers des compromis.

Exemples :

- Rémunération du propriétaire à l'hectare VS rémunération au volume réel du bois.
 - Cubage bûcheron VS cubage scierie
 - Transferts de propriété de bois (système bois sur pied, bois bord de route...)
- 3 *Phase de synthèse par itération* et formulation du résultat. Cette dernière phase a consisté à concevoir et formuler les façons de faire pour réaliser un chantier public/privé massifié qui tienne compte des critères et des compromis établis dans phases précédentes. Ce travail de synthèse réalisé en interne par le FCBA a été présenté pour ajustement aux autres partenaires, jusqu'à parvenir à une solution globale satisfaisante. L'objectif était de produire une méthodologie applicable à législation constante. Le résultat est un document expliquant la

méthodologie arrêtée accompagné de divers supports (contrats type, notes et documents annexes...). Cette méthodologie sera appliquée dès 2018 dans une mise en situation sur certains sites identifiés.

2.1.3 Les critères du chantier idéal

Dans la partie ci-dessous se trouvent la liste des critères de chantier idéal, classés de façon thématiques. Ces critères sont autant de briques qui nous ont permis de construire la méthodologie *PECT in*. Certains critères identifiés sortent du cadre du projet *PECT in*, voire même de celui de l'exploitation forestière stricto-sensu mais dénotent certaines difficultés actuelles et connues dont nous avons tenté de tenir compte dans l'établissement de la méthodologie.

Les points ci-dessous se lisent de la façon suivante : Dans le chantier idéal, on a : « ... »

Valorisation & Economie

Un modèle viable sans subvention

- Le chantier ballon doit être rentable même sans subvention.

Un débouché pour tous les bois et produits

- Avoir un marché pour tous les produits rencontrés en forêt : On doit travailler sur l'acceptation du billon court dans l'approvisionnement des scieries ou encore à la valorisation des gros bois

Une valorisation de tous les services

- La plateforme de stockage permet de proposer des services qu'il faut valoriser pour créer de la valeur ajoutée supplémentaire (tri, livraison cadencée des acheteurs, logistique facilitée...)

Une « bonne » répartition de la valeur ajoutée entre les acteurs

- La valeur ajoutée est répartie entre tous les acteurs, sans oublier les propriétaires et les bucherons.
- Les propriétaires sont rémunérés au prorata du volume et/ou de la surface exploitée.
- Sur le chantier public/privé, on pratique les mêmes prix pour le bois privé et le bois public.

Gestion des flux

Une bonne circulation de l'information entre les acteurs (amont <-> aval)

- Les camions grumiers viennent chercher les produits de façon autonome et fiable
- Les acheteurs peuvent fournir des informations qui permettent de limiter les stocks sur la plateforme de stockage : On est capable d'adapter les prélèvements au besoin des acheteurs.
- On assure une circulation rapide de la trésorerie

Un consensus sur la quantité et qualité du bois

- On adopte un cubage unique et fiable, accepté du propriétaire à l'industriel. Les acteurs sont formés au classement des bois.

Une plateforme multiservices : tri, stockage tampon, traçabilité, cadencement,...

- On met en place une place de dépôt qui dispose des produits standard, triés par essence et qualité. Cette plateforme permet une logistique fluide et un monitoring du chantier (suivi des volumes exploités, productivité, réception des bois, livraisons des produits...)

Une vision « massif » de long terme

Une coordination des propriétaires à l'échelle du massif forestier :

- Cela peut sous-entendre un nouveau modèle de regroupement de propriétaire.

- La gestion est cohérente et concertée à l'échelle du massif.
- Les propriétaires acceptent une gestion concertée car ils y retrouvent une certaine marge de manœuvre et une indépendance.

Une sylviculture qui assure en permanence la multifonctionnalité de la forêt

- Le prélèvement est dimensionné pour assurer la résilience de l'écosystème forestier
- Le chantier permet la mise en place d'une régénération dynamique

Un document d'intervention (de gestion) fédérateur et concerté sur le massif forestier

- On met en place un document de gestion établi en concertation public/privé par massif. Ce document confronte et rassemble les programmes de coupe.
- Un projet de récolte envisage le long terme et les futurs passages en coupe

Un projet de territoire

Une intégration du chantier au marché local

- La mise en œuvre du chantier ballon a des retombées positives à l'échelle locale (Exploitation réalisée par des entrepreneurs locaux, circuit courts, réponse aux besoins locaux...)

La coordination de chantier

Un seul interlocuteur pour les propriétaires (démarchage/contractualisation)

- Les propriétaires privés ont un nombre d'interlocuteur réduit pour réaliser l'exploitation de leurs parcelles, la démarche est transparente, lisible et simple.
- Les propriétaires public-privé travaillent main dans la main.

Un seul coordinateur des travaux et des flux du chantier

- Le chantier fait intervenir un donneur d'ordre unique qui commande la prestation et vend le bois

Entreprise : qualité, sécurité, environnement

Un personnel bien formé

- Un personnel formé, compétent et qualifié assure une exploitation de qualité, répondant aux critères les plus exigeants

Une sécurité totale sur les chantiers

Des impacts de l'exploitation maîtrisés

- Le chantier doit être le moins impactant possible vis-à-vis de l'environnement et de la population locale (respect de la quiétude et des attentes)
- Les impacts sur l'eau, les paysages et l'environnement sont connus et maîtrisés.
- Le chantier n'engendre pas de dégradation de la forêt (chablis, scolytes...)

Un lobbying performant

Une réglementation adaptée

- La réglementation doit permettre le vol du ballon, et le déroulement du chantier dans tous les périodes favorables (conditions météorologiques)
- La réglementation permet le passage (cf. servitude de passage)
- Les démarches administratives pour le déroulement du chantier sont simples
- La réglementation ne restreint pas le transport du bois
- La réglementation assure une flexibilité du travail : Travail de nuit, 7j/7

Une communication réussie

- A l'issue du chantier on obtient une satisfaction globale (y compris des acteurs extra-forestiers)

Un marketing performant

- Le ballon est « populaire », il remplace le câble sur tous les chantiers : il est même plus performant que le câble.
- Création de plusieurs Association de propriétaires en faveur de la gestion forestière suite à des chantiers réussis

2.1.4 Contribution à la démarche

Cette partie s'effectue en étroite collaboration avec le chef de projet (Francis de Morogues) et le second stagiaire associé au projet *PECT in* (Kevin Nardini, étudiant en droit, Master 2 « Droit de la Montagne »).

- ❖ Participation active aux phases de créativité et d'approfondissement des concepts
- ❖ Réalisation des synthèses des discussions du groupe de travail
- ❖ Construction et proposition des scénarios lors de la phase d'itération
- ❖ Production de livrables et de documents de travail intermédiaires

2.2 METHODOLOGIE DE L'ETUDE DU RISQUE SCOLYTE

2.2.1 Les forêts de montagne sont prédisposées au risque scolyte

Les scolytes appartiennent à la famille des coléoptères. On en recense entre 140 à 150 espèces en France. Moins d'une dizaine espèces sont dommageables aux forêts. Ces insectes de petite taille (0,5 à 10 mm) ont fréquemment des noms en « graphe » du fait des dessins que laissent leurs galeries sous l'écorce des arbres.

En France, les essences les plus touchées sont les conifères. Le DSF précise que le risque majeur est encouru par les peuplements d'épicéa et que ces derniers « doivent [donc] porter les plus grands efforts de prévention » (DSF 2000b). Dans une moindre mesure, les peuplements de pins sont également exposés, en particulier dans les massifs de grande taille. Les autres résineux (dont Sapin pectiné et Douglas) sont quant à eux moins sujet au développement de foyers de scolytes. Cette partie se focalisant sur le contexte Nord-Alpin français, il sera spécifiquement question des scolytes spécifiques de l'Epicéa.

Deux espèces de scolytes sont particulièrement préjudiciables pour l'Epicéa dans les Alpes :

Le typographe (*Ips typographus*) est l'espèce la plus incriminée, responsable de la majeure partie des dégâts. Son aire de répartition coïncide avec celle de son hôte *Picea abies* (Epicéa) même si dans des cas exceptionnels, il peut s'attaquer à d'autres essences. Le Chalcographe (*Pityogenes chalcographus*) à une incidence réelle mais plus difficilement quantifiable du fait qu'il est souvent associé au Typographe. Il se développe sur les cimes ou les sections de petits diamètres (branches, rémanents).

A noter que le terme « Bostryche » est couramment utilisé pour désigner les espèces suscités. Le sténographe dont on parle également beaucoup en France affecte quant à lui essentiellement les pins. L'Hylésine géant de l'Epicéa (*Dendroctonus micans*) est présent dans les alpes depuis les années 1950 mais il ne constitue actuellement pas un enjeu prioritaire dans le secteur.

Les scolytes provoquent en général la mort de l'arbre qu'ils colonisent. La dynamique de population peut conduire à des infections massives qui ont un fort impact économique et paysager. En plus de provoquer la mort prématurée des arbres, les scolytes engendrent généralement un bleuissement des bois colonisés en permettant l'entrée de champignons pathogènes. Cette coloration déprécie fortement la valeur des bois abattus.

En raison de sa proportion en Epicéa, le massif Nord-Alpin fait partie des secteurs les plus affectés par les scolytes.

2.2.2 Un risque scolyte difficile à appréhender

A des niveaux de population faible (endémique), le scolyte n'est pas un problème. En phase endémique, le typographe est un parasite primaire. Il participe au cycle de décomposition de la matière organique en s'attaquant à des arbres mourant. Il est donc essentiel au maintien d'un sol forestier riche et équilibré. En phase endémique, le typographe est en équilibre avec ses prédateurs naturels. Il s'attaque uniquement aux épicéas affaiblis. Dans ces conditions, sa présence dans les peuplements est normale et naturelle.

Dans le cas d'un affaiblissement massif des arbres, le typographe peut rentrer dans une phase épidémique. Un tel affaiblissement peut être provoqué par une tempête, une sécheresse intense et prolongée ou simplement par plusieurs années consécutives de conditions climatiques difficile pour les peuplements et favorables à la reproduction de l'insecte. Ainsi, à des niveaux de populations épidémiques, les insectes deviennent capables de coloniser des arbres sains.

Dans le massif Alpin, une épidémie a débuté à partir de 2014 affectant principalement la Savoie et la Haute-Savoie (plus de 40 000 m³ scolytés en forêt publique). L'année 2015 a vu la montée en puissance des attaques bien qu'elles n'aient pas atteint le niveau attendu (50 000 m³ en forêt publique pour les deux départements). Les conditions climatiques de l'été et de l'automne 2015 (chaudes et sèches) font craindre un risque d'emballement pour 2016. Le printemps 2016 s'est révélé frais et pluvieux et donc plutôt défavorable au scolyte mais il a été suivi d'un été sec et favorable à l'insecte. Il est encore trop tôt pour dresser le bilan de cette année. A la différence de l'épidémie de scolyte des années 2000, l'évènement déclencheur de cet épisode épidémique est difficile à expliquer (Vallée, et al. 2015). Les dégâts peuvent être localement très élevés (exemple de la Vallée de l'Arve - Chamonix) alors que d'autres secteurs peuvent être relativement épargnés (massif de Belledonne). Dans ce contexte, le grand public a une sensibilité accrue sur la problématique scolyte. Il est donc d'autant plus nécessaire de tenir compte dans le projet *PECT in* afin d'en faciliter son acceptation.

2.2.3 Etat des lieux des connaissances théoriques par une étude bibliographique

La première phase du volet « étude du risque scolyte » a consisté en une étude bibliographique pour résumer et actualiser les connaissances théoriques disponibles sur le sujet. Cette phase a permis de comprendre finement les mécanismes biologiques en jeu et d'identifier certains facteurs favorables au scolyte.

L'objectif principal de notre étude est de connaître l'influence d'un chantier forestier sur le risque d'attaque par les scolytes et, s'il est réel, d'identifier des bonnes pratiques qui permettraient de le réduire. Or, l'effet « chantier » est rarement évoqué en tant que tel dans la littérature. En effet, il recouvre une diversité de facteurs de risques qui sont étudiés séparément : Stockage de bois vert en période de risque, présence de chablis, perturbation du microclimat, blessure et stress au peuplement... On ne dispose donc pas de données quantitatives indiquant formellement que dans des conditions comparables, les peuplements exploités sont plus ou moins sujets aux attaques de scolyte. Il ressort néanmoins de cette étude bibliographique, que les chantiers d'exploitation sont théoriquement susceptibles de créer des situations favorables au déclenchement d'attaques de scolyte.

Cette phase nous a permis d'identifier les situations à risque mais était insuffisante pour déterminer les points de vigilance à observer avant une récolte. Pour pousser plus loin le raisonnement et identifier d'éventuelles bonnes pratiques à mettre en œuvre nous avons décidé d'étendre l'étude bibliographique par un recueil de l'expertise d'usage auprès des professionnels locaux impliqués dans la gestion de la problématique scolyte dans les Alpes du Nord.

2.2.4 Recueillir l'expertise d'usage pour identifier des facteurs de risques liés aux chantiers

Cette phase de recueil de l'expertise d'usage basée sur la rencontre de professionnels ciblés a permis de confronter les facteurs de risque théoriques identifiés précédemment à la perception des personnels de terrain. Il s'agissait d'interroger ces acteurs sur le lien entre chantier d'exploitation et attaque de scolyte afin d'identifier des pratiques aggravantes.

Le panel de personnes interrogé a été constitué parmi les membres du « comité scolyte ».

Le comité scolyte, mis en place en 2015, a pour objectif de fédérer tous les acteurs concernés afin de lutter efficacement contre les risques de prolifération de scolytes. Il est co-piloté par le Pôle Excellence Bois, les Directions départementales des territoires de Savoie et de Haute-Savoie. Il organise et coordonne la mise en œuvre de moyens de lutte (« bûcherons pompiers », détection des attaques, débouché pour les bois scolytés, stockage des bois...).

Membres du comité scolyte :

- Assemblée des Pays de Savoie
- Association des Communes Forestières de Savoie et de Haute-Savoie
- Association des entrepreneurs de travaux forestiers (ASDEFS)

- Chambre d'Agriculture Savoie Mont Blanc
- Coforêt
- Centre Régional de la Propriété Forestière (CRPF)
- Département Santé des Forêts
- Directions départementales des territoires de Savoie et de Haute-Savoie
- Groupement des Scieurs de Savoie et de Haute-Savoie
- Office National des Forêts de Savoie et de Haute-Savoie
- Pôle Excellence Bois
- Syndicat des propriétaires forestiers de Savoie
- Union des forestiers privés de Haute-Savoie
- Union des Groupements des Sylviculteurs de Savoie.

Une dizaine d'entretiens ont été menés en auprès de personnels divers (DSF, Techniciens CRPF, ONF...)

Ce travail a souligné l'absence de suivi quantitatif sur le risque induit par les chantiers sur les attaques de scolytes. La sylviculture, l'implication des propriétaires et les modalités d'intervention de lutte sanitaire sont les principales pistes d'amélioration mentionnées pour réduire les dégâts liés aux scolytes. Néanmoins, les acteurs ont observé que certaines pratiques d'exploitation entraînent des attaques de façon récurrente.

2.3 METHODOLOGIE POUR L'ANALYSE DE SENSIBILITE PAYSAGERE

2.3.1 Rejet d'une approche « sociologique »

La finalité et les moyens de cette mission ont évolués au cours du stage. L'idée initiale était de réaliser une analyse de sensibilité des acteurs aux évolutions du paysage notamment par des interviews d'acteurs. Ce travail, à portée essentiellement géographique et sociologique, présupposait une phase bibliographique : théorie du paysage et de son analyse, guide d'interview... Ce travail préparatoire a révélé la complexité qu'impliquait un travail sociologique, d'appréciation du sensible tout en montrant que cette thématique a déjà été largement abordée par les sociologues. En effet le lien entre paysage, forêt, société et exploitation forestière est une question cruciale dont l'étude s'est révélée nécessaire depuis déjà longtemps.

Nous avons donc suggéré d'orienter cette partie « paysage » sur l'analyse de sensibilité paysagère sous la forme d'un outil de prévision de l'impact paysager. L'objectif devenant de fournir un résultat plus opérationnel (aide à la décision).

2.3.2 Choix d'une approche informatique de simulation

2.3.2.1 Cartographier l'enjeu paysager

La réflexion sur la méthodologie d'organisation de chantier *PECT in* a abouti sur la nécessité de mettre en place d'un document d'intervention qui traduit l'insertion du projet d'exploitation forestière dans un cadre d'aménagement du territoire qui transcende l'objectif de récolte. La pertinence d'une cartographie comme support de ce document d'intervention est apparu très rapidement. Cette cartographie doit reporter l'ensemble des enjeux identifiés par le territoire et traduire leur prise en compte par des suggestions d'intervention ou de non intervention. A ce titre il est apparu fondamental de disposer d'un outil de cartographie de l'enjeu paysager.

Pour cartographier l'enjeu paysager, nous avons proposé d'utiliser un Système d'Information Géographique (SIG) et une fonction de calcul d'intervisibilité. L'intervisibilité fonctionne sur la base d'un modèle numérique de terrain. Elle permet de d'identifier les zones visibles d'un terrain depuis un point d'observation. Des fonctions de calcul d'intervisibilité sont disponibles sur la plupart des logiciels permettant de traiter de l'information géographique.

Tableau 2 : Fonction d'intervisibilité sous différents logiciels

Logiciel	QGIS	GRASS	ArcGIS	R
Calcul d'intervisibilité	Extension « Viewshed »	Fonction « r.los »	Fonction « Intervisibility » (nécessite une licence 3D Analyst)	Pas de fonction disponible à ce jour

Dans notre démarche, pour cet aspect, nous avons utilisé le logiciel QGIS⁹ qui présente l'avantage d'être libre d'utilisation.

2.3.2.2 Anticiper l'impact paysager

En tout premier lieu, il faut rappeler qu'un projet de récolte par ballon évite la création de route forestière ainsi que l'ouverture de lignes d'emprise (comme c'est le cas dans avec le câble téléphérique). Ces deux éléments ont un impact paysager fort et à long terme. En contrepartie, le projet de récolte par ballon est extensif en surface. Ainsi, quel que soit son impact, il peut affecter une surface potentiellement considérable.

En première approximation, le prélèvement par trouée est la solution technique a priori la plus simple pour récolter au ballon¹⁰. Nous avons formulé pour hypothèse que la récolte au ballon par pied à pied

⁹ <http://www.qgis.org/fr/site/>

ou arête de poisson, n'engendre pas d'impact visuel lointain. En revanche, l'ouverture de trouées ayant pour objectif de récolter plusieurs milliers de m³ sur plusieurs centaines d'hectares peut engendrer un certain mitage du paysage forestier. Les trouées peuvent mettre plusieurs années à se refermer : Une durée de 10 ans semble être un minimum pour une cicatrisation visuelle, d'après une étude récente de l'ONF (Fuhr, et al. 2015). Leur emprise marque donc le paysage pour longtemps. Il est donc indispensable de fournir aux décideurs (territoire) un outil d'aide à la décision qui évalue le mitage du paysage après la récolte. Il a été proposé de concevoir un outil de simulation paysagère post-récolte.

2.3.2.3 Principe de l'outil

La simulation devra avoir un rendu visuel interactif et applicable à n'importe quel site. Cette simulation sera paramétrable pour correspondre au plus près aux scénarios de prélèvement que l'on pourrait envisager et peu coûteuse à mettre en place (en temps, compétences et investissements). Pour obtenir un résultat visuel satisfaisant et dynamique de ces simulations, nous avons choisi de représenter les résultats en utilisant Google EARTH pro. Cette interface permet en effet de « naviguer » dans n'importe quel paysage, tout en étant un outil libre et simple à appréhender.

La méthodologie repose en quatre temps :

- 1) Choix d'un site de simulation (définition d'un périmètre de chantier) [Outil : SIG]
- 2) Dimensionnement du prélèvement [Outil : paramétrage EXCEL / traitement R]
- 3) Génération de trouée aléatoire [Outil : R]
- 4) Représentation et Visualisation du paysage post récolte [Outil : Google Earth]

2.3.2.4 Premier résultats et ajustement de l'outil

En amont de la réalisation de l'outil, un premier test a été réalisé pour valider le principe. Cette première approche (cf. figure ci-dessous) a suscité de vives réactions lors de sa présentation. Pourtant, même si la surface de récolte était très étendue (425ha) et le prélèvement global élevé (25000 m³), le prélèvement était faible en taux (60 m³/ha) et les trouées de très petites tailles (6,25 ares).

