

PSDR4 OUIGEF - Outils innovants pour une gestion concertée des forêts

Fuhr M.¹, Becquey J.², Berger F.¹, Bock J.³, Bourhis F.⁴, Dubus N.⁵, Emsellem K.⁸, Monnet J.-M.¹, Munoz A.³, Paccard P.⁶, Peyrache-Gadeau V.⁷, Riond C.³, Tivadar M.¹

¹ INRAE, Centre Lyon-Grenoble, UR LESSEM, 2 rue de la Papeterie, F-38402 Saint Martin d'Hères Cedex

² IDF-CNPF, antenne de Lyon, 175 cours Lafayette, F-69006 Lyon

³ ONF, Pôle RDI de Chambéry, 42 quai Charles Roissard, F-73026 Chambéry Cedex

⁴ PNR de Chartreuse, Place de la Mairie, F-38380 Saint Pierre de Chartreuse

⁵ Université Grenoble Alpes, UMR 7300 ESPACE, 14 bis rue Marie Reynoard, F-38100 Grenoble

⁶ PNR du Massif des Bauges à la date du projet (aujourd'hui ONF, Agence Savoie Mont Blanc), avenue Denis Therme, F-73630 Le Chatelard

⁷ Université Savoie Mont-Blanc, laboratoire EDYTEM, UMR CNRS 5204, campus scientifique Savoie Technolac, F-73376 Le Bourget du Lac Cedex

⁸ Université Côte d'Azur, UMR 7300 ESPACE, IUGA, 14 bis rue Marie Reynoard, F-38100 Grenoble

Correspondance : marc.fuhr@inrae.fr

Résumé

La forêt rend de multiples services, à l'origine d'enjeux de gestion parfois contradictoires. Le projet OUIGEF a testé, sur trois territoires de la région Auvergne Rhône-Alpes (PNR du Massif des Bauges, de la Chartreuse et du Pilat), des outils techniques ou organisationnels innovants, au service d'une gestion forestière durable conciliant ces enjeux.

La ressource forestière a été évaluée par un LiDAR aéroporté sur la Forêt Domaniale de Grande Chartreuse. Les chaînes de traitement d'images développées ont permis d'extraire des paramètres essentiels pour la gestion forestière avec précision, de manière continue et homogène. L'accessibilité à la ressource a été évaluée à l'aide de l'outil SYLVACCESS, une cartographie des forêts à fonction de protection a été réalisée et un protocole de terrain pour identifier les forêts matures finalisé.

La motivation des propriétaires forestiers privés à exploiter leurs forêts a été modélisée, en prenant en compte les caractéristiques sociodémographiques des propriétaires ainsi que les caractéristiques biophysiques de leur parcelle. Les circuits de valorisation du bois local ont été analysés, en questionnant les processus par lesquels la valeur du bois local se construit. Un premier focus a porté sur la création d'une plate-forme Bois Energie, un second a montré comment le processus de construction de l'AOC Bois de Chartreuse, tout en valorisant économiquement une ressource locale, a aussi éclairé les valeurs « hors-marché » de cette ressource.

Co-construite avec l'ensemble des acteurs forestiers, une grille d'analyse évaluée, en amont d'une exploitation forestière, les fonctions d'une forêt. Le diagnostic oriente le gestionnaire pour choisir des modalités d'exploitation appropriées. En aval, la grille évalue la qualité du chantier d'exploitation réalisé. Un jeu pédagogique en ligne suit le parcours d'un copeau de bois, depuis sa mobilisation en forêt jusqu'à sa combustion, et sensibilise le grand public à la valorisation durable du bois en énergie. Un géocatalogue réunit des informations sur les données utilisées par les chercheurs et les acteurs impliqués dans la gestion forestière. Il est accompagné d'un mode d'emploi des données adapté à des problématiques concrètes auxquelles les acteurs sont confrontés.

Mots-clés : Ressource forestière, Gestion concertée, Services écosystémiques, Co-construction acteurs chercheurs.

Abstract : Innovative tools for collaborative forest management

Forests provide multiple services, which sometimes lead to contradictory management issues. The OUIGEF project tested, in three territories of the Auvergne Rhône Alpes region (Massif des Bauges, Chartreuse and Pilat Regional Parks), innovative technical or organizational tools for sustainable forest management reconciling these issues.

Forest resource was evaluated by airborne LiDAR on the Grande Chartreuse Forest. The methods developed makes it possible to extract essential parameters for forest management with accurate precision, in a continuous and homogeneous manner. Accessibility to the resource was evaluated using the SYLVACCESS tool. Forests with a protection function were mapped and a field protocol to identify mature forests was finalized.

The motivation of private forest owners to log their forests was modelled, integrating both the socio-demographic characteristics of the owners and the biophysical characteristics of their forest plot. The valuation circuits of local wood were analyzed, questioning the processes that build the value of local wood. A first focus dealt with a wood energy platform in the Massif des Bauges PNR, a second showed how the process of building the AOC Bois de Chartreuse, while economically enhancing a local resource, also shed light on the "non-market" values of this resource for the territory.

Co-constructed with all forestry stakeholders, an analysis grid evaluates the functions of a forest before it is harvested. The diagnosis helps the manager in choosing appropriate harvesting methods. Downstream, the grid evaluates the quality of the harvesting operation. An online educational game follows the path of a wood chip, from its mobilization in the forest to its combustion, and raises the awareness to the construction of a sustainable wood energy sector. A geo-catalogue gathers information on the data used by researchers and actors involved in forest management. An instruction manual for the use of the data adapted to concrete problems faced by forestry stakeholders is joined.