Le mode de représentation était sans doute trop schématique. Dans cette première approche, les trouées ont été générées par SIG au moyen d'une approche simpliste, non automatisée et difficilement reproductible. Les trouées sont de forme carrée et peuvent être juxtaposées. Le GSM recommandant des espaces inter trouées, cela ne devrait pas être le cas dans la réalité. Ces artefacts accentuent encore l'impact visuel.

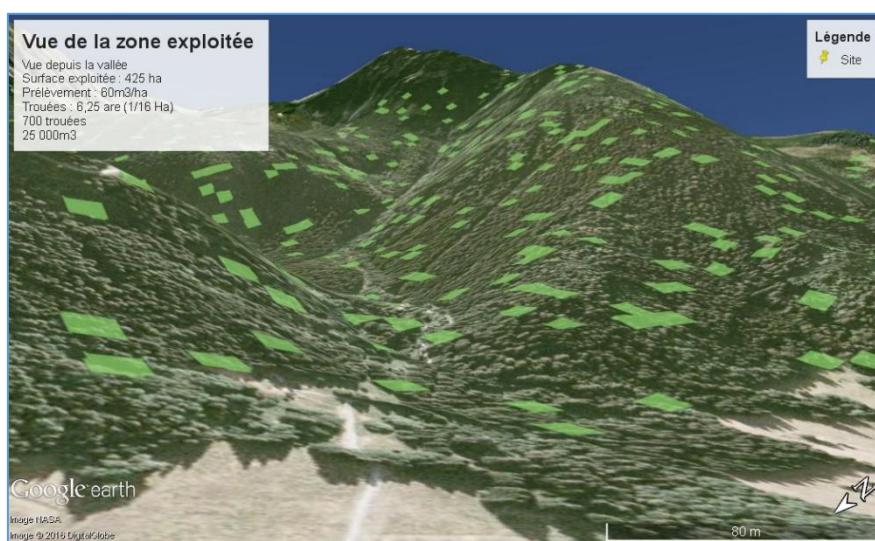


Figure 6: Première simulation sur le site de fond de France (73)

¹⁰ D'après Jean Charles Mogenet (Echoforet, ETF référente sur *PECT in* et AeroLifter).

Malgré leurs ressentis négatifs, les participant au groupe ont souhaité que l’outil soit perfectionné.

Cette première approche a permis de réaliser l’importance de la mise en forme et du dimensionnement du prélèvement. Par ailleurs, la réflexion ayant avancé sur la notion de Projet de Territoire, il s’agissait d’adapter l’outil à la fragmentation de la zone d’exploitation par enjeux et donc par taux de prélèvement.

Il a donc fallu concevoir et ajouter une fonction pour dimensionner le prélèvement afin de représenter et comparer différents scénarios. Cette fonctionnalité doit permettre de simuler des choix de gestion, différenciés par zone, aussi précis et réalistes que possible. La fonction de comparaison doit quant à elle permettre de formuler un compromis entre opportunité de récolte et impact paysager.

2.3.3 Développement de l’outil sous R

L’outil est développé sous R avec une interface EXCEL pour rentrer les paramètres au choix de l’utilisateur.

2.3.3.1 Paramètres

L’utilisateur rentre des *paramètres de chantiers* selon les scénarios qu’il souhaite tester :

- Surface_site : Surface du site d’exploitation (à titre indicatif, car elle sera recalculée sur la base des couches SIG fournies) (ha)
- Vol_tot : Volume objectif total de récolte sur le chantier (m³)
- Taille_trouees : Tailles des trouées (ha)

	A	B	C	D	E	
1		Surface_site	Vol_tot	taille_trouees		
2	Simul1	220	8000	0,3		
3	Simul2	220	10000	0,3		
4	Simul3	220	10000	0,5		
5						
	◀ ▶	paramètres	gestion1	gestion2	gestion3	

Figure 7 : Interface paramètres de chantier pour les trois scénarios

Dans la réalité, l’état du peuplement et notamment son capital sur pied oriente généralement l’intensité et la nature du prélèvement. Ainsi, dans l’objectif de simuler un prélèvement en phase avec une sylviculture réaliste, il a été décidé de paramétrer les scénarios avec des paramètres pouvant être déclinés par classe de volume sur pied.

L’utilisateur rentre donc une série de *paramètres de gestion* déclinés par classes de volume sur pied et par scénario (cf. figure ci-dessous : onglet « gestion1 », « gestion2 », gestion3 ».)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	classe_vol	vol_moy	surf_classe	Tx_hors_exploit	pc_pp	pc_trouees	vol_ha_pp	
2	1	100	24	0,3	1	0	30	
3	2	300	135	0,3	0,5	0,5	80	
4	3	500	27	0,3	0,5	0,5	100	
5	4	700	4	0,3	0,5	0,5	120	
6	5	900	0	0,3	0,5	0,5	120	
7	6	1000	0	0,3	0,5	0,5	150	
8								
parametres gestion1 gestion2 gestion3 + :								

Figure 8 : Interface paramètres de gestion pour le scénario 1

Ce paramétrage complexe permet de formuler des choix sylvicoles réalistes. On peut par exemple envisager un prélèvement par trouées dans des zones très capitalisées et inversement, intervenir légèrement et uniquement en pied à pied, dans les zones avec un faible volume sur pied.

Les paramètres de gestion par classe de volume :

- Classe_vol : Classe de volume par hectare, de 1 à 6
- Vol_moy : Volume moyen à l'hectare :
- Surf_classe : Surface forestière par classe de volume sur pied (ha) : cela permet de voir l'effet du capital sur pied présent dans la forêt sur le résultat d'un chantier.
- Tx_hors_exploit : Taux de non-exploitation : ce paramètre sert à tenir compte du fait que certaines zones forestières pourraient rester inexploitées pour diverses raisons (enjeux particuliers, désaccord du propriétaire ...). Ce taux s'exprime en pourcentage de la surface forestière totale. Cela n'inclue donc pas les zones non-forestières sur le site de chantier.
- Pc_pp : Pourcentage de la surface récoltée en pied à pied (c'est un pourcentage de la surface réellement exploitée)
- Pc_trouees : Pourcentage de la surface récoltée en trouées (c'est un pourcentage de la surface réellement exploitée, la somme de ces deux dernier paramètre doit être égale à un)
- Vol_ha_pp : Le prélèvement en m³/ha pour le pied à pied (on raisonne en général en pourcentage de surface terrière ou de volume sur pied. Ici, il faut donner un prélèvement en absolu en volume - m³ - par hectare).

2.3.3.2 Traitement

Le programme R traite ces informations et renvoie les variables de sorties pour chaque scénario :

- Volumes récolté en pied à pied, ou trouées
- Surface effectivement exploitée
- Nombre de trouées
- ...

Les variables de sorties sont calculées de la façon suivante :

$$\begin{aligned}
 \text{Surface forestière totale} &= \sum_{i \text{ classes de volumes}} \text{Surface}_{\text{forêt } i} \\
 \text{Surface effectivement exploitée} &= \sum_{i \text{ classes de volumes}} \text{Surface}_{\text{forêt } i} (1 - \%_{\text{hors exploit } i}) \\
 \text{Surface}_{\text{pied à pied tot}} &= \sum_{i \text{ classes de volumes}} \text{Surface}_{\text{forêt } i} \times \%_{\text{pied à pied } i}
 \end{aligned}$$

$$Surface_{trouées\ tot} = \sum_{i\ classes\ de\ volumes} Surface_{forêt\ i} \times \%_{trouées\ i}$$

$$Volume_{pied\ à\ pied\ tot} = \sum_{i\ classes\ de\ volumes} Surface_{pied\ à\ pied\ i} \times Prélèvement_{pied\ à\ pied\ i}$$

$$Volume_{trouées\ tot} = Volume_{total} - Volume_{pied\ à\ pied\ tot}$$

On considère qu'au sein d'une classe de volume à l'hectare, le volume à exploiter en trouée est proportionnel à la surface exploitée en trouées. Soit :

$$Ratio_{classe\ i} = \frac{Surface_{trouées\ i}}{Surface_{trouées\ tot}} = \frac{Volume_{trouées\ i}}{Volume_{trouées\ tot}}$$

D'où :

$$Volume_{trouées\ i} = \frac{Surface_{trouées\ i}}{Surface_{trouées\ tot}} \times Volume_{trouées\ tot}$$

$$Nombre_{trouées\ tot} = \sum_{i\ classes\ de\ volumes} \frac{Volume_{trouées\ i}}{Taille_{trouées} \times Volume_i}$$

Ces sorties sont disponibles au niveau global sur le chantier (toute classe de volumes confondues) ou au détail (par classe de volume).

2.3.3.3 Représentation des trouées dans le site de chantier

Au moment de rentrer les paramètres des scénarios, l'utilisateur doit également donner le périmètre du chantier et des éventuels enjeux à prendre compte, sous la forme de couche SIG (vecteur).

Avec ces données et une fois les variables calculées, le programme R génère spontanément des couches SIG représentant les trouées correspondant à chaque scénario (prise en compte des enjeux, nombre de trouées, tailles de trouées).

Le programme génère les trouées de façon aléatoire dans la surface d'implantation définie :

- Dans la totalité du site de chantier si aucun n'enjeu n'est défini
- Dans la zone hors enjeux le cas échéant

Ces couches SIG peuvent être importées et visualisées directement dans Google Earth.

Le script donnant l'intégralité du programme est disponible en annexe pour information. Une démonstration de l'outil est donnée dans la partie 5.

3 LA DEMARCHE *PECT in*

3.1 PREAMBULE

Le « territoire » sera entendu comme toute personne publique ayant pour mission la gestion d'un territoire (commune, communauté de communes,...).

PECT in est une vente de bois sur pied à un exploitant unique. Pour fluidifier l'opération, il est nécessaire d'avoir un interlocuteur unique pour la réalisation du chantier et la vente des bois. L'intégralité du bois d'un chantier sera donc vendue à un exploitant unique. Il sera choisi à la suite d'une mise en concurrence (voir 3.3.1). Un système de vente de bois sur pied simplifie quant à lui le travail avec l'entreprise de travaux forestier qui opère le ballon (un seul contrat de sous-traitance) et facilite la mise en œuvre de l'exploitation en forêt privée.

L'incertitude la plus importante repose sur le nombre et la surface de forêt privée qui sera effectivement intégrée au chantier. En effet, on sait d'ores et déjà que certains propriétaires ne donneront pas de réponse ou des réponses négatives. Connaissant les exigences de productivité d'un chantier de débardage par ballon, il faut inclure à différents moments dans la phase préparatoire de chantier des décisions de type « go / no go » qui permettent d'annuler le projet si on constate que le recrutement des propriétaires est trop faible pour faire une exploitation viable. Ces moments de décision sont représentées par un feu tricolore dans la procédure ci-dessous.

Un chantier organisé selon la démarche *PECT in* se déroule en trois phases :

- Elaboration d'un projet de territoire
- Contractualisation entre les acteurs
- Exploitation et réalisation du chantier

Le développement ci-dessous explique et argumente les points clé de la démarche *PECT in*.

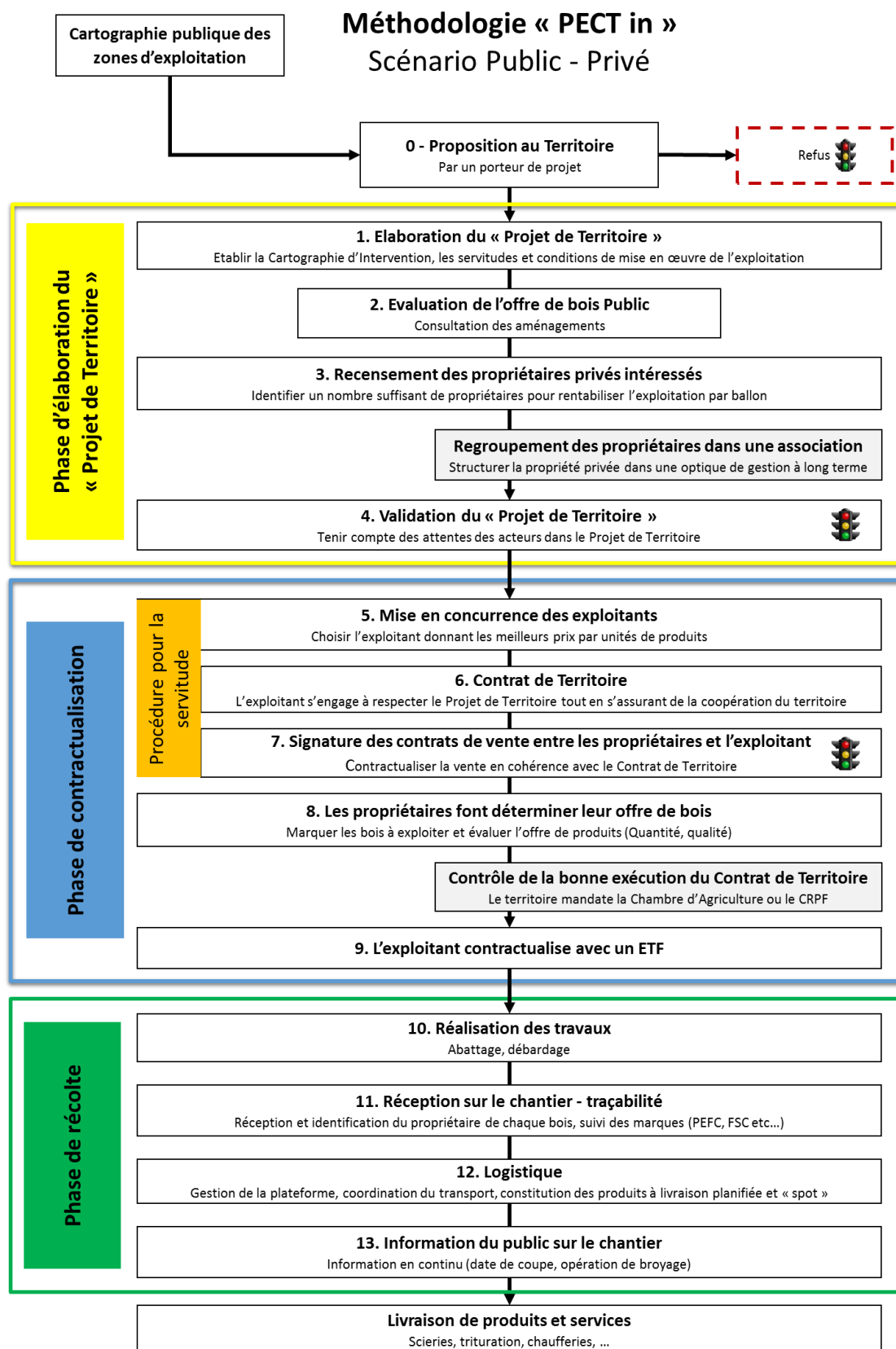


Figure 9 : Les étapes de la démarche PECT in

3.2 PHASE D'ELABORATION DU PROJET DE TERRITOIRE

3.2.1 Donner un rôle central au territoire

3.2.1.1 *Elaborer un projet de territoire*

Si le territoire est intéressé pour mener un projet de récolte *PECT in* sur son territoire, il doit définir ses attentes et les consigner dans une première ébauche de *projet de territoire* (étape 1). Il peut y être question de paysage, de tourisme, d'environnement et de biodiversité, de protection des populations, de zonages réglementaires, de restriction sur le bruit... Le projet de territoire consigne l'ensemble des règles d'exploitation que le territoire voudrait voir respecter. Certaines conditions particulières d'exploitation pourront également être discutées avec l'exploitant qui sera choisi pour le chantier.

Exemples :

- *Le territoire veut conserver l'aspect paysager au voisinage de la Chapelle*
- *Le territoire veut réaliser un projet d'infrastructure (télésiège) qui exige une intervention sylvicole spécifique...*
- *Le territoire veut interdire la circulation des camions-grumiers dans la commune le jeudi matin (jour de marché).*
- ...

Le projet de territoire contient la *cartographie d'intervention*.

3.2.1.2 *Cartographier les interventions adaptées aux enjeux pour assurer la maîtrise des impacts*

Le territoire doit disposer d'une cartographie des enjeux sur le site d'exploitation. Pour cela, il dispose de :

- Documents techniques et prescriptions réglementaires : PPRI, PLU, Aménagement de la forêt communale, Charte PNR, Document d'objectif Natura 2000, arrêtés de Protection de biotope...
- Personnes publiques associées : Département, Région, Chambre d'agriculture, ONF, CRPF...
- Groupes d'intérêt, associations et administrés : Association de Protection de la Nature, Association Communale de Chasse Autorisée...

Une fois qu'il en dispose, le territoire doit déterminer les modalités d'intervention qui permettent de répondre aux enjeux. Pour cela il peut bénéficier de l'aide des experts qui l'entourent (ONF, CRPF, PNR...).

Exemple : « *Dans les zones soumises à un enjeu paysager, la taille des trouées sera de 25 ares au maximum* »

La cartographie d'intervention spatialise les recommandations de prélèvement sur le site de chantier. Ce document comporte encore une part variable. En effet, les propriétaires pourront faire part de leurs remarques afin d'ajuster la cartographie d'intervention.

3.2.2 Obtenir un prix unique par unité de produit pour le bois public et privé

Informé des attentes du projet de territoire, l'ONF, gestionnaire des bois public, estime la récolte pouvant être effectuée en forêt publique (étape 2). L'ONF procède au martelage sur la surface publique concernée par le projet d'exploitation¹¹. Sur la base de ce travail d'inventaire et de sa connaissance des marchés, l'ONF peut établir des prix minimum par unité de produits. Cette liste

¹¹ L'additif au GSM mentionne que : « Le repérage au préalable des trouées à marteler n'est pas indispensable : une équipe bien formée est capable d'identifier et de marquer les trouées lors d'une même opération. Toutefois, la visite au préalable de la coupe par l'agent patrimonial reste indispensable pour décrire les peuplements et identifier ceux à gros bois. » (Office National des Forêts 2012)

d'unité de produit doit rester simple¹². Cette estimation doit traduire une réalité de marché. L'ONF a estimé ses prix de retrait pour l'offre de bois public. Le CRPF et la Chambre d'Agriculture prennent connaissance de cette grille tarifaire. Ensemble, ils s'accordent sur une liste de produits commercialisables puis sur des prix minimum par unité de produit atteignables. L'objectif est d'obtenir par consensus un prix unique minimum pour l'ensemble du bois public ET privé.

Ces prix correspondent à des prix de bois sur pied. Dans cette configuration, l'exploitant supporte le risque lié à l'estimation du coût d'exploitation. C'est une démarche parfaitement lisible pour les propriétaires.

Exemple :

Prix minimum d'achat du bois sur pied par unité de produit	Qualité Charpente	Qualité emballage	Autre
Epicéa	40 €/ m ³	30 €/ m ³	15 €/ m ³
Sapin	37 €/m ³	30 €/ m ³	15 €/ m ³
Hêtre	35 €/ m ³	25 €/ m ³	15 €/ m ³
...			

Dans cet exemple : le propriétaire touchera au moins 40€ pour chaque m³ d'épicéa de qualité charpente qui sortira de sa parcelle quel que soit le cout d'exploitation supporté par l'exploitant. Une alternative peut consister à prévoir une majoration pour les propriétaires disposant d'une alternative d'exploitation (au coût moindre) mais qui accepteraient néanmoins le débardage par ballon.

NB. A ce stade, il est encore envisageable que l'exploitation n'ait pas lieu : En effet, si la surface totale effectivement mobilisée est finalement trop faible pour rentabiliser l'exploitation par ballon, on sera contraint d'annuler l'exploitation sans pénalité. Cela implique donc que le martelage en forêt publique pourrait avoir été fait en vain. Dans les faits, la formulation d'une offre de bois publique précise et certaine permet aux exploitants d'estimer la quantité de forêt privée à « ajouter » pour atteindre le seuil de rentabilité du chantier ballon. C'est donc un risque à prendre pour trouver un exploitant prêt à acheter le chantier.

3.2.3 Mettre les propriétaires dans les meilleurs dispositions pour l'exploitation forestière

3.2.3.1 Une démarche en deux temps pour rassurer les propriétaires

Après la détermination des prix par l'ONF, le territoire se tourne vers la forêt privée afin de recenser les propriétaires intéressés pour exploiter leur forêt (étape 3). C'est une phase d'animation qui doit rester aussi peu coûteuse que possible. Ce démarchage repose sur des appels téléphoniques, des réunions publiques, des mails voire un site internet ou la presse locale. Le territoire peut s'appuyer sur les ressources humaines du CRPF, de la Chambre d'Agriculture, ou encore les animateurs CFT et PNR. On dispose des documents de communications préalablement établis et du projet de territoire (cartographie d'intervention). L'intégration des propriétaires privés au projet d'exploitation à lieu en deux temps :

- 1) Phase de pré-engagement : les propriétaires ne s'engagent pas de façon contractuelle pour la vente, mais ces derniers manifestent leur accord ou désaccord sur le principe d'une exploitation dans les termes du projet de territoire. Les propriétaires intéressés par l'exploitation autorisent simplement le territoire à transmettre leurs coordonnées (et celles de leurs éventuel gestionnaire) à l'exploitant forestier qui sera choisi. Au terme de cette phase, selon le nombre de propriétaires qui ont manifesté leur accord de principe on a une

¹² Nous préconisons trois classes de qualité (Charpente, Emballage, Autre) pouvant être distinguées par essences et classes de diamètre.

approximation de la surface de forêt privée susceptible de passer en coupe. Néanmoins des propriétaires peuvent toujours se retirer ou s'ajouter.

- 2) Phase de signature des contrats de vente : Cette seconde phase aura lieu plus tard. Une fois l'exploitant choisi, les propriétaires qui souhaitent procéder à l'exploitation de leurs parcelles doivent établir un contrat de vente de bois sur pied avec l'exploitant.

3.2.3.2 Assurer un revenu minimum en conditionnant la vente des bois par un prix de retrait

Lorsque le territoire aborde les propriétaires, il est capable de leur annoncer un prix minimal de vente par unité de produit. Cette démarche est transparente et joue un rôle clé dans l'adhésion des propriétaires à des projets d'exploitation. La vente (et par conséquent l'exploitation) n'aura pas lieu si aucun n'acheteur ne propose d'acheter le bois à un prix supérieur ou égal au prix de retrait.

3.2.3.3 Une démarche originale et collaborative qui sensibilise les propriétaires

Lors de la première approche, le territoire présente aux propriétaires le projet d'exploitation conditionné par le projet de territoire et la cartographie d'intervention. Les propriétaires peuvent manifester au territoire leurs revendications éventuelles sur le projet de territoire. Dans la mesure du possible et de l'intérêt général, ces revendications seront prises en compte lors de l'étape « validation du projet de territoire » (étape 4).

Les propriétaires sont sensibilisés au fait que la massification de l'offre permet d'obtenir de meilleurs prix pour le bois par rapport à une démarche individuelle :

- Economies d'échelle qui diminuent les coûts de prestation
- Constitution de lots de bois homogènes et attractifs pour les acheteurs
- Offre de services pour les acheteurs grâce à la plateforme logistique, ce qui crée de la valeur ajoutée pour le bois

L'utilisation du système de débardage par ballon est également un argument qui peut débloquer des situations : en effet, le ballon est une opportunité unique pour exploiter des parcelles enclavées ou non desservies. L'utilisation du ballon est également un mode de débardage novateur, économe sur le plan énergétique et peu impactant vis-à-vis des sols.

3.2.3.4 La promesse d'une exploitation de qualité aux impacts maîtrisés

La crainte d'une exploitation forestière de « mauvaise qualité » est un facteur limitant la mobilisation de bois en forêt privée. Au moyen de différents contrats signés par l'exploitant, la méthode *PECT in* donne au propriétaire des gages pour la qualité et le respect du cahier des charges de l'exploitation.

Le chantier *PECT in* intègre les bonnes pratiques pour maîtriser une diversité de risque (scolytes, paysage). Il participe à la mise en œuvre d'une gestion durable, à l'échelle d'un territoire qui fait sens pour les propriétaires.

3.2.3.5 Un interlocuteur de confiance et en dehors des conflits d'intérêt qui sécurise la transaction

Le territoire, au travers des élus locaux est a priori en bonne posture pour établir une relation de confiance avec les propriétaires. Le projet puis le contrat de territoire, déplace le rapport de force habituellement favorable à l'exploitant et crée les conditions d'équilibre nécessaires au développement de la confiance et de la compétence.

3.2.3.6 La possibilité d'une prestation « à la carte » pour coller aux attentes des propriétaires

La plateforme logistique permet d'offrir un panel de services au propriétaire ; ce qui lui assure un choix « à la carte ».

On peut imaginer plusieurs dispositions : l'exploitant pourrait proposer un service de prestation d'exploitation sans vente de bois, pour les propriétaires souhaitant conserver leur bois pour un usage personnel. Un service de bois de chauffage pourrait également être mis à disposition sur la plateforme

pour les propriétaires désireux de se chauffer avec leurs bois. L'étendue de ces services « à la carte » est à définir par l'exploitant.

3.3 PHASE DE CONTRACTUALISATION

3.3.1 Mettre les exploitants en concurrence pour obtenir les meilleurs prix pour le bois

L'ONF établit un catalogue de vente des bois publics avec une clause générale d'exploitation définissant les moyens (débardage par ballon) et conditions d'exploitation¹³. Ce catalogue de vente donne les volumes martelés (essence, qualité, quantité). L'ONF met en vente cette offre de bois public (étape 5). Il s'agit d'un contrat de vente simple de bois sur pied par unité de produit.

Le lot de bois public est vendu par mise en concurrence¹⁴. Les acheteurs potentiels proposent leurs prix par unité de produit. L'exploitant le mieux disant sera choisi : Les prix de vente devront être supérieurs ou égaux aux prix minimum annoncés aux propriétaires lors de la phase de recensement. Le processus d'enchère permet aux propriétaires d'obtenir les meilleurs prix compte tenu de la situation des marchés.

Pour attirer d'avantage les exploitants, l'ONF ajoute à son offre de bois publique une information sur la surface de propriété privée intéressée pour l'exploitation. Mais les coordonnées des propriétaires obtenus lors de la première phase du recensement ne seront révélées par le territoire qu'après la signature du contrat de territoire. Une des conditions de vente du bois public précise que si l'exploitant achète du bois privé sur le site d'exploitation, il appliquera les mêmes prix au bois privé. La liste des produits vendus est fixée par l'ONF. Elle sera identique pour le bois privée mais à ce stade l'exploitant n'a pas signé d'acte de vente pour le bois privé. Si l'offre de bois public n'est pas suffisante pour rentabiliser à elle seule une exploitation par ballon, il faut prévoir une possibilité d'annulation du contrat de vente au cas où l'exploitant ne parviendrait pas à contractualiser avec un nombre suffisant de propriétaires.

3.3.2 Contractualiser le projet de territoire pour assurer l'équilibre entre les acteurs

Le territoire a réalisé un travail d'animation auprès des propriétaires privés. Il dispose d'une liste de propriétaires prêts à faire exploiter leurs propriétés. Afin d'amortir l'utilisation du ballon, l'exploitant qui a remporté le lot public, a intérêt à exploiter les bois privés de la zone. En effet, en augmentant la surface exploitée, il réduit ses coûts d'exploitation. Réciproquement, le territoire souhaite que l'exploitant réalise le chantier selon les principes établis dans le projet de territoire. Par ailleurs, le

¹³ Les conditions d'exploitation applicables traditionnellement en forêt publique pourront être étendues à la forêt privée grâce au contrat de territoire (Règlement national d'exploitation forestière, clauses générales d'achat de prestations d'exploitation forestière en forêt publique...)

¹⁴ Juridiquement la mise en concurrence des exploitants peut s'inspirer d'une procédure de dialogue compétitif (anciennement « appel d'offres sur performance » : « Procédure de passation des marchés publics, destinée à la réalisation de projets complexes, réservée aux hypothèses où la personne publique ne peut définir seule et à l'avance les moyens techniques ou le montage juridique ou financier répondant à ses besoins. Le dialogue compétitif, qui repose sur un programme fonctionnel et non un cahier des charges, s'ouvre par un dialogue avec chacune des entreprises présélectionnées après une mise en concurrence, en vue de retenir celles dont les propositions paraissent le mieux adaptées à la réalisation du projet. »). Dans ce cadre, la mise en concurrence initiale se fait sur les prix par unité de produit et le choix final se fait après examens des conditions particulières d'exploitation proposées avec les exploitants pré-sélectionnés (ou inversement selon les priorités du Territoire).

territoire dispose des leviers réglementaires pour contribuer au chantier (servitude de passage, arrêtés municipaux pour le passage des grumiers, prêt de la place de stockage...)

Le territoire et l'exploitant rédigent donc un contrat d'exploitation équilibré (étape 6). Dans celui-ci, l'exploitant s'engage à respecter le projet de territoire en échange des coordonnées des propriétaires privés volontaires et de l'appui du territoire : le projet de territoire devient un contrat de territoire.

Ce contrat stipule également les prix par unité de produits auxquels l'exploitant s'est engagé à acheter le bois des propriétaires privés et sur la base desquels il a remporté la mise en concurrence.

Ainsi fait, le contrat de territoire garanti :

- Un chantier réalisé selon les principes du projet de territoire
- La possibilité de faire un chantier rentable pour l'exploitant
- Des prix à l'unité de produits fixés en amont pour une juste rémunération des propriétaires privés

Le contrat de territoire assure donc un équilibre entre tous les acteurs (territoire, propriétaires privés et exploitant).

3.3.3 Etablir des contrats de vente avec chaque propriétaire pour sécuriser les conditions de la transaction

À la suite de la signature du contrat de territoire entre le territoire et l'exploitant, une version est envoyée à chaque propriétaire pré-engagé. Ces derniers sont donc au fait des prix par unités de produits qui ont été finalement obtenus par la mise en concurrence des exploitants. Les propriétaires peuvent donc décider en connaissance de cause s'ils veulent aller plus loin. Le cas échéant ils doivent signer un contrat avec l'exploitant (étape 7, voir contrat-type de prestation en annexe 2).

Ce contrat peut traduire un acte de vente des bois sur pied et/ou une simple prestation de service. L'étendue de ces services est à définir par l'exploitant. Ils peuvent être facturés de façon forfaitaire (voir contrat-type de prestation en annexe 4).

L'exploitant centralise les demandes des propriétaires. Il est donc capable d'identifier son action sur chaque parcelle. N'importe quel propriétaire peut également se manifester auprès de l'exploitant. Cette phase peut sous-entendre un travail d'animation désormais pris en charge par l'exploitant.

Le contrat de vente fige simplement des prix par unité de produit, ainsi que d'éventuels coûts de prestation que l'exploitant peut facturer au propriétaire. L'estimation des volumes (cubage) par catégorie de produit qui sera réalisé par le marteleur n'a pas valeur contractuelle. C'est le cubage bucheron réalisé lors de la réception contradictoire après l'abattage qui fera foi pour le paiement au propriétaire.

On rappelle que les propriétaires disposant d'une alternative d'exploitation peuvent bénéficier d'une majoration sur le prix d'achat de leurs bois.

Le contrat de territoire stipule une obligation de moyen pour mener l'exploitation à terme. L'exploitant et le territoire doivent donc œuvrer pour recruter un nombre suffisant de propriétaires. Néanmoins, en cas d'échec, une clause du contrat de territoire ouvre la possibilité d'annuler les contrats de vente/prestation.

3.3.4 Déterminer l'offre de bois privé dans le cadre du projet de territoire

3.3.4.1 Les propriétaires privés font marquer leur bois

Dès que l'exploitant a établi un nombre suffisant de contrats pour s'assurer de la viabilité de l'exploitation, il le signale aux propriétaires. Les propriétaires qui ont contractualisé avec l'exploitant doivent alors procéder au martelage ou au marquage de leurs bois (étape 8).

Pour le martelage, le propriétaire privé peut :

- choisir un gestionnaire à sa charge. Les propriétaires qui ont déjà un gestionnaire, peuvent donc le conserver. Ce gestionnaire doit être informé au préalable des spécificités et contraintes de l'exploitation par ballon.
- laisser faire le martelage par l'exploitant. Dans ce cas, l'exploitant joue aussi le rôle du gestionnaire : il va réaliser le martelage des arbres qu'il achète ; d'où un potentiel conflit d'intérêt. A la demande du propriétaire, des organismes publics spécialisés (Chambre d'Agriculture et CRPF) peuvent réaliser un contrôle sur le martelage.

NB. Si les propriétaires ont décidé de s'engager en plus vers un regroupement associatif à vocation de gestion forestière, alors il faut un gestionnaire pour la structure. Ce gestionnaire réalisera les martelages.

La stratégie globale de prélèvement sur le massif (public ET privé) est fixée dans les grandes lignes par le projet de territoire. Cette stratégie doit permettre à une multitude de gestionnaire de pratiquer un prélèvement global cohérent.

Quel que soit le gestionnaire choisi pour le martelage, il y a un modèle de fiche de martelage unique qui reprend la liste des produits dont les prix unitaires ont été fixés lors de l'appel d'offre. Le marteleur cube en fonction de ces produits. L'estimation des volumes (cubage) par catégorie de produit réalisé par le marteleur n'a pas valeur contractuelle. C'est le cubage bucheron réalisé lors de la réception contradictoire après l'abattage qui fera foi pour le paiement au propriétaire.

3.3.4.2 Promouvoir l'équilibre entre respect de l'intérêt général et indépendance dans la gestion forestière

Il peut sembler que la cartographie d'intervention et les recommandations de prélèvement constituent une ingérence du territoire dans la gestion de la forêt privée. Dans les faits, la cartographie d'intervention fixe uniquement des seuils de prélèvement maximum, elle constitue un garde-fou pour maîtriser l'impact du prélèvement global. Dans cette limite, chaque propriétaire peut faire pratiquer le prélèvement adapté à ses attentes et à la gestion de sa forêt.

Par ailleurs, rien ne contraint le propriétaire à prendre part à l'exploitation dans les termes du contrat de territoire. En effet un propriétaire peut toujours organiser l'exploitation de sa parcelle par lui-même mais alors il ne bénéficiera pas des contreparties de l'adhésion au projet de territoire (négociation des prix du bois permise par la massification de l'offre, optimisation de la valorisation en associant des services aux produits disposés sur la place de stockage).

Le ballon est une opportunité pour exploiter des parcelles enclavées ou non desservies. Le respect du contrat de territoire est une condition pour déployer cette opportunité.

Pour l'entreprise opérant un ballon de débardage, la qualité et la perception de l'exploitation par les clients est la clé pour pérenniser une activité qui a nécessité un investissement conséquent. La cartographie d'intervention associée au contrat de territoire lui sert également à ne pas engager sa responsabilité dans une intervention qui compromettrait son image.

3.3.4.3 Un martelage en aval de la signature des contrats de vente

Dans un chantier classique, le propriétaire procède au martelage de ses bois puis met ensuite son offre de bois en vente. De cette façon, même si la vente se fait par unité de produit, l'exploitant-acheteur à une idée relativement précise de ce qu'il achète.

Dans le cadre de *PECT in*, le chantier a une contrainte d'ampleur minimale pour atteindre le seuil de rentabilité (notamment dans le cadre d'une exploitation par ballon de débardage). Il est donc fondamental que l'exploitant puisse décider de ne pas entreprendre l'exploitation dans le cas où elle ne s'avérerait pas viable (surface réquisitionnée trop faible). Par conséquent il faut éviter que le

propriétaire engage des frais tant que le déroulement du chantier n'est pas certain. C'est pour cette raison que nous proposons de réaliser le martelage (au frais du propriétaire) a posteriori de la signature d'un nombre suffisant de contrats de vente. L'inconvénient est que, lors de la signature du contrat, l'exploitant n'a pas d'idée précise du volume total qui sera exploité. La question de fond consiste à savoir si la surface réelle exploitée est bien l'élément le plus pertinent pour déclarer la viabilité et donc le déclenchement du chantier.

Il faut garder à l'esprit que cela reste une proposition ; on peut en effet parfaitement imaginer de faire le martelage avant la signature des contrats de vente, sans incidence sur le reste de la méthodologie. C'est un arbitrage à faire au cas par cas, selon les préférences de l'exploitant.

3.3.4.4 *Contrôle d'un prélèvement conforme à la cartographie d'intervention*

Une fois le martelage réalisé, le gestionnaire doit envoyer une copie du bordereau de martelage à l'exploitant et à un organisme de contrôle (CRPF / Chambre d'Agriculture). Ce dernier garde un droit de regard sur la conformité du prélèvement face au projet de territoire (voir ci-dessous). L'organisme peut ainsi procéder à un contrôle sur pièce et peut éventuellement se déplacer pour vérifier en cas de doute.

D'autre part l'exploitant est lui aussi chargé de vérifier la conformité des fiches de martelage provenant des gestionnaires indépendant avec les contraintes du projet de territoire.

Si un martelage n'est pas conforme au contrat de territoire, le propriétaire et son gestionnaire doivent en être informés afin de revoir le prélèvement. Faute de quoi, l'exploitant, contraint au respect du contrat de territoire, peut se réserver le droit de ne pas exploiter la parcelle en question.

3.3.5 L'exploitant contractualise avec un ETF

Le choix de l'ETF qui réalisera les travaux appartient à l'exploitant. L'exploitant établit un contrat de sous-traitance avec un ETF capable de réaliser les travaux selon les conditions du projet de territoire (étape 9).

3.4 PHASE EXPLOITATION

3.4.1 Réaliser l'abattage, le débardage et le tri des produits sur la plateforme de stockage

C'est le travail de l'ETF : Le chef d'entreprise doit s'assurer que le débardage a lieu dès que les conditions météorologiques le permettent. Le travail de l'ETF doit être exemplaire en termes de qualité, ce qui peut impliquer de la formation spécifique. Le chef d'entreprise doit avoir du recul sur le chantier pour le planifier au mieux.

3.4.2 Réceptionner les bois sur le chantier

Dans le cadre d'une vente à l'unité de produit, le cubage réalisé lors de la réception contradictoire sert de base pour la rémunération du propriétaire.

En forêt, sur le parterre de coupe, le bûcheron identifie par une plaquette le propriétaire de chaque grume ou billon. Ceux-ci sont débardés jusqu'à la plateforme de stockage.

L'ETF à mandat de l'exploitant pour la réception : A l'arrivée des bois sur la plateforme, un engin de reprise en réalise le cubage et le classement par propriétaire. Temporairement les bois sont stockés sur une zone tampon qui sera évacuée pour le tri en fin de journée à heure fixe. La réception contradictoire

Réception du bois public : La réception et le dénombrement du bois public se fait conformément aux clauses générales de vente de bois sur pied à la mesure.

Réception du bois privé : Plusieurs solutions sont envisageables pour la réception du bois privé : Chaque propriétaire est libre de choisir s'il veut s'en charger lui-même ou un représentant qu'il mandate :

- Mandat ETF : Cela assure une efficacité logistique au niveau de la plateforme : c'est l'ETF qui a mandat du propriétaire et de l'exploitant pour réaliser la réception, l'opération en devient extrêmement rapide.
- Propriétaire ou mandat à un représentant : Cela assure une démarche explicite pour le propriétaire mais implique le déplacement d'un tiers (le propriétaire ou son représentant) et diminue la fluidité logistique du chantier.
 - o La réception peut avoir lieu sur la coupe avant le débardage des bois (cubage selon une découpe fictive) ou sur la place de stockage après l'arrivée des bois. Dans les deux cas la réception, doit se faire dans une fenêtre précise.

La réception se fait sur la base des produits arrêtés dans le contrat de vente et par découpe fictive. En cas de désaccord, le propriétaire peut enclencher une poursuite selon les procédures habituelles (rapatronnage).