Keywords: Forest resource, Collaborative management, Ecosystem services, Co-building between research and management.

Introduction

La forêt rend de multiples services - production de bois, conservation de la biodiversité, protection contre les risques naturels, accueil du public, stockage de carbone... - à l'origine d'enjeux de gestion parfois contradictoires. Gérer durablement les forêts à l'échelle d'un territoire, c'est-à-dire encourager la mobilisation et la valorisation de la ressource locale tout en tenant compte des autres services, nécessite de concilier ces enjeux.

Les outils à la disposition des acteurs forestiers sont de plus en plus nombreux, que ce soit à l'amont pour estimer la ressource forestière et les services écosystémiques rendus par la forêt, ou, plus à l'aval, pour mobiliser la ressource dans le cadre d'une gestion durable. Ces outils, innovants, mais aussi très techniques et très spécialisés, ne sont pas toujours favorables à la mise en œuvre d'une gestion forestière concertée sur un territoire. Ils peuvent disqualifier certains acteurs ou décideurs au profit d'experts sectoriels, possiblement moins attentifs aux attentes du public en matière de multifonctionnalité. Une abondance d'outils peut également nuire à la concertation, si ces outils portent des enjeux perçus comme contradictoires. Enfin, le succès d'un outil, ou l'ancrage localisé des recherches pour sa mise au point, peuvent créer des monopoles, et retarder la mise en œuvre d'outils complémentaires ou plus appropriés au contexte territorial.

Le premier objectif du projet PSDR4 OUIGEF (OUtils Innovants pour une GEstion concertée des Forêts) était d'interroger et d'illustrer comment une articulation de ces outils peut servir à la mise en œuvre d'une gestion multifonctionnelle concertée entre les acteurs, lorsqu'on s'appuie sur leurs synergies et leurs

complémentarités. L'outil est alors vu comme objet intermédiaire pour la construction d'un dialogue entre acteurs de différentes natures.

Dans le contexte de la transition énergétique et du renouveau de la construction bois, la ressource bois, régénérable, semble globalement être une ressource à forts potentiels économiques et environnementaux mais des tensions importantes existent localement quant aux conditions de son exploitation en circuit court. Le deuxième objectif du projet OUIGEF était d'analyser en profondeur les facteurs déterminant la mobilisation du bois sur un territoire, tant à l'échelle du propriétaire forestier (motivation à exploiter sa forêt) qu'à l'échelle du territoire où des processus innovants de valorisation du bois local encouragent la mobilisation.

Prioritairement porté par trois Parcs Naturels Régionaux de la région Auvergne-Rhône-Alpes (Figure 1), la Chartreuse (38, 73), le Massif des Bauges (73, 74) et le Pilat (42, 07), le projet OUIGEF s'est appuyé sur un partenariat déjà bien structuré et qui s'est élargi regroupant chercheurs en sciences forestières et en géomatique (INRAE, IDF, ONF RDI), chercheurs en sciences humaines (INRAE, Université Savoie Mont Blanc, Université Grenoble Alpes), gestionnaires forestiers (ONF Gestion, CRPF) et collectivités territoriales (PNR). Chaque PNR est doté d'une Charte Forestière de Territoire et conduit des actions d'appui à une gestion forestière multifonctionnelle et à la structuration de la filière bois locale. En outre, le territoire de Bonnevaux-Chambaran a été ajouté aux sites d'étude du projet pour élargir l'approche de la sensibilité des peuplements aux coupes à des contextes collinéens.

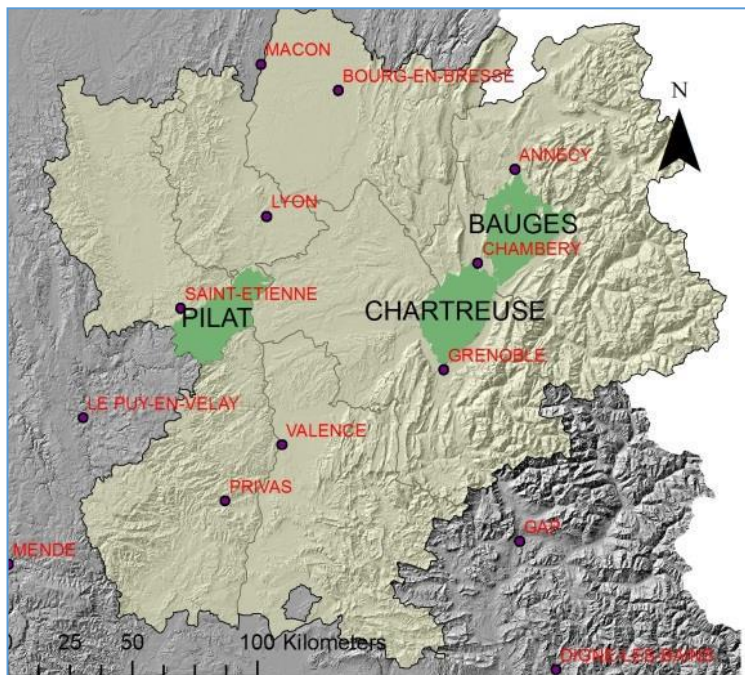


Figure 1 : Localisation des territoires du projet OUIGEF

Les activités du projet se sont articulées autour de trois questions : comment évaluer la ressource forestière et les services rendus par la forêt ? Comment favoriser la mobilisation de la ressource ? Comment partager les connaissances entre chercheurs et acteurs ?