La certification de type PEFC ou FSC pose la question de la traçabilité tout au long de la chaîne. Cela peut poser un problème dans la mutualisation de bois provenant de divers propriétaires.

3.4.3 Disposer des produits et des services sur la plateforme

Sur la plateforme on dispose des produits (bois-énergie, bois d'industrie calibré et standardisé) mais également des services (tri, traçabilité, cadencement dans la livraison usine, façonnage de bois de chauffage, etc...). La vente du propriétaire à l'exploitant repose sur une liste de produits qui doit rester simple et claire pour faciliter l'estimation et la réception. Une fois sur la plateforme l'exploitant peut procéder à son propre tri. Ce tri peut supposer un redécoupage/reclassement des billons dans la limite des possibilités offerte par la plateforme de stockage. L'exploitant peut ainsi faire coordonner son offre de produits en fonction des besoins des acheteurs.

En fonction des produits et des demandes, l'exploitant peut proposer des services liés à la plateforme de stockage :

- Tri (produit homogènes et calibrés selon les demandes des acheteurs)
- Solution pour le bois-énergie
- Solution pour le bois de chauffage
- Autre...

3.4.4 Garantir une bonne gestion de la plateforme de stockage

La gestion de la plateforme est prise en charge par une compétence de « logisticien ». Cette compétence peut être interne à l'exploitant, à l'ETF, voire à un tiers. Il est plus sécurisant pour l'ETF que la logistique soit prise en charge par l'exploitant (indemnité d'arrêt de chantier). Le logisticien a pour but de toujours permettre le déroulement du chantier. Il assure ainsi le monitoring de chantier :

- Suivi du fonctionnement du chantier
 - o il s'assure que la plateforme de stockage n'est pas saturée et peut toujours accueillir les bois débardés. Au cas contraire il peut être établi qu'une indemnité sera versée à l'ETF pour tout blocage du chantier pour des raisons imputables au logisticien
 - o Il s'assure que les produits sont bien triés
- Suivi de la productivité
- Suivi de parcelles exploitées
- Suivi de la livraison de produits
 - o Il s'assure que les grumiers chargent facilement et que le cadencement est respecté
 - o Quantité, Qualité, Prix, cadencement

- Suivi administratif et commercial

3.4.5 Informer publiquement sur le déroulement du chantier

Il s'agit de rendre publique la « vie du chantier ». Le Territoire est présent à ce niveau. Le niveau de concertation est à définir entre le territoire et l'exploitant. Cela peut se baser sur divers outils (Site internet d'information sur le chantier, activités pédagogiques et de communication, réunion de chantier, bilan public à la fin du chantier...)

4 LA GESTION DU RISQUE SCOLYTE

Les prérequis élémentaire sur la biologie du scolyte sont rappelés en annexe 2.

La période d'attaque s'étale d'Avril à Septembre. Les scolytes ne colonisent que les épicéas encore verts. Les bois morts ne sont plus sujets à leur installation. Parmi les arbres verts colonisables, les scolytes attaquent préférentiellement des arbres affaiblis. Tant qu'ils ne sont pas secs, les chablis, volis ou grumes sont des sites de reproduction de premier choix. Un arbre encore debout mais en difficulté sur le plan physiologiquement est également une cible privilégiée : Ainsi, tout ce qui peut affecter en mal la physiologie de l'arbre va réduire ses capacités de défense en cas d'attaque et constitue donc un facteur de risque supplémentaire. De nombreuses raisons peuvent engendrer un stress physiologique au niveau de l'arbre :

- Sécheresse intense et prolongée
- Non-adaptation à la station (altitude, sol, exposition etc...)
- Blessure
- Maladie
- Changement brutal de l'environnement de l'arbre
- ...

Enfin, il faut garder à l'esprit que certaines attaques de scolytes sont dirigées vers des arbres au hasard. Dans le développement ci-dessous, il sera question des principaux facteurs de risques mentionnés par la littérature scientifique et les experts de terrain.

4.1 IDENTIFICATION DES FACTEURS AGGRAVANT LE RISQUE SCOLYTE

4.1.1 Les facteurs de risques non-spécifiques aux chantiers forestiers

4.1.1.1 La tempête et les chablis

Une grande tempête telle que celle que l'on a connue en 1999 est le facteur déclenchant des grandes épidémies de scolyte. Chaque zone de chablis est une zone de départ potentiel d'une infestation de scolyte. La présence de chablis peut induire un risque aggravé d'attaque pendant une période de 3 ans après l'évènement chablis (l'arbre reste colonisable pendant cette période).

Dans les alpes du nord, La première grande épidémie de scolyte a été engendré par les tempêtes Lothar et Martin (Décembre 1999). Le phénomène a éclaté au grand jour au printemps 2001 lorsque les premiers arbres sains ont été attaqués. En effet, au printemps et à l'été 2000, les scolytes ont bénéficié d'un environnement très favorable à leur reproduction avec beaucoup de chablis et de volis. Ainsi, ils se sont multipliés dans ces chablis de façon extraordinaire (déclenchement de l'épidémie). Au printemps suivant, cette immense foule de scolyte a essaimé vers un site de reproduction. Les quelques chablis et volis qui étaient restés inattaqués ont rapidement été saturés. Les insectes se sont donc retrouvés en forte concurrence vis-à-vis des sites de reproduction et se sont mis à attaquer des arbres sains autour des zones de chablis (2001). Un arbre colonisé une année ne peut pas servir de site de reproduction l'année d'après. Par conséquent, les attaques d'arbres sains se sont poursuivies en 2002.

Les sécheresses de 2003 et 2005 ont affaibli fortement les peuplements et ont eu pour conséquences de prolonger et d'aggraver fortement l'épidémie. En Haute-Savoie, entre 2001 et 2005, le DSF a compté plus de 600 000 m³ de bois scolyté (public et privé) avec 150 000 m³ rien que pour l'année 2005. L'épidémie s'est résorbée à partir de 2007, le volume annuel scolytés redescendant sous la barre de 10 000 m³ pour la région Rhône-Alpes.

4.1.1.2 Les peuplements purs d'Epicéa

Pour des risques phytosanitaires variés (33 pathogènes confondus), il a été montré que dans 80% des cas, une essence gérée et moins attaquée en peuplement mélangé qu'en peuplement pur. (Jactel, Brockerhoff et Piou 2008). Dans le cas du scolyte, la littérature souligne cette règle : Une étude suisse (Stadelmann 2013) montre notamment que la proportion d'épicéa est corrélée au risque d'infestation. Conclusion similaire dans les Alpes du Sud, où des chercheurs Italiens ont suivi sur 20 ans le nombre et l'intensité des attaques dans différents types de peuplement d'épicéa : plantation pure d'Epicéa, peuplement pur d'Epicéa à l'étage montagnard, peuplement pur d'Epicéa à l'étage subalpin, Peuplement mélangé Epicéa/autres résineux, peuplement mélangé épicéa/feuillus. Il est ressorti que les 2 premiers groupes sont plus fortement impactés. Au sein des peuplements purs, les dommages dans les forêts à plus de 1300m sont moindres. L'étude montre également, qu'à altitude égale, les dégâts de scolytes sont négativement corrélés à la « naturalité¹⁵ » du peuplement. Les auteurs préconisent ainsi le retour des feuillus en mélange avec les l'épicéa lorsque c'est possible et suggère de limiter la présence de l'Epicéa à basse altitude. (Faccoli et Bernardineli 2014)

Les experts interrogés observent que le vieillissement des peuplements peut exposer les Epicéa, même en peuplement mélangé. Ces observateurs remarquent en effet que deux types de peuplements sont régulièrement attaqués :

- Les peuplements réguliers monospécifiques accusant un fort retard d'intervention : Le déficit d'éclaircie engendre une compétition forte pour les arbres ce qui est facteur de stress physiologique. Ces peuplements sont facilement attaqués à l'occasion d'une perturbation en leur sein ou à leur voisinage.
- Les peuplements vieillissants (même en mélange épicéa/feuillu) n'ayant pas connu d'intervention depuis très longtemps. Dans ces peuplements « à l'abandon », des chablis apparaissent spontanément et agissent comme des « nids à scolytes ».

En théorie, le mélange d'essence reste défavorable au scolyte : En plus d'un effet de dilution des arbres supports de la reproduction qui diminue l'efficacité de la multiplication, il semblerait qu'un mécanisme chimiotactique soit impliqué. En effet, si les scolytes sont attirés par des composés chimiques émis par les conifères cibles, ils seraient repoussés par ceux en provenance d'essences feuillus non-hôtes. Par ailleurs, le mélange d'essence peut avoir un impact positif en favorisant les antagonistes du scolyte. A titre d'exemple, la présence de pin en mélange avec l'épicéa donne le moyen au Clairon formicataire, prédateur efficace des scolytes de se développer.

4.1.1.3 Non-adaptation à la station

La Flore Forestière Française (Rameau, Mansion et Dumé 1989) précise que L'Epicéa est présent spontanément de l'étage montagnard à subalpin (700 à 2000m). Il préfère les climats humides bien qu'il puisse supporter la sécheresse de l'air tant que le sol reste frais. Son système racinaire traçant le rend sensible au vent (Chablis). L'Epicéa est peu exigeant en termes de sol, bien que les sols compacts et engorgés ne donnent pas les meilleures productions. Il craint cependant les sols riches en carbonates. Il est à l'optimum dans les sols profonds, filtrant et légèrement acides.

¹⁵ Un index de Naturalité a été déterminé pour chaque peuplement étudié. Il s'agit d'une note allant de 1 à 5 et caractérisant l'origine de la forêt ainsi que le taux d'intervention humaine dans celle-ci.

Ainsi l'Epicéa accepte une diversité de sols, en revanche les facteurs climatiques lui sont plus contraignants. Par conséquent, dans certaines gammes d'altitude-exposition, l'Epicéa est plus exposé au déficit hydrique estival et donc plus sensible aux attaques de scolyte.

L'Epicéa a largement été utilisé en reboisement durant la période du Fond Forestier National. Il a parfois été implanté en plaine ou à basse altitude dans des versants sud où la sécheresse estivale constitue un risque physiologique. Des auteurs ont montré que dans les peuplements purs d'Epicéa, le risque d'infestation par les scolytes diminue quand l'altitude augmente. Faccoli et Bernardineli (2014) montrent que les pessières situées à plus de 1300m d'altitude sont sensiblement moins attaquées. Cette valeur n'est pas à prendre en absolu. En effet, le facteur altitude est à analyser en relation avec d'autres facteurs climatiques. L'exposition du versant joue évidemment un rôle important sur le rayonnement reçu par un peuplement, la pente également : Les versants nord (ubac) sont plus frais.

La présence de l'épicéa dans des conditions stationnelles défavorables voir limites, reste un facteur de risque largement mentionné et partagé par l'ensemble des experts interrogés. Ils ont été nombreux à mentionner que la vague de scolyte des années 2000 a été particulièrement désastreuse pour les Epicéa à basse altitude (en deçà de 900m). Dans l'épidémie actuelle, l'ensemble des acteurs notent une augmentation de l'altitude maximale des attaques en invoquant le réchauffement climatique :

« A l'époque, le typographe restait à des altitudes inférieures à 1400m. Aujourd'hui on observe des attaques jusqu'à 1600m. »

4.1.1.4 La présence d'un foyer de scolyte à la saison précédente

Les nouvelles attaques sont souvent situées à moins de 500m des zones de chablis tombés l'année d'avant. (Stadelmann 2013).

4.1.2 Facteurs de risques liés aux chantiers forestiers

Le lien entre exploitation forestière et scolyte n'est pas toujours aussi évident selon les personnes interrogées. Néanmoins, toutes sont capables de citer des exemples de chantiers ayant engendré des attaques de scolytes. Les raisons les plus évoquées sont données ci-dessous :

4.1.2.1 La vidange tardive des produits de coupes

Les bois verts abattus et stockés en forêt (ou à proximité) durant la période de risque (avril à septembre) sont des foyers en puissance : Les produits de coupes doivent donc être vidangés dans un délai inférieur à 6 semaines après l'abattage. Dans un arrêté préfectoral de 2015 concernant la lutte obligatoire contre les scolytes dans un certain nombre de communes de Savoie et Haute-Savoie, il est même établi que les propriétaires exploitant des arbres **non scolytés** doivent procéder à l'écorçage après coupes des grumes et/ou à leur enlèvement hors forêt dans un délai de 15 jours maximum. (DRAAF Auvergne - Rhône - Alpes 2015). Ces délais sont rarement réalisés.

4.1.2.2 Les chablis consécutifs aux coupes de bois

Dans les coupes à câbles, le vent peut s'engouffrer dans les lignes d'emprise ou les trouées et provoquer des chablis. Pour la raison évoquée ci-dessus, les chablis peuvent constituer un point de départ pour des foyers de scolyte. Idéalement il faudrait retourner sur site pour évacuer, ou du moins neutraliser les arbres tombés à la suite d'un chantier. Cette opération est coûteuse, particulièrement dans les secteurs peu accessibles. Elle nécessiterait un réseau de bucheron pompier efficace.

4.1.2.3 L'effet lisière

Les arbres en lisière de coupe rases sont régulièrement attaqués. Cet « effet lisière » peut même s'observer en bordure de trouées ou des lignes d'emprise, même en l'absence de chablis :

« Quelques mois après [le chantier] les dégâts de scolytes suivaient les lignes de câbles : un effet lisière spectaculaire ! »

Les acteurs mentionnent souvent le « coup de soleil » qui affecte un arbre mis soudainement en pleine lumière.

Ce type de déclenchement d'attaques est souvent décrit comme le point de départ d'attaques plus globales sur un versant ou un massif même si en pratique, plusieurs années après la première attaque sur une zone, il devient difficile d'identifier le facteur déclenchant initial.

4.1.2.4 Les rémanents d'exploitation

Les rémanents frais restant en forêt après l'exploitation constituent un vecteur de propagation du scolyte. En effet, si *Ips typographus* ne peut se développer sur les rémanents, le chalcographe peut s'y installer. Le broyage des rémanents constitue une solution idéale mais il est souvent impossible à mettre en œuvre en montagne. D'après certaines personnes interrogées, un démantèlement correct des rémanents et l'enlèvement des purges dans les délais serait déjà satisfaisant pour limiter les pullulations de scolytes. Or cela n'est pas toujours correctement réalisé.

Globalement certaines personnes interrogées déplorent une baisse de la qualité de l'exploitation forestière et font un lien avec les attaques de scolytes. Les raisons avancées sont l'état des parterres de coupes (accumulation de rémanents grossiers), l'abandon des purges en forêt ou encore la dégradation des pistes forestières. Ces éléments portent également préjudice à la perception de l'exploitation forestière par le grand public.

4.1.2.5 Les coupes d'éclaircie intenses

L'impression dominante est que la forêt privée est plus concernée par les attaques de scolytes. La gestion forestière en forêt privée est moins généralisée. Les coupes d'éclaircie y sont rares et les peuplements privés évoluent facilement vers des faciès sensibles. Les contraintes d'exploitation (coût d'intervention, micropropriété,...) aboutissent souvent sur des coupes rases. Quand ce n'est pas le cas, les prélèvements « jardinatoire » ont néanmoins tendance à être plus intenses et espacés dans le temps. Une coupe d'éclaircie forte peut avoir pour effet le réchauffement du microclimat dans le peuplement. Cela peut constituer une source de stress physiologique à court terme bien que l'effet à moyen et long terme soit plutôt positif.

4.1.2.6 Les blessures d'exploitation

Il a été montré qu'en Normandie, les attaques sont plus fréquentes sur les arbres ayant subi un élagage artificiel. Pour expliquer cela, Gilbert et al. (2001) suggèrent l'existence de composés attractifs primaire, émis par l'arbre avant même l'arrivée des scolytes. Ces composés pourraient être libérés en grande concentration dans l'air par les arbres fourchus, les aisselles des branches ou encore les blessures d'exploitation [Granet et Perrot, 1977 in (Pauly et Meurisse 2007)].

Aucun des membres du panel interrogé n'a cependant pu estimer l'importance des blessures d'exploitation en tant que facteur de risque.

4.2 LA MISE EN ŒUVRE DE LA LUTTE PHYTOSANITAIRE

En cas de détection d'un arbre colonisé sur pied, il est recommandé d'abattre l'arbre et l'évacuer ou l'écorcer. Il s'agit donc de détruire des insectes en recherchant des arbres réellement porteurs de scolytes. La difficulté réside dans le fait qu'il faut se référer aux bons symptômes. Il y a bien souvent un décalage entre la colonisation effective des scolytes et la manifestation visuelle de leur présence dans l'arbre. Un arbre rouge et sans écorce n'est en général plus porteur des insectes qui l'ont tué. Il faut agir sur des arbres portant des orifices de pénétration et de la sciure rousse sur l'écorce. Des traces d'écoulement de résine sur le tronc sont un signe d'attaque mais pas forcément de colonisation réussie : l'arbre peut encore s'en sortir.

4.2.1 Protocole d'intervention phytosanitaire dans les départements de Savoie et Haute-Savoie

Grace au comité scolyte, un protocole de lutte est mis en place sur les deux Savoie depuis 2014. Le territoire est découpé en différentes zones supervisées par des « référents scolytes ». Le référent est un

technicien du CRPF ou de la Chambre d'Agriculture. Il est aidé par quelques propriétaires volontaires. Ensembles, ils sont chargés de faire du repérage dans les massifs afin de détecter les nouvelles attaques. Quand une attaque est confirmée par le référent scolyte, une information est communiquée au préfet de région. Il prend alors un arrêté de lutte obligatoire en identifiant les communes concernées.

Suite à cela, les propriétaires des parcelles attaquées reçoivent une lettre de mise en demeure de la part des autorités. Celle-ci leur impose d'intervenir eux-mêmes directement ou de faire appel au référent qui organisera lui-même l'intervention. Dans ce dernier cas, le référent devra trouver un exploitant pour réaliser la coupe, sinon ce travail est à la charge du propriétaire. Le débouché des bois scolytés est anticipé en amont avec les membres du comité scolyte. Un dispositif de « bucheron pompier » est prévu pour les coupes de bois scolytés ne pouvant être débardées. L'objectif est d'abattre et d'écorcer les arbres puis de laisser les bois dans le peuplement.

Le coût de l'opération est supporté par l'assemblée des pays de Savoie.

4.2.2 Difficultés de la lutte phytosanitaire

4.2.2.1 *Un repérage difficile des arbres attaqués*

Les symptômes de présence des insectes dans un arbre sont relativement discrets. Lorsque les symptômes de colonisation deviennent visibles (décollement de l'écorce, houppier rougi), il est généralement trop tard pour intervenir car les scolytes ont quitté l'arbre.

4.2.2.2 *Un délai d'intervention trop court pour une intervention sanitaire pertinente*

À l'été et au printemps les méthodes de lutte sont difficiles à mettre en œuvre du fait du court laps de temps disponible entre la détection d'une attaque et l'envol de la progéniture. Pour rappel, dans des conditions climatiques favorable, entre le moment où un scolyte se pose sur un épicéa et le moment où sa progéniture essaime, il peut se passer de l'ordre de 6 semaines. On ne dispose donc que de quelques semaines pour repérer, couper et évacuer/écorcer les arbres attaqués.

On ne détecte pas toujours l'attaque dès son commencement. Le délai dû à la procédure de mise en demeure retarde l'intervention (difficulté d'identification des propriétaires, temps d'envoi du courrier, temps d'attente de la réponse du propriétaire...). Au terme de la procédure il est tout à fait plausible que l'essaimage ait déjà eu lieu. Or, si on retire des arbres après le départ des scolytes, on sauve partiellement la valeur commerciale de l'arbre, mais on ne lutte pas contre la prolifération des scolytes. Cela peut même être contre-productif. En effet les antagonistes des scolytes logent dans les mêmes niches mais n'essaient souvent qu'après leurs proies. Retirer un arbre qui vient d'être abandonné par les scolytes c'est donc prendre le risque de porter atteinte au cortège d'antagonistes naturels des scolytes. (Wermelinger et al. 2012).

Un moyen d'amélioration consisterait à agir directement sans consulter le propriétaire concerné, ce qui impliquerait de contourner le droit de propriété.