1. Principaux résultats

1.1 *Evaluer la ressource forestière et les services rendus par la forêt*

L'estimation de la ressource forestière s'est appuyée sur l'utilisation des nuages de points 3D obtenus par LiDAR aéroporté (Light Detection and Ranging), afin de construire une chaîne de traitement qui calibre des relations mathématiques entre des variables dendrométriques décrivant le peuplement forestier et mesurées sur des placettes de terrain, et des indicateurs statistiques décrivant le nuage de

points sur ces mêmes placettes (Laes et al., 2011 ; White et al., 2013 ; Wulder et al., 2012). La chaîne de traitement développée (Bock et al., 2018 ; Bock et al., 2020) a également été appliquée à des nuages de points 3D obtenus à partir de photographies aériennes, moins précis, mais aussi moins coûteux et régulièrement actualisés.

La forêt domaniale de Grande Chartreuse (12 000 ha majoritairement composés de peuplements adultes de hêtraie-sapinière-pessière plus ou moins mélangés, en structure irrégulière) a été survolée par un capteur LiDAR à l'automne 2016, avec une densité moyenne d'émission de 20 pts.m⁻². La chaîne de traitement implémentée pour traiter les données utilise l'algorithme de segmentation automatique des houppiers SEGMA (St-Onge et al., 2015), implémenté et amélioré dans la plateforme collaborative COMPUTREE (Aubry-Kientz et al., 2021). Les modèles de prédiction, calibrés à partir d'un référentiel de terrain de 299 placettes, permettent d'estimer les variables dendrométriques à l'échelle de l'arbre - diamètre à 1,30m, distinction feuillu/résineux - ou de la placette - diamètre quadratique moyen, surfaces terrières par catégories de diamètres (Figure 2). Les erreurs obtenues varient de 15 à 40 % selon les variables estimées (Bock et al., 2020). Les précisions obtenues avec les nuages de points photogrammétriques sont très proches de celles obtenues à partir du LiDAR (Teisseidre, 2019). Ces précisions (LiDAR ou photogrammétrie) sont inférieures à celles obtenues avec un inventaire en plein (long et fastidieux). Les résultats sont toutefois meilleurs et non biaisés par rapport aux estimations à la jauge d'angle (relascope de Bitterlich utilisé classiquement pour l'aménagement forestier).

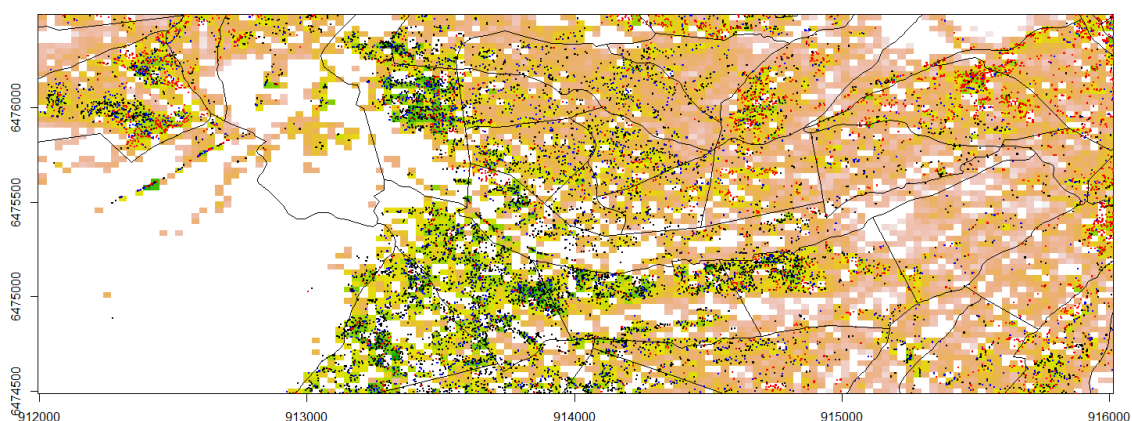
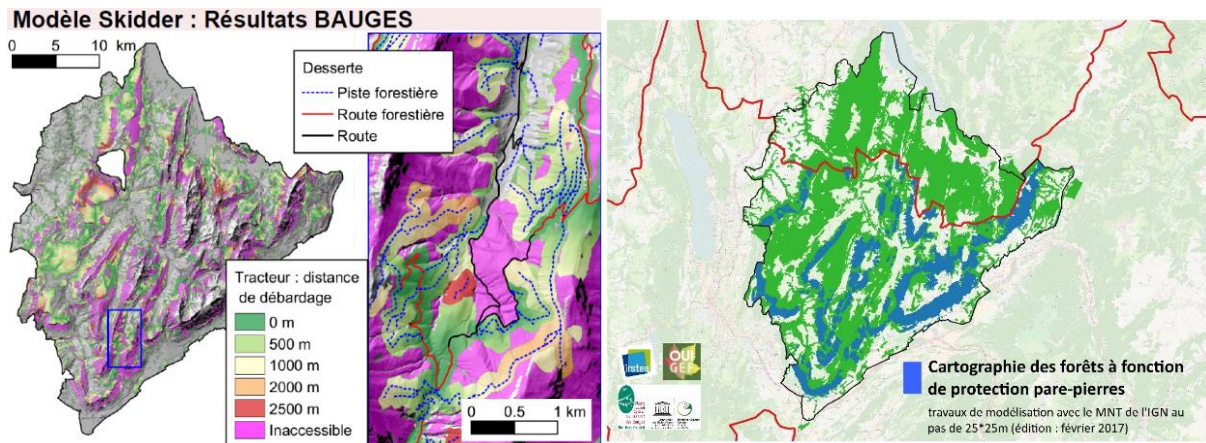


Figure 2 : Extrait de la carte du diamètre quadratique moyen des arbres et de la localisation des très gros bois ($d_{1,30m} \geq 62,5$ cm – points rouges) pour la forêt domaniale de Grande Chartreuse.

Les services rendus par la forêt ont été évalués à l'aide d'outils numériques récents développés par INRAE, dans une démarche d'amélioration continue. L'outil SYLVACCESS (Dupire et al., 2015) cartographie l'accessibilité des forêts par les principaux systèmes de débardage actuellement utilisés (Figure 3). Les outils qui simulent la propagation de blocs rocheux et des avalanches sur un versant (Berger et al., 2013) permettent de cartographier les forêts à fonction de protection contre les risques naturels sur un territoire (Figure 4).

Un protocole de terrain visant à identifier les îlots de forêt mature à l'échelle locale (Fuhr et al., 2018 ; Fuhr et al., 2020) a été déployé et testé sur les territoires du projet et des travaux d'identification des forêts matures par télédétection à l'échelle territoriale ont démarré, s'appuyant sur les données LiDAR (Fuhr et al., 2020).



Figures 3 et 4 : Ressource en bois accessible au moyen d'un engin de débardage (skidder) et forêts à fonction de protection contre les chutes de pierre pour le PNR du Massif des Bauges.

1.2 Favoriser la mobilisation de la ressource

Les facteurs déterminant la motivation des propriétaires forestiers privés à exploiter leur forêt ont été étudiés par modélisation statistique. Un premier modèle de choix discrets a été construit à partir des enquêtes nationales Résofop 2011 et 2015, afin d'estimer l'impact des caractéristiques sociodémographiques des propriétaires (âge, catégorie socioprofessionnelle, niveau de diplôme, etc.) et des caractéristiques de leur propriété forestière (superficie globale, durée de la propriété, coupe précédente) sur la probabilité de coupe. De plus, le modèle prend en compte l'effet des facteurs institutionnels (documents de gestion) et économiques (prix du bois, filière locale).

Pour l'adapter localement aux spécificités des territoires du projet et inclure les facteurs biophysiques dans les décisions des propriétaires forestiers, un deuxième modèle de choix discrets spatialisé a été construit (Tivadar, 2020), qui descend à l'échelle de la parcelle forestière. Il intègre des données socio-économiques et de comportement des propriétaires obtenues par une enquête administrée à un échantillon aléatoire d'environ 1000 propriétaires sur les trois parcs naturels, ainsi que des données biophysiques obtenues des bases de données géospatialisées, qui décrivent la structure biologique et la topographie des parcelles.

Les résultats des deux modèles montrent que les caractéristiques sociodémographiques des propriétaires influencent leur comportement, certaines favorisant la coupe (être agriculteur ou cadre, avoir un diplôme de niveau élevé, détenir un plan de gestion, être depuis longtemps propriétaire de sa forêt) et d'autres étant des véritables freins (être âgé, avoir un revenu élevé, pratiquer des activités de loisir en forêt).

Les spécificités géographiques des territoires sont également déterminantes et la probabilité de coupe sur une parcelle est influencée par les caractéristiques biophysiques des parcelles, telles que la superficie des parcelles (mais pas de la propriété), et des facteurs importants dans le cas des territoires avec relief comme l'altitude et la pente. De plus, la distribution des essences, fortement liée aux caractéristiques géographiques, a un rôle dans les décisions, la présence des conifères, ainsi que de certaines essences feuillues (hêtre), favorise la décision de coupe. Egalement, on retrouve un effet statistique négatif du morcèlement de la propriété et un effet positif des interactions spatiales (voisinage) sur la probabilité de coupe d'une parcelle (comportement de mimétisme). Enfin, l'accessibilité subjective et la présence des propriétaires sur leurs parcelles pour les activités de loisirs, ressortent comme les facteurs les plus significatifs.

L'analyse des circuits de valorisation du bois local fait ressortir comment les processus mis en œuvre sont générateurs de valeurs. La plateforme Bois Energie étudiée (Fakir Tamsamani, 2017 ; Peyrache-

Gadeau et al., 2018), exclusivement approvisionnée en ressource locale (65 % en forêt, 35 % en coproduits de sciage), alimente 27 chaufferies collectives du territoire grâce à des contrats pluriannuels de vente qui garantissent son activité. Son modèle économique est inspiré du modèle des chaînes en cascade (Sirkin et Ten Houten, 1994). Il permet notamment, outre la valorisation technico-productive de la ressource, un entretien de la forêt, une conservation des savoir-faire associés au travail du bois et un renforcement des complémentarités tout au long de la chaîne (valorisation des produits connexes).