4.2.2.3 *Des moyens humains faibles pour le repérage des foyers*

Étant donné la difficulté de détection des foyers, les moyens humains qu'il faudrait mettre en œuvre pour un repérage efficace sont déraisonnables. Les propriétaires privés n'ont en général pas les moyens de repérer les attaques dans leur propriété. Enfin, l'activité est non-rémunératrice pour les organismes qui la prennent en charge (CRPF, Chambre d'Agriculture). Dans un contexte budgétaire contraignant, les activités de lutte sanitaire ne peuvent se substituer aux missions principales. Par ailleurs, la période des attaques (juin – juillet – août) coïncide avec la période de congés.

4.2.2.4 *Des bucherons peu disponibles pour les coupes de bois scolytés*

Même dans le cas idéal où on dispose rapidement de l'accord du propriétaire pour intervenir, il faut ensuite trouver un bucheron pour réaliser une exploitation peu rémunératrice. À cette saison, les

buchérons sont déjà largement mobilisés sur des coupes normales pour alimenter la demande des scieries en bois vert.

Le dispositif « bucheron pompier » a peu fonctionné du fait d'un manque de coordination avec les ETF. Certains bucherons ont dit découvrir leur implication dans cette initiative lorsqu'ils ont été contactés par des référents scolytes pour réaliser une coupe.

Une piste d'amélioration consisterait à constituer des équipes de « bucheron-pompier » formés et entièrement dédiés à la tâche de coupe sanitaire. Cela permettrait également d'éviter certaines dérives (voir ci-après). On peut également penser à décaler la période d'intervention : Une coupe sanitaire durant l'hiver pourrait en effet être efficace car une majorité de la deuxième génération de scolyte hiverne dans l'arbre ou elle a grandi. (Stadelmann 2013)

4.2.2.5 Une technique de chantier spécifique parfois difficile à mettre en œuvre

Les coupes sanitaires doivent suivre des consignes très strictes pour ne pas être contre-productives. En pratique ces coupes ne sont pas toujours réalisées selon les exigences requises (ex. démantèlement des rémanents, écorçage)

Si les bois sont destinés à la commercialisation, la vidange des bois notamment doit être réalisée dans un délai très rapide après l'abattage : en effet même une fois l'arbre coupé, les scolytes résidents de peuvent toujours finir leur cycle et s'envoler pour se disperser vers de nouveaux sites de reproduction. Par conséquent, tous les arbres abattus pour des raisons sanitaires doivent être « neutralisés » au plus vite. Le transport de bois contaminé et non neutralisé pourrait également être un vecteur de dispersion des scolytes.

Si les bois restent dans le peuplement, ils doivent être écorcés ou rainurés. L'écorçage n'est parfois pas mis en œuvre car il coûte trop cher :

« L'écorçage c'est théorique. Dans la majeure partie des cas les mesures sanitaires ne sont pas prises car elles ne sont pas applicables »

Le rainurage est une technique plus simple qui consiste à l'application d'un trait de scie dans l'écorce, perpendiculairement à l'axe de la grume tous les 15-20 cm. Cela crée une discontinuité des tissus sous-écorce qui interrompt le creusement des galeries femelles et rend l'arbre impropre au développement des scolytes. Son efficacité est discutée.

4.2.2.6 Des interventions qui sont parfois détournées de leur objectif initial

Les référents scolytes font mention de certaines dérives sur des chantiers de coupe sanitaire. Pour rentabiliser leur déplacement, des entreprises auraient tendance à contacter les propriétaires privés entourant les parcelles identifiées afin d'obtenir un chantier plus conséquent et récolter du bois non-scolytés. Certaines iraient jusqu'à prétendre à l'attaque des parcelles en question par les scolytes et préconiseraient la récolte pour « sauver la valeur ».

En pratique, des foyers de scolytes affectant quelques dizaines de mètres cube donnent lieu à des coupes allant jusqu'à plusieurs centaines de mètres cube.

4.2.3 Conclusion sur les moyens de lutte active

Le dispositif de lutte est récent et s'ajuste d'année en année. Les acteurs sont conscients des difficultés. Néanmoins certains acteurs en viennent à se questionner sur l'utilité de la lutte sanitaire, et se demandent même si sa mise en œuvre ne serait pas contre-productive.

En effet, bien que les moyens humains déployés en forêt publiques permettent de bons réflexes de lutte (réactivité et compétence technique), on constate néanmoins des attaques importantes. Nul n'est donc certain que la mise en place de la lutte concoure efficacement à la résorption des épidémies. Il semblerait au contraire que les épidémies en cours sur les massifs nord-

alpin, finissent par se résorber d'elles-mêmes à la faveur d'un contexte climatique favorable. Pour certains acteurs, les opérations réalisées sous couvert de lutte sanitaire servent d'avantage à ne pas « gaspiller » la matière première qu'à réellement contenir les pullulations d'insectes.

Il faut donc garder à l'esprit que c'est la disparition de la cause initiale du stress qui permet de retrouver un équilibre dans le peuplement et ainsi un maintien durable du scolyte à des niveaux endémiques.

4.3 INTEGRER LE RISQUE SCOLYTE DANS LE CHANTIER *PECT IN*

4.3.1 Identifier le risque scolyte en amont du chantier

- Avant un chantier, il faut qualifier le risque à différentes échelles (massif, peuplement, parcelle) en se basant sur les facteurs identifiés ci-avant. La qualification peut servir de base pour décider de ne pas réaliser le chantier.

4.3.2 Adapter les prélèvements selon les risques identifiés

- Ne pas pratiquer de coupe rase
- Limiter les tailles des trouées pour favoriser la stabilité des peuplements (de 15 à 25 ares)
- Prélever avec parcimonie dans les peuplements sensibles : préconiser des interventions faibles mais régulières
- Restreindre la période d'exploitation de mi-septembre à début mars dans les parcelles à risque
- Favoriser le mélange d'essence en adaptant les prélèvements

4.3.3 Mettre en œuvre les bonnes pratiques d'exploitation

- Les opérateurs du chantier sont formés aux bonnes pratiques vis-à-vis du scolyte :
- Les bois abattus sont débardés jusqu'à la plateforme de stockage dans un délai inférieur à deux semaines en période de risque (avril – septembre), et avant mars pour les bois coupés durant la période hivernale.
- Les bois d'épicéa sont façonnés hors-forêt, sur la plateforme de stockage pour limiter l'accumulation de bois vert attractif en forêt (purgés, rémanents)
- Dans les peuplements à risques, les houppiers d'épicéa sont également débardés et rapidement broyés (tout comme les purges d'Epicéa).
- Les rémanents des autres essences sont laissés dans les parcelles pour contribuer au retour d'éléments minéraux dans le sol
- Une fois arrivés sur la plateforme de stockage, les billons sont repris par une abatteuse en vue de leur classement et de leur tri. Le passage du bois dans la tête d'abatteuse comprime l'écorce et rend la colonisation impossible pour les scolytes.
- Un dispositif d'aspersion sous eau des piles de bois peut également être mis en place sur la place de stockage durant la période de risque.

Dans ces conditions, le stockage d'importantes quantités de bois vert mobilisé par le chantier *PECT in* n'est pas un problème vis-à-vis du scolyte).

4.3.4 Maitriser l'exploitation

- Les consignes visant à la prise en compte du risque scolyte peuvent être intégrée dans le projet de territoire, elles ont donc une valeur contractuelle.
- Dans le chantier *PECT in*, chaque propriétaire privé signe un contrat avec l'exploitant qui lui permet de s'assurer de la bonne exécution de l'exploitation sur sa parcelle

4.3.5 Anticiper le dispositif de lutte en cas d'attaque post-chantier

- Concevoir une clause pour autoriser le prélèvement d'un Epicéa non-marqué mais trop fortement blessé au cours de l'exploitation, en remplacement d'un arbre équivalent marqué mais non-blessé.
- Contractualiser avec une équipe de bucherons pompiers qui s'engage à intervenir sur les éventuels départs d'attaque des suites du chantier, valable sur 3 ans
- Anticiper l'autorisation des propriétaires pour d'éventuelles coupes sanitaires, valable sur 3 ans.

Nous allons tester trois scénarios de prélèvement sur cette forêt. Nous allons faire varier le prélèvement global ainsi que la taille des trouées. Les paramètres de gestion seront identiques pour tous les scénarios. Les paramètres des trois scénarios sont donnés ci-après.

	Surface du site (ha)	Volume total de récolte (m ³)	Tailles des trouées (ha)
Scénario 1	200	8000	0,3
Scénario 2	200	10000	0,3
Scénario 3	200	10000	0,5

Tableau 4 : Paramètres de chantier

Classe de Volume	Volume moyen (m ³ /ha)	Surface (ha)	% hors exploitation	% surface en pied à pied	% surface en trouée	Prélèvement pied à pied (m ³ /ha)
1	100	24	0,3	1	0	30
2	300	135	0,3	0,3	0,7	80
3	500	27	0,3	0,3	0,7	100
4	700	4	0,3	0	1	120
5	900	0	0,3	0	1	120
6	1000	0	0,3	0	1	150

Tableau 5 : Paramètres de gestion

Dans cet exemple, ils sont identiques pour les trois scénarios. Après lancement, le programme renvoie les résultats suivants :

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Surface totale (ha)	200	200	200
Volume total récolté (m³)	8000	10000	10000
Surface effectivement exploitée (ha)	133	133	133
Prélèvement moyen (m³/ha)	60	75	75
Surface récoltée en pied à pied (ha)	50,82	50,82	50,82
Surface récoltée en trouée (ha)	82,18	82,18	82,18
Volume récolté en Pied à Pied (m³)	3339	3339	3339
Volume récolté en trouées (m³)	4661	6661	6661
Taille des trouées (ha)	0,3	0,3	0,5
Nombre de trouées	60	86	52
Densité de trouées (nbr/ha)	0,3	0,43	0,26

Tableau 6 : Dimensionnement du prélèvement

On remarquera que même si le volume objectif total est différent entre le scénario 1 d'une part et les scénarios 2 et 3 d'autre part, le volume récolté en pied à pied est identique. Cela vient du fait qu'il est seulement déterminé par le produit du prélèvement et de la surface récoltée en pied à pied. Or dans l'exemple, ces paramètres sont identiques dans les trois scénarios.

5.2 SIMULATION SIMPLE DE L'IMPACT PAYSAGER

Dans un premier temps, les trouées sont réparties aléatoirement à l'intérieur de l'ensemble du périmètre du site.

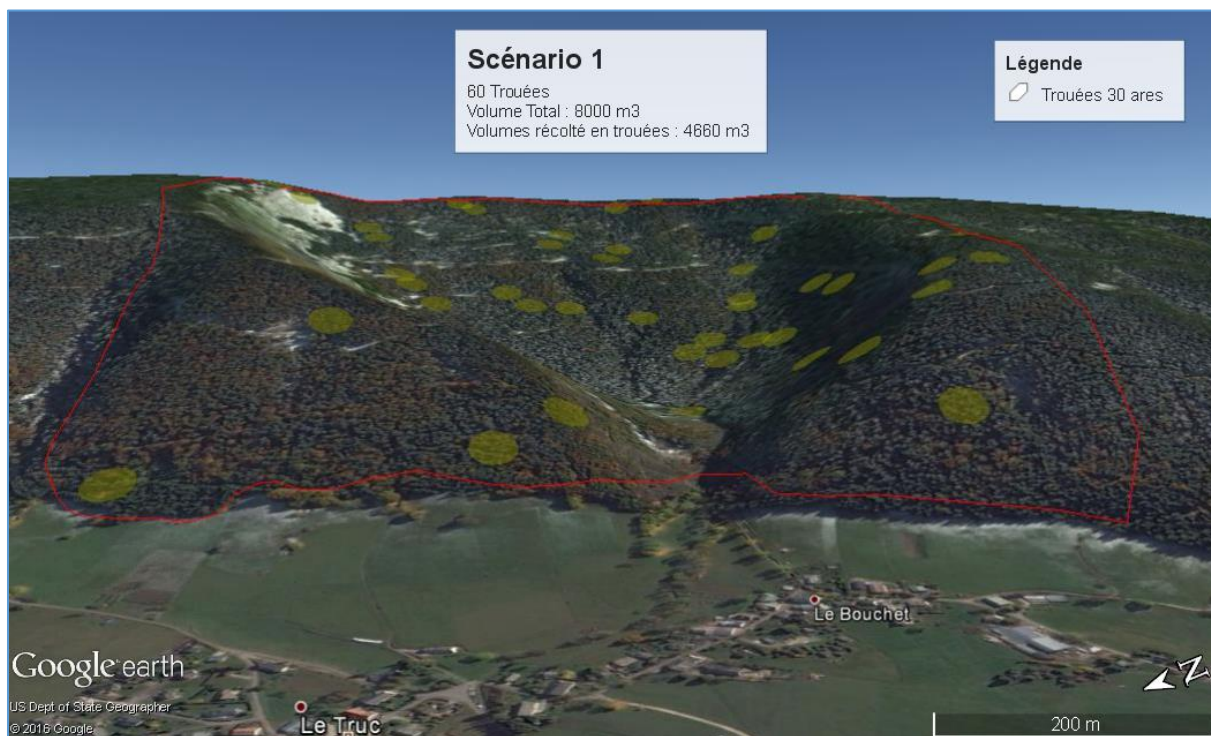


Figure 11 : Simulation post-chantier Scénario 1

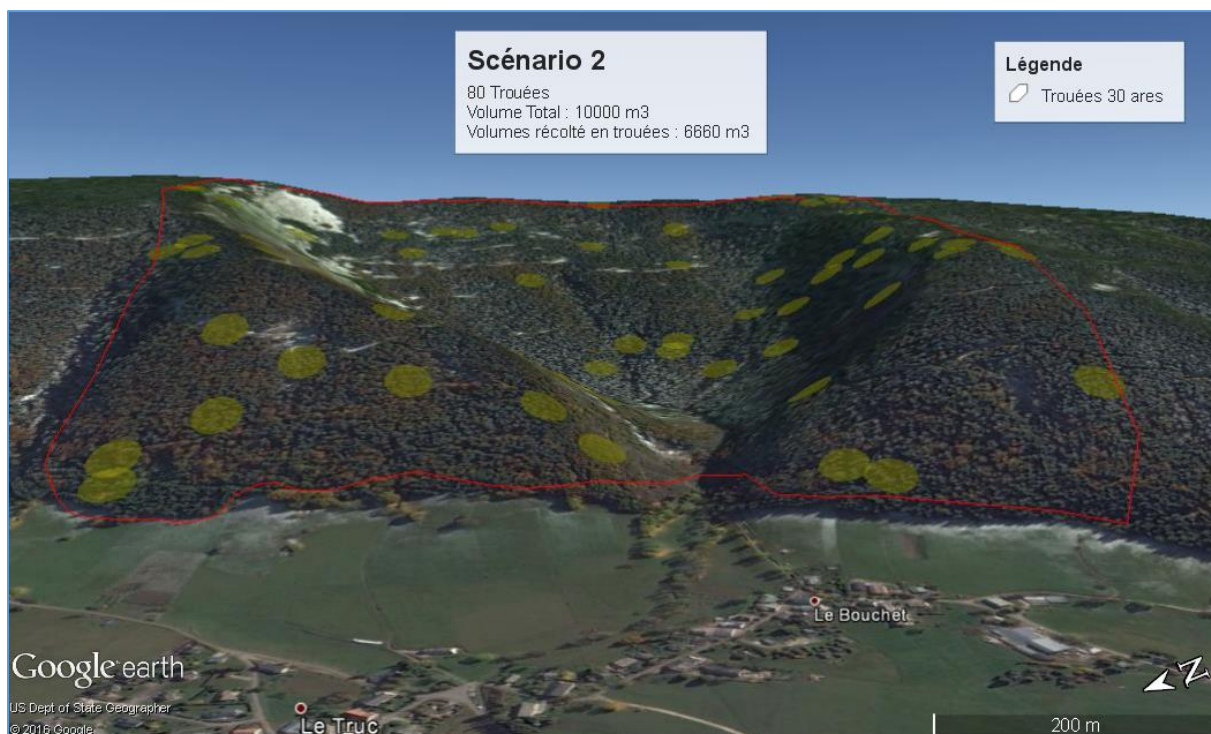


Figure 12 : Simulation post-chantier Scénario 2

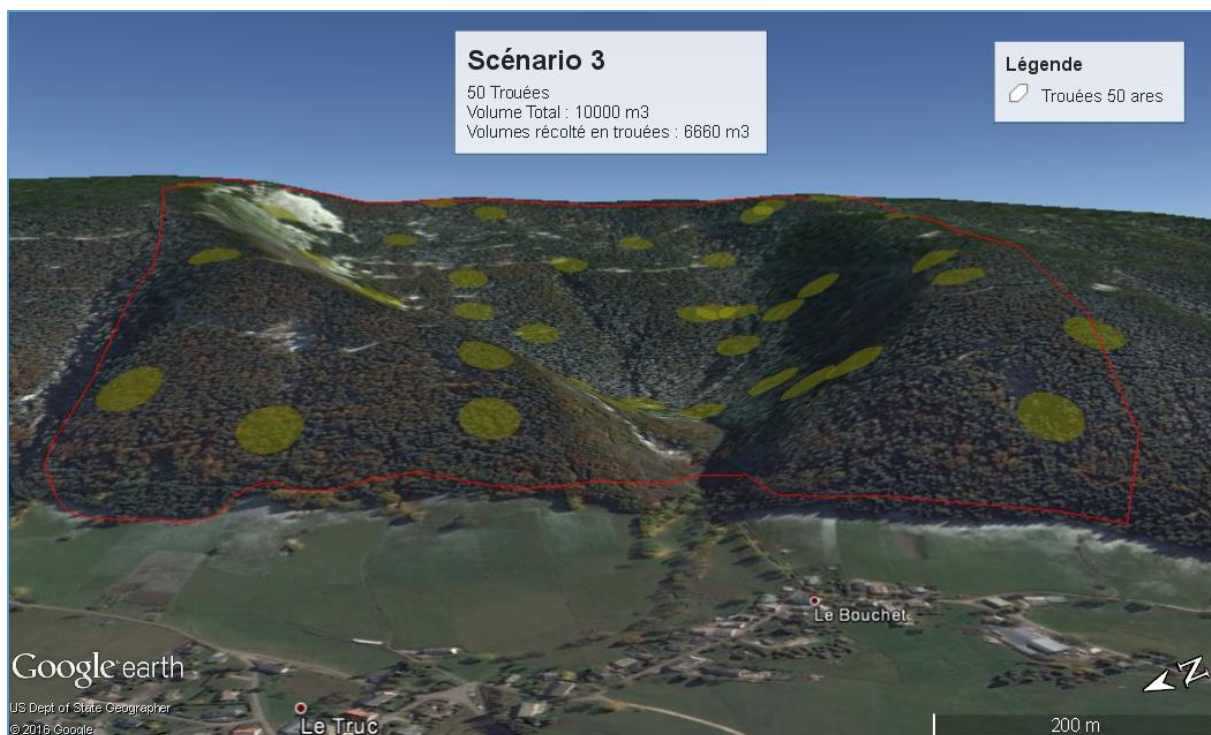


Figure 13 : Simulation post-chantier Scénario 3

5.3 SIMULATION AVEC PRISE EN COMPTE DE L'ENJEU PAYSAGER

A titre d'exemple on considère que le territoire a identifié sa volonté de conserver le paysage visible depuis un site d'intérêt (la chapelle Notre Dame des Neiges). Un traitement d'intervisibilité réalisé sous SIG définit les zones du site visible ou non depuis cette chapelle. On considèrera pour l'exemple que l'enjeu paysager se cantonne aux zones visibles.