L'analyse du processus de labellisation du bois local à travers l'AOC « Bois de Chartreuse » a permis de caractériser l'organisation de la filière et des circularités entre activités en amont et en aval (Ohlasque, 2019 ; Peyrache-Gadeau et al., 2020). La labellisation, élargie à d'autres marques dans les Alpes mais aussi dans le Jura et les Vosges, apparaît comme un cadre propice à la circularisation des flux de ressources. (Lenglet et Peyrache-Gadeau, 2020).

2. Contribution au développement territorial

2.1 La cartographie de la ressource, de l'échelle de l'arbre à celle du massif : un atout pour la gestion forestière

Les variables dendrométriques estimées à partir des données LiDAR, associées à une meilleure connaissance du relief, sont des données essentielles au gestionnaire forestier pour planifier à court et moyen terme les interventions en forêt. Les niveaux de précision atteints sont comparables avec ceux que l'on peut attendre d'autres méthodes d'inventaire (Munoz et Monnet, 2016). L'atout majeur de la méthode est de disposer d'informations cartographiques continues sur l'ensemble d'un territoire, pour la forêt publique et pour la forêt privée, et dont la précision est connue.

Les applications vont de l'échelle de l'arbre à celle du territoire, et pour toutes les fonctions assurées par les forêts. Le capital sur pied est croisé avec les conditions d'accessibilité (outil SYLVACCESS) pour déterminer et prioriser les zones où des investissements sont nécessaires pour améliorer la mobilisation des bois (Monnet et al., 2019). En forêt privée, le croisement avec le cadastre permet également d'identifier des zones où les actions d'animation auprès des propriétaires sont les plus pertinentes.

La précision géographique est également un atout pour raisonner et optimiser au sein d'un territoire la multifonctionnalité des forêts, l'hétérogénéité des forêts étant une composante importante de sa capacité à fournir durablement une multitude de services :

- La cartographie des caractéristiques des peuplements au regard des risques naturels (chutes de bloc, avalanches) permet d'identifier les forêts assurant un rôle de protection (Berger et al., 2013 ; Berger et al., 2018 ; Dupire et al., 2020) pour proposer et appliquer une gestion adaptée qui maintient ce rôle dans le temps et dans l'espace (Gauquelin et Courbaud, 2006),
- La cartographie de paramètres liés à la structure forestière (par exemple ceux liés à la maturité des peuplements), sur l'ensemble d'un territoire, permet de raisonner en matière de trames (par exemple trame des forêts matures) et d'identifier les interventions à réaliser pour améliorer ces trames, en forêt publique comme en forêt privée.

2.2 Partager les connaissances entre chercheurs et acteurs

2.2.1 Construction d'un géocatalogue

Un géocatalogue, base de métadonnées géo-référencées accessible en ligne (<https://ouigef.irstea.fr/> ; Dubus et al., 2019), réalisé dans le cadre du projet OUIGEF, met à disposition des acteurs de la gestion forestière les données fréquemment mobilisées dans les projets de développement forestier. Les données, de différentes natures (cartes, tableaux, documents papier, outils numériques, etc.) sont décrites au travers de fiches de métadonnées (Gilibert, 2016 ; Usal, 2018).

Le géocatalogue est accompagné d'un livret des scénarios (Garcia et al., 2019). Les scénarios sont des mises en situation qui décrivent les grandes étapes à suivre et les données à mobiliser pour réaliser un projet intégrant de la gestion forestière. Les quatre scénarios traités ont été choisis et co-construits lors d'ateliers avec les acteurs du projet. Ils concernent : l'organisation d'une manifestation sportive, la mise en place d'une trame de vieux bois, la structuration de circuits courts d'approvisionnement en Bois-Energie et l'élaboration d'un plan de câblage pour exploiter la forêt dans des conditions d'accès ou de pente difficiles.

L'ensemble des informations contenues dans un scénario est synthétisé et hiérarchisé au moyen d'une carte heuristique interactive (Figure 5). La carte précise les données à mobiliser en intégrant des liens hypertexte pour accéder directement à la fiche de métadonnées correspondante dans le géocatalogue. Un scénario se compose de cette carte heuristique, d'un encadré présentant le contexte dans lequel le projet est réalisé, d'un autre relatif à l'échelle spatiale et aux objectifs. Une colonne est dédiée aux étapes de mise en œuvre avec les données nécessaires à leur réalisation. Et enfin une case recense les obstacles auxquels il est possible d'être confronté et propose des solutions. Ces scénarios d'utilisation des données sont consignés dans un prototype de livret intégrant des cartes heuristiques interactives qui facilitent l'accès aux métadonnées concernées.