Nous allons désormais simuler l'impact des trois scénarios précédent, en les adaptant pour prendre en compte l'enjeu paysager. (Les paramètres de chantier restent identiques, seuls les paramètres de gestion sont modifiés)

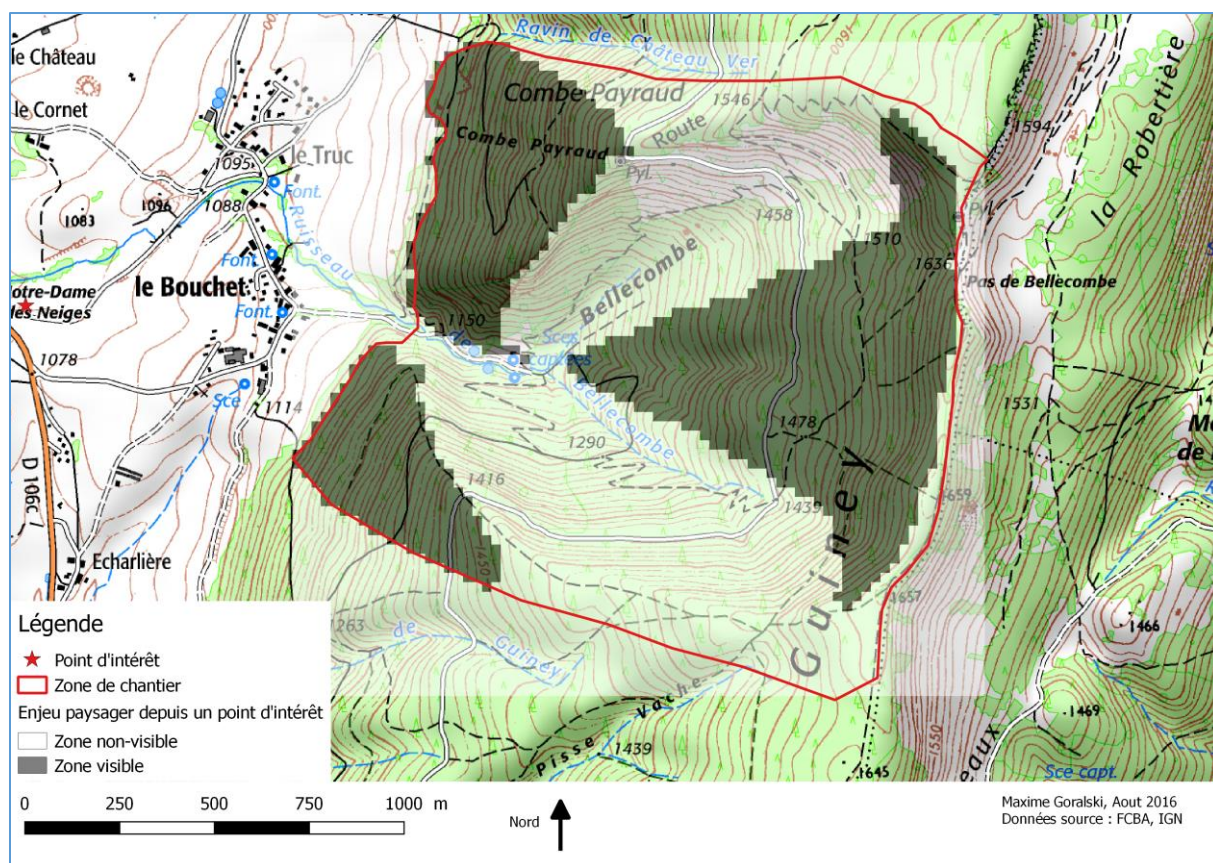


Figure 14 : Cartographie de l'enjeu paysager

Classe de volume	Volume par hectare (m ³ /ha)	Surface avec enjeux (ha)	Surface sans enjeux (ha)
1	0 à 200	9,75	13,5
2	200 à 400	68,4375	67,25
3	400 à 600	12,1875	14,8125
4	600 à 800	0,625	1
5	800 à 1000	0	0
6	plus de 1000	0	0
Total		91	97

Tableau 7 : Surfaces présentant un enjeu paysager¹⁶

L'enjeu paysage qui s'exerce sur approximativement la moitié de la surface du projet d'exploitation. Pour simuler sa prise en compte de nous considérons un prélèvement en pied à pied dans les zones avec un enjeu paysager. Dans les nouveaux paramètres, on considère donc qu'on va prélever 50% du de la surface en pied à pied et 50% en trouée. (Excepté dans les zones avec un volume moyen de 100 m³ par hectare, où on décide de ne pas faire de trouée.)

Classe de	Volume moyen	Surface (ha)	% hors exploitati	% surface récoltée en pied	% surface récoltée en	Prélèvement pied à pied
-----------	--------------	--------------	-------------------	----------------------------	-----------------------	-------------------------

¹⁶ Le calcul des surfaces a nécessité un script R, qui calcul la surface par catégorie de pixel sur un raster : ici, le raster de visibilité comporte des pixels de deux catégorie : visible (1) non-visible (0). (Voir script en annexe)

Volume	(m ³ /ha)		on	à pied	trouée	(m ³ /ha)
1	100	24	0,3	1	0	30
2	300	135	0,3	0,5	0,5	80
3	500	27	0,3	0,5	0,5	100
4	700	4	0,3	0,5	0,5	120
5	900	0	0,3	0,5	0,5	120
6	1000	0	0,3	0	1	150

Tableau 8 : Paramètres de gestion pour prendre en compte l'enjeu paysager

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Surface totale (ha)	216	216	216
Volume total récolté (m³)	8000	10000	10000
Surface effectivement exploitée (ha)	133	133	133
Surface récoltée en trouée (ha)	58,1	58,1	58,1
Surface récoltée en pied à pied (ha)	74,9	74,9	74,9
Volume récolté en trouées (m³)	2603	4603	4603
Taille des trouées (ha)	0,3	0,3	0,5
Nombre de trouées	40	66	40
Densité de trouées (nbr/ha)	0,18	0,30	0,18
Volume récolté en Pied à Pied (m³)	5397	5397	5397

Tableau 9 : Résultats avec prise en compte des enjeux paysager

Dans ces nouveaux scénarios l'implantation des trouées ne se fait que dans les zones identifiées sans enjeu paysager. Le rendu post-chantier en est fortement changé :

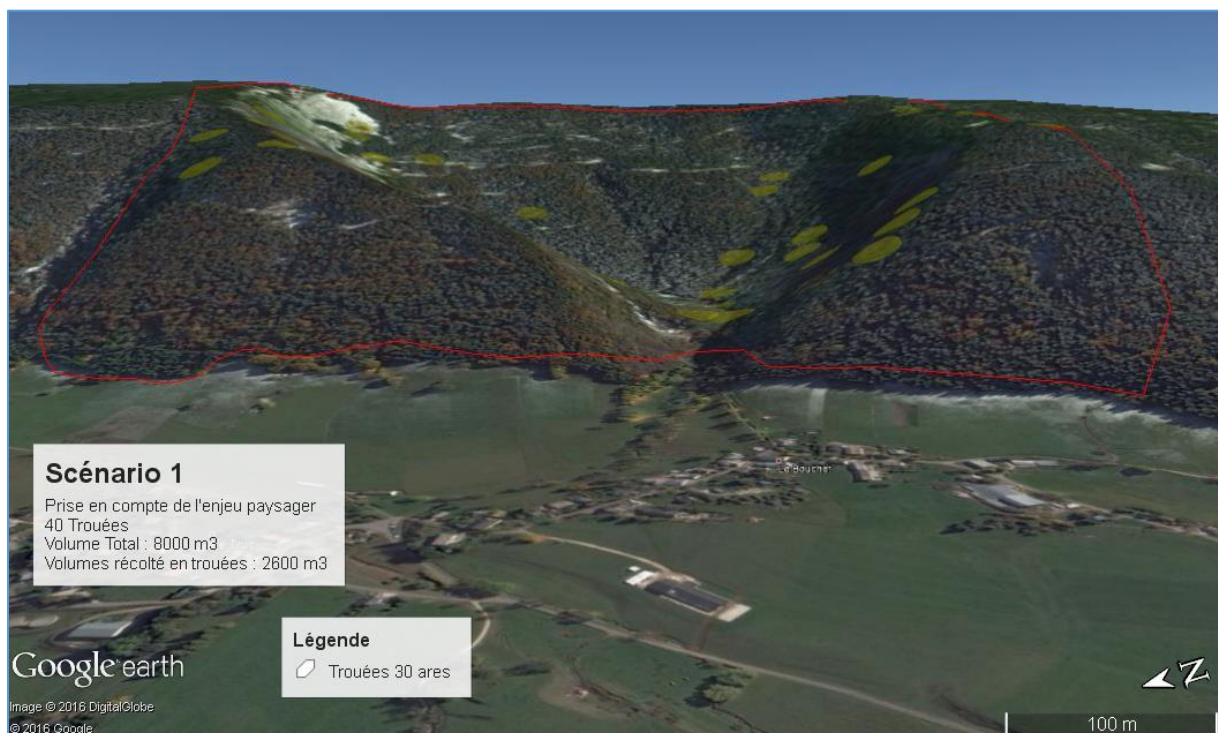


Figure 15 : Simulation post chantier avec prise en compte des enjeux, scénario 1

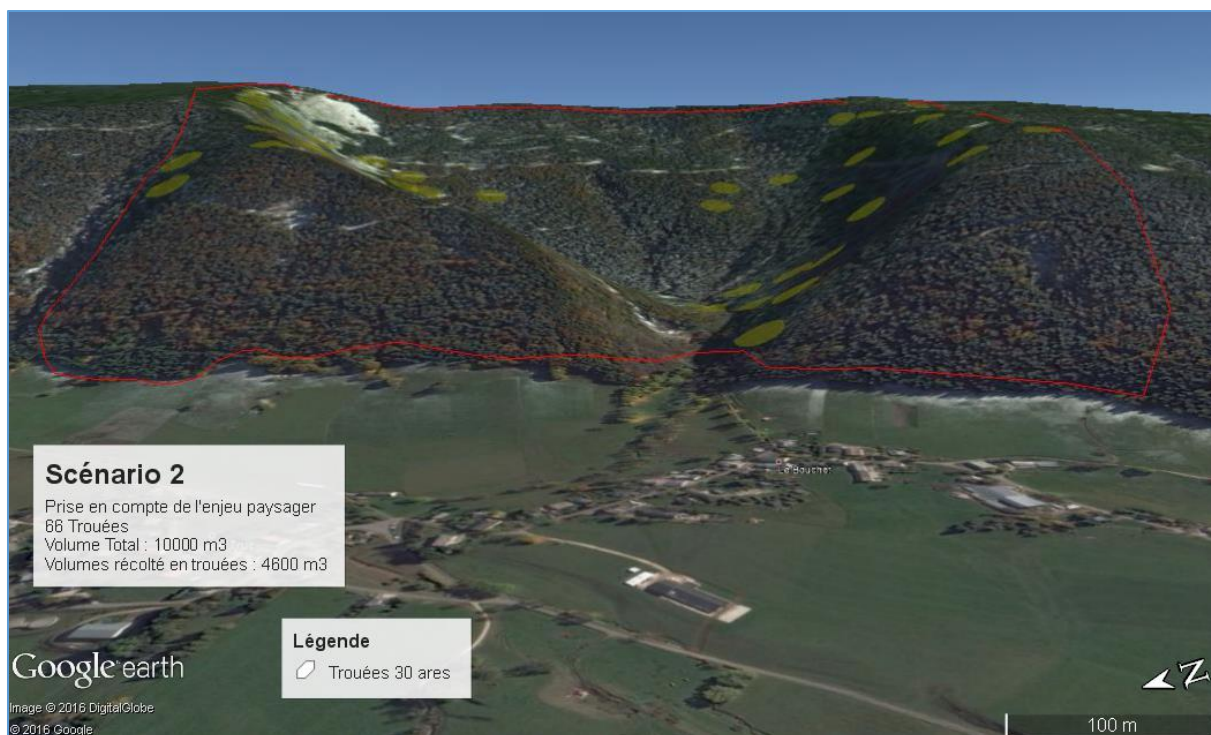


Figure 16 : Simulation post chantier avec prise en compte des enjeux scénario 2

6 CONCLUSION

6.1 CONCLUSION SUR LA DEMARCHE PECT IN

La démarche PECT in est une procédure d'organisation de chantier mutualisé et massifié qui s'adapte à des chantiers de grande ampleur. Le territoire y joue un rôle fondamental. Son appui est nécessaire pour mettre les propriétaires privés dans de bonnes dispositions pour l'exploitation forestière. Il donne également les moyens administratifs pour le déroulement du chantier (servitude de passage d'intérêt général, mise à disposition d'une place de stockage, animation auprès des propriétaires...). En retour, le territoire peut exiger légitimement que l'exploitation respecte un certain nombre de règles qu'il aura définies en concertation avec les acteurs concernés. Cet équilibre et le respect des engagements mutuels sont contractualisés par un « contrat de territoire ».

La massification de l'offre de bois œuvre à la création de valeur ajoutée pour les produits en les associant à un certain nombre de services (tri, façonnage, plateforme bois-énergie...). La formulation d'une offre de bois conséquente et valorisable rend le projet attractif pour les exploitants. On peut alors fixer un prix minimum rémunérateur pour le bois sur pied en faisant appel à la concurrence. On veille ainsi à la répartition de la valeur ajoutée ce qui contribue à l'entraînement des propriétaires privés.

La procédure PECT in est adaptable à différentes situations d'exploitation moyennant des ajustements mineurs. Nous avons présenté la méthodologie dans une perspective de débardage par ballon, mais on peut également décliner le protocole pour des méthodes classiques comme le câble aérien ou le skidder. On peut également imaginer un scénario sans mutualisation public-privé pour les cas ne comportant pas de forêt publique. Le territoire garderait son rôle de facilitateur en restant partie prenante du contrat de territoire.

Des points d'incertitudes mériteront cependant d'être levés. La mise en place de la certification (PEFC ou FSC) dans le cadre d'un chantier mutualisé et massifié pose notamment question (mélange des bois sur la place de stockage, traçabilité).

L'innovation organisationnelle construite propose des solutions pour contourner les freins de la mobilisation en forêt privée de montagne. Bien que conçue de façon concertée avec les représentants des acteurs de la forêt (ONF, CRPF, exploitants, Communes Forestières...), cette démarche devra être validée par les institutions avant d'être mise en pratique. Son application est prévue à l'horizon 2017-2018. D'ici là, il n'est pas exclu que des ajustements soient demandés.

6.2 CONCLUSION SUR L'ETUDE DES FACTEURS DE RISQUES SCOLYTES

D'une façon générale, les personnes interrogées reconnaissent l'implication de facteurs de risques d'ordre naturels et anthropiques dans les attaques de scolytes. Néanmoins il semble difficile de les hiérarchiser les uns par rapports aux autres.

Les attaques peuvent parfois être expliquées par la réunion de différents facteurs auxquels il est difficile d'attribuer une part de responsabilité propre. On sait néanmoins que certains types de peuplements sont plus affectés. Les pessières vieillissantes ou en déficit d'éclaircie sont les premières concernées. Toutefois, les attaques ne sont pas toujours prévisibles : Aujourd'hui, en Savoie et Haute-Savoie, Il est tout à fait courant d'observer des attaques dans une parcelle a priori saine et peu sensible alors que la parcelle voisine théoriquement plus favorable au scolyte resterait épargnée.

Bien qu'on ne dispose pas de données chiffrées pour vérifier quantitativement le lien entre la nature des peuplements attaqués et leur historique, les observateurs constatent que certaines pratiques d'exploitation forestière contribuent au risque. Cependant la non-gestion n'est pas non plus un moyen

de se prémunir contre les scolytes. Au contraire, l'amélioration de la situation à long terme passe par des changements impliquant la gestion forestière. L'ouverture de coupes rases ou de grandes trouées est une pratique à relativiser pour réduire le risque.

Prévenir le risque scolyte à long terme, c'est maintenir les populations à un niveau endémique. Pour cela il faut augmenter la résilience des peuplements. Une gestion continue et cohérente à l'échelle des massifs forestiers en impliquant d'avantage les propriétaires devrait permettre de lutter contre le vieillissement et l'affaiblissement des peuplements. Pour cela des moyens pour mobiliser des bois aujourd'hui inaccessibles doivent être développés

Dans un contexte de réchauffement climatique, la vision de long terme doit être renforcée pour ne pas compromettre l'approvisionnement de demain. Les réflexions en cours sur les modifications des aires de répartitions des essences en montagnes doivent être intégrées dans la gestion et le choix des essences de substitution.

Au-delà de ces considérations, un chantier massifié suivant la démarche *PECT in* facilite la mise en œuvre des bonnes pratiques d'exploitation forestière. L'utilisation d'une plateforme de stockage par laquelle passent tous les bois est un élément important : on peut y centraliser des opérations d'écorçage, ou d'arrosage des piles de bois durant les périodes à risque. La cartographie d'intervention incite quant à elle les exploitants à adapter le prélèvement pour limiter le risque scolyte. Enfin, la démarche *PECT in* tend à remobiliser les propriétaires forestiers privés en faveur d'une gestion forestière à long terme ce qui constitue un élément clé pour la maîtrise du risque scolyte à long terme.

6.3 CONCLUSION SUR L'ANALYSE DE SENSIBILITE PAYSAGERE

L'analyse des déterminants sociologiques qui conditionnent l'appréciation d'un paysage est une démarche peu opérationnelle pour évaluer la sensibilité des acteurs à la modification du paysage. Or, en raison de son ampleur, un projet de récolte *PECT in* doit tenir compte de cette sensibilité du grand public à l'égard du paysage forestier souvent apprécié pour son caractère « immuable ». Pour parvenir à évaluer cette sensibilité face aux changements du paysage forestier induits par un projet de récolte *PECT in* nous avons mis en œuvre un outil informatique de simulation paysagère post récolte.

L'outil de simulation créé prend en compte les paramètres principaux du Projet de Territoire : prélèvement total, type de récolte, zonage d'enjeux. Il permet l'évaluation rapide et explicite de différents scénarios et participe ainsi à éclairer la décision des acteurs, même si ce n'est qu'une simulation.

Vu le temps prévu pour ce travail, il n'a pas été possible d'aller jusqu'à un outil intégralement automatisé. Par ailleurs la méthode proposée utilise différents support et logiciels ce qui impose un enchainement manuel entre certaines phases. Il semble notamment complexe d'automatiser le passage entre R et Google Earth. L'outil reste à développer pour obtenir une meilleure finition. Des fonctionnalités de contrôle de la validité des paramètres restent à mettre en œuvre. Il faudra également trouver le moyen de générer un nombre exact de trouées voulu, sans chevauchement. On pourrait également envisager l'édition d'un rapport automatisé présentant les résultats ainsi qu'une analyse comparée des différents scénarios. La construction d'une fonction d'intervisibilité sous R pourrait permettre de rendre le programme plus autonome et de faciliter la tâche de l'utilisateur. En effet, dans cette version, il doit prendre en charge la délimitation des zones à enjeux au moyen d'un SIG.