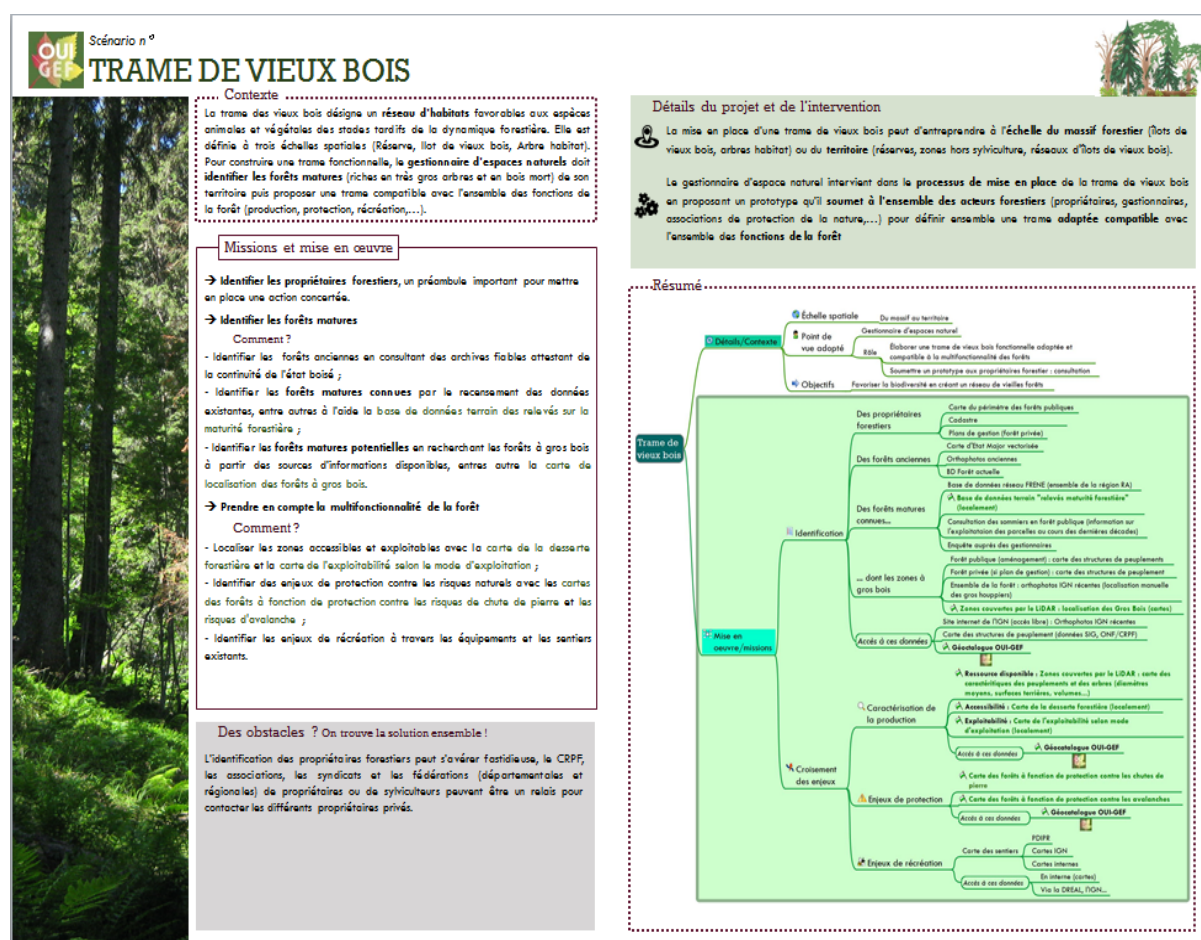


Figure 5 : Scénario « trame de vieux bois »

2.2.2 Co-construction d'outils de concertation

L'exploitation forestière est une opération qui n'est pas toujours comprise et acceptée par tous les usagers de la forêt et de ce fait source de conflits. Pour encourager un dialogue et rechercher des compromis acceptables, une grille de diagnostic opérationnelle a été co-construite par les acteurs de la recherche et

de la gestion forestière (Becquey et al., 2018). Le principe est d'évaluer les effets d'une coupe sur la base de critères objectifs, mesurables et partagés, en établissant un diagnostic des sensibilités du peuplement avant l'intervention, puis un état des lieux après. Le diagnostic des sensibilités à l'exploitation s'appuie sur les piliers du développement durable et comprend des critères :

- Economiques : capital sur pied, valeur d'avenir, régénération en place, produits à vendre, emploi local, desserte, facilité d'exploitation,
- Sociaux : protection contre les risques naturels (chutes de blocs, avalanches, incendies), récréation, patrimonialité, qualité de l'eau, séquestration de carbone, valeur paysagère,
- Environnementaux : intérêt écologique, habitats associés, fonctionnalité à l'échelle du massif, fragilité des sols.

La construction et la validation des grilles d'analyse des peuplements et des coupes se sont faites par des échanges avec :

- Des acteurs de terrain : animateurs forestiers de PNR et de chartes forestières de territoires, conseillers forestiers du CRPF, gestionnaires indépendants, gestionnaires ONF, agents de coopérative forestière, exploitants, propriétaires forestiers,
- Des chercheurs et spécialistes de différentes disciplines d'INRAE, du FCBA, de l'IDF et de l'ONF, consultés sur les facteurs de sensibilité tels que la biodiversité, le carbone, la qualité de l'eau, l'exploitation, la sylviculture, le climat, l'économie...

La grille est opérationnelle et utilisable pour objectiver le choix des modalités de réalisation de certaines coupes, en particulier dans des contextes sensibles. Elle est également utilisable pour des actions de formation sur le terrain, dans l'enseignement supérieur ou en formation continue.