La fonctionnalité de dimensionnement du prélèvement *PECT in* est intéressante à développer en soi, et trouve des applications indépendamment de la simulation paysagère. Elle pourra notamment être utilisée en association avec le modèle économique du système ballon pour traduire les scénarios à tester en termes sylvicoles. Elle peut également servir de base à un outil prévisionnel de chantier pour les futurs exploitants opérant un système de débardage par ballon. En effet durant la phase

préparatoire, ces exploitants auront besoin d'évaluer les volumes « recrutés » pour savoir s'ils peuvent déclencher la suite de la procédure.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Abgrall, Jean-François. «La tornade de décembre 1999 : Risques sanitaires et stratégies de gestion.» *Dossier de l'environnement de l'INRA*, 2000: 65 - 91.
- ADEME. «Etudes internationale des politiques publiques pour la mobilisation de la biomasse et l'organisation des acteurs.» Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, 2011.
- Breman, Peter. «Paysage, forêt et paysage forestier : la politique de l'Office National des Forêts.» *Aménagement et Nature*, nd: 81-88.
- Bütler, Rita, et Beat Wermelinger. «L'action bénéfique du pic tridactyle.» *La Forêt*, n° 9/15 (2015): 17 - 21.
- Candau, Jacqueline, et Sylvie Ferrari. «L'évaluation du paysage : une utopie nécessaire ?» Compte rendu de colloque (Montpellier, 15-16 janvier 2004),: Natures Sciences Sociétés, 2004. 448-449.
- Centre régional de la propriété forestière du Limousin. «Consulté le 8 juin 2016.» <http://www.crpflimousin.com>. nd. http://www.crpflimousin.com/sources/files/guide%20paysager/guide_%20paysager_limousin_part1.pdf.
- Couvent - Maurin, Margot. *Confiance et compétence : duo gagnant pour une meilleure mobilisation du bois en forêt privée*. AgroParisTech / FCBA, 2014.
- Deuffic, Philippe. «Les forestiers et la question du paysage. Des bois marmenteaux à la forêt "paysagée".» *Revue Forestière Française* LVII (mars 2005): 349-362.
- DRAAF Auvergne - Rhône - Alpes. *arrêté du 20 août 2015 relatif à l'organisation de la lutte phytosanitaire contre les attaques de scolytes*. Recueil des actes administratifs de la préfecture de la région Rhône-Alpes, Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt, Préfecture de la région Rhône-Alpes, 2015.
- DRAAF Auvergne Rhône Alpes. «Evaluation des risques scolytes en pessières.» Information techniques n°76, Pôle Santé de Forêts, Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt, 2016.
- Droz, Yvan, Valérie Miéville-Ott, Jérémie Forney, et Rachel Spichiger. *Anthropologie politique du paysage ; Valeurs et postures paysagères des montagnes suisses*. Karthala, 2009.
- DSF. «Les traitements insecticides des grumes.» Dossier de l'environnement de l'INRA n°20, Département Santé des Forêts, Ministère de l'agriculture et de la pêche, 2000b, 107 - 112.
- DSF. «Limiter la dépréciation des bois et les risques phytosanitaires pour la forêt.» Info - santé forêts-tempêtes n°1, Département de la santé des forêts, Ministère de l'agriculture et de la pêche, 2000a.
- DSF. «Lutte contre le typographe.» Information Santé des Forêts, Département de la santé des forêts, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2004.
- DSF. «Rappel des méthodes de lutte contre les scolytes.» Avertissement Santé de Forêts, Information Technique n°55, Département de la santé des forêts, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Echelon technique Sud - Est, 2007.

- Faccoli, Massimo, et Iris Bernardineli. «Composition and Elevation of Spruce Forests Affect Susceptibility to Bark Beetle Attacks: Implications for Forest Management.» *Forests*, 2014: 88-102.
- Forster, Beat. *FAQ sur le bostryche*. 10 2015.
http://www.wsl.ch/fe/walddynamik/waldschutz/insekten/borkenkaefer/fragen_FR (accès le 03 2016).
- Forster, Beat, et Franz Meier. *Tempêtes, conditions météorologiques et scolytes : Gestion des risques en protection de la forêt*. Notice pour le praticien n°44, Institut fédéral de recherches WSL, 2008.
- Fourault-Cauët, Véronique. «Le paysage, outil de territorialisation et d'aménagement incomplet pour les forêts méditerranéennes ?» *Annales de géographies*, n° n°673 (2010): 268-292.
- Fuhr, Marc, Joanna Weyant, Niels Durand, et Catherine Riond. «Dynamique de fermetures des grandes trouées dans les forêts de montagne des Alpes du Nord.» *RDV Techniques*, 2015.
- Gauquelin, Xavier. *Guide de gestion des forêts en crise sanitaire*. Office National des Forêts, Institut pour le développement Forestier, 2010.
- Goralski, Maxime, Faustine Côte, Florian Dufaud, et Victor Martin. *Méthodologie d'évaluation des sylviculures par trouées et arêtes de poisson*. AgroParisTech/FCBA, 2015.
- Grégoire, Jean-Claude. *Rhizophagus grandis contre Dendroctonus micans dans les pessières françaises*. Les dossiers de l'environnement, INRA, s.d.
- GRTgaz; ONF. «Guide de savoir-faire pour une meilleure intégration paysagère des gazoducs en forêt.» 2010.
- Guyon, Jean-Paul. «La forêt : enjeux comparés des formes d'appropriation, de gestion et d'exploitation dans les politiques environnementales et le contexte d'urbanisation généralisé.» Colloque de Poitiers (16-17 Octobre 2003): Natures Sciences Sociétés, 2004. 442-444.
- Hilszczahskiia, Jacek, Wojciech Janiszewskii, Jose Negron, et A. Steve Munson. «Stand characteristics and Ips typographus (L.) (Col., Curculionidae, Scolytinae) infestation during outbreak in northeastern Poland.» *FOLIA FORESTALIA POLONICA*, 2006.
- Hölling, Doris. «Neues Leben nach Borkenkäferbefall.» *Wald Und Holz*, 2012: 6 - 7.
- http://www.biomasse-normandie.org/exploitation-forestiere-grumes-billons_368_fr.html. 18 Aout 2016. http://www.biomasse-normandie.org/exploitation-forestiere-grumes-billons_368_fr.html.
- Institut technologique FCBA. *debal-cap-debardage-par-ballon-captif-propulsion-electrique*. 17 Août 2016. <http://www.fcba.fr/actualite/debal-cap-debardage-par-ballon-captif-propulsion-electrique>.
- Institut technologique FCBA. «La récolte forestière en montagne.» nd.
- Institut technologique FCBA. *Mémento FCBA 2014, Supplément spécial 5th Forest Engineering Conference*. FCBA, 2014.
- Inventaire Forestier National. «http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/France_part4-2-2.pdf.» Aout 2016. http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/IMG/pdf/France_part4-2-2.pdf.

- Jactel, Hervé et al. «The influences of forest stand management on biotic and abiotic risk of damage.» *Ann. For. Sci.*, 2009.
- Jactel, Hervé, Eckehard Brockerhoff, et Dominique Piou. «Le risque sanitaire dans les forêts mélangées.» *Rev. For. Fr.*, 2008.
- Lévieux, J., F. Lieutier, et A. Delplanque. «Les scolytes ravageurs de l'Epicéa.» *Rev. For. Fr.*, 1985.
- Lieutier, F. «Diagnostic des attaques de scolytes.» *Rev. For. Fr.*, 1988.
- Lieutier, F., M. Kenis, B. Wermelinger, et Jean-Claude Gregoire. «Research on parasitoids and predators of scolytidae - A review.» Dans *Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis*, 237 - 290. Kluwer Academic Publishers, 2004.
- Mezei, Pavel, Wojciech Grodzki, Miroslav Blazenec, Jaroslav Škvarenina, Veronika Brandysová, et Rastislav Jakuš. «Host and site factors affecting tree mortality caused by the spruce bark beetle (*Ips typographus*) in mountainous conditions.» *Forest Ecology and Management*, n° 331 (2014): 196 - 207.
- Ministère de l'Agriculture, Direction des Eaux et Forêts. *La piqure des bois en grume (Chêne et résineux)*. Commission d'études des ennemis des arbres, des bois abattus et des bois mis en oeuvre, s.d.
- Nageleisen, Louis-Michel. «La santé des forêts, cours AgroParisTech-ENGREF.» Département de la Santé des Forêts, 2013.
- Nageleisen, Louis-Michel. *LE CHALCOGRAPHE*. Département de la Santé des Forêts, 2004.
- Nageleisen, Louis-Michel. *LE TYPOGRAPHE*. Département de la santé des forêts, 2004.
- Nardini, Kevin. *Le ballon de débardage, une solution prometteuse pour remédier au déficit d'exploitation des forêts de montagne*. FCBA, 2016.
- Nef, L. «Estimation de la vulnérabilité de pessières aux attaques d'*Ips typographus* (L.) à partir de caractéristiques stationnelles.» *Silva Belgica*, 1994.
- Office National des Forêts. «Récolte de bois en zone de montagne, l'adaptation de la sylviculture à la pente.» 2009.
- Office National des Forêts. «Sylviculture des peuplements situés en forte pente.» 2012.
- Parc Naturel Régional du Haut-Jura. *Les pics du Haut - Jura*. Prod. Parc Naturel Régional du Haut-Jura. 2012.
- Pauly, H. *Le dendroctone de l'épicéa en France : situation et mesures de lutte en France*. BILAN DE LA SANTE DES FORETS EN 2005, Département de la santé des forêts, 2007.
- Pauly, Hubert, et Nicolas Meurisse. «Le dendroctone de l'Épicéa en France : Situation et mesures de lutte en cours.» *Rev. For. Fr.*, 2007.
- Pauly, Hubert, et Pierre Dupin. *Lâchers de R. grandis dans le sud du Massif Central de 2004 à 2006*. Bordeaux: DSF, 2007.
- Plottu, Eric, et Béatrice Plottu. «Multidimensionnalité des enjeux du paysage : de l'évaluation à la décision.» *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, 2010: 293-311.

- Rameau, J.-C., D. Mansion, et G. Dumé. *Flore Forestière Française*. Institut pour le Développement Forestier, 1989.
- Stadelmann, Golo. «Spatio-temporal infestation dynamics of the European spruce bark beetle in Switzerland: quantifying environmental drivers and effects of forest management.» Thèse, Zurich, 2013.
- Terrasson, Daniel. «Un tournant dans la recherche sur le paysage en France : contexte et apports du programme Politiques publiques et paysages.» *Natures Sciences Sociétés*, 2006: 187-195.
- Troccaz, Hadrien. *Etude des effets du changement climatique sur la perennité de l'Epicéa dans les forêts des Alpes du Nord et des montagnes de l'Ain face à Ips typographus*. Bordeaux Sciences AGRO, Université de Bordeaux, ONF, 2014.
- ULB. *Pratiques phytosanitaires respectueuses de l'environnement : La lutte biologique*. Université Libre de Bruxelles, s.d.
- Vallée, Marine, Benoît Méheux, Aurélie Cuvelier, et Marion Simon. *Dégâts de scolytes dans la vallée de l'Arve : Etude de la forêt communale de Chamonix-Mont Blanc*. Projet étudiant, AgroParisTech, 2015.
- Warzée, Nathalie, et Jean-Claude Grégoire. «Biodiversité forestière et ennemis naturels des scolytes : Le cas naturel de *Thanasimus formicarius*.» *Forêt Wallone*, 2003.
- Warzée, Nathalie, et Jean-Claude Gregoire. «*Thanasimus formicarius* : Why a large range of prey for a specialized predator?» *Proceedings: IUFRO Kanazawa 2003 "Forest Insect Population Dynamics and Host Influences"*. 2003. 16 - 18.
- Wermelinger, Beat. «Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* — a review of recent research.» *Forest Ecology and Management*, 2004: 67–82.
- Weslien, J. «Monitoring *Ips typographus* (L.) populations and forecasting damage.» *Journal of Applied Entomology*, n° 114 (1992): 338 - 340.
- Weslien, J.-M., et L Schroeder. «Population levels of bark beetles and associated insects in managed and unmanaged spruce stands.» *Forest Ecology and Management*, n° 115 (1999): 267 - 275.

8 LISTE DES PERSONNES RENCONTREES

- Claude Gemigani – Département Santé des Forêts
- Claude Lebahy - ONF
- Jean Bapsiste Daubrée – Département Santé des Forêts
- Mathieu Pol - ENGIE
- Mireille Scheaffer - CRPF
- Pascal Guillet - CRPF
- Patrice Avias - ONF
- Thomas Leplaideur – ADEFOR39
- Bernadette Jordan – Chambre d’Agriculture de Haute-Savoie
- David Billaut - Chambre d'agriculture de l'Isère
- Antoine Bethenod - Scierie Bois du Dauphiné
- Thomas Carrette - FCBA
- Arnaud Duperrier - URACOFRA
- Didier Joud - COFORET
- Jean-Luc Mabboux - ONF
- Paul Magaud - FCBA
- Jean Charles Mogenet – ECHOFORET (Entrepreneur de Travaux Forestiers)
- François Xavier Nicot - ONF
- Denis Pelissier - CRPF
- Bruno Rigoulot - ONF
- René Sabatier - CRPF

1 ANNEXE 1 : SCRIPT R DE L'OUTIL PAYSAGE

1.1 PACKAGES ET PARAMETRES

```
##### Librairies #####
library(openxlsx)
library(ggplot2)
library(survival)
library(doby)
library(rgdal)
library(rgeos)
library(reshape2)
library(raster)
library(maptools)

## repertoire pour l'export
setwd("C:/Users/goralski/Desktop/data_R/SIG_output/")

##### Import SIG#####
## perimetre du chantier
perimetre <- readOGR(dsn="C:/Users/goralski/Desktop/data_R/SIG_input", layer="le_bouchet")
## zone de restriction pour l'implantation des trouees
implantation <- readOGR(dsn="C:/Users/goralski/Desktop/data_R/SIG_input", layer="zone_fav")

##### parametres de prelevements EXCEL #####
foret <- read.xlsx("C:/Users/goralski/Desktop/data_R/SIG_input/prelevement_v2.xlsx", sheet = "parametres")
gestion1 <- read.xlsx("C:/Users/goralski/Desktop/data_R/SIG_input/prelevement_v2.xlsx", sheet = "gestion1")
gestion2 <- read.xlsx("C:/Users/goralski/Desktop/data_R/SIG_input/prelevement_v2.xlsx", sheet = "gestion2")
gestion3 <- read.xlsx("C:/Users/goralski/Desktop/data_R/SIG_input/prelevement_v2.xlsx", sheet = "gestion3")
```

1.2 CALCUL DES VARIABLES

L'exemple est donnée pour le scénario 1, le code est identique pour les autres scénarios, seuls les paramètres pris en compte changent (gestion1, gestion2, gestion3).

```
#####----- scenario 1 -----#####
###surface totale du chantier
st1 <- round(gArea(perimetre)/10000)
### surface hors foret
shf1 <- round(st1 - sum(gestion1$surf_classe))
###surface recolte
gestion1$surf_recolte <- gestion1$surf_classe - (gestion1$Tx_hors_exploit*gestion1$surf_classe)
seffs1 <- sum(gestion1$surf_recolte)
###volume total
vt1 <- foret[1,3]
###tailles trouees
tt1 <- foret[1,4]
#### pied a pied
#### surface du chantier recolte en pied a pied
gestion1$surf_pp <- gestion1$surf_recolte*gestion1$pc_pp
spps1 <- sum(gestion1$surf_pp)
#### volume recolte en pied a pied
gestion1$vol_pp <-gestion1$vol_ha_pp*gestion1$surf_pp
vpps1 <- sum(gestion1$vol_pp)
#### Trouees
#### surface du chantier recolte par trouees
gestion1$surf_trouees <- gestion1$surf_recolte*gestion1$pc_trouees
sts1 <- sum(gestion1$surf_trouees)
#### volume objectif par trouees
gestion1$ratio <- gestion1$surf_classe/sum(gestion1$surf_classe)
gestion1$vol_obj <-gestion1$ratio*vt1
gestion1$vol_obj_trouee <-gestion1$vol_obj - gestion1$vol_pp
vts1 <- sum(gestion1$vol_obj_trouee)
###volume unitaire par trouee
gestion1$VU_trouees <- tt1*gestion1$vol_moy
###nombre de trouees
gestion1$nb_trouees <- gestion1$vol_obj_trouee/gestion1$VU_trouees
nbt1 <- ceiling(sum(gestion1$nb_trouees))
#densité trouées
dts1 <- nbt1/st1
```

1.3 REPRESENTATION DES TROUEES

```
##### Creation des trouees #####
#rayon trouees
rayon1 <- sqrt((tt1*10000)/pi)
p4s <- CRS("+proj=longlat +ellps=WGS84 +datum=WGS84")

#####-----trouees aleatoires ####
centres <- spsample(implantation, nbts1, "random")
centres <- SpatialPointsDataFrame(centres ,
                                data = data.frame(ID=seq(1:nbts1)),
                                proj4string=CRS("+init=epsg:2154"))

#----- Suppression des trouées trop proches
d <- spDists(centres ,longlat=F)
diag(d) <- NA
close <- (d <= rayon1)#d=seuil de dist en m)
if (length(close)>0) {
  closePts <- which(close, arr.ind=T)
  centres <- centres [-closePts[,1],]
  Nb_final1 <- dim(centres @data)[1]}
#----- Creation de trouees circulaires de surface donnee
patch_s1 <- gBuffer(centres , byid=TRUE, id = NULL, width = rayon1, quadsegs=5, capstyle = "ROUND",
                    jointstyle = "MITRE", mitreLimit = 1.0)
#byid = true permet de sortir un spatialpolygonedataframe
#### Plan ####
plot(perimetre)
plot(patch_s1,add = T)
#### Enregistrement du fichier ####
p4s <- CRS("+proj=longlat +ellps=WGS84 +datum=WGS84")
patch_s1 <- spTransform(patch_s1, CRS = p4s)
writeOGR(patch_s1, dsn="patch_s1.kml", layer= "patch_s1", overwrite_layer = TRUE,
         driver="KML", dataset_options=c("NameField=name"))
```

1.4 CALCUL DE SURFACE PAR CATEGORIE (RASTER)

```
##### Librairies #####
library(ggplot2)
library(survival)
library(doby)
library(rgdal)
library(rgeos)
library(openxlsx)
library(reshape2)
library(raster)
library(rasterVis)

#----- import SIG
# delimitation de la surface a considerer
perimetre <- readOGR(dsn="C:/Users/goralski/Desktop/data_R/SIG_input", layer="le_bouchet")
## raster de volume a l'hectare
volume <- raster("C:/Users/goralski/Desktop/data_R/SIG_input/vol_bouchet.tif")
## repertoire pour l'export
setwd("C:/Users/goralski/Desktop/data_R/SIG_output/")

# ----- Comptage du nombre de pixels par catégorie de volume
vd <- crop(volume, perimetre)
graf_vd <- as.data.frame(freq(vd))
graf_vd$class_vol <- NA
graf_vd$class_vol[which(graf_vd$value>=1000)] <- 'plus de 1000'
graf_vd$class_vol[which(graf_vd$value<1000)] <- '800 à 1000'
graf_vd$class_vol[which(graf_vd$value<800)] <- '600 à 800'
graf_vd$class_vol[which(graf_vd$value<600)] <- '400 à 600'
graf_vd$class_vol[which(graf_vd$value<400)] <- '200 à 400'
graf_vd$class_vol[which(graf_vd$value<200)] <- '0 à 200'

#somme de nombre de pixels par catégorie et produit par la résolution = 0,0625 hectares = 25mX25m
sb <-as.data.frame(subset(graf_vd,class_vol == '0 à 200'))
s1 <- sum(sb$count)*0.0625
sb <-as.data.frame(subset(graf_vd,class_vol == '200 à 400'))
s2 <- sum(sb$count)*0.0625
sb <-as.data.frame(subset(graf_vd,class_vol == '400 à 600'))
s3 <- sum(sb$count)*0.0625
sb <-as.data.frame(subset(graf_vd,class_vol == '600 à 800'))
s4 <- sum(sb$count)*0.0625
sb <-as.data.frame(subset(graf_vd,class_vol == '800 à 1000'))
s5 <- sum(sb$count)*0.0625
sb <-as.data.frame(subset(graf_vd,class_vol == 'plus de 1000'))
s6 <- sum(sb$count)*0.0625

## tableau de resultat
surf_foret<- sum(s1,s2,s3,s4,s5,s6)
surf_totale <- round(gArea(perimetre)/10000)
surf_HF <- surf_totale - surf_foret
surf_vd <- data.frame(vol_ha=c('0 à 200','200 à 400', '400 à 600','600 à 800','800 à 1000',
                             'plus de 1000','Surface totale', 'Surface Hors Forêt'),
                     surf_ha=c(s1,s2,s3,s4,s5,s6,surf_totale, surf_HF))
write.table(surf_vd, file="surfaces.txt", sep="\t", col.names= NA ,row.names= T)
```


2 ANNEXE 2 : EXEMPLE DE CONTRAT DE VENTE POUR LES PROPRIETAIRES PRIVES

Contrat de vente des bois sur pied à l'Unité de Produit

Contrat entre Nom : Adresse : Téléphone : Ci-après dénommé le vendeur,	Et Nom de l'entreprise : N° SIRET : Adresse : Ci-après dénommé l'acheteur
--	---

1. Le vendeur accepte par ces termes la vente de bois sur pied à l'unité de produit au profit de l'acheteur et suivant la grille tarifaire suivante :

(€/m ³)	Alternatives de technique de récolte								
	Récolte au skidder			Récolte au câble			Récolte au seul ballon		
	Qualité			Qualité			Qualité		
	Charpente	Emballage	Autre	Charpente	Emballage	Autre	Charpente	Emballage	Autre
Epicea									
Sapin									
Hêtre									
...									

2. Les bois à exploiter se trouvent dans les parcelles de l'acheteur référencées comme suit :

Numéro	Commune	Surface cadastrale

3. Les bois à exploiter seront identifiés de la façon suivante :
- Marque au corps et au pied
 - Marque de peinture (préciser forme et couleur) : ...
4. L'acheteur s'engage à respecter les termes du Contrat de Territoire en annexe.
5. L'acheteur peut renoncer au contrat sans pénalité si :
- a. la servitude de passage n'est pas effective ;
 - b. le volume de récolte total en propriété privé s'avère inférieur à celui indiqué dans la clause de vente ONF
6. Le martelage devra être réalisé dans un délai de trois mois à partir de la réception par le vendeur de la déclaration d'intention de commencement des travaux.
Le bordereau de martelage devra être envoyé à l'acheteur. En cas de martelage non-conforme aux prescriptions du Contrat de Territoire, l'exploitant se réserve le droit de ne pas exploiter et de suspendre le présent contrat de vente.
7. Les volumes faisant référence pour la rémunération seront fixés lors de la réception contradictoire. La réception aura lieu sur la plateforme de stockage. L'acheteur s'engage à transmettre la date de la réception au moins deux semaines avant ladite date.
8. Pour la réception, le vendeur peut :
- Assurer la réception en personne
 - Donner mandat pour la réception contradictoire à : M, Mme
.....coordonnées : ...

Le .../.../..... À

Signature de l'acheteur :

Signature du vendeur :

3 ANNEXE 3 : EXEMPLE DE BORDEREAU DE MARTELAGE

Bordereau de martelage

Nom du propriétaire :

Adresse :

Téléphone :

Les bois à exploiter se trouvent dans les parcelles référencées comme suit :

Numéro	Commune	Surface cadastrale

Le marquage des bois a été établi le ... par ...

Je soussigné ... certifie que le martelage a été réalisé en connaissance du Contrat de Territoire

Type de coupe :

- ☐ Pied à Pied
- ☐ Trouées
 - ☐ Surface : ...
 - ☐ Nombre : ...
- ☐ Arêtes de poisson

Intensité :

- Surface terrière initiale : ...

Taux de prélèvement : ... Volume	Qualité Charpente	Qualité emballage	Autre
Epicéa	40 m ³		
Sapin			
Hêtre			
...			

Le .../.../..... À

Signature du propriétaire :

✂

Signature du mandataire :

Bordereau de réception contradictoire

La réception a été établie le ... en la présence de ... représentant l'acheteur et ... représentant le vendeur.

Volume	Qualité Charpente	Qualité emballage	Autre
Epicéa	40 m ³		
Sapin			
Hêtre			
...			

Date

Signature de l'acheteur :

Signature du vendeur :

4 ANNEXE 4 : EXEMPLE DE CONTRAT DE PRESTATION

Contrat de Prestation

Contrat entre

Nom :

Adresse :

Téléphone :

Ci-après dénommé le vendeur,

Et

Nom de l'entreprise :

N° SIRET :

Adresse :

Ci-après dénommé le prestataire de service

1. Le vendeur accepte par ces termes la fourniture des services identifiés ci-dessous par le prestataire de service, suivant la grille tarifaire suivante :

Service au choix	Prix	Volume	Total (€)
Délimitation de parcelle	€/ha		
Martelage	€/ha		
Réception sur coupe	€/ m ³		
Réception sur plateforme mandat ETF	gratuit		
Réception sur plateforme hors mandat ETF	€/ m ³		
Abattage (hors-vente)	€/ m ³		
Débardage (hors-vente)	€/ m ³		
Stockage plateforme	€/ m ³ /jour		
Façonnage bois de chauffage	€/stère		
Livraison bois de chauffage	€/stère + forfait kilométrique		

2. Les bois à exploiter se trouvent dans les parcelles de l'acheteur référencées comme suit :

Numéro	Commune	Surface cadastrale

Le .../.../..... À

Signature de l'acheteur :

Signature du vendeur :

5 BIOLOGIE DU SCOLYTE¹⁷

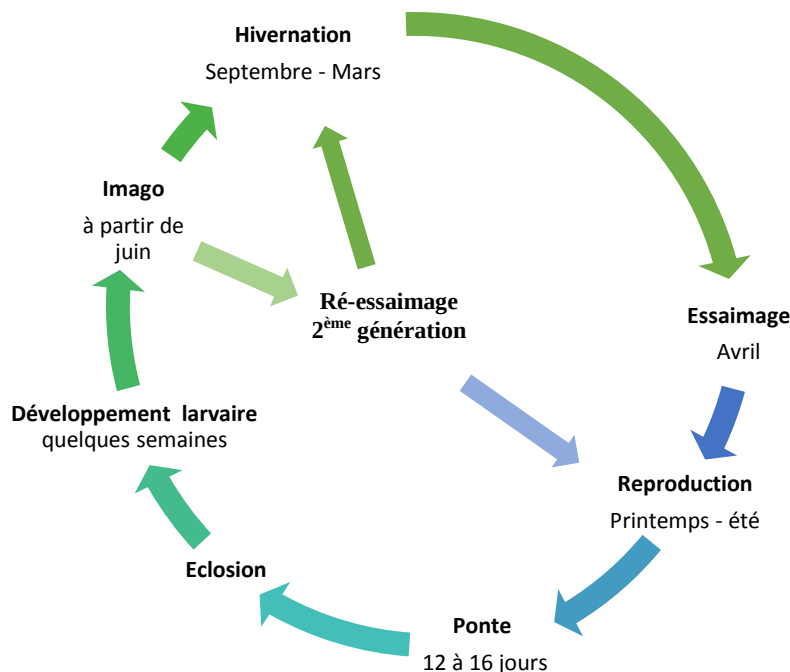


Figure 17: Cycle biologique de *Ips typographus*

5.1.1.1 Essaimage

Entre avril et juin, quand les températures s'adoucissent, les scolytes sortent de leur hibernation et se dispersent dans la forêt en quête d'un site de reproduction. L'envol des insectes qui ont hiberné vers un site de reproduction s'appelle *l'essaimage*. Il se déroule une fois le développement de l'insecte achevé (stade adulte). L'essaimage est conditionné par des paramètres climatiques (essentiellement la température).

5.1.1.2 Sélection de l'hôte pour la multiplication sous-écorce

Le processus d'attaque est différencié selon les espèces. Il se compose en différentes phases plus ou moins visibles sur l'arbre. Les scolytes ne colonisent que des arbres encore verts. Les bois morts ne sont plus sujets à leur installation.

Le choix de l'arbre hôte se fait selon deux possibilités :

- Hasard (succession de tentative-échec jusqu'à réussite)
- Orientation fréquente du déplacement par un stimulus provenant de l'hôte : attractivité primaire
 - auditifs : signaux hautes fréquences lié à la cavitation
 - olfactifs : terpènes, éthanol,...
 - visuels : lumière, forme des arbres...

Grâce à ces stimulus, des scolytes « pionniers » repèrent un arbre réceptif. Suite à l'atterrissage, une phase de « grignotage » teste l'hostilité de l'hôte. En effet le grignotage sollicite les mécanismes de résistance de la plante hôte. L'arbre réagit par un flux de sève (ou résine). La réaction de défense de l'arbre est directement conditionnée par son état physiologique. Un arbre stressé (du fait d'un déficit

¹⁷ (Nageleisen, La santé des forêts, cours AgroParisTech-ENGREF 2013)

hydrique, d'une blessure ou par des sollicitations exacerbées de ses mécanismes de défense) mobilisera une hostilité moindre à l'égard de son agresseur qu'un arbre de grande vigueur. C'est pour cette raison que dans des contextes épidémiques des arbres sains peuvent être colonisés.

Si l'hôte convient, les scolytes pionniers consomment des tissus ligneux dont les composés chimiques vont se transformer au cours du transit intestinal en des molécules très volatiles, reconnues par les autres scolytes de la population comme un signal de découverte d'un site adéquat pour leur reproduction. On parle de **phéromones d'agrégation**. A ce stade, **la colonisation devient massive à l'échelle de l'arbre** (phénomène d'attractivité secondaire). Une fois que l'espace vital d'un arbre est saturé, la nature du message chimique envoyé par les scolytes « résidents » change. Ils envoient un signal de répulsion qui incite les insectes encore en vol à se diriger vers un autre arbre.

Lors du creusement des galeries, le sectionnement de canaux résinifères provoque un flux de résine. On observe différents types de galeries creusées selon l'espèce de scolytes. Le typographe creuse des galeries longitudinales. Cela limite le sectionnement de nouveaux canaux et donc le flux de résine à combattre.

5.1.1.3 Reproduction

Ponte

De façon générale : Après l'accouplement, la femelle creuse une galerie (dans le liber ou l'aubier) le long de laquelle elle pratique des encoches où elle dépose un œuf. L'œuf est protégé par un "bouchon" de sciure. Le mâle nettoie la galerie et évacue la sciure. C'est à ce moment que l'on peut observer des dépôts de sciure rousse à la sortie des galeries sur la surface de l'écorce. Cette phase, bien que peu visible, est une phase clé, car elle traduit une colonisation réussie de l'arbre en plus d'une présence effective des scolytes dans l'arbre. Dans le cadre d'une coupe sanitaire, c'est sur ce type d'arbre qu'il est le plus pertinent d'intervenir. (Attention le délai est d'au maximum quelques semaines à partir de l'apparition des dépôts de sciures rousses).

Nombre de générations par an

Le plus souvent en France les scolytes sont bivoltins (2 générations par an). Après une première phase de ponte, une femelle peut donc quitter le premier dispositif pour en créer un deuxième sur un autre site qui donnera une génération sœur décalée de quelques semaines.

5.1.1.4 De l'éclosion à la larve

L'éclosion a lieu au bout de quelques jours, selon la température. On observe 5 stades larvaires en général. Chaque larve fore une galerie perpendiculairement à la galerie maternelle. La larve augmente en taille après chaque mue. Les larves sont xylophages chez la plupart des scolytes. Au bout de quelques semaines de développement, la larve se transforme en nymphe puis en insecte parfait (adulte « imago »). Cet adulte est au départ de couleur jaune paille. Il devient noir à la suite d'une phase de nutrition. Les imagos sortent de l'arbre pour chercher un site d'hivernation ou un site de reproduction pour une nouvelle génération (si les températures sont encore suffisamment clémentes).

5.1.1.5 Hivernation

Elle est déclenchée essentiellement par des températures froides. Elle peut avoir lieu sur le site de développement ou dans le sol, au niveau de l'empatement des racines à faible profondeur dans l'humus.

5.1.1.6 Longévité et facteurs de mortalité

Les femelles vivent plus longtemps que les mâles. Classiquement, un insecte vit 10 mois. Les facteurs de mortalité au long du développement sont :

- conditions climatiques défavorables

- réaction de l'arbre colonisé : résine, sève (directement liée à l'état physiologique de l'arbre)
- prédation (voir Les ennemis naturels des scolytes)
- parasitisme (voir Les ennemis naturels des scolytes)
- destruction anthropique (ex. insecticide)

5.1.1.7 Mort de l'arbre et dépréciation du bois

La colonisation réussie d'un arbre mène à sa mort. Le développement des larves détruit le liber qui est une assise nécessaire à la vie de l'arbre (conduction de la sève élaborée). En fin de stade de développement l'écorce tombe. Le houppier peut alors rester vert pendant plusieurs semaines avant de rougir. Lorsque les signes d'une colonisation sont facilement détectables (Chute de l'écorce, rougissement du houppier) les scolytes ont souvent déjà déserté l'arbre. Cet aspect complexifie les interventions de coupe sanitaire car les signes de présence effective des scolytes sont en général plutôt discret (Perforation de l'écorce accompagnée de dépôt de sciure rousse).

Certaines espèces de champignons pathogènes (*Ophiostoma*) associés en symbiose avec des scolytes peuvent concourir à une aggravation des dégâts aux arbres voir jouer un rôle clé dans la mort de l'arbre. Ces champignons associés provoquent le bleuissement et l'échauffure qui déprécie le bois.

5.2 LES ENNEMIS NATURELS DES SCOLYTES

Les ennemis naturels des scolytes sont nombreux et variés. Diverses espèces plus ou moins spécifiques de champignons entomophages, bactéries, virus, nématodes sévissent dans les galeries de scolytes et sont à l'origine de mortalités. Ces pathogènes sont particulièrement importants durant l'hivernation, quand les scolytes stationnent dans des sites confinés. Néanmoins, la prédation et le parasitisme participent en premier lieu au maintien du niveau endémique des populations de scolytes. C'est pourquoi ces deux catégories d'ennemis seront plus spécifiquement détaillées ci-dessous.

Il existe aujourd'hui un important décalage de connaissance entre les différents groupes d'ennemis des scolytes. Les parasitoïdes ont été plus largement décrits et étudiés que les prédateurs. En effet, la recherche sur les prédateurs s'est essentiellement cantonnée à l'étude de *Thanasimus formicarius* et *Rhizophagus grandis*. (Voir « prédateurs »). Cependant nul ne peut affirmer de la meilleure efficacité des prédateurs ou des parasitoïdes dans la mortalité des scolytes. (Lieutier, Kenis, et al. 2004)

5.2.1 Parasites et parasitoïdes

Les parasites des scolytes sont essentiellement des hyménoptères (petites « guêpes » de la famille des ichneumons, des chalcidiens...) dont certaines espèces vont déposer un œuf à l'aide de leur tarière à travers l'écorce sur l'œuf, la larve ou la nymphe de scolytes dans sa galerie. D'autres espèces de taille très petite pénètrent à l'intérieur des galeries pour y pondre sur un hôte.

Après développement de la larve du parasite, le scolyte meurt. On parle alors de parasitoïde (parasite qui tue son hôte en fin de développement). Le taux de parasitisme des scolytes peut dépasser 80 % dans les galeries. (H. Pauly 2007)

5.2.2 Prédateurs

Les prédateurs de scolytes peuvent être opportunistes comme les fourmis rousses qui consomment occasionnellement des adultes circulant sur les troncs ou des larves lorsque l'écorce se détache du tronc. Mais certains sont très spécialisés et ont une morphologie allongée adaptée à la circulation dans les galeries. C'est le cas de plusieurs espèces de coléoptères comme par exemple *Nemosoma elongatum*. Deux espèces de prédateurs ont été plus particulièrement étudiées au cours des dernières années :

5.2.2.1 *Le clairon formicaire (Thanasimus formicarius)*

Ce coléoptère cléridé est un prédateur polyphage très vorace tant au stade larvaire qu'au stade adulte. Un individu peut consommer plus de 200 typographes de l'épicéa par exemple. C'est un des prédateurs les plus fréquents et les plus efficaces.

Le clairon vole du mois de mars jusqu'en juillet. L'adulte est attiré par les phéromones des scolytides ainsi que les terpènes volatiles émis par les arbres dépérissant. Sa durée de vie est importante (hibernation). De nombreuses études ont lié sa présence à celle de pins (Pauly et Meurisse 2007). Le ratio prédateur/proie est 4 fois plus important dans un peuplement mélangé Epicéa-pin que dans un peuplement pur d'Epicéa. (Warzée et Grégoire 2003). En effet, son cycle de développement ne peut se dérouler totalement dans les écorces fines de l'épicéa. L'épaisseur de l'écorce des pins est nécessaire pour une reproduction efficace (Warzée et Gregoire 2003). A priori toutes les essences de pins sont concernées. Cependant on ne peut pas encore conclure sur la proportion Epicéa/Pins qui serait efficace. Quoiqu'il en soit, les pessières pures ne sont pas à même de voir se développer des populations de Clairon formicaire. Dans les zones sensibles (exemple pessières de basse altitude) il peut être intéressant d'introduire ou favoriser les essences de pins adaptées à la station.

5.2.2.2 *Rhizophagus grandis*

Ce développement concerne un prédateur spécifique de *Dendroctonus micans*. On rappelle que *Dendroctonus micans* n'est pas un enjeu dans les Alpes. Cette partie est donc donnée à titre informatif.

Dendroctonus micans est suivi par un prédateur spécifique, *Rhizophagus grandis*. Ce coléoptère a montré une grande efficacité dans la régulation des populations de Dendroctone.

Rhizophagus grandis est un coléoptère (F : *Rhizophagidae*) aussi résistant que *D.micans* face aux défenses des arbres. Il est capable de détecter sa proie à l'odeur. Les adultes pénètrent sous l'écorce par le trou d'entrée des galeries (de Dendroctone) et s'accouplent à l'intérieur. Les femelles pondent une centaine d'œufs déposés à proximité des larves de *D.micans*. L'importance de la ponte varie selon les années ; si la ponte dépasse 200 œufs, celle-ci se déroule en deux ou trois lieux différents. On observe en générale 2 à 3 générations par an.

En laboratoire, il a été constaté qu'une larve de *Rhizophagus* ingérait en moyenne 41 ,8 mg (poids frais) de *D.micans* pendant son stade larvaire, ce qui représente 10 fois son poids maximal, et ce qui correspond à une larve de *Dendroctonus micans* en fin de croissance. Il a aussi été mis en évidence que l'intensité de la ponte était étroitement liée à la quantité de nourriture présente : les larves de *Rhizophagus grandis* émettent un inhibiteur de ponte (ou phéromone épictique) qui interrompt la ponte. *Rhizophagus* ne peut se reproduire que s'il se trouve à côté de sa proie. En effet, la vermoulure laissée par *D.micans* dégage une odeur (mono terpènes oxygénés) stimulant la ponte. *Rhizophagus* est un prédateur très efficace car il infeste plus de 90% des systèmes de couvée de *D.micans*. Malheureusement, il arrive souvent en retard lorsque sa proie infeste une nouvelle aire. *R.grandis* s'attarde à coloniser un maximum de systèmes de ponte locaux avant de le rejoindre. Dans la nouvelle aire infestée, la population de *D.micans* devient alors épidémique et il occasionne de nombreux dégâts. C'est pourquoi, il est nécessaire de l'importer artificiellement. *R.grandis* attaque sans distinction les larves, les œufs, les nymphes ou les jeunes adultes de *D.micans*. Les élevages de *R.grandis* sont semi-artificiels. On les élève dans des boîtes remplies de vermoulures et de larves de *D.micans*. Au début, on amorce les larves avec des asticots mais ensuite, elles attaquent toutes les larves de *D.micans* contenue dans la boîte. Une fois adulte, on les lâche dans le site infesté.

5.2.2.3 *Les prédateurs vertébrés*

Dans un important effort de synthèse, une étude suisse (Bütler et Wermelinger 2015) fait le point sur la prédation du Typographe par le pic tridactyle. Il ressort de cette étude que l'importance du pic tridactyle est couramment sous-estimée par les gestionnaires. Le régime alimentaire du Pic peut se constituer de scolytes à plus de 90%. Un individu consomme annuellement de l'ordre de 670 000

scolytes (tous stades de développement mélangé). L'extrapolation de cette estimation en Suisse conduit à penser que les pics seraient dix fois plus efficaces que les pièges dans la mortalité des scolytes. Par ailleurs, en plus d'une consommation directe, les pics engendrent une mortalité indirecte chez les scolytes. En effet, en détachant l'écorce d'un arbre envahi, le pic expose ces derniers aux intempéries et les rend accessibles à d'autres prédateurs et pathogènes. Une étude américaine a établi que dans les meilleurs cas, le pic peut détruire 98% des scolytes résidants sur un arbre infesté.

Néanmoins le maintien de population de pic tridactyle à des niveaux impactant est étroitement lié à la qualité de l'environnement forestier. (Parc Naturel Régional du Haut-Jura 2012) Le pic tridactyle habite des forêts d'altitude composées essentiellement de vieux Epicéas et comportant du bois mort ou déperissant. Il niche en forant un trou dans un épicéa vivant ou mort entre 2 et 15m de hauteur. Les pics sont d'une façon générale de très bons indicateurs de la valeur écologique des forêts de montagne. Les densités sont en général très faibles (de l'ordre d'un individu pour 10 km²). Néanmoins comment souvent dans les relations proie/prédateur, l'abondance de pic est étroitement liée à celles de scolytes.