Afin de sensibiliser et de former les différents acteurs sur la gestion multifonctionnelle des peuplements, un marteloscope a été installé sur chacun des trois territoires, Pilat (42), Bonnevaux-Chambaran (38) et Chartreuse-Bauges (38). Il s'agit d'une surface sur laquelle tous les arbres sont cartographiés, numérotés et identifiés par des caractéristiques dendrométriques, qualitatives et écologiques. Ceci permet d'évaluer l'impact de l'enlèvement de certains d'entre eux sur les différents éléments de sensibilité du peuplement lors d'une coupe fictive marquée par des participants à des exercices de martelage. Les peuplements choisis, deux résineux et un feuillu, sont représentatifs de situations répandues sur les territoires concernés. Le recueil et le traitement des informations permet d'aborder les questions économiques par les notions de volume et de qualité des bois, environnementales par le mélange d'essences, la présence de très gros bois et de dendromicrohabitats, et sociales par la structure et la continuité du peuplement. Ces supports ont été utilisés pendant le projet pour sensibiliser et former des groupes de propriétaires et des conseillers. Il est prévu de continuer de les utiliser en élargissant le public.

Enfin le Jeu de Bois (<http://jeu-bois-energie.irstea.fr> ; Fuhr et Sardat, 2018), jeu en ligne qui suit le parcours d'un copeau de bois destiné à être valorisé en Bois Energie, peut être utilisé lors de manifestations tous publics pour expliquer comment le bois lorsqu'il est issu de forêts durablement gérées, puis correctement transporté, stocké et brûlé, peut remplacer avantageusement d'autres ressources non renouvelables (comme le charbon ou le pétrole) pour chauffer les maisons.

3. Discussion – Conclusion

Le projet OUIGEF s'est intéressé à de nombreux outils innovants d'appui à une gestion durable des forêts sur un territoire. Les travaux ont porté sur des outils techniques (chaîne de traitement des nuages de points 3D pour l'estimation de la ressource, évaluation de l'accessibilité à la ressource, des fonctions de protection contre les risques naturels et de conservation de la biodiversité, modélisation de la motivation des propriétaires forestiers à exploiter leur forêt), mais aussi organisationnels (étude des circuits et des

flux de bois). Les perspectives de recherche pour améliorer ces outils sont nombreuses. A titre d'exemples :

- Plusieurs pistes sont à explorer pour améliorer la chaîne de traitement des nuages de points 3D parmi lesquelles l'utilisation, en complément, de l'information spectrale d'images optiques, notamment de la bande infra-rouge, pour la distinction feuillus-résineux ou pour la détection du bois mort sur pied.
- L'analyse des circuits et des flux de bois a souligné qu'ils ne se réduisent pas à l'échelle du territoire et que la pression sur la ressource, notamment le bois énergie, exercée par les villes proches, nécessite d'élargir le territoire d'analyse des flux et de prendre en compte d'autres échelles de valorisation que celle dont les acteurs locaux cherchent à se prévaloir.

Le projet OUIGEF s'est également attaché à développer, dans une démarche de co-construction, des outils opérationnels pour favoriser la concertation dans la gestion forestière (géocatalogue et livret des scénarios d'utilisation des données, grille d'évaluation de la sensibilité des peuplements à l'exploitation forestière et de la qualité des coupes, martélosopes, Jeu de Bois). Le principal défi est maintenant d'enrichir et de faire vivre ces outils.

Remerciements

Les études présentées dans cet article ont reçu le soutien financier accordé par le 4e programme PSDR (INRAE, Union Européenne) dans le cadre du projet « OUIGEF ».

L'ensemble des publications relatives aux 33 projets du programme PSDR4 est consultable : <https://www.psd.fr/>

Références bibliographiques

Aubry-Kientz M., Dutrieux R., Ferraz A., Saatchi S., Hamraz H., Williams J., Coomes D., Piboule A., Vincent G., 2021. A comparative assessment of the performance of individual tree crowns delineation algorithms from ALS data in tropical forests. *Remote Sensing* 11 (9), 1086, <https://doi.org/10.3390/rs11091086>

Becquey J., Rolland B., 2018. Evaluer les effets d'une coupe en forêt, Projet PSDR OUI-GEF, Rhône-Alpes, Série Focus PSDR4

Berger F., Dorren L., Kleemayr K., Maier B., Planinsek S., Bigot C., Bourrier F., Jancke O., Toe D., Cerbu G., 2013. Eco-Engineering and Protection Forests Against Rockfalls and Snow Avalanches. in: Management strategies to adapt Alpine space forests to climate change risk, edited by Cerbu et al. InTechopen, ISBN 978-953-51-1194-8, Published: August 28, 2013 under CC BY 3.0 license. DOI: 10.5772/56275

Berger F., et al., 2018. La cartographie des forêts à fonction de protection (avalanche et chutes de pierres), Projet PSDR OUI-GEF, Rhône Alpes, Série Focus PSDR4

Bock J., et al., 2018. Utilisation des données LIDAR pour l'inventaire forestier, Projet PSDR OUI-GEF, Rhône Alpes, Série Focus PSDR4

Bock J., Munoz A., Riond C., Monnet J.-M., Fuhr M., 2020. Chaîne de traitement pour la production de cartes forestières à partir de données LiDAR ou photogrammétriques. Rapport de synthèse, Projet PSDR OUI-GEF, Auvergne-Rhône-Alpes, 24 p. + annexes

Dubus N., et al., 2019. Vers la co-construction d'un outil de partage des connaissances sur la forêt, Projet PSDR OUI-GEF, Auvergne-Rhône-Alpes, Série Focus PSDR4

Dupire S., Bourrier F., Monnet J.-M., Berger F., 2015. Sylvaccess: un modèle pour cartographier automatiquement l'accessibilité des forêts. *Revue Forestière Française* 70, 111–126

- Dupire S., Toe D., Barre J.-B., Bourrier F., Berger F., 2020. Harmonized mapping of forests with a protection function against rockfalls over European Alpine countries. *Applied Geography*, Elsevier, 2020, 120, pp.102221. [ff10.1016/j.apgeog.2020.102221](https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102221). [ffhal-02519495v2](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02519495v2)
- Fakir Temsamani S.E., 2017. Caractérisation des flux matière et énergie et caractérisation technique d'une entreprise de transformation de bois brut en bois énergie (VR4). Master 1 Génie des procédés physicochimiques, Université Claude Bernard Lyon 1
- Fuhr M., et al., 2018. Protocole terrain d'identification des forêts matures, Projet PSDR OUI-GEF, Rhône Alpes, Série Focus PSDR4
- Fuhr M., 2020. Identification des forêts matures à l'échelle du territoire. Rapport de synthèse, Projet PSDR OUI-GEF, Auvergne-Rhône-Alpes, 25 p.
- Fuhr M., Sardat N., 2018. Le Jeu de Bois (<http://jeu-bois-energie.irstea.fr>). Document technique, Projet PSDR OUI-GEF, Auvergne-Rhône-Alpes
- Garcia C., et al., 2019. Système de suivi du géocatalogue : Prototypage du livret de scénarios. Document technique, Projet PSDR OUI-GEF, Auvergne-Rhône-Alpes
- Gauquelin X., Courbaud B., 2006. Guide des sylvicultures de montagne : Alpes du Nord françaises. Cemagref de Grenoble, Saint-Martin-d'Hères.
- Gilibert C., 2016. Identification et collecte des connaissances nécessaires à la mise en place d'une base de métadonnées en vue d'une gestion concertée des forêts sur un territoire (VR5). Master 1 GEOIDES, Université Grenoble Alpes
- Laes D., Reutebuch S.E., Mc Gauchey R.J., Mitchell B., 2011. Guidelines to estimate forest inventory parameters from lidar and field plot data.
- Lenglet J., Peyrache-Gadeau V., 2020. Circularities and proximities within resource valuation systems: insights from territory-based initiatives in the forestry sector. *European Planning Studies* – 1990-1313: 29-7 - <https://doi.org/10.1080/09654313.2020.1846686>
- Monnet J.-M., et al., 2018. Cartographie de l'accessibilité des peuplements forestiers, Projet PSDR OUI-GEF, Région Rhône-Alpes, Série Focus PSDR4
- Munoz A., Monnet J.-M., 2016. Comparaison de méthodes de spatialisation pour l'agrégation par parcelle des estimations de paramètres forestiers par LiDAR aéroporté. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection* 211-212:93-102.
- Olhasque M., 2019. Etude de la valorisation de la ressource forestière à travers l'AOC Bois de Chartreuse (VR4). Master 1 GAED, Université de Pau et des Pays de l'Adour
- Peyrache-Gadeau V., et al., 2018. La plateforme bois-énergie : un outil innovant pour la valorisation de la ressource locale, Projet PSDR OUI-GEF, Rhône Alpes, Série Focus PSDR4
- Peyrache-Gadeau V., et al., 2020. Valorisation du Bois Local en économie circulaire, Projet PSDR OUI-GEF, Auvergne-Rhône-Alpes, Série Focus PSDR4
- Sirkin T., Ten Houten M., 1994. The cascade chain: A theory and tool for achieving resource sustainability with applications for product design. *Resources, Conservation and Recycling*, 10(3). 213–76. [doi:10.1016/0921-3449\(94\)90016-7](https://doi.org/10.1016/0921-3449(94)90016-7).
- St-Onge B., Audet F.-A., Begin J., 2015. Characterizing the height structure and composition of a boreal forest using an individual tree crown approach applied to photogrammetric point clouds. *Forests* 6, 3899–3922. <https://doi.org/10.3390/f6113899>
- Teissedre E., 2019. Evaluation des nuages de points photogrammétriques pour l'estimation de caractéristiques des forêts de montagne (VR 1). Formation Ingénieur spécialité Topographie, INSA Strasbourg
- Tivadar M., 2020. Comportement des propriétaires forestiers privés dans les PNR du Massif des Bauges, de la Chartreuse et du Pilat. Rapport de synthèse, Projet PSDR OUI-GEF, Auvergne-Rhône-Alpes, 37 p. + annexes
- Usal M., 2018. Création d'un catalogue de métadonnées et réflexion sur un outil permettant son suivi en vue d'une gestion concertée des forêts sur un territoire. Application aux PNR de Chartreuse, des Bauges et du Pilat » (VR 5). Master 1 GEOIDES, Université Grenoble Alpes

White J.C., Varhola A., Vastaranta M., Coops N.C., Cook B.D., Pitt D.G., Woods M., 2013. A best practices guide for generating forest inventory attributes from airborne laser scanning data using an area-based approach.

Wulder M.A., White J.C., Nelson R.F., Naesset E., Ork H.O., Coops N.C., Hilker T., Bater C.W., Gobakken T., 2012. Lidar sampling for large-area forest characterization: A review. *Remote Sensing of Environment* 121, 196–209. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.02.001>

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « *Innovations Agronomiques* », la date de sa publication, et son DOI)